

**FUNDAMENTOS, TEORIAS E
ASPECTOS METODOLÓGICOS
DISCIPLINARES APLICADOS NA
BIÔNICA E BIOMIMÉTICA**

SOBRE O AUTOR

Tai Hsuan-An | taihsuanan@hotmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0981213395265268>

Nasceu na China, em 1950. Formou-se, em 1976, pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Como artista plástico tem participado de mais de 100 exposições desde 1972 e também atua como designer de produto. Desde 1978 é professor de artes e design na Escola de Artes e Arquitetura da PUC-GO. Mestre em Artes Visuais pela Universidade Federal de Goiás, foi um dos responsáveis pela criação do Curso de Design da PUC-GO e o Coordenador Geral deste Curso, entre 1999 e 2008. Nos campos das Artes Visuais, do Design e da Arquitetura, Tai se dedica ao estudo e ao ensino de processo criativo, desenho, morfologia tridimensional, metodologia de projeto, ergonomia e biônica. É especialista da etimologia dos ideogramas chineses. Tem quatro livros publicados: *Desenho e organização bi e tridimensional da forma*, publicado em 1997 e 2ª edição em 2010, pela Editora da PUC-Goiás; *Sementes do cerrado e design contemporâneo*, publicado em 2002 e 1ª reimpressão em 2009; *Ideogramas e A Cultura Chinesa*, editado em 2006 e 2ª edição ampliada em 2017, pela Editora É Realizações, em São Paulo e *Design – Conceitos e Métodos*, 2017, pela Editora Blucher.



Método de Análise Biônica no Ensino de Design e Arquitetura

Method of Bionic Analysis in Design and Architecture Education

Tai Hsuan-An

Resumo

A natureza, com seus inúmeros sistemas viventes, vegetais e animais, oferece à humanidade ricos conhecimentos, informações e princípios que possam ser aplicados em diversas áreas, principalmente da ciência e tecnologia. A biônica, como uma ciência ou disciplina, tem uma relevância especial no tocante à inovação não apenas tecnológica como também estético-morfológica, na concepção e no desenvolvimento de produtos e edificações. Portanto a biônica deve ser ensinada em cursos de design e arquitetura, e o método adotado deve ser simplificado, flexível e motivador, devido ao perfil dos alunos que carecem ainda de informações, teorias e técnicas.

A aplicação do método de análise biônica nos cursos de design e arquitetura da Puc-GO, desde a década de 1980, sistematizado e enriquecido de um novo conteúdo – as seis categorias das características – tem contribuído com bons resultados no ensino da criação de formas tridimensionais, focada nos aspectos estético, estrutural e funcional.

Abstract

Nature, with its innumerable living systems, plants and animals, offers to humanity rich knowledge, information and principles that can be applied in several areas, mainly science and technology. Bionics, as a science or discipline, has a special relevance in terms of innovation not only technological but also aesthetic-morphological, in the design and development of products and buildings. Therefore bionics should be taught in design and architecture courses, and the method adopted should be simplified, flexible and motivating, due to the profile of students who still lack information, theories and techniques.

The application of the bionic analysis method in the design and architecture courses of Puc-GO, since the 1980s, systematized and enriched with new content – the 6 categories of characteristics – has contributed with good results in teaching the creation of three-dimensional forms, focused on aesthetic, structural and functional aspects.

1 INTRODUÇÃO

1.1 As revelações da natureza

A invenção e a criação dos objetos que constituem nossas realidades materiais de hoje, mesmo altamente tecnológicos, são largamente baseadas em princípios revelados pelas formas da natureza. O design de muitos produtos bem-sucedidos pode ser considerado fruto de uma relação bem-sucedida com as formas naturais e os fenômenos nelas contemplados.

É importante notar que esse elo está relacionado ao nosso senso estético. A nossa relação biologicamente estabelecida com a natureza é capaz de programar nossos sentidos e o cérebro para uma resposta positiva quanto à sensação do bom, do agradável ou do belo em determinados objetos. Isso se deve à longa interação entre o homem e a natureza, como também à conquista humana no sentido de conhecer cada vez melhor os seres vivos, incluindo a sua beleza, por meio da sua sensibilidade e da sua consciência, portanto, da sua percepção estética.

Moholy-Nagy (1895-1946), o diretor da New Bauhaus, fundada em Chicago, nos Estados Unidos (1937), ressaltava na sua didática a importância da arte de adaptar estruturas e processos naturais em artefatos técnicos, como também da aplicação dessa analogia no design. Ele considerava a natureza como um grande “designer” que teve o tempo suficiente, durante milhões de anos, para operar e fazer seleção exata após muitos experimentos, erros e acertos, para produzir formas eficientemente funcionais. Moholy-Nagy acrescentou uma nova interpretação ao famoso ditado “forma segue função”, de Louis Sullivan: “a forma também segue – ou, ao menos deveria seguir – desenvolvimentos científico, técnico e artístico existentes, inclusive sociologia e economia” (apud Margolin, Buchanan, 1995, p. 35).

