

BIODESIGN PARA A SUSTENTABILIDADE

Estratégias Projetuais e Políticas Públicas
no Desenvolvimento Sustentável

GIORGIO GILWAN DA SILVA

ISBN: 978-65-02-05690-5

TST



9 786502 056905

2026

BIODESIGN E POLÍTICAS PÚBLICAS PARA A SUSTENTABILIDADE

Estratégias Projetuais e Políticas Públicas
no Desenvolvimento Sustentável

Giorgio Gilwan da Silva

2026

DADOS DA OBRA E LICENCIAMENTO

Título: **BIODESIGN E POLÍTICAS PÚBLICAS PARA A SUSTENTABILIDADE:**

Estratégias Projetuais e Políticas Públicas no Desenvolvimento Sustentável

Organização e Edição: Giorgio Gilwan da Silva

Local e Ano: Florianópolis 2026

Diagramação e Capa: Daniel Francisco Wenzel de Brito



Termos da Licença:

- **Atribuição:** É obrigatória a atribuição do crédito apropriado, a disponibilização de um link para a licença e a indicação de quaisquer alterações realizadas. A citação não deve sugerir que o licenciante endossa o usuário ou o uso da obra.
- **Não Comercial:** É vedado o uso deste material para fins estritamente comerciais.
- **Sem Restrições Adicionais:** É proibida a aplicação de termos jurídicos ou medidas tecnológicas que restrinjam legalmente terceiros de exercerem os direitos permitidos por esta licença.

Os direitos autorais dos textos de terceiros e pesquisas citadas nesta obra pertencem aos seus respectivos autores, sendo utilizados para fins de disseminação de conhecimento acadêmico e científico.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Silva, Giorgio Gilwan da
Biodesign e políticas públicas para a
sustentabilidade [livro eletrônico] : estratégias
projetuais e políticas públicas no desenvolvimento
sustentável / Giorgio Gilwan da Silva. --
Florianópolis, SC : Ed. do Autor, 2026.
PDF

ISBN 978-65-02-05690-5

1. Design sustentável 2. Desenvolvimento
sustentável - Aspectos ambientais 3. Inovações
tecnológicas - Aspectos econômicos 4. Mudanças
climáticas - Aspectos socioambientais 5. Políticas
públicas 6. Sustentabilidade I. Título.

26-353588.0

CDD-304.2

Índices para catálogo sistemático:

1. Desenvolvimento sustentável : Desafios : Ecologia
humana 304.2

Camila Aparecida Rodrigues - Bibliotecária CRB -
SP-010133/O

Como citar esta obra:

Formato ABNT (Brasil - NBR 6023): SILVA, Giorgio Gilwan da. **Biodesign e políticas públicas para a sustentabilidade:** estratégias projetuais e políticas públicas no desenvolvimento sustentável. Florianópolis: Ed. do Autor, 2026. e-book (PDF). ISBN 978-65-02-05690-5.

Formato APA (Internacional): Silva, G. G. da (2026). *Biodesign e políticas públicas para a sustentabilidade: estratégias projetuais e políticas públicas no desenvolvimento sustentável*. Ed. do Autor. ISBN 978-65-02-05690-5.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	6
1 SUSTENTABILIDADE	7
1.1 O design sustentável	10
2 ECONOMIA CIRCULAR	11
3 BIODESIGN	13
3.1 Estratégias do design biomimética	15
3.1.1 Os produtos biomiméticos na indústria	15
3.2 Natureza como recurso: princípios bio-circulares	18
3.3 Natureza como parceira: princípios de bio-montagem	18
3.4 Natureza como sistema reprogramável da biologia sintética	18
3.5 Metodologias de desenvolvimento de produtos biomiméticos	19
3.5.1 Espiral do design biomimético	19
3.5.2 O método da aplicação da biomimetização	22
3.5.3 Metodologia da biomimética segundo faludi (2005)	23
3.5.4 Metodologia biocard method	24
4 BIOMATERIAIS PARA PRODUTOS DE DESIGN	24
4.1 Principais tipos de biomateriais	24
4.1.1 Vantagens para o design sustentável	28
4.1.2 Exemplos de marcas registradas e projetos	28
5. ECONOMIA CIRCULAR E BIODESIGN	32
5.1 Economia circular: o modelo de ciclos fechados	32
5.2 A sinergia entre biodesign e economia circular	33
6 FERRAMENTAS BIOMIMÉTICAS EM PROJETOS DE DESIGN	33
6.1 Ferramenta 1 - design concept generation diagram for Plant Inspired Façades	33
6.2 Ferramenta 2 - multi-biomechanism approach (m-ba)	34

6.3 Ferramenta 3- biogen	35
7 ESTUDOS DE CASO - PROJETOS BIOMIMÉTICOS	40
7.1 Eastgate center - sistema natural de auto ventilação	40
7.2 Fastskin - tecido para roupas aquáticas	41
7.3 Lotusan - tinta hidrofóbica para fachadas - efeito lótus	42
8 CONSIDERAÇÕES SOBRE BIODESIGN E SUSTENTABILIDADE	43
9 ANEXO A (CASES BIODESIGN)	46
10 POLÍTICAS PÚBLICAS	58
11 OBJETIVOS DAS POLÍTICAS PÚBLICAS	59
11.1 Ciclos das políticas públicas	60
11.2 A importância das políticas públicas	60
11.3 Dimensões das políticas públicas	65
11.4 Impactos das políticas públicas	66
12 POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	67
12.1 Os cinco ps do desenvolvimento sustentável	72
12.1.1 Principais eixos e estratégias	75
12.1.2 Principais políticas públicas com focos (ods)	76
12.1.3 Políticas públicas para um meio ambiente sustentável	76
13 BIODESIGN INTEGRADO A SUSTENTABILIDADE E AS POLÍTICAS PÚBLICAS	78
13.1 Principais interfaces entre biodesign e políticas públicas	80
13.1.1 Principais aspectos do design for policy conforme bentley (2014)	81
14 CONSIDERAÇÕES SOBRE POLÍTICAS PÚBLICAS E IMPACTO SOCIAL	82
15 REFERÊNCIAS	83

APRESENTAÇÃO

O presente *e-book* tem como foco o Design para a Sustentabilidade, temas de central relevância na busca por novos modos de produção e consumo economicamente viáveis, socialmente justos e com baixo impacto ambiental. O design sustentável visa minimizar o impacto ambiental negativo dos projetos. Isso inclui a escolha de materiais *eco-friendly*, o seja refere-se em utilizar práticas, produtos ou ações que minimizam o desgaste do planeta, promovendo a sustentabilidade por meio da redução de resíduos, uso de recursos renováveis, eficiência energética e escolha de materiais naturais ou reciclados, visando a sustentabilidade social e econômica, coexistindo harmoniosamente com a natureza. Basicamente, é criar de forma consciente e responsável, pensando no ciclo de vida completo do produto. Neste sentido, o foco é como integrar o design a sustentabilidade, nessa busca optou-se por uma abordagem de design que colabora com a natureza, usando organismos vivos e resíduos orgânicos para criar produtos e soluções ecológicas, visando o mínimo impacto ambiental e a regeneração, por meio da criação de materiais inovadores. Trata-se do biodesign é visto como uma evolução do design sustentável, buscando não apenas minimizar os danos ao meio ambiente, mas criando condições positivas e restauradoras para o planeta, unindo ética, inovação e beleza natural. O biodesign valoriza a relação entre homem e natureza.

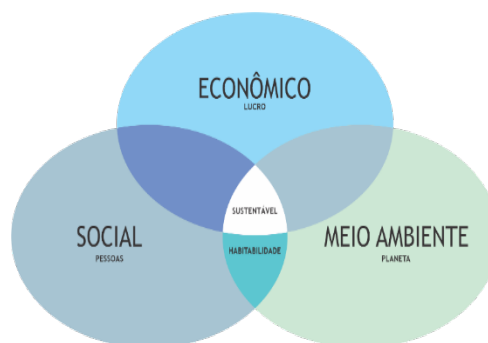
Destaca-se que biodesign e a economia circular convergem para criar um modelo de produção regenerativo, onde a natureza não é apenas uma fonte de recursos, mas a própria inspiração e base para o design de materiais e produtos. Enquanto a economia circular visa modelo econômico que substitui o linear (extrair-produzir-descartar) por um sistema regenerativo, focando em reutilizar, reparar, renovar e reciclar produtos e materiais para eliminar resíduos e poluição, manter recursos em uso pelo maior tempo possível e regenerar a natureza, promovendo sustentabilidade, eficiência e crescimento econômico. O biodesign utiliza organismos vivos (fungos, bactérias, algas) e processos biológicos para criar soluções que se integram perfeitamente aos ciclos ecológicos. Portanto, o biodesign atua como uma ferramenta prática para implementar os princípios da economia circular, movendo a indústria da produção linear para uma circularidade regenerativa. Sendo assim, à medida que os desafios ambientais e sociais se intensificam, cresce a busca por soluções que respeitem os ciclos naturais e promovam um modo de vida mais equilibrado. Nesse cenário, o biodesign desponta como uma das mais relevantes e inspiradoras tendências do design contemporâneo. Já as Políticas públicas que são diretrizes e programas planejados e executados pelo Estado (governos federal, estadual e municipal), garantem direitos constitucionais e promover o bem-estar social. Constatou-se que as políticas públicas são instrumentos que podem promover o desenvolvimento sustentável e garantir a coesão social. Políticas públicas para o desenvolvimento sustentável visam integrar as dimensões social, econômica e ambiental, alinhando-se à Agenda 2030 da ONU (17 ODS) para erradicar a pobreza e proteger o planeta. Neste contexto temos o Biodesign que é uma solução sustentável inspirada na natureza, buscando soluções funcionais e regenerativas inspiradas em sistemas naturais. Quando integrado às políticas públicas, ele transforma o desenvolvimento sustentável de um conceito teórico em ações regenerativas práticas, capazes de promover a renaturalização urbana e o uso eficiente de recursos. Portanto, o biodesign é uma alternativa sustentável que pode ser integrada as políticas públicas. Inicia-se a abordagem teórica sobre a sustentabilidade.

1 SUSTENTABILIDADE

Etimologicamente, a palavra sustentabilidade tem sua origem no latim “*sustentare*”, e significa conservar, sustentar e apoiar. Seu conceito está intimamente ligado a uma atitude ou ação do que é ecologicamente correto, viável ao nível econômico e socialmente justo. O tema é extremamente amplo, pois implica em desenvolvimento continuado, sendo muitas vezes relacionado para contemplar todas as atividades humanas (Fletcher; Grose, 2011). Apesar de ser apontada como uma tendência emergente, a sustentabilidade é considerada um dos desafios mais complexos da sociedade contemporânea. No entanto, a preocupação com a degradação ambiental e a manutenção dos ecossistemas já faz parte das discussões de ambientalistas e acadêmicos há algumas décadas (Berlim, 2012; Maia; Pires, 2011). Soma-se a isto, o reconhecimento da finitude dos recursos naturais, da influência negativa das ações humanas no agravamento dos problemas ambientais e sociais que contribuíram para a iniciativa de preservação dos recursos naturais do planeta no âmbito global (Passos, 2009). Desenvolvimento e meio ambiente começam a ser vistos como uma preocupação que deve ser tratada globalmente. O tema torna-se pauta de diversas conferências climáticas que marcaram o final do século XX. A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em 1972 em Estocolmo, na Suécia, foi a primeira reunião significativa organizada pela ONU com foco exclusivo nas questões relacionadas ao meio ambiente, e marcou o debate acerca da sustentabilidade com a introdução de conceitos que posteriormente se tornariam os pilares da agenda internacional ambiental utilizada pelos países membros das Nações Unidas. (Passos, 2009; Maia; Lago, 2013; Berlin, 2012). A Conferência de Estocolmo teve um papel decisivo na inserção e legitimação do tema ambiental nos planos político e econômico local dos países, e na agenda multilateral e motivou muitos países a criarem instituições com foco na criação e na implementação de programas nacionais de meio ambiente (Lago, 2013; Maia, 2011).

Nas palavras de Sachs (2002, p. 67), “a biodiversidade precisa ser protegida para garantir o direito das futuras gerações”, a noção de responsabilidade pela garantia do bem-estar também aparece como crucial para que “[...] com a contribuição da ciência contemporânea pode-se pensar em uma nova forma de civilização, fundamentada no uso sustentável dos recursos naturais” (Sachs, 2002, p. 69). O conceito de sustentabilidade da Triple Bottom Line - TBL, são os pilares econômico, ambiental e social, proposto pelo sociólogo britânico John Elkington em 1984 (Müller *et al.*, 2018). Dentro dos conceitos destes pilares é possível identificar pontos centrais como justiça, equidade e ética no desenvolvimento sustentável (Braccini; Margherita, 2018). A Figura 1 mostra o tripé que define a sustentabilidade.

Figura 1- Tripé que define a sustentabilidade



Fonte: Elkington (1984), adaptado por Müller *et al.* (2018).

De acordo com Müller *et al.* (2018), são os valores centrais das empresas que promovem a prática sustentável. O Quadro 1 destaca as Dimensões da sustentabilidade e seus princípios

Quadro 1 - Dimensões da sustentabilidade e seus princípios

PRINCÍPIOS DO DESIGN PARA A SUSTENTABILIDADE	
Dimensão Ambiental	Minimizar o uso de recursos
	Escolher recursos e processos de baixo impacto
	Otimizar a vida dos produtos
	Estender a vida dos materiais
	Facilitar a desmontagem/montagem
Dimensão econômica	Melhorar as condições de trabalho
	Aumentar a equidade e justiça em relação aos atores
	Capacitar/promover o consumo sustentável e responsável
	Favorecer/integrar pessoas deficientes e marginalizadas
	Promover a coesão social
	Fortalecer/valorizar os recursos locais
Dimensão Social	Fortalecer e valorizar recursos materiais locais
	Valorizar a reintegração de resíduos
	Respeitar e valorizar a cultura local
	Promover a organização em rede
	Promover a economia local
	Ser lucrativo
	Ser competitivo

Fonte: Vezzoli (2010).

Para Manzini e Vezzoli (2010), o equilíbrio deste tripé deve nortear as iniciativas para reduzir os impactos ambientais das atividades humanas. Neste contexto, os projetos de design devem levar em conta as fases de planejamento, fabricação, logística, vendas, uso e descarte, aplicando nesse processo os princípios do design para a sustentabilidade, implantando estratégias que aumentem o tempo de utilização do produto, garantindo que possa ser modificado ou ainda que as matérias-primas possam ser recicladas.

De acordo com o *ibict*- Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (2008) a busca de novas ferramentas viáveis e a prática de algumas ações nas empresas devem obrigatoriamente incluir as de pequeno e médio porte, e podem se mostrar eficientes na produção de bens e serviços com foco em sustentabilidade, como sendo na prática:

- a) Racionalização do uso de energia no processo produtivo;
- b) Redução na emissão de gases causadores do efeito estufa, promovendo um transporte mais eficiente;
- c) Aumentar a qualidade de vida dos colaboradores e demais envolvidos no processo, através da melhora das condições de trabalho deles.

d) Proporcionar a coleta seletiva de lixo e orientar as ações para a reciclagem através de cooperativas de reciclagem locais.

e) Controles sobre consumo de água e papel.

A reciclagem como é exposto, pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2020), trata-se de um processo em que há a transformação do resíduo sólido que não seria aproveitado em uma matéria-prima para um novo produto, mudando seu estado físico, físico-químico ou biológico para atribuir novas características.

Nesse contexto, o *ecodesign* possui uma missão central na consolidação de uma cultura organizacional que se atente a ações de sustentabilidade (Oliveira, 2006). Dentre as suas atribuições, cabe ressaltar:

a) *Redesign* ambiental de produtos, a fim de utilizar matérias-primas mais sustentáveis no desenvolvimento do produto.

b) Projetar produtos ambientalmente mais sustentáveis na redução do consumo de energia, o que é facilmente percebido pelo consumidor durante a vida útil do produto em questão.

c) Pensar novos produtos que sejam mais eficientes e com melhor desempenho.

As empresas têm percebido sua responsabilidade na sociedade procuram mudar a maneira de se relacionar com ela. Conforme o autor, aos poucos, ações sociais, políticas e ambientais vão se incorporando. São temas que não faziam parte do vocabulário até pouco tempo atrás, e devem ser incorporados a partir dos projetos de design e redesign de produto.

Contribuindo com este panorama, os estudos de Noro (2010), concluem que o consumo consciente a ser promovido pelas empresas, não deve contemplar somente o quantitativo econômico, através da redução de custos. Ele precisa ser promovido em três direções. A vertente econômica (quantitativa), outra vertente ecológica ambiental, promovendo um menor impacto ambiental através do uso racionado de recursos, processos produtivos limpos e fontes renováveis. Por fim, uma vertente ligada intimamente ao desenvolvimento de tecnologias que aprimorem processos e promovam a substituição de recursos utilizados.

Em relação aos três pilares, Veiga (2010) explica que a sustentabilidade não consiste em fazer mais do mesmo, porém ter menos danos ambientais e maior preocupação com o social. Nesse sentido, tal mudança de comportamento mostra-se ser importante para as sociedades contemporâneas, incluindo neste contexto os processos indústrias. É neste sentido que se aborda o Design Sustentável.

1.1 O design sustentável

O desenvolvimento de produtos exige do designer ato consciente na projeção e que ele tenha, como princípio condutor de sua atividade, valores estéticos, simbólicos, técnicos, funcionais e culturais. Nesse sentido, compreende também sensibilidade em relação às implicações de sua atividade no que diz respeito a questões ambientais, éticas e filosóficas que envolvem conceitos de diversas áreas do saber, ou seja, psicológicos, antropológicos, sociológicos, econômicos e políticos, condutores da formação de seu conhecimento, permanentemente e de maneira dinâmica, sendo esses conhecimentos a força da ação. Isso conduz o designer a desenvolver habilidades, competências e criatividade.

Para tanto, o profissional deve estar atento à necessidade urgente de compreender e estabelecer conexões entre projetos, materiais, sociedade, necessidades, bem como às novas tecnologias, além de estar apto a responder às demandas oriundas da sociedade atual que exige, cada vez mais, indivíduos capacitados e críticos. Verifica-se, na contemporaneidade, o fim do progresso linear que estava alicerçado no planejamento racional e padrões absolutos. No entanto, hoje a sociedade livre da rigidez do padrão anterior, isto é, dos paradigmas modernistas, entra num período de pluralismo, aceitação do efêmero e fragmentação de pensamento e de desenvolvimento da alta tecnologia que nos permite desfrutar do benefício das máquinas e de uma infinidade de produtos industrializados. Por outro lado, isso nos conduz, cada vez mais, à degradação do meio ambiente, tudo isso, em função da sustentação do nosso modo de vida (Harvey, 2006).

O design sustentável não aborda o tema apenas na ótica de desenhar produtos que utilizem materiais com menor impacto no ambiente, ou que usem menos energia ou que sejam mais fáceis de reciclar é um processo mais global que aborda o ciclo de vida do produto e a reutilização dos materiais (Reis, 2010). Manzini (2015), entende o design como a projeção de possíveis soluções para as necessidades humanas com uma amplitude mais extensa do que a simples abordagem que apresenta como solução de produto.

Uma estratégia de design sustentável é considerada uma abordagem estruturada que pode ser empregada por um designer com o objetivo de colaborar com a redução dos impactos ambientais e/ou sociais associados à produção, ao uso e ao descarte (Gwilt, 2014, p. 14).

Para Manzini e Vezzoli (2010), o equilíbrio deste tripé deve nortear as iniciativas para reduzir os impactos ambientais das atividades humanas. Neste contexto, o design sustentável deve levar em conta as fases de design, fabricação, logística, vendas, uso e descarte, aplicando nesse processo os princípios do design para a sustentabilidade, implantando estratégias que aumentem o tempo de utilização do produto, garantindo que possa ser modificado ou ainda que as matérias-primas possam ser recicladas. Em todas as etapas de produção de produtos existem diversas estratégias baseadas na criatividade ao solucionar problemas, que estão enraizada, principalmente, na economia ambiental e na ecologia industrial, com grande ênfase na inovação procurando um modelo de produção com uma tecnologia mais limpa, sem desperdício de matéria prima, como aborda-se a seguir.

2 ECONOMIA CIRCULAR

A Economia Circular (EC) pretende substituir o modelo tradicional de economia linear, em que a produção e o consumo assentam numa cadeia que passa por “extrair recursos - produzir bens - depositar resíduos”. Ao longo desta cadeia os níveis de desperdício são significativos, havendo uma perda de valor económico e ambiental (Leitão, 2015). Nos níveis teórico e prático, a economia circular está enraizada, principalmente, na economia ambiental e na ecologia industrial, com grande ênfase na inovação tecnológica em forma de tecnologias mais limpas, bem como na reciclagem e reutilização.

De acordo com a Fundação Ellen Macarthur (2013), a economia circular é um sistema industrial restaurativo ou regenerativo por intenção e design e substitui o conceito de fim-de vida por restauração, sugere uma mudança para o uso de energia renovável, elimina o uso de produtos químicos tóxicos, favorece a reutilização e visa a eliminação de resíduos apor meio do design superior de materiais, produtos e sistemas. Leitão (2015) apresenta economia circular como um modelo de funcionamento económico, inspirado no funcionamento da própria natureza, por meio da inovação, do design e de produtos e sistemas que possuem como premissa a redução do consumo dos recursos naturais como: matéria-prima, energia e água. Segundo Monteiro (2018) a EC é diferente do modelo atual, denominado de economia linear - o qual consiste em um esgotamento de recursos e devastação do meio ambiente devido à acelerada extração de recursos naturais, processamento em produtos ou matérias-primas, as quais são vendidos e após sua utilização são descartados como resíduos.

Deste modo, é possível afirmar que a EC promove um uso mais apropriado e ambientalmente saudável de recursos destinados à implementação de uma economia mais ecológica, caracterizada por um modelo inovador de negócios e oportunidades de emprego. Goyal, Esposito e Kapoor (2016) explicam que a economia circular se centra no alinhamento cuidadoso e no gerenciamento dos fluxos de recursos em toda a cadeia de valor, integrando logística reversa, inovação de design, ecossistema colaborativo e inovação do modelo de negócios

De acordo com os autores os princípios fundamentos de uma economia circular são:

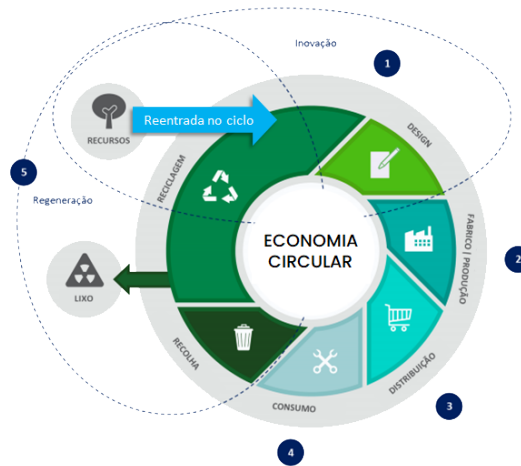
1) Preservar e aumentar o capital natural controlando a utilização de recursos finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis;

2) Regenerar, virtualizar, permutar;

3) Otimizar os rendimentos dos recursos naturais promovendo a circulação de produtos, componentes e materiais sempre em seu nível máximo de utilidade em seus ciclos técnicos e biológicos;

4) Regenerar, compartilhar; melhorar a efetividade do sistema através da identificação e entendimento das externalidades negativas. De acordo com GBC Brasil (2024) mostra-se na Figura 2, o ciclo da economia circular, bem como descreve-se na sequência seus aspectos.

A Figura 2- mostra o ciclo da economia circular



Fonte: GBC Brasil (2024).

1. Design de produtos e serviços projetados para vários ciclos de vida, economicamente viáveis e ecologicamente eficientes. Concepção ou redesenho de produtos com maior durabilidade e menor utilização de recursos.

2. Redução de substâncias tóxicas, promoção da eficiência energética (fontes de energia e recursos hídricos) e de materiais e reutilização dos subprodutos - primeiros “desperdícios”.

3. Logística partilhada de redes de distribuição, menor pegada carbónica no transporte, utilização de materiais recicláveis e redução sobre embalagem.

4. Eficiência energética, maximização da vida útil do produto e otimização da reparação e reutilização

5. Recolha ou eliminação - Dinamização de redes/centros de retoma, reutilização, remanufatura e ou reciclagem.

A economia circular é um tema é baseado em três princípios orientados pelo design. São eles: eliminar resíduos e poluição; circular produtos e materiais (em seu maior valor); e regenerar a natureza (Ellen Macarthur Foundation, 2021). Destaca-se no Quadro 2 os princípios da economia circular.

Quadro 2 - Princípios da economia circular

PRINCÍPIOS DA ECONOMIA CIRCULAR	
Estender a vida útil dos materiais e produtos ao longo de vários ciclos de uso	Concepção de produtos duráveis; Reparabilidade de produtos; Recondicionamento de produtos; Reuso dos produtos; Produtos como serviços
Recuperar materiais e garantir que os materiais biológicos que retornam à terra sejam benignos	Compostagem; Logística reversa; Reciclagem de materiais.

Reter inputs de processo por tanto tempo quanto possível	Reciclagem de materiais; Uso de matérias-primas secundárias.
Adotar métodos de pensamento sistêmico no desenho de soluções	Ecodesign/Eco-concepção; Engajamento de atores; Ecologia industrial; Compartilhamento de produtos.
Regenerar ou minimamente preservar a natureza e os sistemas vivos	Agricultura regenerativa; Uso de materiais não-tóxicos; Uso de materiais biodegradáveis.
Promover políticas públicas para acelerar a mudança.	Leis, regulamentações e normativas; Incentivos fiscais; Financiamento.

Fonte: Ellen Macarthur Foundation (2021).

A economia criativa é um modelo econômico que valoriza a criatividade, a inovação e a cultura como principais motores de desenvolvimento. Ela abrange setores como arte, design, moda, música, tecnologia e mídia, transformando ideias em bens e serviços. Esse conceito promove o uso sustentável de recursos, estimula a diversidade cultural e gera novas oportunidades de emprego, contribuindo para o crescimento econômico e social.

Como pode ser constatado a Economia Circular traz contribuições para o planejamento de sistemas produtivos, design de produtos de maneira ecoeficiente e retorno desses insumos produtivos a cadeia produtiva ao longo do ciclo de vida do produto. Neste contexto, destaca-se a importância do Biodesign para criar soluções inovadoras e sustentáveis.

3 BIODESIGN

A onipresença atual do prefixo “bio”, que significa vida, por vezes, dá a impressão de ser um modismo, assim como “eco” ou “green” num passado recente. Embora Myers, curador, autor e professor baseado em Amsterdam, seja creditado como o responsável por cunhar o termo “Biodesign” em 2012 (Myers, 2018a), o conceito de produzir em conjunto ou a partir de elementos vivos já estava expresso na “Biofabricação,” área com longo histórico nas Ciências Biomédicas e Engenharia, sobre a qual o Biodesign se constrói (Karana, 2020).

Biodesign é uma abordagem que une biologia e design para criar soluções inovadoras e sustentáveis, inspirando-se em sistemas vivos e processos naturais para desenvolver produtos, materiais, arquitetura e arte, visando reduzir o impacto ambiental e promover a harmonia com a natureza. Ele integra organismos vivos ou seus resíduos no processo criativo, explorando materiais como micélio de cogumelos para móveis ou criando edifícios que respiram como cupinzeiros, se aplicando à inovação em saúde com tecnologias de imersão.

Trata-se de um tema inovador que busca inspiração na natureza para criar soluções sustentáveis, que respeitam os ciclos naturais. Assim, como toda inovação, o Biodesign surge na intersecção entre diferentes saberes, neste caso entre o design e a biologia. *Design* é a concepção de um produto (máquina, utensílio, mobiliário, embalagem, publicação etc.). *Biologia* é a ciência que estuda a vida e os organismos vivos.

O Biodesign aproveita materiais vivos, sejam eles tecidos cultivados ou plantas, e incorpora o sonho do design orgânico: observar objetos crescerem e, após o primeiro impulso, deixar a natureza, a melhor entre todos os engenheiros e arquitetos, seguir seu curso (Antonelli, 2018, p.7). Antonelli (2018), caracteriza o Biodesign como o estudo da utilização de tecidos vivos, seja de culturas de tecidos ou plantas, materializando o sonho do design orgânico, onde depois de projetado e criado, observa-se o produto crescer e se desenvolver, deixando ao encargo da natureza, os cuidados com o restante.

O Biodesign é definido pela maioria dos autores como sendo a estratégia que, em seus processos, faz uso de elementos vivos para gerar alternativas de materiais ou produtos sustentáveis (Camere; Karana, 2018; Collet, 2017; Ertürkan; Karana; Mugge, 2022; Karana; Barati; Giaccardi, 2020; Myers, 2018b). Myers (2018a, p.8) explica que o Biodesign “vai além do mimetismo para a integração, dissolvendo os limites entre os meios naturais e construídos, e sintetizando tipologias híbridas” e menciona que, utilizando menos material e energia, experimentos com processos biológicos são capazes de substituir processos industriais. Além de Myers, diversos autores sugerem que o Biodesign é uma nova fronteira ou que representa uma quebra de paradigma no design (Esat; Ahmed-Kristensen, 2018; Ginsberg; Chieza, 2018).

