



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
DEPARTAMENTO DE DESIGN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

JUSTINO BARBOSA DA SILVA NETO

**CONTRIBUIÇÃO DA SISTEMÁTICA E DA TAXONOMIA PARA
APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS ATRAVÉS DA BIOMIMÉTICA**

Recife
2018

JUSTINO BARBOSA DA SILVA NETO

**CONTRIBUIÇÃO DA SISTEMÁTICA E DA TAXONOMIA PARA
APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS ATRAVÉS DA BIOMIMÉTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Design.

Área de concentração: Planejamento e Contextualização de Artefatos.

Orientador: Prof. Ph.D. Amilton José Vieira de Arruda.

Recife
2018

Catalogação na fonte
Bibliotecária Jéssica Pereira de Oliveira, CRB-4/2223

S586c Silva Neto, Justino Barbosa da
Contribuição da sistemática e da taxonomia para aplicações
tecnológicas através da biomimética / Justino Barbosa da Silva Neto. –
Recife, 2018.
117f.: il.

Orientador: Amilton José Vieira de Arruda.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.
Centro de Artes e Comunicação. Programa de Pós-Graduação em Design,
2018.

Inclui referências.

1. Tecnologias. 2. Design. 3. Biomimética. 4. Sistemática. I. Arruda,
Amilton José Vieira de (Orientador). II. Título.

745.2 CDD (22. ed.)

UFPE (CAC 2019-28)

JUSTINO BARBOSA DA SILVA NETO

**CONTRIBUIÇÃO DA SISTEMÁTICA E DA TAXONOMIA PARA
APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS ATRAVÉS DA BIOMIMÉTICA**

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Design da
Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito parcial para a obtenção
do título de Mestre em Design.

Aprovado em: 17/01/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ph.D. Amilton José Vieira de Arruda (Orientador)
Departamento de Design - UFPE

Prof. Ph.D. Ney Brito Dantas (Examinador Interno)
Departamento de Arquitetura - UFPE

Prof. Dr. Danilo Émmerson N. Silva (Examinador Externo)
Departamento de Design - CAA / UFPE

Dedico esta pesquisa à minha filha, Ana Sofia Torres Barbosa, pela Graça e Sabedoria que seu sorriso e suas palavras me inspiram.

À minha mãe, Marieta de Lima Barbosa, que me ensinou a alinhavar esperanças, consertar minhas roupas e principalmente cultivar plantas.

Ao meu pai, Severino Justino Barbosa (in memoriam), que me ensinou a construir, fundamentar e firmar bons alicerces.

À Maria de Lourdes Negromonte Bezerra, uma tia quase mãe.

Às irmãs e aos irmãos, amigos de toda vida: Gildete, João, Josete, Joelma, Jeane, Jaidete e Adriel.

AGRADECIMENTOS

Ao Princípio de todos os princípios, meio e fim de todas as coisas: a Fonte, a Luz, o Projetista da Consciência inscrita e descrita na matéria, porém e sobretudo fora desta.

À minha Família.

Às Escolas e à Universidade, todas Públicas, por me permitirem alcançar esse nível de Educação.

Aos meus Professores do CAC-UFPE representados na amizade e orientação do Prof. Amilton Arruda.

Aos Professores Danilo Émmerson (UFPE- CAA) e Ney Dantas (UFPE).

À Fonte de onde surgiram todas as coisas e à Ciência que as permeia.

Ao silêncio do vácuo, da escuridão, e às ordenanças da Luz. Às Estrelas, sempre pontuais e pontificadas no Espaço. Ao Sol, às Águas, aos Ventos e à Terra surgida entre os elementos. A todas as formas da Vida e do Conhecimento. Às confirmações científicas por me mostrarem a Face Divina.

À imaginação e à matéria configurada através das imagens-abstrações. Às dúvidas, onde se firmam convenções como os pontos cardeais.

Às repetidas pulsações e respirações do corpo que me envolve.

Às Leis Universais impressas nas Sementes, nas Estruturas e nos Códigos da Vida.

RESUMO

O processo de apropriação e transformação do mundo, conduzido pela espécie humana, se desenvolveu através da elaboração de artefatos que substituíram, por mimese (imitação), as características e elementos disponibilizados pela Natureza. A partir dos recursos materiais, das abstrações formuladas e codificadas durante a evolução técnica, esses artifícios (substitutos artificiais) expandiram a capacidade físico-cognitiva que potencializou a percepção e a interferência antrópica sobre o Planeta. O avanço artificial proporcionou conquistas ideológico-científicas cumulativas que revolucionaram as Civilizações e suas Culturas através dos modelos produtivos, contudo, alienaram a percepção da Vida e comprometeram a Biosfera sob intensa exploração sistemática. Embora a manipulação do Ambiente tenha ocorrido desde as eras de total dependência material mesmo sob a perspectiva da abundância, durante a Pré-História e a Antiguidade o impacto antrópico era reduzido (dependente da condição tecnológica) e equilibrado pela resiliência natural. Entretanto, o Modelo Industrial (século XVIII) impôs uma nova percepção através da mecanização que massificou e transformou irreversivelmente o modo de produzir, de viver e compreender a Natureza, submetida a uma escala e ritmo de exploração que os processos naturais não conseguem acompanhar. As emergências planetárias atuais confirmam advertências científicas publicadas em meados do século XX sobre as consequências do consumo e exigem uma Reformulação Cultural urgente, orientada para a Sustentabilidade Ecossistêmica através da ubiquidade artificial. A nova Filosofia de produção deve substituir ideologias mercadológicas lineares pela Ética Biológica interdependente que permeia e sustenta a Vida na Terra. A Biomimética, através de seus princípios - Natureza como Modelo, Medida e Mentora - permite atender aos requisitos da interdisciplinaridade e da interdependência do Design bioinspirado, pela integração do conhecimento biológico às metodologias de Projeto. Este trabalho descreve as abstrações, as sínteses miméticas, a dialética natural-artificial e a contribuição da Sistêmica Biológica para identificar, classificar e organizar características naturais aplicáveis às tecnologias através da Biomimética.

Palavras-chave: Tecnologias. Design. Biomimética. Sistêmica.

ABSTRACT

The process of appropriation and transformation of the world conducted by the human species, developed through the elaboration of artifacts that replaced, by mimesis (imitation), the characteristics and elements made available by Nature. From the material resources, from the abstractions formulated and codified during the technical evolution, these devices (artificial substitutes) expanded the physical-cognitive capacity that potentiated the perception and the anthropic interference on the Planet. The artificial advance provided cumulative ideological-scientific achievements that revolutionized Civilizations and their Cultures through productive models, yet they alienated the perception of Life and compromised the Biosphere under intense systematic exploration. Although the manipulation of the Environment has occurred since ages of total material dependence even from the perspective of abundance, during prehistory and antiquity the anthropic impact was reduced (dependent on the technological condition) and balanced by natural resilience. However, the Industrial Model (18th century) imposed a new perception through mechanization that massively transformed and irreversibly transformed the way of producing, living and understanding Nature, subject to a scale and pace of exploitation that natural processes can not to keep up. The current planetary emergencies confirm scientific warnings published in the middle of the century XX about the consequences of consumption and require an urgent Cultural Reformulation, oriented towards Ecosystem Sustainability through artificial ubiquity. The new Philosophy of production must replace linear market ideologies by the interdependent Biological Ethics that permeates and sustains Life on Earth. Biomimicry, through its principles - Nature as Model, Measure and Mentor - allows to meet the requirements of interdisciplinarity and the interdependence of Bioinspired Design, for the integration of biological knowledge to the Project methodologies. This work describes the abstractions, the mimetic syntheses, the natural-artificial dialectic and the contribution of the Biological Systematics to identify, classify and organize natural characteristics applicable to the technologies through Biomimetics.

Keywords: Technologies. Design. Biomimicry. Systematics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	“Powers of Ten”, filme de Charles e Ray Eames (1974).....	25
Figura 2 -	Ossos, dentes, garras e pedras utilizados como utensílios e ferramentas na era Pré-Histórica.....	27
Figura 3 -	Vistas bifaciais de peças em Silcrete, ‘Blombos Cave’, África do Sul (Período Mesolítico).....	27
Figura 4 -	Produção de um machado manual na Idade da Pedra Lascada.	28
Figura 5 -	Imagen rupestre na “Cueva de los Caballos” em Valltorta, Castellón – Espanha.....	29
Figura 6 -	Xamã estilizado, idealizado.....	29
Figura 7 -	Padrão têxtil Pimpernel, William Morris (1876).....	32
Figura 8 -	William Morris, em foto de Emery Walker (1913).....	32
Figura 9 -	O Estilo Art Nouveau no Hotel Tassel, Bruxelas - Bélgica.....	32
Figura 10 -	Estética industrial por síntese geométrica: Chaleira ‘Bauhaus Teapot’, Marianne Brandt (1924).....	33
Figura 11 -	Linha de produtos desenhada por Dieter Rams para a empresa Braun.....	33
Figura 12 -	Peter Behrens.....	38
Figura 13 -	Ventilador elétrico, Peter Behrens (1908).....	38
Figura 14 -	Evolução da Marca AEG.....	38
Figura 15 -	Chaleiras elétricas ‘Electric Kettle’, Peter Behrens (1909).....	38
Figura 16 -	Luminária elétrica de teto (Peter Behrens).....	38
Figura 17 -	Método comum, sequencial e genérico, aplicável a processos diversos.....	43
Figura 18 -	Registros iniciais da Revolução Industrial: Sala das Máquinas na Fábrica Chemnitz, de Richard Hartmann (1868).....	50
Figura 19 -	Crianças trabalhando em teares.....	50
Figura 20 -	Crianças operárias reunidas.....	50
Figura 21 -	Da Indústria 1.0 à Indústria 4.0.....	53
Figura 22 -	Biodiversidade: formas de vida diversas e interdependentes.....	59
Figura 23 -	Janine Benyus.....	60
Figura 24 -	Yoseph Bar-Cohen.....	60

Figura 25 - Bharat Bhushan.....	60
Figura 26 - Principais eventos da Biomimética.....	61
Figura 27 - Ecolocalização.....	62
Figura 28 - 'Efeito Lótus': Hidrofobia.....	62
Figura 29 - Talheres biodegradáveis, Qiyang Deng (2016).....	63
Figura 30 - 'Trem-bala' Shinkansen.....	63
Figura 31 - Martim-pescador (Família <i>Alcedinidae</i>).....	63
Figura 32 - Penas de Coruja.....	63
Figura 33 - Pinguim-de-Adélia (<i>Pygoscelis adeliae</i>).....	63
Figura 34 - 'Boxfish' e automóvel 'Bionic' da Mercedes-Benz.....	64
Figura 35 - Falcão 'Peregrino' e bombardeiro 'Northrop B-2 Spirit'.....	64
Figura 36 - Luvas 'Darkfin Gloves', com extensão entre dedos.....	64
Figura 37 - Rotor, voluta que imita flor 'Copo de leite' (<i>Zantedeschia aethiopica</i>).....	64
Figura 38 - Pás de turbinas eólicas que mimetizam nadadeiras de baleia....	64
Figura 39 - Display que mimetiza luz estruturada das asas da <i>Morpho menelaus</i>	64
Figura 40 - Painel com detalhes microscópicos de texturas e seus efeitos (hidrofobia, aderência, hidrodinâmica, antirreflexo).....	65
Figura 41 - 'Carrapicho' da Bardana (<i>Arctium</i>), inspiração para o Velcro.....	67
Figura 42 - Imagem ampliada do Velcro.....	67
Figura 43 - Bardana (<i>Arctium minus</i>).....	67
Figura 44 - Ilustração descritiva da Bardana (<i>Arctium minus</i>).....	67
Figura 45 - Perspectivas de Crescimento para o mercado Bioinspirado: Da Vinci Index 2.0.....	72
Figura 46 - Pintura rupestre: 'Bisão de Altamira' (Santillana del Mar, Cantábria, Espanha).....	73
Figura 47 - Desenho detalhado da cabeça de uma mosca ampliada ao microscópio.....	73
Figura 48 - Ernst Haeckel: <i>Peromedusae</i>	75
Figura 49 - Ernst Haeckel: <i>Coniferae</i>	75
Figura 50 - Ernst Haeckel: <i>Melethallia</i>	75
Figura 51 - Ernst Haeckel: <i>Filicinae</i>	75

Figura 52 - Ernst Haeckel: <i>Ophiodea</i>	76
Figura 53 - Ernst Haeckel: <i>Discomedusae</i>	76
Figura 54 - Estudos de Anatomia Humana.....	77
Figura 55 - Estudo da asa de um pássaro.....	77
Figura 56 - Perspectiva 'explodida' de mecanismo.....	77
Figura 57 - Desenho de Cigarra (<i>Cicadoidea</i>).....	78
Figura 58 - Doze ordens da Classe <i>Insecta</i>	78
Figura 59 - Detalhamento de características do Cacto através de ilustrações descriptivas para aplicação em produtos.....	79
Figura 60 - Detalhes morfológicos da Ordem <i>Homoptera</i>	80
Figura 61 - Detalhes da Romã (<i>Punica granatum</i>).....	80
Figura 62 - PESCOÇO da formiga (<i>Formica exsectoides</i>): inspiração biomecânica para braços robóticos.....	80
Figura 63 - Análise de características para classificação botânica.....	81
Figura 64 - Detalhamento de características da florescência do Linho.....	81
Figura 65 - Comparações entre formações folhosas.....	81
Figura 66 - Formas das folhas para classificação botânica.....	81
Figura 67 - Estimativa do número de espécies no planeta segundo projeções de levantamentos taxonômicos.....	83
Figura 68 - Estimativa do número de espécies ameaçadas no planeta segundo levantamento do CDB-ONU (2010).....	84
Figura 69 - Patterns: pontos em comum na diversidade.....	89
Figura 70 - Sementes, grãos separados e agrupados de acordo com suas características e propriedades.....	89
Figura 71 - Insetos do Filo <i>Arthropoda</i>	89
Figura 72 - Multidão: Grupo diverso de pessoas.....	90
Figura 73 - Tabela: Evolução da Classificação Taxonômica Biológica.....	91
Figura 74 - Biota, Ecossistemas e Sistemática.....	93
Figura 75 - Origem comum dos animais (inclusive do Homem), segundo a Evolução das Espécies.....	95
Figura 76 - Funções e formas para taxonomia de objetos.....	97
Figura 77 - Taxonomia de acordo com características aplicáveis aos projetos.....	102

Figura 78 - Ask Nature screen.....	103
Figura 79 - Esboço de ‘Árvore da Vida’, Darwin (1837).....	104
Figura 80 - ‘Árvore da Vida’, Ernst Haeckel (1856).....	104
Figura 81 - ‘Árvore da Vida’, por David Hillis, Derreck Zwickil e Robin Gutell (2012).....	105
Figura 82 - Estimativa das espécies existentes conforme Taxons Superiores	106
Figura 83 - Tabela: Estimativa do número de espécies no planeta, segundo táxons superiores.....	106
Figura 84 - Descrição e classificação botânica baseada no número de hastes das flores.....	108

LISTA DE SIGLAS

AEG - ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT – COMPANHIA ELÉTRICA GERAL

AI - ARTIFICIAL INTELLIGENCE (INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL)

CDB - CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA

DFKI - DEUTSCHES FORSCHUNGSZENTRUM FÜR KÜNSTLICHE INTELLIGENZ - CENTRO ALEMÃO DE PESQUISAS EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

DS - DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

ICSID - INTERNATIONAL COUNCIL OF SOCIETIES OF INDUSTRIAL DESIGN

ONG - ORGANIZAÇÃO NÃO GOVERNAMENTAL

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS

PSS - PRODUCT SERVICE SYSTEM - SISTEMA DE PRODUTOS E SERVIÇOS

WWF - WORLD WILDLIFE FUND [FOR NATURE], ATUALMENTE WORLD WIDE FUND – FUNDO MUNDIAL DA NATUREZA

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVOS	19
1.1.1 Objetivo Geral.....	19
1.1.2 Objetivos Específicos	19
1.1.3 Objetos de Estudo.....	19
1.2 JUSTIFICATIVA	19
1.3 METODOLOGIA.....	20
2 MIMESE	22
2.1 INTRODUÇÃO AO ARTIFICIAL - PERCEPÇÃO E MIMESE: ORIGENS	22
2.1.1 Interpretação e evolução dos conceitos	24
2.2 MIMESE DA FUNÇÃO E DA FORMA	26
2.3 NATUREZA, MIMESE E ABSTRAÇÃO.....	30
2.4 MIMESE NAS ARTES E CIÊNCIAS.....	34
3 DESIGN.....	36
3.1 CONCEITOS	36
3.2 CRÍTICAS.....	39
3.3 DESIGN PROCESSO: INTERDISCIPLINARIDADE PARA A EPISTEMOLOGIA	41
3.4 DESIGN, INVESTIGAÇÕES PRÓ-MIMESE E EPISTEMOLOGIA.....	42
3.5 MIMESE COMO MÉTODO E MÉTODO POR MIMESE.....	44
4 INDÚSTRIA.....	48
4.1 INDÚSTRIA: MIMESE E REPLICAÇÃO ARTIFICIAL	48
4.1.1 Processo de Industrialização	48
4.1.2 Metodologias e Ideologias: Modelos Questionáveis.....	51
4.1.3 Modelo Industrial e Desenvolvimento Sustentável	54

4.2 INOVAÇÃO COMO EVOLUÇÃO: A REVOLUÇÃO BIOMIMÉTICA	56
5 BIOMIMÉTICA	58
5.1 ORIGENS.....	58
5.2 CONCEITOS	60
5.3 APLICAÇÕES	63
5.3.1 Natureza como Modelo	63
5.3.2 Natureza como Medida	64
5.3.3 Natureza como Mentora.....	65
5.4 CRÍTICAS.....	66
5.5 EVOLUÇÃO ARTIFICIAL SEGUNDO ABORDAGENS E CONCEITOS DA NATUREZA.....	68
5.6 BIOMIMÉTICA E PERSPECTIVAS ECONÔMICAS.....	70
5.7 IMPORTÂNCIA DA ILUSTRAÇÃO CIENTÍFICA PARA A BIOMIMÉTICA	73
5.8 BIOMIMÉTICA PARA A BIODIVERSIDADE	82
5.9 INOVAÇÃO PARA A EVOLUÇÃO.....	85
6 SISTEMÁTICA E TAXONOMIA	87
6.1 NATUREZA, BIOINSPIRAÇÃO E BIODESIGN.....	87
6.1.1 Características, Patterns, Padrões	88
6.1.2 Sistemática e Taxonomia.....	90
6.2 BIOMIMÉTICA E SISTEMÁTICA.....	93
6.3 EVOLUÇÃO E TAXONOMIA.....	94
6.4 ANÁLISE DA ABORDAGEM BIOMIMÉTICA: PERCEPÇÃO, ABSTRAÇÃO, MÉTODOS E CLASSIFICAÇÕES	96
7 FERRAMENTAS	99
7.1 FERRAMENTAS BIOMIMÉTICAS	99
7.1.1 Complexidade Biológica e Ubiquidade Tecnológica.....	100
7.1.2 Evolução das Abordagens Biomiméticas: Ferramentas e Projetos	100
7.2 BIOMIMICRY TAXONOMY	101

7.3 ASK NATURE	102
7.4 CONTRIBUIÇÃO DA SISTEMÁTICA E DA TAXONOMIA PARA APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS ATRAVÉS DA BIOMIMÉTICA.....	103
8 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	109
8.1 SÍNTESE SISTEMÁTICA	110
8.2 CONCLUSÕES	112
REFERÊNCIAS.....	114

1 INTRODUÇÃO

A Natureza é o suporte essencial, o modelo integrado de processos mais complexo e harmonioso que a Inteligência humana possa compreender. Embora seja utilizada desde tempos remotos como fonte de recursos, inspiração morfológica, espaço para experimentações e transformações, o fenômeno da Vida estará sempre além da capacidade perceptiva, ainda que explicado pelas Ciências amplificadas pelas tecnologias. O meio físico é o ambiente no qual se reconhece, através da observação e das descobertas científicas, os mistérios e as leis que regem a realidade física manifesta. A Evolução do Homem está intrinsecamente ligada à apreensão e à manipulação da realidade elementar natural, de acordo com as demandas e necessidades básicas de sobrevivência. Porém, em um determinado momento, tal condição superou a simples utilização funcional e revelou outra dimensão, extrafísica, simbólica, abstraída, que transformou a percepção da Vida por meio dos artifícios. Os substitutos artificiais (ou artefatos) se tornaram assim, além de úteis, representativos, significativos na experiência física e cognitiva.

Segundo a perspectiva da Evolução Biológica, todas as espécies da Terra teriam surgido de uma origem ou princípio comum: a partir de uma forma simples que se desenvolveu e diversificou, por meio de adaptações cumulativas às condições ambientais. As espécies resultantes continuam o processo e se especializam de acordo com as novas necessidades, contudo, mudanças insuperáveis nas condições básicas de sobrevivência podem levar à extinção aquelas que não se adaptam. A Biologia Evolutiva também permite explicar a origem, a interdependência, os fatores que favoreceram ou dificultaram as adequações de toda a biodiversidade terrestre, inclusive o surgimento do Homem. Enquanto as outras formas de vida se adaptam às condições impostas pelo ambiente, a humana desenvolveu diversos meios e habilidades para conformar a natureza segundo suas necessidades e dessa maneira se tornou a única espécie conhecida capaz de planejar ou projetar experimentos através de artefatos e ferramentas abstratas. Os humanos informam seu aparato sensível-cognitivo com abstrações e códigos que permitem apreender e manipular o meio físico mediante artifícios de substituição (artificiais), princípio da Arte em seu sentido mais amplo. A origem de todas as substituições que viabilizam as manipulações artificiais são as

mimeSES: por meio delas são formulados os códigos, artefatos, linguagens e diversas outras dimensões de substituição da realidade física sensível por outra, imaginativa, idealizada, projetada.

Progressivamente, a transformação da natureza pela substituição artificial ampliou, incrementou a capacidade físico-cognitiva, a acumulação de conhecimentos, de experiências e a aprendizagem repassados através de registros sob códigos diversos, informados nas configurações dos artefatos. Assim, o homem se tornou uma espécie artificializada, que transforma e é transformada pelo mundo que manipula: essa interferência se multiplicou tanto através da reprodução e evolução filogenética (proporcionada por melhores condições de vida e no sedentarismo da revolução agropecuária), quanto pelas tecnologias de replicação dos artefatos.

No entanto, a expansão artificial indiscriminada replica a si mesma e gera desequilíbrios para a Natureza, ambiente da manifestação e manutenção da vida. Diversos modelos de produção surgiram ao longo desta evolução, entretanto o modelo Industrial, desenvolvido há três séculos, é reconhecido como o mais impactante sobre a biosfera por também catalisar transformações socioculturais. O modo de produção industrial revela e descreve uma síntese que integra conhecimentos técnico-científicos diversos para a fabricação em escala massiva, replicada mecanicamente. Porém, a partir de meados do século XX, advertências científicas alertaram para um provável colapso planetário caso a interferência continuasse no mesmo ritmo de crescimento, exploração, extração, transformação e consumo dos recursos naturais. Controlar ou mesmo eliminar esse risco exige reformulação cultural a partir de novos paradigmas científicos e modelos produtivos orientados para a sustentabilidade sistêmica.

O Design, enquanto propositor tecnológico-cultural, se insere nesse contexto como instrumento decisivo na reconfiguração modelar. Todavia, as metodologias de projeto comuns mimetizam instrumentos do modelo industrial hegemônico e, portanto, replicam a lógica de exploração da natureza como fonte material. As emergências planetárias atuais confirmam aquelas advertências científicas publicadas há décadas e impõem a adoção de uma nova Filosofia ou Ética artificial que emule os princípios naturais para manter a experiência humana sustentável. O desenvolvimento científico permitiu visualizar, pesquisar a complexa interdependência, a sabedoria e a elegância das formas, estruturas, composições,

interferências ecossistêmicas entre os seres e os elementos disponibilizados nas tecnologias da natureza, agora compreendidas em outro nível de importância.

A Biônica, técnica de investigação para aplicações tecnológicas inspirada na biosfera, demonstrou que a natureza pode oferecer soluções para os mais diversos fins. Contudo, existia uma lacuna entre a aplicação e a sustentabilidade efetiva, pois os projetos, ainda que inspirados em elementos naturais, não asseguravam um compromisso ético-filosófico profundo com a Vida em sua diversidade. A Biomimética surge para atender a essa carência através de uma nova postura diante da Natureza, que volta a ser reconhecida como fonte de conhecimentos e não apenas de recursos: a mimese biológica a reinsere como origem essencial da Vida e do Conhecimento, compreendidos no seu sentido mais profundo. Assim, através da Ética, a Biomimese pretende reformular as ideologias que fundamentam a Cultura e o Modelo produtivo hegemônicos, reconhecidos como insustentáveis, para uma abordagem projetiva sistematicamente integrada aos princípios naturais.

A atividade projetiva é um exercício mimético: o Design sintetiza o conhecimento disponibilizado em áreas diversas e os integra para a aplicação mais adequada na configuração artificial. Dessa maneira, as metodologias de projeto biomiméticas devem dialogar, utilizar da terminologia e conceitos das ciências biológicas para elaborar uma epistemologia apropriada. Considerando que as tecnologias desenvolvidas a partir da biosfera utilizam características adaptativas indicadas em diversos níveis de abordagem, compreender os processos da evolução como inovações é essencial para identificar possibilidades de projeto. Assim, as ferramentas de organização taxonômica são instrumentos que o método biomimético pode utilizar para analisar características aplicáveis em inovações tecnológicas. A Sistemática Biológica permite identificar características reconhecíveis, distintivas e indicativas das adaptações evolutivas que proporcionam o desenvolvimento sustentável da Vida terrestre em sua diversidade. Portanto, além de fundamentais para o levantamento de especificidades úteis nas inovações tecnológicas, os sistemas classificatórios também contribuem para o conhecimento e o profundo respeito a todas as espécies, pois a preservação da biodiversidade é essencial para o equilíbrio ecossistêmico, para a manutenção da Vida e a evolução humana.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Sistematizar a análise das características descritas e disponibilizadas em elementos e seres do ambiente natural com o auxílio dos instrumentos da Classificação Biológica (Sistemática e Taxonomia) que permitam identificar propriedades mimetizáveis e possibilidades de aplicação tecnológica. Facilitar a percepção das estratégias biológicas orientadas para a Inovação e a Sustentabilidade aplicáveis aos Projetos (Design) segundo os princípios biomiméticos.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Desenvolver uma ferramenta de busca simples, direta e sistemática das características biomiméticas, que torne a percepção (visualização) dos projetistas mais clara e objetiva diante do volume e a complexidade das informações disponibilizadas pela natureza;
- b) Comparar a Evolução Natural e a Artificial: descrever a dependência fundamental dos recursos naturais, a dialética entre a gradativa evolução técnico-científica que proporcionou a autonomia humana abstraída, porém comprometeu a percepção e a alienou da experiência (consciência) natural nas sociedades modeladas industrialmente;
- c) Disponibilizar informações em níveis macro e microscópicos, mimetizáveis através do Design (Projeto);
- d) Prever possíveis aplicações e indicar aquelas reconhecidas cientificamente através das características generalizadas nos táxons superiores.

1.1.3 Objetos de Estudo

- Biomimética
- Sistemática e Taxonomia

1.2 JUSTIFICATIVA

Emergências globais têm confirmado advertências científicas publicadas em meados do século XX sobre os Limites do Desenvolvimento. Se o crescimento demográfico, o consumo e a exploração de recursos naturais continuarem na mesma progressão, o planeta Terra entrará em colapso e colocará em risco de

extinção inúmeras espécies, entre elas a Humana (*Homo sapiens sapiens*). Desde os primeiros estudos até os mais recentes, são notáveis a influência e o impacto da ação antrópica sobre o Ambiente e as condições do equilíbrio ecossistêmico. As transformações ao meio físico impostas pelo Homem são reconhecidas como a principal causa de esgotamento da Natureza e por isso profissionais de áreas diversas do conhecimento, inclusive do Design, alertam para a urgência em reformular o modelo produtivo vigente através de metodologias projetivas orientadas para a Sustentabilidade Sistêmica. Os métodos de Projeto devem voltar a imitar os processos da Vida em sua complexidade e interdependência, como princípios fundamentais para assegurar o desenvolvimento técnico-científico integrado ao Ecológico, para além do Econômico. A Biomimética é indicada como a Filosofia de projeto mais abrangente para esse fim, pois comprehende a Natureza e sua Biodiversidade como fonte de conhecimentos, modelo de Sustentabilidade e universo morfológico primordial. A mimese bioinspirada exige a adoção de ferramentas metodológicas auxiliares aplicáveis ao Design para facilitar o tratamento de dados úteis na identificação e organização das informações disponibilizadas pela Biosfera. A Sistemática Taxonômica pode contribuir para esse levantamento, pois sintetiza o esforço milenar de Organização Biológica através da Classificação dos seres por características estruturais distintivas.

1.3 METODOLOGIA

Esta pesquisa histórico-bibliográfica surgiu de questionamentos acerca dos métodos e modelos produtivos hegemônicos, análise de produtos, etimologia, conceitos filosóficos dos princípios artificiais e demais influências culturais em Design. As abordagens metodológicas comuns e mesmo as bioinspiradas, apesar de utilizarem a natureza em aspectos diversos, não a adotam de maneira completa, filosófica ou como fundamento Ético de Projeto. É possível observar a retomada da Bionspiração como auxiliar tecnológica para a Inovação em determinados componentes e situações ou mais uma estratégia cosmética-estética de promoção e marketing, que mantêm o Design como apelo publicitário. Porém, a percepção das emergências e da dependência sistêmica na Cultura Material sugere adotar a Biomimese como Guia absoluta do Design na indústria. Os modelos produtivos hegemônicos, sobretudo o industrial, causaram o distanciamento da realidade natural e condicionaram comportamentos que ameaçam a sustentabilidade

ecossistêmica. O Modelo Industrial submete a natureza à condição de fonte material, energética, morfológica, além de espaço para descarte de resíduos, sem necessariamente considerá-la suporte original da Vida ou fonte primordial de conhecimentos pertinentes à sua manutenção. Para fundamentar, conduzir e criticar estes conceitos utilizamos bibliografia de cada aspecto da produção artificial, desde autores da Filosofia, História das Civilizações, Design, Biônica, Biomimética, Sustentabilidade, Ecologia e Biologia. O texto discorre de maneira ensaística acerca do avanço técnico-científico, as consequências socioculturais que influenciam a evolução filogenética humana e seu impacto sobre diversas outras espécies, seja através da adaptação natural, até a manipulação artificial mais profunda.

2 MIMESE

2.1 INTRODUÇÃO AO ARTIFICIAL - PERCEPÇÃO E MIMESE: ORIGENS

A palavra '*mímesis*' - em português, *mimese*: mímica, imitação - é de origem grega, recorrente na Filosofia Clássica em descrições e análises estéticas das Artes (COLONNELLI, 2009, SILVA, 2013), inicialmente utilizada - com '*physis*', '*poiésis*', '*techne*' - para distinguir aspectos das produções humanas daquilo que era percebido como 'Criação'. Porém, ao longo da História, o sentido do termo mudou de acordo com a abordagem, o contexto e a concepção (interpretação) física ou metafísica dos fenômenos. A origem dos objetos é tema tratado desde os pensadores Pré-Socráticos, posteriormente aprimorado por Platão e Aristóteles (Séc. IV a.C.):

(...) a criação pura e absoluta é inexistente e reservada pelo Platonismo ao Ser Criador Supremo. As outras coisas não são objeto de criação, mas de *mímesis*, pois para criar no seu sentido próprio teríamos que retirar algo do nada. Em Sócrates, a *mímesis* tem um sentido eclético na arte, podendo se retirar a parte mais perfeita de cada modelo, criando-se um duplo aperfeiçoado, superando-se assim a própria natureza (OLIVIERI, 2002, pág. 70)

Apesar de predominante nas discussões estéticas e artísticas por descrever as origens dos objetos, a utilização dos termos citados foi estendida a outras áreas do conhecimento:

A fecundidade do conceito de *mímesis* na Filosofia é tão ampla que envolve questões relativas à política, à arte, ao conhecimento, enfim, está presente em quase todas as atividades humanas." (COLONNELLI, 2009 pág. 13)

Entretanto, segundo a Filosofia (Estética), o conceito de "Arte" deve ser compreendido em seu sentido amplo, enquanto processo, princípio das expressões criativas, comparações e correspondências abstrativas, artifícios ou substituições por artefatos, inclusive linguagens, técnicas, tecnologias (FLUSSER 2007; SILVA, 2013; COLONNELLI, 2009).

O equivalente latino do termo grego *techné* é *ars*, que significa, na verdade, "manobra" (*Dreh*). O diminutivo de *ars* é *articulum* - pequena arte - e indica algo que gira ao redor de algo (como por exemplo a articulação da mão). *Ars* quer dizer, portanto, algo como "articulabilidade" ou "agilidade" e *artifex* ("artista") quer dizer "impostor". O verdadeiro artista é um prestidigitador, o que se pode perceber por meio das palavras "artifício", "artificial" e até mesmo "artilharia". Em alemão, um artista é um *Konner*, ou seja, alguém que conhece algo e é capaz de fazê-lo, pois a palavra "arte" em alemão, *Kunst*, é um substantivo que deriva do verbo "poder", *konnen*, no sentido de ser capaz de fazer algo; mas também a palavra "artificial", *gekünstelt*, provém da mesma raiz. (FLUSSER 2007 pág. 183)

A Arte é, portanto, essencialmente mimética, pois se inspira nas formas naturais ou artificiais pré-existentes para, através delas, propor novas percepções, expressões e inovações criativas:

(...) é possível considerar que as artes estabeleçam certas relações com as essências por meio de seus objetos imitados. E a mímese seria uma espécie de atividade fundamental para o conhecimento e para as artes em geral, uma vez que a mímese está presente em todas as manifestações humanas. (COLONNELLI, 2009 pág. 74)

Considerações etimológicas e hermenêuticas se justificam porque os termos linguísticos originais definem com pertinência o significado principal, resgatam o sentido de interpretações posteriores e facilitam a técnica de categorização dos artefatos (FLUSSER, 2007; COLONNELLI, 2009; SILVA, 2013). Outras contribuições da análise etimológica são: elaboração de Terminologia específica para a Epistemologia do Design enquanto síntese artificial e a compreensão da complexidade na atividade projetiva (BROECK, 2003; FLUSSER, 2007; SILVA, 2013; BONSIEPE, 2011).