Diferentes formas e fenômenos naturais apresentam diferentes padrões estético-formais que, aparentemente, não são geométricos de modo geral, mas podem ser sintetizados em esquemas geométricos simples e harmoniosos como triângulo, quadrado, pentágono, espiral e outros. As folhas e os outros elementos de plantas podem ter a sua estrutura dividida e reduzida, em uma síntese, num triângulo 3-4-5 de Pitágoras. Os padrões formais de folhas estudados mostram proporções harmônicas surpreendentes, que permitem estabelecer uma analogia com harmonias musicais. György Doczi (1990, p. 13) afirma que há harmonias sinérgicas que delicias nossos olhos com as formas das flores e folhas, e em músicas essas harmonias encantam nossos ouvidos com os acordes e melodias da música.

O design e a arquitetura não podem deixar de usufruir as vantagens oferecidas pela biônica. Elementos naturais, além de serem fontes inspiradoras, são reveladores de importantes “ideias”. Mesmo num âmbito mais limitado, como o estudo morfológico, alguns métodos da biônica podem ser muito úteis para a criação de novas formas.

A análise biônica exige percepção estética e imaginação científica e tecnológica. Esta é a razão de a biônica exigir etapas e técnicas muito mais complexas, racionalizadas, mantendo-se, durante o seu processo, longe da recorrência à livre manifestação psíquica, como a emoção e a subconsciência, como acontece em artes plásticas.

Os estudos feitos na biônica podem abranger conteúdos extremamente amplos, tais como sistemas com transposição de matéria, com extensão de comandos, com transferência de energia e de informação. Em muitos casos, a conversão desses sistemas naturais em artificiais não acarreta simulação de formas físicas.

O conteúdo do estudo da biônica é muito vasto, abrangendo desde princípios formais – simetria, assimetria, movimento, ritmo, harmonia, equilíbrio, proporção, concordância etc. – até os efeitos da interação das forças intrínsecas e extrínsecas em elementos naturais. As funções comunicativas dos objetos carregados de significados e simbolismo, as funções indicativas (ordem formal, solidez, estabilidade, versatilidade, referencial ao corpo humano etc. – sugeridas por Bernhard E. Bürdek, 1994, p. 218) e como também as simbólicas devem ser estudas por estas últimas serem substanciais na sua relação com as funções comunicativas.

1.2 Método de análise biônica nos cursos de arquitetura e de design na Puc-GO

Faz quase quatro décadas o *método de análise biônica* tem sido aplicado no Curso de Arquitetura da Puc-GO e, a partir de 2000, no Curso de Design. A experiência didática baseada na aplicação desse método tem produzido resultados satisfatórios no tocante ao desenvolvimento da criatividade e do senso estético dos alunos.

Em 1978, foram introduzidos por mim na disciplina Desenho e Plástica do curso de arquitetura dois novos métodos para substituir o tradicional desenho de observação, com argumento de que os alunos precisavam perceber mentalmente e descobrir algo novo além daquilo que é observado visualmente. Assim, o *método de análise estrutural* e o *método de análise biônica* foram introduzido sistematicamente e notou-se uma grande mudança na participação ativa dos alunos no processo de trabalho e nos resultados finais.

Durante a década de 1980, elaborei uma proposta que tinha o objetivo de preparar melhor os alunos para enfrentar as atividades projetuais que abrangiam o desenho, a criação e a composição de formas bi e tridimensionais. Essa proposta colocada na prática transformou-se numa metodologia que tem sido aplicada até hoje, numa disciplina do segundo semestre do curso. É uma metodologia de *desenho e organização tridimensional da forma*, com teorias e técnicas práticas, que orienta os alunos a criar formas por meio de processos estimuladores da criatividade, baseados em possibilidades de experimentação

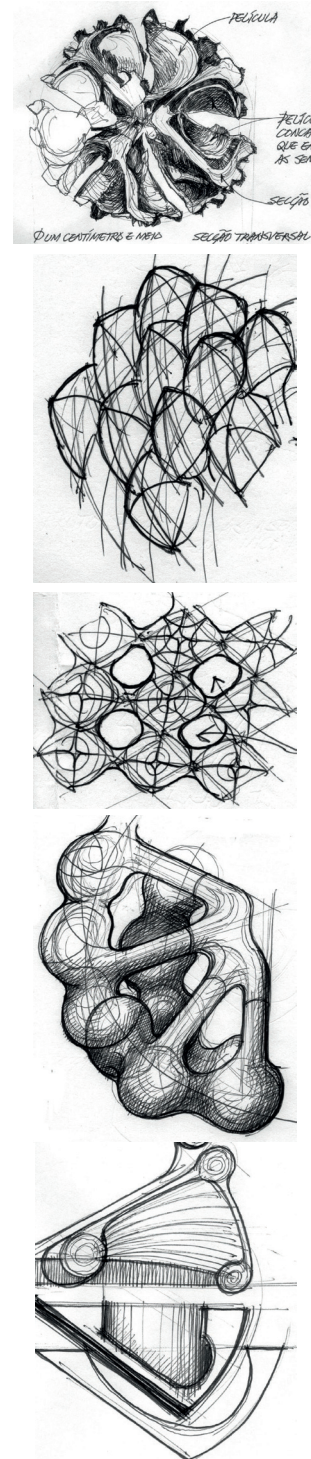


Figura 1: Desenhos de observação, análise das características, síntese, abstração geométrica, feitos durante o processo de estudo a partir da casca de um minúsculo fruto.

e descoberta. A parte mais extensa envolve vários trabalhos sequenciais, de estruturas lineares, passando por estruturas com superfícies planas e não planas, composições modulares, formas volumétricas até transformações por subtração, adição e torção. Esses trabalhos são básicos e necessários para alunos enfrentarem a criação de formas tridimensionais diversas e complexas. Essa metodologia inclui, no final do semestre, a aplicação do *método de análise biônica*.

