

## O Design para Adaptabilidade (*DfAD*) na Natureza: uma prática projetual Biomimética com olhar à Arquitetura Animal

*Design for Adaptability in Nature (DfAD): a Biomimicry design practice with a view to Animal Architecture*

HENRIQUES, José Evandro de Moura Rosa; Mestrando em Design | Acadêmico Visitante;  
Universidade Federal de Pernambuco | Loughborough University  
eevandromoura@gmail.com | J.D.R.Henriques@lboro.ac.uk

ARRUDA, Amilton; Professor Associado PPG-Design; Universidade Federal de Pernambuco  
arruda.amilton@gmail.com

SCHMIDT III, Robert; Reader in Architectural Design; Loughborough University  
R.Schmidt-III@lboro.ac.uk

Os desafios ambientais contemporâneos têm enfatizado os debates acerca do papel dos designers e arquitetos frente à relação Homem-Natureza. Nessa perspectiva, este artigo traz os resultados desenvolvidos na primeira parte de uma dissertação que integra os campos do Design, da Arquitetura e da Biologia, tendo como objeto de estudo o Design para Adaptabilidade (*DfAD*) na Arquitetura Contemporânea Brasileira e com base em uma pesquisa desenvolvida desde 2020 pelo Adaptable Futures Group, um grupo de pesquisa na Loughborough University; e o Laboratório de Biodesign da UFPE. Tal parte se constrói diante da premissa de que a Adaptabilidade é uma característica presente na Natureza devendo, assim, ser compreendida. Assim, tem-se como objetivo o entendimento do *DfAD* como uma prática projetual Biomimética. Para isso, realizou-se uma revisão bibliográfica com posterior destaque de estratégias projetuais relativas ao *DfAD* na Arquitetura Animal, que foram apresentadas um quadro que as reúne.

**Palavras-chave:** design para adaptabilidade; biomimética; arquitetura animal.

*Contemporary environmental challenges have emphasized debates about the role of designers and architects in relation to Man-Nature relationship. In this perspective, this article presents the results developed in the first part of a master's dissertation that integrates the fields of Design, Architecture and Biology, which the object of study is the Design for Adaptability (DfAD) in Brazilian Contemporary Architecture, and based on a research developed since 2020 by the Adaptable Futures Group at Loughborough University; and the Biodesign Lab at UFPE. This part is built on the premise that Adaptability is a characteristic present in Nature and must therefore be understood. Thus, the objective is to acknowledge DfAD as a Biomimicry design practice. For this, a bibliographic review was carried out with subsequent highlighting of design strategies related to DfAD in Animal Architecture, which were presented in a frame that gather them.*

**Keywords:** design for adaptability; biomimicry; animal architecture.

## 1 Introdução

Na Era do Antropoceno, ou seja, na *época do homem* (FERRÃO, 2017), o desafio ambiental contemporâneo tem se caracterizado como palco de investigação entre diversas disciplinas, inclusive àquelas acerca do ambiente construído. Isso pois o consumo humano dos recursos naturais principalmente pós-Revolução Industrial - em uma quantidade mais expressiva do que a própria capacidade biológica do Planeta - tem resultado na diminuição da biodiversidade e no aumento do efeito estufa (KAZAZIAN, 2005). A emissão desmedida de gás carbônico (CO<sup>2</sup>) na atmosfera, maior responsável pelas mudanças climáticas, tem gerado consequências globais já consideradas irreversíveis pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2021). De encontro à tal realidade, movimentos como o *Built Environment (Architects) Declares Climate and Biodiversity Emergency* (Figura 1), surgido no ano de 2019 em Londres, encoraja profissionais do setor construtivo a se comprometerem com a emergência climática planetária através de práticas projetuais regenerativas (BUILT ENVIRONMENT DECLARES CLIMATE AND BIODIVERSITY EMERGENCY, [s.d]).

Figura 1 – O Architects Declare no *Global Strike Climate* em Londres



Fonte: <https://www.newcivilengineer.com/latest/construction-professionals-join-global-climate-strike-protests-23-09-2019/>

Frente a tal desafio, defende-se aqui uma necessidade cada vez maior de interdisciplinaridade entre o Design e outros os campos de estudo, sendo os de interesse direto desse trabalho suas interconexões com a Arquitetura e a Biologia. Cardoso (2011) pontua a importância do designer no mundo contemporâneo, pela capacidade de sistematização e solução de problemas, ainda ao considerar a crescente especialização dos mais variados profissionais:

O design tende ao infinito – ou seja, a dialogar em algum nível com quase todos os outros campos de conhecimento. **Em seu sentido mais elevado e ambicioso, o design deve ser concebido como um campo ampliado que se abre para diversas outras áreas, algumas mais próximas, outras mais distantes.** Nesse sentido, o designer pode sim ser artista, ou artesão, arquiteto, engenheiro, estilista, marqueteiro, publicitário ou uma infinidade de outras coisas (CARDOSO, 2011, p. 128, grifo nosso).

O vínculo entre as três disciplinas será aqui discutida através do **olhar à Natureza**, considerando essa ser uma atitude de resposta ao já mencionado desafio ambiental contemporâneo. De forma sucinta, sabe-se que a relação homem-natureza possui uma herança histórica nos debates entre o Design e a Arquitetura (DIAS, 2014), a exemplo de autores que contemplam: o contexto do homem primitivo<sup>1</sup>, pela necessidade de proteção e sobrevivência; um resgate do vínculo com o ambiente natural que se perdeu no tempo<sup>2</sup>; ou uma influência biológica<sup>3</sup>.