Embora a interpretação atual comum de '*mimese*' seja imitação ou cópia, o conceito original indicava relações estéticas e éticas nos objetos que também ampliaram a compreensão dos processos criativos (SILVA, 2013; COLONNELLI, 2009) e o modo como a elaboração e utilização dos artefatos influenciam a percepção:

A mímese substancia-se na analogia ao modelo, com a escolha da melhor situação a ser imitada. Essa imitação, no entanto, não é desprovida de um avanço. O impulso vital está presente em todo processo da mímese, podendo dessa experiência surgirem novas e grandes descobertas. (OLIVIERI, 2002; pág. 71)

A *mimese* pode ainda ser interpretada como a interação da sensibilidade cognitiva humana abstraída e codificada, inerente nos processos criativos artificiais. A percepção e o reconhecimento indicam compartilhamento de repertório e códigos em um processo que permeia as atividades criativas e os métodos produtivos (SILVA, 2013; FLUSSER, 2007; COLONNELLI, 2009).

Uma vez que a *mimesis* é criativa e se expressa na produção das coisas, o potencial para a mesma ser explorada na análise do Design, enquanto processo criativo e produtivo, é significativo. Ao delimitar (...) os pontos de contato entre os conceitos de produção e criação, (...) restará somente deslocar o conceito de *mimesis* para o presente e appropriá-lo para o campo do Design. (SILVA, 2013)

Portanto, a Arte, as Tecnologias, o Design e as Ciências compartilham, em graus e níveis distintos, a origem mimética enquanto artifício de captação, abstração e decodificação da realidade.

2.1.1 Interpretação e evolução dos conceitos

Podemos interpretar os termos citados da seguinte maneira:

- a) *Mímesis*: Mímica, Imitação (do objeto físico ou da ideia);
- b) *Physis*: Natureza, 'Física', realidade material, inclusive artificial;
- c) *Poiesis*: 'Ideia', Criação, Ação, Concepção primária imaterial, Produção, 'Poesia';
- d) *Techné*: Conhecimento, Arte, 'Técnica', Ofício, método e processo elaborativo.

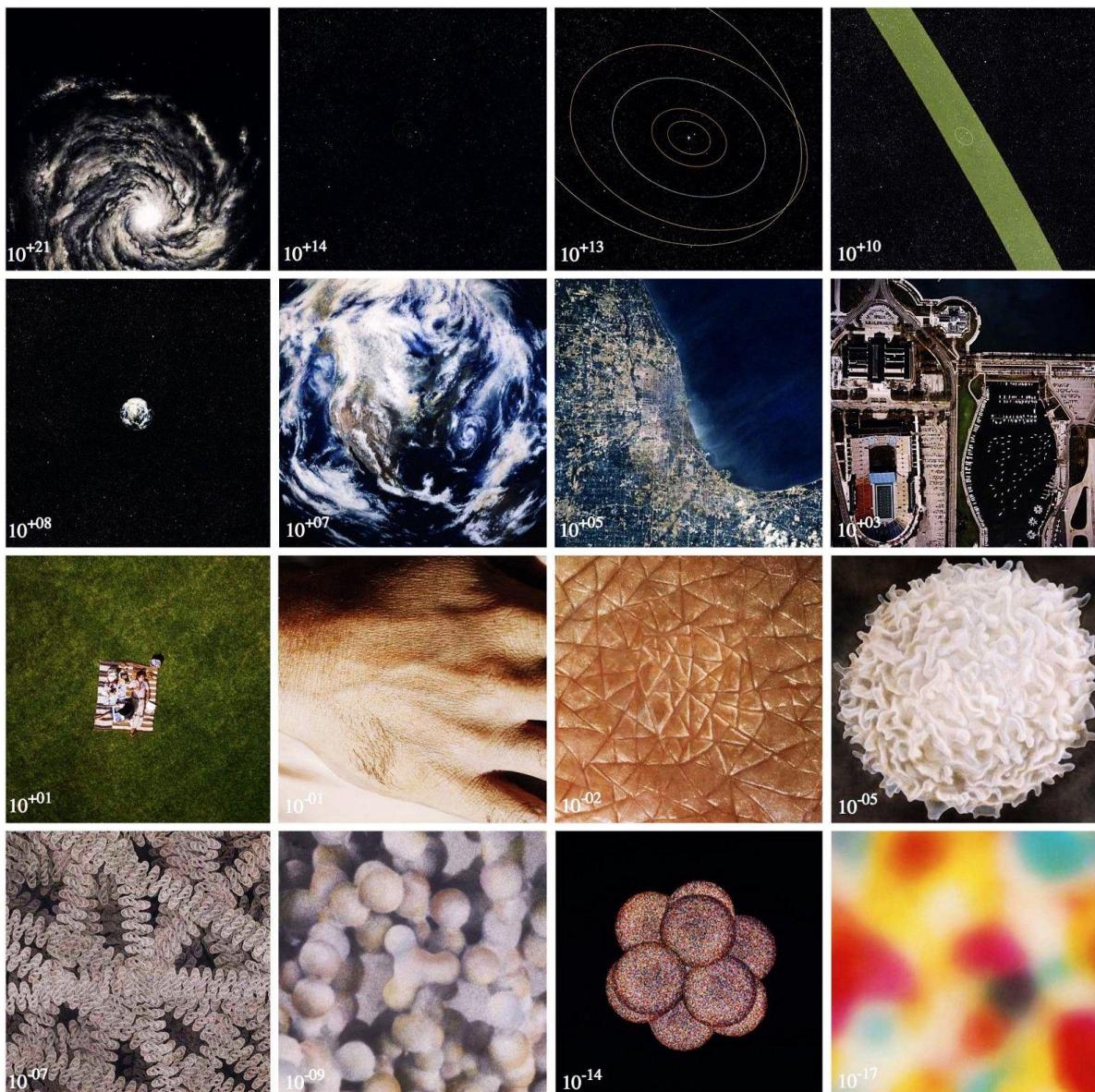
(COLONNELLI, 2009, SILVA, 2013);

Estes conceitos definem a origem artística ou cósmica-natural dos objetos e esclarecem a distinção entre aspectos metodológicos no processo artificial:

O método poético incorpora o processo mimético. (...) Na antiguidade, a mímesis representava o aperfeiçoamento da obra de arte sobre uma imagem ou modelo preexistente. Demócrito relaciona a imitação ao funcionamento da natureza. Platão nos informa a respeito da forma do objeto que imita os arquétipos que nos permitem conhecê-lo (OLIVIERI, 2002, pág. 69)

Dessa maneira, o artífice parte da Natureza - ou '*physis*' primitiva, intacta - e por um processo mimético de correspondência e abstração constrói, por meio dos elementos disponíveis, artefatos que atendam necessidades descritas pelas funções e dessa maneira se auto mimetizem em outra dimensão da realidade, distanciada daquela origem natural. A '*physis*', dimensão física, agrupa todo o ambiente material que inspira a produção artificial - *mímesis* e *techné* - pois abrange o universo e seus elementos (COLONNELLI, 2009, SILVA, 2013; OLIVIERI, 2002). A abstração exercitada ou a maneira como essa realidade é observada através das dimensões adequadas proporcionam percepções úteis ao processo criativo, pois fornecem ideias, novas maneiras de apreender e compreender a Vida. O filme "Powers of Ten", de Charles e Ray Eames (1974), mostra uma sequência de fotografias com mudanças sucessivas de escala (na base 10), em que se percebe, além da situação do homem no Universo (KAZAZIAN, 2009), a importância da percepção, da observação e interpretação analítica para a compreensão e consequentemente, a responsabilidade Ética diante da Natureza:

Figura 1 - “Powers of Ten”, filme de Charles e Ray Eames (1974)



(Fonte: medium.com/@barryvacker/powers-of-ten-honoring-the-40th-anniversary-of-the-existential-masterpiece-5c5affa46249)

As imagens sob diferentes escalas também confirmam a existência de padrões, estruturas e formas recorrentes, tanto em níveis macro quanto microscópicos, que reforçam a importância do empirismo e da experimentação científica no fornecimento de informações codificáveis dos princípios elementares replicados no meio físico. Tais padrões repetidos e, portanto, copiáveis, nos remetem à maneira como nos apropriamos de elementos naturais através da imitação. Segundo o platonismo, a Natureza seria perfeita e as ideias inatingíveis, ainda que transformadas através da abstração: “Platão não considera a possibilidade da superação da natureza, mas uma aproximação” ou, “o objeto

jamais alcançará a ideia". Para Aristóteles, imita-se o que já foi imitado (mimeses de mimeses) e, portanto, surge uma simulação que reproduz a si mesma (OLIVIERI, 2002). As Ideias – 'formas eternas' platônicas - captadas pelos sentidos, são abstraídas por mimese e inseridas culturalmente ao repertório de arquétipos, de predefinições:

Portanto, [Platão] ao admitir que toda arte é imitação, inclusive também para os objetos fabricados no sentido de que são cópias das ideias, acaba por impor o modelo da natureza para qualquer manifestação artística, sendo possível concluir que onde há criação, há simulacro da vida, dos acontecimentos, dos objetos. (COLONNELLI, 2009 pág. 92)

As mimeses originam modelos artificiais sistematicamente aperfeiçoados segundo nossa percepção e aparato científico, pois os retiram das 'imprecisões', das irregularidades dos processos vivos, orgânicos, através de abstrações, idealizações. A abstração (ou substituição) foi útil à evolução técnico-científica e, portanto, essencial para o avanço do conhecimento. No entanto, historicamente e culturalmente também proporcionou alienação entre nossa espécie e a Natureza. Para reverter essa situação é necessário instrumentalizar o Design para novas mimeses que não repliquem o artificial, mas o modelem segundo princípios naturais com o objetivo de utilizar a ubiquidade tecnológica como fator de transformação cultural (CAPRA, 1982, 1996; PAPANEK, 2006; BONSIEPE; 2011, 2012; BENYUS, 2012).

2.2 MIMESE DA FUNÇÃO E DA FORMA

Os processos miméticos estão associados à apreensão do mundo por meio dos sentidos, à interpretação sensível-cognitiva e à reprodução artificial. Através destes, os objetos informam, indicam as funções inscritas nas formas - conformação, configuração - que a matéria, transformada de acordo com suas propriedades, assume na natureza. O Universo é constituído por átomos, entes energéticos que conferem ordem e aparente solidez ao perceptível: dessa maneira, determinam o comportamento da matéria orgânica e inorgânica. A composição material também condiciona os processos construtivos, pois coopera na definição dos procedimentos para alcançar a forma objetiva mais apropriada:

(...) as formas concretizam os conceitos por trás de sua criação. (...) os artefatos obedecem a uma "lógica construtiva", a qual é a soma das ideias contidas em seu projeto com seus materiais e condições de fabricação. (CARDOSO, 2013, pág. 18)

(...) as formas não são descobertas nem invenções, não são ideias platônicas nem ficções: são recipientes construídos especialmente para os fenômenos ("modelos"). E a ciência

teórica não é nem "verdadeira" nem "fictícia", mas sim "formal" (projetam modelos). (FLUSSER, 2007, pág. 28)

A progressiva apropriação da Natureza influenciou a percepção da Vida, a compreensão da realidade e repercutiu em outras impressões ou concepções de mundo - inclusive a capacidade imaginativa - através dos códigos compartilhados. A condição artificial transformou o meio natural de dominante a dominado, através da substituição por simulacros diversos, tanto para necessidades básicas, quanto aspirações humanas:

O homem, desde sempre, vem manipulando seu ambiente. É a mão, com seu polegar oposto aos demais dedos, que distingue a existência humana no mundo. (...) as coisas são apanhadas para serem transformadas. A mão imprime formas (informiert) nas coisas que pega. E assim surgem dois mundos ao redor do homem: o mundo da "natureza" das coisas existentes a serem agarradas e o mundo da 'cultura' das coisas disponíveis, informadas. (FLUSSER, 2007 pág. 60)

As necessidades indicam as funções e estas, as soluções formais aplicadas aos elementos retirados da natureza, que podemos utilizar com a mesma finalidade em outros contextos. Por exemplo, objetos oriundos de animais ou minerais, adaptados para perfurar, cortar, pentear: os materiais disponíveis - pedras, ossos, madeira - influenciavam a resistência, a durabilidade e limitavam as manipulações. As técnicas de obtenção desses recursos levaram ao desenvolvimento paralelo de tecnologias diversas, pois tais avanços são eventos interligados, integrados, culturais:

Figura 2 - Ossos, dentes, garras e pedras utilizados como utensílios e ferramentas na era Pré-Histórica



Fonte:
[humanorigins.si.edu/evidence/behavior/
getting-food/bone-tools](http://humanorigins.si.edu/evidence/behavior/getting-food/bone-tools)

Figura 3 - Vistas bifaciais de peças em Silcrete, 'Blombos Cave', África do Sul (Período Mesolítico)



Fonte:
en.wikipedia.org/wiki/Silcrete

As facas de pedra - cuja forma imita a dos dentes incisivos - são uma das máquinas mais antigas. São mais antigas que a espécie *Homo sapiens sapiens* e continuam cortando até hoje: exatamente por não serem orgânicas, mas feitas de pedra. Provavelmente os homens da Idade da Pedra Lascada também dispunham de máquinas vivas: os chacais, por exemplo,

que deviam utilizar na caça como extensão de suas próprias pernas e incisivos. (FLUSSER, 2007, pág. 46)

As ferramentas e utensílios nada mais são que extensões do corpo, do organismo e dos sentidos, que potencializam a percepção, o domínio sobre a natureza e amplificam a interferência sobre ela. Porém, um artifício transformado em objeto disponibilizado no mundo, origina processos de identificação, apropriação simbólica, significação e comunicação. A transformação dos artefatos em signos originou linguagens específicas que se integraram a códigos diversos, inclusive procedimentos produtivos. A produção de uma lâmina de machado em pedra lascada, deu origem aos processos mimetizados para a pedra polida, o sílex, os metais e outros materiais empregados em formas funcionais. A função era a mesma, porém, o material interferiu nas possibilidades de mimese e no processo construtivo: a oferta de novos materiais modificou a percepção e a concepção do mundo apreendido:

Figura 4 - Produção de um machado manual na Idade da Pedra Lascada



Fonte: "How Stone Age Humans Made Hand Axes", Encyclopedia Britannica, 2006 (kids.britannica.com/students/assembly/view/127645) adaptado pelo autor.

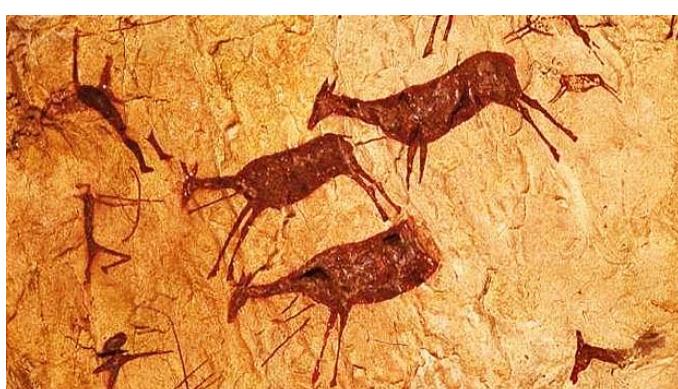
A mimese conduz as formas na matéria de acordo com a abstração das funções também transformadas em códigos. Ao longo da História, a observação, interpretação, abstração e imitação dos fenômenos proporcionaram avanços

tecnológicos importantes. Eventos como a germinação das sementes, movimentos dos astros, recorrência dos ciclos das estações (que definem áreas e épocas para o cultivo) permitiram desenvolver a agricultura e a matemática. Adotamos abstrações como origem e fim, unidade e vazio. As substituições, inclusive por imagens, potencializaram a capacidade projetiva ou imaginativa, pois fornecem percepções antecipadas por impressões codificadas e pela linguagem gráfica compartilhada. No princípio essas concepções e projeções por imagens, tinham sentido mágico - enquanto imagética, imaginação - representavam uma expectativa que preparava o caçador para a ação, a experiência, a realidade prática:

Códigos que existem a partir de símbolos bidimensionais, como é o caso em Lascaux, significam o "mundo", na medida em que reduzem as circunstâncias quadridimensionais de tempo-espacão a cenas, na medida em que eles "imaginam". "Imaginação" significa, de maneira exata, a capacidade de resumir o mundo das circunstâncias em cenas, e vice-versa, de decodificar as cenas como substituição das circunstâncias. Fazer "mapas" e lê-los. Inclusive "mapas" de circunstâncias desejadas, como uma caçada futura (Lascaux), por exemplo. (FLUSSER, 2007; pág. 131)

A figura rupestre de uma caçada poderia reforçar a lembrança, o planejamento de uma ação, projeção ou 'projetação' do futuro através da visualização e revisão. O sentido 'mágico' antigo difere do atual (interpretado como truque, ilusão) - a 'apreensão' do mundo em narrativa visual ou 'previsão', 'projeto'. A magia como 'projeto', 'previsão' do futuro segundo uma ordem, 'predestinação', condução, reprodução. Por outro lado, a incorporação de características por imitação, mimese ou representação de outro ser (vivo ou não) também revelavam sentido mágico, como percebemos na 'inspiração' dos xamãs e demais sacerdotes religiosos:

Figura 5 - Imagem rupestre na "Cueva de los Caballos", em Valltorta, Castellón - Espanha



Fonte:
www.spainisculture.com/en/propuestas_culturales/arte_rupestre_mediterraneo_pintores_prehistoria.html

Figura 6 - Xamã estilizado, idealizado



Fonte: www.gaia.com/lp/content/how-much-do-you-know-about-shamanism/

Infere-se que a projeção das sombras através da luz - do sol, da lua, fogueiras e outras fontes - lançou contornos reconhecíveis que foram registrados, copiados, fixados nas paredes rupestres e em suportes diversos. A 'sombra congelada' na figura também fixou a 'luz' e o 'mundo' nas pedras: a apreensão da imagem como 'mágica' se transformou em narrativa por imagens – posteriormente na tradição oral e escrita - e a condução da imaginação por representações informadas na [e pela] mente.

A singular capacidade do homem de criar imagens para si mesmo e para os outros tem sido, pelo menos desde Platão, um dos temas das reflexões filosóficas e teológicas. (...) essa competência é retratada (...), sob o nome de "imaginação (*Imagination*) ou "faculdade imaginativa" (*Einbildungskraft*): ela é compreendida quase sempre como algo dado, como um fato. (FLUSSER, 2007, pág. 161).

Em outras palavras: "imaginação" (*Einbildungskraft*) é a singular capacidade de distanciamento do mundo dos objetos e de recuo para a subjetividade própria, é a capacidade de se tornar sujeito de um mundo objetivo. (FLUSSER, 2007, pág. 163).

O processo de criação ou produção artificial depende, portanto, de percepções e conhecimentos prévios (FLUSSER, 2007; COLONNELLI, 2009; OLIVIERI, 2002). À medida que se abstraiu a realidade natural através da substituição por artefatos, a Natureza (ou o Universo) deixou de ser primordial, soberana, e se tornou manipulável em nível artificial. Os humanos aprenderam a viver em função das formas que percebem e que conduzem seu comportamento a partir das funções 'in-formadas', moldadas previamente: os objetos passaram a envolver, influenciar e 'moldar' as sociedades. O homem se tornou objeto de seus objetos, ferramenta de suas máquinas (FLUSSER, 2007).

2.3 NATUREZA, MIMESE E ABSTRAÇÃO

A utilização da mimese natural como inspiração na elaboração dos artefatos é pré-histórica (ARRUDA, 2002; BROECK, 2003; BENYUS, 2011) e até pré-humana, segundo a perspectiva da evolução filogenética. Os elementos dispostos na natureza (*physis*), inclusive todas as formas de vida, eram percebidos como partes de uma grande sinergia. Os povos primitivos se reconheciam interdependentes dos sistemas vivos, compreendidos e integrados como a 'Natureza', e não apenas parte distinta ou distante dela (CAPRA 1982, 1996; BENYUS, 2011).

A primeira diferença sensível em relação ao modo como o homem olhava para a natureza e o modo como o faz hoje é o fato de que, até finais do século XVIII, a natureza era dominante,

inquestionável e soberana. (...) estava sempre além das possibilidades de controle. Era ainda a natureza divina. (RIBEIRO, 2012)

Se a substituição artificial (artifícios para simular a realidade, potencializar as experiências) é utilizada desde a ancestralidade, os simulacros dessa apreensão permitiram a réplica dos artefatos em outras condições e contextos, sob as formas de abstrações diversas como magia, arte, técnica e ciência. Assim, foi elaborada uma outra realidade abstraída e codificada, simulada como artefato aperfeiçoado, que torna o incremento tecnológico intrinsecamente permeado por mimeses. Tal processo de desenvolvimento técnico está descrito culturalmente na História e passou por fases de acumulação do conhecimento também mimetizado. Dessa maneira, a evolução filogenética humana está associada aos objetos, as culturas integradas às tecnologias e o avanço artificial repercute essas condições. (FLUSSER, 2007; OLIVIERI, 2002; COLLONELLI, 2009). Elas indicam etapas que se sobrepõem como camadas de experiências, verificáveis através dos objetos e que traduzem, em suas formas, parte do que pensamos, de quem fomos, somos e seremos:

Para investigar, por exemplo, como vivia, pensava, sentia, atuava e sofria o homem neolítico, não há nada mais adequado que estudar detalhadamente as fábricas de cerâmica. Tudo, e em particular a ciência, a política, a arte e a religião daquelas comunidades, pode ser reconstituído a partir da organização das fábricas e dos artefatos de cerâmica. (FLUSSER, 2007 pág. 35)

Durante milênios, a dependência material e as limitações científicas condicionaram, modelaram o pensamento para a passividade diante da natureza, e isso se estendeu a outros aspectos da compreensão humana. Porém, as conquistas técnicas que culminaram no modelo industrial também moldaram o Homem e o tornaram a influência mais impactante sobre o meio natural nos últimos três séculos. O tema biológico é recorrente na história e na cultura produtivas, mas de modo inconsistente, intermitente. No início da industrialização ainda se transferia aparência orgânica aos artefatos: o Historicismo e movimentos posteriores como o 'Arts and Crafts' e o 'Art Nouveau' traziam elementos da natureza como motivo, linhas estruturantes e complementos formais:

Figura 7 - Padrão têxtil Pimpernel, William Morris (1876)



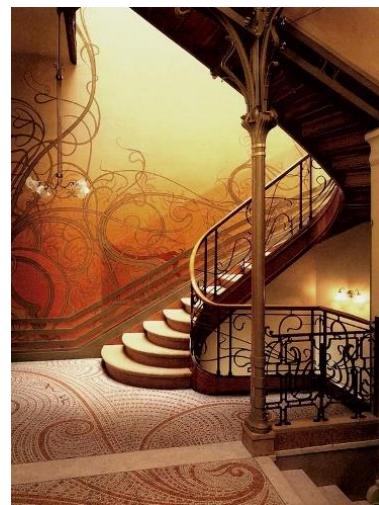
Fonte:
br.pinterest.com/pin/30680841182478955

Figura 8 - William Morris, em foto de Emery Walker (1913)



Fonte:
commons.wikimedia.org/wiki/File:Wmmorris3248.jpg

Figura 9 - O Estilo Art Nouveau no Hotel Tassel, Bruxelas – Bélgica



Fonte:
www.howtobuildahouseblog.com/art-nouveau-interior-design-your-home/#axzz5INua4bf0

32

À medida que a Indústria se estabelecia e massificava sua influência, desenvolvia técnicas próprias sob métodos de configuração e produção aperfeiçoados para atender aos processos mecanizados: uma abstração extrema que conformava os artefatos à informação codificada nas máquinas. Com a automação e consequente aceleração dos processos, a aparência dos produtos foi conduzida para a regularidade geométrica, origem da estética industrial (MORAES, 2008). Estética que abstraiu definitivamente a natureza, agora codificada em formas regulares com linhas desprovidas de ornamentos, padronização necessária à produção em série, ao ritmo repetitivo, velocidade e replicação (BURDEK, 2006; HESKET, 2008; LÖBACH, 2001; MORAES, 2008; CARDOSO, 2012).

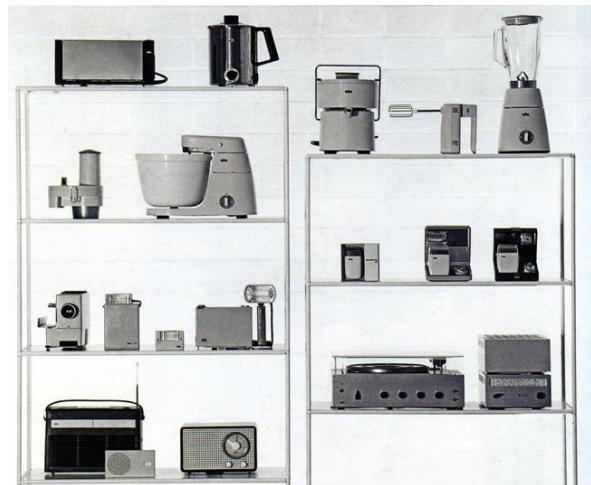
Contudo, os novos métodos fabris, que afastavam o homem do contato direto com a produção e sobretudo com a natureza, ressaltaram críticas de setores diversos da sociedade ao modelo industrial. O uso de analogias orgânicas ou biológicas se tornou um recurso de identidade e resistência, além de refúgio espiritual diante do avanço da Ciência e das Tecnologias (MORAES, 2008).

Figura 10 - Estética industrial por síntese geométrica: Chaleira 'Bauhaus Teapot', Marianne Brandt (1924)



Fonte:
www.pinterest.pt/pin/520025088202490544/

Figura 11 - Linha de produtos desenhada por Dieter Rams para a empresa Braun



Fonte:
www.pinterest.fr/pin/296533956687258382/

A produção industrial impôs a racionalização sistemática aos processos: a adoção de teorias organizacionais como o Fordismo e o Taylorismo repercutiram no comportamento humano dentro e fora das empresas. A capacidade replicadora se tornou padrão desejável: as séries industriais foram estendidas ao modo de viver, ao trabalho e às profissões, ao treinamento em escolas, aos grupos sociais também seriados, classificados, caracterizados (TOFFLER, 2010). A percepção e a concepção dos objetos se transformaram, das simples necessidades básicas descritas nas funções comuns, para aspirações e representações simbólicas. Nesse contexto de avanços técnico-científicos e sociais, o Design se apresenta como síntese tecnológica para a aplicação dos conhecimentos disponíveis. No entanto, com imposição de interesses mercadológicos na massificação, a atividade foi orientada para a forma, o estilismo e a cosmética que descaracterizavam o conceito de Projeto como índice de proposta cultural (BONSIEPE, 2011; PAPANEK, 2006).

O conceito de Design, portanto, permanece em constante discussão, diante dos interesses, desafios e transformações culturais proporcionadas pelas tecnologias (LÖBACH 2001, CARDOSO 2012, HESKET 2008). A mimese natural retorna como princípio metodológico fundamental para o resgate da percepção, do planejamento de produção sustentável: os métodos devem repercutir essa Ética. A escalada crescente do consumo tornou o modelo de desenvolvimento atual na mais importante ameaça ao equilíbrio ecossistêmico, pois a capacidade de

resiliência natural não acompanha o ritmo da exploração dos recursos e a eventual decomposição dos resíduos. Voltar a considerar a natureza como fonte de conhecimentos nos fará reconhecer, através dos princípios naturais, as tecnologias descritas em seus fenômenos (BENYUS, 2011; BAR-COHEN, 2006; BHUSHAN, 2009; BROECK, 2003; ARRUDA 2003). Além disso, indicá-la como melhor analogia modelar, confirma a biomimese como prática remota e fonte de tecnologias que não será esgotada ou totalmente revelada em médio prazo (BENYUS, 2011; BAR-COHEN, 2006; BHUSHAN, 2009; RIBEIRO, 2012).

2.4 MIMESE NAS ARTES E CIÊNCIAS

A mimese, como processo de reconhecimento e abstração de características replicáveis, se manifesta em toda atividade humana (SILVA, 2013; COLONELLI, 2009). A abstração favorece a observação, descrição, retenção da imagem através da sua representação e a imaginação como memórias. Essas representações permitem replicar, copiar e compartilhar o pensamento na coletividade através de uma mesma visão ou leitura codificada, condição percebida em todos os artefatos. A construção do artificial se fundamenta naquilo que já existe, mas depende de interpretação:

(...) um código é um sistema de símbolos. Seu objetivo é possibilitar a comunicação entre os homens. Como os símbolos são fenômenos que substituem ("significam") outros fenômenos, a comunicação é, portanto, uma substituição: ela substitui a vivência daquilo a que se refere. (...) Onde quer que se descubram códigos, pode-se deduzir algo sobre a humanidade. (FLUSSER, 2007, pág. 130)

O processo mimético de observação e codificação é cumulativo, cultural: um aprendizado que se multiplica através das gerações. As abstrações e criações humanas - artes, técnicas, linguagens e ciências – indicam que essa capacidade foi gradualmente potencializada pelos artefatos, que por sua vez influenciaram as ideias ou concepções de mundo (FLUSSER, 2007). As diversas atividades humanas estão interligadas assim, não apenas pela origem comum, mas sobretudo por uma interdependência de conceitos e disciplinas que se complementam na sua formulação e exercício. As novas tecnologias desenvolvidas com o progresso científico transformaram o conhecimento e a nossa maneira de produzir em atividades especializadas, distintas, porém interdependentes. À medida que a atividade de produzir foi alienada do ofício de planificar e projetar no modelo industrial, as abstrações se aperfeiçoaram irreversivelmente, transformando o

conhecimento, o desenho e o Projeto em atividades autônomas, independentes e atemporais, colocadas em suportes de memória (BURDEK, 2006). A imagem pintada na parede da caverna, esculpida, impressa em materiais diversos, agora é armazenada em máquinas e suas memórias eletrônicas, em dimensões virtuais para acessos oportunos.

Considerando estes conceitos e sua relação com a evolução artificial, redefine-se a natureza como fonte e ambiente primordial de inspiração necessária aos projetos. Diante do impacto que a maneira humana de viver e produzir tem provocado à biosfera ao longo de sua interferência histórica - sobretudo nos últimos séculos de industrialização sistemática - emerge o imperativo da Sustentabilidade como Paradigma de Projeto e de Modelo cultural.

3 DESIGN

3.1 CONCEITOS

O termo ‘Design’ não tem tradução direta ou palavra equivalente em língua portuguesa, por isso adota-se do idioma inglês, no qual funciona como substantivo e verbo (FLUSSER, 2007; CARDOSO, 2012; BOMFIM, 2001, HESKET, 2008). Todavia, não é apenas por essa característica, mas por outros fatores, que sua definição se tornou ambígua, complexa, mesmo onde exista palavra específica para o definir:

A origem mais remota da palavra está no latim *designare*, verbo que abrange ambos os sentidos, o de designar e o de desenhar. (...) do ponto de vista etimológico, o termo já contém nas suas origens uma ambiguidade, uma tensão dinâmica entre um aspecto abstrato de conceber/projetar/atribuir e outro concreto de registrar/configurar/formar. A maioria das definições concorda que o design opera a junção desses dois níveis, atribuindo forma material a conceitos intelectuais. Trata-se, portanto, de uma “atividade que gera projetos” no sentido objetivo de planos, esboços ou modelos. (CARDOSO, 2012)

Segundo Burdek (2006), uma primeira menção ao termo foi publicada no Oxford Dictionary em 1588 que o descreveu como:

- Um plano desenvolvido pelo homem ou um esquema que possa ser realizado;
- O primeiro projeto gráfico de uma obra de arte ou
- Um objeto das artes aplicadas ou que seja útil para a construção de outras obras”

(BURDEK, 2006; pág. 15)

Para Kunz (2002), as primeiras descrições de projeto [Design] surgiram na atividade construtiva e produção artesanal de utensílios para uso doméstico:

Devemos começar por atribuir à arquitetura o conceito e o pleno desenvolvimento de Design, pois foi nesse ramo da arte que o termo tomou forma, muito embora não sobrepujemos a colaboração da produção artesanal de móveis e utensílios domésticos, que remontam às organizações corporativas medievais e que, após o advento da revolução industrial na Inglaterra (1750 a 1850), tiveram todas as condições - máquinas operatrizes – para a produção de objetos de uso doméstico, de transporte e de uso pessoal, segundo um conceito de design que emergia (KUNZ, 2002)

A interferência humana intensificada pela capacidade projetiva e multiplicada pela reprodução industrial tornou o mundo massivamente artificializado através de sucessivos e cumulativos avanços culturais, entre eles a atividade do Design. Existem propostas de definições diversas que indicam o ofício de projetar como meio de elaboração, competência de aplicação tecnológica para satisfazer necessidades operacionais e socioculturais. O desenvolvimento das artes conduziu a percepções abstratas-filosóficas que potencializaram diversas formas de conhecimento. Assim, o Design está inserido em inúmeras concepções de projeto pelo seu caráter interdisciplinar e pode gerar controvérsias de sentido relativas a

suas funções e limites epistemológicos. É uma atividade integral, agregadora de valores e significados que extrapolam as formas e os contextos históricos, embora seja influenciada por estes:

Design é uma atividade, uma *praxis* que participa da configuração de objetos, sejam eles bidimensionais, tridimensionais ou virtuais. Em outras palavras, o designer dá forma (conforma) algo que antes existia apenas no mundo das ideias, dos desejos, das necessidades; ou trans-forma algo já existente, incorporando novos valores, tecnologias (...) o designer configura artefatos, levando em consideração aspectos de natureza produtiva, social, utilitária, cultural, política, ideológica etc. (BOMFIM, 2001)

Por conta dessas interpretações, o conceito 'Design' ficou submetido a alguns interesses e ideologias questionáveis nos modelos produtivos aos quais foi associado. Indicado entre as ciências sociais, as artes aplicadas e as ciências exatas por ser uma interface de aplicação de conhecimentos para induzir à melhor condição de uso dos artefatos, a essência do Design é a intermediação entre arte e tecnologia: Arte da qual assume as expressões criativas e técnica por adotar diversas das suas metodologias. Porém, a distinção entre a criação artística e atividade projetiva se torna clara ao analisarmos as origens, marcos técnicos-históricos, metodologias e suas finalidades. Se a primeira é subjetiva, intuitiva, livre e lúdica, o segundo, enquanto Projeto, exige conhecimentos técnicos adequados, métodos precisos de elaboração e fabricação que considerem aspectos cognitivos do público ao qual se destina (BOMFIM, 2001; CARDOSO, 2012; LÖBACH, 2001). Enquanto a Arte prima pelo subjetivo, o Projeto (Design) se fundamenta em métodos para definir o objetivo.