Biônica aplicada, hoje como uma disciplina optativa no curso de design da Puc-GO, desperta uma atenção especial dos alunos envolvidos com design de produtos. A biônica tem sido aplicada também em vários TCCs que têm objetivo de conceber produtos criativos ou inovadores. O método produziu resultados eminentemente satisfatórios.

Figura 2: Detalhe da execução de modelos de estudo em cartão na PUC/GO)



Em função da sua aplicação didática nas escolas de arquitetura e design, a minha dissertação de mestrado foi desenvolvida sobre o ensino da biônica, envolvendo a teoria e a prática, apresentando, além de uma proposta metodológica, um novo conteúdo teórico, que foi o *inventário das características*, classificadas em seis categorias, pertencentes às formas tanto naturais quanto artificiais, a fim de facilitar o estudo analógico. A dissertação resultou em um livro, *Sementes do Cerrado e Design Contemporâneo*, editado em 2002 pela Editora da Puc-GO.

2 O ENSINO DA BIÔNICA EM ESCOLAS DE DESIGN E ARQUITETURA

O ensino da biônica em escolas de design e arquitetura reside na grande potencialidade dos sistemas vivos de proporcionar sugestões, inspirações e orientações ao design. O método adaptado aos alunos é simplificado e flexível, permitindo explorar os princípios formais, estruturais e funcionais “revelados” ou “sugeridos” pelos modelos biológicos, visando à criação de novas formas, estruturas ou objetos.



Figura 3: Detalhe de uma maquete no curso de arquitetura da PUC/GO)

2.1 O método que desenvolve a percepção estética e a criatividade

Para alunos desenvolverem suas atividades projetuais eles se apoiam, em boa parte, em estímulos da criatividade e da percepção estética dos alunos. O método de análise biônica oferece aos alunos os conhecimentos teóricos e técnicos capazes de criar esses estímulos através de um processo revelador, sugestivo e indicativo de inúmeras “ideias”. O método ajuda a preparar os alunos com o raciocínio heurístico e diversas técnicas de representação para desenvolverem suas atividades projetuais.

Os conhecimentos teóricos abrangem os fundamentos esclarecedores dos diversos aspectos das formas naturais, envolvendo desde a gênese, as características e os fatores estético-formais determinantes das formas. O estudo desses fatores é ainda fundamentado em diversas teorias, da forma, da composição, da percepção e dos signos entre outras. Esses conhecimentos ajudam os alunos a fazerem seus estudos com eficiência e terem a capacidade de explicar e justificar o processo e o resultado.

O estudo da gênese e do desenvolvimento das formas biológicas suscita a nossa atenção e o nosso interesse na exploração sistematizada das formas que a natureza nos proporciona. Nos estudos morfológicos, as formas naturais são conhecidas e diferenciadas das formas artificiais conforme uma série de propriedades e características por elas apresentadas, e estas se devem aos fatores referentes ao seu desenvolvimento (nascimento, crescimento, amadurecimento e interrupção vital), às unidades básicas (formas básicas modulares, de moléculas aos arquétipos mínimos) que formam o seu corpo em desenvolvimento, às forças inerentes a elas, às forças externas exercidas sobre elas e à interação dinâmica de todos os fatores direta e indiretamente inter-relacionados.

A natureza pode nos oferecer inspirações para criação de formas artificiais seguindo princípios semelhantes aos da geração e desenvolvimento das formas naturais. A criação de formas ou objetos exige o estudo morfológico comparativo que se baseia nos princípios fundamentados nas diversas teorias da percepção, desenvolvidas com o advento do design e da arquitetura moderna, abrangendo as metodologias da visão (leis perceptivas) e da configuração e que se referem ao estudo da forma e à sua estrutura, com base nas geometrias euclidiana e topológica.

No design, o método de análise biônica, enquanto morfológica analógica, é feita no processo criativo voltado para uma estética dentro do contexto contemporâneo, usando critérios de apreciação das formas visuais condicionados por regras compositivas. Aproxima-se da morfologia linguística, estudando não só elementos isolados, mas também a sintaxe de organização, coordenação e interligação desses elementos. Procura-se aprofundar o estudo com a aplicação dos critérios das leis perceptivas gestaltistas e com atenção a conceitos como a topologia e a fenomenologia, as quais, somando-se ao gestaltismo, são consideradas “categorias a priori que estabelecem princípios de uma ‘gramática’ e que apresentam várias formas de expressão” (Consiglieri, 1994, p. 26). Uma especial atenção deve ser dada à topologia em razão de, inevitavelmente, surgirem formas e espaços topológicos cada vez mais complexos, enquanto avançam as técnicas e os recursos de fabricação e de construção.

O método analógico já começou no funcionalismo, que se estabeleceu como uma teoria estética entre os anos 1930 e 1950 na Europa e via a beleza de um objeto relacionando a forma com a função, passando por uma visão estética que partia da observação e do estudo da natureza – a visão, baseada nos valores formais de equilíbrio, ordem, harmonia, proporção, modularidade, ritmo e unidade, que influenciou Frank L. Wright, Paul Klee, Moholy-Nagy e outros arquitetos e designers.