Hoje, “agora que as mudanças que provocamos são tão grandes e tão ameaçadoras, **é imperativo que os designers e arquitetos deem seu contributo para ajudarem a encontrar soluções**” (PAPANÉK, 1995, p. 11, grifo nosso), livrando-se de preconceitos e fragilidade pessoais e aumentando a relação com a Biologia (MYERS, 2012). Nessa perspectiva, tais profissionais devem considerar aspectos como a interconectividade (MAZZOLENI, 2013), a variedade de tempos, a noção de ciclos, o *optimum* (KAZAZIAN, 2005), e a eco eficácia (MCDONOUGH, BRAUNGART, 2002).

Diante dessas considerações, argumenta-se aqui que o Design para Adaptabilidade (*DfAD*) representa uma **“abordagem projetual potencial para abarcar as complexidades de demandas no mundo contemporâneo”** (HENRIQUES, ARRUDA, SCHMIDT III, 2021, p.5), e tem-se como premissa que a Adaptabilidade é uma característica já presente na Natureza. Segundo Soares e Arruda (2018), embora a inspiração no ambiente natural possa ser vista em diversos campos ao longo do tempo, apenas uma pequena parcela dessas relações tem sido investigadas, existindo assim uma grande lacuna para estudos futuros, principalmente através do “guarda-chuva” da Biomimética. Assim, tem-se como objetivo geral deste artigo investigar o *DfAD* na Natureza como uma prática projetual Biomimética através do olhar à Arquitetura Animal.

Portanto, essa produção revela os resultados elaborados pelos autores em uma das três partes de uma dissertação<sup>4</sup> ainda em desenvolvimento. Essa última toma como base as pesquisas do *Adaptable Futures Group*, um grupo de pesquisa da Loughborough University na Inglaterra que “descompacta a Adaptabilidade em detalhes, olhando para a complexa teia de dependências que induzem, impedem e acomodam mudanças” (ADAPTABLE FUTURES, [s.d.]) e do Laboratório de Biodesign da Universidade Federal de Pernambuco, que têm a Natureza como referência para projetos de Design (SOARES, ARRUDA, 2018).

## 2 Metodologia

Para realização do objetivo geral dessa pesquisa, com alicerce em uma construção prioritariamente teórica, definiu-se como técnica a Pesquisa Bibliográfica, tendo-se como fontes livros e artigos científicos. Segundo Marconi e Lakatos (2003) essa técnica permite um olhar diferente acerca do tema em estudo podendo gerar conclusões novas. Dentre as etapas, seguiu-se a lógica definida por Gil (2008), realizando-se em sequência: a identificação e

<sup>1</sup> como VITRUVIUS, 1914 [27 a.C.]; ALBERTI 1988, [1450]; LAUGIER, 1977 [1753].

<sup>2</sup> como RUSKIN, 1903 [1849]; SULLIVAN, 1979 [1918]; SAANIREN (1985 [1948]; NEUTRA, 1954; WRIGHT, 1955; e movimentos como o *Arts and Crafts* e o *Art Nouveau*, segundo DIAS, 2014).

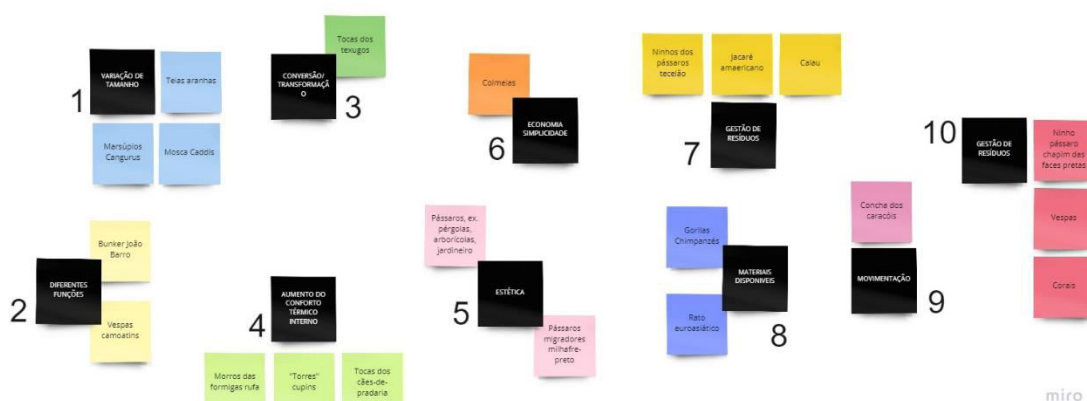
<sup>3</sup> como o Metabolismo, segundo KOOLHAAS, OBRIST, 2011; e a Biomimética, segundo BENYUS, 1997.

<sup>4</sup> A dissertação tem o Design para Adaptabilidade (*DfAD*) na Arquitetura Contemporânea Brasileira como objeto de estudo e divide-se em três partes: a primeira, contextualiza o *DfAD* na Natureza; a segunda, o *DfAD* na Arquitetura; e a terceira, o *DfAD* na Arquitetura Contemporânea Brasileira.

localização das fontes; leitura; confecção de fichas de documentação; construção da lógica de trabalho; e redação do texto. Para os arquivos digitais, foram utilizados os softwares *Mendeley* e *NVivo* para organização e posterior análise.

Tal Pesquisa Bibliográfica aqui referida dividiu-se em dois momentos, definidas por objetivos específicos e diante da tríade teórica desta pesquisa (Design-Arquitetura-Biologia), sendo o primeiro deles focado no entendimento do conceito da Adaptabilidade pela Biologia segundo uma abordagem Biomimética; e o segundo, voltado para compreensão das habitações de diferentes espécies animais. Para essa última, acrescentaram-se mais duas etapas antes da última (redação do texto): o destaque das estratégias projetuais e depois a organização das similares, utilizando-se a plataforma Miro de forma auxiliar (Figura 2).