Manzini e Vezzoli (2005, p. 17) afirmam que:

Sem dúvida, a palavra ecodesign é dotada de uma boa capacidade autoexplicativa, pois o seu significado mais geral sobressai de maneira imediata dos dois termos que a compõe: ecodesign é um modelo “projetual” ou de projeto (design), orientado por critérios ecológicos. O termo apresenta-se, portanto, como a expressão que sintetiza um vasto conjunto de atividades projetuais que tendem a enfrentar os temas postos pela questão ambiental partindo do ponto inicial, isto é, do redesenho dos próprios produtos.

O ecodesign não se refere somente a produtos novos com um processo sustentável e adequado, mas também ao redesenho de produtos já existentes e que são importantes para a vida das pessoas, buscando a melhoria destes. Seu principal objetivo é a busca da minimização dos impactos causados pelo mau planejamento e desenvolvimento de um produto, desde sua concepção até seu descarte final (Kazazian, 2005, p.10).

Ginsberg e Chieza (2018) definem o Biodesign de forma mais ampla, como sendo o design “da”, “com a”, ou “a partir da” Biologia, capaz de oferecer novas perspectivas para nós e para outros seres vivos. Nesse sentido, as autoras deixam claro que a abordagem não é nova, pois o refinamento (ou design) de organismos feito por meio da seleção é uma prática antiga, por exemplo numa plantação ou na criação de gado. Técnicas vernaculares, como a fabricação da cerveja feita a partir da fermentação do lúpulo, também seriam Biodesign. Essa visão, segundo elas “mais social do que tecnológica do Biodesign”, permite incluir tanto práticas tradicionais quanto contemporâneas, e diferentes métodos, processos, espaços e agentes. As autoras também consideram que, apesar de ancorado num desejo de desafiar o sistema industrial, existe a possibilidade de o Biodesign criar somente substitutos para os produtos tradicionais, o que “reforça os sistemas e mercados atuais e seus impactos ecológicos, em vez de reinventá-los como prometido” (Ginsberg; Chieza 2018).

Alguns pesquisadores consideram que o Biodesign pode também incorporar propriedades de elementos orgânicos “outrora” vivos (Esat; Ahmed-Kristensen, 2018). Isso permite considerar Biodesign processos que não utilizam organismos vivos na fabricação,

incluindo por exemplo os materiais feitos dos subcomponentes de algas desidratadas, por exemplo (Karana; Camere, 2017).

Segundo Lasky (2013), uma das grandes vantagens do biodesign é que o produto, após esgotada a sua utilização, pode retornar integralmente a natureza e ser reabsorvido pela decomposição dos seus componentes no ciclo de nutrientes da natureza. Destacam-se algumas soluções do biodesign se refere ao design (projetos), que inclui uma ou mais das seguintes estratégias.

3.1 Estratégias do design biomimética

A Biomimética é um termo cunhado em 1997 por Janine Benyus em seu livro: “Biomimicry - Innovation Inspired by Nature”, para denominar a ciência que estuda os princípios criativos e as estratégias implementadas pela natureza, na busca por respostas para problemas atuais da humanidade. A Biomimética é a “imitação” da natureza para o desenvolvimento de soluções (Ceschin; Gaziulusoy, 2020). Collet (2021) menciona que as soluções naturais são reconhecidas como ideais, por serem as mais ecológicas e por terem evoluído ao longo de bilhões de anos, e a natureza é vista como um modelo. “[...] a natureza fabrica seus materiais sob condições favoráveis à vida, na água, à temperatura ambiente, sem produtos químicos agressivos ou altas pressões” (Benyus, 1997, p. 97).

Foi por meio desse método que muitas das inovações de nosso cotidiano foram criadas, por exemplo o velcro, inspirado nas sementes de uma planta.

3.1.1 Os produtos biomiméticos na indústria

Velcro - A Origem do Velcro foi em 1941, o engenheiro suíço Georges de Mestral observou carrapichos (sementes de bardana) grudados no pelo de seu cachorro e em suas roupas. Ao analisá-los no microscópio, percebeu que eram ganchos minúsculos que se prendiam a qualquer laço (como tecidos ou pelos). Ele imitou essa estrutura para criar o sistema de ganchos e laços, batizado de “Velcro” (união de *velour* e *crochet*). Observe na Figura 3 a planta que inspirou o velcro.

Para aprimorar as habilidades adesivas, o velcro consiste em uma tira com argolas redondas e uma tira com ganchos semelhantes a rebarbas. Por sua pequena área de superfície, o velcro possui excepcional resistência adesiva e é amplamente utilizado como um substituto simples e prático para botões ou ganchos em almofadas, roupas e sapatos entre outros.

Figura 3 - Planta que inspirou o velcro



Fonte: escola de Botânica (2025).

Aeronaves - O surgimento de aviões realizou o sonho antigo da humanidade de voar, mas também era uma forma inovadora de transporte. A estrutura básica das asas dos aviões consiste em uma superfície curva de tamanho diferente na parte superior e inferior da asa, que cria forças hidrodinâmicas explicadas pelo efeito Bernoulli (O efeito Bernoulli ou Princípio de Bernoulli) descreve que, em um fluido em movimento, quanto maior a velocidade, menor a pressão, e vice-versa, sendo uma manifestação da conservação de energia. Através dessa estrutura hidrodinâmica, a velocidade da corrente de ar é mais rápida na parte superior das asas e mais lenta na parte inferior das asas. A pressão mais alta da parte inferior das asas e a velocidade do avião permitem que o avião de 100 toneladas voe. Esse foi o princípio que levou os irmãos Wright a ter sucesso em seu primeiro voo, mas também foi o resultado de numerosos anos de pesquisa biomimética sobre a estrutura e o design das asas dos pássaros e suas penas. Além dos pássaros individuais, um bando de gansos selvagens voa em uma formação em V, criando uma corrente de ar ascendente, permitindo que os que voam para trás voem com menos esforço (Hwang *et al.*, 2015). Figura 4 mostra as asas metamórficas.

Figura 4 - Asas metamórficas



Fonte: Inovação tecnológica (2023).

Os aviões do futuro terão certamente asas morfológicas, ou metamórficas, asas que mudam de formato para cada situação de voo. Modificar a forma das asas para atingir o máximo desempenho aerodinâmico deverá ajudar a reduzir os custos de combustível e reduzir as emissões dos aviões. Essa capacidade de adaptação ajudará ainda a reduzir o ruído e a vibração, aumentando o conforto e a segurança dos passageiros.

Por outro lado, a tecnologia de eficiência energética que criou as roupas de natação inspirada na pele de tubarões, agora servem também a indústria de transportes, usando de revestimentos inspirados na pele de tubarão que, diminuindo o arrasto, aumentam a eficiência energética de aviões e navios, reduzindo assim as emissões de carbono.

Aeronaves - O surgimento de aviões realizou o sonho antigo da humanidade de voar, mas também era uma forma inovadora de transporte. A estrutura básica das asas dos aviões consiste em uma superfície curva de tamanho diferente na parte superior e inferior da asa, que cria forças hidrodinâmicas explicadas pelo efeito Bernoulli. Através dessa estrutura hidrodinâmica, a velocidade da corrente de ar é mais rápida na parte superior das asas e mais lenta na parte inferior das asas. A pressão mais alta da parte inferior das asas e a velocidade do avião permitem que o avião de 100 toneladas voe. Esse foi o princípio que levou os irmãos Wright a ter sucesso em seu primeiro voo, mas também foi o resultado de numerosos anos de pesquisa biomimética sobre a estrutura e o design das asas dos pássaros e suas penas. Além dos pássaros individuais, um bando de gansos selvagens voa em uma formação em V, criando uma corrente de ar ascendente, permitindo que os que voam para trás voem com menos esforço (Hwang *et al.*, 2015).

Outras inovações super atuais em termos de biomimética, estão no campo da geração de energia. Turbinas eólicas são umas das soluções mais empregadas para

geração de energia limpa - apesar de seus impactos sociais. Porém, a tecnologia também possui diversos desafios relacionados à interação entre a própria estrutura e o fluido em questão, o ar/vento, o que gera uma demanda de manutenção constante. Atualmente estão sendo desenvolvidas pás que imitam as nadadeiras da Baleia Jubarte, que permite que o vento seja desviado pelas pás mais facilmente, aumentando a velocidade de giro, conseqüentemente gerando mais energia, ao mesmo tempo que diminui a frequência de manutenção (Hwang *et al.*, 2015).

Outras soluções estão na geração de energia através das ondas. Que nada mais são do que a energia solar propagada através da geração de ventos por diferença de temperatura na atmosfera, que interage com a superfície do mar e gera ondas. A BioWAVE uma tecnologia desenvolvida em parceria entre uma empresa Alemã e Australiana, criou uma estrutura que imita os movimentos das algas marinhas sob a influência das ondas, para transformar energia mecânica em elétrica (Hwang *et al.*, 2015).

Segundo Arruda (2010), o design biomimético é baseado no funcionamento e organização de processos e fenômenos da natureza, guiando-se pelos seguintes aspectos norteadores:

- a) Funcionar por meio da luz solar;
- b) Usar apenas a energia necessária;
- c) Adequar forma à função;
- d) Reciclar componentes;
- e) Recompensar cooperação;
- f) Enfocar a diversidade;
- g) Demandar expertise local;
- h) Lidar com excessos em escalas de complexidade;
- i) Explorar limites e fronteiras.

Tendo isso em vista, Antonioli (2017), Baumeister, Tocke, Ritter e Dwyer (2014) destacaram três abordagens que caracterizam a integração da biomimética ao processo criativo:

1. Evidência da forma - modo em que as configurações do produto emergem de características físico-biológicas.

2. Aproximação processual - o recurso emulado em design é embasado na análise e transformação de processos e comportamentos orgânicos.

3. Ênfase sistêmica - considera a atividade de projeto a partir do estudo de interrelações entre organismos e seu ecossistema.

Destaca-se que o uso da natureza para a efetivação de uma série de finalidades impulsionadas pelos hábitos sociais contemporâneos faz emergir o conceito de recursos

naturais que são elementos disponíveis na natureza que podem ser utilizados para diversas atividades humanas. Eles são classificados em renováveis ou não renováveis e podem ser biológicos, minerais, hídricos ou energéticos. Essenciais para a manutenção da vida, os recursos naturais atendem a grande parte das necessidades humanas. Portanto, a preservação dessas fontes é amplamente discutida para garantir o desenvolvimento sustentável, par tanto o design tem que ser pensar em todo o ciclo de vida do produto, o que se obtém com os princípios Bio-circulares, tema na sequência.

3.2 Natureza como recurso: princípios bio-circulares

Nesta estratégia, o material utilizado é natural e, portanto, pode retornar facilmente ao ciclo de regeneração. O design aqui é pensado **considerando todo o ciclo de vida útil do produto ou material**, desde sua concepção até seu “descarte”, permitindo que ele **volte ao sistema sob a forma de nutriente** por meio de processos como a compostagem.

Alguns exemplos, são as embalagens com **bioplásticos feitos de algas**, como a NOTPLA que produz “bolas de água” comestível. Já aqui no Brasil a **mandioca (macaxeira ou aipim dependendo de onde estiver) é uma das estrelas**, já existem bioplásticos comestíveis feitos de fécula de mandioca, que ajudam a proteger e conservar frutas e legumes, e embalagens feitas de mandioca, que são compostáveis. Outro exemplo, é o cânhamo- Planta que serve de matéria prima para diversos produtos, desde a indústria têxtil e da moda, suplementos, materiais de construção civil, até a produção de biocombustível. O fator de absorção do cânhamo é tão alto que torna seu cultivo e grande parte dos seus subprodutos, carbono positivo, ou seja, captura mais carbono do que emite em seu processo produtivo. Segue a próxima estratégia do Design Biomimético, tendo a natureza como parceira.

3.3 Natureza como parceira: princípios de bio-montagem

Está inserida no processo de criação, ou melhor de “crescimento” do produto. Cita-se como exemplos a produção de pranchas de surf com espuma interna feita de micélio (filme), couro feito a partir de bactéria, e até jaquetas para a moda. E essa tecnologia natural não serve apenas na produção de pequenos objetos, ela já está sendo usada na arquitetura para construção civil, esse é o caso da coluna projetada por algoritmos e impressa em 3D, o *Protomyckion*. O resultado é um material de construção resiliente, estrutural, à prova d’água, isolante, altamente háptico, e que aproxima a era da personalização em massa, podendo adaptar a tecnologia a diversos contextos. Segue as 4ª estratégias do Design Biomimética.

3.4 Natureza como sistema reprogramável da biologia sintética

Consiste no design e construção de organismos, vias ou dispositivos artificiais, considerado no redesenho/manipulação dos sistemas naturais existentes. Já é possível programar uma bactéria para produzir determinada cor e tingir tecidos com corante natural, ou mesmo produzir fios de seda em larga escala a partir da fermentação de levedura, material já usada pela gigante Adidas. Está é uma área do biodesign extremamente delicada, que tem trazido à tona discussões importantes sobre as implicações éticas da biologia sintética e do biodesign.

Com pode ser entendido o Biodesign emerge da própria vida, incorporando

princípios inerentes aos sistemas vivos no processo de design como solução para uma transição visando um futuro mais sustentável e regenerativo, por isso aborda-se os biomateriais existentes. Para aplicar o Design Biomimético existem várias metodologias, que se apresenta na sequência.

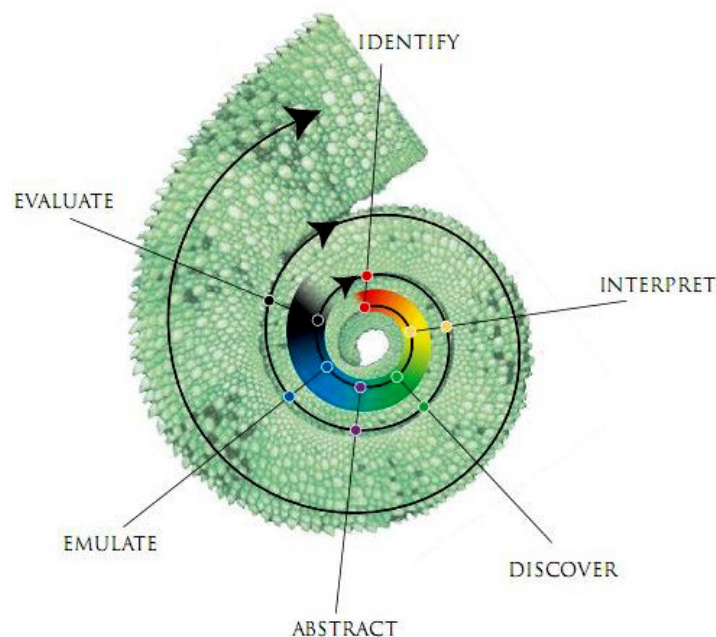
3.5 Metodologias de desenvolvimento de produtos biomiméticos

Metodologias de desenvolvimento de produtos biomiméticos são abordagens estruturadas que utilizam a natureza como fonte de inspiração, modelo e mentora para criar soluções inovadoras, eficientes e sustentáveis para desafios humanos. Essas metodologias transferem princípios funcionais encontrados em organismos e ecossistemas para o design de materiais, processos e sistemas sintéticos.

3.5.1 Espiral do design biomimético

A Espiral do Design Biomimético: é uma metodologia de projeto desenvolvida por Janine Benyus e Dayna Baumeister, pesquisadoras do Biomimicry Institute localizado em Missoula no estado de Montana, EUA. Essa metodologia pode servir como um guia para designers inovadores, empregando a Biomimética como meio de “biologizar” um desafio de projeto. Sua utilização indica um caminho para o exame do mundo natural, assegurando que o projeto final imite a natureza em todos os níveis: forma, processo e ecossistema. A espiral é utilizada para enfatizar o processo repetitivo da natureza, isto é, depois de resolver um desafio, a natureza estimulada pelos princípios de vida, se adapta e evolui. Quando outro desafio surge, o processo de planejamento começa novamente (Biomimicry Institute, 2007). Na Figura 5 tem-se a Espiral do Design Biomimético representada graficamente. Na sequência apresentam-se os cinco passos do processo de desenvolvimento que compõem a espiral.

Figura 5 - Espiral do Design Biomimético



Fonte: Biomimicry Guild (2006b).

Apresenta-se no Quadro 3 o passo a passo da metodologia da Espiral do Design Biomimético.

Quadro 3 - metodologia da Espiral do Design Biomimético

1. IDENTIFIQUE	
Desenvolva um resumo do projeto sobre a necessidade humana	
Resumo do projeto	Desenvolva um resumo do projeto com as particularidades sobre o problema a ser solucionado
Especificações do projeto	Redirecione o resumo do projeto para o núcleo do problema, delimitando as especificações do projeto.
Objetivo do projeto	O que você deseja alcançar com seu projeto? (não “o que você deseja projetar?”) -Continue investigando até que você obtenha a essência do problema.
Especificações do problema	Defina as especificações do problema: - Mercado alvo: quem está envolvido com o problema e quem estará envolvido com a solução? - Localização: onde o problema está e onde a solução será aplicada?
2. TRADUZA	
Traduza o resumo do projeto em termos biológicos	
Biologize a pergunta: busque no resumo do projeto sobre as perspectivas encontradas na Natureza.	
Traduza conceitos das funções exercidas pela natureza: a) Como a natureza realiza esta função? b) Como a natureza NÃO realiza esta função? Reorganize as perguntas com palavras-chave adicionais.	Defina o habitat/local: a) Condições climáticas; b) Condições nutricionais; c) Condições sociais; d) Condições temporais.
3. EXPLORE	
Explore os modelos da natureza que possam responder ou solucionar seus desafios relativos ao projeto.	

Ache os melhores modelos naturais para responder suas perguntas:

- a) Considere o literal e o metafórico.
- b) Encontre os melhores modelos naturais que se adaptam ao projeto, indagando: “a sobrevivência de quem depende disso?”
- c) Ache organismos que são na maioria desafiados pelo problema que você está tentando resolver, mas não são ameaçados por isto.
- d) Olhe para os extremos do habitat:
- e) Decomponha seu problema para além dos limites do seu raciocínio:
- f) Discuta abertamente com biólogos e especialistas do ramo.

Crie uma classificação dos sistemas biológicos e de suas estratégias de vida: Desta lista, escolha as estratégias mais promissoras para imitar o habitat conhecido e projetar parâmetros.

4. IMITE

Desenvolva ideais e soluções baseadas nos modelos biológicos.

Desenvolva conceitos e ideais que apliquem as lições dos modelos naturais observados.

Aplique estes ensinamentos tão fundo quanto possível em seus projetos.

Imitando a forma:

- Descubra detalhes da morfologia.
- Entenda a escala/efeito.
- Considere os fatores que influenciam na eficácia da forma para o organismo.
- Considere o modo pelo qual você pode aprofundar suas ideais para imitar o processo e/ou o ecossistema.

Imitando o ecossistema:

- Descubra detalhes do processo biológico.
- Entenda a escala/efeito.
- Considere os fatores que influenciam na eficácia do processo para o organismo.

5. Avalie

Revise suas soluções comparando-as com os princípios de vida:

<ul style="list-style-type: none"> • O projeto é modular /segmentado? • É desenvolvido para amoldar? • Utiliza automontagem? • A forma é projetada para minimizar uso de material? • É aperfeiçoado ao invés de maximizado? • Que função a água desempenha no processo de fabricação? • O projeto é cíclico, isto é, adapta-se a ciclos? • Faz uso de materiais recicláveis? É reciclável? • É bem entrosado com o meio ambiente? • Propicia fabricação própria e usa energia livre? Materiais abundantes? • O projeto admite reavaliação? Pode ser adaptado? Evoluído? • O projeto promove condutas apropriadas pelos usuários? • Há cruzamento de informações? • O projeto apresenta características contraditórias e funções desnecessárias? • Utiliza materiais benévolos à vida? • Usa fabricação benigna? • O projeto amplia a biosfera? • Como o projeto coexiste? • Este projeto “cria condições que conduzem à vida”?
<ul style="list-style-type: none"> • Faça perguntas apropriadas e continue questionando sua solução. • Identifique novas formas de melhorar a sua concepção de projeto e desenvolva novas questões para explorar. • Questões relevantes agora podem ser realizadas sobre o refinamento do conceito: Embalagem, Produção, Marketing, Transporte etc.
1. Identifique
Desenvolva e refina o resumo do projeto baseado no conhecimento de lições e da avaliação dos princípios de vida.

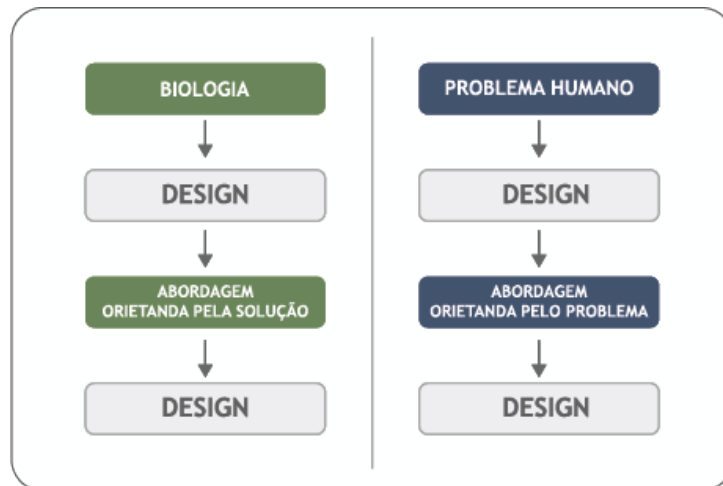
Fonte: Biomimicry Guild (2006b).

O projetista biomimeticista pode se beneficiar deste pensamento, evoluindo seus projetos em passos repetidos de observação e desenvolvimento, revelando novas lições e constantemente aplicando estas ao longo de sua própria exploração do projeto.

3.5.2 O método da aplicação da biomimetização

A biomimetização é realizado de duas maneiras distintas, segundo Pandremenos *et al.* (2012) e demonstrado pela Figura 6. A primeira forma seria da biologia para o design, onde um fenômeno biológico promove uma solução de design, ou seja, uma técnica baseada na solução; ou ainda do design para a biologia, onde o inovador inicia a pesquisa com um problema humano, e depois revisa quais e como os organismos estão atingindo àquele objetivo, ou seja, uma técnica baseada no problema (El-Zeiny, 2012; Pandremenos *et al.*, 2012).

Figura 6 - Maneiras de aplicação da biomimetização



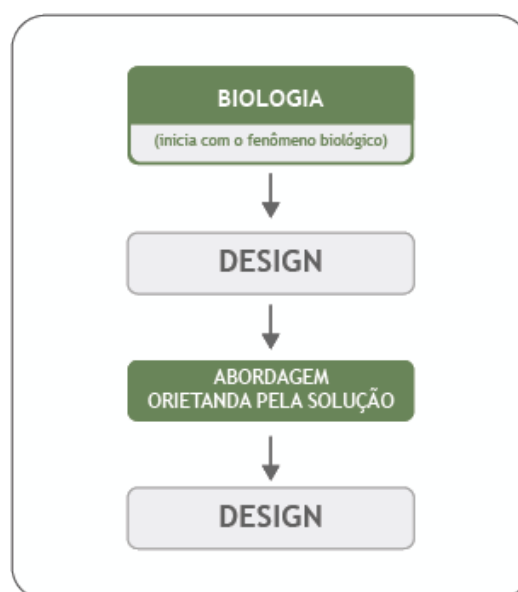
Fonte: Desenvolvida pelo autor (2026) com base em Padremenos *et al.* (2012)

3.5.3 Metodologia da biomimética segundo Faludi (2005)

Para solucionar os diversos problemas do ambiente construído, parte-se da solução design para a biologia, a técnica baseada no problema, e, na criação de produtos biomiméticos deve-se seguir três passos conforme mostra a Figura 7, segundo Faludi (2005):

- Definir o problema e o seu contexto;
- Encontrar organismos com o mesmo problema e contexto. Avaliar o que fazem. Encontrar diversos exemplos e analisar qual apresenta a melhor e mais relevante estratégia;
- Transformar a melhor estratégia em algo construtível. Se necessário, encontrar um expert para auxiliar.

Figura 7 - Metodologia da biomimética segundo Faludi (2005)



Fonte: Desenvolvido pelo autor (2026) baseado em Faludi (2005).

3.5.4 Metodologia biocard method

A Biocard Method, foi desenvolvida na *Technical University of Denmark* (DESIGN INSITE, 2014). Ela subdivide a anterior em mais fases, sendo elas:

- a) Definição do problema;
- b) Pesquisa das estratégias e princípios;
- c) Análise das estratégias e princípios;
- d) Extração das estratégias e princípios;
- e) Fase de design.

Todas as metodologias descritas apresentam como essência a mesma linearidade e sequência de fases, sendo a primeira mais abrangente, a segunda mais subdividida, mas com o mesmo caminho. Isto comprova a real eficiência das metodologias como um todo. Estas metodologias envolvem a fase da seleção da matéria prima que para o obter produtos de design sustentáveis utilizar biomateriais, abordagem a seguir.

4 BIOMATERIAIS PARA PRODUTOS DE DESIGN

Biomateriais para design sustentável são alternativas ecológicas derivadas de fontes naturais (plantas, fungos, resíduos orgânicos) para substituir materiais poluentes como plástico e couro, focando em biodegradabilidade e baixo impacto ambiental.

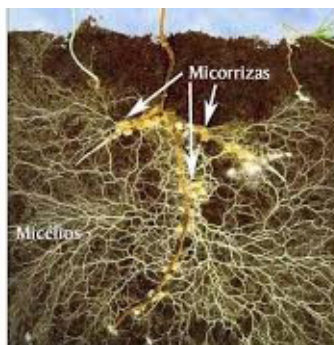
Segundo Bell (2011) os biomateriais são uma forte tendência dentro desse universo de alta tecnologia e concepções avançadas em materiais, e são esses que cada vez mais vem sendo apresentados no mercado. Alguns exemplos de biomateriais já produzidos e comercializados em escala comercial são da empresa italiana Orange Fiber, que produz têxteis a partir do bagaço da casca da laranja, e a SCafé, que produz tecidos e malhas provenientes da borra do café, normalmente, descartada após o café ser preparado (Opperskalski *et al.*, 2020).

Para Lee *et al.* (2020) é possível entender que biomaterial é o termo usado para denominar materiais que tem uma associação biológica não específica, ou seja, são materiais que provêm de alguma fonte biológica, podendo ser, por exemplo: plantas, restos de alimentos, frutas, organismos naturais etc. Para se ter uma compreensão mais aprofundada sobre esses materiais é importante adentrar no seu universo, tomando conhecimento de alguns conceitos-chave. Materiais de base biológica (biobased) são provenientes de biomassa, podendo ser vegetal ou animal e apresentando tratamento físico, químico ou biológico, como, por exemplo, as fibras naturais, as artificiais, os polímeros naturais e os couros animais (Lee *et al.*, 2020).

4.1 Principais tipos de biomateriais

Micélio (Fungos): Parte vegetativa de fungos, uma rede subterrânea de filamentos finos (hifas) que age como «raízes», absorvendo nutrientes do solo e servindo de «internet» natural, conectando plantas e distribuindo recursos (Figura 8).

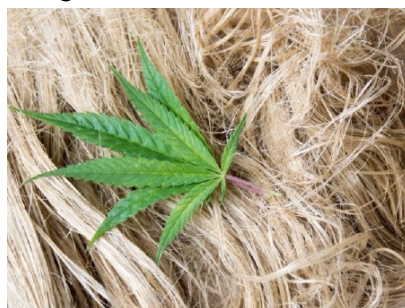
Figura 8 - Fungos Micélio



Fonte: Embrapa (2021).

Fibras Naturais (Cânhamo, Juta, Sisal, Coco): Usadas em tecidos, isolamento e construção (Hempcrete), oferecendo propriedades térmicas e acústicas (Figura 9)

Figura 9 - Fibra de Cânhamo



Fonte: Kayamind (2024).

Resíduos Agrícolas (Cana-de-açúcar, Abacaxi, Manga): Transformados em bioplásticos (PLA) ou fibras para couro (Piñatex). O Pinatex®, fabricado pela empresa Ananas, é um exemplo popular de alternativa ao couro animal, amplamente adotado por marcas e consumidores veganos. Produzido a partir de fibras derivadas das folhas de abacaxi, o Pinatex® (Figura 10) é um material versátil e adequado para uma variedade de produtos como bolsas, sapatos e tênis esportivos. Ao utilizar as folhas, subprodutos do cultivo de abacaxi que normalmente seriam descartadas, o Pinatex® reconhece o valor desses materiais não utilizados, beneficiando tanto os agricultores quanto o meio ambiente (Meyer *et al.*, 2021).

Figura 10 - Pinatex® couro do abacaxi



Fonte: Biostudiodesign (2020).

Algas: Novas fronteiras para materiais inovadores e sustentáveis (Figura 11).

Figura 11 - Algas Marinha



Fonte: Biostudiodesign (2020).

Os têxteis de algas marinhas, também conhecidos como têxteis de algas, são tecidos derivados das fibras de vários tipos de algas. Esses têxteis oferecem uma alternativa mais sustentável aos tecidos tradicionais e trazem uma série de benefícios tanto para o meio ambiente quanto para os consumidores.

