

A BIOMIMÉTICA UTILIZADA COMO FERRAMENTA ALTERNATIVA NA CRIAÇÃO DE NOVOS PRODUTOS

Autor – Gerson Luiz Meira – gersonmeira@ig.com.br
UFSC

Resumo: A Biomimética – imitação inspirada pela natureza – está sendo usada para identificar uma gama de tecnologias novas a partir de sistemas biológicos. O aprofundamento dos conhecimentos desses sistemas, seus princípios de funcionalidade e de complexidade, pode identificar meios de solucionar problemas encontrados em diversos setores produtivos. De um modo mais amplo, esse tipo de abordagem também evidencia a importância estratégica de se proteger espécies contra extinção, uma vez que elas seriam relevantes não apenas para o equilíbrio da biosfera, mas também para o fornecimento de modelos inovadores para produtos industriais. Nesse contexto, o artigo apresenta a *Espiral do Design Biomimético*: uma metodologia de projeto desenvolvida por Janine Benyus e Dayna Baumeister, pesquisadoras do *Biomimicry Institute* localizado em Missoula no estado de Montana, EUA. Essa metodologia representa o processo de desenvolvimento de produtos em uma espiral que é visualmente compreensível a designers e poderá ser utilizada como ferramenta pelo *designer* interessado em desenvolver produtos biologicamente inspirados. Expõe também casos de projetos solucionados através de observações e estudos das estruturas e mecanismos de sistemas biológicos utilizando os princípios da Biomimética.

Palavras-chave: Biomimética, Projeto de produto, Espiral do design biomimético.

1. INTRODUÇÃO

A ciência Biomimética (de bios, significando vida, e mimesis, significando imitação) é constituída por um método inovador que visa soluções sustentáveis seguindo o exemplo da natureza, na qual se utiliza de padrões e estratégias de sobrevivência dos sistemas biológicos. O objetivo deste método é criar produtos, processos e políticas de desenvolvimento sustentável inspirados nos modos de vida que estão bem adaptados à vida na terra durante o longo período de evolução dos seres vivos (BIOMIMICRY GUILD, 2006a).

O aspecto relevante da Biomimética é reconhecer a importância de proteger os seres vivos da extinção, a fim de que não percam as soluções da natureza que controlam a sobrevivência, que nós ainda não estudamos ou ainda não compreendemos.

Podemos através de investigações dos sistemas biológicos, aprender técnicas de fabricação permitindo o desenvolvimento de produtos tais como fibras biodegradáveis, cerâmicas, plásticos, e vários produtos químicos. A natureza tem fornecido vários modelos para muitos dispositivos, processos e mecanismos concebendo uma nova forma de recriarmos produtos industriais. Além de fornecer modelos, a natureza pode servir como um guia para determinar o destino das inovações nos termos da durabilidade, do desempenho e da compatibilidade.

A *Espiral do Design Biomimético* desenvolvida nos princípios biomiméticos insere-se nesse contexto, como uma ferramenta alternativa para que o *designer* possa aplicar sua metodologia na criação de novos produtos ou solucionar problemas técnicos de projeção. Esses princípios possibilitam prover um conjunto de técnicas para investigar, refletir e buscar no mundo natural uma aproximação que permita capturar qualidades ou propriedades inovadoras nos sistemas biológicos. Nesse sentido, o conjunto de técnicas quando empregado em análises do projeto torna possível o desenvolvimento de novos potenciais para estruturas, superfícies e materiais, de uma forma ambientalmente sustentável.

É importante mencionar que as características mais importantes nos sistemas biológicos são evidenciadas pela enorme capacidade dos organismos vivos, pertencentes ao sistema, de adaptar-se aos meios, de ser perpetuada, de aprendizagem, de auto organização, de reconhecer as suas possibilidades em situações diferentes, de auto reparação. É inegável que como característica própria, esses sistemas apresentem uma flexibilidade insuperável, unida a uma sensibilidade própria e uma confiança nas tarefas recomendadas a cada uma das suas funções (UPIITA, 1998).