Figura 2 – Estratégias projetuais na Arquitetura Animal organizadas na plataforma Miro.



Fonte: Feito pelos autores.

### 3 O DfAD na Natureza: uma abordagem Biomimética

Com derivação da palavra grega *biomimesis* (em que *bio* refere-se à vida e *mimeses* à imitação), a Biomimética se caracteriza como uma área multidisciplinar no Design que se baseia fundamentalmente no olhar à Natureza. Nesse sentido, ela aflora sentimentos de participação e pertencimento humanos (SOARES, ARRUDA, 2018).

A Biomimética corresponde a uma emulação consciente do gênio da natureza, é uma abordagem interdisciplinar que reúne mundos muitas vezes desconectados: **natureza e tecnologia, biologia e inovação, vida e design**. Na prática, procura trazer a sabedoria da vida testada pelo tempo [...] em soluções humanas que criam condições favoráveis à vida (SOARES, ARRUDA, 2018, p. 13, grifo nosso).

Por meio da chamada *Revolução Biomimética*, faz-se cada vez mais necessário tomar a Natureza como modelo, como medida e como mentora (BENYUS, 1997). Benyus (1997) ainda pontua que através da Biomimética é possível observar os humanos como uma parcela do mundo, enfatizando que as outras partes precisam ser compreendidas. Já Julian Vicent (EGGERMONT, KEAG, HOELLER, 2012, p. 28) conceitua o termo como “a implementação de um

bom design baseado na Natureza”<sup>5</sup>. Em adição, Pawlyn (2016, p.1) o define como “design inspirado pela forma como desafios funcionais tem sido resolvidos na Biologia”<sup>6</sup>.

Diante dessas considerações tenta-se criar nesse trabalho uma compreensão do **Design para Adaptabilidade (DfAD) como uma prática projetual Biomimética a ser aplicada na Arquitetura**, reunindo assim estratégias que unem os três campos de estudo aqui interligados (Design-Arquitetura-Biologia). Para isso, faz-se imperativo entender como o conceito de Adaptabilidade é compreendido, inicialmente, na Biologia.

No livro *How life learned to live: Adaptation in Nature*, Tributsch (1982) faz uma descrição da Natureza pela Biofísica, apontando a adaptação como uma característica dos seres que garante a sobrevivência. Esse entendimento tem uma relação direta com o conceito de Adaptabilidade mais famoso pela Biologia, que toma como principal referência a Teoria da Evolução<sup>7</sup> proposta por Darwin (2009 [1859]) no livro *A Origem das Espécies*. Através da ideia da *Seleção Natural*, o autor pontua a adaptação como **um processo de modificação do organismos ao meio que permite uma maior probabilidade de sobrevivência e reprodução nos seres vivos, característica passada entre gerações**. Ao citar a Teoria de Darwin como ponto de estudo, Santos (2010) argumenta sobre a importância de inspiração no “método da Natureza” e ao conceito de Adaptabilidade:

A natureza levou cerca de 3,8 bilhões de anos para moldar toda forma de vida existente, do menor ao maior ser vivo, **cuja maior prova do sucesso adaptativo ao meio é simplesmente o fato de existir** [...] Os organismos mais adaptáveis têm maior tendência a obter sucesso reprodutivo, portanto, as características herdadas favoráveis tendem a permanecer por várias gerações (SANTOS, 2010, p. 152 e 157, grifo nosso).

O foco dessa pesquisa, entretanto, está na capacidade de adaptação na Arquitetura. Nesse campo de estudo, adota-se aqui o conceito definido por Schmidt III e Austin (2016, p.45): a Adaptabilidade representa “a capacidade de um edifício em acomodar efetivamente as demandas envolvidas em seu contexto, maximizando seu valor durante a vida”<sup>8</sup>. Ainda nessa perspectiva, o DfAD se traduziria como **“o processo de prolongar a vida do nosso ambiente construído”** (ADAPTABLE FUTURES, [s.d.]).

Implicitamente, pode-se relacionar tal definição do DfAD com as teorias biológicas, representando assim **um processo de “sobrevivência” do edifício ao contexto**. Desse modo, ao defender a necessidade de análise da Natureza como sábia mestra, faz-se fundamental observar como esse processo já existe. Foi por essa razão, que definiu-se o recorte de estudo à Arquitetura Animal (Figura 3):

<sup>5</sup> Tradução nossa de “the implementation of good design based on nature” (EGGERMONT, KEAG, HOELLER, 2012, p.28).