Outra maneira de compreender o ofício de designar ou projetar seria interpretá-lo como síntese de aspectos e fatores envolvidos na materialização objetiva. Perceber Projeto como proposito tecnológico, intermediário [interface] entre ideologias, culturas, suas tecnologias e modelos produtivos. Alguns produtos e propostas gráficas do designer Peter Behrens para a AEG demonstram possibilidades de aplicações técnicas na configuração de produtos diversos:

Figura 12 - Peter Behrens



Fonte:
corinnevella1994.blogspot.com.br/2014/01/chart-bauhaus.html

Figura 13 - Ventilador elétrico, Peter Behrens (1908)



Fonte:
br.pinterest.com/pin/510666045218060725

Figura 14 - Evolução da Marca AEG



Fonte:
de.wikipedia.org/w/index.php?curid=5229381

Figura 15 - Chaleiras elétricas 'Electric Kettle', Peter Behrens (1909)



Fonte: br.pinterest.com/pin/49961877086403077/

Figura 16 - Luminária elétrica de teto



Fonte:
br.pinterest.com/pin/548454060852764353/

O Design se transforma em uma integração técnica-científica amplificada pela Arte, entre os indivíduos e os artefatos: dessa maneira, se torna um indicativo das culturas, das tecnologias vigentes, de maneira que traduz as condições, ideologias, sentimentos, atributos e demais subjetividades que moldam a Ética e o Pensamento das sociedades de seu tempo. É a atividade interdisciplinar que interliga métodos e processos com o objetivo de definir formas que atendam necessidades e aspirações humanas:

Design é uma atividade projetual que consiste em determinar as propriedades formais dos objetos a serem produzidos industrialmente. Por propriedades formais, entende-se não só as características exteriores, mas sobretudo, as relações estruturais e funcionais que dão coerência a um objeto, tanto do ponto de vista do produtor quanto do usuário. (ICSID, 1958)

Apesar das diferenças conceituais, o Design se firmou como indispensável para a racionalização dos modelos produtivos antes mesmo do advento da indústria (MORAES, 2008; CARDOSO, 2012). A elaboração clara e objetiva do projeto é relevante, mesmo nos modos artesanais de produção. Conclui-se que o

processo de Design é uma síntese interdisciplinar e multifatorial que agrega conhecimentos para aplicação tecnológica e, dessa maneira, favorece o progresso científico global de uma sociedade. Investir em Design se tornou fundamental para o desenvolvimento tecnológico (BONSIEPE, 2011, 2012; PAPANEK, 2006, MORAES, 2008).

3.2 CRÍTICAS

Löbach, entre outros autores, questiona a percepção social da atividade. Para ele, as definições ou conceituações de Design atuais dependem da abordagem, dos interesses no uso do termo, por isso revela preocupação e aconselha categorizar os objetos como ponto inicial para uma definição isenta, mais adequada:

Pela expansão do termo Design e dos diferentes pontos de vista dos autores fica o leitor confrontado com múltiplos conceitos. (...) Quem se pronuncia sobre o Design, deve declarar, de partida, o seu ponto de vista já que tudo o que se dirá depois será consequência do mesmo. (LÖBACH, 2001, pág. 11)

Discutir design é complicado já por causa do termo em si. A palavra "design" possui tantos níveis de significado que é, por si só, uma fonte de confusão. (...) cujo significado muda radicalmente dependendo de quem a emprega, para quem é dirigida e em que contexto é usada. (HESKET, 2008)

As críticas de Löbach (2001), Papanek (1970), Bonsiepe (2011), apontam o esvaziamento do conceito nas últimas décadas, corrompido pelo Estilismo orientado para o Consumo. Utilizar o termo Design tornaria o discurso alienante e oportunista, uma estratégia propagada como diferencial de vendas ou 'valor agregado' ao negócio. Corporações investem na atividade, ainda que apenas cosmética, por associarem o conceito à elevação do grau de satisfação e elemento convincente para o marketing. Entretanto, parcela da massa consumidora conduzida pela propaganda não está preparada ou interessada na definição do que venha a ser Design.

O conceito ganhou notoriedade de modo indiscriminado, indefinido, nos meios de comunicação massificada, industrial, como revistas e publicações voltadas para o público leigo. Uma breve análise do discurso publicitário demonstra que a compreensão de Projeto e seus objetivos parece não ter importância, pois continua associada aos estilismos e modismos que o confundem com desenho, estética ou mesmo as 'belas-artes'. A propaganda, comprometida com resultados das vendas, atinge o consumidor através da passividade utilitária-funcional dos

artefatos e da manipulação midiática que mantém a alienação sobre a qualidade dos projetos. Parte dessa estratégia é a glamourização e banalização do termo Design como apelo para alavancar o varejo: a publicidade parece não conhecer, pois não esclarece o conceito ao relacioná-lo apenas à Cosmética (BONSIEPE, 2011, 2012; PAPANEK, 2006; BURDEK, 2006).

Atualmente, definir Design exige atenção à abordagem: não por conta da inevitável pluralidade proporcionada pelo universo de objetos que ocupam a experiência humana artificial, mas pelos interesses conflitantes na utilização do termo:

(...) constatamos uma surpreendente ausência de questionamentos sobre a atividade projetual. As palavras da moda são *branding*, liderança, competitividade, globalização, vantagens competitivas, *life-style-design*, diferenciação, design estratégico, design emocional, design divertido (*fun-design*), design de experiência (*experience design*), design inteligente (*smart design*) para nomear alguns dos termos que aparecem nas revistas especializadas e livros sobre design. (BONSIEPE, 2011)

A essa lista podem ser acrescentadas atividades que se apropriam da palavra "design" a fim de criar uma aura de respeito, como: design de cabelos, design de unhas, design de flores e até mesmo design funerário. (...) Parte da razão pela qual o termo pode ser usado dessa forma arbitrária é o fato de ele não designar uma carreira única, (...) O design, ao contrário, amplia-se cada vez mais em novas subdivisões sem nenhum tipo de organização ou conceito regulador, podendo, portanto, ser usado indiscriminadamente. (HESKET, 2008)

Bonsiepe (2011) e Papanek (2006) enfatizaram que o problema se estende aos currículos dos cursos de Design, professores, estudantes e operadores da atividade, que não revisam a disciplina sob a lente da responsabilidade social, ambiental ou mesmo da Ética. Críticas que podem estar descritas na origem e interpretação etimológica em outras línguas, como sugere Flusser:

Em inglês, a palavra design funciona como substantivo e também como verbo (...). Como substantivo significa, entre outras coisas, "propósito", "plano", "intenção", "meta", "esquema maligno, "conspiração", "forma", "estrutura básica, e todos esses e outros significados estão relacionados a "astúcia, e a "fraude". Na situação de verbo - *to design* - significa, entre outras coisas, "tramar algo", "simular", "projetar", "esquematizar", "configurar", "proceder de modo estratégico". A palavra é de origem latina e contém em si o termo *signum*, que significa o mesmo que a palavra alemã *Zeichen* ("signo", "desenho"). (...) Etimologicamente, a palavra design significa algo assim como de-signar (*entzeichnen*). (FLUSSER, 2007 pág. 181)

A percepção e interpretação do Design se tornou deficiente, confusa, distorcida e seus profissionais muitas vezes percebidos como 'artistas' que se dedicam apenas aos aspectos estéticos dos produtos industriais: distorções que acontecem com outros termos massificados pela publicidade e sua comunicação sintética superficial.

3.3 DESIGN PROCESSO: INTERDISCIPLINARIDADE PARA A EPISTEMOLOGIA

Projetar é definir as melhores configurações de aplicação técnica para transformar conceitos (necessidades e ideias) em artifícios ou artefatos. Design é a atividade que sintetiza conhecimentos diversos para a configuração artificial. Segundo Bonsiepe (2011), essa interdisciplinaridade torna a elaboração de uma epistemologia tarefa complexa e o termo aberto a flutuações conceituais por se apoiar em outras áreas do conhecimento. Projeto é a interface entre a ideia e a técnica, entre as ciências e as tecnologias de produção, uma síntese técnico-científica conduzida com Arte:

(...) o ensino do projeto nunca atingiu padrões igualáveis aos do ensino de ciências. (...) Enquanto as ciências enxergam o mundo sob a perspectiva da cognição, as disciplinas de design o enxergam sob a perspectiva do projeto. (BONSIEPE, 2011, pág. 18-19)

A massificação da produção e do consumo multiplicou a percepção do Design e promoveu a utilização do termo como diferencial estratégico capaz de proporcionar transformações socioculturais através da ubiquidade artificial. O Projeto, enquanto proposta tecnológica, é configurado entre os métodos, instrumentos, recursos, processos de fabricação e o uso, definidos de acordo com interesses sociais, necessidades reais ou estratégias corporativas. Portanto, os métodos de design contemporâneo devem contemplar a percepção local, regional, global e confirmarem sua responsabilidade, seu compromisso diante do mundo artificial que disponibilizam. A reflexão e os questionamentos acerca do âmbito, dos atributos e sobretudo as críticas ao artificial enfatizam essa necessidade e norteiam a construção epistemológica da atividade projetiva.

A essência do Design é a aplicação tecnológica e, portanto, intrinsecamente associada à percepção da natureza, interpretação das demandas sociais (usuários), materiais, processos, condições técnicas e cognitivo-criativas dos projetistas. O reconhecimento da Natureza como fonte essencial tem pautado os avanços científicos, mas a identificação das Ciências e Tecnologias disponibilizadas pela Biosfera contribuiriam para a Epistemologia do Design através da Biomimese?

Para definir uma epistemologia própria para o Design, devemos considerar a aplicação da tecnologia como princípio: todos os métodos efetivos de Projeto são processos de transformação de características ou funções desejáveis percebidas no mundo físico em abstrações, idealizações conformadas em artefatos. O Design

deve impactar a realidade, incrementar a criatividade, multiplicar possibilidades. Para transferir as ideias mimetizadas à matéria é necessário desenvolver técnicas, tecnologias e métodos de aplicação. O Design é, portanto, uma síntese mimética para a aplicação tecnológica tanto de elementos naturais quanto artificiais.

3.4 DESIGN, INVESTIGAÇÕES PRÓ-MIMESE E EPISTEMOLOGIA

Por conta da necessária interdisciplinaridade, a atividade projetiva será sempre descrita como aquela que concilia interfaces, intermediária entre o profissional projetista, as ciências, os materiais e processos técnicos necessários à produção. Diversas outras atividades seguem métodos semelhantes aos de projeto: dessa maneira, Design e Método são conceitos interdependentes, intrínseca e fundamentalmente interligados.

Os métodos em Design, segundo Bonsiepe (2012), são similares aos das ciências exatas. Munari, no sugestivo “Das Coisas nascem Coisas” (2009), apresenta um modelo de método para produção de artefatos descrito por etapas aplicáveis a tipos diversos de atividade (figura a seguir). O método genérico de projeto segue uma sequência de fases dependentes, consequentes, que permitem avaliações ao longo do processo e analogias com procedimentos de outras áreas do conhecimento:

Figura 17 - Método comum, sequencial e genérico, aplicável a processos diversos.



Fonte: Adaptado do livro “Das coisas Nascem Coisas”, Munari (2009).

A sequência linear representa o modelo hierárquico centralizado das metodologias comuns e hegemônicas de projeto. Segundo Bonsiepe (2012), a disposição centralizadora deve ser repensada, reformulada para mimetizar o modo natural, cooperativo, descentralizado, para corresponder às emergências da realidade global. A mudança de configuração para modelos interativos, interdependentes (ao modo ecossistêmico), também é defendido por projetistas de outras áreas do conhecimento. No contexto do modelo industrial comum, que replica a lógica cartesiana sistematicamente na hierarquia linear (BONSIEPE 2012,

MUNARI 2009, CAPRA), os processos criativos são condicionados pela capacidade técnica. Além disso, os modelos e as metodologias de projeto hegemônicos estão comprometidos com interesses particulares (corporativos) que colocam em risco a sustentabilidade do meio natural através da saturação artificial gerada pelo consumo (BONSIEPE, 2011; KAZAZIAN, 2009; PAPANEK, 2006). A conscientização de um planeta limitado impõe a adoção de um novo paradigma capaz de emular os sistemas biológicos cuja maneira de produzir é descentralizada, conjunta, integrada, contínua e sincrônica.

A analogia entre um modelo básico de metodologia para projetos em Design e os levantamentos taxonômicos da Biologia orientados para identificação de soluções evolutivas demonstram similaridade de organização entre hierarquias de informações. No caso biológico, existem protocolos de abordagem das espécies definidos convencionalmente para verificar e identificar a presença ou ausência de determinadas características, que partem da percepção geral para a específica. Partimos da ideia fundamental genérica (ou problema proposto) para aquelas especificidades que solucionam de maneira adequada as demandas pré-definidas.

Entre as abordagens metodológicas que reafirmam a dependência do artificial ao seu suporte natural, a Biomimética é a mais integrativa porque estimula a percepção das estratégias naturais como requisitos de Projeto. Os princípios biomiméticos promovem a observação, investigação, compreensão, preservação, restauração e respeito profundo à Vida em suas mais diversas manifestações. A essência da biomimese é a aplicação dos conhecimentos disponíveis da natureza para a Sustentabilidade no sentido amplo (CAPRA, 1982,1996; BENYUS, 2011; BAR-COHEN, 2006; BRUSHAN, 2009).

O Design deve assim possuir epistemologia fluida, interligada a conhecimentos diversos para a devida repercussão tecnológica: suas atribuições devem conduzir ao conhecimento da Natureza como fonte científica e às mimeses como ferramentas abstrativas, conceituais, artificiais do planejamento projetivo.

3.5 MIMESE COMO MÉTODO E MÉTODO POR MIMESE

As mimeses são processos criativos e ferramentas de modelagem utilizados em diversas áreas de conhecimento. É possível percebê-las nas mais simples e complexas tarefas, da observação empírica ao conhecimento científico mais profundo. O método mimético integra um conjunto coordenado de conhecimentos

prévios para atingir um fim desejado ou previsto. Embora existam diversos métodos para as atividades humanas, o processo mimético é percebido como instrumento de Design por excelência:

Derivado do grego “métodos”, método passou a significar, a partir da consolidação da ciência moderna, caminho para se chegar a um fim; conjunto de ações com as quais se pretende atingir um objetivo; programa que regula previamente e controla a execução de uma série de operações que devem ser realizadas de modo a evitar erros. Aplicação sistemática de protocolos e técnicas. O termo surge com Aristóteles, significando investigação ou simplesmente física. No senso comum, entende-se método como um modo de proceder, uma maneira de agir. (CIPINIUK, 2006)

Segundo essas premissas, o processo ou método mimético pode ser compreendido como atividade cognitiva inerente, reflexão, inteligência, estratégia e técnica de interação com ambientes, seres e linguagens.

Qualquer objeto projetado tem recurso necessariamente a um repertório existente, pois o projetista está imerso em um caldo cultural que inclui todas as influências às quais já foi exposto, filtrados por sua memória. (CARDOSO, 2012)

Também nos permite identificar, abstrair, codificar e assim evoluir artificialmente através de instrumentos, ferramentas e novos conhecimentos aplicados à produção.

(...) atualizar a relação da *mímesis* com a *tékhne*, substituindo *tékhne* por Design, nos permite operar com um conceito que, pela sua riqueza de possibilidades, pode ser usado para a interpretação e entendimento de diversas questões (...). Quando pensamos que campos como a Biônica e a Cibernética (...) atuam de forma mimética ao transferirem conhecimentos da Biologia para diversas áreas do conhecimento, incluindo o design, a compreensão do conceito de *mímesis* cresce em importância. (SILVA, 2013)

3.6 MIMESE TECNOLÓGICA: TECNOMIMÉTICA

As mimeses, segundo Sócrates (séc. V a.C.), tendem a aperfeiçoar os modelos que copiam por consequência da constante reconfiguração de características desejáveis (OLIVIERI, 2002). No caso da evolução técnica, percebemos que os desdobramentos da experiência empírica, as reelaborações dos artefatos e a ressignificação dos conceitos aprimoram o meio artificial através do desenvolvimento das ideias, da reformulação das abstrações e assim multiplicam as possibilidades de avanços. As primitivas interferências sobre a Natureza tinham por objetivo satisfazer as necessidades básicas dos indivíduos e seus grupos sociais, posteriormente transformadas em demandas complexas. À medida que evoluímos em conhecimento e tecnologias, surgiram novas categorias que extrapolaram as necessidades para aspectos subjetivos, espirituais, na forma de aspirações (LÖBACH, 2001; MORAES, 2008; BONSIEPE, 2011).

As categorias resultantes dessa percepção exigem novas abordagens de projeto, novos paradigmas a estabelecer. Cada modelo produtivo refletirá não apenas a ideologia ou tecnologia disponível, mas sobretudo os interesses e aspirações da sociedade (ou daquelas classes dominantes) no momento histórico relacionados às ideologias. O modelo hegemônico se pauta no mercado de consumo e por isso impõe novas práticas, valores e crenças como a competição, o lucro, formação de massa consumidora, produtos em escala e o discurso fundamentado em indicadores econômicos. A ideologia de progresso e modernidade se tornou hegemônica, tanto em nível social, quanto político-econômico, ditando regras para a globalização do mercado. As metrópoles formadas próximas a ambientes produtivos replicam o modelo artificial e suas ideias através dos artefatos e estes influenciam iniciativas sócio-políticas (HESKET, 2008; MORAES, 2008; KAZAZIAN, 2009).

A mimese do artificial (ou mimeses de mimeses) desencadeou uma proliferação de artefatos que pretendem satisfazer tanto necessidades quanto aspirações humanas, por vezes confundidas ou conduzidas segundo interesses que comprometem a Ética. O Consumo de determinados produtos é propagado como ideal de felicidade, realização individual e sucesso (KAZAZIAN, 2009; BONSIEPE, 2011; PAPANEK, 2006), por isso o 'Consumo Consciente' se tornou pauta nas discussões sobre a Sustentabilidade. O modelo industrial transformou o comportamento humano para sempre, tanto elevando riscos devido ao impacto sobre o meio natural, quanto revelando utopias e distorções. A ação antrópica é apontada como principal ameaça ambiental por mimetizar e auto mimetizar sistematicamente modelos de ideologias insustentáveis (ARTAXO, 2004; KAZAZIAN, 2009; BONSIEPE, 2011; PAPANEK, 2006). Restaurar as condições favoráveis à Vida no planeta para os padrões adequados exige uma abordagem interdisciplinar que conduz à percepção holística, ecossistêmica, capaz de imitar o modo como a Biosfera e suas formas de vida se sustentam integralmente (CAPRA, 1982, 1996; BENYUS, 2011).

É necessário reconsiderar a natureza como inspiração em todos os níveis de produção, para que volte a ser compreendida como realidade primária da qual dependemos para sobreviver como espécie e evoluir como seres. Através dos conceitos, das descrições miméticas, da evolução artificial e das estratégias de sobrevivência adotadas pela biodiversidade, percebe-se que as inovações

favoreceram a evolução biológica, inclusive da espécie humana. Impomos nossa capacidade técnica sobre o planeta como estratégia mais viável, enquanto adaptável, através de artefatos que nos tornaram mais fortes, longevos e numerosos. Evoluímos com os objetos e estes por meio das ‘mimeses de mimeses’.

Assim, hoje temos dispositivos que criam, projetam e operam máquinas através de inteligência artificial (AI), linguagens de software, códigos dedicados, próprios, em um ambiente ou ‘universo paralelo’ virtual, onde tudo subsiste apenas potencialmente, nada é material, embora dependa de um aparato físico para ser ‘realizado’. É a Tecnosfera em sua manifestação mais extrema.

4 INDÚSTRIA

4.1 INDÚSTRIA: MIMESE E REPLICAÇÃO ARTIFICIAL

4.1.1 Processo de Industrialização

O processo de instalação do modelo industrial envolve a cooperação de fatores ideológicos, técnico-científicos, econômicos e movimentos socioculturais. No contexto da Renascença e do Iluminismo, a separação entre a Ciência, a Fé e o Estado, ainda no século XVI, serviu como justificativa para a exploração de novos mercados e o Colonialismo. Valores e crenças foram massificados através de artefatos que descreviam ideais compartilhados, propagados, patrocinados e protegidos pela nova classe burguesa, liberal, mercantilista. A percepção técnica evoluiu do empirismo e se apoiou no conhecimento das leis da natureza, caracterizada por abordagens e metodologias fundamentadas na confirmação científica. O surgimento da indústria na Inglaterra - por volta de 1750 - resultou do avanço técnico patrocinado e imposto pela classe mercantil (enriquecida pela colonização e exploração do Novo Mundo), da oferta de matéria-prima e um crescente contingente produtor-consumidor (OLIVIERI, 2002; MORAES, 2008; BURDEK, 2006).

No início - apesar do discurso utópico que propagava uma era de abundância e barateamento dos bens de consumo multiplicados mecanicamente - os produtos industriais causaram estranhamento e alguma repulsa por trazerem a 'marca' das máquinas, além de consequências sociais questionáveis. Embora fosse descrita como uma nova maneira de produzir, alguns de seus métodos já eram utilizados em etapas do modo artesanal. Inicialmente comparada e questionada em relação aos atributos artesanais ou manufatureiros pela precária precisão mecânica, a qualidade industrial foi criticada através dos movimentos 'Arts and Crafts' e 'Art Nouveau', depois absorvidas, superadas pelo 'Werkbund' (RIBEIRO, 2012; MORAES, 2008; BURDEK, 2008).

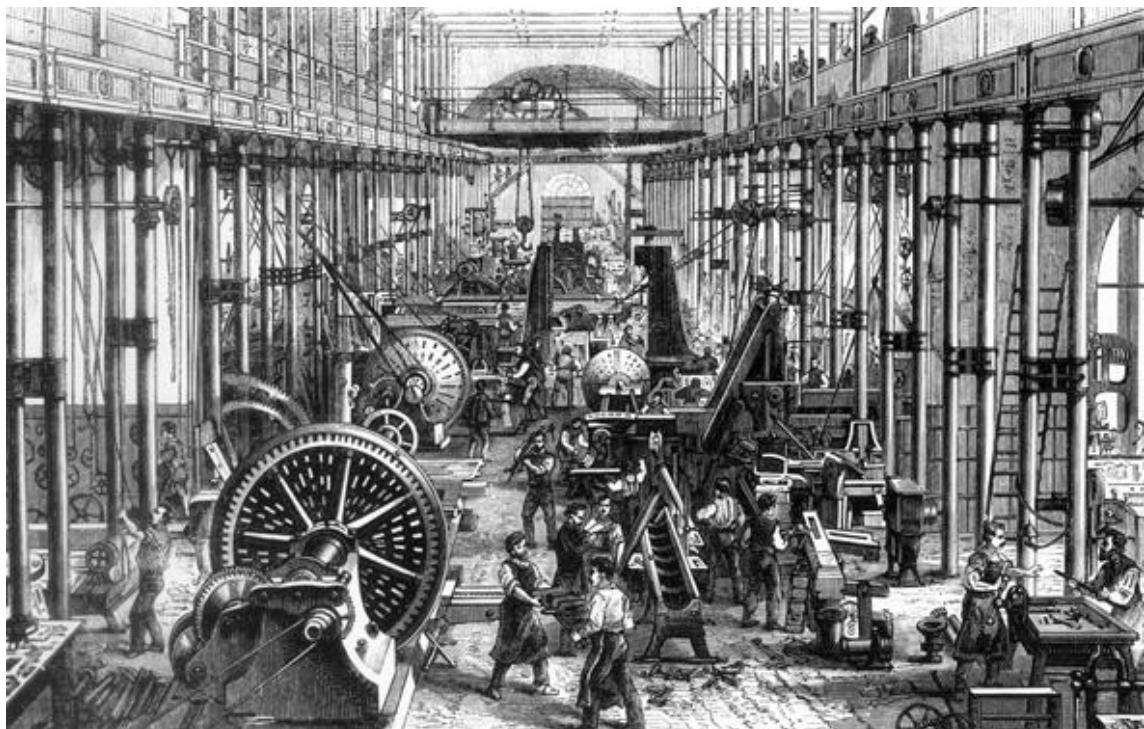
(...) para obter um entendimento mais completo dos caminhos percorridos pela industrialização, devemos retornar próximo ao período medieval, (...) nas cidades mais ricas e desenvolvidas da Europa Ocidental, onde, para satisfazer as exigências da corte, do clero e dos ricos mercantes, foram criados diversos laboratórios que desenvolviam, em nível artesanal e limitado, uma variada gama de utensílios de uso doméstico, (...) Dessa forma, tivemos conhecimento dos primeiros modelos de produtos reproduzidos em série pelo método artesanal. (MORAES, 2008; pág. 23)

O novo modelo propunha agregar e sistematizar processos produtivos diversos através da racionalização das tecnologias advindas do desenvolvimento

científico que tornaram possível a produção, e sobretudo, a reprodução mecanizada de artefatos. (MORAES, 2008; BURDEK, 2006). As principais dúvidas eram sobre a qualidade, a estética e utilização de matéria prima, pois eram objetos oriundos de outros objetos: produzidos em máquinas e não por mãos humanas. Posteriormente, as críticas foram direcionadas às novas relações de emprego, gradativa alienação, distanciamento do artífice da sua ‘criação’, poluição e exaustão ambiental. Com as melhorias na padronização e mecanização, o modelo se consolidou e os questionamentos passaram a outros aspectos, como distúrbios psíquicos ou a qualidade de vida nas cidades industrializadas (MORAES, 2008; KAZAZIAN, 2009; BURDEK, 2006).

Apesar das idiossincrasias, a Indústria gerou uma Revolução que transformou rápida e irreversivelmente a maneira de viver e ser dos indivíduos nas metrópoles, por condicionar a visão de mundo à quase infinita capacidade multiplicadora das máquinas. A relação entre necessidade, utilidade, satisfação, aspirações, os artefatos e as pessoas alterou-se profundamente (MORAES, 2008; TOFFLER, 2006). A percepção da natureza se tornou codificada, intermediada por artefatos gradativamente mais numerosos e sofisticados: o condicionamento artificial, gerou assim outra dimensão nas relações com o mundo sensível. Objetos que substituíram, potencializaram capacidades físicas e cognitivas do Homem (FLUSSER, 2007; BONSIEPE, 2011; CARDOSO, 2013) e provocaram o afastamento da sua própria essência e da Natureza. Uma nova relação que o transformou em um ser artificial, industrializado (FLUSSER, 2007; BONSIEPE, 2011). Os primeiros registros do novo modelo de produção indicam como a técnica, a ciência, o progresso e a modernidade foram usados como justificativas para a imposição do novo sistema, no qual a mecanização exigia mão de obra ‘capacitada’ em série, capaz de alimentar, em vários sentidos, as máquinas:

Figura 18 – Registros iniciais da Revolução Industrial: Sala das Máquinas na Fábrica Chemnitz, de Richard Hartmann (1868)



Fonte: germanhistorydocs.ghi-dc.org/sub_image.cfm?image_id=1257

Figura 19 - Crianças trabalhando em teares



Fonte:
www.thinglink.com/scene/356446013801627649

Figura 20 - Crianças operárias reunidas



Fonte:
www.thinglink.com/scene/599958340222582784#

A condição artificial imposta, multiplicada mecânicamente e automaticamente, causou uma ruptura na percepção. Os artefatos que substituíram as capacidades individuais, os corpos e os sentidos colocaram camadas artificiais entre os humanos e a realidade natural. Assim, a espécie humana vem perdendo a sensibilidade, o domínio dos sentidos que eram vitais em tempos remotos:

(...) quem muito se especializa corre o risco de não conseguir interagir com o ambiente (...). São processos como estes, que duram milhares de anos, que levam à extinção de muitíssimas espécies de animais e plantas não integrados com o ambiente que habitam. Consideração curiosa é aquela de pensar como o homem está perdendo o uso dos próprios

sentidos a uma velocidade vertiginosa e, ainda mais curioso é associar isto ao nascimento da civilização industrial e à exasperação dela mesma. (DI BARTOLO, 2003)

A indústria se tornou o veículo mais contundente de transformação cultural dos últimos três séculos devido à massificação, sobretudo dos códigos informados através de produtos. Por outro lado, a influência artificial permite reformular a Cultura e transformar a sociedade através dos artefatos (CAPRA, 1982,1996; KAZAZIAN 2009; FLUSSER 2007; CARDOSO 2012; BENYUS 2011; PAPANEK 2006). Se considerarmos essas características e fatores desde suas origens até o estabelecimento efetivo do modo industrial, podemos definir o Design - enquanto interface entre a sociedade e o aparato artificial - como a ferramenta mais importante para a proposição de um novo modelo técnico-cultural:

Numa época de produção em massa, quando tudo deve ser planejado e projetado, o design se tornou a ferramenta mais poderosa com a qual o homem molda suas ferramentas e ambientes (e, por extensão, a sociedade e ele mesmo). Isso exige alta responsabilidade social e moral do designer. (PAPANEK, 2006)

A atividade de projetar foi, portanto, fundamental para a indústria, antes, durante e após sua implantação. O Design se confirma como proposito técnico-cultural capaz de intensificar a adoção do modelo bioinspirado através da ubiquidade técnica.

4.1.2 Metodologias e Ideologias: Modelos Questionáveis

Segundo Toffler (2010), cada sociedade desenvolve códigos ocultos que descrevem um 'desenho repetido' ou conjunto de regras, princípios, diretrizes inter-relacionados que permeiam todas as atividades e são capazes de programar o comportamento de milhões. "Enquanto o industrialismo avançava através do planeta, tornou-se visível o seu singular desenho oculto" (TOFFLER, 2010 pag. 59). Uma ordem descrita que afeta aspectos da vida, do sexo e dos esportes, ao trabalho e à guerra. Ordenamento que surge naturalmente da desunião entre a produção e o consumo, perceptíveis na diferença entre os princípios ideológicos da revolução agrária e da industrial. Seriam eles:

- Padronização
- Especialização
- Sincronização
- Concentração
- Maximização
- Centralização

Estes aspectos inscritos nos processos industriais imprimiram, marcaram a psiquê dos indivíduos e consequentemente dos grupos sociais. A concepção newtoniana-cartesiana descritas nas ciências e tecnologias resultantes, disseminadas massivamente pelo modelo e cultura industriais, também proporcionou a multiplicação do conhecimento através dos métodos racionais de pesquisa e produção.

O modelo industrial promoveu a associação às Ciências como fundamental, aprimorou tecnologias que multiplicaram, expandiram, sofisticaram e intensificaram os processos de produção (TOFFLER, 2010). Todavia, tal relação também se tornou instrumento, legitimado por ideologias hoje questionadas, para a exploração da Natureza e dos seres, inclusive do homem. A ideologia descrita através do avanço técnico-científico propagou a utilização da natureza como fonte da exploração de recursos sem constrangimentos éticos. A modernidade, o progresso ou desenvolvimento que o modelo industrial passou a representar tem cobrado um alto preço socioambiental desde sua implantação. O homem artificializado se percebe como independente ou superior ao meio natural e isso repercute na maneira como trata a biosfera, as outras espécies, a si, a seus semelhantes e, finalmente, a própria Vida.