Aplicações no Design:

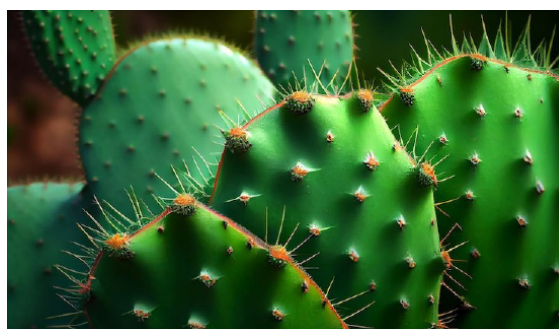
Moda: Substituição de couro e tecidos sintéticos por opções biodegradáveis e de baixo consumo de água (Mycotex, Piñatex).

Arquitetura/Interiores: Isolamento térmico e acústico com cânhamo, azulejos de polpa de papel reciclado, e móveis de micélio.

Muitos dos biomateriais concebidos e produzidos hoje são biomateriais com aspecto de couro. Eles são uma alternativa de derivados naturais à substituição do couro animal e sintético.

A **Desserto®** é uma empresa inovadora mexicana conhecida por desenvolver um material sustentável alternativo ao couro, feito a partir de fibras de cactos (Figura 12) (Meyer *et al.*, 2021).

Figura 12 - Fibras de cactos



Fonte: Freepik (2025).

O **Fuitleather** é outro biomaterial com aspecto de couro feito a partir de mangas já sem condições de consumo que seriam descartadas;

O **Mylo** - da Bolt Threads é também um biomaterial com aspecto de couro feito de micélio e celulose bacteriana - produzido através da fermentação da cultura de bactérias

- desenvolvido pela pesquisadora Suzzane Lee, da escola Central Saint Marin's College of Art and Design. Esses são alguns exemplos indicados por Lee *et al.* (2020) que já estão disponíveis no mercado.

Os cogumelos têm sido um grande achado na produção de biomateriais semelhantes ao couro natural. Basicamente o processo geral consiste no cultivo de suas raízes em serragem ou resíduos agrícolas. Dessa forma, os brotos do fungo formam uma esteira espessa (micélio), que é então tratado para se parecer com couro Figura 13.

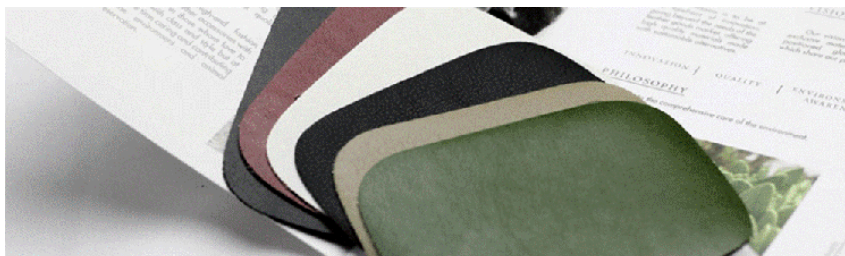
Figura 13- Os cogumelos na produção de biomateriais



Fonte: Haco (2024).

O Plant Leather - da Allbirds, é originado de materiais naturais renovados em laboratórios. O material é feito de bio ingredientes - como óleo vegetal e borracha natural - que formam um couro 100% natural à base de plantas Figura 14. De acordo com a Allbirds, o couro vegetal emite até 17 vezes menos carbono do que o couro sintético e tem 40 vezes menos impacto de carbono do que o couro animal, significando um potencial de redução de 95% nos produtos.

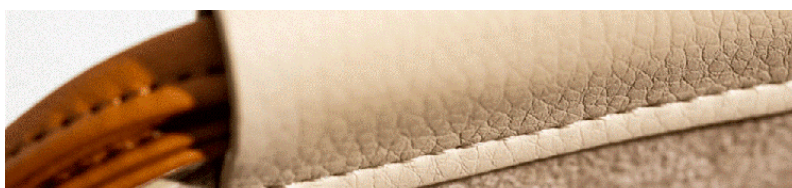
Figura 14- Couro vegetal



Fonte: Haco (2024).

Microfibra -O Technik-Leather - é uma camada de microfibra criada a partir de garrafas plásticas de água 100% recicladas. O Technik é resistente à água, manchas, arranhões e é produzido através de processo 99% livre de resíduos, no qual todo material usado é reciclado, incluindo a água (Figura 15).

Figura 15 - Technik-Leather



Fonte: Haco (2024).

Estes são apenas alguns exemplos, mas o desenvolvimento de materiais para a moda sustentável aumenta cada vez mais ao redor do mundo. E há muitas outras iniciativas que todos da cadeia produtiva de moda podem incluir na produção de suas coleções de moda.

4.1.1 Vantagens para o design sustentável

Redução de Impacto: Diminuem a dependência de petroquímicos e o desperdício, combatendo a poluição.

Biodegradabilidade: Retornam à natureza ao fim da vida útil, fechando o ciclo.

Saúde: Materiais não tóxicos promovem ambientes internos mais saudáveis (ex: cânhamo purifica o ar).

Inovação: Abrindo caminho para novas estéticas e funcionalidades, aliando tecnologia e natureza.

4.1.2 Exemplos de marcas registradas e projetos

MycoTex (NEFFA): Tecidos de micélio cultivados em 3D.

Piñatex (Ananas Anam): Couro de folha de abacaxi. Marca registrada do tecido feito à base de resíduos de folhas de abacaxi.

Bananatex: Tecido de fibra de banana.

MABE Bio (Brasil): Alternativas de couro de manga e outras frutas.

Diante do exposto, Biomateriais são uma revolução no design, oferecendo soluções reais para a crise ambiental e redefinindo o futuro da produção de bens.

Com o objetivo de explorar o potencial de resíduos de madeira na fabricação de materiais de construção, a empresa dinamarquesa Natural Material Studio criou **quatro biomateriais** a partir de **serragem** retirada da serraria da marca de pisos.

1.O primeiro material é um tecido flexível, feito com uma mistura de pó de madeira finamente peneirado e aparas de plaina. Para fazer o

2.O segundo material, a equipe colou serragem fina e celulose em placas de fibra de madeira para formar o isolamento.

2. O terceiro material, combina pó de madeira e aparas de plaina. O estúdio moldou essa combinação em folhas finas como papel e cor de caramelo.

4. O quarto material é a primeira tentativa do estúdio de criar um painel estrutural de fibra de madeira para uso arquitetônico. É unido por um aglutinante feito de lignina - o polímero orgânico que confere resistência e rigidez à madeira - desenvolvido em colaboração com o Instituto Tecnológico Dinamarquês.

Resíduos de batata - O banquinho Briket tem a assinatura do designer suíço Renaud Defrancesco foi Feito de resíduos de batata e serragem e com linhas robustas, O banquinho

Briquet é reciclável pois emerge inteiramente de restos de batata e serragem (Figura 16). Uma curiosidade interessante, é que o banco pode ser totalmente reciclado por meio do fogo para aquecer um ambiente durante as estações frias. Em vez de aplicar tinta ou outros recursos de design, o designer deixou a peça em estado bruto, optando por mostrar a materialidade natural dos ingredientes originais.

Figura 16- Banquinho Briket reciclável



Fonte: InovaSocial (2024).

<https://inovasocial.com.br/inoва/briquet-banqueta-batatas-serragem/>

Cadeira de cânhamo e planta marinha - Em parceria com a marca Norma Copenhagen, a dupla de designers Foersom & Hiort-Lorenzen criou uma coleção de cadeiras produzidas à base de plantas chamada Mat (Figura 17). São dois modelos: um feito de cânhamo e outro, que combina esse material com enguia – uma planta marinha semelhante às algas marinhas. Esses biomateriais foram usados como alternativa ao plástico moldado por injeção. As peças foram produzidas a partir de caules de cânhamo e não de folhas, que já têm outras aplicações na produção alimentar e têxtil. Esses caules são provenientes de fazendas que normalmente tratam essa parte da planta como um resíduo. Para a cadeira com dois materiais, as fibras de cânhamo são combinadas com enguia seca, recolhida depois de ser lavada na costa dinamarquesa. A produção envolve transformar as fibras moídas de cânhamo e enguia em um material em folha, que é moldado por uma máquina de compressão.

Figura 17 - Cadeira de cânhamo



Fonte: InovaSocial (2024).

Luminária de cânhamo - O cânhamo é misturado com um bioplástico de ácido polilático (PLA), derivado da cana-de-açúcar, junto com celulose de madeira e diversos

minerais para criar um composto livre de fósseis e gases. O material é então extrudado para criar o corpo principal da luminária. Para criar um efeito ainda mais natural, os cabos elétricos são revestidos de linho. (Figura 18).

Figura 18 - Luminárias com cânhamo - Design exclusivo

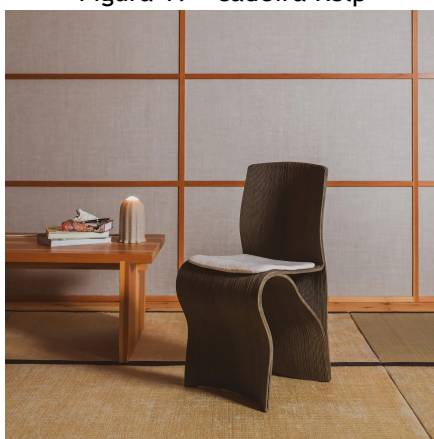


Fonte: Biostudiodesign (2020).

O design da luminária além de ser exclusivo é sustentável, promovendo o equilíbrio entre viabilidade econômica, equidade social e proteção ambiental.

Cadeira de algas - Feita originalmente de plástico reciclado, a cadeira Kelp, criada pelo estúdio de design sueco Interesting Times Gang, ganhou uma nova versão produzida com algas marinhas. Segundo os designers, as algas desempenham um papel vital na captura de carbono e na produção de pelo menos 50% do oxigênio da Terra e, por isso, aumentar o cultivo e a utilização desse material significa ajudar a mitigar os efeitos das mudanças climáticas. A cadeira é feita com um tipo de alga marinha chamada Nordic Sugar Kelp, que tem coloração marrom e cresce nos oceanos Atlântico Norte e Pacífico Norte. A planta é transformada em um bioplástico impresso em 3D. A peça pode ser complementada com uma almofada, que também é produzida com material da mesma origem. Segundo a Interesting Time Gang, a cadeira é biodegradável no final da vida útil (Figura 19).

Figura 19 - cadeira Kelp



Fonte: Casa Cor (2024).

Plástico filme feito de batata - A empresa australiana de biomateriais Great Wrap criou uma alternativa ao filme plástico com um material feito de resíduos de batatas (Figura 20). Trata-se de amido extraído das cascas de batata, misturado com outros ingredientes, incluindo óleo de cozinha usado e mandioca. A embalagem transparente,

que vem em *dispensers* coloridos de plástico reciclado, tem qualidade de textura e desempenho semelhantes às do filme plástico à base de petróleo, segundo a empresa. Quando o material chega ao fim da vida útil, pode ser compostado em aterros sanitários ou sistemas de compostagem doméstica, onde os testes comprovaram que ele se decompõe em 180 dias.

Figura 20 - Plástico Filme



Fonte: Casa Cor (2024).

Azulejos de milho - As empresas Circular Matters e StoneCycling se uniram para transformar espigas de milho para fazer revestimentos biodegradáveis e quase inteiramente feitos de base biológica. Disponível na forma de ladrilhos e placas, o CornWall pretende ser uma alternativa mais sustentável aos revestimentos cerâmicos ou laminados plásticos. O material é derivado de mais de 99% de fontes biológicas renováveis, é criado a baixas temperaturas usando principalmente energia solar e emite menos dióxido de carbono na produção do que o que foi capturado pelo milho durante o crescimento. Para proporcionar uma longa vida útil aos produtos, as empresas produziram os ladrilhos com sistema de fixação mecânica, para que possam ser desmontados e reutilizados ou devolvidos à empresa para limpeza e reciclagem (Figura 21).

Figura 21 - Azulejos de Milho



Fonte: Casa Cor (2024).

Biocerâmica - Criada pela designer Cynthia Nudel, essa técnica transforma resíduos de casca de ovo e algas em uma série de peças esculturais biodegradáveis (Figura 22). A profissional propõe uma alternativa mais sustentável à cerâmica tradicional. Aproveitando resíduos orgânicos pré-utilizados, a designer confecciona uma série de vasos e potes sustentáveis que são inspirados na natureza. Enquanto as peças pretas simbolizam a destruição, os tons verdes evocam a natureza e os brancos refletem a pureza.

Figura 22 - Biocerâmica



Fonte: Sala 7 Design (2023).

Os tons terrosos nos lembram a nossa essência. Além disso, no final da vida útil, cada peça desintegra-se e volta à terra, fechando o ciclo, isto é economia circular, tema a seguir.

5. ECONOMIA CIRCULAR E BIODESIGN

A interseção entre **Economia Circular** e **Biodesign** representa uma abordagem inovadora e sustentável para a produção, onde o design não apenas minimiza o impacto ambiental, mas ativamente regenera a natureza utilizando processos biológicos. Enquanto a economia circular foca em eliminar o desperdício e manter materiais em uso, o biodesign utiliza elementos vivos (microrganismos, plantas) para criar materiais biodegradáveis e funcionais.

5.1 Economia circular: o modelo de ciclos fechados

A economia circular propõe a transição do modelo linear (“extrair-produzir-descartar”) para um sistema restaurativo.

Princípios: Eliminar desperdícios e poluição, manter produtos/materiais em uso e regenerar sistemas naturais.

Ciclos: Integra ciclos biológicos (materiais biodegradáveis que retornam à terra) e ciclos técnicos (materiais reutilizados, reparados ou reciclados).

Bioeconomia Circular: Utiliza recursos biológicos renováveis (biomassa) em ciclos fechados para produzir alimentos, energia e materiais.

Inovação: Cria materiais que crescem em vez de serem fabricados, substituindo materiais sintéticos por alternativas naturais.

Renaturalização: Promove a integração do ambiente construído com o natural, estimulando a economia circular.

5.2 A sinergia entre biodesign e economia circular

O Biodesign impulsiona a economia circular ao fornecer soluções “cradle to cradle” (do berço ao berço), onde o resíduo de um processo torna-se nutriente para outro.

Regeneração: Ao invés de apenas diminuir danos, os produtos de biodesign podem devolver nutrientes ao solo ao final de sua vida útil (compostagem).

Redução de Desperdício: Materiais cultivados sob medida eliminam resíduos de corte na produção.

Renovabilidade: Utiliza matérias-primas orgânicas, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis.

Portanto, o biodesign e a economia circular juntos formam um novo paradigma onde os produtos são pensados para crescer, circular e regenerar o meio ambiente. Para ocorrer esse processo e desenvolver projetos de design precisa-se conhecer as ferramentas biomiméticas, tema a seguir.

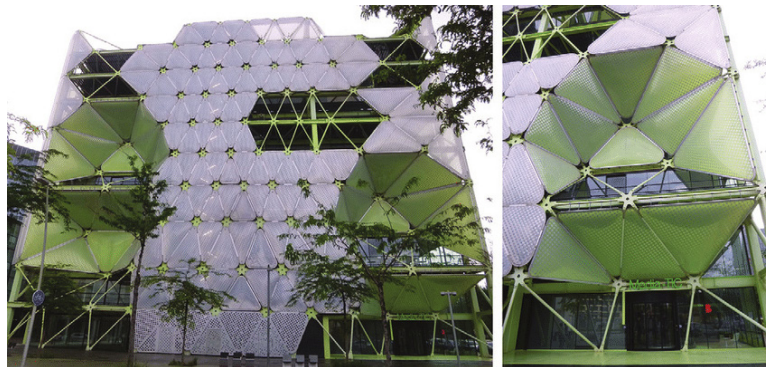
6 FERRAMENTAS BIOMIMÉTICAS EM PROJETOS DE DESIGN

Os seres humanos têm uma disposição inata para manter suas conexões com a natureza, sendo que seus contatos diretos e imersivos provocam, frequentemente, reações cognitivas e fisiológicas positivas, inclusive na esfera da saúde. Nesse cenário contemporâneo, tem evoluído a biomimética, definida como o domínio do conhecimento que propõe desenvolver soluções para os desafios humanos, sobretudo na área criativa, a partir de fundamentações em estudos biológicos (tema já abordado neste trabalho). Ao se refletir sobre o assunto, é possível perceber que gradativamente, os aportes da biomimética vêm sendo incorporados na área do design. Já se constata práticas inspiradas na natureza que almejam garantir sustentabilidade ambiental e aumento do interesse por tecnologias bioinspiradas (Ask Nature Team, 2021).

6.1 Ferramenta 1 - design concept generation diagram for plant inspired façades (diagrama de geração de conceito de design para fachadas inspiradas em plantas, tradução nossa).

Essa ferramenta biomimética auxilia na criação de produtos arquitetônicos alicerçados no estudo de vegetais. López *et al.* (2017) justificaram esse interesse específico, pois as plantas são fundamentalmente definidas pela ausência de ampla movimentação no espaço precisando, mesmo assim, se adaptar às condições do meio circundante. Os autores estabeleceram um paralelo entre tais características e o contexto das construções e edifícios, uma vez que também estão fixos em um espaço e encontram-se submetidos às variações climáticas locais (López *et al.*, 2017). Figura 23.

Figura 23 - Edifício Media-TIC: (esquerda) vista exterior e (direita) almofadas infláveis



Fonte: Researchgate (2018).

Estas são aplicações de fachadas biomiméticas para um futuro mais sustentável.

6.2 Ferramenta 2 - multi-biomechanism approach (m-ba)

O instrumento pretende incluir a multifuncionalidade biológica para o aprimoramento de projetos de produtos. A exploração de princípios da natureza - classificados segundo atributos como adaptabilidade, hierarquia, heterogeneidade, anisotropia e redundância - pode promover novos caminhos para a criação de produtos multifuncionais. Apresentado por Kuru *et al.* (2020), esse recurso destaca a aplicação de noções de hierarquia e heterogeneidade da natureza para atingir a multifuncionalidade por meio da diferenciação de funções em variadas escalas e geometrias em cenários projetuais.

Hierarquia é a capacidade de seres vivos de incorporar funções e estruturas em uma perspectiva multinível, ou multicamadas. Essa característica pode ser adotada em design por meio da inserção de estruturas em diferentes escalas em um produto, cada qual destinada a uma funcionalidade diferente. Heterogeneidade traduz a diferenciação geométrica de elementos em estruturas multidimensionais, abarcando diferentes funções com um leque de formas. Representa a combinação de diferentes morfologias de componentes em uma criação (Kuru *et al.*, 2020).

O Multi-Biomechanism Approach é composto por quatro etapas principais:

- 1) identificar o problema técnico;
- 2) selecionar a solução biológica;
- 3) atingir multifuncionalidade; e
- 4) desenvolver uma estratégia biomimética.

Cada uma delas é associada a, pelo menos, dois subestágios, que é complementado por ferramentas auxiliares como uma base de dados de soluções biológicas inspiradoras (formulada por Kuru *et al.* (2020), e um quadro que orienta a coleta e a inserção de informações sobre organismos na referida base. Apresenta-se exemplos aplicados da abordagem Multi-Biomechanism Approach (M-BA):

- **Fachadas Adaptativas (Bio-inspired Adaptive Façades - Bio-ABS):** Este é um dos exemplos mais citados de M-BA, onde uma única solução de engenharia incorpora múltiplos mecanismos biológicos para controle ambiental:

Mecanismos: Inspirados no fechamento de pinhas (movimento por umidade), na estrutura de estômatos (respiração/ventilação) e na morfologia de cactos (sombreamento/auto-sombreamento).

- **Multifuncionalidade:** A fachada se ajusta para reduzir o ganho de calor solar, melhora a ventilação natural, controla a iluminação interna e reduz o consumo energético, tudo em um sistema cinético integrado. Superfícies de Pele de Tubarão.

- **Mecanismos:** Microestruturas (dêntículos dérmicos) para redução de arrasto + características químicas/físicas anti-incrustantes.

- **Multifuncionalidade:** Aplica-se na criação de tecidos de natação, filmes plásticos para cascos de navios, ou revestimentos antibacterianos para equipamentos médicos (superfície *Sharklet*), que reduzem o arrasto e impedem a proliferação de

microorganismos sem produtos químicos.

Concreto Auto-cicatrizante (Bio-concrete)

A abordagem combina biologia e engenharia estrutural.

- **Mecanismos:** Incorporação de bactérias (como *Bacillus*) dentro da matriz de concreto + encapsulamento de nutrientes que se ativam com a água.
- **Multifuncionalidade:** O concreto não apenas suporta cargas (função estrutural), mas também sela automaticamente fissuras (função de auto-reparo), aumentando a vida útil e reduzindo custos de manutenção.

Estruturas Robóticas Bio-inspiradas (ex: Tromba de Elefante)

Projetos de robótica de tecidos moles (soft robotics) aplicam M-BA para imitar a flexibilidade de animais.

- **Mecanismos:** Estrutura muscular/flexível (sem ossos) + controle neuromuscular + mecanismos de prensão sensoriais.
- **Multifuncionalidade:** Dispositivos cirúrgicos que navegam em tecidos complexos, adaptam-se à forma do órgão e realizam manipulação delicada simultaneamente.

Aerogeradores (Turbinas Eólicas) baseados na Folha de Bordo

A Biome Renewables utiliza a biologia de sementes de árvores.

- **Mecanismos:** Aerodinâmica da folha de bordo (Maple Leaf) + estrutura de turbinas helicoidais.
- **Multifuncionalidade:** Aumenta a eficiência na captação de energia e reduz significativamente o ruído (menor impacto sonoro e ecológico) em comparação com turbinas convencionais.

6.3 Ferramenta 3- biogen

A ferramenta BioGen, também conhecida como “the living envelope method,” foi criada por Badarnah (2012). Trata-se de um framework que pode ser incorporado em múltiplos contextos de projeto, alcançando variados campos do conhecimento, como design e arquitetura (Badarnah, 2012; Badarnah; Kadri, 2014).

O BioGen está estruturado nas seguintes etapas:

- a) identificação do problema e seus requisitos;
- b) investigação biológica;
- c) seleção de organismos ou sistemas naturais de interesse (chamados de “pináculos”);
- d) elaboração e análise das funções e particularidades referentes aos pináculos

encontrados;

e) análise, classificação e abstração dessas noções biológicas em estratégias para o campo do design;

f) combinação das estratégias relevantes;

g) estimativa de desempenho da criação; e

h) avaliação e validação da proposta. Caso seja necessário, é possível implementar iterações desse processo para explorar outros pináculos ou para aprimorar o próprio produto gerado (Badarnah, 2012; Badarnah; Kadri, 2014).

Embora a ferramenta abranja a maioria das fases relativas ao design de um produto, é preciso realçar que este é um recurso que enfatiza a etapa de pesquisa biológica e de transferência desses conhecimentos para o desenvolvimento conceitual de alternativas (fase preliminar). Badarnah e Kadri (2014) admitem que esse direcionamento foi estabelecido uma vez que esse seria o momento mais desafiador do processo de design biomimético. Assim, as fases de mensuração, testagem, validação e implementação, embora estejam incluídas no BioGen, não constituem seu foco principal, pois a maioria dos projetistas já possui familiaridade com os procedimentos necessários para essas etapas.

O instrumento BioGen prevê o uso de ferramentas auxiliares, sobretudo aquelas formuladas por Badarnah (2012). Assim, durante o momento de investigação biológica empregasse o instrumento do Modelo de Exploração, e, na pesquisa e abstração de conhecimentos da natureza são utilizadas, respectivamente, a Matriz de Análise de Pináculos e a Matriz de Percurso de design

Instrumento do Modelo de Exploração - O Modelo de Exploração é um diagrama ramificado (semelhante a um mapa mental) em que são organizadas as palavras norteadoras de um projeto a partir de categorias. Os níveis de ordenação desses termos são, respectivamente:

1) desafio de design;

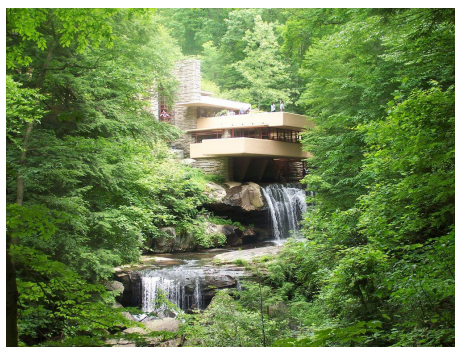
2) funções e processos relacionados ao contexto;

3) vocábulos representativos de fatores que influenciam as funções e os processos previamente definidos;

4) pináculos ou elementos naturais inspiradores (Badarnah, 2012), (Figura 24).

Desse modo, ao invés de iniciar a categorização diretamente pela pesquisa biológica, pretende-se obter uma ampla perspectiva sobre o cenário técnico e natural a ser investigado.

Figura 24 - Elementos Naturais de inspiração



Fonte: Revista Haus (2020).

Matriz de Análise de Pináculos - A Matriz de Análise de Pináculos é uma ferramenta na qual são inseridas e analisadas as características dos pináculos provenientes da pesquisa biológica. Os pináculos que possuem certo grau de semelhança são agrupados, formando “pináculos imaginários” que condensam múltiplas características compatíveis com o desafio de design a ser solucionado. Esse tipo de organização convergente de elementos naturais inspiradores pode contribuir principalmente em projetos multifuncionais. Badarnah e Kadri (2014) destacaram que essa a organização em pináculos imaginários seria análoga à evolução convergente. Os pináculos no percurso do design são o ápice, o ponto alto de excelência ou a fase de maturidade de uma ideia, projeto ou movimento.

Matriz de Percurso de design - Matriz de Percurso de Design, ou “design path matrix”, é composta pelos pináculos imaginários estabelecidos no uso prévio da Matriz de Análise de Pináculos. Esse instrumento ilustra a superposição dos pináculos imaginários evidenciando as características de maior relevância, para o projeto, nas zonas em que há uma concentração de linhas coloridas. Assim, as características predominantes dos pináculos e suas interconexões podem ser observadas (Badarnah; Kadri, 2014).

Variadas fontes são utilizadas para a realização da pesquisa biológica. Dentre elas, estão: a troca direta de informações com biólogos e especialistas; consultas em livros e artigos científicos; e buscas em bases de dados biomiméticas (Badarnah; Kadri, 2014).

6.4 Ferramenta 4 - BIOS

Ferramenta criada por Ferrari e Canciglieri (2019) que favorece o desenvolvimento de produtos biomiméticos considerando critérios de sustentabilidade. O BIOS é estruturado em três eixos:

1. Projeto Informacional”;
2. Projeto Conceitual” e
3. Projeto Detalhado”.

Cada um deles possui subcategorias associadas. No “Projeto Informacional” identifica-se a oportunidade de criação; A etapa de identificação de oportunidade na ferramenta BIOS estabelece dois percursos criativos semelhantes à definição das “Espiras Biomiméticas”: a “oportunidade biomimética” é iniciada com a identificação de problemas na esfera humana; e a “oportunidade de design”, parte diretamente de conhecimentos naturais (Ferrari; Canciglieri, 2019).

Define-se o problema- são selecionadas ferramentas auxiliares para o design (ex. brainstorming, mapas mentais) e elabora-se o *briefing*. Na fase de “Projeto Conceitual” são utilizados recursos que representam critérios de “certificação sustentável”, mais especificamente, quadros com fatores de concepção e composição de produtos, além da Escala de Likert que é uma ferramenta de pesquisa psicométrica usada para medir atitudes e opiniões, pedindo aos respondentes que indiquem seu nível de concordância ou discordância com afirmações, usando uma escala graduada (ex: “Discordo Totalmente” a “Concordo Totalmente”), transformando percepções subjetivas em dados quantificáveis para análise.

Dessa maneira, as propostas ideadas são avaliadas em termos de seu atendimento aos parâmetros predefinidos.

Em seguida, são geradas soluções, tendo em vista o estudo de elementos biomiméticos e sua relação com os aspectos sustentáveis previamente estipulados. Adiante, no “Projeto Detalhado”, seleciona-se a alternativa mais adequada ao contexto (verificação de qualidade e proposta de valor para o mercado). Essa etapa também inclui a transformação da solução/alternativa em um produto (conceito, layout, ergonomia, user interface e user experience) e o detalhamento técnico dele. Ao cumprir essas etapas, encaminha-se o artefato para a produção (Ferrari, 2017; Ferrari; Canciglieri, 2019)

6.5 Ferramenta 5 - iSites

É um procedimento utilizado em combinação com as Espirais Biomiméticas para conduzir observações na natureza (Figura 25). Favorece a redescoberta e a reconexão com o meio natural além de possibilitar a identificação de soluções vinculadas aos organismos existentes no local. Esse recurso é semelhante a um diário de observação, em que são registrados os aspectos que capturam a atenção dos designers (sejam eles: sons, imagens, odores ou sensações) por meio de palavras, ilustrações e/ou fotografias.

Figura 25 - Espirais Biomiméticas



Fonte: Researchgate (2022).