De uma forma mais ampla, a Biomimética também observa as mudanças no comportamento alimentar dos seres vivos revelando soluções para novos medicamentos. Alguns espécimes de primatas como, por exemplo, os chimpanzés (*pan troglodytes*), identificam em algumas plantas não só compostos alimentares, mas também compostos medicamentosos. Algumas plantas produzem compostos secundários com propriedades antiparasitárias altamente tóxicas. Os chimpanzés têm uma aptidão excepcional para identificar na natureza as plantas que produzem esses compostos favoráveis a sua saúde. Esses compostos quando ingeridos pelos primatas são capazes de eliminar uma grande variedade de parasitas intestinais sem o agredir, graças à meticulosa seleção de partes da planta e da quantidade ideal ingerida (BENYUS, 1997).

Em muitos casos, a verificação de fenômenos ocorridos na natureza é passível de resultados conceituais estratégicos visando alcançar potenciais analógicos aplicáveis em soluções de problemas detectados ao longo do projeto. Com esses conceitos criam-se as analogias observadas nas formas, estruturas e comportamentos dos sistemas biológicos.

Sendo assim, a biomimética nos fornece inúmeros exemplos de como utilizar as melhores idéias da natureza. Além de demonstrar como descobrir meios de cura, produção de alimentos de forma eficiente e aproveitamento de energia como fazem as plantas, também nos ensina como fabricar produtos e utilizar as matérias-primas de uma forma sustentável. Os sistemas biológicos realizam suas funções utilizando o máximo que a natureza fornece com o mínimo de energia, visando assim adquirir estratégias de sobrevivência e de vida saudável.

2. ESPIRAL DO DESIGN BIOMIMÉTICO

Neste tópico apresenta-se a *Espiral do Design Biomimético*: uma metodologia de projeto desenvolvida por Janine Benyus e Dayna Baumeister, pesquisadoras do *Biomimicry Institute* localizado em Missoula no estado de Montana, EUA. Essa metodologia pode servir como um guia para *designers* inovadores, empregando a Biomimética como meio de “biologizar” um desafio de projeto. Sua utilização indica um caminho para o exame do mundo natural, assegurando que o projeto final imite a natureza em todos os níveis: forma, processo e ecossistema. A espiral é utilizada para enfatizar o processo repetitivo da natureza, isto é, depois de resolver um desafio, a natureza

estimulada pelos princípios de vida, se adapta e evolui. Quando outro desafio surge, o processo de planejamento começa novamente (BIOMIMICRY INSTITUTE, 2007).

É importante salientar que esta metodologia define apenas um modelo entre tantos outros, trabalhando as soluções durante o projeto não seguindo nenhuma metodologia universal. A diferença peculiar está na utilização de sistemas biológicos como fonte de inspiração. Assim, de acordo com o *designer* e professor da *Ontario College of Art and Design*, Canadá – Carl Hastrich – seguindo o método da espiral, a cada volta, há o comprometimento de avaliar o valor informacional coletado e ao mesmo tempo permite integrar essa informação nova ao processo.

Na “figura 1” tem-se a *Espiral do Design Biomimético* representada graficamente. Logo abaixo da figura, apresentam-se os cinco passos do processo de desenvolvimento que compõem a espiral.

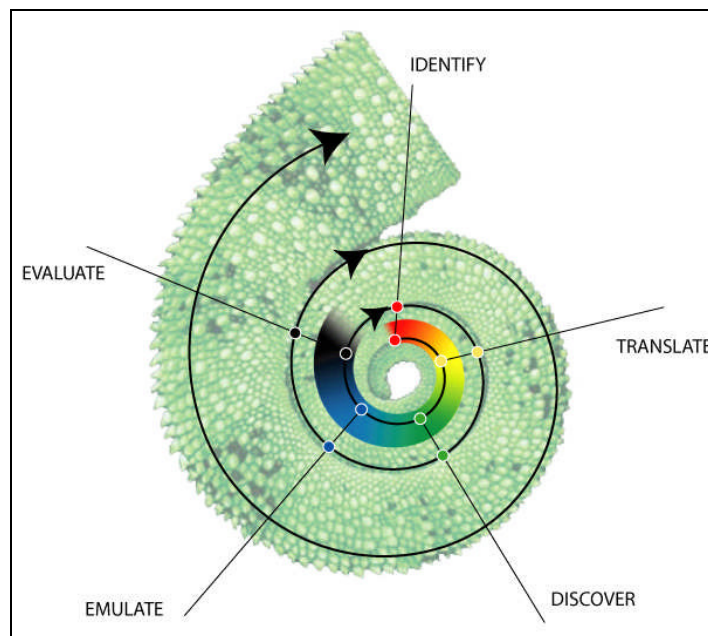


Figura 1: Espiral do Design Biomimético
Fonte: Biomimicry Guild (2006b)

Processo passo a passo

1. IDENTIFIQUE:

Desenvolva um resumo do projeto sobre a necessidade humana.