Existem outros valores ou qualidades nas formas naturais que não apenas formais, mas que atendem a outros aspectos e contextos estéticos e funcionais, aqueles eminentemente expressivos, capazes de estimular variadas sensações e emoções subjetivas. Esses valores são revelados através da capacidade do designer sensível em perceber, compreender e interpretar esteticamente as formas naturais. Essa sensibilidade é aplicada pela fenomenologia, que tem um grande componente de idealismo subjetivo e que exalta o conhecimento das sensibilidades do homem, o caráter intuitivo da concepção da essência, a subjetividade e a experiência estética. Para o estudo morfológico se destaca a influência da essência e dos fenômenos do objeto. Isso é de total coerência com as teorias referentes aos fenômenos internos e externos da percepção imediata em formas ou objetos estudados. Os internos são aspectos não visíveis, portanto, “ocultos”. Estes são determinantes para a essência do objeto e criam a aparência dos visíveis. Os fenômenos internos constituem, portanto, a essência real do objeto. Em outras palavras, as forças internas ou intrínsecas são precisamente a essência que justifica a existência do objeto do modo que ele é, com forma e estrutura específicas, constituídas de elementos apropriados, para resistir as forças externas. Havendo forças intrínsecas, existem também forças extrínsecas que agem sobre as formas e interagem com elas, gerando, assim, a especificidade das formas e influenciando os seus aspectos externos.

Cada sistema vivente possui uma forma específica, com suas próprias características como resultado da interação entre as forças intrínsecas e extrínsecas. Cada produto humano tem também suas características para simular essa interação. Assim, uma série abrangente de características pode ser verificada e percebida tanto nas formas naturais como nas artificiais e pode ser usada como

critérios, parâmetros e indicações sugestivas tanto para a análise biônica como para a análise morfológica de objetos em geral. Na minha pesquisa Sementes do Cerrado e Design Contemporâneo, efetuada em 1999 para a dissertação de mestrado, as características foram verificadas em alguns frutos do Cerrado, em relação à envoltura formal, com caráter de contenção, proteção, conservação e liberação natural de sementes no processo de desenvolvimento, maturação e transformação, responsável pela grande diversidade de suas características formais e estruturais. A pesquisa apresentou a proposta de classificação das características em 6 categorias segundo os diferentes aspectos, com considerações teóricas e práticas sobre as das mais notáveis.

2.2 As seis categorias das características análogas

Foi formulado para a metodologia didática um inventário das características análogas dos sistemas vegetais e dos sistemas de produtos a fim de facilitar a leitura mais eficiente das formas e fornecer informações inspiradoras aos alunos. As seis categorias são as seguintes:

- **1ª Categoria – Características formais e configurais**
Forma orgânica, forma geométrica, forma curva, forma topológica, linear, linear reta, linear curva, arco, senoidal, zigzag, espiral, radial, circular, oval, elipse, plano/polígono, superfície plana, superfície curvada, superfície variante, tubular, laminar/planiforme, volume, sólido geométrico, gradação modular, abertura, fechamento entre outras.
- **2ª Categoria – Características estruturais e prático-funcionais**
Autoportante, sustentação, envoltura em camadas, dobras, compartimentos, encaixe, invólucro, base, eixo de fixação, articulação fixa, articulação dinâmica, ramificação, triangulação, engavetamento, entrelaçamento, pino, acumulação, enfileiramento, núcleo, modulação, tampa, transição, concavidade, convexidade, empilhamento, encadeamento, ligação linear, pêndulo, entrada, saída, canal, aerodinâmica entre outras.
- **3ª Categoria – Características cinéticas comportamentais**
Flexibilidade, elasticidade, rotatoriedade, giratoiedade, dobrabilidade, mobilidade, oscilatoriedade, permutabilidade, exponsibilidade, impulsividade, vibratoriedade, explosividade, repelência, aderência entre outras.
- **4ª Categoria – Características texturais, estéticas e qualitativas**
Transparência, opacidade, porosidade, lisura, nervurada, reticulada, trançada, puro, consistência, compacto, fragilidade, peso, leveza, limpo, natural, tecnológico, lúdico, agressividade, suavidade, elegância, musicalidade, vivacidade, tensão, repouso, surpresa, impacto, exagero, ênfase entre outras.
- **5ª Categoria – Características compositivas**
Movimento, ritmo, harmonia, contraste, proporção, equilíbrio, ordem, axialidade, semelhança, diferença, simetria, assimetria, concordância,

espaço, vazio, cheio, intervalo, atração, repulsão, proporcionalidade, gradualidade, desigualdade, disposição linear, verticalidade, horizontalidade, inclinação, alternância, repetição, multiplicidade, sobreposição, justaposição, densidade, dispersividade, aleatoriedade, direção, posição entre outras.

▪ **6ª Categoria – Características dimensionais e quantitativas**

Espessura, altura, largura, comprimento, profundidade, diâmetro, raio, angulação, quantidade, redução, aumento, grande, pequeno, grosso, fino, longo, curto, alto, baixo, fundo, raso entre outras.

2.3 Análise biônica como um método motivador

O senso estético é um importante fator para a obtenção de resultados positivos e, também, para a motivação e liberação da criatividade. Ele baseia-se não só na percepção, mas no conhecimento e pode ser desenvolvido ao longo do tempo. Sabemos que o aluno, quando sabe (isto é, quando tem bom nível de criatividade, boa percepção estética e conhecimento), cria, e quando não, cabe a ele descobrir. Para isso há metodologias que o ajudam a descobrir. Análise biônica é um dos métodos altamente indicados para o aluno descobrir uma série de possibilidades no estudo e na criação de formas tridimensionais e em projetos.