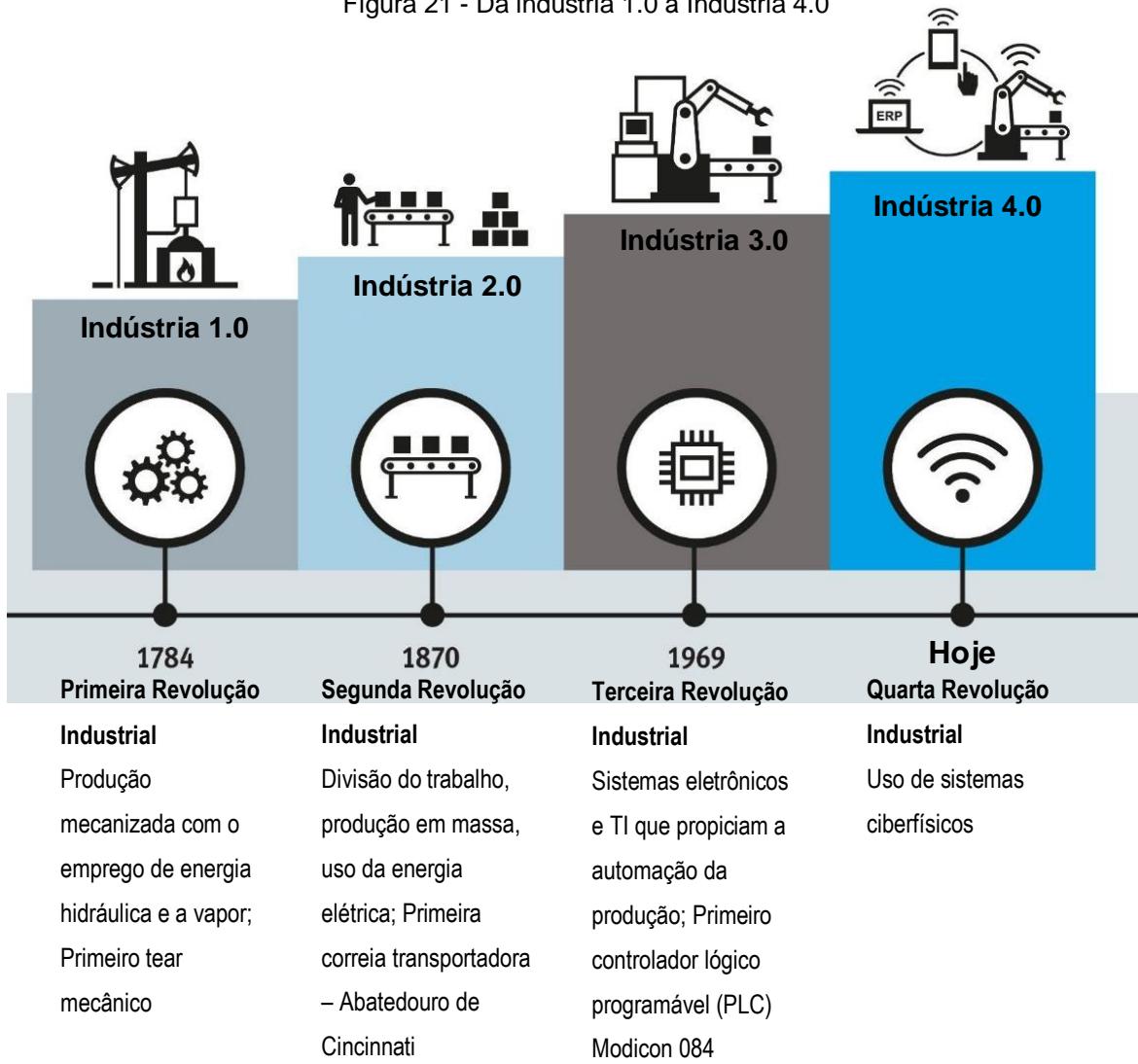
Durante a revolução científica no século XVII, os valores eram separados dos fatos, e desde essa época tendemos a acreditar que os fatos científicos são independentes daquilo que fazemos (...). Na realidade, os fatos científicos emergem de toda uma constelação de percepções, valores e ações humanas — em uma palavra, emergem de um paradigma — dos quais não podem ser separados. Embora grande parte das pesquisas detalhadas possa não depender explicitamente do sistema de valores do cientista, o paradigma mais amplo, em cujo âmbito essa pesquisa é desenvolvida, nunca será livre de valores. Portanto, os cientistas são responsáveis pelas suas pesquisas não apenas intelectual, mas também moralmente. (CAPRA, 1996)

A ideia de progresso imposta pela indústria passou a ser questionada na medida de seus impactos. O discurso do ‘desenvolvimentismo’, das conquistas tecnológicas, tem sido revisto com desconfiança devido ao comprometimento ambiental, insegurança social, limitações e restrições ao conhecimento especializado disseminado através do Modelo. Entretanto, a comprovação científica, que serviu eventualmente aos interesses do mercado, hoje é o principal instrumento e argumento que confirma a necessidade da adoção de um novo paradigma projetual. As dicotomias realçadas pelo método cartesiano — que por séculos influenciou a ciência e comprovou as leis que auxiliaram cientistas em campos diversos - devem ser associadas, integradas à percepção holística,

complexa, sistêmica (CAPRA, 1982, 1996; KAZAZIAN, 2009, MOLINA, 2003; BONSIEPE, 2012).

A evolução da complexidade industrial, comparada ao desenvolvimento do Design, indica que as tecnologias influenciam a percepção e a aplicação do conhecimento: a tecnologia utilizada em um determinado período proporciona avanços na fase posterior:

Figura 21 - Da indústria 1.0 à Indústria 4.0



Fonte: www.aberdeen.com/opspro-essentials/industry-4-0-industrial-iot-manufacturing-sneak-peep/ (Adaptado pelo autor)

Os princípios cartesianos-newtonianos contribuíram para o desenvolvimento científico, para o conhecimento da natureza e elevaram o grau de complexidade das pesquisas. Porém, contraditoriamente, o modelo industrial intensificou o distanciamento, a alienação entre o homem, seu aparato físico e tudo que o envolve, inclusive o meio artificial. Com o refinamento da Ciência através das

descobertas Quânticas e da Relatividade, a influência cartesiana foi incorporada aos princípios holísticos e orientada para a integração sistêmica. O paradigma da Sustentabilidade fundamentado cientificamente, impôs a perspectiva integrativa como modelo universal e, portanto, aplicável a todas as necessidades humanas (CAPRA, 1982, 1996; BENYUS, 2011, MOLINA, 2003).

As tecnologias da informação promoveram novas configurações de comunicação que proporcionaram a distribuição descentralizada do poder de decisões e transformaram novamente as relações sociais, o modo de viver e de produzir. A percepção social gerada pela revolução digital provoca reações positivas e influencia na adoção de novos modelos produtivos, embora as corporações ainda não demonstrem interesse genuíno em preservação como requisito de projeto. Vislumbramos que a descentralização gerada pelas tecnologias informacionais servirá para multiplicar a percepção e a aplicação de conhecimentos para promover a Sustentabilidade. A Biomimética pode contribuir para remodelar e redesenhar as sociedades através da modelagem técnica dos sistemas de produção e reformular suas diretrizes segundo princípios sistêmicos (VASSÃO, 2010; FLUSSER, 2007).

4.1.3 Modelo Industrial e Desenvolvimento Sustentável

Os fatores que proporcionaram o surgimento da indústria estão relacionados a uma perspectiva de abundância de recursos, ideologias orientadas para a supremacia da espécie humana sobre a natureza e a expansão do mercado:

- a) Concentração de capital, gerada pelo mercantilismo das metrópoles centrais;
- b) Desenvolvimento de geradores de força motriz a vapor para a geração de energia (substitutas das forças da natureza: ventos, quedas d'água, animais - característica das sociedades campesinas na produção artesanal);
- c) Substituição de mão-de-obra por meios mecânicos, máquinas e engenhos;
- d) Desenvolvimento dos meios de transporte e mudança na relação com o tempo, o espaço e outros aspectos da existência;
- e) Mudança na organização social e relações de trabalho.

OLIVIERI (2001, págs. 10-11)

A concentração de capital e população em determinadas regiões originou processos de especialização, produção mecanizada e automatizada com repercuções na estrutura social, a saber:

- Fenômeno da Reificação ou Alienação;
- Transformação da família extensa em nuclear e posteriormente em polinuclear;
- Contradição e conflito entre os interesses do capital e do trabalho, que deram origem aos movimentos operários e sindicais;

Esses fatores e condições provocaram um comprometimento progressivo da natureza à medida que o modelo industrial se estabeleceu e consolidou. A ideologia e a cultura produtiva impuseram um ritmo que tem submetido o meio natural à exaustão generalizada através da extração de recursos não renováveis e da poluição (KAZAZIAN, 2009). Diante dos acidentes, desastres ambientais e crises geradas pela exploração desenfreada da Biosfera, desde meados do século XX estudos em diversas áreas do conhecimento têm alertado para um possível colapso planetário caso o modelo produtivo e de consumo continuem na progressão hodierna.

O relatório ‘Limits of Growth’ de 1972, seguido de outros semelhantes (como o Brundtland de 1987), trouxe dados que revelaram não apenas a fragilidade do sistema natural, mas a necessidade de mudanças no paradigma e alternativas para mitigar o problema. Atualmente o tema ecológico-sistêmico se tornou um discurso que agrupa engajamento ideológico, político, valor cultural aos produtos, marcas, empresas e nova percepção das gestões governamentais, inclusive sobre a reputação dos países no cenário internacional. O rápido acesso à informação tem elevado o nível de interesse e de consciência relativos ao assunto.

Nesse contexto, as propostas biomiméticas visam reaproximar a concepção artificial ao modo natural de produzir. Janine Benyus, em seu livro “Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza” (2012) descreve pesquisas e esforços científicos em diversas partes do mundo para encontrar soluções viáveis e aplicações inspiradas nas inter-relações naturais. Pesquisas referentes à maneira como produzimos alimentos, remédios, desenvolvemos materiais e artefatos, até o modo como administrarmos empresas são analisadas sob a perspectiva biológica. Embora essa seja uma atitude louvável e sobretudo necessária, apenas a

inspiração natural não tem sido suficiente para solucionar as implicações do atual modelo.

A bioinspiração é aplicada geralmente de três maneiras ou a partir de:

- a) características morfológicas superficiais, diretamente verificáveis através dos sentidos, dispositivos e instrumentos artificiais;
- b) características funcionais complexas, também informadas na composição físico-química e investigadas segundo métodos científicos analíticos;
- c) características reconhecidas, pesquisadas, descritas em taxonomias e artefatos da cultura material;

Bar-Cohen (2006), Broeck (2006) e Bhushan (2009) afirmam que as aplicações bioinspiradas se especializam à medida que o conhecimento também se refina e evolui por um processo de aprendizado constante. As mimeses que adotamos ao longo do desenvolvimento tecnológico nos artificializaram a ponto de nos alienarem da essência natural. Agora, redescobrindo as maravilhas da natureza, recorremos à sua Sabedoria essencial para solucionar nossas dificuldades artificiais generalizadas através da produção massificada e reconduzir aos princípios do Desenvolvimento Sustentável (DS).

4.2 INOVAÇÃO COMO EVOLUÇÃO: A REVOLUÇÃO BIOMIMÉTICA

As inovações são aplicadas aos processos da produção industrial segundo métodos das engenharias, análogos aos das ciências exatas (BONSIEPE, 2011; MUNARI, 2009; LÖBACH; 2001; BURDEK, 2006; HESKET, 2008; BENYUS, 2012). A utilização do Design como ferramenta de inovação ficou vinculada à estética formal, sem incrementos efetivos na qualidade, eficácia, eficiência e evoluções tecnológicas dos produtos (PAPANEK, 2006; BONSIEPE, 2011; MORAES, 2008). As emergências planetárias impõem a adoção de novos paradigmas capazes de reformular o modelo de sociedade a partir das suas ideologias de desenvolvimento agora questionadas (PAPANEK, 2006; KAZAZIAN, 2009; BONSIEPE, 2011). O planeta e os sistemas vivos da Terra demostram sinais de esgotamento que colocaram o industrialismo em discussão: conceitos como ecologia, ambientalismo, holismo, sustentabilidade e termos correlatos se tornaram recorrentes em debates que questionam o modelo de desenvolvimento atual.

A Biomimética representa uma síntese dos princípios integrativos naturais. Ao colocar a Biosfera principalmente como mentora, a mimese bioinspirada pretende ‘devolver’ ao homem artificializado a sua essência integral de ‘ser’ natural, não alienado artificial, cuja responsabilidade envolve o modo de viver e utilizar os recursos do planeta. A biomimese promove uma cultura de reafirmação da natureza como Guia e condutora sistemática do Projeto por considerar, além da morfologia e demais atributos físicos dos produtos, as inter-relações, interações ecológicas. A inspiração natural proporciona a re-humanização e a ‘re-vitalização’ das tecnologias.

A principal contribuição da Biomimética para o modelo atual é justamente a restauração de uma cultura que recoloca a natureza e o respeito à vida como guias anteriores aos apelos econômicos, tecnológicos ou estratégicos no contexto do Mercado de Consumo. Embora os produtos bioinspirados sejam exemplos de sucesso, é necessária cautela para não os reduzir a critérios meramente mercadológicos que, assim como os termos ‘design’ e ‘tecnologia’, serviram para justificar a concepção de artefatos sem o devido respaldo Ético ou técnico-científico.

Benyus (2012) ressalta que a mimese precisa ser consciente, pois mimetizar sem ter consciência dos objetivos é causa de desastres em projetos. Por isso sugere uma revolução: uma nova cultura na qual se explore o conhecimento disponibilizado pela natureza e não apenas seus recursos (BENYUS, 2011). Cita ainda as revoluções agrária, científica, industrial que nos fizeram ‘revirar a terra’, a petroquímica e a genética como exemplos tecnológicos que ‘nos retiraram da órbita terrestre’, capacidades técnicas de manipulação que colocam os humanos entre ‘deuses’, ‘distantes de casa’. No entanto volta a conscientizar que ‘não escapamos da força gravitacional da vida’, permanecemos sob o jugo ecológico:

Nesta altura da história, em que vislumbramos a possibilidade real de perdemos um quarto de todas as espécies vivas nos próximos 30 anos, a biomimética torna-se mais que uma simples maneira de ver a natureza. Ela se torna uma corrida e um meio de salvação. (BENYUS, 2012, pag. 17)

Designers e projetistas de outras áreas reconhecem que a estratégia mais eficaz para a mudança de paradigma será através da aplicação tecnológica, uma vez que as tecnologias são permeadas por ideologias. Capra (1996), Papanek (2006), Bonsiepe (2012), entre outros, indicam a metodologia sistêmica como crucial para a necessária transformação cultural e a Sustentabilidade.

5 BIOMIMÉTICA

5.1 ORIGENS

A utilização da Natureza como fonte de recursos e/ou modelo criativo é ancestral - tão antiga quanto o surgimento da espécie humana - fundamental na experiência artificial, evolução científica e sociocultural (ARRUDA 2003, BENYUS 2011, BAR-COHEN 2006, BHUSHAN 2009, BROECK 2003). A '*physis*' ou realidade física original era o meio natural por seus elementos, formas de vida e transformações dinâmicas: explorado como reserva inesgotável e ambiente capaz de suportar a interferência antrópica:

Nossa capacidade de compreensão de fenômenos naturais está condicionada por nosso desenvolvimento científico e tecnológico. (...) Em termos gerais, a compreensão da natureza é um processo dialético como no avanço da ciência: a observação do mundo que nos rodeia incide na criação da ciência e tecnologia, que por sua vez geram posturas e instrumentos que permitem uma melhor compreensão de fenômenos naturais. (BROECK 2003)

Com o desenvolvimento técnico-científico, tal manipulação foi modificada irreversivelmente através de ideologias e valores subjetivos: vários fatores influenciaram esse processo que repercutiu em ganhos ou atrasos socioculturais ao longo da História (FLUSSER, 2007). É evidente que o nível de conhecimento condicionou o grau de interferência e à medida que as ciências e tecnologias foram aprimoradas, o domínio sobre a realidade natural e artificial se multiplicou, intensificou e mimetizou (BROECK, 2003). O conhecimento técnico-científico atual permite manipular os elementos em níveis quânticos e os seres em seu código genético, contudo, tal poder gera críticas e preocupações éticas acerca das reais necessidades e interesses sobre os recursos da biosfera (MOLINA et all, 2003).

Todavia, essas razões ou condições não devem ser interpretadas como únicos limites para as aplicações tecnológicas: deve-se questionar as ideologias descritas nos modelos de desenvolvimento, sobretudo aqueles corporativos e hegemônicos (BENYUS, 2012; CAPRA, 1982, 1996; BONSIEPE 2011, PAPANEK 1970). O risco de esgotamento de recursos naturais não renováveis e a extinção de espécies ganharam importância nas últimas décadas porque comprometem a viabilidade (lucratividade) do modelo produtivo e até a sobrevivência humana (KAZAZIAN, 2009).

Figura 22 - Biodiversidade: formas de vida diversas e interdependentes



Fonte: www.the-scientist.com/features/biodiversity-41862

Isso pode ser comprovado através das iniciativas pontuais de preservação e proteção de espécies com valor comercial, declaradamente dirigidas por razões econômicas em diversos países ao longo da história (LE PRESTRE, 2000). A emergência de uma realidade precária em um planeta de recursos limitados, cuja natureza tem suportado impactos intensificados nos últimos séculos, desde a implantação do modelo industrial, revelou a necessidade de reformulação modelar ideológica-tecnológica.

Nesse sentido, a biomimese é a ferramenta que propõe reestabelecer a ligação entre o homem e a Natureza enquanto fonte de conhecimentos, modelo e medida para projetos ou condutora das decisões produtivas:

(...) ao procurarmos reassumir os procedimentos da natureza (*physis*), não a reproduziremos ou copiaremos simplesmente, mas a revelaremos de maneiras diversas. Em outras palavras, se a arte (*tékhne*) — que é mimética em sua essência — leva a cabo aquilo que a natureza (*physis*) não faz, a mímese deve ser entendida como acréscimo à natureza (...). E este acréscimo, sendo o algo a mais que garante à mímese ser ativa e criativa, também se encontra no design. (SILVA, 2013)

A primeira descrição e uso do termo é atribuída ao engenheiro biomédico Otto H. Schmitt que em meados do século XX investigava formas, processos, mecanismos e características naturais utilizáveis em aplicações tecnológicas (BENYUS, 2012; BAR-COHEN, 2006). Porém, uma técnica anterior denominada 'Biolônica' já aplicava tecnologias da natureza em artefatos de alta tecnologia (ARRUDA, 2002; BAR-COHEN, 2006; BROECK, 2003).

A Biomimética tem como objetivo principal aplicar na produção da cultura material (artefatos), elementos obtidos através da observação da natureza e dos seres vivos nela presentes, diferenciando-se, assim, da Biónica, cujo foco principal atualmente se encontra no campo de uma nova interpretação formal e funcional da natureza. (ARRUDA, 2002)

5.2 CONCEITOS

A Biomimética ('bios'= vida; 'natureza'; 'mimesis'= imitação, cópia) pode ser definida como a imitação da natureza para utilização em projetos. O sentido mais adequado do termo seria como Filosofia ou Ética de Projeto segundo princípios essencialmente naturais. Pode ainda ser descrita como método de aplicação de tecnologias disponibilizadas pela biosfera e interpretada como prática, ferramenta ou instrumento auxiliar metodológico que promove a integração dos conhecimentos biológicos para aplicações diversas (ARRUDA, 2003; BENYUS 2012; BAR-COHEN 2006; BHUSHAN, 2009).

Figura 23 - Janine Benyus



Biomimetismo ou a Biónica são abordagens tecnologicamente orientadas para aplicar as lições de design da natureza buscando solucionar os problemas do homem. Os estudos da Biomimética são embasados nas soluções naturais de projeto, decodificando geometrias e funcionamentos, na busca do melhor aproveitamento e do menor gasto de energia (BENYUS, 2012).

Fonte da imagem:
[www.thesunmagazine.org/
 issues/405/the-sincerest-form-of-flattery](http://www.thesunmagazine.org/issues/405/the-sincerest-form-of-flattery)

Figura 24 Yoseph Bar-Cohen



'Bionics' como termo para campo de estudo envolvendo copiar, imitar e aprender da biologia, foi inventado por Jack Steele da Força Aérea dos EUA em 1960, em uma reunião na Wright-Patterson Air Force Base em Dayton, Ohio. Otto H. Schmitt cunhou o termo Biomimetics em 1969 e este campo está cada vez mais envolvido com temas emergentes de ciência e Engenharia. (...) Esta nova ciência representa o estudo e a imitação dos métodos, projetos e processos da natureza (BAR-COHEN, 2006).

Fonte da imagem:
ndeaa.jpl.nasa.gov/nasa-nde/yosi/yosi.htm

Figura 25 Bharat Bhushan



A palavra biomimética apareceu pela primeira vez no dicionário de Webster em 1974 e é definida como "O estudo da formação, estrutura ou função de substâncias produzidas biologicamente e materiais (como enzimas ou seda) e mecanismos biológicos e processos (como síntese de proteínas ou fotossíntese) especialmente para fins de sintetizar produtos similares por mecanismos artificiais que imitem os naturais (BHUSHAN, 2009).

Fonte da imagem:
nlbb.engineering.osu.edu/

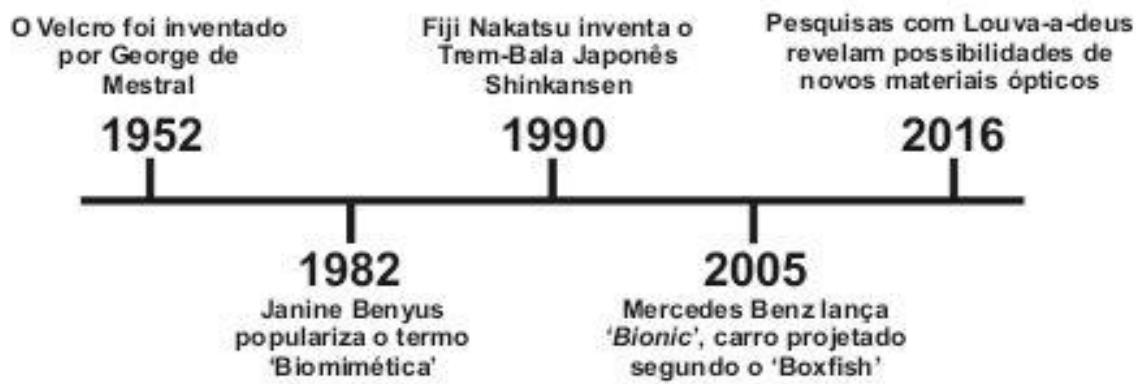
Enquanto área de pesquisa científica, a biomimese proporciona diversas vantagens para projetistas porque permite avaliações de projetos já ‘testados’ no meio natural durante eras, que comprovam diretamente a eficácia de suas soluções (BENYUS, 2012; BAR-COHEN, 2006; BROECK, 2003; ARRUDA 2002). Ademais, por ser área investigativa da complexidade biológica, sua aplicação comprehende multiplicidade de disciplinas e conhecimentos.

O campo da biomimética é altamente interdisciplinar. Envolve a compreensão de funções biológicas, estruturas e princípios de vários objetos encontrados na natureza por biólogos, físicos, químicos e cientistas de materiais, Design e fabricação de dispositivos de interesse comercial. (BHUSHAN, 2009)

Olhar para a natureza e observar como funciona, aprendendo suas formas de sobrevivência e meios de evolução (...) é, definitivamente, uma excelente solução para vários problemas que a sociedade atual se depara. Esta ciência tem o objetivo de integrar-se em áreas cuja criação humana está envolvida, como a engenharia, a arquitetura e o design, mas buscando ainda influenciar uma filosofia de autossuficiência em outras áreas industriais. (ARRUDA, 2002)

A biomimética propõe um retorno às nossas origens abstrativas e aos princípios, esquecidos ou abandonados durante nossa evolução artificial, que consideram toda a natureza como fonte da Vida e do conhecimento. A revolução biomimética (BENYUS, 2012) proporcionará uma mudança cultural que deve compreender a visão sistêmica, holística ou ecológica e, além de assegurar o futuro da biosfera, indicará uma nova maneira de produzir e administrar empresas.

Figura 26 - Principais eventos da Biomimética



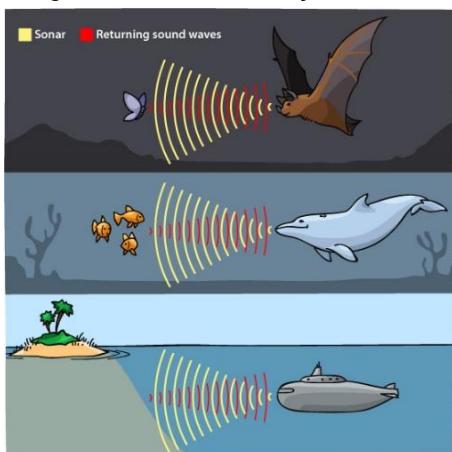
Fonte: Adaptado do artigo “From Shark Skin to Speed”, Revista Illumin (illumin.usc.edu/319/from-shark-skin-to-speed/fullView/)

Enquanto abordagem metodológica, a mimese bioinspirada aproveita soluções já investigadas ou verificáveis no meio natural com o objetivo de aplicá-las aos artefatos de maneira sistemática (BENYUS 2012, BAR-COHEN 2006, BROECK 2003, ARRUDA 2002). Para alcançar essa condição, a mimese é conduzida para além da forma e seus atributos, integrando a produção artificial com o modo de funcionar da natureza: são possibilidades de aplicações

praticamente infinitas devido à diversidade e à variedade das soluções naturais. Assim, partindo das formas ou modelos e suas características físicas notáveis, mensuráveis, a mimese natural também utiliza informações detalhadas que só o conhecimento científico mais apurado permitiu, como composição química, interdependência e interação sistêmica, comportamento de sociedades e ecossistemas.

Desde as mais simples às mais complexas, a utilização de elementos naturais em artefatos transformou as aplicações em inovações sofisticadas não percebidas inicialmente como originais ou presentes na natureza, consideradas assim tecnologias revolucionárias. O desenvolvimento do sonar é uma das aplicações biônicas mais emblemáticas devido ao uso inicial para fins militares, porém se tornou extremamente útil em sistemas de navegação e localização ao redor do planeta. Outro exemplo do potencial tecnológico é a hidrofobia da flor de lótus, que permite manter superfícies sempre limpas e enxutas, característica desejável em revestimentos diversos:

Figura 27 - Ecolocalização



Fonte:
www.teachengineering.org/activities/view/nyu_biomimicry_activity1

Figura 28 - 'Efeito Lótus': Hidrofobia



Fonte: www.mnn.com/earth-matters/wilderness-resources/photos/7-amazing-examples-of-biomimicry/lotus-paint

A biomimética é portanto, uma percepção multidisciplinar que pretende tornar o artificial mais próximo ao natural, como resposta à alienação entre Homem e a natureza, decorrente dos processos e tecnologias no modelo hegemônico atual. Para tanto, propõe reformular gradativamente o paradigma atual de produção - no qual a Indústria e o Design têm papel decisivo - para um novo modelo, fundamentado em princípios naturais (BENYUS 2011, BAR-COHEN 2006, BROECK 2003, ARRUDA 2002).

5.3 APLICAÇÕES

A utilização de tecnologias bioinspiradas depende dos objetivos de projeto, do nível de conhecimento e do grau de interferência pretendido. Algumas são apenas formais-estéticas, superficiais, orientadas para a aparência, a morfologia (perceptíveis diretamente) ou, mais profundas, detalhadas, complexas, associadas com a textura, composição química, geometria molecular, genética e inter-relações sistêmicas.

Figura 29 - Talheres biodegradáveis, Qiyang Deng (2016)



Fonte: cargocollective.com/qiyun

Figura 30 – ‘Trem-bala’ Shinkansen



Figura 31 - Martim-pescador (Família Alcedinidae)



Fonte (figuras 30-33): www.bbc.com/portuguese/geral-42193691?ocid=socialflow_facebook

Figura 32 - Penas da Coruja



Figura 33 - Pinguim-de-Adélia (*Pygoscelis adeliae*)



A biomimese é assim reconhecida como uma proposta revolucionária capaz de satisfazer tanto os modelos altamente desenvolvidos quanto os insipientes, pois investiga soluções economicamente viáveis e integra as mais eficientes tecnologias aos modelos produtivos. As aplicações podem contemplar vários níveis, de maneira integrativa. Benyus (2012) descreveu princípios não excludentes de abordar a natureza enquanto modelo, medida e mentora.

5.3.1 Natureza como Modelo

Natureza como Modelo: modo direto e simples de copiar as formas, modelar artefatos segundo a morfologia, transferir características aero-hidro-dinâmicas,

reflexivas, assortivas. Os modelos sugerem a análise de interações com o ambiente, forças, reações às intempéries e a resistência à deposição de resíduos através do ar, chuva, movimentos e fluxos.

Figura 34 – ‘Boxfish’ e automóvel ‘Bionic’ da Mercedes-Benz



Fonte:
www.treehugger.com/slideshows/clean-technology/nature-inspired-innovation-9-examples-of-biomimicry-in-action/page/5/#slide-top

Figura 35 - Falcão ‘Peregrino’ e bombardeiro Northrop B-2 Spirit



Fonte:
<http://ideagenius.com/what-is-biomimicry/>

Figura 36 - ‘Darkfin Gloves’, com extensão entre dedos



Fonte:
darkfingloves.com

5.3.2 Natureza como Medida

Natureza como Medida: otimização na utilização de recursos, economia de materiais e energia, efetividade, excelência, logística, eficiência, eficácia. Funcionalidade inscrita e prescrita, durabilidade, reciclagem e reaproveitamento:

Figura 37 – Rotor, voluta que imita flor ‘Copo de Leite’ (*Zantedeschia aethiopica*)



Fonte:
www.treehugger.com/slideshows/clean-technology/nature-inspired-innovation-9-examples-of-biomimicry-in-action/page/3/

Figura 38 - Pás de turbinas eólicas que mimetizam nadadeiras de baleia



Fonte:
www.treehugger.com/slideshows/clean-technology/nature-inspired-innovation-9-examples-of-biomimicry-in-action/page/7/

Figura 39 - Display que mimetiza luz estruturada das asas da *Morpho menelaus*

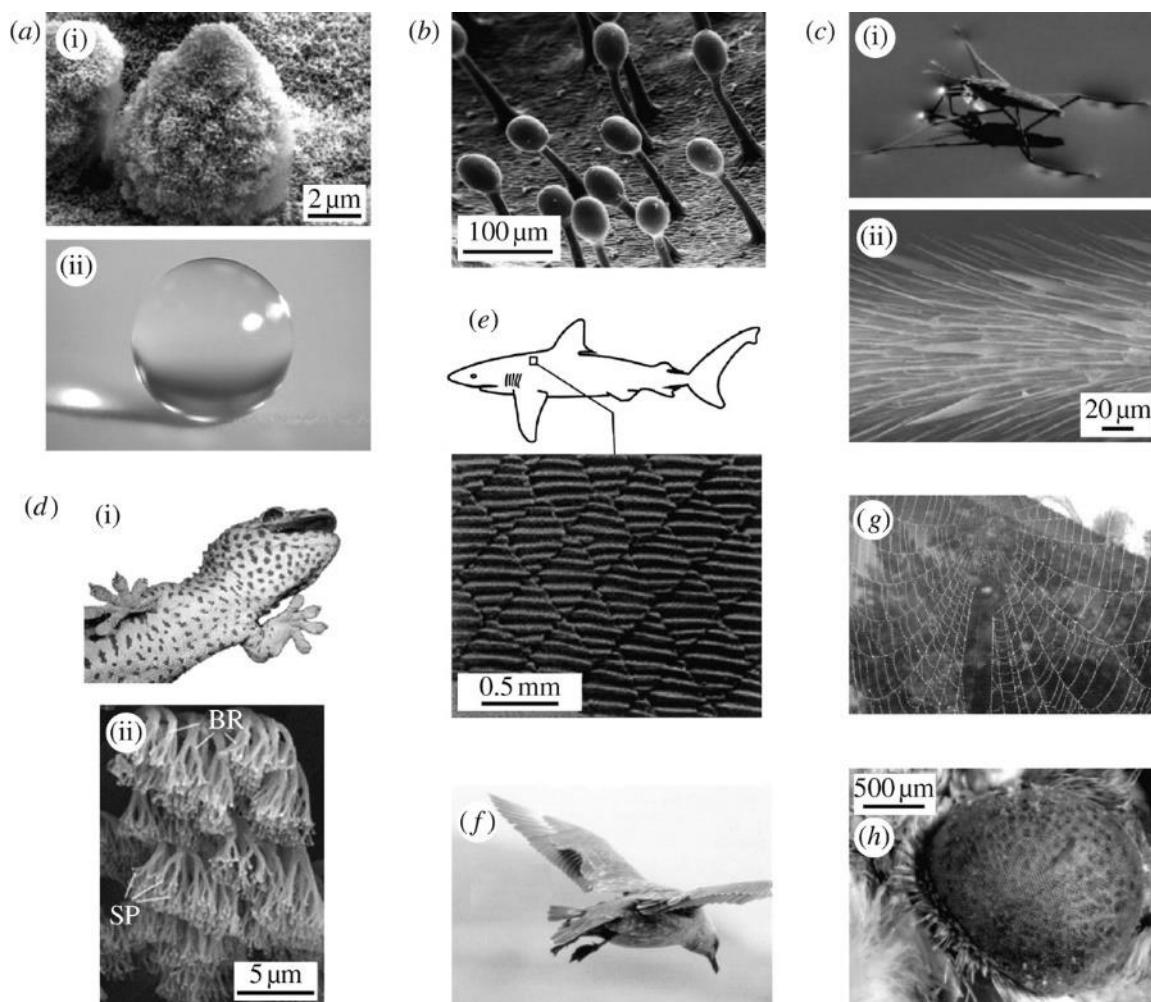


Fonte:
www.treehugger.com/slideshows/clean-technology/nature-inspired-innovation-9-examples-of-biomimicry-in-action/page/4/

5.3.3 Natureza como Mentora

Natureza como Mentora: adoção da ética, do princípio filosófico que considera a natureza o fundamento, sustento e ambiente primordial para a manifestação e as evoluções vitais. Conhecimentos disponíveis para solucionar os desafios naturais. Possibilidades proporcionadas pelas novas ferramentas do conhecimento em níveis microscópicos e subatômicos.

Figura 40 – Painel com detalhes microscópicos de texturas e seus efeitos (hidrofobia, aderência, hidrodinâmica, antirreflexo)



(a) Efeito Lótus; (b) Glândulas vegetais que secretam adesivo para prender insetos; (c) Inseto flutuando sobre tensão superficial da água; (d) Textura aderente reversível da pata de Lagarto; (e) Textura microscópica da pele, que reduz arrasto e melhora a hidrodinâmica do Tubarão; (f) Asas de ave preparando o pouso; (g) Teia de Aranha (h) Olho de Mariposa com efeito antirreflexo. Fonte: "Lessons from Nature – An Overview" (royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rsta.2009.0011)

Verifica-se que cada princípio biomimético estabelece um nível de percepção ou abordagem da natureza do mais simples e pragmático, apreendido

diretamente pelos sentidos, ao mais complexo, abstraído segundo a cultura, a concepção codificada e aparato técnico-científico do observador-analista. Cada fator, isolado ou em conjunto, permite percepções e respectivas aplicações gradativamente mais complexas.

5.4 CRÍTICAS

Desde a pré-história, a espécie humana utiliza a natureza e se tornou capaz de modificá-la gradativa e irreversivelmente. A própria condição física-cognitiva impõe o respeito aos limites materiais do corpo, do entorno, do planeta e inevitavelmente reporta a considerações filosóficas acerca da percepção e do destino de tal interferência. A exploração sistemática do meio natural ameaça inúmeras espécies das quais o Homem depende diretamente e indiretamente para sobreviver.

Os avanços tecnológicos permitem níveis de exploração que dialeticamente potencializam e ameaçam a sobrevivência das espécies. A percepção do meio natural proporciona uma condição protetiva, pois o resguarda como fonte de tecnologias, suporte vital, reserva, arquivo de dados que os humanos necessitam conhecer, pois deles dependem. As aplicações biônicas têm despertado interesse de setores diversos, desde proteção intelectual e patentes industriais, a estratégicos para a preservação, alinhados à ideologia ecológica inclusive competição corporativa. No entanto, Bonsiepe (2011) aconselha usar o termo 'Biônico' com cautela pois, assim como a palavra Design, pode ter seu sentido distorcido e tornar-se um modismo, um 'bionismo'.