- ▷ Desconstrua o problema:
 - Desenvolva um resumo do projeto com as particularidades sobre o problema a ser solucionado.
 - Redirecione o resumo do projeto para o núcleo do problema, delimitando as especificações do projeto.
 - O que você deseja alcançar com seu projeto? (não “o que você deseja projetar?”)
- ▷ Continue investigando até que você obtenha a essência do problema.
- ▷ Defina as especificações do problema:
 - Mercado alvo: quem está envolvido com o problema e quem estará envolvido com a solução?
 - Localização: onde o problema está e onde a solução será aplicada?

2. TRADUZA:

Traduza o resumo do projeto em termos biológicos.

Biologize a pergunta: busque no resumo do projeto sobre as perspectivas encontradas na Natureza.

▷ Traduza conceitos das funções exercidas pela natureza:

- Como a natureza realiza esta função?
- Como a natureza NÃO realiza esta função?

▷ Reorganize as perguntas com palavras-chave adicionais.

▷ Defina o habitat/local:

- Condições climáticas;
- Condições nutricionais;
- Condições sociais;
- Condições temporais.

3. EXPLORE:

Explore os modelos da natureza que possam responder ou solucionar seus desafios relativos ao projeto.

▷ Ache os melhores modelos naturais para responder suas perguntas:

- Considere o literal e o metafórico.

▷ Encontre os melhores modelos naturais que se adaptam ao projeto, indagando: "a sobrevivência de quem depende disso?"

▷ Ache organismos que são na maioria desafiados pelo problema que você está tentando resolver, mas não são ameaçados por isto.

▷ Olhe para os extremos do habitat:

▷ Decomponha seu problema para além dos limites do seu raciocínio:

- Discuta abertamente com biólogos e especialistas do ramo.

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

4. IMITE:

Desenvolva idéias e soluções baseadas nos modelos biológicos.

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

▷ Aplique estes ensinamentos tão fundo quanto possível em seus projetos:

Imitando a forma:

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

Imitando a função:

- Descubra detalhes do processo biológico.
- Entenda a escala/efeito.
- Considere os fatores que influenciam na eficácia do processo para o organismo.
- Considere o modo pelo qual você pode aprofundar suas idéias para imitar o ecossistema.

Imitando o ecossistema:

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

5. AVALIE:

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

- O projeto é modular/segmentado?
- É desenvolvido para amoldar?
- Utiliza automontagem?
- A forma é projetada para minimizar uso de material?
- É aperfeiçoado ao invés de maximizado?

- Que função a água desempenha no processo de fabricação?
- O projeto é cíclico, isto é, adapta-se a ciclos?
- Faz uso de materiais recicláveis? É reciclável?
- É bem entrosado com o meio ambiente?
- Propicia fabricação própria e usa energia livre? Materiais abundantes?
- O projeto admite reavaliação? Pode ser adaptado? Evoluído?
- O projeto promove condutas apropriadas pelos usuários?
- Há cruzamento de informações?
- O projeto apresenta características contraditórias e funções desnecessárias?
- Utiliza materiais benévolos à vida?
- Usa fabricação benigna?
- O projeto amplia a biosfera?
- Como o projeto coexiste?
- Este projeto “cria condições que conduzem à vida”?

- Faça perguntas apropriadas e continue questionando sua solução.
- Identifique novas formas de melhorar a sua concepção de projeto e desenvolva novas questões para explorar.
- Questões relevantes agora podem ser realizadas sobre o refinamento do conceito: Embalagem, Produção, Marketing, Transporte, etc.

1. IDENTIFIQUE:

Desenvolva e refina o resumo do projeto baseado no conhecimento de lições e da avaliação dos princípios de vida.