A biônica não só é efetivamente aplicada na criação de objetos e obras arquitetônicas, ela se tornou uma disciplina de importância didática no ensino de design e da arquitetura. Sua aplicação no ensino revela o seu outro lado enfaticamente didático, devido ao seu poder de invocação da curiosidade, da descoberta e do prazer da investigação. Conforme Bonsiepe, a análise biônica dos fenômenos formais na natureza pode “estimular a capacidade de captar os detalhes tridimensionais e os princípios formais que os estruturam”, como também, “incrementar a capacidade de transformação quando se examina e analisa profundamente um objeto análogo”. Trata-se da denominada morfologia estrutural, que tem como ponto de partida ou fonte de inspiração “um fenômeno natural a partir do qual se desenvolve uma solução projetual” (Bonsiepe, 1978, p. 126).

Na aplicação da biônica no ensino de design e arquitetura, o método indicado deve ser baseado no uso de princípios biológicos ou técnicos, pois seus produtos pertencem aos sistemas biônicos analógicos sintéticos, mais especificamente aos sistemas técnicos que se baseiam no uso de princípios biológicos. Embora a biônica concentre-se mais na criação de comportamentos análogos, devido às necessidades das soluções funcionais e tecnológicas para objetos utilitários ou máquinas e graus de complexidade, a estética morfológica deve ser enfatizada, no sentido de privilegiar também a analogia estético-formal, em função do desenvolvimento maior da linguagem comunicativa do design e da arquitetura.

Desde o início da década de 1980, a análise biônica foi introduzida e adaptada no processo exploratório da criação da forma tridimensional como um dos métodos eficientes e versáteis, aplicados no Curso de Arquitetura da Puc-GO. O método de análise biônica foi formulado de modo que se tornasse mais simples e livre das amarras rígidas, ligadas às leis da matemática, da física e da tecnologia,

com ênfase na didática e no potencial do processo em si como uma importante orientação para alunos aprenderem realmente a ver, investigar, compreender, descobrir, aplicar e criar, independentemente das qualidades da forma produzida como resultado.

Para a efetivação real do trabalho de análise biônica, os alunos passam antes por vários outros trabalhos que os preparam na capacitação para enfrentá-lo, adquirindo conhecimentos suficientes de teorias e técnicas de desenho e organização da forma tridimensional, envolvendo a criação desde estruturas lineares até formas volumétricas topológicas. O último trabalho, da criação de formas tridimensionais mediante a análise biônica, é apresentado em seguinte programa:

2.4 Trabalho acadêmico de análise biônica

1 Problema

- Criar e construir uma forma tridimensional, baseando-se no estudo de um modelo biológico que apresente determinadas características significativas, em termos formais e estruturais. O modelo biológico pode ser de qualquer espécie, mas de tamanho manipulável, animal ou vegetal. Lembramos que o trabalho não tem o objetivo de aplicação direta na concepção e configuração de produtos utilitários.