O surgimento da biônica no meio militar foi emblemático: áreas consideradas estratégicas para a segurança de um país ou importantes para os modelos hegemônicos de desenvolvimento recebem atenção e investimentos (em pesquisa) com mais facilidade. Portanto, para que a Biomimética se torne viável, deve ser socialmente reconhecida como estratégica do ponto de vista econômico, cultural e científico. Inúmeros exemplos ao longo da história da indústria e do design demonstram que a simples inspiração na natureza não garante preservação ambiental, nem mesmo compromisso com a conservação biológica ou o efetivo respeito à vida e às espécies.

Como exemplo, temos o Velcro que é inspirado em elemento natural, mas não representa o resultado de uma investigação comprometida com preservação

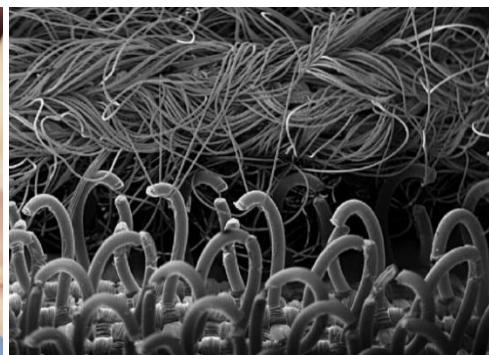
ambiental ou biomimese engajada. Apesar de ser uma brilhante analogia que resultou em um excelente produto, a composição polimérica comumente utilizada não é biodegradável e, portanto, também é poluente. A Bardana (*Arctium lappa*, *Lappa Officinalis*, *Lappa Major*, *Lappa Tomentosa*, *Arctium Bardana* ou *Arctium tomentosum Seittitakiainen*, *Arctium minus*) é conhecida desde a antiguidade como erva medicinal. Observe-se ainda que outras plantas apresentam ‘carrapichos’ nos frutos e sementes (espinhos, pelos e ganchos) para dispersão no ambiente, mas o gênero *Arctium Lappa* foi utilizado eventualmente. A biomimética pretende, através da pesquisa de materiais naturalmente resistentes (à tração, pressão, tensão, etc) e ao mesmo tempo biodegradáveis (ou amigáveis ao meio ambiente), solucionar essa condição:

Figura 41 - ‘Carrapicho’ da Bardana (*Arctium*), inspiração para o Velcro



Fonte:
razoesparaacreditar.com/design/biomimética-ciencia-inspira-natureza

Figura 42 - Imagem ampliada do Velcro



Fonte: “Lessons from Nature – An Overview” (royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rsta.2009.0011)

Figura 43 – Bardana (*Arctium minus*)



Fonte:
upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/18/IMG_0024-Arctium_minus.jpg

Figura 44 - Ilustração descritiva da Bardana (*Arctium minus*)



Fonte:
https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Arctium_minus.jpg

Durante a evolução artificial, a investigação biológica voltada para aplicações tecnológicas mudou profundamente, da simples forma e atributos aparentes até a influência das substâncias na composição de materiais e configuração dos seres. As leis naturais inscritas na matéria e decodificadas pelas ciências permitem a utilização de todas as formas de vida, elementos e relações observáveis da natureza. Por isso vale salientar que a defesa da vida e da sustentabilidade do planeta não devem ser interpretadas como discurso utópico, atrelado a um conservacionismo inconsistente, comprometido a interesses duvidosos que atrapalhariam corporações e políticas de desenvolvimento. É justamente o contrário: defender a conservação, a preservação ou o manejo sustentável, representa uma estratégia de autonomia econômica e segurança futura. Atualmente, a constatação de emergências como o aquecimento global e suas consequências permitem argumentar contra setores associados aos produtores de combustíveis fósseis que questionam e por vezes ridicularizam a defesa ambiental.

As iniciativas ecológicas implementadas durante o estabelecimento e evolução do modelo industrial sempre foram mais paliativas que preventivas, porém, a proposta biomimética se interpõe como uma alternativa protetiva que integra o artificial ao natural:

A ecologia rasa é antropocêntrica, ou centralizada no ser humano. Ela vê os seres humanos como situados acima ou fora da natureza, como a fonte de todos os valores, e atribui apenas um valor instrumental, ou de "uso", à natureza. A ecologia profunda não separa seres humanos — ou qualquer outra coisa — do meio ambiente natural. O mundo não como uma coleção de objetos isolados, mas como uma rede de fenômenos que estão fundamentalmente interconectados e são interdependentes. A ecologia profunda reconhece o valor intrínseco de todos os seres vivos e concebe os seres humanos apenas como um fio particular na teia da vida. (CAPRA, 1996)

5.5 EVOLUÇÃO ARTIFICIAL SEGUNDO ABORDAGENS E CONCEITOS DA NATUREZA

Há séculos, a compreensão de processos artificiais é facilitada pelo uso de termos do meio natural, comparações e mimeses. O fenômeno artificial é fundamentalmente dependente da apreensão da natureza, pois é concebido pela percepção abstraída. Observar a biosfera para captar suas tecnologias é similar a um processo mimético de engenharia reversa e reengenharia (BENYUS, 2012).

Os princípios que orientam a observação e as decisões metodológicas de aplicação em projetos biomiméticos permitem identificar características naturais de

modo integral ou específico. As técnicas de investigação, identificação e aplicação bioinspirada exigem o aprofundamento do conhecimento e a adoção de ferramentas sistemáticas para a organização de dados e informações. Tais princípios evoluíram e estão interligados, inter-relacionados enquanto níveis de abstração, ao grau de interferência aplicado. É possível que a forma final de um mesmo artefato presente, de acordo com a concepção sistêmica, vários níveis de abordagem em sua relação com a natureza (BROECK, 2003)

Enquanto no meio natural as produções e reproduções ocorrem segundo a lógica da sustentabilidade sistêmica, de maneira cíclica, no meio artificial a forma linear impõe fluxo centralizado, hierárquico. O modo natural conduz a uma integração vital de compartilhamento e cooperação, enquanto o artificial segue padrões dispares, fora da percepção holística ou global. As tecnologias atuais, segundo Flusser (2009) têm promovido percepções similares ao funcionamento do meio natural graças aos dispositivos que simulam o comportamento de redes neurais e a configuração rizomática, descentralizada e interconectada (VASSÃO (2010).

A percepção newtoniana-cartesiana permitiu a evolução do conhecimento segundo uma perspectiva macroscópica, facilmente detectável, mensurável, descritível através dos sentidos e ferramentas simples. Porém, novas evidências científicas indicam complexidade, interferência multifatorial nos diversos fenômenos naturais. O progresso nas ciências, técnicas de observação, testes físicos e bioquímicos transformaram a compreensão do Universo de acordo com as descobertas subatômicas. O Princípio da Incerteza e as teorias quânticas, a Evolução e as descobertas no campo da Genética revelaram uma nova dimensão antes reservada a concepções metafísicas, porém capazes de transformar a percepção e a compreensão da Natureza. A concepção de uma realidade energética, cujas transformações são consequência de inúmeros fatores multidimensionais interligados, despertou a necessidade de proteção e o respeito por todas as formas de vida a partir de seu suporte natural, físico.

Atualmente o imperativo da Sustentabilidade se tornou pauta recorrente em todas as áreas do conhecimento. Segundo a perspectiva evolucionária, as adaptações dos seres às condições ambientais seriam inovações para a sobrevivência de determinadas espécies. Organismos que superam suas limitações, reconfiguram suas características comuns e modificam componentes

para suplantar dificuldades, transformando-se para se adaptar às novas demandas. As formas de vida se adequam estrategicamente para permanecerem viáveis. Os modelos produtivos, as tecnologias e demais elementos da tecnosfera se apropriam de estratégias semelhantes para permanecerem eficientes, competitivos.

5.6 BIOMIMÉTICA E PERSPECTIVAS ECONÔMICAS

O modelo industrial é defendido pelas corporações empresariais como solução de desenvolvimento para quaisquer sistemas econômicos e sócio-políticos. No entanto, os processos de implantação não ocorrem de maneira homogênea e efetiva em todas as realidades sociais devido às diferenças históricas. O desnível tecnológico existente entre os países de centro e os periféricos não desperta interesse dos grupos econômicos dominantes. Por outro lado, as nações dependentes não têm estrutura ainda sedimentada que permita explorar e desenvolver tecnologias impostas pelo modelo comum (BONSIEPE 2011). A simples adoção do modelo hegemônico não nivela nem integra os países ao sistema, não altera sua condição de exportador de matéria-prima - sobretudo *comodities* - e importador de produtos com valor agregado. O discurso de dependência impõe o modelo dominante como necessário, porém, isso é uma falácia, um engano. A definição de outra Cultura, fundamentada na Ética e no paradigma da Sustentabilidade deveria ser compreendida como a oportunidade de implantar um novo modelo sem os vícios comuns do industrialismo. Os países subdesenvolvidos, dependentes tecnológicos, adotam a ideologia industrial - para o mercado de consumo - sem questionar as imposições promovidas pelos dominantes. Vale ainda salientar que aceitar o mesmo padrão de consumo dos países desenvolvidos (e suas consequências) seria incoerente:

Mimetismo ou inovação econômica, quais seriam os efeitos do alcance dos padrões da vida industrial nas populações da Índia, China e Rússia? A equação parece insolúvel, já que 20% da população consome 80% dos recursos naturais extraídos. Em 1990, um americano de classe média consumia volume de energia equivalente ao de 3 japoneses, 6 mexicanos, 14 chineses, 38 indianos, 168 bengaleses ou ainda 531 etíopes. Como seriam feitas as economias drásticas necessárias quanto a utilização dos recursos? (KAZAZIAN, 2009, pág. 26)

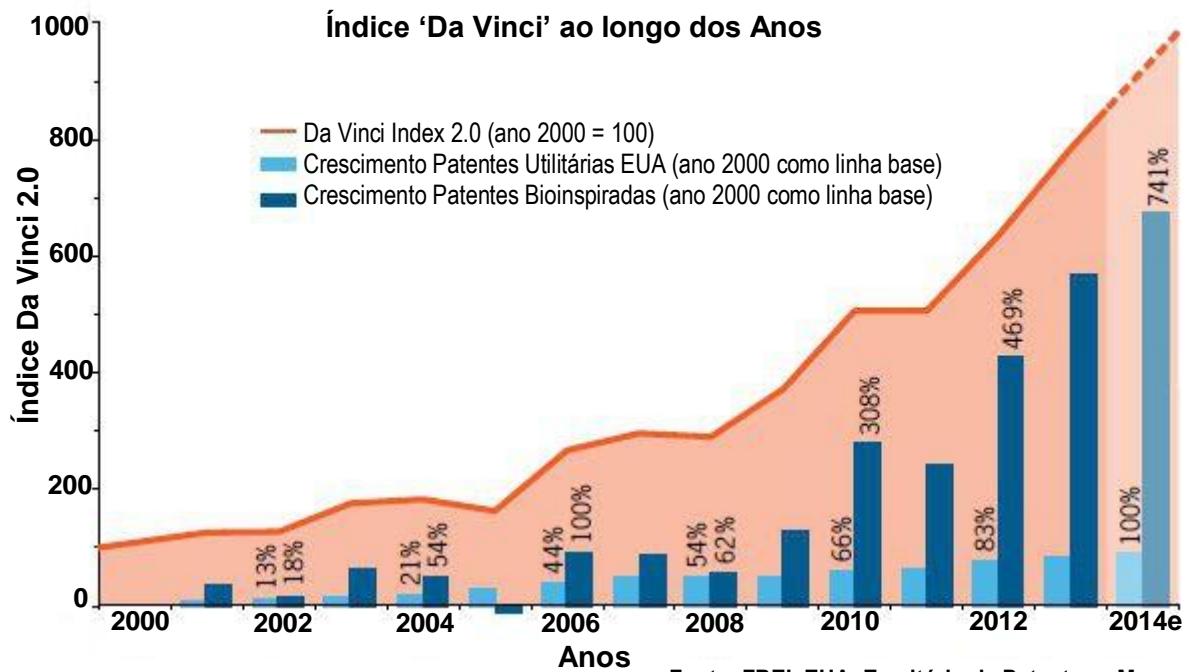
A ideologia industrial enfrenta novos desafios diante de um planeta limitado com população e consumo crescentes. A perspectiva de esgotamento e colapso planetário sobretudo das fontes fósseis de energia e diversas espécies extintas, colocaram o modelo em discussão há décadas. Se antes os esforços eram

pontuais e locais, com iniciativas de preservação limitadas, a percepção de uma realidade biológica global complexa, interdependente e interligada, exige a adoção de medidas no mesmo nível de complexidade.

É nesse contexto de abrangência e necessidades sistêmicas que a Biomimética permite compreender a Natureza enquanto Mentora, isto é, Guia absoluta de projeto e de planejamento em diversos níveis de complexidade. Considerar o meio natural como fonte de conhecimentos e estratégias sugere possibilidades inesgotáveis de aplicação. As Ciências descrevem e pesquisam fenômenos naturais de interesse socioeconômico há séculos, no entanto, o aparato técnico do qual dispomos na atualidade é mais preciso e confiável. Utilizar princípios ecossistêmicos como modelos para a gestão corporativa ou organizacional proporcionam segurança para tomadas de decisões no âmbito econômico.

Percebe-se um conflito entre os interesses corporativos e as políticas de preservação ambiental porque as empresas, por meio de seus sistemas produtivos, impõem pressão sobre a natureza desde os primórdios da Industrialização. No entanto o meio natural é pródigo em exemplos de organizações que podem auxiliar na administração e na elaboração de sistemas organizacionais eficazes. O fluxo de recursos, alimento, substâncias e energia nos ecossistemas são um reflexo ou um modelo que pode se mimetizado para vários âmbitos da economia e da administração de empresas (BENYUS, 2012). Há séculos a poluição, a exaustão ambiental e a extinção de espécies de valor comercial são compreendidas como prejudiciais para a economia e esse tem sido o principal motivo para as corporações buscarem soluções sustentáveis. A percepção do valor “*per si*” da Vida e da preservação das espécies ainda enfrenta resistência política devido àqueles interesses corporativos. Porém, a aplicação de tecnologias da natureza tem proporcionado casos de sucesso empresarial através de produtos revolucionários e avanços tecnológicos (com reserva de mercado, registro de patentes e exclusividade). As perspectivas em torno das tecnologias que mimetizam a natureza são promissoras, como indicam investimentos em pesquisas e o número de patentes registradas:

Figura 45 - Perspectivas de Crescimento para o mercado Bioinspirado: Da Vinci Index 2.0



Fonte: FBEI, EUA, Escritório de Patentes e Marcas

Fonte da imagem: www.greenbiz.com/article/tapping-nature-bioinspired-innovation-economic-engine; veja também: www.fastcompany.com/3000085/the-booming-business-of-biomimicry

Além disso, as tecnologias bioinspiradas representam vantagens econômicas exponenciais a longo prazo:

A Biomimética tem estimulado o interesse em muitas disciplinas. Estima-se que os 100 maiores produtos biomiméticos tenham gerado aproximadamente US\$ 1,5 bilhão em 2005-2008. Há previsões de que as vendas anuais continuem a aumentar dramaticamente' (BHUSHAN, 2009)

Outro aspecto de relevância econômica percebido na aplicação biomimética é a eficácia sistêmica: no meio natural as transformações ocorrem dentro de uma lógica integral, completa, de interdependência e equilíbrio constante. O princípio que indica a natureza como medida descreve que os processos naturais ocorrem sem falta ou sobra de materiais e energia, o que os torna modelos vantajosos para a gestão de negócios.

Podemos assim, conduzir a mimese natural como:

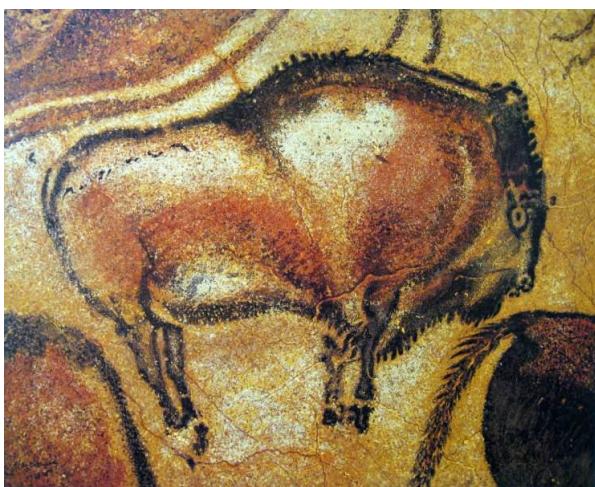
- Modelo Tecnológico;
- Estratégia de Negócio e Produção;
- Cultura para a Sustentabilidade;
- Método de Produção;
- Princípio Ético para a Gestão Organizacional

5.7 IMPORTÂNCIA DA ILUSTRAÇÃO CIENTÍFICA PARA A BIOMIMÉTICA

Infere-se que o registro gráfico seja a mais antiga forma de comunicação, pois as representações por manchas, figuras, imagens, esculturas ou mesmo pegadas no solo e outros vestígios, 'imprimem' (impressionam) a matéria e os sentidos, indicando ações, presenças, funções inscritas e descritas. A percepção da interferência ou ação sobre o mundo, segundo tais sinais, revela outra dimensão da capacidade humana: a apreensão e compreensão da realidade física natural através da abstração, do artifício, da Arte.

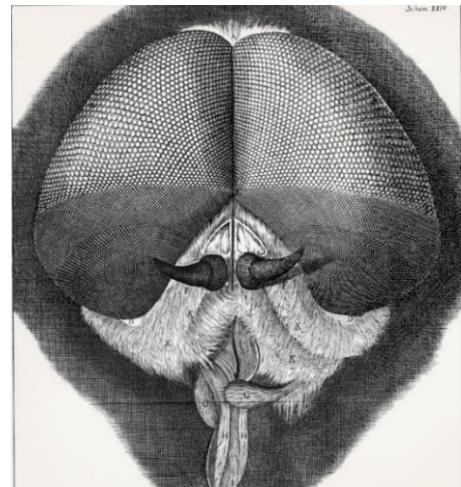
O desenho é uma das expressões gráficas mais antigas e complexas. Antecede a escrita, mas pode ser considerado uma linguagem, uma forma de comunicação enquanto significante transmissor de informações. Desde tempos remotos marcas e traços permitem transmitir, comunicar mensagens diversas: a imagem permite identificação direta com o objeto, transformado em código pelos sinais gráficos. A História (que abrange a Pré-História) aponta diversos tipos de registros através de desenhos desde a antiguidade. No entanto, a ilustração passou a ser considerada científica ao adotar uma postura descritiva mais precisa, ao incluir informações que permitiram análises detalhadas de estruturas distintivas dos seres e fenômenos da natureza. Desde as pinturas rupestres, gravuras e pinturas descritivas das excursões (científicas e político-econômicas) ao Novo Mundo aos desenhos da visualização microscópica, houve a preocupação em apreender níveis da realidade por meio de registros que permitissem sua compreensão:

Figura 46 - Pintura rupestre: 'Bisão de Altamira' (Santillana del Mar, Cantábria, Espanha)



Fonte: artdiscovery.info/rotations/rotation-1/packet-1

Figura 47 - Desenho detalhado da cabeça de uma mosca ampliada ao microscópio



Fonte: 'Micrographia - Robert Hooke, 1665 (askabiologist.asu.edu/robert-hooke-1)

A visualização e o reconhecimento proporcionam novas dimensões de experiências, atualmente problematizadas pelo virtual. Através de artifícios como o desenho e outras substituições da realidade, foram desenvolvidas a abstração, a imagética, a imaginação (FLUSSER, 2007). Na antiguidade o acesso ao conhecimento era precário, difícil, restrito, inclusive pelas próprias condições técnicas e socioculturais. A língua falada e a tradição oral permaneceram como transmissoras do conhecimento durante milênios, até surgirem as primeiras formas escritas, como sequências de figuras e imagens. A leitura de códigos em escrita era restrito às classes do poder político-aristocrático que manipulavam a informação para manter sua posição e condição. O domínio das representações (criação, proposta de imagens e linguagens) se tornou um fator de dominação e controle ideológico.

O registro através do desenho como instrumento metodológico acompanhou a evolução humana: sociedades e civilizações que promoveram sua utilização como linguagem técnica auxiliar de planejamento ou projeto alcançaram níveis importantes de desenvolvimento na produção de artefatos e na pesquisa científica. A própria escrita e demais códigos de linguagem promoveram o desenvolvimento técnico ao tornarem a informação acessível através do registro gráfico. Outras formas de conhecimento também foram incrementadas pela representação e ilustração, inclusive as descrições biológicas. As análises através de desenhos primorosos, em épocas que não existiam outras tecnologias de registro, nos colocam na fronteira entre a arte e a ciência, como podemos ver nos trabalhos do naturalista Ernst Haeckel:

Figura 48 - Ernst Haeckel: Peromedusae

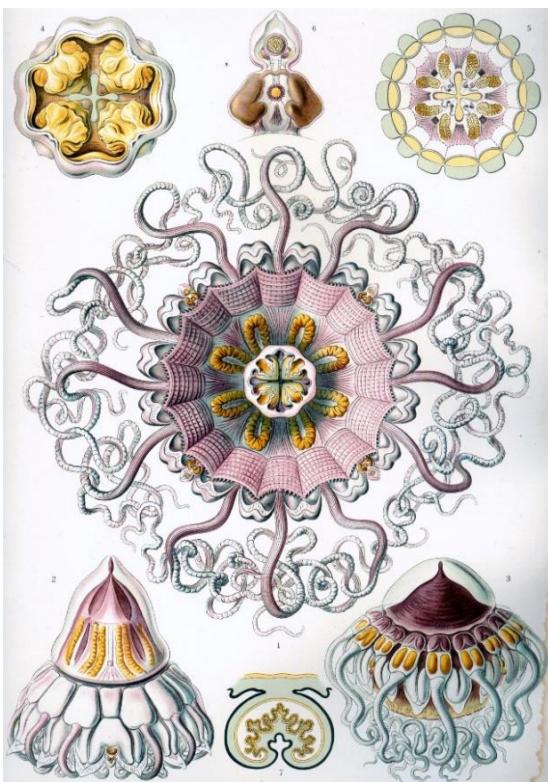


Figura 49 - Ernst Haeckel: Coniferae

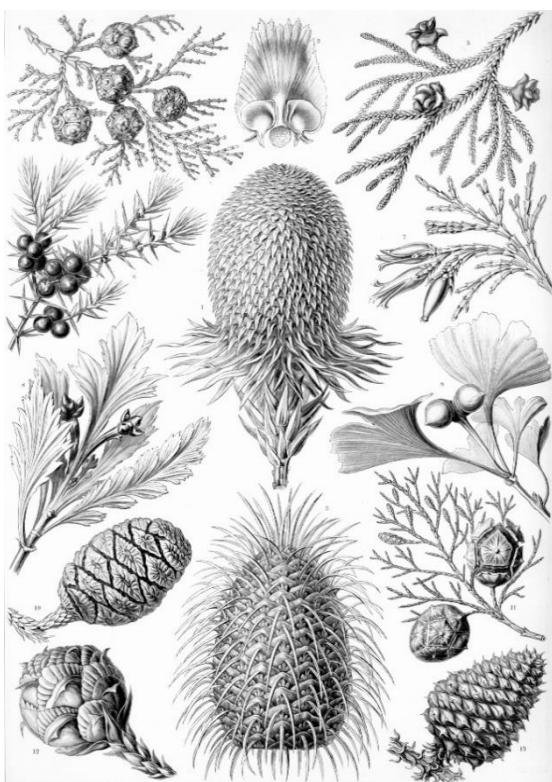


Figura 50 - Ernst Haeckel: *Melethallia*

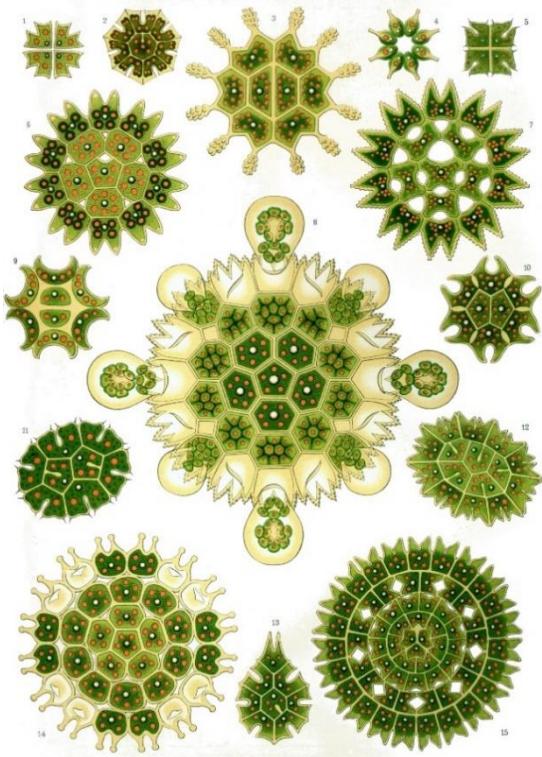


Figura 51- Ernst Haeckel: Filicinae

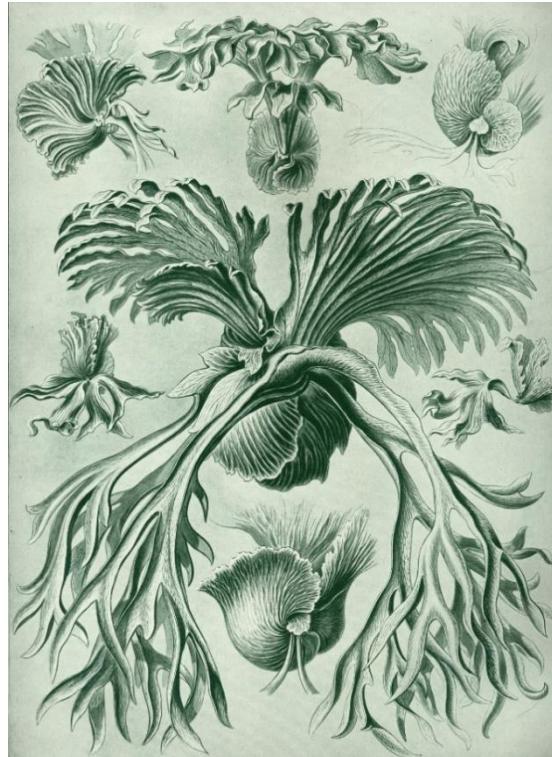


Figura 52 - Ernst Haeckel: Ophiodea

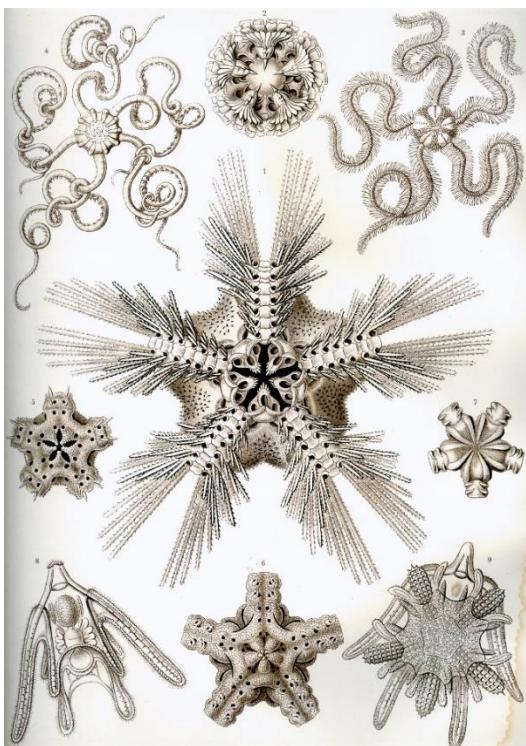
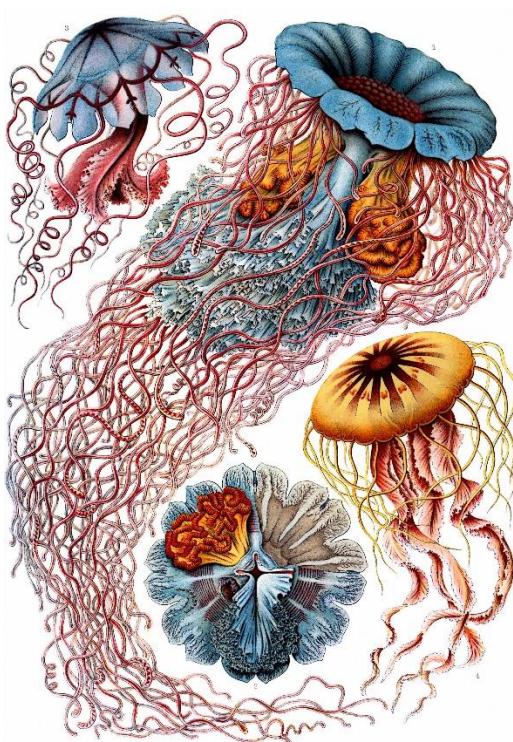


Figura 53 - Ernst Haeckel: Discomedusae



Fonte das imagens 48-53: Ernst Haeckel, *Kunstformen der Natur* (1904) (commons.wikimedia.org/wiki/Kunstformen_der_Natur)

Os elementos gráficos como as linhas, formas, texturas, cores, posições, tamanhos, estruturas, a representação de especificidades como desníveis, curvas, pontos e dobras permitem uma análise detalhada que confirma a capacidade descritiva-analítica do desenho. A definição e o detalhamento que a ilustração científica produz se tornam mais profundas que as imagens geradas pelo registro fotográfico ou mesmo daqueles softwares que imitam tal capacidade. Outro exemplo clássico da capacidade técnica descritiva da ilustração científica são os desenhos de Leonardo da Vinci (1452-1519), considerado o primeiro designer e biônico porque demonstrava interesse por disciplinas diversas, esmero em detalhar componentes e funcionamento de artefatos através de desenhos. Os registros indicam que ele usava um método próprio para investigar, sistematizar descobertas e aplicações tecnológicas (ARRUDA, 2000).

Figura 54 – Estudos de Anatomia humana

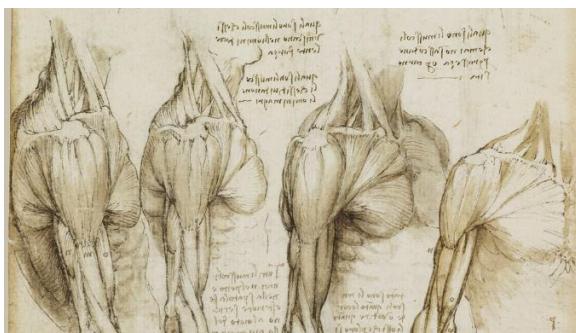
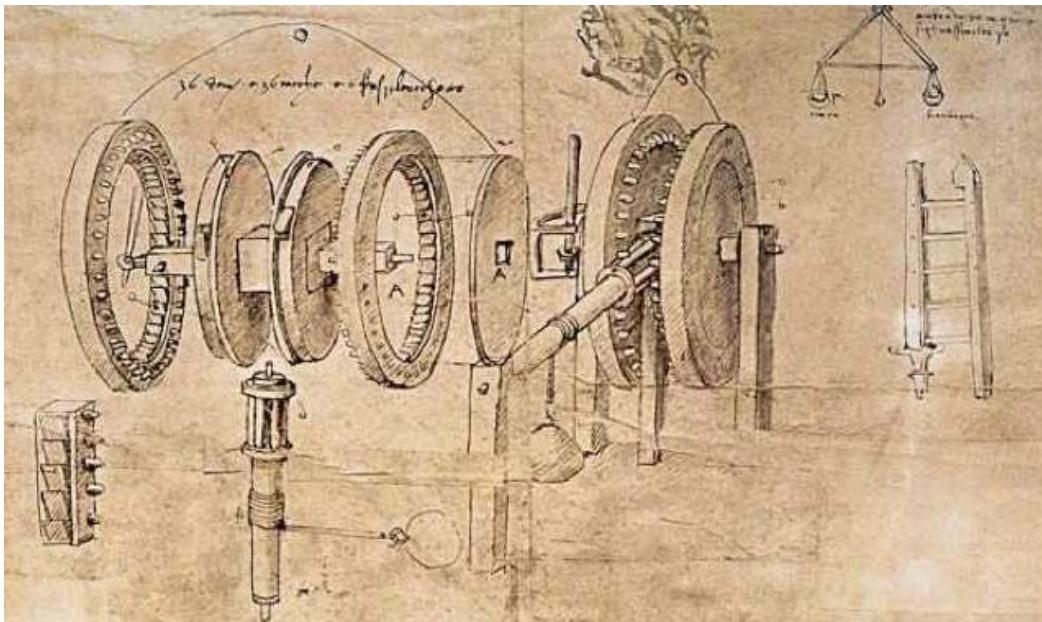


Figura 55 - Estudo da asa de um pássaro



Figura 56 - Perspectiva 'explodida' de Mecanismo



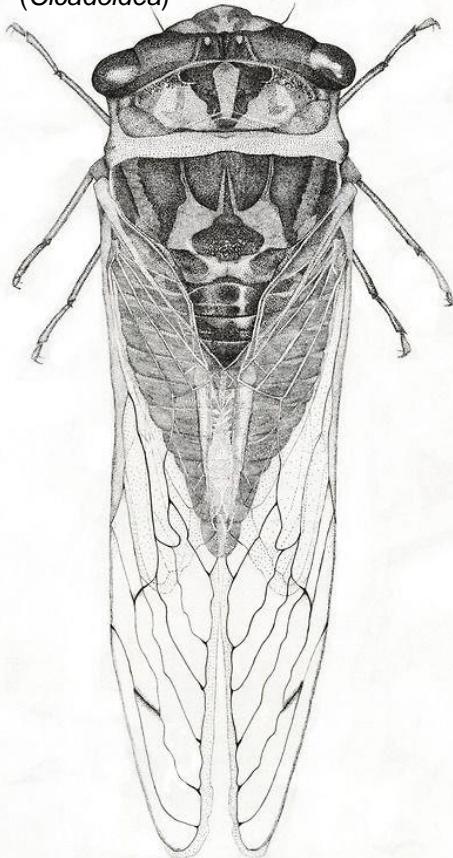
Fonte das imagens 54-56: www.leonardodavinci.net/

Embora o desenho seja uma ferramenta essencial para o desenvolvimento artificial, o reconhecimento da sua importância científica é relativamente recente. O momento histórico que marcou o florescimento da ilustração como facilitador descritivo foi a Renascença: revolução cultural que desvinculou a influência supersticiosa-religiosa da cultura e promoveu a reaproximação do homem a si e à natureza como necessárias ao desenvolvimento do pensamento e das tecnologias.