A ferramenta estimula a sensibilização dos projetistas à natureza, podendo servir de repositório imagético e textual para estimular novos projetos. Além disso, os iSites contribuem para o desenvolvimento das habilidades de observação e concentração. Instigam a curiosidade e aprimoram a percepção de conexão com o local em que se vive. A busca pelo

entendimento sobre como os organismos e fatores do meio ambiente se inter-relacionam e modificam-se são refletidas no uso desse instrumento (Baumeister *et al.*, 2014).

6.6 Ferramenta 6 - Analogias Naturais

Explorar analogias no processo criativo remete à observação e a análise de soluções preexistentes. Nesse cenário, o projetista empreende constatações visando a transposição de conhecimentos e referenciais para um contexto diferente, mais especificamente, para o campo de design (Silva *et al.*, 2019). As analogias são originárias da proposta denominada *synectics* (que é uma metodologia de resolução criativa de problemas), que compreende a realização de repetidas dinâmicas associativas para caracterizar um problema sob múltiplas perspectivas. Essa mescla entre elementos diversos de teoria, psicologia e técnica, proporciona um crescente número de ideias que podem convergir para resultados inovadores, principalmente em *biônica* e *biomimética* (Freitas; Arruda, 2018; Arruda, 2018). Os autores focalizam os tipos principais de analogias: direta, pessoal, simbólica e fantástica. No que tange ao biomimetismo, Steadman (1988), Soares e Arruda (2018) ressaltam que existem as seguintes analogias inseridas no universo da natureza:

- a) Orgânica - resgate do equilíbrio entre humanidade, arte e sistemas mecânicos.
- b) Classificatória - examina procedimentos da botânica e zoologia para uso em design.
- c) Anatômica - comparações morfológicas com elementos funcionais.
- d) Darwiniana - construção de artefatos através de semelhanças com processos evolutivos.
- e) Sensorial - transferência de conceitos entre sistemas de controle e transmissão de informação dos organismos vivos.
- f) Morfológica - inter-relações das geometrias e padrões naturais (incluindo configurações estruturais em nível macro ou microscópico).
- g) Funcional - investigações de processos físicos, metabólicos e mecânicos naturais.
- h) Simbólica - casos de emulação abstratos e bioinspirados majoritariamente combinados com interpretações autorais.

Algumas técnicas auxiliares que podem contribuir para a aplicação desse instrumento podem ser citadas, como: representações fotográficas, descrições verbais dos elementos analisados, esquematização gráfica (desenhos) e criação de modelos (Soares; Arruda, 2018).

6.7 Ferramenta 7 -BioTRIZ

Essa ferramenta é originária da adaptação da Teoria para Resolução de Problemas Inventivos (TRIZ), para uso em projetos biomiméticos. Em outras palavras, trata-se de uma matriz heurística expansível, que permite estabelecer interconexões entre elementos de contradição técnica e princípios inventivos (Volstad; Boks, 2008). Nesse há seis categorias principais:

- a) campo ou energia;
- b) informação;
- c) substância;
- d) estrutura;

- e) espaço; e
- f) tempo.

O recurso também conta com uma base de dados biológicos em uma linguagem adaptada para projetistas de forma a facilitar o processo de disponibilização de informações. A Beatriz estimula o estabelecimento de objetivos desejáveis para o projeto. Durante sua aplicação, o designer observa os parâmetros e características que pretende aprimorar nas colunas da matriz, e, a partir de uma etapa de seleção, escolhe a classe de atributos a que eles pertencerão. Em seguida, questiona-se como será possível melhorar tais critérios e parâmetros. Nesse momento, pode ponderar sobre os custos de oportunidade ao fazer suas escolhas com o auxílio dos fatores de contradição presentes nas colunas e linhas da matriz. O designer obtém uma perspectiva sobre quais são os principais impactos sobre a sua proposta de aprimoramento por meio da relação de contradições evidenciada pela matriz. Caso a geração de alternativas não seja efetiva, é sempre possível reformular e ajustar o problema de projeto, optando por uma nova combinação de fatores (Gamage; Hyde, 2012; Sá; Viana, 2021a).

Para concluir destaca-se que as ferramentas biomiméticas apresentadas são utilizadas para atingir seus resultados de projeto. São instrumento que proporcionam um caminho de projeto que estimula a adoção de novas perspectivas pelos projetistas, principalmente no que tange à consideração de critérios dos campos “informação” e de “estrutura” que podem favorecer propostas inovadoras e potencialmente mais sustentáveis.

7 ESTUDOS DE CASO - PROJETOS BIOMIMÉTICOS

Os casos apresentados na sequência demonstram que alguns organismos vivos pertencentes aos sistemas biológicos apresentam mecanismos que por analogia podem ser aplicados no processo de desenvolvimento de produtos. Essas analogias quando bem interpretadas conduzem a estratégias que, quando vinculadas ao projeto permitem a solução do desafio.

7.1 Eastgate center - sistema natural de auto ventilação

Um dos exemplos mais conhecidos de arquitetura Biomimética é o edifício Eastgate Center (Figura 26) localizado em Harare, Zimbábue na África. Este edifício foi planejado pelo arquiteto Mick Pearce em parceria com os engenheiros da Arup Associates (empresa que provê serviços profissionais de engenharia e design entre outros). A construção, mesmo não possuindo ar-condicionado, consegue manter a temperatura interna naturalmente fresca graças a um sistema de ventilação inspirado no sistema de auto arrefecimento encontrado nos cupinzeiros da espécie *Macrotermes Subhylinus*. Com esse sistema de ventilação, os cupins conseguem manter a temperatura dentro de seus ninhos em torno de 31° C, de dia e de noite, enquanto a temperatura externa varia entre 3° C e 42° C (Biomimicry Institute, 2007). O motivo pelo qual os cupins necessitam da temperatura constante é em função do armazenamento de sua alimentação. Eles coletam na natureza um tipo de fungo que é fermentado no interior do cupinzeiro. Para que a fermentação ocorra de forma eficiente, é necessário que a temperatura no interior do cupinzeiro seja constante, sem a qual não seria possível preservar as características nutricionais do alimento (Doan, 2007). Partindo desse princípio, o sistema de ventilação incorporado no Eastgate Center absorve, através de dutos incorporados na estrutura do edifício, o

calor gerado durante o dia pelas máquinas presentes no edifício e pelas pessoas que frequentam o seu interior. À noite o calor interno é dissipado e sugado naturalmente para cima através dos dutos, já que o ar quente é menos denso - até chegar às chaminés. Esse processo continua durante toda a noite até que as dependências do edifício alcancem a temperatura ideal para o próximo dia (Grupthink, 2006).

Figura 26 - Eastgate center

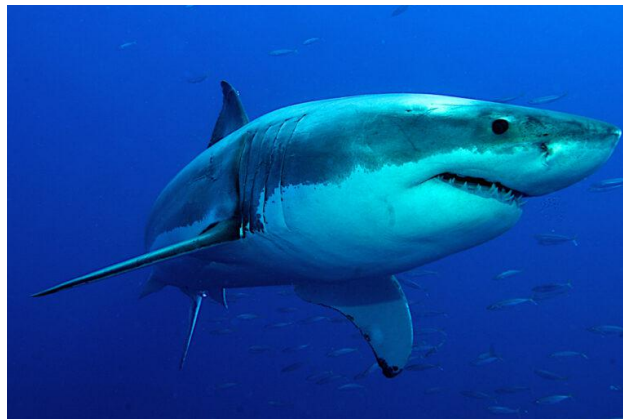


Fonte: Grupthink (2006).

7.2 Fastskin - tecido para roupas aquáticas

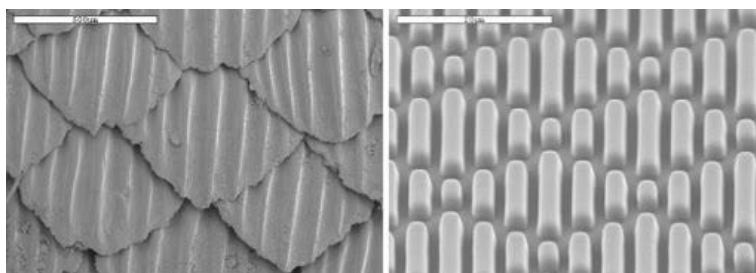
O *Fastskin* é um tecido desenvolvido pela Speedo - marca que produz artigos esportivos - e foi inspirado nas características da pele do tubarão, peixe considerado o mais rápido dos mares. A pele de tubarão é coberta por escamas produzidas com o mesmo material dos seus dentes e em determinada área do seu corpo elas adquirem a forma de V (Figuras 27 e 28).

Figura 27 - Tubarão Branco



Fonte: Cienceinschool (2026).

Figura 28 - escamas do Tubarão



Fonte: Cienceinschool (2026).

Essa forma proporciona uma redução do atrito e resistência da água reduzindo a turbulência ao redor do seu corpo. A redução do atrito permite que o tubarão tenha uma fluidez maior ao nadar, movendo-se eficazmente pela água, com uma resistência mínima e utilizando menor quantidade de energia. O tecido *Fastskin* imita a pele de tubarão desenvolvendo a mesma função na redução da resistência da água e está sendo utilizado na confecção de trajes para nadadores profissionais. O aumento da velocidade dos nadadores que utilizam esse novo traje chega a atingir, segundo o fabricante, 7,5 por cento a mais quando comparados aos nadadores que utilizam trajes comuns. A estrutura do tecido (Figura 18) é formada por microsulcos em forma de V que encanam a água para fora e estão localizados na superfície externa do traje, facilitando o deslizamento do nadador ao entrar em contato com a água. Dessa forma, esses microsulcos em forma de V reduzem a resistência da água produzindo uma vantagem hidrodinâmica em relação à pele humana. O sucesso desse tecido foi tão grande que nas olimpíadas de Sydney no ano de 2000, 28 entre 33 medalhas de ouro foram ganhas por nadadores que usaram o novo traje (Industrial Design, 2007).

7.3 Lotusan - tinta hidrofóbica para fachadas - efeito lótus

O modelo mais completo de autolimpeza detectado num sistema biológico está na superfície das folhas da flor de Lótus (*Nelumbo Nucífera* - Figura 29) que mesmo em lugares lodosos estão sempre limpas. O motivo que proporciona a limpeza está nos minúsculos cristais de cera encontrados na superfície das folhas, impedindo assim que partículas de poeira se fixem nelas. Os pingos de chuva que caem sobre a folha levam consigo as partículas de sujeira: a folha limpa a si mesma.

Figura 29- Flor de Lótus



Fonte: Patschull (2015).

De acordo com essas observações, em meados da década de 90, Wilhelm Barthlott pesquisador da universidade de Bonn, Alemanha, patenteou a aplicação técnica do “efeito lótus”. O primeiro produto imitando o “efeito lótus” que surgiu no mercado, em 1999,

foi a tinta para fachadas Lotusan, na qual a sujeira depositada nas paredes externas de casas e edifícios que a utilizam, é limpa pelas gotas de chuva (Patschull, 2015).

A tinta para fachadas Lotusan tem alto grau de permeabilidade ao vapor de água e CO₂, com proteção natural contra algas e fungos. Sua característica mais importante resume-se na propriedade que tem em exercer a função de eliminar a sujeira depositada na superfície de paredes externas com água (Lotusan, 2005).

Diante do exposto, constatou-se como a biomimética pode se inspirar na natureza e de que modo essa corrente contemporânea vem executando os projetos no mundo, através do entendimento de: como é a relação da arquitetura com a natureza; conceituação da arquitetura biomimética; apresentação modelo de arquitetura biomimética e exemplificação projetos reais de biomimética. Entender a natureza, como fonte de inspiração para os designs é extremamente importante, caso se deseje criar soluções sustentáveis e inteligentes e inovadoras.

8 CONSIDERAÇÕES SOBRE BIODESIGN E SUSTENTABILIDADE

Ficou evidenciado que a sustentabilidade gera valor aos negócios, à sociedade e ao meio ambiente. É comum relacionar a sustentabilidade apenas ao cuidado com o meio ambiente, mas, como pode ser constatado, o conceito vai além disso, abrange também os aspectos econômicos e principalmente o social. As empresas ao buscarem as melhores práticas de sustentabilidade, acabam tendo também maior transparência e eficiência, gerando valor para todos os públicos envolvidos. Isso aumenta a competitividade da organização e eleva suas chances de longevidade. Sendo assim, em uma visão empresarial, sustentabilidade é equilibrar interesses e gerar valor continuamente para todas as partes envolvidas no negócio (*stakeholders*). Aqui entram acionistas, clientes, colaboradores e colaboradoras, governo, sociedade, entorno e demais parceiros de negócio. Deve ser calculado o impacto ambiental de cada ação para reduzi-lo. Repensar a cultura do consumo e buscar alternativas renováveis e limpas também está na base do pensamento sustentável.

É vital para sociedade a preservação de recursos naturais, como água, ar, terra e biodiversidade, é a garantia da sobrevivência dela a longo prazo. Reduzir a emissão de gases poluentes, como CO₂, na atmosfera é parte dessa preservação. Isso porque a emissão de gases tem impacto direto nas mudanças climáticas, na qualidade do ar e na biodiversidade.

A biodiversidade, ou diversidade biológica, é a variabilidade de formas de vida no planeta, englobando a variedade de espécies (fauna, flora, fungos), genética (dentro da mesma espécie) e de ecossistemas (terrestres e marinhos). Fundamental para o equilíbrio ecológico e sobrevivência humana.

Neste contexto, o design sustentável deve atuar para criar produtos, serviços e sistemas de produção que minimizam o impacto ambiental negativo e promovem o bem-estar social e econômico, considerando todo o ciclo de vida, desde a matéria-prima até o descarte, focando em eficiência, reutilização, reciclagem e harmonia com a natureza para as futuras gerações. Isto significa pensar o ciclo de vida do produto, analisando todas as etapas (extração, produção, transporte, uso, descarte/reutilização) para reduzir desperdícios e impactos. Os principais autores deixaram claro que o equilíbrio as dimensões (ambientais, sociais e econômicas) diminuem os impactos ambientais das atividades humanas. Principalmente, quando o sistema industrial adota um modelo de produção e consumo sustentável que prioriza a redução, reutilização, reparo e reciclagem de materiais para eliminar o desperdício, mantendo produtos em uso pelo maior tempo possível. Trata-se do modelo de economia circular, que regenera sistemas

naturais, reduz a extração de recursos finitos e minimiza a poluição, impulsionando a sustentabilidade econômica, social e ambiental. Portanto, a economia circular favorece a eliminação de resíduos e poluição; circularidade produtos e materiais (em seu maior valor); e regeneração da natureza.

Para criar soluções inovadoras e sustentáveis, abordou-se a Biodesign que une biologia e design inspirando-se em sistemas vivos e processos naturais para desenvolver produtos, materiais, arquitetura e arte, visando reduzir o impacto ambiental e promover a harmonia com a natureza. O Biodesign é uma área emergente que projeta o design inspirado nos processos que se pode ver a natureza para solucionar problemas funcionais, repensando o processo de desenvolvimento de produtos de forma mais sustentável. Uma das estratégias do biodesign é a Biomimética, a “imitação” da natureza para o desenvolvimento de soluções. Na essência, a biomimética é o estudo e a imitação de modelos, sistemas e elementos da natureza para resolver problemas humanos. Inspirar-se na natureza não significa copiar literalmente uma folha ou uma asa, mas entender os princípios subjacentes que regem o funcionamento desses sistemas e adaptá-los para aplicações tecnológicas. Para exemplificar apresentou-se alguns produtos criados com métodos da Biomimética.

Os princípios bio-circulares acontecem quando o design é pensado **considerando todo o ciclo de vida útil do produto** desde sua concepção até seu “descarte”, permitindo que ele **volte ao sistema**.

Um tema de grande relevância neste trabalho a descrição de Metodologias de desenvolvimento de produtos biomiméticos que utilizam a natureza como fonte de inspiração e podem servir de modelos para futuros processos criativos. O projetista biomimeticista pode criar projetos em passos repetidos de observação e desenvolvimento.

Sendo assim, surgem os biomateriais, como podem ser constatados em alguns exemplos já produzidos e comercializados.

Como já foi mencionado a economia circular não se limita apenas à reciclagem, mas representa uma mudança de paradigma que integra diversos pilares estratégicos: como a inovação de Design, essencial para projetar produtos que sejam duráveis, fáceis de reparar, desmontar e reciclar, eliminando desperdícios desde a concepção, resultando em um sistema resiliente que é positivo para o meio ambiente e para a economia. Neste sentido, a economia circular impulsiona o Biodesign onde o resíduo de um processo torna-se nutriente para outro.

Como tem evoluído a biomimética, no cenário contemporâneo, surgiram ferramentas biomiméticas em projetos de design que propõem desenvolver soluções na área criativa, a partir de fundamentações em estudos biológicos. Para melhor entendimento descreve-se os projetos que na prática usam ferramentas inspiradas na natureza para garantir sustentabilidade.

Para concluir no Apêndice apresenta-se estudos de caso ligados a projetos biomiméticos. Trata-se de uma atividade ser realizada pelos alunos na disciplina: Biodesign para Sustentabilidade.

No Anexo A contextualiza-se projetos de design com ferramenta biomimética com base nas pesquisas de SÁ (2021): Caso 1 - Design Concept Generation Diagram for Plant Inspired Façades- DCGDPIF, a Caso 2 - BioTRIZ A BioTRIZ - a matriz heurística e no Caso 3 - Espirais Biomiméticas.

Vários trabalhos científicos apontam para o desenvolvimento de inovações tecnológicas a partir da inspiração dos fenômenos biológicos para o desenvolvimento de produtos. Para a compreensão deste processo, apresentou-se os estudos de caso realizado com as ferramentas descritas neste trabalho.


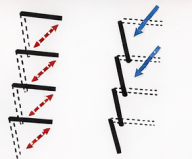
9 ANEXO A (Cases Biodesign)

SÁ, Alice Araujo Marques de. **Ferramentas da biomimética no design: aportes da natureza para a prática projetual.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Design, da Universidade de Brasília, 2021. Disponível em: https://www.searchgate.net/publication/362088203_Identificacao_de_Caracteristicas_Morfologicas_em_Artefatos_Inspirados_na_Natureza. Acesso em: 28 jan.2026.

Caso 1 - Design Concept Generation Diagram for Plant Inspired Façades- DCGDPIF

Essa ferramenta biomimética auxilia na criação de produtos arquitetônicos alicerçados no estudo de vegetais. López *et al.* (2017) justificaram esse interesse específico, pois as plantas são fundamentalmente definidas pela ausência de ampla movimentação no espaço precisando, mesmo assim, se adaptar às condições do meio circundante. Os autores estabeleceram um paralelo entre tais características e o contexto das construções e edifícios, uma vez que também estão fixos em um espaço e encontram-se submetidos às variações climáticas locais (López *et al.*, 2017). A Figura 30 mostra que o instrumento Design Concept Generation Diagram for Plant Inspired Façades(DCGDPIF) possui três eixos: um vinculado a características bioclimáticas, outro relacionado à natureza (etapa analítico-científica), em que se identificam estratégias adaptativas de vegetais e suas particularidades, funções, processos e adaptações; e um terceiro campo referente à arquitetura (etapa dedutivo-criativa), orientada para a abstração e a transformação de ideias em propostas de produtos para fachadas. Já a busca por organismos inspiradores está ordenada em dois núcleos de investigação: mecanismos dinâmicos e estratégias estáticas, tal como pode ser verificado na Figura 30. Ambas as classificações são subdivididas de acordo com a escala de observação (macro e microscópica). As informações climáticas, inseridas na porção em azul à esquerda, referem-se a ambos os eixos (natureza e arquitetura). Nessa coluna, é ressaltada a importância de considerar o contexto bioclimático local e suas características tanto durante a pesquisa biológica como no projeto do artefato. Mesmo que a ferramenta inclua fatores para implementação e detalhamento técnico, suas indicações ainda são muito sucintas. Dessa forma, considera-se que a ênfase do DCGDPIF reside na estruturação das etapas preliminares conceituais do projeto, desde a definição dos objetivos e a pesquisa biológica até a geração de alternativas.

Figura 30 - Design Concept Generation Diagram for Plant Inspired Façades

CLIMATE	Mesembryanthemums	WHAT?	WHY?	HOW?
Mediterranean T° <25°C m<10°C ltc<580		ADAPTATION behavioural	CHALLENGE dispersing seeds for a distance of yards	FUNCTION opening
ENVIRONMENTAL ISSUE Rainwater		APPROACH dynamic mechanism macro-scale		PROCESS when rain falls the capsules absorb moisture and swell, causing a star-shaped set of valves to open
		SYSTEM valve mechanism		MAIN FEATURES hygroscopicity
APPLICATION IDEAS		IINNOVATION		DESIGN CONCEPT GENERATION
	ADAPTABILITY dynamic adaptive envelope	CHALLENGE opening-closing system with independent activation	TECHNICAL IMPLEMENTATION 	
	APPLICATION Smart opening - closing system with rainwater	BENEFIT saving construction elements saving energy waste in activation systems		
	APPLICATION IDEAS Smart opening - closing system with		TECHNICAL FEATURES • motion such as folding, curling or rolling	

López *et al.* (2017).

Análise do caso 1

A Figura 30 do DCGDPIF de López *et al.* (2017), anteriormente exposto, foi classificado como um recurso de abordagem baseada no problema, dado que parte da demanda pela criação de artefatos para fachadas. O instrumento está disponível de forma gratuita, diretamente no artigo digital. Julga-se que a ferramenta não foi utilizada em sua totalidade, pois os autores conduziram uma breve demonstração, descrevendo seus resultados resumidamente. Essa exposição abrangeu as etapas de definição do contexto de projeto, análise climática, pesquisa biológica e geração de alternativas preliminares. Visto que a ferramenta não abrange todas as etapas do processo criativo, salienta-se que ela facilita a condução das etapas de implementação e detalhamento técnico. No que tange ao problema de projeto contido na essência da ferramenta, pressupõe-se que o mesmo poderia ser flexibilizado para abranger o desenvolvimento de outras propostas que estivessem sujeitas à ação das intempéries e das variáveis climáticas (ex. criações de objetos e projetos em urbanismo).

A ferramenta DCGDPIF foi elaborada para a investigação exclusivamente do universo vegetal, incluindo suas estratégias adaptativas aos diferentes tipos de climas. Tal característica a distingue dos demais instrumentos criativos, e, de fato, os autores justificam essa escolha ao frisarem que as plantas e edificações partilham condições semelhantes. No entanto, pondera-se que descartar reinos e filos, logo no início da pesquisa biológica, pode eliminar oportunidades valiosas para a geração de ideias. Assim, seria pertinente ampliar o escopo da ferramenta para que fossem considerados outros elementos naturais, uma vez que há muitos organismos potencialmente inspiradores para fachadas. Uma opção adicional, seria manter apenas o aspecto de “limitação de movimento no espaço”, que é uma condição enfrentada por múltiplas espécies, como critério para a investigação natural. Partindo dessa premissa, seria possível identificar outros organismos dotados de conformações similares àquelas encontradas no reino vegetal, frutos de evolução convergente, por exemplo (Encyclopaedia Britannica, 2010). Nesse momento de investigação biológica, seria possível complementar a ferramenta com os seguintes recursos: bases de dados biomiméticas, observações e/ou iSites, contato

direto com biólogos e pesquisas na literatura.

Cabe mencionar que López *et al.* (2017) apresentaram sua ferramenta à comunidade de projetistas e à academia. Ou seja, o modo sintético com que demonstraram esse recurso em sua publicação deve-se, provavelmente, ao fato de que tal descrição representa apenas uma parcela da publicação desses autores. Efetivamente, um panorama geral sobre a inter-relação de pesquisas com base na botânica e criações arquitetônicas adaptativas também foi apresentado em seu artigo. Levando isso em consideração, acredita-se que o processo de preenchimento do quadro pelos autores poderia ser detalhado em maior profundidade. Ademais, verificou-se a preferência pelo fator de “água da chuva” como a única condicionante ambiental da criação. Ou seja, López *et al.* (2017) optaram por não incluir categorias possivelmente relevantes ao projeto, por eles mesmos definidas no trecho de apresentação da ferramenta DCGDPIF, tais como: luz, escuridão, congelamento, movimento do ar e qualidade do ar.

Outrossim, foi enfatizada a importância de mensurar performance e satisfação dos ocupantes. No entanto, esses pontos não foram aprofundados na demonstração, já que a proposta ilustrada envolveu as primeiras fases do processo criativo, encerrando-se no início da geração de alternativas conceituais. Nessa última etapa relatada, ilustrou-se a proposta de produto com uma representação esquemática sintética (porção inferior direita na Figura 32). Isso significa que o desenho não determinou a geometria integral do sistema (ex. peças, encaixes ou materiais), além de não haver um consenso sobre qual seria o tipo exato de movimentação realizada pelo produto. Desse modo, seriam essenciais mais especificações e a provável realização de simulações digitais, prototipagem e testes. Tais constatações, conduziram à classificação do caso como aplicação incompleta da ferramenta biomimética.

Entende-se que o Design Concept Generation Diagram for Plant Inspired Façades seja uma ferramenta de fácil incorporação em equipes criativas, pois o quadro está disponibilizado em sua integralidade na publicação de López *et al.* (2017), e que as instruções para seu uso são claras e didáticas. Igualmente foi possível notar que o DCGDPIF abarca critérios semelhantes ao recurso 5W2H, muito utilizado em design (what, why, where, when, who, how, how much). Um elemento distintivo do DCGDPIF está em sua inclusão de fatores bioclimáticos, que propiciam o surgimento de criações sustentáveis, mais adaptadas à localidade selecionada, sobretudo no que tange à economia energética e de recursos, podendo, em última instância, aprimorar a sensação de conforto no ambiente. Sem dúvida, para que o sistema seja realmente sustentável, é preciso considerar outras variáveis não especificadas pelos autores, como, por exemplo, os seus materiais e componentes; além de estimar custos relativos à produção, manutenção e descarte; e mensurar o desempenho do sistema. Além disso, o uso de elementos abundantes no espaço (ex. temperatura, umidade e água da chuva) para gerar autonomia do sistema projetado, pode contribuir para o aspecto sustentável.

Outras vantagens da ferramenta DCGDPIF estão contidas no estudo de organismos pela perspectiva dos mecanismos dinâmicos e das estratégias estáticas, em escalas diferentes de observação e análise (microscópica/macrocópica), que pode favorecer a compreensão e a sistematização das informações coletadas. É interessante assinalar que a ferramenta pode ser útil para equipes que, porventura, não possuam aprofundado conhecimento biológico, ou que estejam submetidas a restrições de prazo, pois a DCGDPIF é de fácil compreensão e rápida aplicação em projetos. Em contraponto, uma limitação da ferramenta repousa justamente no foco em formas e processos da botânica, visto que não se constataram abordagens baseadas em particularidades dos ecossistemas, tal

como sugerido por autores como Baumeister *et al.* (2014). Considerando as informações obtidas na literatura consultada, é possível admitir que esse seria um aprimoramento que favoreceria as possibilidades criativas do DCGDPIF. O Quadro 4 mostra as principais informações coletadas sobre o Caso 1.

Quadro 4 - Caracterização do Caso 1 - DCGDPIF

Categorias de Análise Informações	Categorias de Análise Informações
Tipo	Quadro Baseada no problema (design)
Abordagem	Baseada no problema (design)
Tipo de acesso e distribuição	Online
Acessibilidade	Gratuita
Usada em sua totalidade?	Não
Dependência de outras ferramentas	Sim
Etapa do processo criativo	Etapa 1: planejamento / exploração Etapa 2: criação conceitual / definição Etapa 3: reflexão / desenvolvimento
Etapa final do caso	Desenhos esquemáticos preliminares
Organismos selecionados	Sementes do gênero <i>Mesembryanthemum</i>
Princípio(s) natural(is) utilizado(s)	Dispersão de sementes; hidrocoria; higroscopia
Princípios da vida utilizados	Ser responsivo e estar em sintonia com o local; ser eficiente na escolha de recursos
Princípios biofílicos utilizados	Luz dinâmica e difusa; conexão com sistemas naturais; variabilidade térmica e de fluxo de ar
Sustentabilidade	Sim
Métricas de desempenho no caso	Não

Fonte: Sà (2021).

Caso 2 - BioTRIZ A BioTRIZ é composta por uma matriz heurística que reúne seis categorias gerais ordenadoras: energia, informação, substância, estrutura, espaço e tempo (Cunha, 2015; Vincent *et al.*, 2006). Ao se selecionar fatores de contradição nessa ferramenta, é possível analisar uma situação de projeto e escolher os parâmetros (fundamentados em princípios naturais) que demonstram uma melhor adequação aos objetivos propostos, de forma estimular a geração de ideias.

Segundo Craig *et al.* (2008), quando são comparados projetos provenientes de ferramentas criativas tradicionais e aqueles que incluem fatores da natureza como a BioTRIZ, percebe-se que, se há ênfase apenas em processos humanos, são priorizados majoritariamente fatores energéticos no desenvolvimento e aprimoramento de criações tecnológicas. Em contrapartida, quando se investiga o universo natural, é nítida a prevalência dos campos “informação” e “estrutura”, associados ao desenvolvimento e adaptação de organismos e sistemas biológicos.