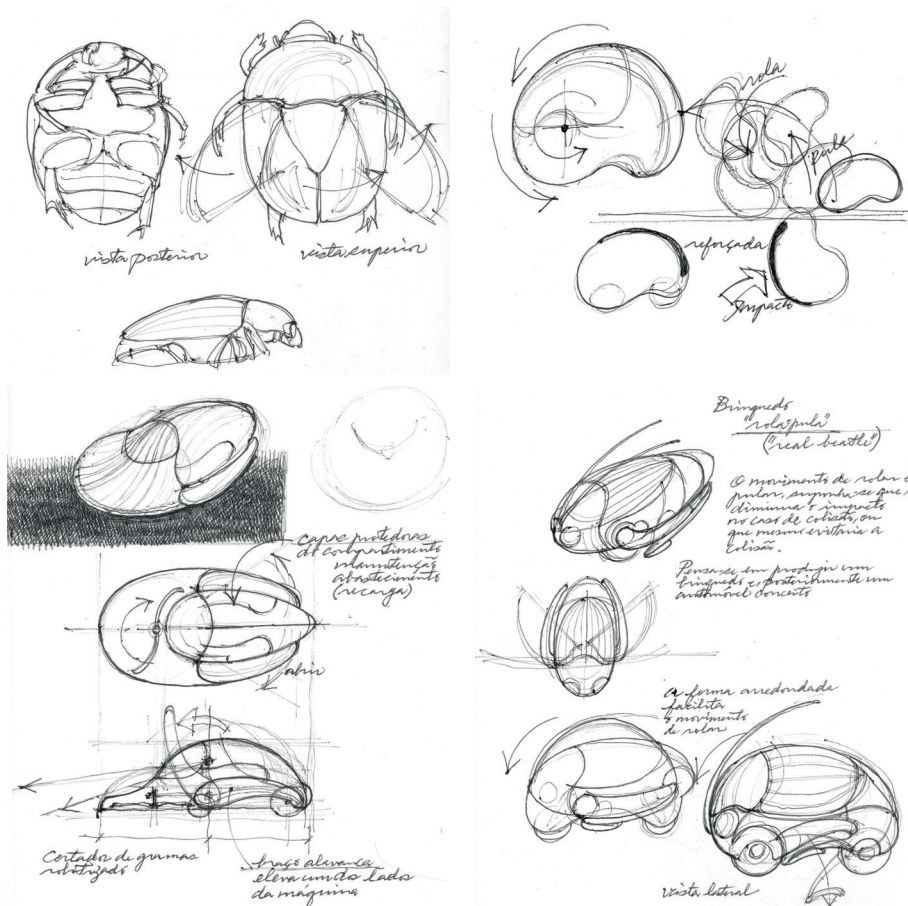


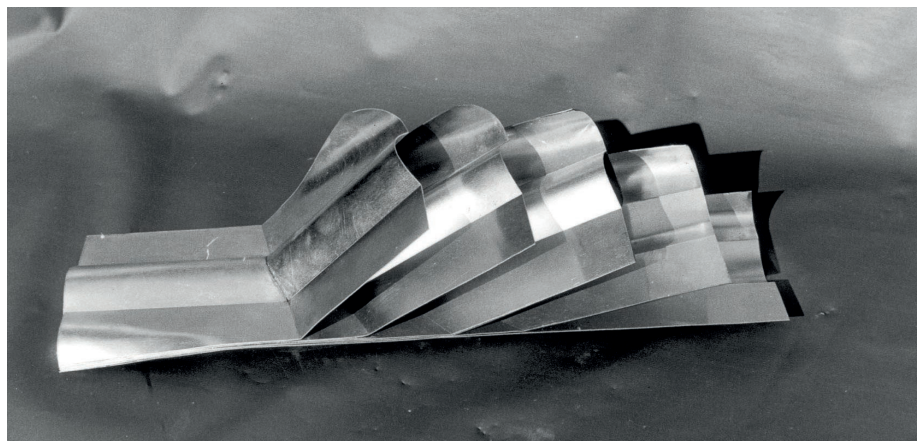
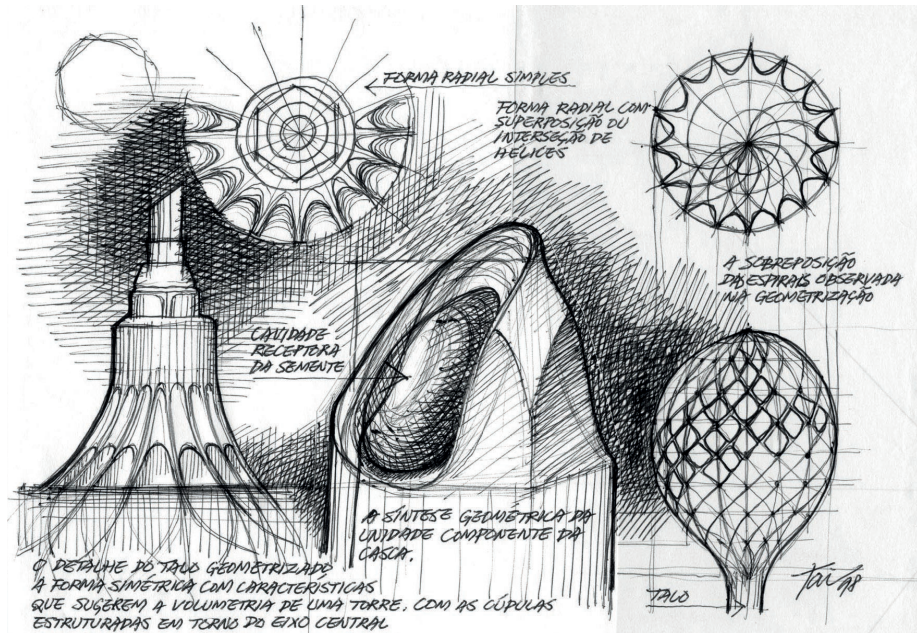
Figura 4: Sistemas biônicos analógicos sintéticos – veículo robotizado e cortador de grama – embora sejam objetos ou máquinas, outros conhecimentos, informações, princípios e fatores são associados no processo criativo.

2. Objetivo geral

- Desenvolver trabalhos práticos da criação de formas, com soluções estética, estrutural e funcional, inspiradas nos modelos biológicos.

3. Objetivos específicos

- Desenvolver a capacidade de criação de configuração tridimensional.
- Desenvolver a capacidade de criação de coerência formal em composições tridimensionais.
- Desenvolver a capacidade de captar e aplicar detalhes tridimensionais e seus princípios formais e estruturais.
- Desenvolver a capacidade de criação de superfícies variantes transitórias.
- Desenvolver a habilidade técnica na construção de modelos tridimensionais.



4. Conteúdo

- Biônica, biônica em design e arquitetura, método de análise biônica.
- Análise formal dos modelos biológicos: funções estéticas e práticas (estrutura).
- Processos de modelagem: materiais e técnicas.

5. Procedimentos

- Escolha de um modelo biológico ou de um elemento qualquer, pertencente aos sistemas vivos, desde que apresente certas características significativas.

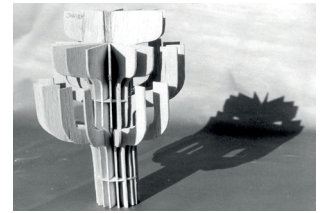


Figura 7: Análise feita em alho. As películas que envolvem os dentes de alho e os próprios dentes são interpretados e compostos em grupos internos e externos e em plaquetas dispostas da mesma maneira radial.