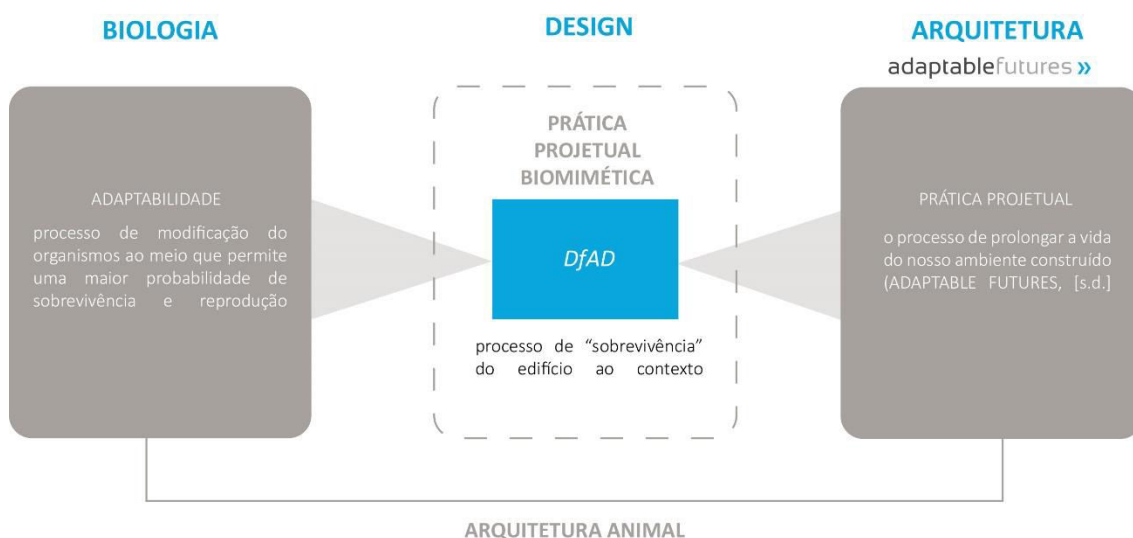
<sup>6</sup> Tradução nossa de “design inspired by the way functional challenges have been solved in biology” (PAWLYN, 2016, p. 1). PAWLYN utiliza o termo *Biomimetics* como sinônimo de *Biomimetry*.

<sup>7</sup> A Teoria da Evolução de Darwin já foi revisitada e revisada, mas continua sendo basilar para o entendimento da Adaptação dos seres vivos.

<sup>8</sup> Tradução nossa de “the capacity of a building to accommodate effectively the evolving demands of its context, thus maximizing its value through life” (SCHMIDT III; AUSTIN, 2016, p.45).

Quero sugerir aqui o que poderíamos aprender com o estudo da lenta e gradual evolução e adaptação das construções animais, uma vez que nós, os arquitetos da era eletrônica, tendemos, ao contrário, a inventar um novo estilo arquitetônico para cada estação. As construções animais são uma janela aberta para os processos de evolução, tradição e adaptação ecológica [...] Os exemplos da arquitetura animal representam um funcionalismo ecológico sem compromisso (PALLASMAA, 2020, p.128-129).<sup>9</sup>

Figura 3 – O DfAD como uma prática projetual Biomimética.



Fonte: Pelos autores.

### 3.1 O DfAD na Arquitetura Animal

Autores como Pallasmaa (2020), Arndt (2013), Hansell (2007) e Salvat (1987) observam a importância da consideração à Arquitetura Animal. A criação de abrigo para sobrevivência e reprodução (PALLASMAA, 2020) demonstra o **comportamento construtor** dos animais. Esse comportamento é geralmente caracterizado pela simplicidade, gerando menor gasto energético e de tempo; a utilização de materiais padronizados e repetidos; e, a complexidade e controle do início do processo de construção (HANSELL, 2007). Segundo Pallasmaa (2020, p.20) "a verdadeira beleza da arquitetura animal está em sua integração total tanto no modo de vida de seu construtor quanto no equilíbrio dinâmico da natureza"<sup>10</sup>.

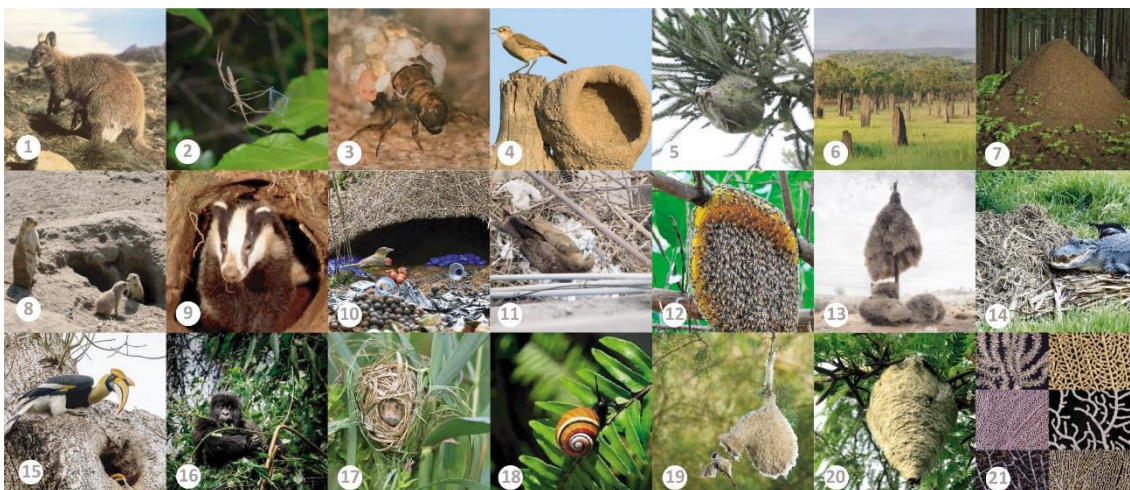
<sup>9</sup> Tradução nossa de "Quiero sugerir aquí lo que podríamos aprender del estudio de la lenta y gradual evolución y adaptación de las construcciones animales, ya que nosotros, los arquitectos de la era electrónica, tendemos, por el contrario, a inventar un nuevo estilo arquitectónico para cada temporada. Las construcciones animales son una ventana abierta sobre los procesos de la evolución, de la tradición y de la adaptación ecológica [...] Los ejemplos de la arquitectura animal representan un funcionalismo ecológico sin compromisos" (PALLASMAA, 2020, p.128-129).