Uma particularidade definidora da BioTRIZ é sua orientação para princípios gerais da natureza. Em outras palavras, não são investigados organismos específicos, mas a ferramenta permite a avaliação e a integração de princípios naturais abrangentes. Supõe-se que tal recurso possa facilitar a condução de projetos, inclusive em situações em que

as equipes não disponham de um conhecimento biológico aprofundado. Nesse sentido, é válido complementar a investigação com a consulta em bases de dados biomiméticas e em literatura especializada. Em um cenário ideal, recomenda-se incluir especialistas (ex. biólogos) nessas equipes para auxiliar na transposição dos conhecimentos naturais para a esfera de design (Helms *et al.*, 2009; Srinivasan *et al.*, 2011; Vincent *et al.*, 2006).

Apresentação do caso em seu trabalho, Craig *et al.* (2008) compararam o uso da ferramenta biomimética BioTRIZ, com as matrizes PRIZM e TRIZ26. O objetivo central foi a concepção de uma estrutura para superfícies de edifícios que possibilitasse o resfriamento passivo da massa térmica (thermal mass). Cumpre comentar que, na presente Dissertação, foram consideradas somente as informações atinentes ao uso da ferramenta biomimética. Craig *et al.* (2008) estudaram o fenômeno do resfriamento radiativo (resfriamento radiante ou *radiative cooling*), que traduz o processo de perda de calor sensível em uma construção mediante trocas térmicas entre o edifício e a atmosfera. Nesse contexto, é importante considerar o balanceamento entre a radiação de ondas longas (infravermelho) e a de ondas curtas. Tendo isso em vista, o principal desafio consistiu em unir a superfície construída à atmosfera, simultaneamente desacoplando-a da insolação direta e da massa de ar aquecida próxima à edificação. Para atingir esse resultado, os componentes convectivos e os condutores do balanço total de calor do sistema precisaram ser considerados na separação da radiação de ondas curtas e daquela de ondas longas. Uma vantagem em optar por esse gênero de resfriamento está na sua economia de energia, uma vez que, ao compor um sistema passivo e autônomo, há uma menor dependência do sistema de condicionamento térmico ativo dos espaços (Craig *et al.*, 2008).

Em telhados convencionais, o componente isolante interrompe o aquecimento da construção pelo contato com o sol e com os elementos convectivos. Contudo, esses sistemas impedem que a massa térmica do edifício esteja em contato com a atmosfera. Assim, a possibilidade de usufruir do resfriamento radiativo nesses casos é reduzida (Craig *et al.*, 2008). Craig *et al.* (2008) admitiram a escassez de análogos diretos no universo biológico para o sistema de resfriamento radiativo. Desse modo, os autores ampliaram o escopo da pesquisa, para obter outras referências inspiradoras, incluindo características de organismos como a seleção espectral refletora de infravermelhos, mecanismos para mitigar a convecção e capacidade de contornar a retenção de calor corpórea. Foram evidenciados alguns seres vivos de interesse nessa perspectiva, a exemplo de organismos que utilizam a seleção espectral para refletir a radiação solar, como folhas, ovos de pássaros e conchas de gastrópodes do deserto. Os projetistas mencionaram, igualmente, as particularidades da vascularização das orelhas de lebres e seu papel para expulsão do calor para a atmosfera. Outros modelos de interesse foram de golfinhos e mecanismo de controle térmico de mamangavas. Após a formulação do problema de projeto, os autores elaboraram um modelo qualitativo de telhado para fundamentar o desenvolvimento das criações. O modelo consistiu em três subsistemas: uma superfície branca externa, uma camada de isolamento intermediária e a massa térmica do edifício. Retomando o que foi previamente exposto, os autores buscaram unir a massa construída à atmosfera, ao mesmo tempo em que pretenderam separá-la da ação da temperatura ambiente imediatamente externa. Concluiu-se que o desafio a ser aprimorado nesse sistema para coberturas e telhados estava no componente de isolamento (Craig *et al.*, 2008).

Em seguida, foi iniciada a seleção dos parâmetros que melhor descreviam o problema de projeto na lista de Altshuller. Todos os quatro critérios escolhidos por Craig *et al.* (2008) pertenciam ao campo principal de “Energia”, sendo: temperatura; intensidade de iluminação; uso de energia por um objeto estacionário; e perda de energia. Os resultados foram obtidos quando os autores investigaram 12 conflitos possíveis a partir

da combinação dos quatro parâmetros previamente escolhidos. Com o uso da BioTRIZ, *Craig et al.* (2008) apontaram os seguintes princípios inventivos (PI):

- Campo operacional de substância - PI nº 32 - mudança de coloração.
- Campo operacional estrutura - PI nº 3 - qualidade local e PI nº 5 - fusão.
- Campo operacional energia - PI nº 9 - protensão e PI nº 37 - expansão térmica.
- Campo operacional informação - PI nº 22 - blessing in disguise e PI nº 25 - self-service.

Assim, foram evidenciados possíveis caminhos de projeto para o sistema de resfriamento em cada campo operacional. Os autores selecionaram o campo estrutural para guiar seu projeto, pois propostas baseadas nos princípios inventivos desse campo seriam de fácil implementação, uma vez que seria preciso realizar apenas alguns ajustes específicos no produto. Consequentemente, seria dispensável adotar um completo redesign do sistema de coberturas ou aplicar materiais menos acessíveis. Nesse cenário, *Craig et al.* (2008) ainda incluíram os princípios inventivos nº 2 “extração”, que recomenda a retirada da parte indesejada do isolante; e o nº 3 “qualidade local”, que destaca a mudança do isolamento de uma configuração uniforme para uma “não-uniforme”. Após uma extensa análise, os autores optaram por substituir o componente de isolamento térmico convencional por um sistema de defletores em formato de malha hexagonal com células vazadas, semelhantes a um favo de mel. Essa estrutura de caminhos verticais espaçados, em material transparente, permitiria que a massa térmica da construção ficasse em contato com a atmosfera, que, por sua vez, viabilizaria a passagem da radiação de ondas longas. Esse sistema (Figura x) possibilitaria a estagnação do ar em seu interior durante o resfriamento radiativo, formando uma camada isolante de infravermelhos - aumento de resistência à transferência de calor por condução e convecção (*Craig et al.*, 2008).

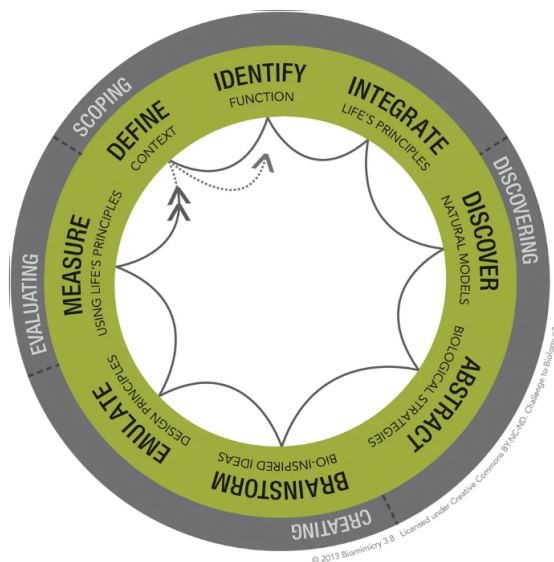
Os autores pensaram que é mais provável que o processo de resfriamento radiativo ocorra durante o período noturno, quando o radiador estiver mais frio do que a massa da construção. Desse modo, o calor seria conduzido para cima até a atmosfera, passando pelas células da grelha hexagonal. Essa mesma malha e o “suporte de convecção” externo dificultariam a transferência de calor por condução, de fora para dentro, deixando passar apenas a radiação de ondas longas no sentido de dentro para fora, resfriando a construção. Considera-se que o sistema terá um bom desempenho se houver mais resfriamento noturno do que ganhos de calor no período diurno (*Craig et al.*, 2008).

Os autores pensaram que é mais provável que o processo de resfriamento radiativo ocorra durante o período noturno, quando o radiador estiver mais frio do que a massa da construção. Desse modo, o calor seria conduzido para cima até a atmosfera, passando pelas células da grelha hexagonal. Essa mesma malha e o “suporte de convecção” externo dificultariam a transferência de calor por condução, de fora para dentro, deixando passar apenas a radiação de ondas longas no sentido de dentro para fora, resfriando a construção. Considera-se que o sistema terá um bom desempenho se houver mais resfriamento noturno do que ganhos de calor no período diurno (*Craig et al.*, 2008).

Caso 3 - Espirais Biomiméticas constituem uma das principais ferramentas adotadas por projetistas quando pretendem realizar projetos de inspiração natural. No caso descrito a seguir, Ahmar e Fioravanti (2014) utilizaram a abordagem “challenge to biology”, que se inicia com a definição do problema de design, para em seguida, investigar

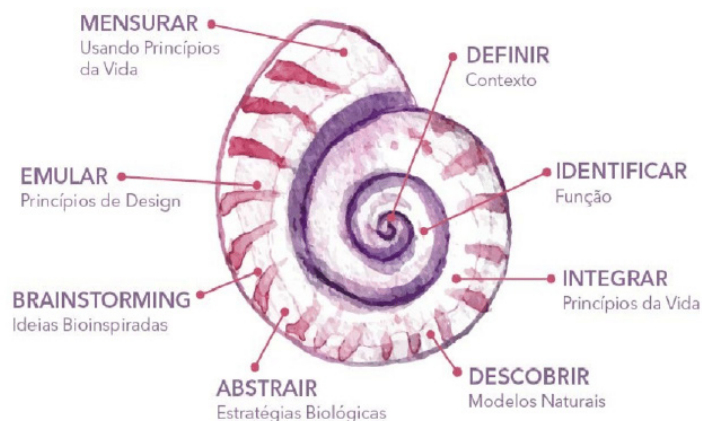
soluções a partir de pesquisas biológicas (ex. em literatura, plataformas biomiméticas, observações in loco ou pelo contato direto com especialistas e biólogos). O processo é composto pelas seguintes etapas: definir o contexto, identificar a função, integrar os Princípios da Vida (Figura 31), descobrir modelos naturais, abstrair estratégias biológicas, realizar *brainstorming*, emular princípios em design e mensurar os resultados com base no Diagrama dos Princípios da Vida.

Figura 31 - Diagrama dos Princípios da Vida



Fonte: Biomimicry Institute 3.8 (2015).

Figura 32 - Espirais Biomiméticas



Fonte: Biomimicry Resource Handbook (2014).

Etapas das Espirais Biomiméticas

1. **Definir (Identificar):** Estabelecer o contexto e os requisitos funcionais do projeto.
2. **Biologizar:** Traduzir a necessidade humana para uma pergunta biológica (ex: «Como a natureza protege o que está lá dentro?»).
3. **Descobrir:** Encontrar na natureza «campeões» que realizam essa função com sucesso.
4. **Abstrair:** Compreender o mecanismo, forma ou processo biológico por trás da eficiência.

5. Emular: Aplicar os princípios biológicos ao design do produto.

6. Avaliar: Verificar se a solução está de acordo com os Princípios de Vida da natureza.

Apresentação do caso 3

A temática central explorada por Ahmar e Fioravanti (2014) tratou da termorregulação em edifícios, incluindo o desafio de reduzir o consumo de energia. Os autores buscaram tal economia conjuntamente com a manutenção de um padrão mínimo de iluminação natural no ambiente. O cenário escolhido para o projeto foi a cidade do Cairo, no Egito. O espaço selecionado como base para a criação correspondeu a uma construção de escritórios, com salas de 24 m² voltadas para o Sul, compostas de revestimento de vidro, com capacidade para quatro pessoas. Os autores focalizaram seus estudos no reino vegetal, entendendo que existem múltiplas semelhanças entre as condições enfrentadas pelas plantas e edifícios. Certamente, ambos são fixos a um local específico e, portanto, estão sujeitos às variações no clima circundante, precisando se adaptar e garantir sua “sobrevivência” sem a realização de largas movimentações pelo espaço (Ahmar; Fioravanti, 2014).

Após a definição desse contexto, foram estabelecidos os principais requisitos funcionais necessários ao produto a ser elaborado. Tais critérios foram estruturados com base em termos provenientes do universo biológico. Então, mais claramente, a questão norteadora foi: “como as plantas regulam o calor?” (Ahmar; Fioravanti, 2014, p. 596). Levando em conta tais determinações, empreendeu-se a pesquisa de organismos utilizando palavras-chave associadas ao questionamento previamente estabelecido. Esses termos, foram selecionados por sua capacidade de descrição tanto de sistemas de trocas de calor específicos ao design e à arquitetura, quanto para definir os elementos e sistemas encontrados na natureza. Ahmar e Fioravanti (2014) elegeram as seguintes palavras-chave para essa etapa:

a) Radiação: tamanho, forma, localização de aberturas, elementos de sombreamento, morfologia geral da envoltória, capacidade do material em refletir a luz;

b) Condução: resistência térmica, capacidade térmica, espessura e organização do material;

c) Convecção: ventilação, tamanho, forma, localização de aberturas, sistema de (des)umidificação;

d) Evaporação: ventilação, sistema de (des)umidificação, permeabilidade da envoltória, uso de Phase-Change Materials.

Como resultado dessa investigação, foram encontrados três grupos de elementos inspiradores, a saber: folhas, cascas de árvores e suculentas. Em seguida, um quadro para ordenar e resumir as características de cada um desses grupos foi construído, contendo uma breve descrição de cada elemento biológico, seu princípio natural e palavras-chave associadas. Também foram delineadas hipóteses sobre a aplicação desses conhecimentos no design do produto para fachadas (Ahmar; Fioravanti, 2014). O próximo passo consistiu na seleção de organismos específicos para inspirar o projeto. Ahmar e Fioravanti (2014) escolheram as espécies *Carpinus betulus* (carpino) e *Fagus sylvatica* (faia) tendo em vista as particularidades das dobras presentes nas folhas desses vegetais. Essa morfologia foliar

(Figura 33) contribui para o sombreamento das plantas e minimiza o superaquecimento por radiação solar.

Figura33- *Carpinus betulus* (à esquerda) e *Fagus sylvatica* (à direita)



Fonte: Wikimedia Commons, 2021.

Transpondo essas observações para o universo do design, imaginou-se que esses padrões de folhagens, aplicados às fachadas, poderiam sombrear porções do edifício de forma eficiente, principalmente a partir de componentes modulares com lâminas e dobras dispostas em ângulos orientados adequadamente em relação ao sol. Os autores conjecturaram que essa inspiração biológica seria de fácil transposição em termos de modelagem de componentes em programas de simulação digital. Vale comentar que o uso de dobraduras em design é corrente, sobretudo por proporcionar diferentes configurações com boa resistência. Com efeito, as padronagens criadas com base nas folhas de carpino e faia se assemelharam ao padrão “Miuraori”, ilustrado na Figura 34 (Ahmar; Fioravanti, 2014).

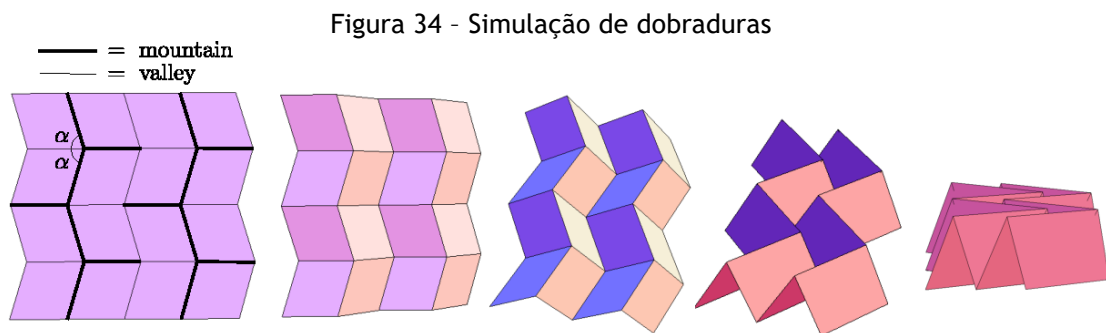


Figura 34 - Simulação de dobraduras

Fonte: Ginepro e Hull (2014).

A alternativa de design gerada correspondeu a uma tela perfurada composta por módulos geométricos acoplada à fachada original da construção, atuando como uma segunda camada. Ahmar e Fioravanti (2014) estabeleceram que o tamanho de cada uma dessas aberturas dependeria da incidência de radiação solar em cada superfície. Estabeleceu-se que as faces dos componentes voltadas para cima seriam sólidas ou com pequenas aberturas, já aquelas que estivessem voltadas para baixo, seriam dotadas de aberturas maiores, de diferentes tamanhos. Em resumo, o sistema proposto contaria com uma camada dupla na superfície da edificação, uma interna original (em revestimento de vidro) e outra externa, com módulos biomiméticos. O produto foi modelado no *software Galapagos* para mensurar e definir as aberturas. Após alguns testes, optou-se pela proposta de melhor performance.

Os autores estimaram o desempenho do sistema com o software DIVA, considerando

os seguintes fatores: insolação anual, autonomia de luz natural diurna, áreas com excesso de iluminação e cargas térmicas para resfriamento necessárias durante um ano. Os resultados obtidos indicaram que o conceito de autossombreamento de folhas, aplicado no sistema modular biomimético, demonstrou uma redução do calor absorvido por radiação no interior do espaço. Após o posicionamento da malha biomimética na fachada, houve uma redução significativa da insolação no ambiente e da energia dispendida para resfriamento do espaço. Os requisitos mínimos de uso de luz natural foram atingidos proporcionando uma melhor distribuição da iluminação interna além de uma economia em termos de uso da iluminação artificial. Ahmar e Fioravanti (2014) ressaltaram que o modelo digital criado pode ser utilizado em outros cenários construtivos em que se opte por empregar a malha geométrica biomimética.

Análise do caso 3

A Espirais Biomiméticas, por compreenderem todas as etapas do percurso criativo, foram classificadas como um processo ou framework. Com relação à abordagem “challenge to biology”, adotada no caso analisado, salienta-se sua definição fundamentada no problema. As Espirais estão disponíveis para acesso gratuito em literatura especializada online e em websites como Biomimicry 3.8 e Biomimicry Toolbox. Também podem ser encontradas mediante aquisição de publicações impressas, como o Biomimicry Resource Handbook de Baumeister *et al.* (2014). Notou-se que o instrumento foi utilizado desde a etapa de definição do problema até a prototipagem e simulação digital do produto. No entanto, determinou-se que a ferramenta não foi aplicada em sua totalidade pois não incluiu o Diagrama de Princípios da Vida. Com efeito, conforme indicado na publicação de Baumeister *et al.* (2014), um dos momentos importantes no uso das Espirais Biomiméticas está na etapa de aplicação do Diagrama de Princípios da Vida para estabelecer os requisitos do projeto, guiar a pesquisa biológica e, ao final do processo, para a verificação do desempenho e adequação do produto. Sob essa ótica, também fica clara a necessidade de complementação das Espirais Biomiméticas com outros instrumentos (ex. Diagrama de Princípios da Vida, iSites, pesquisas na Ask Nature, Biomimicry Card Decks).

Cumprir comentar que os autores não especificaram quais foram os procedimentos para a realização da investigação biológica. Portanto, não foi possível concluir se tal pesquisa foi conduzida com o auxílio de biólogos, ou se contou, por exemplo, com observações *in loco*, consultas a bases de dados biomiméticas ou literatura especializada. Cogita-se que algumas fases do processo de projeto podem ser posteriormente aprofundadas pelos autores: detalhamento de componentes; testagem e aplicação em uma construção real. É oportuno destacar que o Caso 3 partiu de uma problemática de projeto diretamente relacionada com fatores de contradição: o desafio de Ahmar e Fioravanti (2014) consistiu em reduzir o gasto energético e a carga térmica para resfriamento, mantendo, simultaneamente, a iluminação natural interna adequada. Nessa perspectiva, percebe-se que além das Espirais Biomiméticas, poder-se-ia empregar a ferramenta BioTRIZ, visto que se trata de um instrumento voltado para a exploração de fatores de contradição. Provavelmente, os resultados obtidos seriam distintos daqueles formulados pelos autores, dado que a BioTRIZ prioriza princípios gerais da natureza e não uma investigação de organismos específicos.

A escolha pela investigação de plantas foi determinada, segundo o relato dos autores, no começo da pesquisa biológica, e esteve vinculada à argumentação sobre semelhanças entre vegetais e edifícios em função da sua fixação em um único espaço. Assim, é interessante retomar as considerações expressas na análise do Caso 1, uma vez

que ambos os projetos partem da mesma premissa. Com efeito, adotar uma perspectiva mais específica, como a de Ahmar e Fioravanti (2014), pode facilitar a condução da pesquisa por elementos naturais inspiradores, notadamente por equipes que não tenham familiaridade suficiente com noções biológicas ou que tenham limitação de prazo para encerramento do projeto.

Todavia, excluir tantos outros organismos elimina oportunidades de desenvolvimento criativo. Logo, seria interessante iniciar tal etapa partindo-se do questionamento geral de “como a natureza regula o calor”, ao invés de decidir pela frase norteadora “como as plantas regulam o 128 calor”. Uma vez mais, caso a característica de fixação no espaço seja considerada essencial, supõe-se que ela possa ser utilizada como diretriz para uma busca que inclua outros reinos e filos.

A investigação de Ahmar e Fioravanti (2014) concentrou-se nos aspectos morfológicos de folhagens, definindo, assim, que o estudo foi predominantemente realizado no “primeiro nível biomimético”, que enfatiza as formas naturais (El-Zeiny, 2012). O referido estudo aplicou simulação digital da performance térmica da proposta, sendo que a última etapa reportada pelos autores foi uma estimativa de desempenho utilizando software DIVA. Adicionalmente, na modelagem 3D foram ilustrados exemplos simplificados do sistema. Assim, em fases posteriores deste projeto poder-se-ia definir mais precisamente a morfologia do produto, os materiais de sua composição e seu sistema de instalação em fachadas. No que concerne à sustentabilidade, os benefícios desse projeto advêm majoritariamente da redução nos gastos energéticos para manter o conforto térmico e visual no espaço com a implantação de uma camada dupla na fachada. É importante enfatizar que esse sistema só poderá ser considerado indubitavelmente ecológico ou sustentável se forem ontabilizados, por exemplo, os gastos energéticos e insumos necessários para a produção de seus componentes, para sua instalação e manutenção, além de se prever como reintegrar os materiais aos ciclos produtivos e/ou ao ambiente de forma não prejudicial.

Presume-se que a principal vantagem das Espirais Biomiméticas seja sua fácil compreensão e sua abordagem ampla, que possibilita orientar todo o processo de criação, nos mais variados contextos de projeto. Esse recurso igualmente permite múltiplas adaptações e a inserção de ferramentas complementares em várias de suas etapas (ex. Diagrama de Princípios da Vida, Ask Nature). Isso confere maior liberdade aos projetistas e estimula-os a produzir propostas eficientes e bem adaptadas. Quanto às limitações, é possível apontar que as Espirais Biomiméticas e o Diagrama dos Princípios da Vida não incluem fatores consolidados para mensuração da sustentabilidade. Mesmo que possuam uma estrutura completa em termos do processo criativo, os fatores associados à sustentabilidade nesses instrumentos são recomendações gerais. Tal avaliação, indicada ao final do processo “challenge to biology”, é de ordem teórica na maioria dos cenários de uso dessa ferramenta. Sendo assim, acredita-se ser importante que os projetistas busquem outros recursos que ofereçam uma estimativa mais precisa. Alternativas mais adequadas, eficientes e sustentáveis, poderiam ser selecionadas para implementação, tal como no trabalho de Ahmar e Fioravanti (2014) que adotaram softwares especializados para obter essas informações. O Quadro 5 reúne as informações coletadas sobre o Caso 3.

Quadro 5 - Caracterização do Caso 3 - Espirais Biomimética

Categorias de Análise Informações	Categorias de Análise Informações
Tipo	Processo/framework
Abordagem	Baseada no problema (design)
Tipo de acesso e distribuição	Online
Acessibilidade	Gratuita
Usada em sua totalidade?	Não
Dependência de outras ferramentas	Sim
Etapa do processo criativo	Etapa 1: planejamento / exploração Etapa 2: criação conceitual / definição Etapa 3: reflexão / desenvolvimento Etapa 4: prototipação / implementação
Etapa final do caso	Simulação digital e estimativa de desempenho
Organismos selecionados	Carpinus betulus e Fagus sylvatica
Princípio(s) natural(is) utilizado(s)	Regulagem de temperaturas, luz e sombreamento
Princípios da vida utilizados	Ser responsivo e estar em sintonia com o local; ser eficiente na escolha de recursos
Princípios biofílicos utilizados	Luz dinâmica e difusa; conexão com sistemas naturais; padrões biomórficos; complexidade e ordem
Sustentabilidade	Sim
Métricas de desempenho no caso	SIM

Fonte: Sà (2021).

Diante do exposto, destaca-se que é apropriado mencionar que incluir conhecimentos sobre a natureza em práticas humanas vem se tornando incontornável para assegurar a sobrevivência das gerações atuais e futuras, observando-se um crescimento de esforços em prol do interesse pelo design bioinspirado, sustentável e biomimético. Além de poder contar com alguma estruturação científica, o Brasil possui vastos recursos naturais e pode ter acesso aos diversos saberes dos chamados povos da floresta. Tal posição no cenário mundial confere capacidade para valorizar esse patrimônio, bem como responsabilidade na preservação dos biomas presentes em seu espaço territorial e manutenção de um amplo repositório de saber passível de inspirar projetos de design biomiméticos. Considera-se, portanto, que a natureza é uma grande fonte de exemplos que se estendem para além da sustentabilidade, pois favorecem restauração e regeneração. Em suma, para encontrar novos modelos de concepção e produção em design, vale evocar o biomimetismo e suas inúmeras contribuições para uma atuação em cenários complexos e criativos.

10 POLÍTICAS PÚBLICAS

As políticas públicas possuem um papel fundamental no estado social democrático de direito, relacionada, especialmente, aos direitos fundamentais sociais. Para tanto, percorrem um ciclo de ações até sua efetivação prática na sociedade, conseqüentemente, necessita de um importante planejamento e engajamento dos poderes estatais.

A política pública enquanto área de conhecimento e disciplina acadêmica nasceu nos EUA, rompendo ou pulando as etapas seguidas pela tradição europeia de estudos e pesquisas nessa área, que se concentravam, então, mais na análise sobre o estado e suas instituições do que propriamente na produção dos governos (Baumgartner, 2003).

A língua inglesa possui três termos distintos para se referir às diferentes dimensões que o conceito de Política pode assumir: *polity*, *politics* e *policy*. Esses termos são amplamente utilizados na literatura de políticas públicas, pois facilitam o entendimento do tema tratado. A *polity* se refere ao sistema político, incluindo o sistema político-administrativo (isto é, o governo e as instituições políticas) e o sistema jurídico (Congresso, Parlamento etc.). A *politics*, por sua vez, é determinada pelo jogo político, englobando os partidos políticos, as eleições, bem como os interesses políticos. E finalmente, a *policy* consiste na dimensão material da política, ou seja, as políticas públicas (Rodrigues, 2010).

As políticas públicas como um ramo da Ciência Política são capazes de orientar os governos nas suas decisões e entender como e por que os governos optam por determinadas ações (Souza, 2007). Lowi e Ginsburg (2006), definem política pública como uma expressão intencional condicionada por uma sanção, que pode ser uma recompensa ou uma punição. A política pública é, para eles, um curso de ação (ou inação) que pode tomar a forma de lei, regra, decreto, estatuto ou regulação.

A expressão política pública é polissêmica, isto é, existem diversas definições para explicá-lo, com diferentes ênfases que destacam prioridades analíticas. Ela certamente “quer significar um conjunto de expectativas geralmente dirigidas ao Poder Público” (Chrispino, 2016, p. 15), o que não é suficiente para uma definição aceitável do conceito de políticas públicas. Nesse sentido, política pública “é uma diretriz elaborada para enfrentar um problema público” ou “programa de ação governamental, em cuja formação há um elemento processual estruturante” (Bucci, 2013, p. 95).

As políticas públicas se constituem em cursos de ações de um governo que, em uma sociedade democrática, implicam em discutir demandas, valores, preferências e crenças acerca dos problemas públicos. Essas ações produzem efeitos específicos e, portanto, afetam diferentes atores participantes, direta ou indiretamente, destas políticas (Dye, 1984).

Segundo Rodrigues (2010), a política é importante pois as sociedades são marcadas por uma intensa diferenciação social, com diferentes identidades e visões de mundo, o que gera expectativas diversas sobre a vida em sociedade. Essa complexidade das sociedades implica em conflitos de objetivos (fins) e dos modos mais adequados para atingir tais objetivos (meios). Esses conflitos podem ser resolvidos através do uso da força (coerção) ou pela ação política, implicando na ação coletiva e na aceitação da decisão obtida.

Segundo o próprio Williamson (2003), as políticas públicas caracterizam-se por “um conjunto, abrangente, de regras de condicionalidade aplicadas de forma cada vez

mais padronizada aos diversos países e regiões do mundo, para obter o apoio político e econômico dos governos centrais e organismos internacionais. Trata-se também de políticas macroeconômicas de estabilização acompanhadas de reformas estruturais liberalizantes” (Williamson, 2003, p. 19). A definição de Stoker (1999), ou seja, decisões e análises sobre política pública implicam em responder às seguintes questões: quem ganha o quê, por que e que diferença faz.