A natureza trabalha com pequenos pontos de avaliação, constantemente aprendendo, adaptando e evoluindo. O projetista biomimeticista pode se beneficiar deste pensamento, evoluindo seus projetos em passos repetidos de observação e desenvolvimento, revelando novas lições e constantemente aplicando estas ao longo de sua própria exploração do projeto.

3. PROJETOS BIOMIMÉTICOS – ESTUDOS DE CASOS

A aproximação de *designers*, engenheiros e biólogos com o mundo natural é imprescindível quando se quer detectar soluções de projetos em organismos da natureza. Problemas já resolvidos por esses organismos vivos devem ser cuidadosamente identificados e aplicados em problemas de projeção semelhantes (ZARI, 2007). A identificação dos modelos ideais parte do pressuposto que a evolução natural dos sistemas biológicos ao longo dos milhões de anos de evolução adquiriram mecanismos para se auto desenvolverem de forma sustentável. Suas estratégias de sobrevivência, potencial de adaptação e eficiência funcional evidenciam os princípios de vida bem sucedidos na natureza.

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

3.1 Eastgate center – sistema natural de auto ventilação

Um dos exemplos mais conhecidos de arquitetura Biomimética é o edifício Eastgate Center (fig. 2) localizado em Harare, Zimbábue na África. Este edifício foi planejado pelo arquiteto Mick Pearce em parceria com os engenheiros da *Arup Associates* (empresa que provê serviços profissionais de engenharia e *design* entre outros). A construção, mesmo não possuindo ar condicionado, consegue manter a temperatura interna naturalmente fresca graças a um sistema de ventilação inspirado no sistema de auto arrefecimento encontrado nos cupinzeiros da espécie *Macrotermes Subhylinus*. Com esse sistema de ventilação, os cupins conseguem manter a temperatura dentro de seus ninhos em torno de 31° C, de dia e de noite, enquanto a temperatura externa varia entre 3° C e 42° C (BIOMIMICRY INSTITUTE, 2007).

O motivo pelo qual os cupins necessitam da temperatura constante é em função do armazenamento de sua alimentação. Eles coletam na natureza um tipo de fungo que é fermentado no interior do cupinzeiro. Para que a fermentação ocorra de forma eficiente, é necessário que a temperatura no interior do cupinzeiro seja constante, sem a qual não seria possível preservar as características nutricionais do alimento (DOAN, 2007).

Partindo desse princípio, o sistema de ventilação incorporado no Eastgate Center absorve, através de dutos incorporados na estrutura do edifício, o calor gerado durante o dia pelas máquinas presentes no edifício e pelas pessoas que freqüentam o seu interior. À noite o calor interno é dissipado e sugado naturalmente para cima através dos dutos (fig. 2, detalhe) – já que o ar quente é menos denso – até chegar às chaminés. Esse processo continua durante toda a noite até que as dependências do edifício alcancem a temperatura ideal para o próximo dia (GRUPHTHINK, 2006).

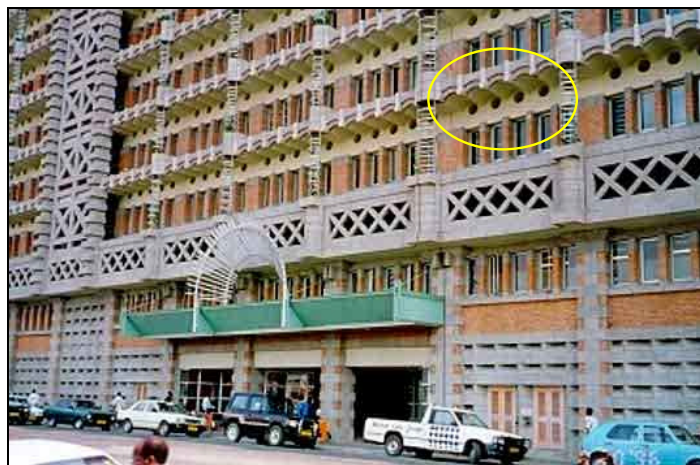


Figura 2: Eastgate Center
Fonte: Doan (2007)

A “figura 3” e “figura 4” apresentam respectivamente, a estrutura do cupinzeiro da espécie *Macrotermes subhylinus* e o esquema estrutural interno do sistema de ventilação utilizado no Eastgate Center.