<sup>10</sup> Tradução nossa de "La verdadera belleza de la arquitectura animal radica en su total integración tanto en la forma de vida de su constructor como en el equilibrio dinámico de la naturaleza" (PALLASMAA, 2020, p.20).

Da mesma forma, na construção de animais quanto mais simples o processo, menor o custo [...] A arquitetura animal mantém um equilíbrio dinâmico perfeito com seu contexto ecológico. Animais construtores não esgotam seus recursos naturais nem causam problemas com resíduos ou poluição (PALLASMAA, 2020, p. 123 e 125).<sup>11</sup>

Este tópico trará uma sumarização de dez estratégias projetuais observadas em diversas espécies animais relativas ao *DfAD*, que foram desenvolvidas pelos autores com base em uma Revisão da Literatura e discussões no Laboratório de Biodesign da UFPE. Em cada tópico, será explanado uma breve definição, além da caracterização das habitação que foram analisadas por suas respectivas espécies (Figura 4).

Figura 4 – O *DfAD* na Arquitetura Animal.



Fonte: Acervo de imagens Laboratório de Biodesign da UFPE.

### 3.1.1 A Expansibilidade

A Expansibilidade é uma estratégia que permite variação de tamanho nas habitações animais.

- (1) Nas fêmeas dos cangurus mamíferos australianos (*Marcopus rufus*), o marsúpio é uma bolsa dérmica extensível que promove abrigo para os jovens da espécie (SALVAT, 1987);
- (2) As teias de aranha, como das aranhas lançadoras (*Deinopis longipes*), apresentam características expansíveis, sendo utilizadas para abrigo ou captura de presas (PALLASMAA, 2020);
- (3) A habitação da larva da mosca Caddis (*Lepidostoma hirtum*) aumenta de tamanho à medida que a larva cresce, sendo formada por diversos materiais colados por uma secreção expelida pela própria mosca (ARNDT, 2013).

<sup>11</sup> Tradução nossa de "Asimismo, en las construcciones animales cuanto más sencillo es el proceso más bajo será el coste [...] La arquitectura animal guarda un perfecto equilibrio dinámico con su contexto ecológico. Los animales constructores no agotan sus recursos naturales o causan problemas con los residuos o la contaminación" (PALLASMAA, 2020, p. 123 e 125).

### 3.1.2 A Multifuncionalidade

A Multifuncionalidade representa uma estratégia que revela a capacidade de acomodação a diferentes funções na mesma habitação.

- (4) O bunker do João-de-barro (*Furnarius rufus*) possui uma separação entre a entrada e câmara do ninho. Assim a estrutura é utilizada não apenas para abrigo, mas também para reprodução (SALVAT, 1987);
- (5) Já as vespas camoatins (*Polybia scutellaris*) criam residências esferoidais que servem para trabalho, além da proteção, sendo seu interior oco para armazenamento de mel (PALLASMAA, 2020).

### 3.1.3 O Controle Climático

O Controle Climático é uma estratégia que possibilita um aumento do conforto térmico interno.

- (6) Os cupins (e.g. *Amitermes meridionalis* e *Macrotermes bellicosus*) constroem habitações com “um elaborado sistema de ventilação que começa na câmara de fermentação dos cogumelos. Nele, é gerada uma corrente de ar quente que sobe e se distribui por uma série de canais periféricos nos quais os gases são resfriados graças à proximidade do ar externo” (SALVAT, 1987, p.50)<sup>12</sup>;
- (7) As formigas rufa (*F. rufa*) estruturam suas habitações em formatos de morro que possuem aberturas para entrada de ventilação, sendo fechadas quando o clima esfria (ARNDT, 2013);
- (8) Já as tocas do cão-de-pradaria de cauda preta (*Cynomys ludovicianus*) possuem duas saídas de ar para controle dos ventos (PALLASMAA, 2020).

### 3.1.4 A Conversibilidade

A Conversibilidade se caracteriza como uma estratégia que demonstra a capacidade de transformação de uma situação para outra.

- (9) As tocas subterrâneas dos texugos (e.g. *Meles meles*) são formadas por câmaras para abrigo que se transformam em espaços para o parto em períodos de procriação (SALVAT, 1987).

### 3.1.5 A Personalização

A Personalização é uma estratégia que possibilita a atração das fêmeas para reprodução e criação de uma estética individual ou coletiva.

- (10) Os pássaros-das-pérgolas (*Ptilonorhynchidae*), os arborícolas (*Chlamydera nuchalis*) e o jardineiro Vogelpok (*Amblyornis inornata*) utilizam elementos físicos com cores fortes - como frutas- para personalizar suas habitações para futura reprodução (PALLASMAA, 2020; ARNDT, 2013);
- (11) Em outro exemplo, os pássaros migradores milhafre-preto (*Milvus Migrans*) são animais colecionadores que são atraídos por diversos objetos e a personalização de suas habitações tem apenas objetivo estético (SALVAT, 1987).

<sup>12</sup> Tradução nossa de “los termes han desarrollado un elaborado sistema de ventilación que se inicia en la cámara de fermentación de los hongos. En ésta se genera una corriente de aire caliente que se eleva y distribuye por una serie de canales periféricos en los que se produce el enfriamiento de los gases gracias a la proximidad del aire exterior” (SALVAT, 1987, p. 50).

### 3.1.6 A Racionalidade

A estratégia da Racionalidade representa uma habilidade animal de economia e simplicidade construtiva.