De modo geral, as políticas públicas envolvem “um sistema de decisões públicas que visa a ações ou omissões, preventivas ou corretivas, destinadas a manter ou modificar a realidade de um ou vários setores da vida social, através da definição de objetivos e estratégias de atuação e da alocação dos recursos necessários para atingir os objetivos estabelecidos” (Saravia; Ferrarezi, 2006). Geralmente elas envolvem mais de uma decisão e requerem diversas ações estratégicas para serem implementadas.

Políticas públicas são ações, diretrizes e programas planejados e executados pelo Estado (governos federal, estadual e municipal) para enfrentar problemas coletivos, garantir direitos constitucionais e promover o bem-estar social. Abrangem áreas como saúde, educação, segurança e transporte, sendo criadas para atender ao interesse público através de um ciclo que envolve planejamento, formulação, execução e avaliação (Viana, 2019).

11 OBJETIVOS DAS POLÍTICAS PÚBLICAS

Os objetivos das políticas públicas são variados e abrangem múltiplas dimensões da vida social, econômica e política de uma sociedade. Primordialmente, as políticas públicas visam:

Promover o bem-estar social - garantindo que todos os cidadãos tenham acesso a direitos básicos como saúde, educação, segurança e habitação.

Reduzir desigualdades sociais e econômicas, assegurando uma distribuição mais equitativa dos recursos e oportunidades.

Fomentar o desenvolvimento econômico sustentável, criando condições para o crescimento econômico sem comprometer a existência de gerações futuras.

Regulação das relações sociais e econômicas para manter a ordem e a estabilidade dentro da sociedade. Isso inclui a criação de um ambiente jurídico e institucional que suporte a atividade econômica, proteja os direitos dos cidadãos e promova a justiça social.

Respostas a crises emergentes, como desastres naturais ou pandemias, quando são necessárias ações rápidas e coordenadas para mitigar impactos negativos.

Em suma, as políticas públicas são instrumentos essenciais através dos quais o governo busca atender às necessidades da população, promover o desenvolvimento sustentável e garantir a coesão social. Viana (2019) destaca porque as políticas públicas são importantes:

Organização da sociedade: Ela estabelece regras e diretrizes que garantem a convivência pacífica e estruturada entre os cidadãos.

Defesa de interesses: Ela permite que diferentes grupos expressem suas demandas, sejam elas sociais, econômicas ou culturais.

Garantia de direitos: Por meio da política, direitos fundamentais como saúde, educação e segurança podem ser assegurados.

Mudança social: Grandes transformações, como a conquista de direitos civis e trabalhistas, foram resultado de suas articulações.

11.1 Ciclos das políticas públicas

Segundo Sechi (2012), o ciclo das políticas públicas nada mais é que um processo que leva em conta: a participação de todos os atores públicos e privados na elaboração das políticas públicas, ou seja, governantes, políticos, trabalhadores e empresas; o poder que esses atores possuem e o que podem fazer com ele; o momento atual do país no aspecto social (problemas, limitações e oportunidades); e a organização de ideias e ações. É um modelo para compreender em que situação se encontra o país e o que pode ser feito por ele.

Nas sociedades democráticas, o ciclo de políticas públicas compreende formação de agenda, bem como formulação, implementação e avaliação das políticas (Villanueva, 2013).

A agenda é um conjunto de problemas ou temas entendidos como relevantes. Ela pode tomar forma de um programa de governo, um planejamento orçamentário, um estatuto partidário ou, ainda, de uma simples lista de assuntos que o comitê editorial de um jornal entende como importantes (Secchi, 2016a, p. 46).

11.2 A importância das políticas públicas

As políticas públicas desempenham um papel crucial na estruturação e melhoria da vida social, econômica e política de um país. Elas são fundamentais para promover o bem-estar social e atender às necessidades básicas da população, como saúde, educação, segurança e infraestrutura (Souza, 2018).

Através de políticas públicas bem formuladas e implementadas, o governo pode reduzir desigualdades sociais ou aumentá-las; pode promover o desenvolvimento econômico sustentável ou contribuir para a destruição do planeta; pode, enfim, aumentar ou diminuir as chances e oportunidades de melhoria de vida entre a população (Souza, 2018).

Além disso, políticas públicas eficazes são essenciais para a manutenção da ordem social e política, pois ajudam a mediar conflitos de interesse entre diferentes grupos sociais e a garantir que as necessidades da população sejam atendidas de maneira justa e equitativa. Durante situações emergências, como a pandemia de covid-19, políticas públicas ágeis e bem coordenadas são fundamentais para mitigar impactos negativos e proteger a população (Souza, 2018).

Elas permitem que o governo implemente medidas de saúde pública, forneça apoio econômico a indivíduos e empresas afetados e coordene esforços nacionais para enfrentar crises. Portanto, a importância das políticas públicas reside em sua capacidade de interferir na trajetória da sociedade, garantindo que os recursos sejam utilizados de forma eficiente para promover o desenvolvimento humano e social (Souza, 2018). De

acordo com Secchi (2016), o ciclo de políticas públicas contempla as seguintes etapas conforme Figura 35:

Figura 35 - Ciclo de políticas públicas



Fonte: Ferreira (2011).

Identificação do problema: Identificar um problema público não é uma tarefa difícil. Desde catástrofes naturais que afetem a vida das pessoas de determinada região aos congestionamentos das grandes cidades, violência (infantil, contra mulher), são problemas públicos. De modo geral, toda situação pública que afeta a vida das pessoas e se torna insatisfatória para elas pode ser percebido como um problema.

A formação da agenda: Depois de admitida a existência de um problema público, pode-se formular questões como: O governo deve se envolver com ele? De que maneira? Existe capital social, político e econômico para incluir o problema na agenda do governo? Assim, identificado o problema público segue-se a formação de uma agenda: aqui o problema adquire *status* de “problema público” dos quais devem resultar ações e políticas públicas direcionadas para a solução dele. Essas ações devem ser previstas através de uma agenda que pode ser: um programa de governo, um planejamento orçamentário ou uma simples lista de ações ou assuntos de alguma entidade. “A montagem da agenda parte da constatação de um determinado problema, a conotação pública deste problema e a sua entrada na pauta das preocupações do Governo” (Wöhlke, 2016, p. 65).

Souza (2015, p. 28) ressalta como pode existir uma grande “rotatividade de problemas entrando e saindo da agenda, ganhando e perdendo relevância). E o que determina esta rotatividade é a limitação de recursos (humanos e financeiros), falta de pressão da sociedade e a falta de vontade política para resolver um problema. Podemos ressaltar também como as campanhas eleitorais geralmente possuem uma agenda para resolução de problemas que, em sua grande maioria, não terão efetividade no momento do exercício da gestão.

A formulação da política (Alternativas): A formulação de alternativas constitui a formulação de políticas públicas propriamente dita: constitui a fase de planejamento das ações previstas na agenda, onde devem ser definidos seus objetivos, marco jurídico, administrativo e financeiro. É necessário também um diagnóstico (levantamento, análise, informação sobre o problema) para se poder desenvolver alternativas de ação. “O estabelecimento de objetivos é importante para nortear a construção de alternativas e as posteriores fases de tomada de decisão, implementação e avaliação da eficácia das políticas públicas” (Secchi, 2012, p. 37) Nesta fase aparece já com clareza a ideia de um modelo de gestão democrática pois, antes de formular alternativas, é preciso facilitar a comunicação com todos os atores envolvidos e interessados na resolução do problema.

Nesta fase são realizadas reuniões ampliadas, consultas ou audiências públicas [...] é no processo destas deliberações que as evidências em relação às várias propostas aparecem e começam a ser esboçadas em forma de planos, programas, projetos ou ações que se fará avançar para sua ratificação no estágio seguinte (Wöhlke, 2016, p. 67).

Neste estágio aparecem os instrumentos da política pública em forma de marco jurídico, administrativo e financeiro.

Estas ferramentas são os meios e os expedientes reais a que os governos recorrem para implementar a política pública. No debate entre os estudiosos do ciclo da política pública existe uma série de ferramentas próprias da administração pública que propõem consolidar a política através do estabelecimento das normas, atos, resoluções, instruções normativas, decretos, leis e planos (Wöhlke, 2016, p. 68).

O processo de tomada de decisão: Após o processo de elaboração das políticas públicas temos a tomada de decisão para sua implementação. A tomada de decisão é a resposta que os atores políticos assumem mediante a busca de alternativas para solucionar um problema público. O estudo do problema e das alternativas deve conduzir à tomada de decisão: é o enfrentamento do problema. Existem alguns modelos que servem de base para a tomada de decisão que são:

(1) modelo de racionalidade absoluta (proposto por Tinberguen (1960), onde “os custos e benefícios das alternativas são calculados pelos atores políticos para encontrar a melhor solução possível” (Souza, 2015, p. 29);

(2) modelo de racionalidade limitada (proposto por Simon (1955), onde “a tomada de decisão torna-se um esforço para escolher opções satisfatórias, mas não necessariamente ótimas (Souza, 2015, p. 29);

(3) modelo incremental (proposto por Lindblom (1959), onde o elemento político é levado em consideração mais do que o critério técnico (Souza, 2015, p. 29);

(4) modelos de fluxos múltiplos (proposto por Kingdon (1984) considera que uma política pública “ocorre na confluência de problemas, soluções e condições favoráveis” (Souza, 2015, p. 29).

No **modelo de racionalidade** (absoluta ou limitada) a decisão é uma atividade puramente racional entre custos e benefícios. Dentro das alternativas apresentadas e a partir da análise custo-benefício, procura-se encontrar a melhor opção possível. A partir da ideia de que não existe uma explicação racional para tudo, o **modelo incremental** define que a melhor decisão é aquela que assegura o melhor acordo entre os interesses envolvidos. Em um esforço de unir o modelo racionalista e incremental temos o **modelo de fluxos contínuos**: do incrementalismo, esse modelo procura avaliar as melhores alternativas políticas e, em seguida, em uma perspectiva do modelo de racionalidade, qual das alternativas se enquadra em uma situação concreta (a decisão precisa de um rigor racionalista e não meramente político).

Implementação - A implementação constitui a aplicação da política pela máquina burocrática de governo: transformar intenções políticas em ações concretas. “Esta fase pressupõe que uma vez delimitada a política pública, com a decisão tomada, com os recursos disponíveis e com o desenho institucional elaborado, de modo lógico, os insumos transformam-se em ações” (Wöhlke, 2016, p. 72).

Neste momento da implementação as funções administrativas como liderança e coordenação de ações são colocadas à prova. Além disso, é preciso avaliar se existe tempo e recurso (material e humano) para colocar as ações em prática.

Avaliação: Depois de colocar em prática uma determinada política pública torna-se necessário avaliar os efeitos e em que medida as metas foram atingidas (ou não); consiste em uma análise *a posteriori* dos efeitos produzidos pelas políticas públicas: seu sucesso ou suas falhas. É possível também fazer uma avaliação anterior à implementação, no sentido de avaliar a efetividade da ação. Uma outra forma de avaliar a política pública é ao longo de sua implementação, no sentido de monitorar o processo de implementação para fins de ajustes imediatos. Neste último caso a avaliação da política pública pode levar à: a) continuação da política pública da forma como está; b) modificação de aspectos práticos quando se torna necessário modificar as ações de uma política pública e quando é possível modificá-la; c) extinção da política pública quando o problema público foi resolvido ou quando a implementação é ineficaz ou inútil para superar o problema.

Extinção: “usando como metáfora o ciclo de vida dos organismos, o ciclo de políticas públicas também tem um fim” (Secchi, 2016, p. 53). Basicamente podemos falar de três causas que podem levar ao fim de uma política pública: a) quando o problema público é percebido como resolvido; b) quando a política pública é percebida como ineficaz para resolver o problema público; c) o problema público, mesmo não tendo sido resolvido, perde sua importância e sai da agenda política e do programa de governo.

Os ciclos das políticas públicas são um conceito central na análise e formulação dessas políticas, proporcionando uma estrutura para entender como as decisões governamentais são tomadas e implementadas. Um dos modelos mais influentes é o de Kingdon (2010), que introduz a ideia de “correntes múltiplas”, onde os problemas, as soluções propostas e a dinâmica política fluem independentemente até que uma “janela de oportunidade” permita a convergência desses elementos, resultando na inclusão de um tema na agenda governamental. Esse modelo (Figura 36) destaca a complexidade e a fluidez do processo de decisão, em que diferentes atores e fatores interagem para moldar as políticas públicas.

Figura 36 - Ciclo das políticas públicas, segundo o modelo de Kingdon.



O ciclo das políticas públicas é geralmente dividido em várias etapas:

1. definição da agenda;
2. formulação;
3. implementação;
4. avaliação.

Na fase de definição da agenda, os problemas são identificados e priorizados para

ação governamental. Durante a formulação, são desenvolvidas propostas específicas para abordar esses problemas, que são então legitimadas através de processos políticos e legais. A implementação envolve a execução prática das políticas através de programas e projetos, enquanto a avaliação analisa os resultados alcançados e sugere ajustes necessários. Este ciclo não é linear ou estático, ele é dinâmico e muitas vezes interativo, refletindo as mudanças nas prioridades políticas e sociais.

Porém, na prática, as políticas podem não seguir uma sequência ordenada devido à natureza imprevisível dos contextos políticos e sociais. Além disso, o modelo pode não capturar adequadamente as influências externas, como grupos de interesse ou mudanças econômicas globais.

Apesar dessas limitações, o modelo continua sendo uma ferramenta valiosa para entender a lógica subjacente à elaboração e implementação de políticas públicas, oferecendo insights sobre como diferentes etapas do processo podem ser melhoradas para alcançar resultados mais eficazes.

Em geral, estão envolvidos nessa fase diversos órgãos burocráticos, em diferentes níveis de governo, bem como diversos atores do cenário político:

Os atores encarregados de liderar o processo de implementação devem ser capazes de entender elementos motivacionais dos atores envolvidos, os obstáculos técnicos e legais presentes, as deficiências organizativas, os conflitos potenciais, além de agir diretamente em negociações, construção de coordenação entre executores e cooperação por parte dos destinatários. É nesta fase que também entram em cena outros atores políticos não estatais: fornecedores, prestadores de serviço, parceiros, além dos grupos de interesse e dos destinatários da ação pública (Secchi, 2016, p. 57).

O conceito de política pública pressupõe, portanto, o reconhecimento de que há uma área ou domínio da vida que não é privada ou somente individual. Independentemente da escala, as políticas públicas remetem a problemas que são públicos, em oposição aos problemas privados. Nas sociedades contemporâneas, cabe ao Estado prover políticas públicas que atendam aos anseios da sociedade. Para que as funções estatais sejam exercidas com legitimidade, é preciso haver planejamento e permanente interação entre governos e sociedade, de forma que sejam pactuados objetivos e metas que orientem a formulação e a implementação das políticas públicas. Pode-se dizer que as políticas públicas, como sugerido no esquema proposto na figura a seguir, dão partida a um circuito de influências bastante complexo em diversos fatores do desenvolvimento, esquematicamente aqui divididos em cinco grandes dimensões: social, econômica, ambiental, territorial e político-institucional. Os resultados esperados do processo de desenvolvimento, considerando essas dimensões, vão depender das combinações de políticas públicas conduzidas pelo diversos Estados nacionais.

Das diversas definições e modelos sobre políticas públicas, pode-se extrair e sintetizar seus elementos principais:

A política pública distingue entre o que o governo pretende fazer e o que, de fato, faz.

A política pública envolve vários níveis de governo e não necessariamente se restringe a participantes formais, já que os informais são também importantes.

A política pública é abrangente e não se limita a leis e regras.

A política pública é uma ação intencional, com objetivos a serem alcançados.

A política pública, embora tenha impactos no curto prazo, é uma política de longo prazo.

A política pública envolve processos subsequentes após sua decisão e proposição, ou seja, ela implica também em implementação, execução e avaliação.

11.3 Dimensões das políticas públicas

Dimensão social - Terá as políticas sociais como eixo principal, sendo composta por um conjunto de políticas, programas e ações do Estado que se concretizam na garantia da oferta de bens e serviços, nas transferências de renda e na regulação de elementos do mercado. Para tanto, as políticas sociais buscam realizar a justiça social mediante dois objetivos conjuntos: a proteção social, a qual se manifesta na seguridade social, que tem como ideia força a solidariedade, apesar do critério do seguro social ainda prevalecer em grande parte dos países) ; e a promoção social, entendida como a resultante da geração de igualdades, oportunidades e resultados para indivíduos e/ou grupos sociais, para dar respostas aos direitos sociais e a outras situações não inclusas nos direitos, as quais dizem respeito às contingências, necessidades e riscos que afetam vários dos componentes das condições de vida da população, inclusive os relacionados à pobreza e à desigualdade (Schor; Afonso, 2017).

Dimensão Políticas econômicas: são voltadas para o controle e a regulação da economia de um país. Elas incluem políticas fiscais, monetárias, comerciais e de desenvolvimento econômico. Exemplos incluem a definição de taxas de juros, controle da inflação e políticas de incentivo ao investimento (Schor; Afonso, 2017).

Políticas ambientais: destinam-se a proteger o meio ambiente e promover o desenvolvimento sustentável, uma vez que o modelo atual está colocando em risco a existência futura da população mundial. Políticas ambientais incluem regulamentações sobre poluição, conservação de recursos naturais e promoção de energias renováveis (Schor; Afonso, 2017).

Políticas de segurança: envolvem a manutenção da ordem pública e a proteção dos cidadãos contra ameaças internas e externas. Isso inclui políticas de defesa nacional, segurança pública e combate ao crime (Schor; Afonso, 2017).

Políticas culturais: visam promover, preservar e difundir a cultura nacional, incluindo apoio às artes, patrimônio histórico e diversidade cultural (Schor; Afonso, 2017).

Políticas de infraestrutura: focam o desenvolvimento e manutenção das infraestruturas essenciais, como transporte, estradas, energia, saneamento básico e telecomunicações.

As políticas públicas visam garantir direitos constitucionais e o bem-estar social, divididas em distributivas, redistributivas, regulatórias e constitutivas. Elas visam reduzir desigualdades, abrangendo áreas como saúde (SUS), educação, segurança, infraestrutura e programas de transferência de renda (ex: Bolsa Família).

Principais tipos de políticas públicas no Brasil:

Distributivas: Focadas em grupos específicos ou necessidades particulares, como cotas educacionais, ações de infraestrutura e auxílios emergenciais.

Redistributivas: Transferem recursos e serviços para camadas de baixa renda, financiados por camadas de alta renda, como o sistema de previdência social e o Bolsa Família

Regulatórias: Estabelecem regras e normas de comportamento, como o Código de Trânsito Brasileiro e regulações sanitárias.

Constitutivas: Definem a estrutura e regras de funcionamento do Estado, como a divisão de responsabilidades educacionais entre municípios e estados.

Principais Áreas e Exemplos:

1 Saúde: Consolidação do Sistema Único de Saúde (SUS), focando em integralidade.

2 Educação: Políticas de cotas e programas de financiamento estudantil.

3 Social: Programas como Bolsa Família, combate à fome e desigualdades.

4 Ambiental: Preservação de recursos naturais e enfrentamento de mudanças climáticas.

A formulação dessas políticas é baseada na Constituição Federal de 1988, buscando a dignidade humana e a participação popular, como no caso da plataforma “Brasil Participativo (IPEA, 2022).

11.4 Impactos das políticas públicas

As políticas públicas impactam diretamente o bem-estar social, a economia e a qualidade de vida, promovendo direitos em saúde, educação e segurança quando bem planejadas. Seus efeitos podem ser positivos, reduzindo desigualdades, ou negativos, gerando desperdícios e ineficiência, sendo essencial a sua avaliação contínua para garantir resultados concretos e o desenvolvimento sustentável.

Principais Impactos das Políticas Públicas

Melhoria na Qualidade de Vida: Serviços públicos otimizados, como saúde e educação, beneficiam diretamente a população.

Redução da Desigualdade Social: Atuam na mitigação de disparidades regionais, econômicas e de gênero.

Estabilização Econômica: Políticas fiscais e econômicas influenciam o controle da inflação e geram empregos.

Segurança e Cidadania: Fortalecem a infraestrutura e a proteção social.

Riscos e Impactos Negativos: Planejamento ruim ou falta de transparência podem levar ao desperdício de recursos, aumento da desigualdade e insegurança jurídica.

É importante realizar a avaliação de impacto para determinar a eficácia da política, permitindo correções e assegurando que os resultados esperados sejam atingidos. Ambientes democráticos e fortes instituições facilitam esse monitoramento, evitando que custos ocultos de más decisões comprometam a administração pública.

Como pode ser constatado, as políticas públicas (ou ausência delas) têm um impacto significativo na vida da população. No caso da saúde, a população é beneficiada desde a prevenção de doenças até o tratamento e reabilitação, o que aumenta o tempo de vida e diminui o número de mortes. No Brasil, a implementação do Sistema Único de Saúde (SUS) é um exemplo marcante de política pública que visa garantir o acesso universal e igualitário aos serviços de saúde.

O SUS, que foi criado pela Constituição de 1988, só existe por causa de políticas públicas que têm como princípios a universalidade, integralidade e equidade, buscando atender a toda a população sem discriminação. Essas políticas públicas têm permitido avanços importantes na saúde coletiva, como a ampliação da cobertura vacinal e a redução das taxas de mortalidade infantil e materna. Mas a ausência delas pode custar muitas vidas para a população (Ministério da Saúde, 2026).

Diante do exposto, conclui-se que as políticas públicas são ferramentas essenciais para o funcionamento da sociedade. Ela organiza, define prioridades e busca soluções para os problemas coletivos. Compreender o que é política e sua importância é o primeiro passo para exercer a cidadania de forma consciente e contribuir para uma sociedade mais justa e sustentável. No entanto, o crescimento econômico pode trazer riscos e de perdas ambientais potencialmente importantes. São necessárias políticas públicas ecologicamente prudentes que estimulem o aumento da eficiência ecológica e reduzam os riscos para a sustentabilidade ambiental, econômica e social.

12 POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

As Políticas públicas para a sustentabilidade incluem diretrizes governamentais que integram as dimensões ambiental, social e econômica para garantir o desenvolvimento duradouro. Elas visam proteger recursos naturais, promover justiça social e estimular práticas ecológicas.

O crescimento econômico tem se baseado no uso insustentável de recursos não renováveis, na redução da biodiversidade, na concentração de dióxido de carbono na atmosfera e na acidificação dos oceanos, além de ter gerado fossos cada vez maiores entre ricos e pobres (Martine; Alves, 2015, p. 434).

A sustentabilidade tem sido apresentada como solução, para que uma nova consciência seja criada entre todos, para que haja uma melhora gradativa na preservação do meio ambiente. Conforme Ávila, Madruga e Beuron (2016) a sustentabilidade também pode ser entendida como o princípio de garantir que as atitudes de hoje não interfiram nas escolhas sociais, ambientais e econômicas das gerações futuras. Com a globalização e o avanço das tecnologias o mundo vem crescendo desordenadamente, atrelado a isso vem os desmatamentos, o capitalismo sem consciência e a degradação ao meio ambiente, causada por algumas organizações, porém, os consumidores estão mais cientes e passaram a avaliar melhor as empresas quanto a suas ações, que possam afetar o meio ambiente e

a sociedade, requerendo uma prestação de contas dos recursos utilizados. Diante disso, a sustentabilidade, para Claro e Claro (2014, p. 15), é usada como referência das empresas que tenham interesses de “manter e demonstrar um desempenho positivo econômico, social e ambiental ao longo do tempo” para melhorias nas suas operações, nas inovações e no crescimento estratégico ganhando vantagem competitiva e integrando valores sustentáveis.

Seguindo essa ideia Braun e Robl (2015), argumentam que se faz necessário que as organizações sigam as três dimensões do *Triple Bottom Line* (TBL), do modelo criado em por Elkington (1994) - o Tripé da Sustentabilidade. O TBL representa uma ferramenta adequada para deduzir as interações extra empresariais e enfatizar a importância de uma visão mais ampla da sustentabilidade, de forma a satisfazer todos que são afetados ou afetam as atividades da organização.

O tripé da sustentabilidade: “econômico, social e ambiental”, que foi o mote da Rio+20 passou a ser um trilema. Ou seja, está a cada dia mais difícil conciliar crescimento econômico, bem-estar social e sustentabilidade ambiental. Aliás, está aumentando a cisão ou ruptura entre os polos desse trilema (Martine; Alves, 2015, p. 434).

Para Borges (2001) não haverá crescimento econômico em longo prazo sem progresso social e sem cuidado ambiental. Da mesma forma, que o crescimento econômico não se sustenta sem uma equivalência social e ambiental, programas sociais ou ambientais corporativos não se sustentarão se não houver o equilíbrio econômico das organizações. No entanto, na prática, pode haver dificuldades de integrar considerações ambientais, sociais e econômicas de uma maneira que englobe todas as interações e ligações e maximize os ganhos e as vantagens (Pieroni *et al.*, 2019). Para uma maior compreensão destas questões, apresenta-se os conceitos de sustentabilidade, em seus três pilares: econômico, social e ambiental.

Sustentabilidade Econômica - Cohen e Winn (2007), argumentam que esta dimensão, foca nas oportunidades e na utilização de recursos para que as empresas alcancem modelos de negócio duradouros, mas muitas vezes estas não se preocupam com as consequências que advém da sua exploração. Por outro lado, segundo Gibbes *et al.* (2020), a sustentabilidade econômica está relacionada com a utilização dos recursos de forma rentável, pode ser definida como a produção ou a extração de recursos naturais preservando os mesmos, para futuras produções. Ou seja, é por meio da sustentabilidade econômica que as empresas incorporam seu desempenho econômico de longo prazo e planejam suas estratégias operacionais para continuarem em funcionamento. Essa dimensão, contribui então com o aumento da produção e das atividades desenvolvidas pelas empresas, sem prejudicar o meio ambiente e a sociedade, sendo essencial para o desenvolvimento sustentável (Pieroni *et al.*, 2019). Outrossim, na dimensão econômica da sustentabilidade, a necessidade de compreender que a natureza não é simplesmente um capital. Um Estado que regulamenta ações sustentáveis faz-se extremamente relevante ao ponto que trava o mercado voraz que ignora o mundo natural. A sustentabilidade pode gerar uma economia com oportunidades excepcionais, como as energias renováveis. Ainda, conforme Freitas (2019), o princípio da economicidade disposta nos artigos 70 e 170, VI da Constituição Federal, não permite economia errônea com desperdícios.

Assim, faz-se necessário observar as diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável, superando assim a ideia ao suprimento materiais das presentes e futuras gerações, visto que se refere também ao bem-estar multidimensional, onde uma dimensão reforça as demais. Segundo Freitas (2019), são cinco dimensões: social, ética, ambiental, econômica e política-jurídica.

Sustentabilidade Ambiental - O objetivo desta dimensão é a capacidade de manter a qualidade e diversidade do ecossistema e contribuir para elaboração de estratégias e oportunidades proativas em direção a um desenvolvimento sustentável. Nas empresas, visa a preservação ambiental, por meio da identificação e exploração de oportunidades de negócios, podendo desenvolver produtos e serviços que não prejudiquem o meio ambiente (Spiegler; Halberstadt, 2018). Portanto, a gestão dos recursos naturais nos processos e atividades das empresas, é essencial para que estas, não produzam impacto negativo ao meio ambiente. Está relacionada com as outras dimensões da sustentabilidade, uma vez que está ligada a sustentabilidade social, com preocupações éticas, dando ênfase a um ambiente ético de trabalho nas empresas e papéis éticos do consumidor (Kim; Kim, 2017). E se relaciona com a dimensão econômica, por meio de práticas que podem afetar positivamente o desempenho econômico e o resultado financeiro das empresas (Mafini; Muposhi, 2017). Assim, é necessário que as organizações incluam em seus objetivos, os cuidados com meio ambiente e com a contínua melhoria de sua reputação.

Sustentabilidade Social - Esta dimensão diz respeito como o indivíduo e a sociedade vivem e se desenvolvem, sem deixar de se preocupar com o planeta (Colantonio, 2009). A sustentabilidade social pode ser vista principalmente por três aspectos chave: capital humano, bem-estar e capital social. O capital humano refere-se ao indivíduo, suas experiências e habilidades; enquanto o bem-estar está ligado ao estado físico e mental em se sentir bem e saudável; e o capital social, refere-se às organizações civis, movida pela confiança e facilidade de ação coletiva, e regulam as interações entre as pessoas e seus grupos sociais (Weingaertner; Moberg, 2014). Nesse sentido, a sustentabilidade social também pode desempenhar um papel essencial nos negócios, que têm influência no bem-estar dos seus colaboradores e partes interessadas, ou na sociedade como um todo. Assim, esta dimensão está relacionada com uma maior equidade social, melhores níveis de qualidade de vida, relações solidárias e cooperativas, e abrange tanto o ambiente interno quanto o externo das empresas, bem como o desenvolvimento sustentável.

O desenvolvimento sustentável é um modelo de crescimento que se baseia no equilíbrio entre três pilares da sustentabilidade á mencionados: econômico, social e ambiental. O conceito visa garantir a prosperidade e a preservação do meio ambiente. Essa ideia também faz parte da política governamental inserida no plano de ação da “Agenda 2030”, documento adotado na Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, no ano de 2015, o qual traça os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (Figura 37) e as metas a serem alcançadas.