No caso específico da Biomimética, o desenho é necessário como ferramenta de 'dissecção', detalhamento das estruturas e características que identificam os seres ou definem uma especificidade (inovação) que os isola em grupos específicos. De acordo com a perspectiva evolutiva, a diversidade e a variedade das formas naturais é praticamente infinita pois estão em constante aprimoramento: processos ininterruptos de adequação às condições. A tarefa de classificar os seres e registrar características das espécies, portanto, deve permitir

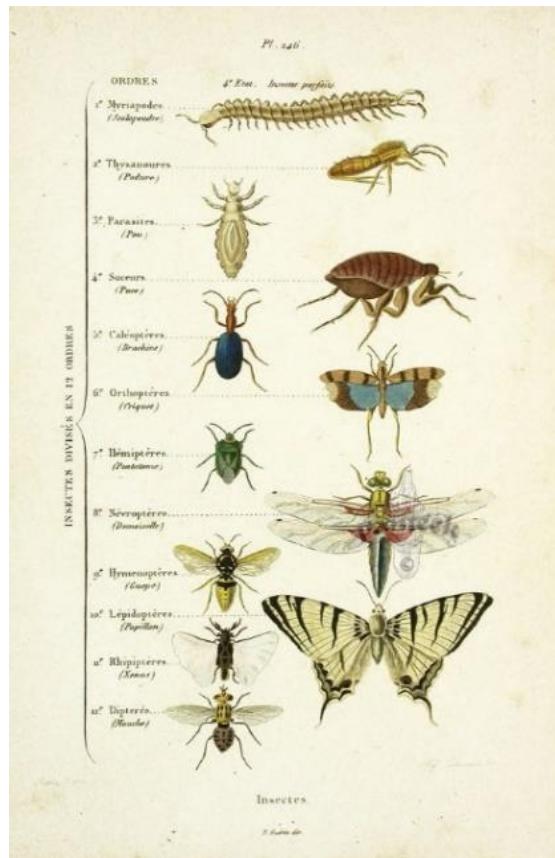
o devido detalhamento para facilitar as análises e possíveis aplicações tecnológicas:

Figura 57 – Desenho de Cigarra (Cicadoidea)



Fonte:
scientificillustration.tumblr.com/image/77716186593

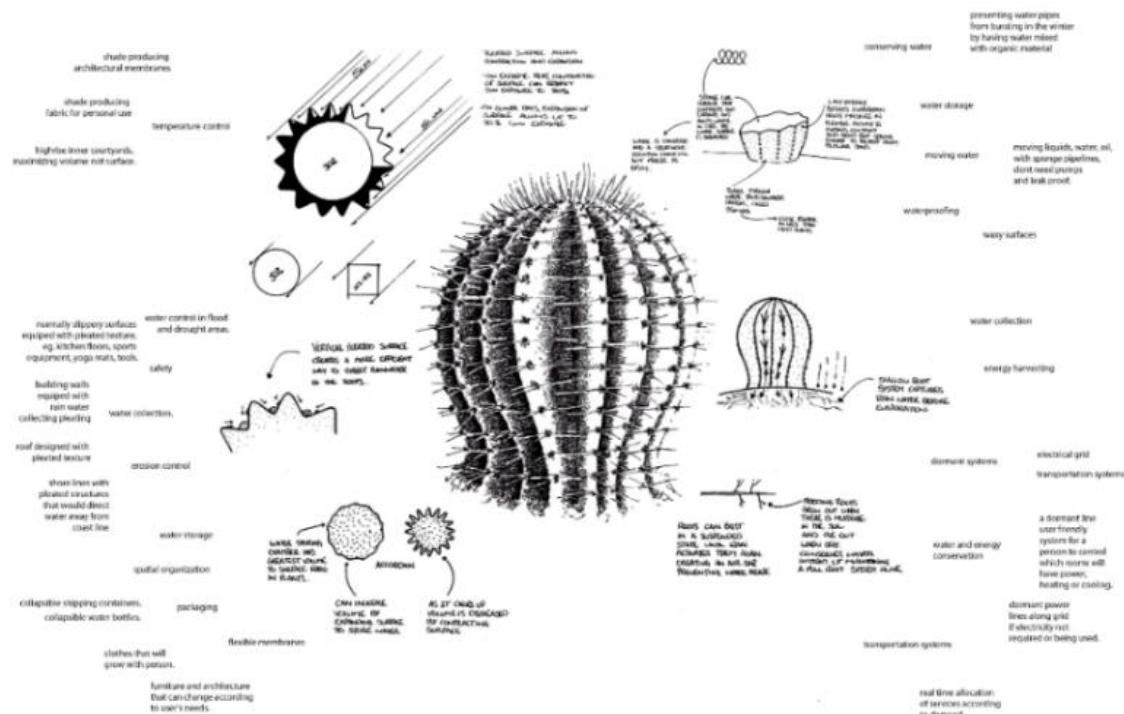
Figura 58 – Doze ordens da Classe *Insecta*



Fonte:
www.panteek.com/guerin/pages/grn246-311.htm

Os métodos que se inspiram na natureza invariavelmente utilizam ilustrações para descrever aspectos formais, processuais ou detalhes presentes em determinadas formas de vida. A investigação biomimética parte de fotos, esboços e análises formais e/ou estruturais do modelo biológico.

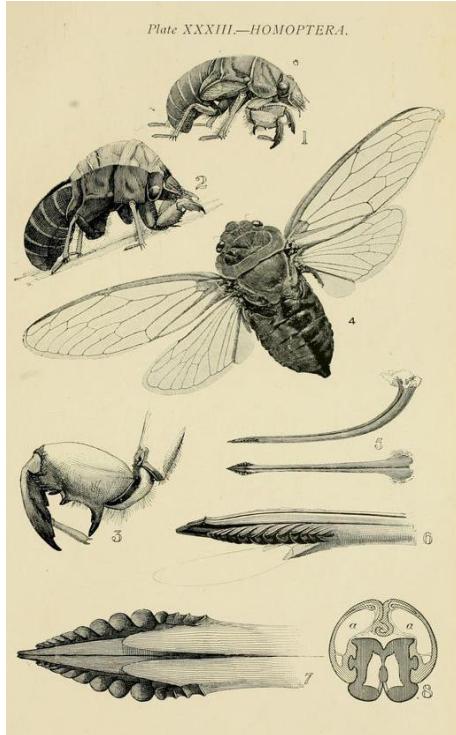
Figura 59 - Detalhamento de características do Cacto através de ilustrações descritivas para aplicação em produtos



Fonte: bouncingideas.files.wordpress.com/2011/12/barrel_cactus_binder-1.png

A ilustração científica é o recurso mais direto de identificação de estruturas para classificação das espécies. As chaves taxonômicas são observadas através de exames sensíveis, dependentes dos sentidos, registrados por técnicas diversas e, entre eles, o desenho permite um nível de detalhamento descritivo extremamente sintético. Essa característica torna a ilustração taxonômica ferramenta importante para a identificação e definição de características biológicas aplicáveis em tecnologias. O Desenho Científico está intimamente ligado à taxonomia e ambos influenciam a investigação biomimética.

Figura 60 - Detalhes morfológicos da Ordem Homoptera



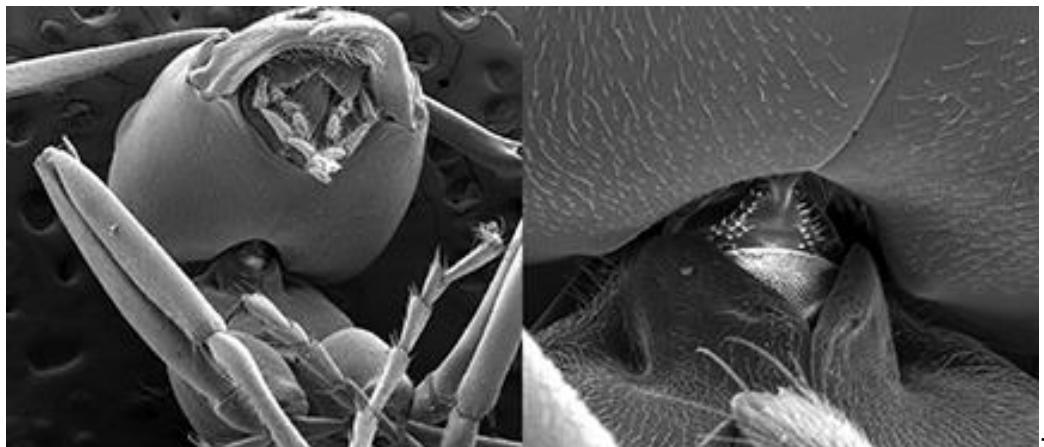
Fonte:
www.biodiversitylibrary.org/page/25450523#page/497/mode/1up

Figura 61 - Detalhes da Romã (*Punica granatum*)



Fonte:
www.biodiversitylibrary.org/item/128062#page/421/mode/1up

Figura 62: PESCOÇO da formiga (*Formica exsectoides*), inspiração biomecânica para braços robóticos

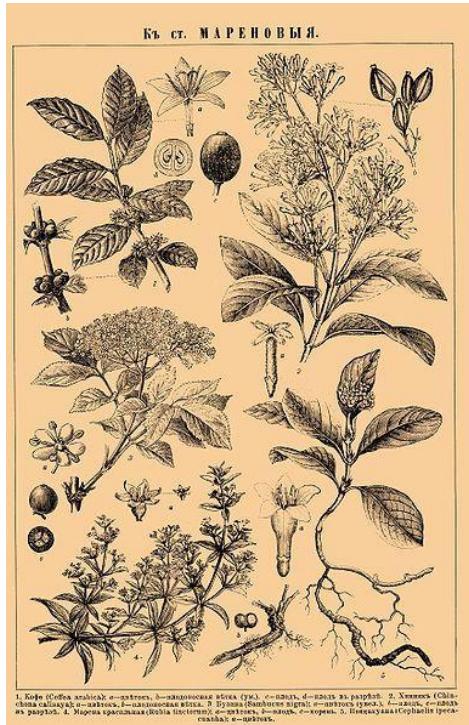


Fonte:
www.osc.edu/press/scientists_study biomechanics_behind_amazing_ant_strength

O detalhamento permite visualizar especificidades, estruturas e demais elementos que caracterizam e distinguem os seres. Uma análise através de ilustrações demonstra que a descrição sistemática é uma ferramenta de projeto, de Design: um processo de decodificação da configuração morfológica (e outras características distintivas dos seres) por meio da linguagem e do desenho. A partir das categorias mais generalizantes (domínios e reinos taxonômicos) até aquelas mais específicas (forma e atributos, ocorrência e hábitos), que definem as

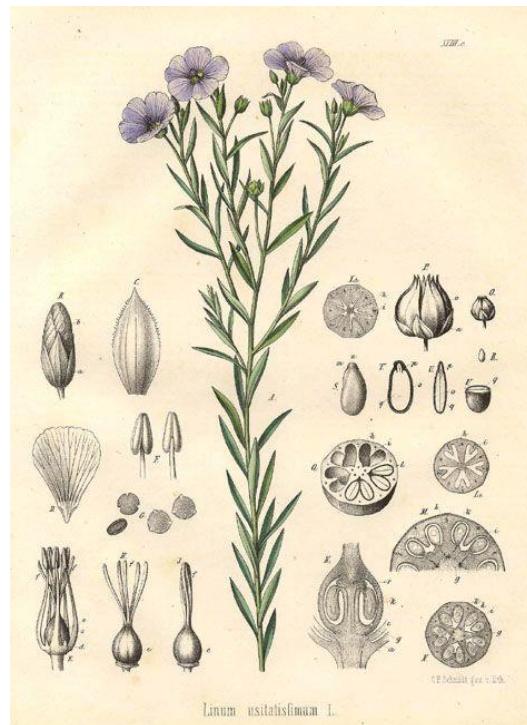
particularidades únicas dos seres e os separa por espécies, a ilustração sempre será um recurso técnico da mais alta importância.

Figura 63 - Análise de características para classificação botânica



Fonte:
br.pinterest.com/pin/73a3a3537a8f3edf5c23995c4b6a1e8f

Figura 64 - Detalhamento de características da florescência do Linho



Fonte:
http://purelinenblog.blogspot.com/2013/03/source-of-linen_15.html?m=1

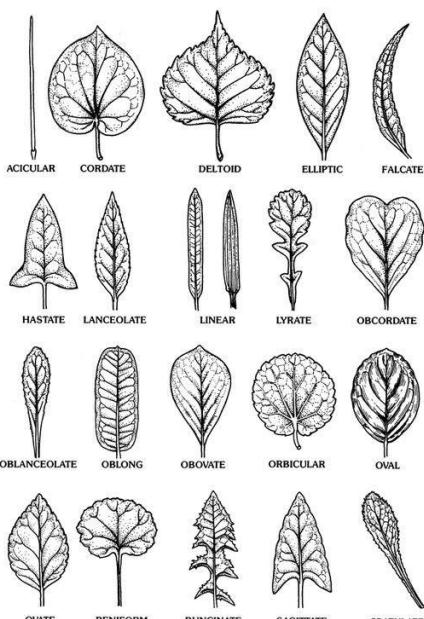
Figura 65 - Comparações entre formações folhosas



Fonte:
br.pinterest.com/pin/19c23004b5db439bac68646d928b3e6a

Figura 66 - Formas das folhas para classificação botânica

PLATE 3. LEAF SHAPES



as published in Swink, F. and G. Wilhelm. 1994. Plants of the Chicago region. 4th ed. Indianapolis: Indiana Academy of Science.

Fonte:
br.pinterest.com/pin/737605245192602019-ad95bf1a71b5baf147d3e7fff56cb115

O volume de informações que cada ser disponibiliza deve ser codificado para análise e registro. A ilustração confirma seu poder de análise em todos os manuais descritivos, desde cartilhas de produtos a catálogos científicos.

5.8 BIOMIMÉTICA PARA A BIODIVERSIDADE

Para a Biomimética, todas as formas de vida e elementos na Biosfera são fontes de conhecimento e, portanto, valiosos para investigar possibilidades úteis. As soluções de design estão informadas na anatomia e na composição dos seres, desde os mais simples aos mais complexos. Por outro lado, a adaptação evolutiva e a interação ecossistêmica no meio natural são níveis de percepção que contribuem com informações sobre as relações dos seres em sociedade (BENYUS, 2012).

Em várias épocas e por diversos motivos ao longo da evolução artificial, iniciativas de proteção da Natureza, inclusive de algumas espécies, foram implementadas. No início das civilizações essa preocupação era fundamental devido à dependência direta dos recursos (rios, nascentes, espécies de animais e plantas comestíveis, etc), das fontes energéticas (betume/petróleo, carvão) ou daquelas de interesse técnico, como minérios para a extração dos metais. Parte das políticas de proteção era estratégica, uma vez que a exaustão de determinadas reservas representaria o desaparecimento de culturas e civilizações. Por isso, guerras legitimadas por território, petróleo e recursos como água e minérios, mas justificadas por outros motivos como ameaças terroristas ou riscos de invasão, eram e continuam comuns na História.

A necessidade de preservação ambiental evoluiu na proporção da interferência humana: os riscos e ameaças se tornaram mais complexos pois atingiram regiões maiores e passaram a exigir medidas protetivas efetivas, completas, de alcance inter-regional. Em meados do século XIX (LE PRESTRE, 2000, pág. 163), iniciativas de proteção das espécies de interesse comercial se tornaram mais frequentes, pois ainda não existia a percepção dos limites ecossistêmicos e interdependência biológica. A compreensão dessas dimensões foi ampliada com os avanços científicos e permitiu demonstrar que a preservação deve ser um esforço internacional, pois as consequências do impacto antrópico ultrapassam limites geográficos.

À medida que o conhecimento sobre a importância de cada forma de vida para o equilíbrio ambiental se aprimorou, todos as espécies passaram a ser respeitadas não apenas pelos seus atributos, conhecimentos que disponibilizam ou papel no ecossistema, mas enquanto 'Vidas', enquanto 'Seres'. Cada espécie deve ser considerada um ente Ético, essencial para o equilíbrio ecossistêmico, que favorece inclusive a sobrevivência do Homem e a saúde planetária:

A diversidade genética fornece a capacidade em longo prazo de a vida em nosso planeta se adaptar a mudanças abióticas tais como temperatura, salinidade, radiação e outros fatores. A perda da biodiversidade afeta negativamente o sistema terrestre, aumentando a vulnerabilidade de ecossistemas terrestres e marinhos a mudanças no clima e na acidez oceânica, entre outros efeitos. (...) É possível a construção de um índice de integridade biológica que indique mudanças na população de espécies como resultado da ação humana. (Mace et al., 2014; Helmus et al., 2007 apud ARTAXO)

Muitas das espécies que o Homem utilizava para sua subsistência foram extintas e levaram consigo um conhecimento que jamais será acessado novamente. Estima-se que existam cerca de 8,7 milhões de espécies no planeta (com 1,3 milhão para mais ou para menos) e que destas, cerca de 86% ainda são desconhecidas (MORA et al., 2011):

Figura 67 - Estimativa do número de espécies no planeta segundo projeções de levantamentos taxonômicos.

DIVERSIDADE DA VIDA NO PLANETA*

- A estimativa de pesquisadores americanos foi feita a partir de cálculos matemáticos complexos tendo como base os dados taxonômicos do 1,25 milhão de espécies já classificado



*Não inclui bactérias

FONTE: PLOS BIOLOGY E THE WASHINGTON POST

Fonte: PLOS Biology (<http://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.1001127>)

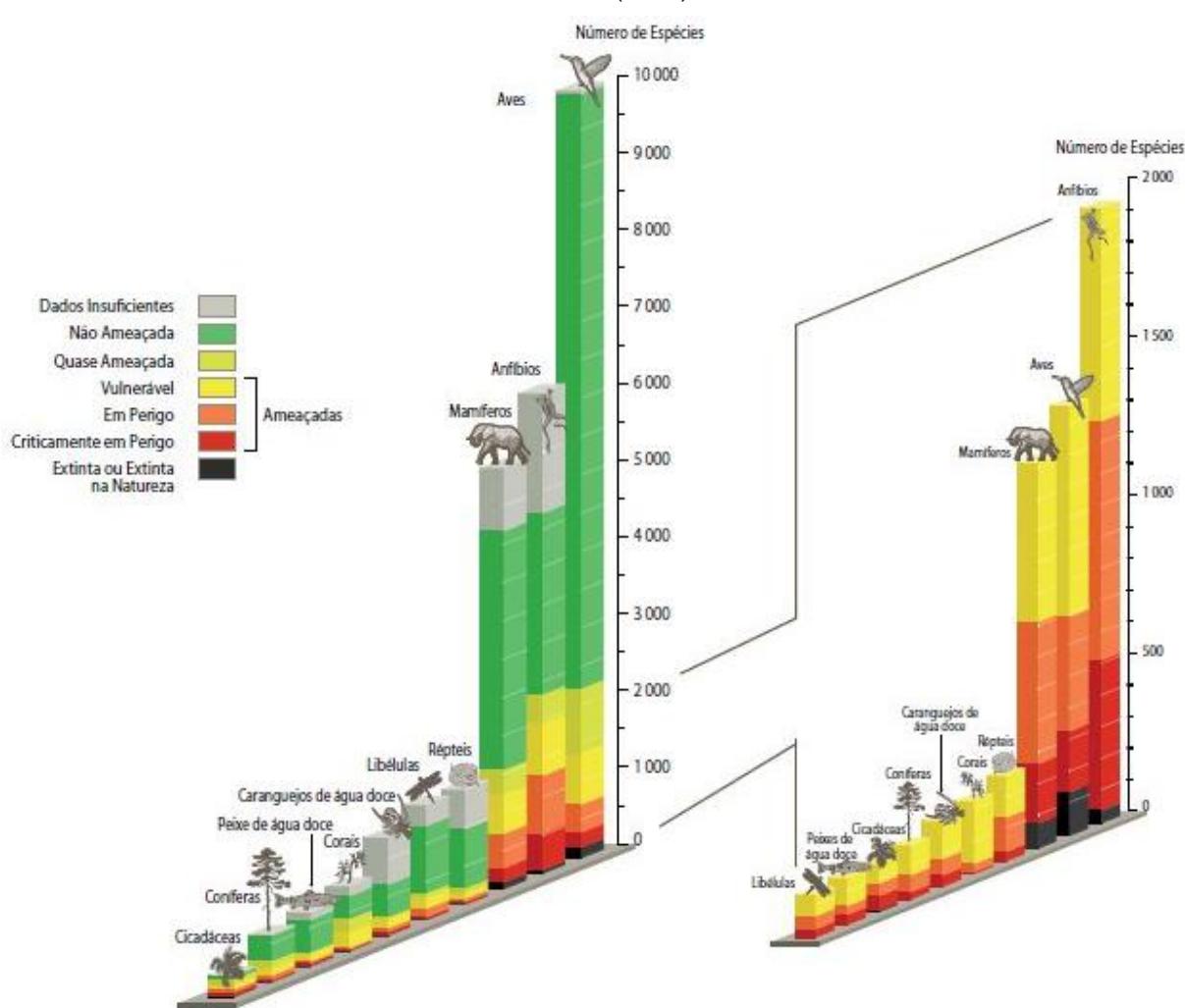
INFOGRÁFICO/AE

Todas as espécies interagem, pois são interdependentes. Resgatar o princípio da natureza como mentora de projeto e incluir todas as espécies como fontes de conhecimentos representam a Filosofia, a Ética que induz à proteção e à preservação da Biota:

O homem depende de muitas espécies de plantas para a alimentação, abrigo, fibras para a confecção de tecido e papel, para obtenção de medicamentos, ferramentas e inúmeras outras coisas. Essas espécies podem ser usadas até certo ponto, pelo conhecimento sistemático da biota. (WEBBER 2009)

No entanto, sob a perspectiva da biosfera como fonte de conhecimentos, devemos compreender que já perdemos dados irreversivelmente: se quisermos investigar novas possibilidades tecnológicas sustentáveis disponibilizadas na biota, devemos nos engajar na proteção dessas fontes a partir de medidas que assegurem a sua sobrevivência:

Figura 68 - Estimativa do número de espécies ameaçadas no planeta segundo levantamento do CDB-ONU (2010)



Fonte: www.globalissues.org/article/171/loss-of-biodiversity-and-extinctions

A preservação da diversidade biológica, além de seu valor intrínseco, moral, ético e econômico, também se impõe como estratégia tecnológica para países em desenvolvimento, sobretudo aqueles que podem definir um novo modelo produtivo a partir da sua estrutura modelar, com a vantagem de preservar seus recursos naturais por princípio (BONSIEPE, 2011, 2012; BENYUS 2012).

5.9 INOVAÇÃO PARA A EVOLUÇÃO

As inovações técnicas podem ser compreendidas como adaptações evolucionárias. Os seres inovam na utilização do corpo, no comportamento e por mudanças na aparência para sobreviver a ameaças diversas. A inovação tecnológica pode proporcionar além de uma nova fase cultural modelar, transformações na espécie humana (principal manipuladora da natureza), com artifícios em níveis sintéticos, genéticos, quânticos. A Biomimética é uma abordagem que permite controlar o avanço artificial, proteger espécies, assegurar suas contribuições ao conhecimento e possíveis aplicações tecnológicas. Adotar a Biosfera como guia metodológica também assegura a proteção da Biota enquanto configuração que a natureza utiliza para manifestar e manter a vida através de adaptações às exigências ambientais. Considerar a natureza como mentora mimética proporciona uma nova consciência ambiental através da cultura projetiva que articula integralmente os conhecimentos para reconfigurar o modo de inovar e produzir.

A inovação é a premissa, a estratégia fundamental das aplicações biônicas e biomiméticas, pois parte das características macro sensíveis até as mais elementares, relativas ao material e suas propriedades. O discurso da Inovação como diferencial para a competitividade corporativa deve ser redefinido como estratégia de tecnologia para a Sustentabilidade:

Se design e inovação formam um binômio intrínseco, pode-se dizer que a pesquisa em design se vincula ao conhecimento científico voltado à inovação, especialmente considerando-se que por meio da ciência o capital simbólico dela decorrente permite a competitividade de empresas e nações, (...) no design, enquanto atividade projetual apoiada no pensamento científico e interdisciplinar, um grande grau de subjetividade pode ser observado. (KITTSMAN, 2014)

Segundo Benyus (2012), Bar-Cohen (2006) e Bhushan (2009), a Inovação é uma das principais premissas a investigar no meio natural, o que torna a abordagem biomimética eminentemente funcionalista. A natureza constrói formas

otimizadas em materiais excelentes através de processos 'econômicos' que sustentam variadas formas de vida sob condições diversas. Pode-se indicar a sobrevivência das espécies como analogia da resiliência econômica: os mais capazes de inovar e se reinventar superam as dificuldades de um ambiente hostil onde as condições de sobrevida desafiam a viabilidade dos modelos. Segundo a evolução biológica, aqueles espécimes mais aptos às novas exigências ambientais (ou cenários econômico-sociais) serão capazes de sobreviver e se reproduzir. No entanto deve-se ter o cuidado de não mercadejar os princípios vitais, distorcendo o paradigma da sustentabilidade como mais um parâmetro exclusivamente econômico-competitivo.

No caso específico das exigências ambientais, as novas condições planetárias do Antropoceno - era geológica decorrente da ação antrópica - sugerem a necessidade de uma readaptação evolutiva (ARTAXO, 2004). Se quisermos continuar como espécie viável, precisamos adotar outro comportamento em relação ao meio ambiente. Se a interferência artificial não adotar características da evolução natural que proporcionem a manutenção da vida, a espécie humana pode se extinguir, seja por ação direta, seja pelas consequências das decisões em relação aos modelos produtivos que ameacem formas de vida das quais depende. Portanto, as iniciativas de inovação também devem priorizar a sustentabilidade sistêmica e orientar os métodos para modelos próximos à Ética da Natureza. Deve-se evitar que as inovações se tornem uma busca pela novidade apenas ou do 'novo pelo novo', em mais um vício reproduzido pelas metodologias de projeto.

6 SISTEMÁTICA E TAXONOMIA

6.1 NATUREZA, BIOINSPIRAÇÃO E BIODESIGN

A utilização da natureza como fonte elementar, inspiração modelar e guia tecnológica implica em um apurado processo de observação e abstração de suas características: desde aspectos morfológicos, funções e sistemas, às propriedades físico-químicas. Pesquisas em Biônica e Biomimética exigem reconhecimento biológico apropriado e a devida síntese científica como fundamentais para interpretar os domínios naturais (ARRUDA 2003, BROECK, 2003; BENYUS, 2012; BAR-COHEN, 2006, BHUSHAN, 2009). Aplicações bioinspiradas sugerem que projetistas devem conhecer e interpretar algumas bases teórico-metodológicas da Biologia para a compreensão dos processos e das transformações que originaram a Vida no planeta (BENYUS, 2012; BAR-COHEN, 2006; BHUSHAN, 2009; BROECK, 2003).

(...) A atividade biônica 'requer um conhecimento da área técnica onde ocorre o problema de projeto, de um conhecimento da biologia ou, ao menos, aquela parte do campo onde se possam encontrar respostas, e de uma terminologia que permita a comunicação com biólogos. (Ken Yeang apud BROECK, 2003)

A Evolução e a Genética são conceitos biológicos fundamentais para a compreensão dos processos envolvidos na manifestação, manutenção e transformações da Vida (FUTUYMA, 2009, KARDONG, 2008) para designers de todas as áreas de Projeto. Através destes conhecimentos é possível reconhecer, prever, identificar características e definir critérios mimetizáveis através dos requisitos de classificação taxonômica. Embora a teoria evolutiva seja considerada revolucionária e recente, as primeiras propostas que apontavam para os processos evolutivos têm representantes desde a antiguidade:

A palavra 'Evolução' parece ter sido criada por Ballanche (1776-1847 d.C.). Embora tenha sido Anaximandro (610-545 a.C.) a formular a ideia, ao dizer que os primeiros organismos teriam surgido da lama do mar. (DI MARE, 2002).

Evolução vem do latim *Evolvere*, 'desenvolver ou desenrolar' – revelar ou manifestar potencialidades escondidas. Como a maioria das palavras em português, o significado de evoluir se modificou – evoluiu (...) em seu sentido amplo, evolução significa simplesmente mudança. (FUTUYMA, 2009)

A Genética por sua vez, permite prever algumas características prováveis com base em antecedentes: organismos que, através da replicação, transferem parte de seu material genético aos seus descendentes. Segundo a Evolução da Espécies, as mudanças significativas ocorrem em um intervalo de tempo que não permite observação direta, por isso se apoia em ferramentas comparativas para se

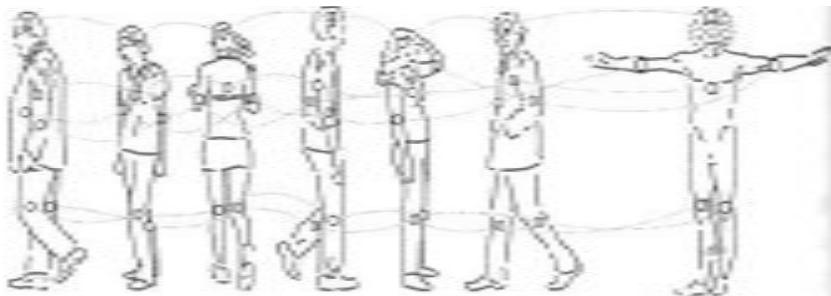
fundamental. Registros fósseis (paleontologia), anatomia comparada, localização e genética são alguns desses artifícios para confirmação de especificidades. Infere-se que todas as formas de vida derivam de uma origem comum, que evoluiu durante eras e através de sucessivas mudanças gerou a biodiversidade espalhada sobre o planeta (WEBBER, 2007; FUTUYMA, 2009, KARDONG, 2008). Por conta do número estimado de espécies, mesmo para os profissionais das ciências biológicas a tarefa de identificar e classificar tamanha biodiversidade se torna complexa devido à variedade das características e à interação de fatores interdependentes na biosfera. O volume de informações é imensurável. Portanto, para aplicações biomiméticas, o Design deve compreender parte desse conhecimento, decodificá-lo, reconhecê-lo e transferi-lo através das ferramentas disponíveis, sejam exclusivamente técnicas ou metodológicas, como a Sistemática e a Taxonomia.

6.1.1 Características, Patterns, Padrões

Ao observar a Natureza e refletir sobre seus mistérios - como a origem da vida e a notável diversidade filogenética - comprehende-se a necessidade de sistematizar o volume de informações gerado (WEBBER, 2007; FUTUYMA, 2009; VASSAO 2010). Desenvolver conhecimento sobre a biosfera foi decisivo para nossa sobrevivência, evolução técnica e aperfeiçoamento cultural (FLUSSER, 2007).

Embora a Biosfera apresente séries próprias de produção e ciclos repetitivos, seus processos não ocorrem aparentemente de maneira uniforme e exata. Para conceber regularidade e identificar as leis naturais que regem a vida foi necessário abstrair o universo através de uma percepção codificada artificial (FLUSSER, 2007; VASSÃO, 2010). O reconhecimento da regularidade, das correspondências, da similaridade entre objetos, induz a transformar características em códigos. A percepção estruturalista é uma das responsáveis por essa capacidade de abstrair, classificar os elementos e informações por similaridades, descritos como patterns, padrões, repetições ou séries comparáveis (VASSAO, 2010)

Figura 69 – Patterns: pontos em comum na diversidade



Fonte: Extraído do livro 'Metadesign: Ferramentas, Estratégias e Ética para a Complexidade', Caio Vassão, 2010

No meio natural a matéria é transformada, reprocessada ininterruptamente em ciclos que se adaptam de acordo com as condições, também influenciadas por fatores diversos. A mimese impõe aos objetos a padronização e a regularidade por analogias, como códigos abstraídos através do reconhecimento de repetições, recorrência, semelhança. Desde tempos remotos, caracteres compartilhados por determinados grupos são utilizados como critérios para isolar e definir categorias. Identificamos e classificamos de acordo com a semelhança morfológica, materiais, funções entre outras características.

Observar grande número elementos como os grãos, sementes, insetos ou indivíduos numa multidão permite reconhecer características compartilhadas, similaridades:

Figura 70 – Sementes, grãos separados e agrupados de acordo com suas características e propriedades



Fonte: ecoinforme.com.br/producao-de-graos-deve-cair-para-1893-milhoes-de-toneladas-em-2015/

Figura 71 - Insetos do filo *Arthropoda*



Fonte: www.infoescola.com/wp-content/uploads/2017/07/insetos-161977562.jpg

Figura 72 - Multidão: Grupo diverso de pessoas



Fonte: www.macleans.ca/society/life/a-world-of-10-billion/

Os sentidos e alguns dispositivos simples foram os primeiros instrumentos usados para reconhecer e definir critérios de classificação. Por conseguinte, os aperfeiçoamentos técnicos no desenvolvimento de aparelhos como os microscópios permitiram a observação mais precisa e a necessidade de novos parâmetros. O avanço científico elevou o nível de complexidade das análises e o consequente volume das informações.

6.1.2 Sistemática e Taxonomia

Inicialmente denominada sistemática, a taxonomia (que surgiu da Botânica, campo do conhecimento biológico explorado desde a antiguidade) está, por método e conceito, incluída na primeira, mais abrangente:

A Sistemática traz todo o conhecimento biológico dentro de um sistema ordenado. A Taxonomia é parte da sistemática que trata da descrição, nomenclatura e classificação dos organismos.