- (12) A colmeia das abelhas exemplificam essa estratégia, sendo formadas por células hexagonais. “Embora tanto a forma triangular quanto a quadrada ou hexagonal tivessem a mesma capacidade, apenas esta última seria aquela com menor perímetro para igual área de superfície e, portanto, aquela que exigiria a menor quantidade de cera para sua construção. Assim, as abelhas encontraram, neste arranjo hexagonal, a forma mais racional e econômica de dar forma aos favos” (SALVAT, 1987, p. 96).<sup>13</sup>

### 3.1.7 O Reuso

O Reuso é uma estratégia relacionada à gestão dos resíduos, seja pelo reaproveitamento de materiais ou de estruturas.

- (13) Os pássaros tecelão-sociais (*Philetairus socius*) constroem seus ninhos através do reuso de ramos e fibras vegetais disponíveis nas regiões desérticas (SALVAT, 1987);  
(14) No caso dos jacarés americanos (*Alligator mississippiensis*) há um reaproveitamento de materiais vegetais em putrefação, que são bons para os ovos por gerarem calor pela fermentação (PALLASMAA, 2020);  
(15) Já as fêmeas do calau (*Bucerotidae*) reutilizam cavidades de árvores sem uso no período de incubação dos ovos (SALVAT, 1987).

### 3.1.8 O Uso de Materiais Locais

A estratégia do Uso de Materiais Locais permite um fácil acesso e reposição pela disponibilidade.

- (16) Os chimpanzés e gorilas utilizam vegetação existente para criar locais de abrigos temporários (SALVAT, 1987);  
(17) Já o rato euroasiático colhido (*Micromys minutus*) utiliza ramos de grama trançadas (ARNDT, 2013).

### 3.1.9 A Mobilidade

A Mobilidade é uma estratégia que permite a movimentação da habitação animal.

- (18) As conchas dos caracóis (e.g. *Polymita picta*) tem a função de abrigo e proteção do corpo visceral desses animais. “Quando o animal se sente ameaçado, ele puxa o pé e a cabeça para dentro da concha por meio dos músculos e fecha hermeticamente a abertura de

---

<sup>13</sup> Tradução nossa de “aunque tanto las formas triangulares como las cuadradas o hexagonales tendrían la misma capacidad, sólo las últimas serían las de perímetro más reducido a igualdad de superficie y, por tanto, las que me menor cantidad de cera requerirían para su construcción. Las abejas han encontrado, pues, en esta distribución hexagonal, la manera más racional y económica para dar forma a los panales” (SALVAT, 1987, p. 96).

saída com um disco córneo ou opérculo que a maioria das espécies possui na parte dorsal do pé<sup>14</sup> (SALVAT, 1987, p. 16).

### 3.1.10 A Durabilidade

A Durabilidade é uma estratégia relacionada à noção de permanência no tempo.

(19 E 20) O ninho dos pássaros chapim-de-faces-pretas (*Remiz pendulinus*) e das vespas (*Parachartergus apicalis*) são exemplos apontados por Pallasmaa (2020);

(21) O Recife de corais são estruturas resistentes à ação das águas que servem de abrigo para diversos animais (ARNDT, 2013).

## 4 Discussões

Diante da sistematização realizada no tópico anterior, foram reunidos, no quadro abaixo: (1) as estratégias projetuais; (2) as habilidades proporcionadas em termos de “sobrevivência” da habitação ao contexto; (3) as espécies analisadas:

Quadro 1 – O DfAD na Natureza com base na Arquitetura Animal.

DfAD na Arquitetura Animal		
processo de “sobrevivência” do edifício ao contexto		
Estratégias Projetuais	Habilidades: sobrevivência ao contexto	Espécies analisadas
<b>Expansibilidade</b> Capacidade de variação de tamanho	Permite ajustes de dimensionamento	Cangurus ( <i>Macropus rufus</i> ) Aranhas lançadoras ( <i>Deinopis longipes</i> ) Larva da mosca Caddis ( <i>Lepidostoma hirtum</i> )
<b>Multifuncionalidade</b> Permite múltiplas atividades	Aumenta a capacidade de utilização sem necessidade de novas construções ou demolição	João-de-barro ( <i>Furnarius rufus</i> ) Vespas camoatim ( <i>Polybia scutellaris</i> )
<b>Controle climático</b> Aumento do conforto interno	Maximiza as possibilidades de uso por um tempo mais prolongado	Cupins ( <i>Amitermes meridionalis</i> e <i>Macrotermes bellicosus</i> ) Formigas rufa ( <i>F. rufa</i> ) Cão-de-pradaria de cauda preta ( <i>Cynomys ludovicianus</i> )
<b>Conversibilidade</b> Capacidade de transformação	Aumenta a capacidade de utilização sem necessidade de novas construções ou demolição (não-aproveitamento)	Texugos ( <i>Meles meles</i> )
<b>Personalização</b> Procriação ou estética	Criação de um caráter individual	Pássaro-das-pérgolas ( <i>Ptilonorhynchidae</i> ) Pássaro Arborícola ( <i>Chlamydera nuchalis</i> ) Pássaro Jardineiro Vogelkop ( <i>Amblyornis inornata</i> ) Pássaro Migrador Milhafre-preto ( <i>Milvus Migrans</i> )

<sup>14</sup> Tradução nossa de “Cuando el animal se siente amenazado retrae dentro de la concha el pie y la cabeza mediante músculos, y cierra herméticamente la abertura de salida con un disco córneo u opérculo que tienen en la parte dorsal del pie la mayoría de las especies (SALVAT, 1987, p. ‘6).