Figura 37 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável



Fonte: BRASIL. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2015.

As ODS abordam temas como saúde, educação, igualdade de gênero, clima e parcerias, sendo fundamentais para a sustentabilidade social, econômica e ambiental.

Descreve-se cada uma.

1. **Erradicação da pobreza:** Acabar com a pobreza em todas as suas formas.
2. **Fome zero e agricultura sustentável:** Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e promover a agricultura sustentável.
3. **Saúde e bem-estar:** Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos.
4. **Educação de qualidade:** Garantir educação inclusiva, equitativa e de qualidade.
5. **Igualdade de gênero:** Alcançar a igualdade de gênero e empoderar mulheres e meninas.
6. **Água potável e saneamento:** Garantir disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento.
7. **Energia limpa e acessível:** Assegurar acesso a energia confiável, sustentável e moderna.
8. **Trabalho decente e crescimento econômico:** Promover crescimento econômico inclusivo e trabalho decente.
9. **Indústria, inovação e infraestrutura:** Construir infraestruturas resilientes e fomentar a inovação.
10. **Redução das desigualdades:** Reduzir as desigualdades dentro dos países e entre eles.
11. **Cidades e comunidades sustentáveis:** Tornar as cidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis.
12. **Consumo e produção responsáveis:** Garantir padrões de consumo e produção sustentáveis.
13. **Ação contra a mudança global do clima:** Adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas.
14. **Vida na água:** Conservar e usar sustentavelmente os oceanos, mares e recursos marinhos.
15. **Vida terrestre:** Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres.
16. **Paz, justiça e instituições eficazes:** Promover sociedades pacíficas, acesso à justiça e instituições fortes.
17. **Parcerias e meios de implementação:** Fortalecer parcerias globais para o desenvolvimento sustentável.

Os ODS são interconectados e baseiam-se em cinco pilares: Pessoas, Planeta, Prosperidade, Paz e Parcerias. O objetivo final é promover um desenvolvimento humano de qualidade, garantindo a biodiversidade e o uso racional dos recursos naturais da Terra, ou seja, o desenvolvimento sustentável.

A preocupação com a elaboração de políticas públicas com vistas à incorporação do Desenvolvimento Sustentável requer, antes de qualquer coisa, apreender a realidade complexa e a própria ideia de desenvolvimento sustentável (Cavalcanti, 1999).

A expressão desenvolvimento sustentável designa um modelo de desenvolvimento que visa a articular o progresso econômico, social e político dos estados nacionais com a preservação ambiental, levando em consideração a finitude da maioria dos recursos naturais de que a sociedade faz uso.

Por definição, o desenvolvimento sustentável nada mais é do que um tipo de desenvolvimento que atenda todas as necessidades da sociedade atual em termos técnicos e produtivos e que, ao mesmo tempo, não comprometa a disponibilidade dos mesmos recursos naturais para as gerações futuras. Embora exista outras formas de se definir o que seja o desenvolvimento sustentável, essa é a principal delas e foi apresentada no documento chamado Relatório Brundtland, de 1987, conhecido também como Relatório Nosso Futuro Comum (Krenak, 2019).

O conceito de desenvolvimento proposto por Furtado (1974) baseia no estudo da natureza do processo de exercitar opções alternativas frente a uma temporalidade construída mais larga (não-imediatista). Desenvolvimento envolve escolhas com autonomia. Capacidade escolher trajetórias que são construídas e que se apresentam abertas, sujeitas a decisões estratégicas, em ambiente de incerteza e de diferenciação de poder de agentes constituídos ou a constituir. Portanto é um processo inerentemente conflitivo. Na perspectiva que desenvolvimento necessariamente envolve tempo e espaço nas decisões de como alocar ativos, recursos, capacitações, produtivamente ou não, ou seja, envolve a questão da destinação do excedente social.

Para Cavalcanti (1999, p. 30), “Política de governo para a sustentabilidade significa uma orientação das ações públicas motivadas pelo reconhecimento da limitação ecológica fundamental dos recursos”. Ou seja, o Desenvolvimento Sustentável “é a qualificação ou restrição do crescimento econômico, harmonizando o avanço material com a preservação de uma sociedade natural, proporcionando, assim, a qualidade do meio ambiente, a qualidade de vida e o nível do produto social”.

Como pode ser constatado, a Agenda ODS resgata, em certa medida, um compromisso civilizatório mais amplo ao advogar por um modelo de desenvolvimento e de políticas públicas que promovam: a dignidade das Pessoas nas múltiplas dimensões sociais; a Prosperidade econômica sem a debilitação do Planeta; a busca gradativa da Paz interna e entre países, construída por meio de Parcerias entre sociedade, Estado e instituições públicas, não governamentais e privadas. Ela propõe metas ousadas para um horizonte temporal relativamente curto – 2030 –, que são ainda mais desafiadoras considerando o contexto internacional de baixo dinamismo econômico e aparente perda de adesão societária a princípios de equidade social, de sustentabilidade ambiental e de cooperação internacional para o desenvolvimento. A Figura 38, apresenta os pilares do desenvolvimento sustentável: Pessoas, prosperidade, paz, parcerias e proteção do planeta.

Figura 38 - Pilares do desenvolvimento sustentável



Fonte: Agenda 30 (2015).

12.1 Os cinco ps do desenvolvimento sustentável

Medidas ousadas e transformadoras foram desenhadas para apoiar ações em áreas de suma importância para o futuro:

Pessoas: Ações que buscam acabar com a pobreza e a fome, em todas as suas formas e dimensões, e garantir que todos os seres humanos possam realizar o seu potencial em dignidade e igualdade, em um ambiente saudável;

Prosperidade: ações que assegurem que todos os seres humanos possam desfrutar de uma vida próspera e de plena realização pessoal, e que o progresso econômico, social e tecnológico ocorra em harmonia com a natureza;

Paz: Ações que possam promover sociedades pacíficas, justas e inclusivas que estão livres do medo e da violência. Não pode haver desenvolvimento sustentável sem paz e não há paz sem desenvolvimento sustentável;

Parcerias: Ações que mobilizem os meios necessários para implementar esta Agenda por meio de uma Parceria Global para o Desenvolvimento Sustentável revitalizada, com base num espírito de solidariedade global reforçada, concentrada em especial nas necessidades dos mais pobres e mais vulneráveis e com a participação de todos os países, todas as partes interessadas e todas as pessoas.

Planeta: Ações efetivas determinadas a proteger o planeta da degradação, sobretudo por meio do consumo e da produção sustentáveis, da gestão sustentável dos seus recursos naturais e tomando medidas urgentes sobre a mudança climática, para que ele possa suportar as necessidades das gerações presentes e futuras.

Os vínculos e a natureza integrada dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são de importância crucial para assegurar que o propósito da nova Agenda seja realizado. Essa realização tem o poder de transformar a vida de todos, contribuindo para um mundo melhor.

Solucionar “problemas econômicos, políticos e sociais”, ou seja, buscar formas de enfrentamento às manifestações das expressões da questão social implica em formular, implantar e implementar políticas sociais que, verdadeiramente, atendam demandas específicas da sociedade e que vão ao encontro das requisições locais. E pensar em políticas públicas sociais pressupõe olhar para a realidade e interpretá-la, buscando conhecê-la para compreendê-la, na sua dinamicidade e contraditoriedade, e propor a melhor estratégia de intervir e superá-la.

Políticas públicas para o desenvolvimento sustentável visam integrar as dimensões social, econômica e ambiental, alinhando-se à Agenda 2030 da ONU (17 ODS) para erradicar a pobreza e proteger o planeta. No Brasil, destacam-se ações de combate à desigualdade (ODS 10), transição energética, cidades sustentáveis, saneamento, educação e proteção ambiental, ou seja, desenvolvimento sustentável.

O conceito de desenvolvimento sustentável visa satisfazer as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem suas próprias necessidades. Isso implica em adotar práticas e políticas que promovam o crescimento econômico de forma ambientalmente responsável, garantindo ao mesmo tempo a equidade social e a justiça para todas as pessoas. Tal princípio do desenvolvimento sustentável é válido para todos os recursos renováveis. Segundo Schonardie (2011, p. 24) a “implementação do desenvolvimento sustentável requer uma justa distribuição das riquezas dentro dos países, o que não se observa nos contextos econômicos, sociais da atualidade”. Diante disso, é notório que possui imensa dificuldade de implementação da ideia de sustentabilidade ambiental entendida como princípio norteador do direito ao desenvolvimento progressivo.

Considerando que dentre os princípios da Carta das Nações Unidas, a Constituição Federal de 1988, dispõe em seu preâmbulo o termo desenvolvimento sustentável, bem como estabelece indiretamente nos artigos 3.º, 170, VI e 225 da Constituição Federal as menções a noção de desenvolvimento. Ademais, quanto ao desenvolvimento inscrito como valor no preâmbulo constitucional, deve ser duradouro, pretendendo, assim que a “sustentabilidade estabilize os pressupostos (sociais, econômicos, ambientais, jurídico-políticos e éticos) para a conformação apropriada do desenvolvimento” (Freitas, 2019, p. 122). Desta forma, a própria Constituição confere as balizas ou parâmetros que qualificam o desenvolvimento como multidimensional, ultrapassando a ideia de que se encerra na satisfação de “necessidades”.

Assim, faz-se necessário observar as diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável, superando assim a ideia ao suprimento material das presentes futuras gerações, visto que se refere também ao bem-estar multidimensional, onde uma dimensão reforça as demais. Segundo Freitas (2019), são cinco dimensões: social, ética, ambiental, econômica e política-jurídica.

A dimensão social do desenvolvimento sustentável - é onde estão expostos a análise dos direitos fundamentais sociais, que pressupõe a universalidade do acesso aos bens e serviços por meio de programas como as políticas públicas. No entanto, a fim de garantir tais serviços, faz-se necessário para a preservação do ambiente digno. Freitas (2019) destaca que é nas escolas que precisam educar novas habilidades cognitivas, a fim de lidar com a conectividade e a inteligência artificial. O autor ainda destaca que é necessário o incremento da equidade entre as gerações, garantir condições recíprocas dos potenciais humanos por hábitos saudáveis e o desenvolvimento solidário reflexivo.

Ademais, no aspecto social, o desenvolvimento se volta à garantia do bem-estar físico

e psíquico de todos, para além das necessidades materiais do ser humano, rechaçando-se um modelo de desenvolvimento excludente, que não priorize a universalização de acesso a bens e serviços essenciais (Lubke, 2022). A Constituição de 1988, fez constar logo em seu preâmbulo que o Estado Democrático tem como fim assegurar o exercício de direitos sociais, a liberdade, a segurança, o bem-estar. Possui como objetivos constitucionais traçados voltados ao desenvolvimento da sociedade: construir uma sociedade livre, justa e solidária; erradicar a pobreza e a marginalização e reduzir as desigualdades sociais e regionais; e promover o bem de todos, sem preconceitos de origem, raça, sexo, cor, idade e quaisquer outras formas de discriminação (art. 3º, I, III e IV), além de uma gama de direitos sociais (art. 6º).

A dimensão ética do Desenvolvimento Sustentável - de conexão intersubjetiva, é cooperativa, racional que visa alcançar o bem-estar íntimo e, simultaneamente, o bem-estar social. Nesse sentido, Freitas (2019, p. 71) ainda afirma que acolhe princípios como da prevenção e precaução, equidade e solidariedade entre as gerações, em síntese:

A ética da sustentabilidade reconhece:

- (a) a ligação de toda vida, acima do antropocentrismo estrito;
- (b) o impacto retroalimentado de ações e omissões;
- (c) a exigência de universalização concreta do bem-estar e
- (d) o engajamento na causa que, sem negar a dignidade humana proclama a dignidade dos seres vivos em geral.

A dimensão ambiental do desenvolvimento sustentável -conforme disposto no artigo 225 da Constituição Federal de 1988, expressa o direito ao ambiente limpo, ecologicamente equilibrado, com atenção às gerações atuais com preocupação nas gerações futuras. Assim, Freitas (2019) destaca que um ambiente degradado não garante a vida digna das gerações, conseqüentemente, caso não proteja o meio ambiente, não haverá futuro a nossa espécie.

A ideia do ambientalismo como decorrência da necessidade de preservação do meio ambiente evolui para a noção de socioambientalismo, voltado não só ao meio ambiente, mas a sua conexão com o povo, com as comunidades locais, na construção de políticas públicas que promovam uma “repartição socialmente justa e equitativa dos benefícios derivados da exploração dos recursos naturais” (Santilli, 2005, p. 35).

Na dimensão econômica do desenvolvimento sustentável, a necessidade de compreender que a natureza não é simplesmente um capital. Um Estado que regulamenta ações sustentáveis faz-se extremamente relevante ao ponto que trava o mercado voraz que ignora o mundo natural. A sustentabilidade pode gerar uma economia com oportunidades excepcionais, como as energias renováveis. Ainda, conforme Freitas (2019), o princípio da economicidade disposta nos artigos 70 e 170, VI da Constituição Federal, não permite economia errônea com desperdícios.

A dimensão jurídica-política do Desenvolvimento sustentável, é o dever constitucional de proteger a liberdade das pessoas, no processo intersubjetivo do conteúdo de direitos e deveres fundamentais das gerações. Assim, Freitas (2019) considera que merece resguardo os seguintes direitos fundamentais: a longevidade digna, à alimentação saudável, ao ambiente limpo, à educação de qualidade, à democracia, à informação, ao

processo judicial, à segurança, à renda, à boa administração pública e à moradia, sendo injusta todo os meios de ação ou omissão que gere danos intrageracionais.

As cinco dimensões do desenvolvimento sustentável se interligam a fim de realizar uma revisão da convencionalidade jurídica, inserindo a autêntica transformação do estilo de vida em todas as áreas. No entanto é primordial analisar como deu-se o desenvolvimento nacional, bem como verificar os mecanismos jurídicos que o Brasil utiliza em benefício do desenvolvimento sustentável.

Entre as noções de sustentabilidade, pode-se destacar a eficiência, que pretende combater o desperdício de recursos no meio do processo, desenvolvimento, estendendo a noção de racionalidade econômica a todos os recursos do planeta, desde recursos mais abundantes como a água até recursos mais escassos. Isso significa dar oportunidade para que as gerações, atual e futura, alcancem um nível razoável de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável e duradouro dos recursos da terra, preservando o meio ambiente como um todo.

Segundo Veiga (2010) é possível alcançar maior desenvolvimento sem destruir os recursos naturais conciliando crescimento econômico com a conservação ambiental.

A interligação dessas vertentes cria um tripé que apoia o desenvolvimento sustentável, adotando medidas que envolvam o poder público, a iniciativa privada e a sociedade, criando assim uma harmonização de objetivos econômicos, ambientais e sociais.

As Políticas para o desenvolvimento sustentável no Brasil integram crescimento econômico, equidade social e proteção ambiental, alinhadas à Agenda 2030 da ONU (ODS). Incluem a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), de Resíduos Sólidos (PNRS), e de Mudança do Clima (PNMC), focando em transição energética, bioeconomia, economia circular, infraestrutura verde e justiça social.

12.1.1 Principais eixos e estratégias

1. Transformação Ecológica e Transição Energética: Investimentos em tecnologias limpas, descarbonização da economia e fomento a fontes de energia renováveis.

Economia Circular e Bioeconomia: Incentivo à reutilização de materiais e ao uso sustentável da biodiversidade, reduzindo resíduos e explorando recursos naturais de forma responsável.

Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC): Ações para mitigar emissões de gases de efeito estufa e adaptação aos impactos climáticos.

Gestão de Resíduos e Recursos Hídricos: Implementação da PNRS para logística reversa e gestão de resíduos sólidos e da PNRH para uso consciente da água.

Desenvolvimento Social e Urbano: Criação de empregos verdes, combate ao trabalho escravo/infantil, promoção de turismo sustentável, saneamento básico e aumento de áreas verdes em cidades.

Finanças Sustentáveis: Estruturação de novos instrumentos financeiros para apoiar projetos ecológicos.

Instrumentos de Implementação:

Imposição Legal: Padrões técnicos e normas ambientais (ex: leis de licenciamento).

Instrumentos Econômicos: Taxação sobre poluentes e subsídios para práticas sustentáveis.

Mercado: Licenças de poluição comercializáveis.

Educação e Gestão: Incentivo a programas de educação ambiental e inovações tecnológicas.

Essas ações visam integrar a ecologia nas decisões políticas, visando o bem-estar social e a integridade do meio ambiente

12.1.2 Principais Políticas Públicas com Focos (ODS)

Social e Inclusão: Políticas de transferência de renda, combate à fome, promoção de igualdade racial e de gênero (ODS 1, 5, 10, 18).

Ambiental e Resiliência: Incentivos ao manejo de resíduos, preservação de recursos hídricos, redução de emissões de gases de efeito estufa e aumento de áreas verdes (ODS 6, 11, 13, 15).

Econômica e Infraestrutura: Investimento em energia limpa, cidades inteligentes, turismo sustentável e agricultura com crédito rural (ODS 7, 8, 9).

Gestão e Planejamento: Políticas institucionais de sustentabilidade, uso de dados do Ipea e Governo Digital para alinhar o orçamento e as ações à Agenda 2030.

Esses princípios são cruciais para que o desenvolvimento econômico não sacrifique os recursos naturais e garanta a justiça social, equilibrando o crescimento com a conservação.

12.1.3 Políticas públicas para um meio ambiente sustentável

No Brasil, Políticas públicas para um meio ambiente sustentável, estão fundamentadas na Política Nacional do Meio Ambiente (1981), visam conciliar o desenvolvimento socioeconômico com a preservação ecológica. Incluem instrumentos como licenciamento ambiental, zoneamento, programas de combate ao desmatamento (PPCDAm), pagamento por serviços ambientais (PSA), e gestão de recursos hídricos (Brasil, 1981).

Fundamentos Principais: A Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/1981) é a base, focando no equilíbrio ecológico, uso racional dos recursos naturais, proteção de ecossistemas e educação ambiental.

Gestão de Recursos: A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010) e a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/1997) estabelecem normas para a gestão de resíduos e a utilização da água (outorgas), com forte participação dos comitês de bacias.

Combate à Mudança Climática: A Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei 12.187/2009) orienta ações de mitigação e adaptação, essenciais para o desenvolvimento sustentável.

Incentivos e Proteção: Programas como o Bolsa Verde (apoio à conservação ambiental) e o Programa Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA) unem proteção dos recursos naturais à inclusão socioeconômica de populações locais.

Setor Agropecuário: Políticas focadas no Zoneamento Agrícola de Risco Climático e fomento à agricultura sustentável, com incentivos financeiros (crédito verde) para produtores adotarem práticas de baixo impacto.

Fiscalização e Tecnologia: Uso intensivo de monitoramento por satélite para controle de desmatamento e queimadas, especialmente na Amazônia Legal.

Educação e Mobilidade: A Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) e a Política Nacional de Mobilidade Urbana incentivam práticas sustentáveis nas escolas e o transporte coletivo/ativo.

A execução dessas políticas envolve a integração entre os níveis federal, estadual e municipal, integrando os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU ao planejamento governamental.

Conclusão - O desenvolvimento sustentável não pode ser realizado sem paz e segurança; e paz e segurança estarão em risco sem o desenvolvimento sustentável. A nova Agenda reconhece a necessidade de construir sociedades pacíficas, justas e inclusivas que ofereçam igualdade de acesso à justiça e que são baseadas no respeito aos direitos humanos (incluindo o direito ao desenvolvimento), em um efetivo Estado de Direito e boa governança em todos os níveis e em instituições transparentes, eficazes e responsáveis. Fatores que dão origem à violência, insegurança e injustiça, como a desigualdade, a corrupção, a má governança e os fluxos financeiros e de armas ilegais, são abordados na Agenda. Deve-se redobrar os esforços para resolver ou prevenir conflitos e para apoiar os países em situação de pós-conflito, incluindo por meio da garantia de que as mulheres tenham um papel na construção da paz e do Estado. Medidas e ações efetivas devem ser tomadas, em conformidade com o direito internacional, para remover os obstáculos para a plena realização do direito de autodeterminação dos povos que vivem sob ocupação colonial e estrangeira, que continua a afetar negativamente o seu desenvolvimento econômico e desenvolvimento social, bem como o seu ambiente.

Desta forma, fica evidente que o desenvolvimento socioambiental, encontra-se estreitamente articulado a compreensão de território e das políticas públicas, uma vez que é a partir destas relações de poder que ocorrerá a promoção de iniciativas políticas para se repensar e efetivar um território desenvolvido, promotor de qualidade de vida aos sujeitos, desde o estabelecimento de relações profundas e verdadeiras de pertencimento, até a preocupação de conservar o patrimônio ambiental, enquanto bem coletivo de uma sociedade.

As políticas públicas para o desenvolvimento sustentável integram diretrizes ambientais, sociais e econômicas para garantir o uso racional dos recursos, alinhando-se frequentemente aos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. Focam na modernização agrícola, economia verde, inclusão social e resiliência urbana, com participação da sociedade civil.

Principais aspectos:

Alinhamento aos ODS: O governo brasileiro retomou o compromisso com os 17 ODS, visando crescimento econômico, redução da desigualdade e sustentabilidade ambiental.

Dimensões da Sustentabilidade: As ações buscam o equilíbrio entre as esferas ambiental, social e econômica, indo além da simples preservação, focando na qualidade de vida e no futuro.

Políticas Setoriais: Incluem incentivos a práticas agrícolas sustentáveis (crédito/assistência técnica), gestão de resíduos, proteção hídrica e redução de emissões.

Gestão Urbana: Atualização de planos diretores para cidades mais seguras e resilientes a eventos climáticos, com foco em parcerias público-privadas.

Participação da Sociedade: A implementação de políticas eficazes depende da participação social, ONGs e movimentos sociais na fiscalização e planejamento.

O sucesso dessas políticas públicas exige uma abordagem transversal, que une o desenvolvimento tecnológico à justiça social e à proteção ambiental.

Porém, neste contexto, para a proteção ambiental, deve ser levado em conta a *dimensão biofísica*, que aplica os princípios, teorias e métodos da física para compreender os mecanismos biológicos em níveis molecular, celular e de sistemas, bem como as leis e princípios da natureza. Neste sentido, a relação do **biodesign** com a **sustentabilidade** é de união intrínseca e simbiótica. O biodesign não apenas adota práticas sustentáveis, mas utiliza sistemas biológicos, organismos vivos e processos naturais para criar produtos, arquitetura e materiais que são regenerativos por natureza, abordagem a seguir.

13 BIODESIGN INTEGRADO A SUSTENTABILIDADE E AS POLÍTICAS PÚBLICAS

A elaboração de políticas públicas para um desenvolvimento sustentável tem que reconhecer o fato de que a ciência econômica convencional não considera a base ecológica do sistema econômico dentro de seu arcabouço analítico. A ideia de sustentabilidade, implica uma limitação definida nas possibilidades de crescimento. É sobre esse fundamento que é indispensável agregar preocupações ecológicas (ou ecossociais) às políticas públicas no Brasil. É preciso mostrar que o processo econômico não pode continuar impune, se violar as regras que dirigem a natureza para eficiência máxima (quanto ao uso de matéria e energia), para mínimos de estresse e perdas, para frugalidade e prudência ecológica. A perda irreversível de capital natural configura um custo repassado às futuras gerações, que vem se agravando (Romeiro, 2009).

Enquanto o design tradicional busca “menos impacto”, o **biodesign** busca um **impacto positivo**, onde os produtos podem crescer, purificar o ar, biodegradar ou auto-reparar. A relação do biodesign com a sustentabilidade é de **transformação radical**, movendo o design de um modelo extrativista para um modelo colaborativo com a natureza. Biodesign é uma solução sustentável inspirada na natureza, enquanto estratégia projetal, surge na intersecção do design, da biologia e da tecnologia, buscando soluções funcionais e regenerativas inspiradas em sistemas naturais. Quando integrado às políticas públicas, ele transforma o desenvolvimento sustentável de um conceito teórico em ações regenerativas práticas, capazes de promover a renaturalização urbana e o uso eficiente de recursos. Como já foi amplamente abordado com a **Biomimética**, o biodesign se

inspira na forma como a natureza resolve problemas para criar soluções funcionais e eficientes na arquitetura e design (Antonelli, 2028).

Diante do exposto é inegável que o Biodesign tem se tornado alternativa viável para um consumo com menor impacto no longo prazo, por outro, os biomateriais vêm ganhando pouco a pouco um maior espaço pelo valor que geram e pelo potencial de revolucionar nossa relação com o planeta. Cita-se como exemplo a biomatéria do girassol que vinha sendo experimentada como novo material de base biológica e biodegradável pelo projeto *Sunflower Enterprise*, que se refere-se principalmente a um projeto de design e sustentabilidade que transforma subprodutos da colheita de girassol em novos materiais biodegradáveis (*hdsunflower*, 2026).

Transtorno do Espectro Autista (TEA), TDAH, surdez, demência, ansiedade, epilepsia, entre Criado no Reino Unido em 2016, o projeto consiste no uso de um cordão de pescoço com estampas de girassóis para identificar discretamente pessoas com condições não visíveis, como outras. Ele sinaliza que o usuário pode precisar de maior compreensão, paciência ou ajuda. Criado no Reino Unido em 2016, o projeto consiste no uso de um cordão de pescoço com estampas de girassóis para identificar discretamente pessoas com condições não visíveis, como Transtorno do Espectro Autista (TEA), TDAH, surdez, demência, ansiedade, epilepsia, entre outras (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2022).

A Lei 14.624/2023, sancionada em 17 de julho de 2023, instituiu o uso do **cordão de fita com desenhos de girassóis** como símbolo nacional de identificação de pessoas com **deficiências ocultas**.

As políticas públicas no contexto brasileiro implementaram o **Cordão de Girassol (Hidden Disabilities Sunflower)**, figura 39, uma iniciativa como política de inclusão e acessibilidade para pessoas com deficiências ocultas. O biodesign que se inspira na forma como a natureza, além de seu caráter sustentabilidade tem uma relação integrado às políticas públicas.

No Brasil, o uso do cordão de girassol foi oficializado por diversas legislações, tornando-se uma ferramenta de política pública de cidadania:

Lei Federal 14.624/2023: Oficializou o uso do cordão de girassol em todo o território nacional como símbolo de identificação de pessoas com deficiências ocultas.

Acessibilidade no Atendimento: O objetivo da política é garantir atendimento preferencial, compreensão e assistência em espaços públicos e privados, como aeroportos (ex: Viracopos), *shoppings*, supermercados e órgãos públicos.

Figura 39 - Cordão de Girassol (Hidden Disabilities Sunflower).



Fonte: Sunflower (2026)

Lei Estadual 17.897/2023 (São Paulo): Instituiu o uso do instrumento como auxiliar de orientação e identificação.

A inclusão do cordão no “enterprise” (empresas/iniciativa privada) é uma parte fundamental da **política pública**, incentivando a responsabilidade social corporativa.

Empresas Parceiras: Grandes empresas, como a Electrolux, unem forças com o projeto para treinar colaboradores e criar ambientes mais inclusivos.

Aeroportos e Varejo: Aderem ao projeto para proporcionar uma jornada mais inclusiva e segura para passageiros e clientes.

As políticas públicas baseadas no cordão de girassol visam reduzir as barreiras de comunicação e interação social, promovendo a empatia e assegurando que pessoas com condições não aparentes tenham seus direitos garantidos sem precisar explicar sua deficiência repetidamente.

Como pode ser constatado o **biodesign** enquanto relacionado as **políticas públicas** fornecem diretrizes, financiamento e regulação para a proteção ambiental. O biodesign oferece ferramentas práticas (materiais, arquitetura, produtos) que renaturalizam o ambiente construído e minimizam o uso de recursos não renováveis (Cho, 2018).

13.1 Principais interfaces entre biodesign e políticas públicas (Antonelli, 2018)

Renaturalização Urbana e Infraestrutura: Políticas públicas podem fomentar o «biourbanismo», que planeja cidades como organismos vivos, integrando soluções baseadas na natureza (como paredes vivas, purificação de ar por plantas e sistemas de micélio) para melhorar a qualidade do ar e reduzir a pegada de carbono.

Bioeconomia e Materiais Regenerativos: Políticas de incentivo à economia circular e descarbonização podem apoiar o desenvolvimento de novos materiais biológicos (ex: móveis de micélio/cogumelo) em substituição a plásticos e materiais poluentes.

Design de Políticas Públicas (Policy Design): A abordagem do *design thinking* tem sido adotada por governos para repensar mobilidade, saúde e educação, permitindo que a

administração pública crie soluções mais centradas no usuário e adaptadas ao contexto local.

Educação e Inovação: O biodesign requer uma abordagem interdisciplinar que conecta biologia, engenharia e design. Políticas educacionais podem promover a formação em biodesign (como o programa pioneiro no Einstein na América Latina) para criar uma nova geração de profissionais focados em sustentabilidade.

Benefícios da Abordagem Conjunta - O biodesign associado a políticas públicas promove a transição de um modelo insustentável para um paradigma regenerativo, onde a construção e a indústria trabalham em harmonia com os ecossistemas, em vez de combatê-los. Isso inclui, por exemplo, o uso de “bioarquitetura” para criar moradias que se integram ao ambiente e materiais de construção que se tornam mais fortes com o tempo.