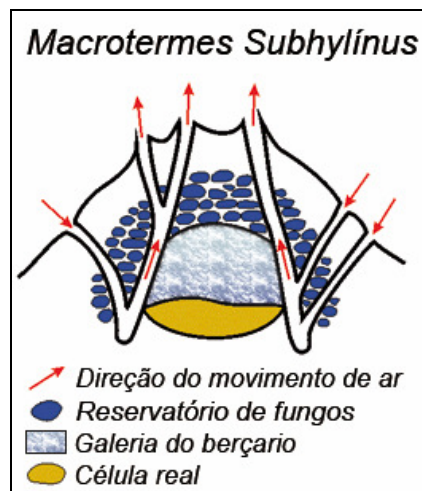


Figura 3: Estrutura interna do cupinzeiro

 Fonte: Doan (2007)

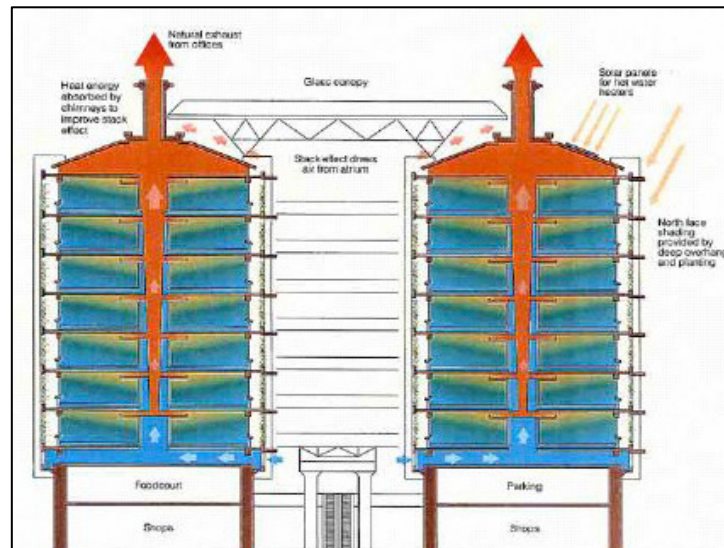


Figura 4: Esquema estrutural do Eastgate Center

 Fonte: Industrial Design (2007)

Além de ter um sistema de ventilação sustentável que mantém a temperatura interna constante, o Eastgate Center utiliza apenas 10 por cento da energia de um edifício convencional de seu tamanho. Esse sistema de ventilação proporcionou uma economia de 3,5 milhões de dólares em custos de ar condicionado nos primeiros cinco anos (BIOMIMICRY INSTITUTE, 2007).

3.2 Fastskin – tecido para roupas aquáticas

O Fastskin é um tecido desenvolvido pela Speedo – marca que produz artigos esportivos – e foi inspirado nas características da pele do tubarão, peixe considerado o mais rápido dos mares. A pele de tubarão é coberta por escamas produzidas com o mesmo material dos seus dentes e em determinada área do seu corpo elas adquirem a forma de V (fig. 5).

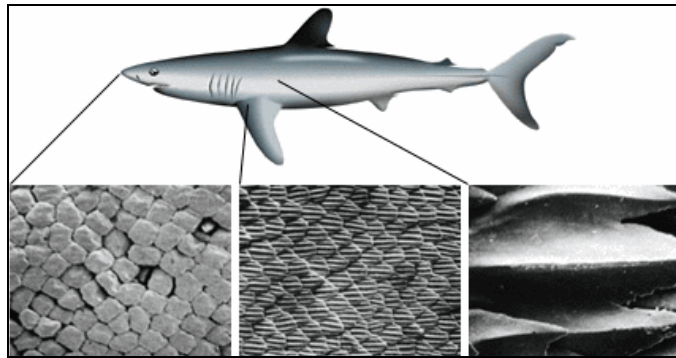


Figura 5: Pele de Tubarão
Fonte: Biokon (2006)

Essa forma proporciona uma redução do atrito e resistência da água reduzindo a turbulência ao redor do seu corpo. A redução do atrito permite que o tubarão tenha uma fluidez maior ao nadar, movendo-se eficazmente pela água, com uma resistência mínima e utilizando menor quantidade de energia. O tecido Fastskin imita a pele de tubarão desenvolvendo a mesma função na redução da resistência da água e está sendo utilizado na confecção de trajes para nadadores profissionais. O aumento da velocidade dos nadadores que utilizam esse novo traje chega a atingir, segundo o fabricante, 7,5 por cento a mais quando comparados aos nadadores que utilizam trajes comuns. A estrutura do tecido (fig. 6) é formada por micro sulcos em forma de V que encaam a água para fora e estão localizados na superfície externa do traje, facilitando o deslizamento do nadador ao entrar em contato com a água. Dessa forma, esses micro sulcos em forma de V reduzem a resistência da água produzindo uma vantagem hidrodinâmica em relação à pele humana (INDUSTRIAL DESIGN, 2007).