<b>Racionalidade</b> Método simples de construção	Organização e maior aproveitamento espacial, facilitando manutenções e reparos futuros	Abelhas
<b>Reuso</b> Gestão de Resíduos	Reaproveitamento	Pássaros tecelão-sociais ( <i>Philetairus socius</i> ) Jacaré americano ( <i>Alligator mississippiensis</i> ) Calau ( <i>Bucerotidae</i> )
<b>Uso de materiais locais</b> Fácil acesso e reposição	Menor gasto energético e de tempo, além da rapidez na construção	Chimpanzés e gorilas Rato euroasiático colhido ( <i>Micromys minutus</i> )
<b>Mobilidade</b> Possibilidade de troca de local	Permite o transporte/movimentação da habitação	Cangurus Moluscos Caracol ( <i>Polymita picta</i> )
<b>Durabilidade</b> Capacidade de permanência no tempo	Resistência à estresses externos (e.g. predadores)	Pássaro chapim-de-faces-pretas ( <i>Remiz pendulinus</i> ) Vespas ( <i>Parachartergus apicalis</i> ) Recife de corais

Fonte: Pelos autores.

Faz-se importante pontuar que as estratégias projetuais abordadas não encerram as relações entre o DfAD e a Arquitetura Animal. Elas servem apenas como uma perspectiva inicial de debates, que podem ser expandidos em pesquisas futuras. Além disso, as habitações das espécies citadas não se limitam às estratégias destacadas: em diversos casos elas se misturam dentro de uma mesma habitação.

Ao analisar o quadro em profundidade, pode-se inferir que tais estratégias, que caracterizam o DfAD na Natureza, são aplicáveis nas construções humanas, incluindo seus benefícios específicos. Esse olhar à Natureza faz-se ainda mais importante ao entender os homens como uma parcela do Planeta (BENYUS, 1997), onde as atitudes particulares entre os seres vivos são inter-relacionadas, ou seja, tornam-se afetantes e afetadas.

Como prática projetual, a compreensão do DfAD no ambiente natural traz ensinamentos essenciais para a Arquitetura Contemporânea, através da interdisciplinaridade entre diversos campos de estudo, mas principalmente como resposta aos desafios ambientais anteriormente abordados. Citam-se como exemplos:

- O olhar à *Expansibilidade* pode influenciar no projeto de edificações que variam facilmente de tamanho dependendo da necessidade do indivíduo;
- O olhar à *Multifuncionalidade* pode auxiliar no aumento do ciclo de vida de edificações, acomodando demandas diferentes em um mesmo espaço;
- O olhar ao *Controle Climático* pode contribuir para o surgimento de alternativas que diminuam a necessidade da utilização de mecanização, como por ar-condicionado e aquecedores;
- O olhar à *Conversibilidade* pode estimular na criação de edifícios com plantas livres (*open plan*);
- O olhar à *Personalização* pode aumentar a busca por soluções participativas que enfatizem o sentimento de pertencimento e memória afetiva;
- O olhar à *Racionalidade* serve de referência na busca pela economia na utilização de recursos e simplicidade;

- (g) O olhar ao *Reuso* pode contribuir para a redução da obsolescência e demolições, com reaproveitamento e gestão de estruturas existentes;
- (h) O olhar ao *Uso de Materiais Locais* pode ajudar a expandir os debates sobre o vernacular e estimular a mão-de-obra local;
- (i) O olhar à *Mobilidade* pode proporcionar o surgimento de abrigos móveis temporários, que auxiliem pessoas em situações de vulnerabilidade;
- (j) O olhar à *Durabilidade* pode estimular na redução da geração de resíduos pela construção.

## 5 Conclusões

Os desafios ambientais na *época do homem* (FERRÃO, 2017) tem se configurado como objetos de debates em diversas áreas hoje, principalmente quando relacionados às consequências das mudanças climáticas no mundo (IPCC, 2021). Nessa perspectiva, o olhar à Natureza tem sido cada vez mais explorado como uma alternativa de enfrentamento das novas questões projetuais, inclusive no Design e na Arquitetura. Contudo, sabe-se que esse olhar não é recente: historicamente, a relação Homem-Natureza tem sido resgatada por diversos teóricos e profissionais (DIAS, 2014).

O conceito abordado aqui é o da Adaptabilidade. Entendendo-o como um processo de modificação dos organismos que aumenta suas chances de reprodução e sobrevivência (DARWIN, 1879), enfatiza-se a importância de aproximação dos designers e arquitetos contemporâneos com a Biologia (MYERS, 2012), através da noção da Biomimética (SOARES, ARRUDA, 2018; PAWLYN, 2016; BENYUS, 1997).

O Design para Adaptabilidade (*DfAD*) representaria, portanto, uma prática projetual Biomimética a ser aplicada na Arquitetura. Diante das contribuições das áreas da Biologia e Arquitetura, o *DfAD* na Natureza foi aqui conceituado como o processo de “sobrevivência” do edifício ao contexto. **O Design é assim entendido enquanto prática projetual.** Tomando o ambiente natural como modelo, medida e mentor (BENYUS, 1997), definiu-se como objetivo geral deste artigo a investigação da noção do Design para Adaptabilidade (*DfAD*) na Natureza através do olhar à Arquitetura Animal.

Foi possível observar como as espécies animais, pelo comportamento construtor (HANSELL, 2007), colocam em prática estratégias projetuais adaptáveis - através do estudo das habitações de vinte e uma espécies - sendo elas: a Expansibilidade; a Multifuncionalidade; o Controle Climático; a Conversibilidade; a Personalização; a Racionalidade; o Reuso; o Uso de Materiais Locais; a Mobilidade; e a Durabilidade. A Arquitetura Animal demonstra um equilíbrio dinâmico com a Natureza (PALLASMAA, 2020) e, por isso, é defendido aqui a importância de uma maior compreensão dela.