A sistemática atualmente é definida como o estudo científico dos tipos de organismos e da sua diversidade e todas as relações entre eles ou, de alguma relação em particular. A sistemática pode também ser definida como o campo científico inteiro que trata da organização, história e evolução da vida. Ela procura responder às seguintes questões: 1) como as formas vivas se originaram, 2) como elas se diversificaram e como elas estão distribuídas no tempo e no espaço. (WEBBER, 2007)

Os conceitos de Taxonomia e Sistemática se confundem por ambos tratarem do ordenamento classificatório dos organismos. Porém, em termos práticos, as diferenças se tornam irrelevantes ao considerarmos ‘taxonomia’ como organização geral das coisas. Na verdade, a identificação e classificação dos seres no meio natural são praticadas de maneira rudimentar desde tempos remotos: a exemplo de

outras técnicas de análise, as classificações da antiguidade se basearam em meios de observação mais simples:

Os primeiros registros relacionados com o conhecimento biológico vêm dos mesopotâmicos (...) com uma classificação primitiva separando os animais em peixes e outros seres vivos da água e também serpentes, pássaros e animais quadrúpedes. (...) As plantas, cerca de 250 variedades citadas, também eram divididas em árvores, cereais, ervas, especiarias e drogas, e as frutíferas que se assemelhavam, como as macieiras e as figueiras, eram classificadas no mesmo grupo (DI MARE, 2002).

Há registros de sistemas de identificação no Egito e China (1551 a. C.), com o objetivo de identificar plantas para fins medicinais. No ocidente, Aristóteles (384-322 a. C.) foi pioneiro em sistematizar a diversidade biológica de acordo com características compartilhadas, indicando padrões que identificavam os grupos. Outros estudiosos sugeriram novos critérios e sistemas correspondentes, mas a tarefa sempre se mostrou complexa por conta do volume de informações provenientes das incontáveis formas de vida. O sistema básico mais eficiente e que permanece como padrão na atualidade - eventualmente reformulado de acordo com novos conhecimentos e técnicas de pesquisa - foi proposto por Carolus Linnaeus em 1753. Na proposta de Linnaeus, os seres foram agrupados segundo características universalizáveis, sintetizadas por um protocolo de observação convencional padronizado e uma nomenclatura binomial em idioma morto (Latim), adaptável e aplicável a descobertas científicas posteriores.

Os métodos de classificação foram aperfeiçoados e atingiram a configuração atual devido ao avanço científico, à contribuição de técnicas analíticas evolutivas e à genética. O refinamento técnico contribuiu para as subdivisões dos táxons em estruturas características, níveis evolutivos e graus de parentesco. As novas categorizações em vários níveis, subníveis e subdivisões tornaram o processo de classificação mais complexo e preciso:

Figura 73 - Tabela: Evolução da Classificação Taxonômica Biológica

Linnaeus	Haeckel	Chatton	Copeland	Whittaker	Woese	Woese	Cavalier-Smith	
(1735)	(1894)	(1937)	(1956)	(1959)	(1977)	(1990)	(1998)	
Dois reinos	Três reinos	Dois impérios	Quatro reinos	Cinco reinos	Seis reinos	Três domínios	Dois impérios e seis reinos	
Não tratados	Protista	Prokaryota	Monera	Monera	Eubactéria	Bacteria	Prokaryota	Bacteria
Vegetalia	Plantae		Protocista	Protista	Archaeabacteria	Archaea		Protozoa

		Eukaryota		Fungi				
			Plantae	Plantae	Protista			Fungi
Animalia	Animalia				Plantae			Plantae
			Animalia	Animalia	Fungi	Eukaryota	Eukaryota	Chromista
					Plantae			
					Animalia			Animalia

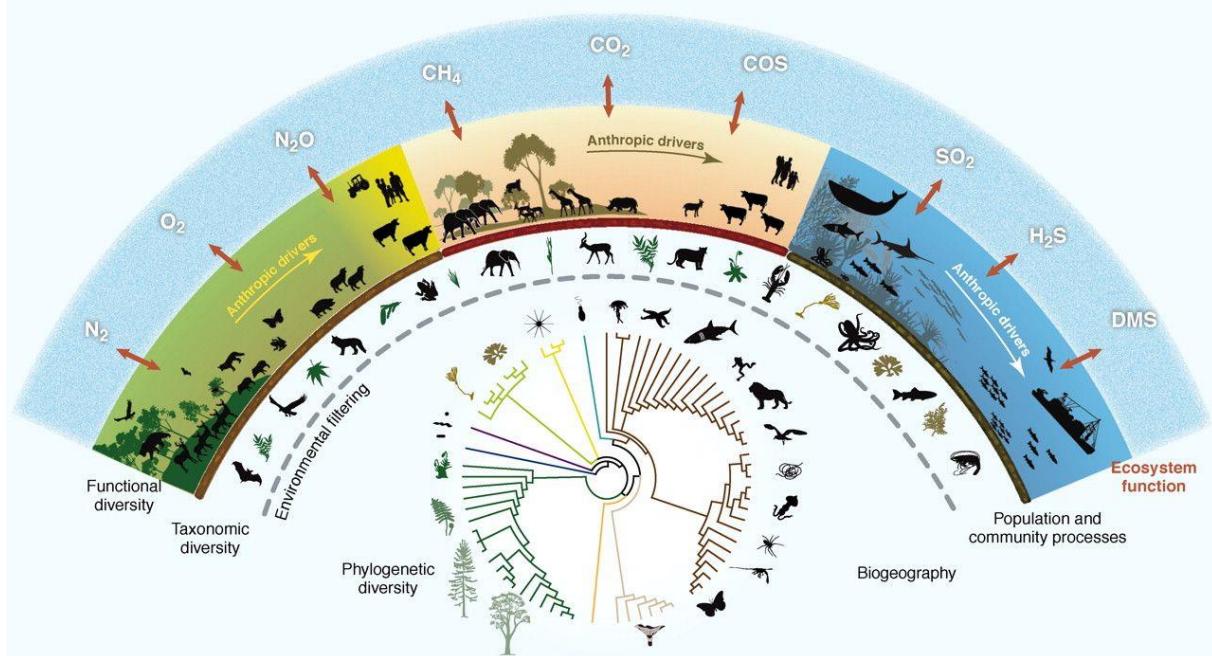
Fonte: Adaptada de (questoes.grancursosonline.com.br/questoes-de-concursos/biologia-biologia-animal-taxonomia/436819

Observa-se que os sistemas evoluem e se especializam à medida que novas descobertas científicas permitem modelos mais sofisticados, detalhistas. A atividade de sintetizar e organizar tais informações, além de uma necessidade lógica, traz grandes implicações na interpretação da realidade e do universo. A interdependência ecossistêmica, o crescente impacto antrópico e as influências da Tecnosfera sobre a Biosfera demonstram que o ordenamento sistemático se tornou imprescindível para a compreensão da Vida além das possíveis aplicações tecnológicas:

A taxonomia é uma ciência sintética, baseada em dados de diversas áreas como a morfologia, anatomia, citologia, genética, citogenética química e atualmente em dados moleculares. Cada nova técnica desenvolvida numa dessas áreas da ciência, oferece possibilidades para aperfeiçoar os esquemas nos quais estão delineadas as relações entre os organismos. Nesse sentido, o acúmulo de dados e a sua interpretação nunca cessam. (WEBBER, 2007)

No entanto, tal apuração de características e critérios de classificação geram complexidade. A taxonomia, (assim como outras áreas tecnológicas, inclusive o modelo industrial), definiu a padronização como técnica, ferramenta, condição conceitual e método de análise. As características utilizadas nas descrições e as consequentes divergências indicavam a necessidade do ordenamento por critérios universais. Os sistemas de classificação adotaram convenções generalizantes, o latim por língua padrão e a Nomenclatura binomial proposta por Linnaeus como modelo universal:

Figura 74 - Biota, Ecossistemas e Sistemática.



Fonte: "The Functions of Biological Diversity in an Age of Extinction" - Artigo (www.sciencemag.org)

Em projetos de Produto, para usar uma analogia em Design, pode-se comparar alguns procedimentos que utilizam critérios específicos na investigação taxonômica com a análise de similares: quanto à forma (estrutura morfológica), função, processo de fabricação (origens, ocorrência), material, texturas, cores, etc. A busca por padrões de comportamento social, que também faz parte da atividade de projeto, pode ser observada nos métodos de classificação de espécies que interagem em grupos. Os princípios descritos por Benyus (2012) enquanto níveis da abordagem biomimética, podem descrever graus de complexidade e interferência entre elementos na rede natural. Tais níveis são interdependentes, interseccionados e por isso não seguem uma lógica linear, hierárquica, centralizada. Através da investigação biológica, algumas características distintivas (táxons, critérios de classificação) podem satisfazer mais de uma necessidade de projeto, como descrito por Broeck (2003), analisados a partir da sua posição nas classificações taxonômicas.

6.2 BIOMIMÉTICA E SISTEMÁTICA

Apesar de definida recentemente, a Biomimética é descrita e praticada intuitivamente desde tempos ancestrais. As informações disponibilizadas pela natureza foram e ainda são fonte de conhecimentos para povos que reconhecem seu valor intrínseco, essencial à Vida. Uma fonte de Sabedoria que as sociedades

modeladas artificialmente estão redescobrindo por necessidade de sobrevivência, uma vez que o ambiente artificial está saturado e por vezes em conflito com os princípios naturais. A riqueza que a Biosfera disponibiliza para projetos abrange desde a excelência morfológica à eficiência das interações sistêmicas. Relacionar o conhecimento biológico organizado na Sistemática às necessidades dos projetos bioinspirados cresce em importância por simplificar as análises e antecipar a percepção de caracteres descritos em determinadas níveis taxonômicos como inovações técnicas adaptativas.

No entanto, a abordagem biomimética pretende despertar outro nível de compreensão e reconhecimento da Natureza com o objetivo de fomentar o interesse no desenvolvimento da cultura projetiva fundamentada na consciência ecossistêmica. A Sustentabilidade, apontada como requisito necessário às novas metodologias de Projeto, será alcançada através de modelos integrados e não apenas por métodos produtivos industriais (BONSIEPE 2012, BENYUS 2012, PAPANEK 2006). Para que essa percepção da vida e de seus princípios sejam efetivamente aplicados é necessário constituir um novo modelo que respeite profundamente a natureza sem as utopias do discurso meramente ecológico. O modelo produtivo e seus subsistemas devem mimetizar os sistemas vivos para transformar o modo de vida atual em outro, menos predatório e invasivo por princípios.

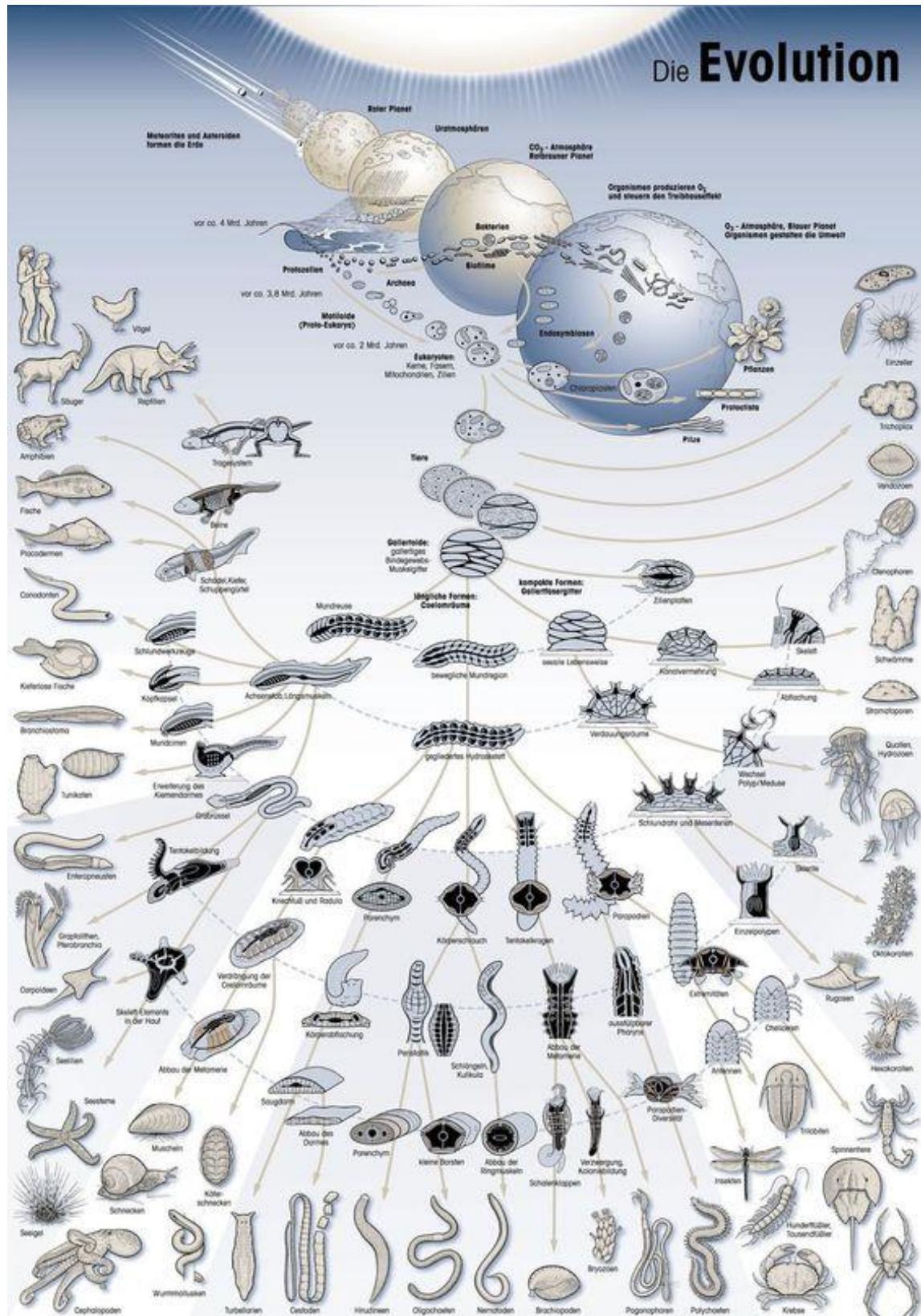
6.3 EVOLUÇÃO E TAXONOMIA

As técnicas de investigação e classificação foram aprimoradas de acordo com avanços científicos: os sistemas taxonômicos antigos consideravam os seres relativamente imutáveis pois, ainda que pudessem variar, não originavam novos espécimes. A publicação da teoria darwiniana revelou a hipótese de uma origem comum para todas as espécies, surgida nos oceanos e descrita por vestígios fósseis, que gradativamente evoluiu e diversificou, de seres unicelulares simples a complexos peixes, anfíbios para, posteriormente, animais pluricelulares sobre a terra seca. A vida como conhecemos teria passado por longas eras de transformações da matéria que favoreceram seu surgimento, manutenção e diversificação.

Porém, a teoria da evolução procura apoio em outras ciências para confirmar a tese da origem comum, o que favorece a compreensão de fenômenos naturais

isolados e/ou sistêmicos, inclusive a identificação de semelhanças compartilhadas entre seres tão diversos, aparentemente diferentes.

Figura 75 - Origem comum dos animais (inclusive do Homem), segundo a Evolução das Espécies



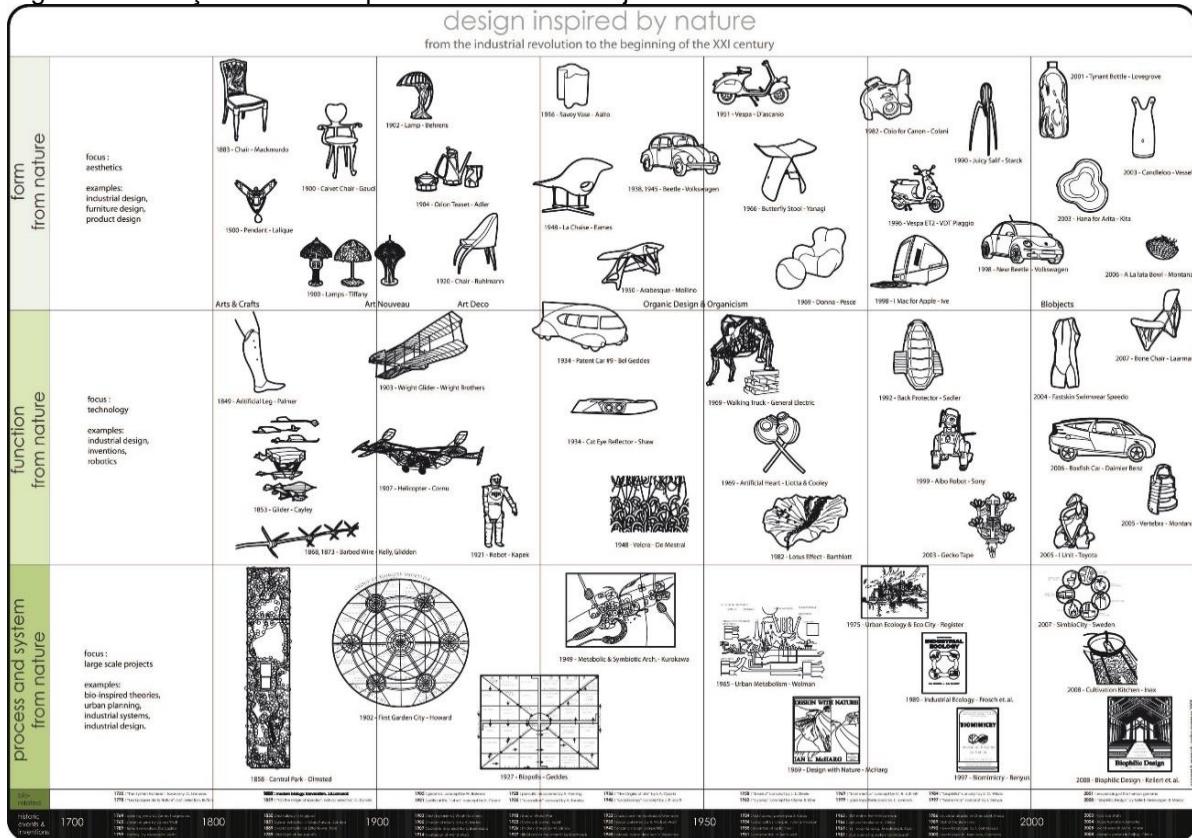
Fonte: migration.wordpress.com/2009/03/18/gratuitous-image-of-animal-macroevolution

6.4 ANÁLISE DA ABORDAGEM BIOMIMÉTICA: PERCEPÇÃO, ABSTRAÇÃO, MÉTODOS E CLASSIFICAÇÕES

Os artefatos são inseridos em uma classificação no momento da idealização, a partir da elaboração. Ao receberem uma característica e denominação, a forma e as funções são abstraídas, transfiguradas na mente, informando aparência e atributos a partir de um repertório construído culturalmente. Uma informação que conforma e transforma a matéria (FLUSSER 2007, CARDOSO 2012). A denominação está associada, por signos mimetizados à função, que lança cada objeto em uma categoria distinta ou classificação pré-concebida pela simples ordem de produção. O Projeto define os atributos, caracteres e métodos de construção. Os objetos dispostos no meio natural são ordenados artificialmente de outra maneira, pois seus componentes não são fruto de uma composição ou construção, mas de descoberta, de investigação.

O meio natural se relaciona com o artificial através do indicativo da funcionalidade. Através da percepção compartilhada e dos códigos descritos pela experiência, os objetos naturais e os artificiais se entrelaçam ou interseccionam funcionalidades e indicam similaridades úteis para a criatividade projetual. A dimensão que favorece essa apreensão é a sensibilidade cognitiva associada aos sistemas de codificação, a cultura e a tecnologia. Cada artefato tem sua própria história de evolução: das formas mais simples, às interações complexas o que torna possível traçar um paralelo entre a evolução das espécies no meio natural àquelas do ambiente artificial:

Figura 76 - Funções e formas para taxonomia de objetos



Fonte: br.pinterest.com/pin/452400725045097597

O Design, por seu caráter interdisciplinar, acumula e integra informações diversas que exigem métodos, sistemas de organização. As propostas tecnológicas na dimensão artificial também proporcionam dados que impõem a utilização de ferramentas para caracterização, análise e classificação. É possível fazer analogias entre os ambientes artificiais e os biológicos através das funções informadas nos objetos, materiais, estruturas e padrões tomados como chaves taxonômicas. Isso permite distinguir os seres e elementos do meio natural segundo características que os definem e os isolam em grupos definidos. A sistematização do conhecimento e as relações entre o natural e o artificial permitem uma melhor percepção e aproveitamento das mimeses. Assim como Löbach (2001), Broeck (2003) demonstra a necessidade de distinguir as origens dos objetos como ponto de partida para análises miméticas.

A taxonomia, através de seus métodos de análise, tem sido usada para reconhecer e até prever características, pois a classificação e o enquadramento dentro de níveis taxonômicos ocorrem de acordo com determinadas comparações. A identificação e a definição de uma nova espécie acontece quando todas as similaridades foram esgotadas e surge um atributo novo. Por outro lado, a alta

taxonomia, que define os critérios-macro, permite abordar as aplicações biomiméticas segundo características generalizantes. Essas características podem satisfazer mais de uma necessidade de projeto.

Nesse sentido, apesar da biomimese ser remota, pré-histórica, percebe-se que ainda há muito o que aprender e reaprender no ambiente natural. O desvio ou desvirtuação dos conceitos também podem ocorrer pela substituição generalizada, durante o desenvolvimento tecnológico, das mimeses naturais pelas artificiais, seja por conta dos modelos produtivos alienantes, dos currículos deficientes de Design ou dos meios de comunicação orientados para a lógica de mercado (BENYUS 2012, BONSIEPE 2012, PAPANEK 2006).

As classificações são, portanto, além de indispensáveis ou necessárias em virtude da quantidade dos dados, ferramentas projetais que potencializam a análise de similares e os processos de engenharia reversa aplicáveis em Design.

7 FERRAMENTAS

7.1 FERRAMENTAS BIOMIMÉTICAS

A sistemática é uma ferramenta de organização que permite, de acordo com o nível taxonômico adotado, tanto análises superficiais simples quanto complexas. A distinção e classificação dos seres parte das características generalizantes às específicas com o objetivo de definir cada espécime reconhecido como representativo. Critérios convencionais adotados como padrão para descrições de identificação e classificação biológica permitem reconhecer formas, elementos estruturantes, desenvolvimento vital e parentesco evolutivo. As informações que distinguem os seres são coletadas de acordo com chaves taxonômicas definidas entre características morfológicas, mas podem incluir informações de origem geográfica, etológica e genética, de acordo com a necessidade (WEBBER, 2007; FUTUYMA, 2009, KARDONG, 2008).

A taxonomia é instrumento da sistemática e se fundamenta no reconhecimento das estruturas que distinguem os seres: além da mesma conformação, os da mesma espécie apresentam comportamentos e condições funcionais semelhantes, como habitat (ocorrência predominante), alimentação, hábitos, etc. As chaves taxonômicas são protocolos de classificação que agrupam os seres pela presença ou ausência de determinadas estruturas. Quando um ente não pode ser classificado, ou seja, não apresenta quaisquer das características previstas é considerado um espécime representativo de uma nova espécie que receberá denominação de acordo com as regras estabelecidas.

A Biônica e a Biomimética utilizam características mimetizadas, encontradas em determinados níveis taxonômicos, dos mais generalizantes aos mais específicos com vistas à inovação. Porém, a Biomimese pretende alcançar a natureza em sua essência, como fonte de conhecimentos que transcendem a funcionalidade aparente. Como origem da vida, ambiente propício à sua manutenção e evolução, a natureza oferece infinitas possibilidades de aplicação, desde propriedades materiais e especificidades formais-funcionais às organizacionais-sistêmicas, que elevam a abordagem bioinspirada ao nível filosófico-ético (BENYUS 2012).

7.1.1 Complexidade Biológica e Ubiquidade Tecnológica

O meio natural é uma rede infinita de possibilidades tecnológicas. A aparente simplicidade morfológica muitas vezes apresenta soluções excelentes de revestimento, resistência e composição. Uma mesma característica ou estrutura biológica, mesmo superficial, pode agregar várias funcionalidades. Essa diversidade de inovações tecnológicas está espalhada sobre o planeta e, de acordo com as demandas, se adequa às mudanças de condições através da constante evolução. As mimeses, inclusive involuntárias, podem surgir a partir do código genético, no repasse de características copiadas entre gerações de indivíduos. Quanto mais conhecimento se tem dessas especificidades, mais soluções de projeto serão possíveis e necessária a urgência em adotar a natureza como guia de nossas decisões produtivas. Entretanto, maior parte da biodiversidade ainda é desconhecida, mesmo diante das ferramentas técnicas mais precisas.

A Tecnosfera envolve e condiciona o comportamento humano, codificado na concepção artificial e gera um paradoxo com a realidade física sensível. A percepção codificada entra em conflito, pois separa o natural do artificial e conduz a um comportamento insustentável, descrito no mundo imaterial, virtual, sintético, abstruído, representado na linha contínua, centralizada, hierárquica do modelo hegemônico, alienado. A maneira natural, em suas transformações, nos retêm no círculo das interações, nas curvas contínuas e ciclos da interdependência descentralizada. Tanto a realidade natural, quanto aquela construída no meio artificial, enquanto '*physis*', descrevem a ubiquidade como característica essencial, universalmente retida, compreendida pelo que é ou se torna, segundo códigos e configurações culturais. A indústria, através da produção mecanizada, desencadeou uma proliferação massiva de artefatos, consumo, rejeitos de processos, material descartado que têm alterado até a composição química do planeta. No entanto, essa capacidade multiplicadora pode ser reorientada para metodologias sustentáveis se considerarmos que a natureza funciona através de transformações sistemáticas e ininterruptas de materiais.

7.1.2 Evolução das Abordagens Biomiméticas: Ferramentas e Projetos

As mimeses estão descritas na produção de artefatos e evoluíram de acordo com as demandas humanas, das simples aplicações diretas a emulações

complexas. Os avanços científicos permitiram sintetizar materiais semelhantes e até melhores (em propriedades específicas) que alguns daqueles encontrados no meio natural, porém, vários destes não são biodegradáveis ou obtidos de maneira sustentável. Todavia, a evolução natural não deve ser confundida necessariamente como resistência dos mais fortes, melhoramento, avanço ou progresso, porém como adequação, adaptação a determinado contexto: a natureza desenvolve resiliência através de estratégias para a promoção e manutenção da vida dos mais adaptados.

O ambiente artificial transformou o homem em um ser codificado, alienado da natureza e da sua própria essência. O retorno à vida integrada exige o reconhecimento dos fundamentos primordiais, essenciais para a existência e equilíbrio entre os seres, inclusive os humanos. O homem artificializado é capaz de prever sua extinção através dos instrumentos científicos que desenvolveu e por isso tem buscado reencontrar os mistérios das origens da Vida.

O resgate da maneira natural de produzir deve, portanto, redefinir os métodos artificiais de apreensão e transformação do mundo ao modo como a espécie humana tem feito durante sua evolução. Os sistemas naturais podem assim, ser percebidos como usinas, fábricas ou aglomerados produtivos nos quais os materiais e os seres interagem na produção de energia. A natureza, além de modelo, será a medida e a mentora dessa percepção.

7.2 BIOMIMICRY TAXONOMY

A natureza não é mais a única capaz de gerar espécimes: as tecnologias genéticas mais avançadas permitem modificar os seres, inclusive transformar especificidades em qualidades genéricas. No entanto esse poder tem sido questionado por trazer consequências ainda não investigadas e assim, consideradas inseguras. Por outro lado, o volume de informações disponibilizado pela natureza - e na maior parte ainda desconhecido - continua exigindo organização, classificação e análises. O Biomimicry Institute disponibiliza ferramentas analíticas aplicáveis segundo a percepção taxonômica:

Figura 77 - Taxonomia de acordo com características aplicáveis aos projetos



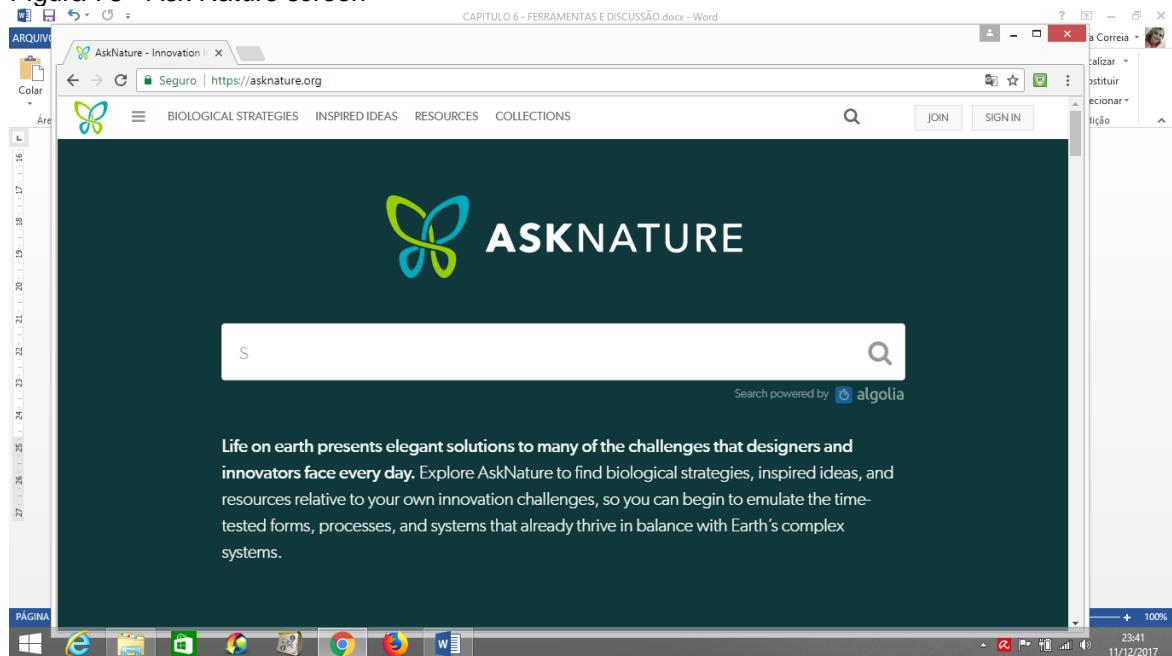
Fonte: asknature.org/resource/biomimicry-taxonomy/#.WuJ7kljwbIU

7.3 ASK NATURE

O site AskNature fornece dados de pesquisas ao redor do mundo e disponibiliza aplicativo no qual se incluem características desejáveis investigadas

em áreas distintas, passíveis de utilização através da biomimese. Os projetistas e pesquisadores de áreas científicas diversas indicam as especificidades que pretendem aplicar através de palavras chave (ex.: resistência à temperatura, leveza, hidrofobia, retenção hídrica, reflexão, luz estruturada, etc) e o aplicativo elenca estudos relacionados:

Figura 78 - Ask Nature screen



Fonte: AskNature.org

7.4 CONTRIBUIÇÃO DA SISTEMÁTICA E DA TAXONOMIA PARA APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS ATRAVÉS DA BIOMIMÉTICA

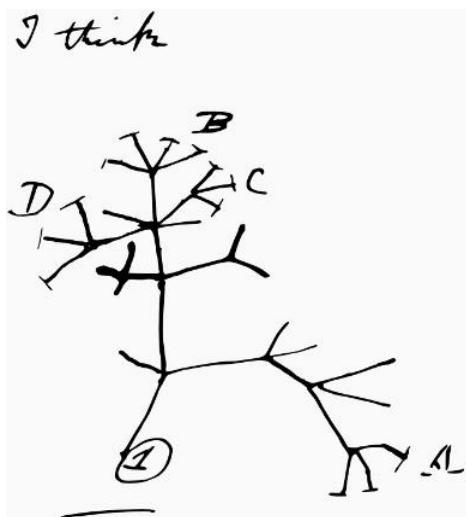
A Sistemática insere as formas de vida em grupos distintos de acordo com protocolos de análise estabelecidos por critérios padronizados, convencionais que definem as chaves taxonômicas ou táxons. A classificação através de semelhanças e distinções entre os seres se aproxima da atividade de Design (projeto) na descrição, detalhamento das formas entre outras características compartilhadas ou não, que atendam a determinadas necessidades, condições e demandas.

A análise de produtos ou objetos que definem categorias funcionais é semelhante à avaliação de estruturas biológicas que definem níveis taxonômicos. A organização das informações e a padronização da linguagem (ou terminologia) com o objetivo de universalizar a identificação biológica favorece a pesquisa dos especialistas na área. Por outro lado, apropriar-se desses termos promove o diálogo entre os projetistas e biólogos. Vale lembrar que ferramentas de

organização de dados são utilizadas em diversas áreas do conhecimento, porém, em nenhuma destas o volume e a complexidade das informações é tão vasto quanto nas Ciências Biológicas.

Segundo a teoria da evolução, cada espécie representa o auge de adaptações desenvolvidas ao longo do tempo sob contextos diversos. Isolar características dessas especificidades adaptativas permite identificar aquelas espécies mais preparadas para condições semelhantes em outros cenários e assim indicá-las como modelos mimetizáveis.