Fonte: Shirley Melo Piazza

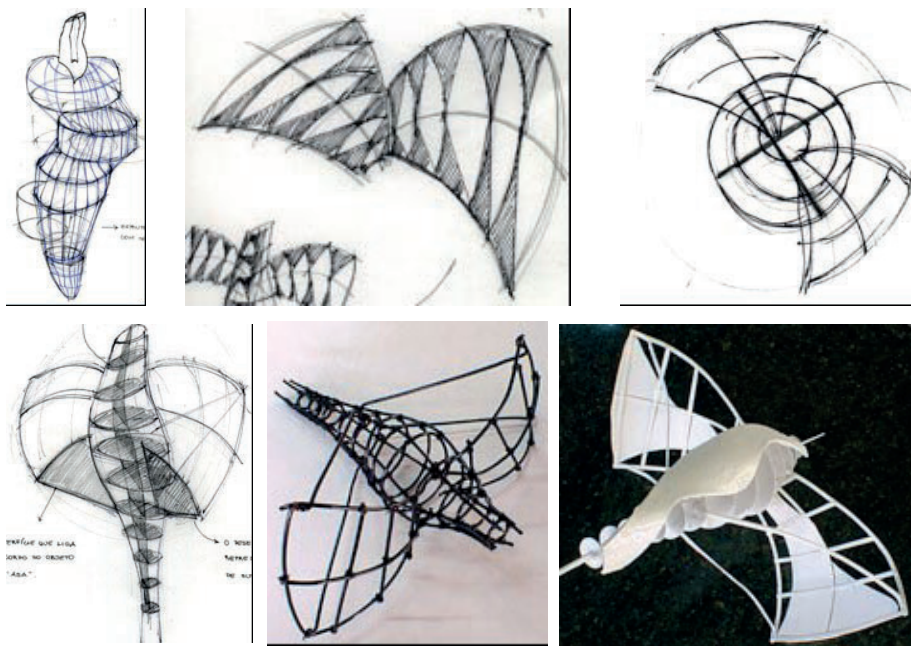


Figura 8: Modelos em versão de estrutura linear e de estrutura com superfícies. Foi dada especial atenção à introdução de peças de diferentes configurações, a fim de quebrar a rigidez da simetria.

Fonte: Fabíolla Lima

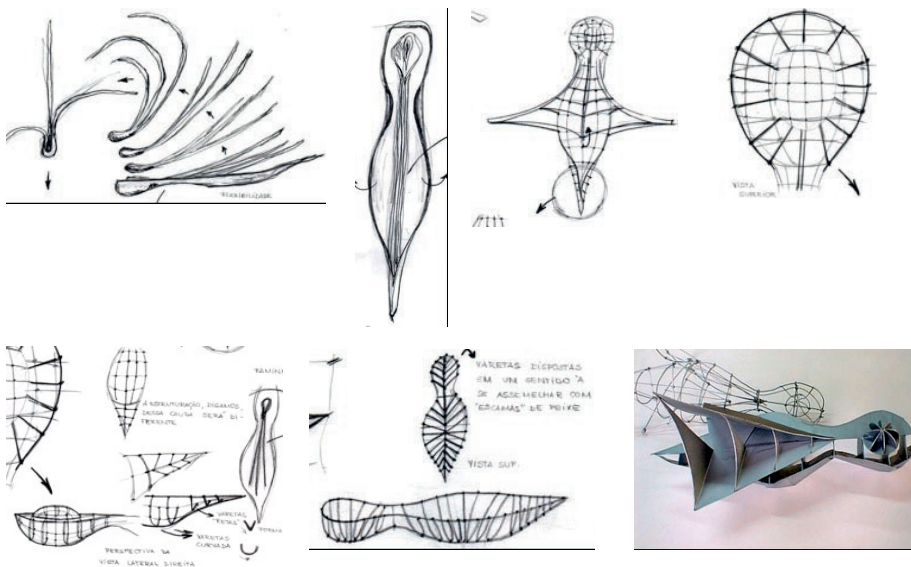


Figura 9: O estudo feito numa parte da flor deu ênfase nas soluções estruturais com elementos lineares. Duas versões finais, uma em estrutura metálica e a outra com superfícies em cartão.

Fonte: Bethânea Oliveira Brunes

Figura 10: Teste de flexibilidade do sistema estrutural verificado em folhas de uma planta do cerrado.