Este artigo sumarizou os resultados obtidos na primeira parte de uma dissertação de mestrado em desenvolvimento que tem o *DfAD* na Arquitetura Contemporânea Brasileira como objeto de estudo e baseia-se em uma pesquisa realizada desde 2020 pelo *Adaptable Futures Group* na Loughborough University – ainda relacionando com o trabalho do Laboratório de Biodesign da UFPE. Diante do entendimento do *DfAD* na Natureza aqui exposto, se irá explorar o conceito na Arquitetura pelos humanos e, então, no contexto atual do Brasil com o intuito de relacioná-los e encontrar lacunas de investigação.

## 6 Referências

ADAPTABLE FUTURES. **Took it**, [s.d.]. Disponível em <<http://adaptablefutures.com/our-work/toolkit/>>. Acesso em: 13/03/22.

ALBERTI, Leon B. **On the Art of Buildings in Ten Books**. Cambridge: The MIT Press, 1988.

ARNDT, I. **Animal Architecture**. New York: Abrams, 2013.

BENYUS, Janine M. **Biomimicry: Innovation inspired by Nature**. HarperCollins, 1997.

BUILT ENVIRONMENT DECLARES CLIMATE AND BIODIVERSITY EMERGENCY. **Built Environment Declares**, [s.d.]. Disponível em: <<https://builtenvironmentdeclares.com/>>. Acesso em: 03/12/2021.

CARDOSO, R. **Design para um mundo complexo**. Cosac Naify, 2011.

DARWIN, C. **A Origem das Espécies**. 6. ed. Leça da Palmeira: Planeta Vivo, 2009.

DIAS, E. **A natureza no processo de Design e no desenvolvimento do projeto**. São Paulo: SENAI-SP, 2014.

EGGERMONT, M.; KEAG, T.; HOELLER, N. (ed.). Interview with Julian Vincent. **Zygote Quarterly**, 2012. Disponível em: <<https://zqjournal.org/editions/zq01ES.html>>. Acesso em: 15/03/22.

FERRÃO, J. Antropoceno, Cidades e Geografia. In: CRAVIDÃO et al. **Espaços e Tempos em Geografia: homenagem a António Gama**. Coimbra University Press, p.287-302, 2017.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6.ed. São Paulo: Ed. Atlas S.A., 2008.

HANSELL, Mike. **Built by Animals: the natural history of animal architecture**. New York: Oxford University Press, 2007.

HENRIQUES, J.E.; ARRUDA, A.; SCHMIDT III, R. O Design para Adaptabilidade (*DfAD*) na Arquitetura Contemporânea Brasileira: considerações a partir de uma revisão sistemática da literatura. In: **I Seminário de Pesquisa PPG-Design UFPE**, 2021.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC Press Release: Climate change widespread, rapid, and intensifying**. 2021. Disponível em: <[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC\\_WGI-AR6-Press-Release\\_en.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release_en.pdf)>. Acesso em: 15/03/2022.

KAZAZIAN, Thierry (org). **Haverá a idade das coisas leves: design e desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Senac São Paulo, 2005.

KOOLHAAS, Rem; OBRIST, Hans U. **Project Japan: metabolism talks...** London: Taschen, 2011.

LAUGIER, Marc-Antoine. **An Essay on Architecture**. Los Angeles: Hennessey & Ingalls, 1977.

MAZZOLENI, Ilaria. **Architecture Follows Nature: Biomimetic Principles for Innovative Design**. CRC Press, 2013.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5.ed. São Paulo: Ed. Atlas S.A., 2003.

- MCDONOUGH, William; BRAUNGART, Michael. **Cradle to Cradle**. New York: North Point Press, 2002.
- MYERS, William. **Biodesign: nature, science, creativity**. London: Thames & Hudson Ltd., 2012.
- NEUTRA, Richard. **Survival Through Design**. New York: Oxford University Press, 1954.
- PALLASMAA, Juhani. **Animales Arquitectos**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2020.
- PAPANÉK, Victor. **Arquitetura e Design: Ecologia e Ética**. Thames & Hudson, 1995.
- PAWLYN, Michael. **Biomimicry in Architecture**. RIBA Publishing, 2016.
- RUSKIN, John. **The Seven Lamps of Architecture**. London: George Allen, 1903.
- SAARINEN, Eliel. **The search for form in art and architecture**. New York: Dover Publications, 1985.
- SALVAT, Juan. **Arquitetura animal – El reto de la vida**: Enciclopedia Salvat del comportamiento animal. Barcelona: Salvat Editores, 1987.
- SANTOS, C. O desenho como processo de aplicação da Biomimética na Arquitetura e no Design. **Revista Tópos**, n.º 2, p. 144-192, 2010.
- SCHMIDT III, Robert; AUSTIN, Simon. **Adaptable Architecture: Theory and Practice**. Abingdon: Routledge, 2016.
- SOARES, T. L. de F.; ARRUDA, A. J. V de. Fundamentos da Biônica e da Biomimética e Exemplos Aplicados no Laboratório de Biodesign na UFPE. **Métodos e Processos em Biônica e Biomimética: a Revolução Tecnológica pela Natureza**. São Paulo: Blucher, p. 7-34. 2018.
- SULLIVAN, Louis H. **Kinder-garten chats and other writings**. New York: Dover Publications, 1979.
- TRIBUTSCH, Helmut. **How Life Learned to Live: Adaptation in Nature**. Cambridge: The MIT Press, 1982.
- VITRUVIUS. **The ten books of Architecture**. Cambridge: Harvard University Press, 1914.
- WRIGHT, Frank Lloyd. **An American Architecture**. New York: Horizon Press, 1955.