Figura 79 - Esboço de 'Árvore da Vida', Darwin (1837)



Fonte: "Primeiro Caderno sobre a Transmutação de Espécies" Charles Darwin (1837)

Figura 80 – 'Árvore da Vida', Ernst Haeckel (1856)

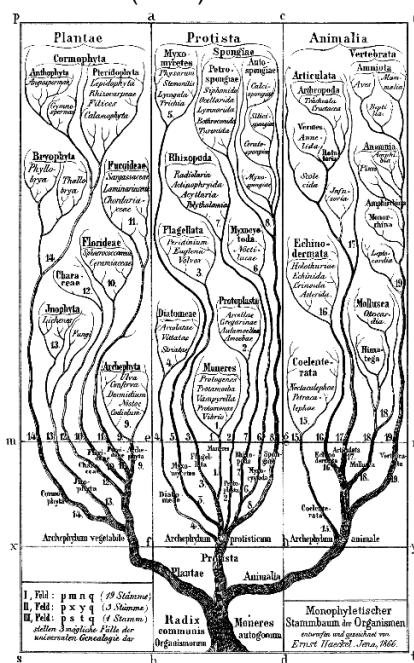
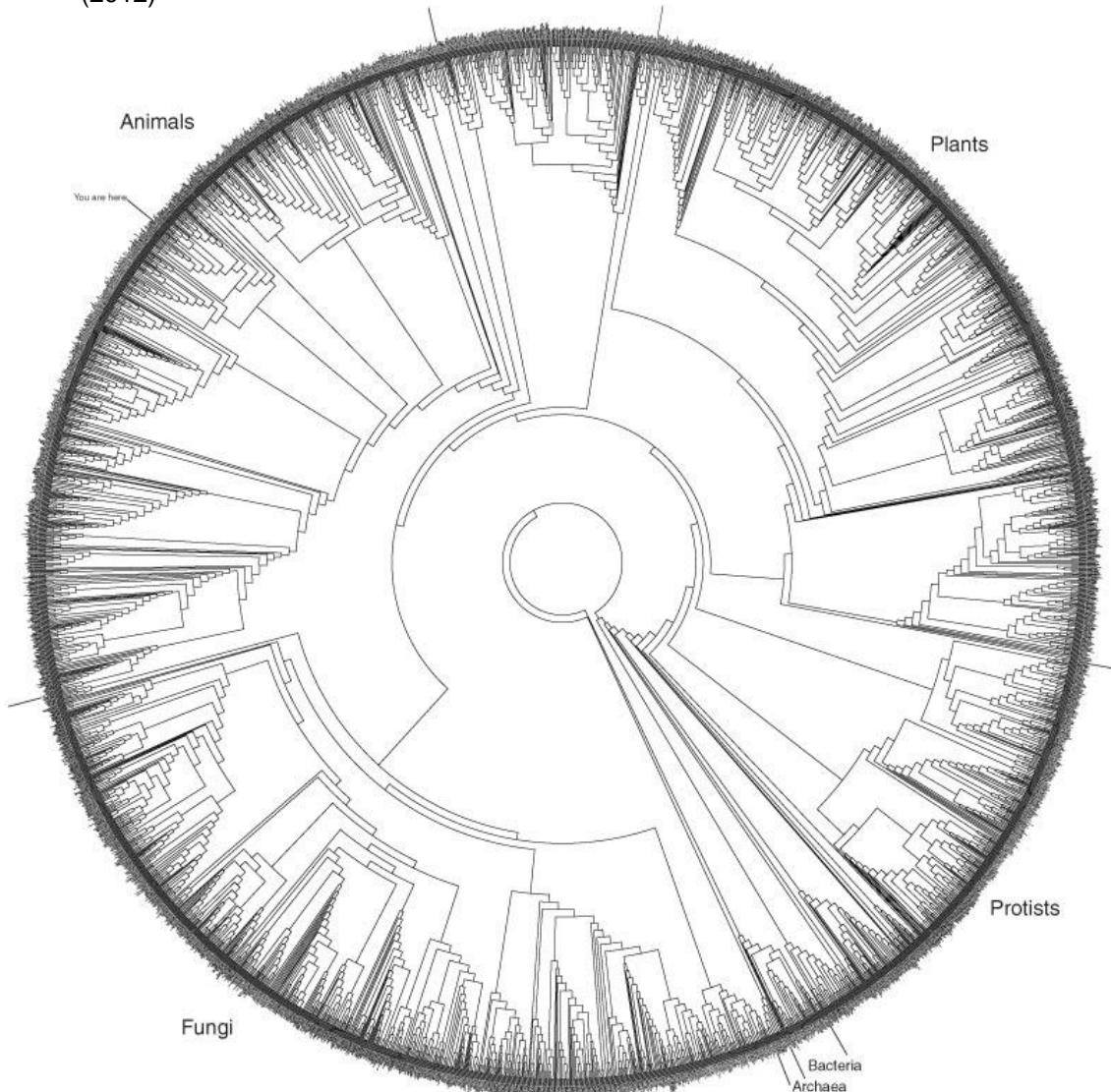


Figura 81 – ‘Árvore da Vida’, por David Hillis, Derreck Zwickil e Robin Gutell (2012)



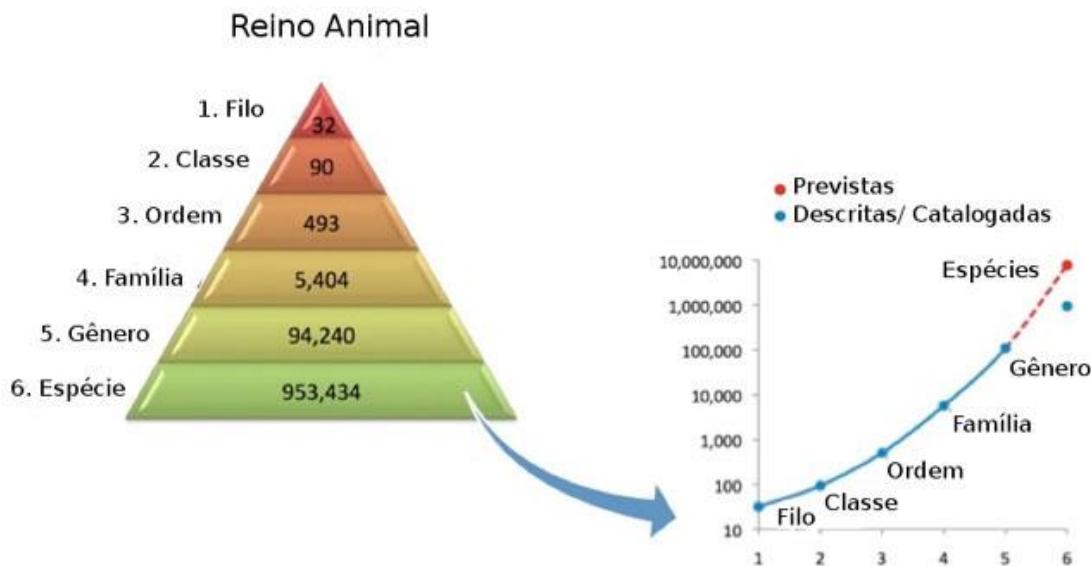
Fonte: www.press.jhu.edu/media/image/pg-318jpg-1

Cada espécie descreve a mais adaptada conformação ou configuração para determinadas exigências, o que torna possível aplicar essa informação em outros objetos. Se apenas a morfologia de determinado espécime não proporciona uma inovação efetiva, outras características e fatores podem contribuir para tecnologias, como a elaboração de ferramentas, mudanças de comportamento e vida em sociedade.

A recente pesquisa “How many species are there on Earth and in the Ocean?” que estimou, baseada em levantamentos taxonômicos, cerca de 8,7 milhões de espécies no planeta (com 1,3 milhão de espécies para mais ou para menos) e que destas, cerca de 86% são desconhecidas (MORA et all, 2011), indica o enorme potencial científico-tecnológico a ser investigado. Apesar da margem de

erro, é o estudo mais preciso já publicado, pois as estimativas anteriores previam de 3 a 100 milhões de espécies. Para chegar a esse resultado, o estudo recorreu a taxonomistas no mundo inteiro, usou uma metodologia de sistemática alta e padrões numéricos encontrados em classificações taxonômicas, segundo uma pirâmide hierárquica:

Figura 82 - Estimativa das espécies existentes conforme Taxons Superiores



Fonte: "How Many Species are There on Earth and in the Ocean?" - Artigo (MORA et all, 2011) <https://www.calacademy.org/explore-science/how-many-species-on-earth>

Independente da dificuldade de processamento dos dados que a biosfera possa impor, o volume de informações favorece a criatividade por oferecer mais possibilidades aplicativas. Os táxons altos trazem a generalidade de estruturas compartilhadas por grandes grupos e multiplicam as possibilidades de aplicação tecnológica à medida que as características se tornam específicas:

Figura 83 - Tabela: Estimativa do número de espécies no planeta segundo táxons superiores:

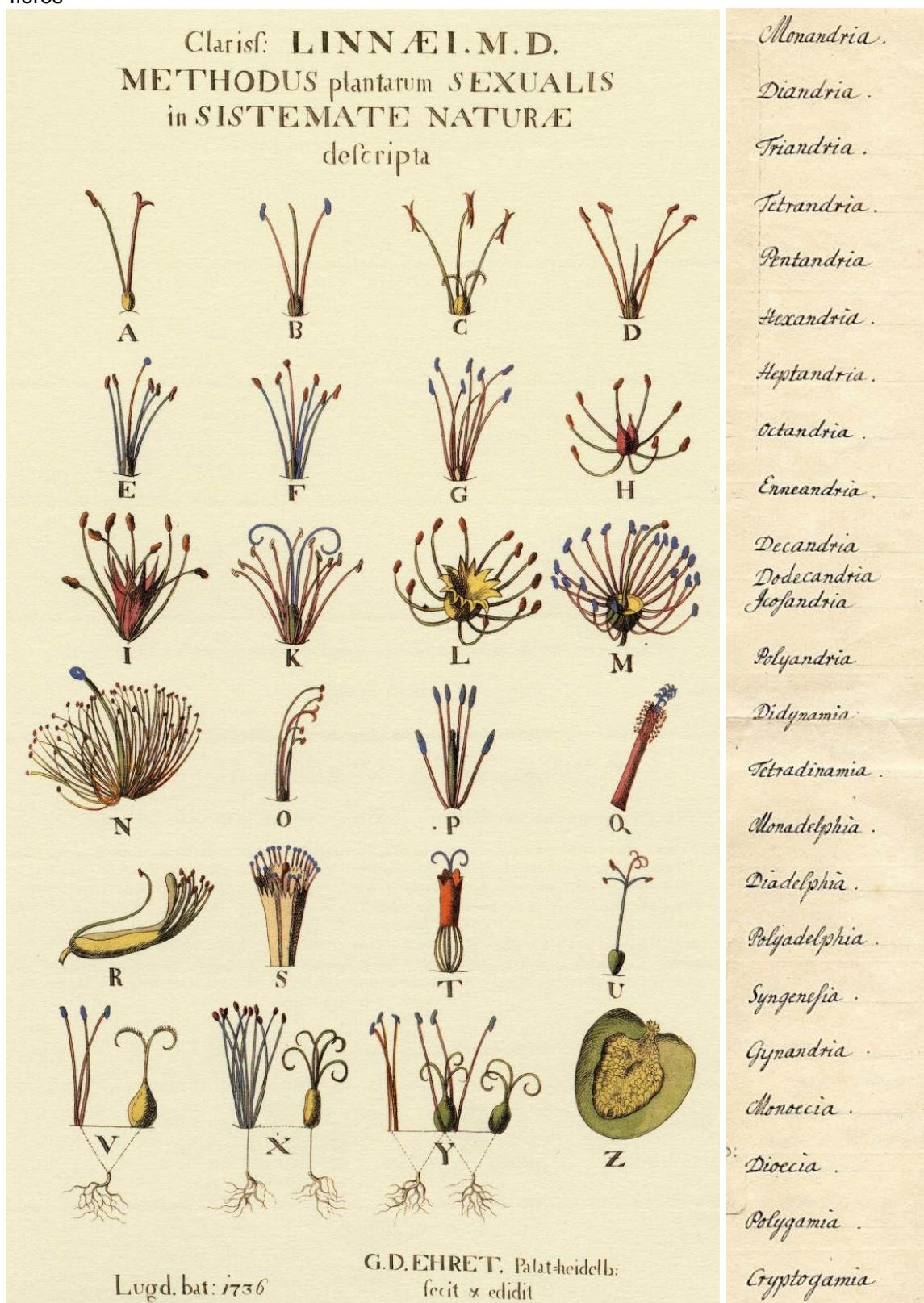
Species	Earth			Ocean		
	Catalogued	Predicted	±SE	Catalogued	Predicted	±SE
Eukaryotes						
Animalia	953,434	7,770,000	958,000	171,082	2,150,000	145,000
Chromista	13,033	27,500	30,500	4,859	7,400	9,640
Fungi	43,271	611,000	297,000	1,097	5,320	11,100
Plantae	215,644	298,000	8,200	8,600	16,600	9,130
Protozoa	8,118	36,400	6,690	8,118	36,400	6,690
<i>Total</i>	1,233,500	8,740,000	1,300,000	193,756	2,210,000	182,000
Prokaryotes						
Archaea	502	455	160	1	1	0
Bacteria	10,358	9,680	3,470	652	1,320	436
<i>Total</i>	10,860	10,100	3,630	653	1,320	436
Grand Total	1,244,360	8,750,000	1,300,000	194,409	2,210,000	182,000

Fonte: PLOS Biology (<http://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.1001127>)

A elaboração de sistemas classificatórios é um meio artificial, uma ferramenta de organização hierárquica e cumulativa. Quanto mais numerosas, mais complexas: cada ser é examinado segundo suas características mais notáveis e inserido a um grupo segundo esses caracteres. As chaves taxonômicas são específicas para cada Domínio, Reino, Filo, Classe, Ordem, Família, Gênero, Espécie. De acordo com o nível de conhecimento genérico de determinados filos, classes e ordens, pode-se isolar os espécimes representativos e prever algumas das características específicas. A sistemática pode facilitar a pré-visualização e a análise de características através das chaves dicotômicas ou taxonômicas. Analisar essas descrições generalistas e investigar como as formas de vida se adaptam a condições específicas pode auxiliar na transferência de tecnologias para necessidades similares.

A análise das características adotadas como distintivas segundo as técnicas de classificação biológica permite deduzir funções. Exemplos de aplicações biomiméticas clássicas reconhecidas demonstram que algumas características, funções ou comportamentos podem ser previstos naquelas espécies que apresentam ou descrevem especializações decorrentes de sua adequação às condições ambientais. As primeiras iniciativas de classificação tendiam ao erro pela dificuldade técnica em apurar características específicas, no entanto permitiram a formulação de métodos coerentes com a realidade de seu tempo.

Figura 84 - Descrição e classificação taxonômica botânica baseada no número de hastes das flores



Fonte: (https://www.otago.ac.nz/library/exhibitions/linnaeus/walls/wall_ehret.jpg)

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise histórica sobre as origens do artificial nos remete à aurora da humanidade e à luta pela sobrevivência. Se para outras espécies o processo de adaptações evolutivas foi instintivo, orgânico ou involuntário, no caso humano houve o incremento contínuo da percepção, do aparato cognitivo entremeado por artefatos que proporcionaram tanto a aquisição quanto o desenvolvimento de habilidades abstratas sofisticadas. Os conhecimentos acumulados, repassados através de substituições artificiais, promoveram o aperfeiçoamento artístico, imaginativo, intelectual, sensível. Tal conjunto cognitivo-abstrativo intensificou a evolução e o desenvolvimento cultural por artefatos que amplificaram a experiência artificial, porém alienaram a percepção da realidade física.

Apesar da Natureza ser utilizada, transformada artificialmente desde tempos imemoriais e ao longo da evolução tecnológica os humanos terem se afastado dos princípios naturais, na atualidade as novas tecnologias da informação e da automação reaproximaram os dispositivos artificiais ao comportamento natural por mimetizarem o funcionamento das redes neurais e outras características biológicas. No entanto, ainda não há uma correspondência profunda com a maneira simbiótica, sinergética da interdependência ecossistêmica como observada na Biosfera. As primeiras interferências artificiais, primitivas e simples, foram substituídas por aquelas mais complexas, derivadas de observações e abstrações codificadas ou 'mimeses de mimeses'. Embora discutidas no âmbito da arte, as mimeses estão presentes em toda a experiência humana. Compreender a 'Arte' como origem ou princípio artificial, indica a emulação como fundamento de todas as atividades, sejam abstratas ou concretas (físicas) que envolvem técnicas e métodos. A capacidade de observação, abstração e imitação fizeram o Homem evoluir como espécie e como ser artificial: capaz de reconhecer, copiar, abstrair, codificar e assim, decodificar para transformar o ambiente e a si mesmo.

As ideologias que permeiam os modelos de produção, sobretudo na Indústria, afastaram a espécie humana de sua essência natural nos últimos três séculos. A evolução técnica potencializou e multiplicou a capacidade humana de transformação do meio físico em outra dimensão, a Tecnosfera (ou esfera artificial-técnica), na qual a natureza é abstraída. As tecnologias multiplicaram a oferta de artefatos alterando o equilíbrio entre os seres (inclusive o homem) e o meio

ambiente. Atualmente, emergências decorrentes do modelo de desenvolvimento impõem a necessidade de voltarmos aos princípios naturais para a sobrevivência de nossa espécie, reconhecida como principal responsável por esse cenário de insustentabilidade e única capaz de revertê-lo. É urgente a mudança de paradigmas através da adoção da mimese biológica. Para tanto, a nova cultura de produção deve promover uma compreensão profunda da Vida em sua complexidade sistêmica através da mimese dos princípios naturais para a aplicação em tecnologias inovadoras, sustentáveis e integrativas. Priorizar o modo natural de solucionar demandas deve ser a Ética, a Filosofia, o princípio dos novos métodos de projeto.

8.1 SÍNTESE SISTEMÁTICA

A Arte compreende os processos de substituição, a abstração que transforma informações em artefatos. Por milênios a espécie humana foi capaz de manipular a realidade através dessas simulações que permitiram questionar a Vida e o Universo. As ciências amplificam a artificialização através de abstrações codificadas, linguagens e concepções em outras dimensões de experiência. Porém, o avanço técnico é dependente tanto da Ciência quanto da Arte, pois o conhecimento é ampliado, reformulado através de ambas. O Design representa a síntese dessa integração multidisciplinar porque configura os artefatos de acordo com as projeções das necessidades, seja na sua forma material ou virtual.

Os projetos podem ser compreendidos como análises de necessidades e das possíveis soluções: em sentido análogo, a evolução ou adaptação dos seres às novas demandas de sobrevivência podem ser percebidas como inovações ou redesenho adaptativo. Se toda a biodiversidade e complexidade ecológica surgiram a partir de uma forma primordial de vida, é necessário recorrer à ubiquidade da criação ou recriação que a natureza oportuniza.

O meio natural apresenta infinitas possibilidades de aplicação e o volume de informações a decodificar exige ferramentas dedicadas. A sistemática e a taxonomia são técnicas de análise, classificação e identificação que permitem organizar características e informações diversas. A sistemática biológica é um método de categorização que segue critérios para a identificação das inúmeras formas de vida: cada espécime descreve um ponto de convergência evolutiva, uma ramificação no fluxo de desenvolvimento e evolução da vida no planeta.

A maior contribuição que a Sistemática Biológica pode oferecer para as aplicações tecnológicas através da Biomimética é a identificação de especificidades inovadoras, configurações que asseguram a permanência e a adaptação dos seres e a previsão de características utilizáveis a partir dos táxons. A sistemática biológica aplicável ao Design ressalta:

- a) Adaptação através da inovação;
- b) Observação e análise;
- c) Abstração e categorização;
- d) Detalhamento e classificação;
- e) Terminologia específica para interdisciplinaridade;
- f) Integração para interação;
- g) Disponibilização sistemática;
- h) Aplicação técnica ou estratégica;

Compreende dessa maneira, que os esforços científicos para sistematizar o conhecimento biológico implicam em fundamentos importantes que contribuem na organização e a disponibilização de informações biológicas úteis para a aplicação tecnológica através do Design.

Os esquemas taxonômicos permitem mapear:

- Formas;
- Atributos físicos;
- Funções;
- Fatores seletivos;
- Condições e variações para Espesiação;
- Propriedades físico-químicas;
- Características hereditárias;
- Etiologia, etc

As ilustrações, os detalhamentos e as indicações funcionais promovem a projeção ou previsões de utilização que por sua vez incrementam a criatividade dos designers das mais diversas áreas. A contribuição da sistemática biológica para a biomimese ou bioinspiração se concentra na capacidade sintética de identificar adaptações ou inovações que os seres e demais elementos no meio físico

experimentam como Evolução, interpretadas como mudanças necessárias que asseguram os fenômenos da Vida, em constante movimento e transformação.

8.2 CONCLUSÕES

De acordo com os objetivos da pesquisa, pode-se concluir que a Sistemática e os instrumentos para a organização das informações taxonômicas biológicas são pertinentes, adequados e valiosos para a prospecção de tecnologias através do biomimetismo. O estudo confirmou também que a Natureza, embora ameaçada pela pressão antrópica, continua essencial, fundamental, soberana enquanto fonte primordial de conhecimentos e soluções sofisticadas de Design.

Além da Biomimese se confirmar como instrumento mais remoto de inspiração para as construções humanas originalmente impostas pelo imperativo da sobrevivência, a dependência material e a interdependência sistêmica generalizada entre as espécies exigem a necessária proteção dos recursos naturais. Ao longo da experiência artificial, a Natureza deixou de ser percebida como abundante, infinita, e tem demonstrado sinais de fragilidade e esgotamento, diante do potencial de interferências de um modelo hegemônico que explora e polui. A preservação da Biosfera é imprescindível, portanto, para a sobrevivência e a continuidade dos processos evolutivos de todas as espécies, inclusive do Homem. Outro efeito da prospecção através da sistemática para aplicações biomiméticas é o respeito ao fenômeno da Vida como fundamento ético para a continuidade da evolução da humanidade, uma vez que a espécie humana enquanto responsável pelos abusos ao planeta proporcionado pelo modelo de desenvolvimento comum, pode redirecionar essa condição segundo paradigmas reestruturadores da compreensão natural.

A capacidade replicadora mecanizada multiplica a lógica do mercado de consumo: o modelo industrial revelou ideologias informadas através de produtos e sistemas de organização. As séries fabris padronizaram as percepções que conduzem ao comportamento abusivo de uma população consumidora crescente, alienada da própria condição dependente. As espécies dependem umas das outras para se manterem viáveis dentro do sistema e a Sistemática, ao apontar as estruturas e aspectos que distinguem e acabam por definir os seres, indicam determinadas características que identificam inovações ou adequações a determinadas condições ambientais. Cada ser apresenta particularidades que

podem ser aproveitadas em alguma tecnologia humana, seja como modelo, medida ou guia de conhecimentos.

A espécie *Homo sapiens sapiens* desenvolveu habilidades mais sofisticadas que a simples mimese, reconhecida em outras espécies de seres vivos, sobretudo de hominídeos: a aquisição de conhecimentos através da experiência reconduzem às mimeses. A análise histórica através dos objetos (pré-histórica) e posteriormente pelo registro codificado (línguas escritas) demonstram que a mimese é constante na experiência do Homem, que transforma e também é transformado pelo que constrói, pois está inserido em um ambiente informado (codificado, denominado) e através disto adiciona, insere novos objetos ao mundo. As formas informam, transformam a percepção e a concepção.

A construção de qualquer artefato exige a utilização de recursos que envolvem, além de materiais reconhecidos como próprios e adequados para tal, um plano prévio, um PROJETO que por sua vez indica repertório que permita registrar e ‘in-formar’ as ideias, preconcepções, projeções daquelas formas que serão aplicadas aos artefatos. Essa capacidade de ‘imaginar’ ou recriar as imagens configuradas em códigos apreendidos culturalmente para sua forma física é reconhecida como inherentemente humana. Tal interferência gerou mimeses que remetem o conhecimento anterior, renovam os signos por códigos físicos e não físicos. Os desígnios transferidos aos artifícios projetados proporcionaram a condição artificial progressiva que, apesar de ampliar aspectos cognitivos, podem alienar a experiência primal, a essência natural compreendida como sustentação da Vida.

A sistemática e a taxonomia se configuram como ferramentas valiosas para a análise e o registro de características observadas há milênios. A técnica de identificar e classificar sistematicamente os seres traduz a organização da lógica natural evolutiva em níveis ou graus de complexidade para a projeção criativa ao colocar o fenômeno da vida como um processo de inovações. Ferramentas biomiméticas que utilizam a Sistemática ainda são incipientes e por isso serão melhor detalhadas em pesquisas posteriores.

Portanto, a Sistemática para a Biomimética representa uma metodologia vantajosa em relação à inovação, pois a compreensão biológica sistematizada nas taxonomias se configura como esquema lógico de prospecção tecnológica.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, Amilton. **Como a Biônica e Biomimética se relacionam com as estruturas naturais na busca de um novo modelo de pesquisa projetual**; Artigo

ARRUDA, Amilton. **Bionic Basic**: Verso un nuovo modello di ricerca progettuale. 2002. 175 p. Tese (doutorado) – Universidade Politécnico de Milão, Dottorato di Ricerca in Disgno Industriale e Comunicazione Multimediale.

— **Verso una didattica nel campo biônico**: ipotesi per lo sviluppo di una strategia progettuale. 1993. 185 p. Tese (mestrado) – Istituto Europeo di Design di Milano, Centro Ricerche in Strutture Naturalli.

ARTAXO, Paulo. **Uma Nova Era Geológica em Nosso Planeta: o Antropoceno?** Dossiê Clima - REVISTA USP. São Paulo: n. 103 p. 13-24. 2014 (Artigo)

BAR-COHEN, Yoseph. **Biomimetics: Biologically Inspired Technologies**. Boca Raton, FL; CRC Press, Taylor & Francis Group; 2006

BENYUS, Janine. M. **Biomimética: Inovação inspirada pela natureza**. 6^a ed. São Paulo: Editora Cultrix, 2012.

BHUSHAN, Bharat. **Lessons from Nature – An Overview**. Published online (from <http://rsta.royalsocietypublishing.org/>) 2009, (Artigo).

BONSIEPE, Gui. **Design Como Prática de Projeto**. São Paulo, Blucher, 2012

BONSIEPE, Gui. **Design Cultura e Sociedade**. São Paulo, Blucher, 2011

BROECK, Fabricio Vanden. **El Diseño de La Naturaleza o La Naturaleza del diseño**. Colección: *Libros de Texto y Manuales de Práctica*. Primera edición en México: 2000. Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad Azcapotzalco. Col. Reynosa Tamaulipas; México

BROECK, Fabricio Vanden. **Biodesign: Uma Filosofia de Projetação**. Universidad Azcapotzalco. Trad. Prof. Ph.D Amilton Arruda. Biônica - Cadernos em Biodesign, 2003. UFPE. Vol. 2 (Artigo)

BURDEK, Bernhard E. **História, Teoria e Prática do Design de Produtos** / Bernhard E. Bürdek; tradução Freddy Van Camp. - São Paulo: Edgard Blücher. 2006.

CAPRA, Fritjof. **A Teia da Vida**. Versão Digital. Disponível em <http://escoladeredes.net/group/bibliotecafranjofcapra>

CAPRA, Fritjof. **O Ponto de Mutação**; Título original: "The Turning Point". Tradução: Álvaro Cabral; Consultoria: Newton Roberval Eichemberg. 1982. Versão Digital: escoladeredes.net/group/bibliotecafranjofcapra

CARDOSO, Rafael. **Design para um mundo complexo**. São Paulo: Cosac Naify, 2012. 262p.

CIPINIUK. **Design Método**. 2006 (Artigo) em COELHO, Luiz Antônio L. (Org.). **Design método**. Rio de Janeiro: PUC-Rio; Teresópolis-RJ: Novas Ideias, 2006. 182 p.

COLONNELLI, Marco V. Classe. **Poésis, tékhne e mímesis em Aristóteles** / Marco Valério Classe Colonnelli - João Pessoa, 2009. 120p. Orientador: Juvino Alves Maia Dissertação (Mestrado) – UFPB/CCHLA (Artigo)

DETANICO, Flora B.; TEIXEIRA, F. G.; SILVA, T. K. **A Biomimética como Método Criativo para o Projeto de Produto**. Design & Tecnologia 2(2010). PPG Design, UFRGS, Porto Alegre, 2010. (Artigo)

DI MARE, Rocco Alfredo. **A Concepção da Teoria Evolutiva desde os Gregos: Ideias, Controvérsias e Filosofias** / Rocco A. Di Mare - Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002. 179 p

DI BARTOLO, Carmelo. **Introdução aos Estudos da Biônica Aplicada**. Trad. Prof. Ph.D Amilton Arruda. Biônica- Cadernos em Biodesign, 2003. UFPE. Vol. 2. (Artigo)

FLUSSER, Vilém. **O Mundo Codificado: Por uma Filosofia do Design e da Comunicação**. Org. Rafael Cardoso. Tradução Raquel Abi-Sâmara; São Paulo, Cosac Naify, 2007; 224 pag.

FUTUYMA, Douglas J. **Biologia Evolutiva** / Douglas J. Futuyma; Trad. Iulo Feliciano Afonso; Revisão e Adaptação Francisco A. Moura Duarte. – 3^a Edição – Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2009

KARDONG, Kenneth V. **An Introduction to Biological Evolution**, 2nd Edition, McGraw Hill, 2008

KAZAZIAN Thierry. **Haverá a Idade das Coisas Leves: Design e Desenvolvimento Sustentável**. Org. Thierry Kazazian; Trad. Eric Roland R. Heneault. São Paulo: Editora Senac São Paulo. 2009

KITTSMAN, Virgínia Borges. **Interdisciplinaridade: questões quanto à pesquisa e à inovação em design. Estudos em Design** | Revista (online). Rio de Janeiro: v. 22 |n.3 [2014], p. 81 – 99 (Artigo)

KUNZ, Gilberto. **Design: A Evolução Técnica** – Vitória (ES): EDUFES, 2002. 116 p.

LE PRESTRE, Philippe G. **Ecopolítica Internacional**. São Paulo: Ed. SENAC, 2000. 518p

LÖBACH, BERND. **Design industrial - Bases para a Configuração dos Produtos Industriais**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2001

MOLINA, Aurélio (). **A Ética, a Bioética e o Humanismo na Pesquisa Científica.** Recife, EDUPE: Centro Doc. Oliveira Lima, 2003.

MORA, Camilo et all. **How Many Species are There on Earth and in the Ocean?** Department of Biology, Dalhousie University, Halifax, NS, Canada (artigo)

MORAES, Dijon de. **Limites do Design.** São Paulo, Studio Nobel, 1999.

MUNARI, Bruno. **Das Coisas Nascem Coisas.** São Paulo: Martins Fontes, 1998.

OLIVIERI, Alberto Freire de Carvalho. **O Primeiro Vaso - O Desenho em Cinco Dimensões.** Salvador, 2002, 124 p. il.

OLIVIERI, Alberto Freire de Carvalho. **O Desenho Industrial: Europa, Brasil e EUA.** 1ª Edição: Salvador, Bahia. EDUFBA, 2001

Panorama da Biodiversidade Global 3, Brasília, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas (MMA), 2010. Tradução: Eliana Jorge Leite; 94 p.

PAPANEK, Victor. **Design for the Real World.** Publicado por Thames & Hudson, 181 A. London. 2006

RAMOS, J. **A Biônica Aplicada ao Projeto de Produtos. Dissertação de Mestrado.** Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1993.

RIBEIRO, Carlos Eduardo Dias. **A Natureza no Processo de Design e no Desenvolvimento do Projeto.** São Paulo, 2012.

SILVA, Sérgio Luciano da; SILVA, Sérgio Antônio. **O Conceito Aristotélico de Mímesis aplicado ao Processo Criativo em Design. Revista Estudos em Design (online).** Rio de Janeiro: v v. 21 | n. 1 [2013], p. 01 – 22. (Artigo)

TOFFLER, Alvin. **A Terceira Onda.** 30.ed. Rio de Janeiro: Record, 2010. 489 p

VASSÃO, Caio Adorno. **Metadesign: Ferramentas, Estratégias e Ética para a Complexidade.** São Paulo: Blucher, 2010. 129 p.

WEBBER, Antonio - **Taxonomia Vegetal - Importância da Taxonomia e métodos,** 2007 (artigo)

Sites e Páginas Visitados:

www.academia.edu/biomimicry.org/what-is-biomimicry/toolbox.biomimicry.org/wp-content/uploads/2015/01/AN_Biomimicry_Taxonomy.pdf
rsta.royalsocietypublishing.org/content/367/1893/1445
www.sciencemag.org/

thegoodhuman.com/biomimicry-designs-copy-the-genius-of-nature/
marineecologyhsu.wordpress.com/tag/biomimicry/
evolucaodecientistas.wordpress.com/2017/03/26/taxonomia-e-biodiversidade/
www.fastcompany.com/3000085/the-booming-business-of-biomimicry
www.wbdg.org/resources/biomimicry-designing-model-nature
www.circaa.com/history-of-taxonomy
www.globalissues.org/article/171/loss-of-biodiversity-and-extinctions
www.cbd.int/doc/publications/gbo/gbo3-final-pt.pdf
portaldabiodiversidade.icmbio.gov.br/portal/
www.sibbr.gov.br/areas/?area=biodiversidade
www.revistacliche.com.br/2012/02/imitando-a-vida/
www.greenbiz.com/article/tapping-nature-bioinspired-innovation-economic-engine
www.oeco.org.br/noticias/25255-planeta-terra-e-o-lar-de-87-milhoes-de-especies/ambiente.maiadigital.pt/ambiente/biodiversidade-e/mais-informacao-1/sobre-a-importancia-da-biodiversidade
agencia.fapesp.br/cientistas_calculam_quantas_especies_existem/14383/
www.biodiversitylibrary.org/page/28144689#page/191/mode/1up
biostot.blogspot.com.br/p/taxonomia-e-biodiversidade.html
www.terrapinbrightgreen.com/wp-content/uploads/2015/03/Tapping-into-Nature-2016e.pdf
scientificillustration.tumblr.com/
www.cadm.com/the-fourth-industrial-revolution/
thaa2.wordpress.com/2009/07/24/william-morris/
blogs.bl.uk/science/2014/04/the-evolution-of-evolution-picturing-the-tree-of-life.html
www.taschen.com/pages/en/catalogue/classics/all/01157/facts.the_art_and_science_of_ernst_haeckel.htm
www.arinabooks.com/uploads/2/0/7/7/20775746/artforms_inside_pages_-_first_50.pdf
upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/de/Haeckel_Discomedusae_8
www.researchgate.net/figure/Figura-46-Ilustracao-de-Ernst-Haeckel-1868-em-um-contexto-de-arvore-filogenetica_fig30_321944633
netnature.wordpress.com/2018/05/22/ernst-haeckel-sua-importancia-para-a-historia-recente-da-biologia/
sistematiobiologi.wixsite.com/sistemática/classificacao-biologica
pt.wikipedia.org/wiki/Classificação_científica
pt.wikipedia.org/wiki/História_do_pensamento_evolutivo
www.sciencedirect.com/science/article/pii/S