Fonte: Daniela Uemura

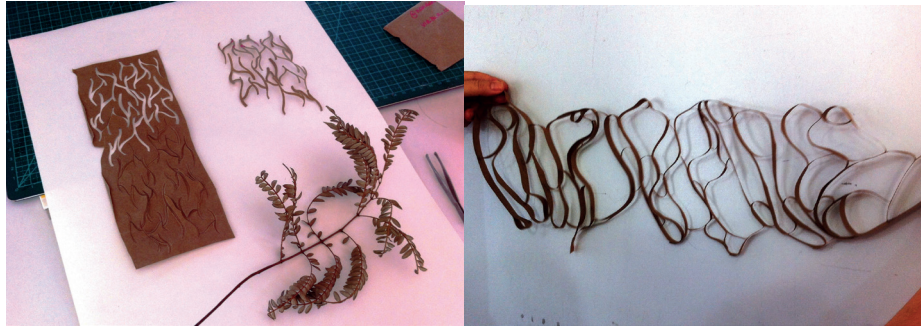
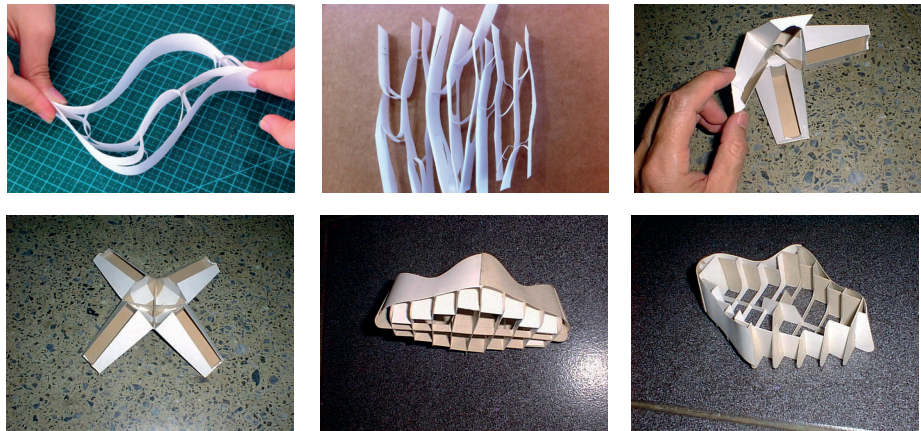


Figura 11: Uma das formas criadas no processo criativo, com as características de estrutura flexível.

Fonte: Daniela Uemura



- Observação de tais características com muita atenção e registro gráfico em diversos ângulos e de diversas maneiras.
- Análise, em maior profundidade, dos fenômenos observados (características e detalhes de maior interesse e importância) e tentativa de traduzi-los em desenhos esquemáticos ou croquis.
- Construção da abstração geométrica dos detalhes em diversas técnicas de representação bidimensional (estudo preliminar em desenho a mão livre e desenho técnico).
- Construção do modelo.
- Estudo da aplicação de cores.
- Desenho de observação.

Observação:

A análise biônica, como um método com ênfase no estudo morfológico, possibilita a interpretação individual. O cunho científico do método não impede a manifestação da expressão pessoal na interpretação e concepção estética da forma.

2.5 Resultados verificados em trabalhos acadêmicos

Os seguintes trabalhos acadêmicos dos cursos tanto de design quanto de arquitetura, de diversas épocas, mostram os resultados por meio desse método,

baseados em conhecimentos teóricos e técnicos adquiridos nos estudos morfológicos básicos e da própria biônica. As duas primeiras fotos mostram os trabalhos feitos no ano 1981 e os outros são das últimas duas décadas.

3 CONCLUSÃO

A biônica é uma área de estudo importante para o ensino de design e de arquitetura pela sua potencialidade de oferecer conhecimentos, informações e orientações para trabalhos projetuais com o objetivo de conceber soluções criativas e inovadoras baseadas em princípios formativos, morfológicos, estruturais e funcionais descobertos e compreendidos nos inúmeros modelos oferecidos pela natureza. Portanto, no ensino de design e de arquitetura, a biônica merece um lugar de destaque oferecendo aos alunos a oportunidade de desenvolver trabalhos por meio de um processo que envolve observação, registros gráficos, inspiração, descoberta, análise, síntese, abstração, transformação, desenhos, construção de modelos exploratórios, concepção das formas alternativas, configuração da proposta final e representação técnica.

O método de análise biônica, com técnicas e recursos cada vez mais enriquecidos através de pesquisas, experiências práticas e produção de novos conhecimentos, deverá se tornar necessário, particularmente no estudo morfológico, e um importante recurso metodológico em projetos criativos e inovadores.

REFERÊNCIAS

- CONSIGLIERI, Victor. *A morfologia da arquitetura*. Lisboa: Estampa, 1994, v. 1-2.
- BONSIEPE, Gui. *Teoria y práctica del diseno industrial: elementos para una manualística crítica*. Barcelona: GG, 1978.
- BÜRDEK, Berhard E. *Diseño: história, teoria y prática del diseño industrial*. Barcelona: GG, 1994.
- DOCZI, György. *O poder dos limites: harmonias e proporções na natureza, arte & arquitetura*. Tradução Maria Helena de Oliveira Tricca e Júlia Bárány Bartolomei. São Paulo: Mercuryo, 1990.
- HSUAN-AN, Tai. *Sementes do cerrado e design contemporâneo*. Goiânia: Editora da UCG, 2002.
- _____. *Desenho e organização bi e tridimensional da forma*. Goiânia: Editora da UCG, 1997.
- MARGOLIN, Victor; BUCHANAN, Richard. *The idea of design*. London: The MIT Press, 1995.

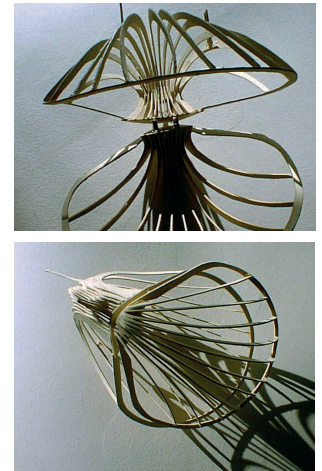


Figura 12: Vários modelos experimentais feitos durante o processo da análise biônica. O cartão de papel é o material mais usado pela sua plasticidade e flexibilidade.