O *Design for Policy* (Design para Políticas Públicas) é visto como um «lubrificante» para trabalhar em silos (setores isolados) e abordar problemas complexos, tornando a governança mais orientada para o futuro. Exemplos incluem o uso de laboratórios de inovação no setor público e a integração de designers no serviço público (Bentley, 2014).

13.1.1 Principais Aspectos do Design for Policy (Bentley, 2014).

Foco no Cidadão: Coloca as experiências e necessidades reais das pessoas no centro do desenvolvimento da política.

Cocriação e Colaboração: Envolve múltiplos stakeholders, incluindo cidadãos, servidores públicos e especialistas, na construção conjunta de soluções.

Abordagem Visual e Prototipagem: Utiliza mapas de jornada, *storyboards* e protótipos para testar ideias antes da implementação, reduzindo riscos e incertezas.

Inovação no Setor Público: Tenta superar métodos tradicionais burocráticos, incentivando uma abordagem proativa, experimental e ágil.

Melhoria de Resultados: Visa aumentar a eficácia da política, conectando instrumentos de governo de maneira mais inteligente e centrada no comportamento humano.

Portanto, O *Design for Policy* é visto como um “lubrificante” para trabalhar em silos (setores isolados) e abordar problemas complexos, tornando a governança mais orientada para o futuro. Exemplos incluem o uso de laboratórios de inovação no setor público e a integração de designers no serviço público.

14 CONSIDERAÇÕES SOBRE POLÍTICAS PÚBLICAS E IMPACTO SOCIAL

O Desenvolvimento sustentável é um conceito recente, mas muito importante para a atualidade. É com base nele que políticas públicas são elaboradas, negociações internacionais são travadas e declarações são proclamadas. Apesar disso, ele consiste em apenas uma das várias maneiras pelas quais a humanidade pode se relacionar com a natureza. Por isso, é impossível considerá-lo como via única e universal. Na realidade, os conceitos de desenvolvimento e sustentabilidade são somente uma visão de mundo provinciana e específica de um povo. A sua disseminação e predominância se deve a toda uma estrutura de poder que permeia as interações entre os diferentes povos habitantes do nosso planeta terra. Além de refletir sobre os caminhos utilizados para concretizar os ideais de desenvolvimento e sustentável, é preciso que suas próprias definições sejam questionadas. Para tal, foram utilizadas as teorias decoloniais e os pensamentos de fronteira. Assim, após toda a análise realizada anteriormente, foi possível perceber que a ideia de desenvolvimento sustentável consiste em um mito criado para manter a exploração indiscriminada da Natureza. Logo, é vital e urgente que as relações entre humanidade e natureza sejam reinventadas.

As Estratégias do biodesign são exemplos bem sucedidos para promover uma economia circular baseada na utilização sustentável de recursos biológicos, com investimentos em pesquisa, inovação e tecnologias limpas. As estratégias visam reduzir a dependência de fontes fósseis e incentivar o uso de biomassa para a produção de energia renovável e produtos sustentáveis.

Movimentos como o biodesign e a economia circular estão ganhando força, propondo alternativas que integram sustentabilidade, justiça social e inovação. Projetos como o Precious Plastic, que transforma resíduos plásticos em produtos úteis, e iniciativas como a moda circular, que promove a reutilização e reciclagem de roupas, demonstram que é **possível alinhar design, sustentabilidade e políticas públicas**. Para que essas alternativas se tornem predominantes, é essencial repensar a educação em design e as políticas públicas. Além disso, é necessário que governos e organizações internacionais implementem regulamentações mais rigorosas, que responsabilizem as empresas pelos impactos socioambientais de suas práticas. A sustentabilidade deve ser sistêmica, considerando as interconexões entre sociedade, cultura e meio ambiente. Isso significa que os designers devem ir além da criação de produtos funcionais e esteticamente atraentes, considerando também o impacto ambiental, social e cultural de suas práticas. Nesse contexto, a educação em design e o design social emergem como pilares fundamentais para essa transformação.

As políticas públicas relacionadas à biodesign estimulam o uso sustentável dos recursos naturais, promovendo a inovação, desenvolvimento econômico e preservação ambiental. Buscam promover práticas comerciais que valorizem a biodiversidade, garantam a distribuição justa de benefícios e estimulem cadeias produtivas sustentáveis, com destaque para os setores de saúde, agricultura e energia.

Portanto, é perfeitamente possível e cada vez mais necessário alinhar design, sustentabilidade e políticas públicas. Essa união, muitas vezes chamada de **design estratégico ou design de políticas públicas**, utiliza metodologias criativas (como o *Design Thinking*) para criar soluções que funcionam, atendem às necessidades sociais e respeitam os limites ambientais. Este alinhamento ocorre quando políticas públicas fornecem a estrutura legal e os incentivos (como a PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos), enquanto o design operacionaliza a sustentabilidade na prática.

15 REFERÊNCIAS

- BRACEESPERANCA. Cânhamo tem capacidade dobrada no combate ao efeito estufa. Disponível em: <https://abracesperanca.org.br/canhamo-tem-capacidade-dobrada-no-combate-ao-efeito-estufa/>. Acesso em: 15 ago. 2025.
- AGENDA 30. Disponível em: <https://ambiental.stj.jus.br/agenda-2030/>. Acesso em: 25 fev. 2026.
- AHMAR, Salma El; FIORAVANTI, Antônio. Botanicals and Parametric Design Fusions for Performative Building Skins: An application in hot climates. *Smart and Responsive Design - eCAADe*, v. 2, p. 595- 604, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/>. Acesso em: 21 jul. 2025.
- ALIVE. ACTIVE. ADAPTIVE 2017, Delft. Anais [...]. Delft: Delft University, 2017. p. 101-115. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/323749917_AliveActiveAdaptive_EKSIG2017_Proceedings. Acesso em: 18 jan. 2026.
- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*. 2022.
- ANTONELLI, Paola. *Vital Design*. Em: MYERS, W. (org.). *Biodesign: Nature, Science, Creativity*. London: Thames & Hudson, 2018.
- ANTONIELLI, Manola. *Biomimétisme: science, design et architecture*. Dijon, França: Éditions Loco, 2017. 144 p.
- ARRUDA, Amilton. Como a biônica e biomimética se relacionam com as estruturas naturais na busca de um novo modelo de pesquisa projetual. Brasil: UFPE, 2010. p. 1-9. Disponível em: <https://www.escavador.com/sobre/8445845/amilton-jose-vieira-de-arruda>. Acesso em: 27 nov. 2025.
- ASK NATURE TEAM. *It'stime to ask nature*. 2021. Disponível em: <https://asknature.org>. Acesso em: 30 mar. 2025.
- ÁVILAL. V.; MADRUGAL. R. R. G.; BEURON T. A. Planejamento e sustentabilidade: o caso das instituições federais de ensino superior. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - GeAS* v.5, n.1. jan./abr. 2016.
- BADARNAH, Lídia. *Towards the Living envelope: biomimetics for building envelope adaptation*. 2012. 226 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Universidade Técnica de Delft - TU Delft, Países Baixos, 2012. Disponível em: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A4128b611-9b48-4c8d-b52f-38a59ad5de65>. Acesso em: 11 maio 2025.
- BADARNAH, Lidia; KADRI, Usama. A methodology for the generation of biomimetic design concepts. *Architectural Science Review*, v. 58, n. 2, p. 120-133, 2014. Disponível em: www.researchgate.net. Acesso em: 2 maio 2025.
- BAUMGARTNER, F. R.; Jones, B. D. *Agendas and instability in American politics*. Chicago: University of Chicago Press, 2003.
- BAUMEISTER, Dayna; TOCKE, Rose; RITTER, Sherry; DWYER, Jamie. *Biomimicry resource handbook: a seed bank of best practices*. Montana, USA: Biomimicry 3.8, 2014. 285 p.
- BENTLEY, T. *Design in policy: challenges and sources of hope for policymakers*. In: BASON,

- C. (Ed.). Design for policy: design for social responsibility. Aldershot: Gower Publisher, 2014.
- BENYUS, J. Biomimicry: Innovation Inspired by Nature. New York: Morrow, 1997.
- BERLIM, Lilyan. Moda e Sustentabilidade: uma reflexão necessária. 3. ed. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2020.
- BIOMIMICRY INSTITUTE. What Is Biomimicry? Disponível em: <https://biomimicry.org/what-is-biomimicry/>. Acesso em: 15 jan. 2026.
- BIOSTUDIODESIGN, 2021. Disponível em: <https://biostudiodesign.com.br/pinatex/>. Acesso em: 29 jan. 2026.
- BLOCK, I. Lab-grown spider silk used for Adidas x Stella McCartney biodegradable dress. Disponível em: <https://www.dezeen.com/2019/07/31/biofabric-tennis-dress-adidas-stella-mccartney-bolt-threads-microsilk/>. Acesso em: 15 ago. 2025.
- BORGER, Fernanda Gabriela. Responsabilidade Social: Efeitos da Atuação Social na Dinâmica Empresarial. 2001. Tese (Doutorado) - USP, São Paulo, 2001.
- BRACCINI, A. M.; MARGHERITA, E. G. Exploring organizational sustainability of industry 4.0 under the triple bottom line: The case of a manufacturing company. Sustainability, 2019. Disponível em: <https://mdpi-res.com>. Acesso em: 14 set. 2025.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil (atualizada até a EC 132/2023). Brasília, DF: Câmara dos Deputados. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br>. Acesso em: 25 fev. 2026.
- BRASIL. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. IPEA [online], 2018. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods1.html>. Acesso em: 25 fev. 2026.
- BRASIL. Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981 - Política Nacional de Meio Ambiente. 1981. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>.
- BRAUN, Diogo Marcel Reuter; ROBL, Ronan Saulo. O ICMS ecológico como instrumento auxiliar para o alcance da sustentabilidade. In: SOUZA, Maria Cláudia da Silva Antunes de; ARMADA, Charles Alexandre. Sustentabilidade, meio ambiente e sociedade: reflexões e perspectivas, 2015. E-book. Umuarama: UNIPAR.
- BROECK, F. V. O uso de analogias biológicas. Revista Design e Interiores. São Paulo: 1989, n.15, p.97-100.
- BUCCI, Maria Paula Dallari. Fundamentos para uma teoria jurídica das políticas públicas. São Paulo: Saraiva, 2013.
- CAMARGO, Maytê Galvão Pereira de. Design de produtos biomiméticos visando a sustentabilidade nas edificações. Dissertação (Mestrado em design) - UFPR, Curitiba, 2016. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br>. Acesso em: 19 jul. 2021.
- CAMERE, Serena; KARANA, Elvin. Fabricating materials from living organisms: An emerging design practice. Journal of Cleaner Production, v. 186, p. 570-584, 2018.

CASA COR. Disponível em: <https://casacor.abril.com.br>. Acesso em: 16 jan. 2026.

CAVALCANTE, T. Cânhamo pode absorver duas vezes mais CO₂. Disponível em: <https://cannalize.com.br>. Acesso em: 15 ago. 2025.

CAVALCANTI, C. (org). Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável e Políticas Públicas. 2ª Ed. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1999.

CESCHIN, Fabrizio; GAZIULUSOY, Ídil. Design for Sustainability: A Multi- level Framework from Products to Socio- technical Systems. New York: Routledge, 2020.

CHO, T. Getting Started. In: MYERS, W. Biodesign: Nature, Science, Creativity. London: Thames & Hudson, 2018. p.266-268.

CHRISPINO, Álvaro. Introdução ao estudo das políticas públicas: uma visão interdisciplinar e contextualizada. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2016.

CIENCEINSCHOOL. <https://scienceinschool.org/pt-pt/article/2019/design-inspiration-secrets-shark-skin-pt/>. Acesso em: 28 jan. 2026.

CLARO, Danny Pimentel; CLARO, Priscila Borin de Oliveira. Sustentabilidade estratégica: existe retorno no longo prazo? Revista de Administração, São Paulo, v. 49, n. 2, p. 291-306, 2014.

COGDELL, Christina. From BioArt to BioDesign. American Art, v. 25, n. 2, 2011.

COHEN, B.; WINN, M. I. Market imperfections, opportunity and sustainable entrepreneurship. Journal of Business Venturing. 22(1), p. 29-49, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 14 jan. 2025.

COLANTONIO, A. Social sustainability: a review and critique of traditional versus emerging themes and assessment methods, 2009.

COLLET, Carole. Designing for the Biocentury. University of the Arts London, 2017.

COLLET, Carole. Designing our future bio materiality. Journal AI & Society. Springer-Verlag London Ltd., 2021. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br>. Acesso em: 15 jan. 2026.

COLLET, C. BIODESIGN. Disponível em: <https://ext.maat.pt/bulletin/biodesign>. Acesso em: 15 ago. 2025.

CRAIG, Salmaan et al. BioTRIZ suggests radiative cooling of buildings can be done passively... Journal of Bionic Engineering, v. 5, n. 1, p. 55-66, 2008. Disponível em: www.sciencedirect.com. Acesso em: 17 jan. 2021.

CUNHA, Ronnie Elder da. Verificação da adequabilidade do método BioTRIZ na aplicação da biomimética no ensino de projeto de arquitetura. Dissertação (Mestrado) - UFPB, João Pessoa, 2015. Acesso em: 28 jan. 2026.

DOAN, Abigail. Green Building in Zimbabwe Modeled After Termite Mounds, 2007. Disponível em: <https://archpeace.blogspot.com>. Acesso em: 28 jan. 2026.

DYE, Thomas D. Understanding Public Policy. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1984.

- EARTH DAY. The beauty of efficiency in nature - 2023. Disponível em: <https://lightyear.one>. Acesso em: 15 ago. 2025.
- ECYCLE. Revestimentos inspirados na pele do tubarão aumentam a eficiência energética em meios de transporte. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br>. Acesso em: 15 ago. 2025.
- ELKINGTON, J. Canibais com garfo e faca. São Paulo: Makron Books, 2001.
- ELKINGTON, J. Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development. *California Management Review*, 36(2), p. 90-100, 1994.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (EMF). Towards the circular economy. 2013. Disponível em: <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org>. Acesso em: 05 jul. 2025.
- EMBRAPA. Fungos. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 21 jan. 2026.
- ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA. Biophilia hypothesis. 2010. Disponível em: <https://www.britannica.com>. Acesso em: 29 jan. 2026.
- ERTÜRKAN, Hazal; KARANA, Elvin; MUGGE, Ruth. Is this alive? Towards a vocabulary for understanding and communicating living material experiences. *Anais [...]*. 2022. DOI: 10.21278/idc.2018.0531.
- ESAT, Roya; AHMED-KRISTENSEN, Saeema. Classification of Bio-design applications: Towards a Design Methodology. *Anais [...]*. 2018. p. 1031-1042.
- ESCOLA DE BOTÂNICA. Disponível em: <https://www.escoladebotanica.com.br>. Acesso em: 18 jan. 2026.
- FERRARI, Roberta; CANGIOLIERI, Osiris. Método BIOS. In: ARRUDA, A. et al. *Tópicos em Design: Biomimética, sustentabilidade e novos materiais*. Curitiba: Insight, 2019. p. 61-69.
- FERREIRA, Patrícia Aparecida. *Gestão de Políticas Públicas: uma proposta de modelo processual de análise*. Tese (Doutorado) - UFLA, Lavras-MG, 2011.
- FREEPIK, 2025. Disponível em: <https://br.freepik.com>. Acesso em: 29 jan. 2026.
- FREITAS, Juarez. *Sustentabilidade: Direito ao Futuro*. Belo Horizonte: Fórum, 2019.
- FURTADO, Celso. *O mito do desenvolvimento econômico*. São Paulo: Círculo do Livro, 1974.
- GAMAGE, Arosha; HYDE, Richard. A model based on biomimicry to enhance ecologically sustainable design. *Architectural Science Review*, v. 55, n. 3, p. 224-235, 2012. Disponível em: www.academia.edu. Acesso em: 16 out. 2025.
- GBC Brasil. *Economia Circular*. Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br>. Acesso em: 29 out. 2025.
- GIBBES, C. et al. Defining and measuring sustainability: a systematic review of studies in rural Latin America and the Caribbean. *Environment, Development and Sustainability*, 22(1), p. 447-468, 2020. Acesso em: 20 jan. 2025.

- GINSBERG, Alexandra Daisy; CHIEZA, Natsai. Editorial: Other Biological Futures. *Journal of Design and Science*, 2018. DOI: 10.21428/566868b5. Acesso em: 27 set. 2025.
- GOYAL, S.; ESPOSITO, M.; KAPOOR, A. Circular economy business models in developing economies. *Thunderbird International Business Review*, v. 60, n. 5, p. 729-740, 2016.
- GRUPTHINK. Passive cooling, 2006. Eastgate Centre, Harare. Disponível em: [researchgate.net](https://www.researchgate.net). Acesso em: 28 jan. 2026.
- HAMILTON, T. Whale-Inspired Wind Turbines. Disponível em: <https://www.technologyreview.com>. Acesso em: 15 ago. 2025.
- HARVEY, D. *Condição Pós-Moderna*. São Paulo: Edições Loyola, 2006.
- HDSUNFLOWER. Projeto Sunflower Enterprise, 2026. Disponível em: <https://hdsunflower.com>. Acesso em: 25 fev. 2026.
- HELMS, Michael; GOEL, Ashok K. The four-box method: problem formulation and analogy evaluation in biologically inspired design. *Journal of Mechanical Design*, v. 136, n. 11, p. 1-12, 2014. Acesso em: 18 maio 2021.
- HWANG, J. et al. Biomimetics: forecasting the future of science, engineering, and medicine. *Int J Nanomedicine*, v. 10, p. 5701-5713, 2015.
- IBICT - Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, 2008. Disponível em: <https://www.gov.br/ibict>. Acesso em: 25 out. 2024.
- INDUSTRIAL DESIGN. Definizione di Biomimetica, 2007. Disponível em: <http://www.industrialdesign.altervista.org>. Acesso em: 28 jan. 2026.
- INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br>. Acesso em: 25 out. 2024.
- IPEA. Catálogo de Políticas Públicas, 2022. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br>. Acesso em: 25 fev. 2026.
- KARANA, Elvin; CAMERE, Serena. Growing materials for product design. in: EKSIG 2017.
- KARANA, Elvin; BARATI, Bahareh; GIACCARDI, Elisa. Living artefacts: Conceptualizing livingness as a material quality in everyday artefacts. *International Journal of Design*, v. 14, n. 3, p. 37-53, 2020.
- KAYAMIND. 2021. Disponível em: <https://kayamind.com/fibras-do-canhamo-utilidades/>. Acesso em: 29 jan. 2026.
- KAZAZIAN, Thierry. *Haverá a idade das coisas leves: design e desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Editora SENAC, 2005.
- KIM, D.; KIM, S. Sustainable supply chain based on news articles and sustainability reports. *Sustainability*, 9(6), 2017. Acesso em: 22 jan. 2025.
- KINGDON, J. W. *Agendas, Alternatives and Public Policies*. Boston: Longman, 2010.

KRENAK, A. Ideias para adiar o fim do mundo. 1ª edição. São Paulo: Companhia das Letras, 2019.

KURU, Aysu et al. A framework to achieve multifunctionality in biomimetic adaptive building skins. *Buildings*, v. 10, n. 114, 2020. Acesso em: 16 maio 2025.

LAGO, André Aranha Corrêa do. Conferências de Desenvolvimento Sustentável. Brasília: FUNAG, 2013.

LASKY, Julie. The Beauty of Bacteria. *The New York Times*, p. D1-D7, January 17, 2013. Acesso em: 15 ago. 2025.

LEE, S. et al. Understanding “Bio” Material Innovations: a primer for the fashion industry. *Biofabricate e Fashion for Good*. 2020. Acesso em: 17 jan. 2026.

LEI 14.624/2023, instituiu o uso do cordão de fita com desenhos de girassóis. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br>. Acesso em: 25 fev. 2026.

LEI nº 12.305 de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://www.passeidireto.com>. Acesso em: 22 fev. 2026.

LEI 9.433/1997 - Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <https://www.passeidireto.com>. Acesso em: 22 fev. 2026.

LEI 12.187/2009 - Política Nacional sobre Mudança do Clima. Disponível em: ww.gov.br/mma. Acesso em: 22 fev. 2026.

LEI 6.938/1981 - Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA). Acesso em: 25 fev. 2026.

LEITÃO, Alexandra. Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o século XXI. *Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting*, v 1, n. 2, 2015. Acesso em: 14 jul. 2025.

LISSON, T. O Design das baleias jubarte... Disponível em: <https://meioinfo.eco.br>. Acesso em: 15 ago. 2025.

LÓPEZ, Marlén et al. How plants inspire façades... *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 67, p. 692-703, 2017. Acesso em: 29 mar. 2025.

LOTUSAN. Ficha Técnica - Tinta de silicone para fachadas com Lotus-Effect, 2015. Disponível em: <https://stobrasil.com.br>. Acesso em: 29 jan. 2026.

LOWI, T. J.; GINSBERG, B. *American government: freedom and power*. NY: WW Norton & Comp, 2006.

MAFINI, C.; MUPOSHI, A. The impact of green supply chain management in small to medium enterprises. *Journal of Transport and Supply Chain Management*, 2017. Acesso em: 22 jan. 2025.

MAIA, Andrei Giovani; PIRES, Paulo dos Santos. Uma compreensão da sustentabilidade por meio dos níveis de complexidade das decisões organizacionais. *Ram*, v. 12, n. 3, p. 177-206, 2011. Acesso em: 28 out. 2022.

MANZINI, E. *Design, When Everybody Designs*. Londres: MIT Press, 2015.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. O desenvolvimento de produtos sustentáveis. São Paulo: Edusp, 2002.

MARTINE, G.; ALVES, J. E. D. Economia, sociedade e meio ambiente no século 21. R. bras. Est. Pop., v.32, n.3, p.433-460, 2015.

MEIRA, Gerson Luiz Meira. A BIOMIMÉTICA UTILIZADA COMO FERRAMENTA ALTERNATIVA NA CRIAÇÃO DE NOVOS PRODUTOS. II Encontro de Sustentabilidade em Projeto, 2008.

MEYER, Michael et al. Comparison of the technical performance of leather, artificial leather, and trendy alternatives. Coatings, v. 11, n. 2, p. 226, 2021.

MISTÉRIO DA SAÚDE. 2026. Disponível em: <https://bvsmis.saude.gov.br>. Acesso em: 25 fev. 2026.

MONGABAY. Moda sustentável: revolução dos biomateriais. Disponível em: <https://brasil.mongabay.com>.

MONTEIRO, Monica (Ed.). Economia Circular. Start & Go, v. 1, n. 20, p.3-3, 2018.

MOZART. Algas marinhas e bioplástico. Disponível em: <https://algastech.com.br>. Acesso em: 15 ago. 2025.

MÜLLER, J. M. et al. What Drives the Implementation of Industry 4.0? Sustainability - MDPI, 2018. Acesso em: 13 jun. 2022.

MYERS, William. What are Biodesign and Bioart? In: MARKS, A. (org.). Biodesign. Providence: RISD, 2018.

NORO, G. et al. A sustentabilidade com base na gestão de stakeholders: o caso Wal-Mart. VII SEGeT, Resende, 2010.

OLIVEIRA, Ivo A. Neto. Embalagem e meio ambiente. TCC (Graduação) - Centro Universitário de Brasília, 2006. Acesso em: out. 2024.

ONU. Relatório Sobre os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. Nova York: 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org>. Acesso em: 24 fev. 2026.

PASSOS, E. Boeing 777 ganha pele de tubarão artificial. Disponível em: <https://quatorrodas.abril.com.br>. Acesso em: 15 ago. 2025.

PASSOS, Priscilla Nogueira Calmon de. A conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente. Revista Direitos Fundamentais & Democracia, v. 6, n. 6, 2009.

PATSCHULL, Kristina - Biônica, 2015. Disponível em: <http://www.magazinedeutschland.de>. Acesso em: 28 jan. 2026.

PIERONI, M. P. P. et al. A Business model innovation for circular economy and sustainability: A review of approaches. Journal of Cleaner Production, 215, 198-216. Acesso em: 24 jan. 2025.

PNRS. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2020). Disponível em: <https://www.gov.br/ibama>. Acesso em: 19 jan. 2026.

PROJETO. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br>. Acesso em: 18 jan. 2026.

- RECICLASAMPA. Disponível em: <https://www.reciclasampa.com.br>. Acesso em: 15 ago. 2025.
- REIS, D. Product Design in the Sustainable Era. Köln: Taschen GmbH, 2010.
- RESEARCHGATE.net. Media-TIC building. Disponível em: [researchgate.net/figure/Media-TIC-building](https://www.researchgate.net/figure/Media-TIC-building).
- REVISTA HAUS. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=revistahaus.com.br>.
- ROMEIRO. Economia ou economia política da sustentabilidade. In: MAY, P. (Org.) Economia do meio ambiente. Rio de Janeiro: Campos-Elsevier, 2009.
- SÁ, Alice Araujo Marques de. FERRAMENTAS DA BIOMIMÉTICA NO DESIGN. Dissertação (Mestrado) - UnB, 2021. Acesso em: 28 jan. 2026.
- SÁ, Alice Araujo Marques de; VIANA, Dianne Magalhães. Design e biomimética: uma revisão sobre o estado da arte no cenário brasileiro. Mix Sustentável, Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 137-150, 2020.
- SACHS, Ignacy. Caminhos para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.
- SALA 7 DESIGN. Disponível em: <https://sala7design.com.br>. Acesso em: 18 jan. 2026.
- SANTILLI, Juliana. Socioambientalismo e Novos Direitos. São Paulo: Editora Peirópolis, 2005.
- SARAVIA, E.; FERRAREZI, E. Políticas públicas: coletânea. Brasília: Enap, v. 2, 2006.
- SCHOR, Adriana; AFONSO, Luís Eduardo. Avaliação Econômica de Projetos Sociais. São Paulo: Fundação Itaú Social, 2007.
- SCHUMPETER, J. A. A teoria do desenvolvimento econômico. São Paulo: Nova Cultural, 1997.
- SECCHI, Leonardo. Análise de políticas públicas: diagnóstico de problemas, recomendação de soluções. São Paulo: Cengage Learning, 2016.
- SHERMAN, Benjamin D. et al. Evolution of reaction center mimics to systems capable of generating solar fuel. Photosynthesis Research, v. 120, n. 1-2, p. 59-70, 2014. Acesso em: 28 set. 2025.
- SILVA, Itamar Ferreira da et al. Biomimética como Método Criativo para a Concepção de artefatos. In: ARRUDA, A. et al. Tópicos em Design. Curitiba: Insight, 2019. p. 19-30.
- SILVA, J. Pesquisadores explicam o papel dos filmes e revestimentos comestíveis... Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 15 ago. 2025.
- SOARES, Theska Laila de Freitas; ARRUDA, Amilton José Vieira de. Fundamentos da Biônica e da Biomimética. In: ARRUDA, A. J. V. (org.). Métodos e processos em biônica e biomimética. São Paulo: Blucher, 2018. p. 9-35.
- SOUZA, Alênicon Pereira de. Políticas Públicas para o Desenvolvimento Associado com a Inovação. Dissertação (Mestrado) - UEPB, Campina Grande, 2015.
- SOUZA, C. Coordenação de Políticas Públicas no Federalismo Brasileiro. Brasília: ENAP, 2018.
- SPIEGLER, A. B.; HALBERSTADT, J. SHEstainability: how relationship networks influence the idea generation... International Journal of Entrepreneurial Venturing, 10(2), p. 202-

235, 2018.

SRINIVASAN, Venkataraman et al. Supporting process and product knowledge in biomimetic design. *International Journal of Design Engineering*, v. 4, n. 2, p. 132-158, 2011. Acesso em: 28 set. 2021.

STOKER, G. Notes on Keynote Address, ARCISS. Londres, mimeo 1999.

VIANA, Ana Luiza. Abordagens metodológicas em políticas públicas. *Revista de Administração Pública (FGV/RJ)*, v. 30, n 2, p. 5-43, 2019. Acesso em: 24 fev. 2026.

VILLANUEVA, Luis Fernando Aguilar. Estudio introductorio. In: *Problemas públicos y agenda de gobierno*. 3 ed. México: Miguel Ángel Perrúa, 2013. p.15-72.

VINCENT, Julian F. V. et al. Biomimetics: its practice and theory. *Journal of the Royal Society Interface*, v. 3, p. 471-482, 2006. Acesso em: 28 set. 2021.

VOLSTAD, Nina Louise; BOKS, Casper. Biomimicry: a useful tool for the industrial designer? *DS 50: Proceedings of NordDesign 2008*, p. 275-284.

WALLERSTEIN, Immanuel. Mundialização ou Era de Transição? In: CHESNAIS, F. [et. al.]. *Uma nova fase do capitalismo?* São Paulo: Xamã, 2003.

WEINGAERTNER, C.; MOBERG, Å. Exploring social sustainability: Learning from perspectives on urban development and companies and products. *Sustainable Development*, 22(2), 2014.

WÖHLKE, Roberto. *Análise de políticas públicas. Dissertação (Mestrado) - UFSC, Florianópolis-SC, 2016.*