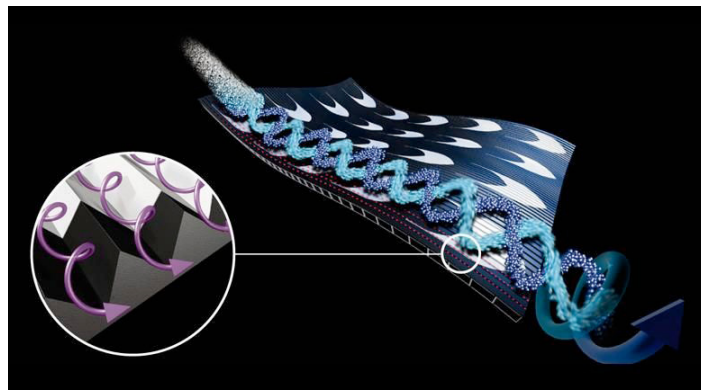


Figura 6: Fastskin (estrutura do tecido)
Fonte: Industrial Design (2007)

Para testar a fricção e o arraste da água na superfície do corpo humano, a Speedo usou uma tecnologia chamada CFD – *Computer Fluid Dynamics* – utilizada para examinar e pesquisar a dinâmica fluídica no corpo dos nadadores. Usando a tecnologia CFD, a Speedo descobriu que, como no tubarão, a água move-se diferentemente pelo corpo humano ocasionando maior fricção em algumas de suas partes. O CFD também constatou que a fricção e o arraste agem diferentemente em corpos masculinos e corpos femininos, tendo assim desenvolvido trajes diferentes para ambos os sexos (DESMET, 2007).

A partir do diagnóstico apresentado pelos pesquisadores, desenvolveu-se o Fastskin: um tecido inspirado por analogismo biológico capaz de aumentar o desempenho do usuário que utiliza o traje confeccionado com essa tecnologia. O sucesso desse tecido foi tão grande que nas olimpíadas de Sydney no ano de 2000, 28 entre 33 medalhas de ouro foram ganhas por nadadores que usaram o novo traje (INDUSTRIAL DESIGN, 2007).

3.3 Lotusan – tinta hidrofóbica para fachadas – efeito lótus

O modelo mais completo de auto limpeza detectado num sistema biológico está na superfície das folhas da flor de Lótus (*Nelumbo Nucifera* – fig. 7) que mesmo em lugares lodosos estão sempre limpas. O motivo que proporciona a limpeza está nos minúsculos cristais de cera encontrados na superfície das folhas, impedindo assim que partículas de poeira se fixem nelas (fig. 8). Os pingos de chuva que caem sobre a folha levam consigo as partículas de sujeira: a folha limpa a si mesma. De acordo com essas observações, em meados da década de 90, Wilhelm Barthlott pesquisador da universidade de Bonn, Alemanha, patenteou a aplicação técnica do “efeito lótus”. O primeiro produto imitando o “efeito lótus” que surgiu no mercado, em 1999, foi a tinta para fachadas Lotusan, na qual a sujeira depositada nas paredes externas de casas e edifícios que a utilizam, é limpa pelas gotas de chuva (PATSCHULL, 2005).

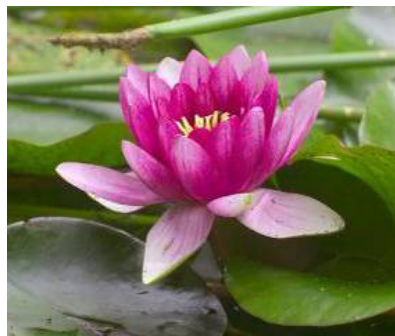


Figura 7: Flor de Lótus
Fonte: Zari (2007)

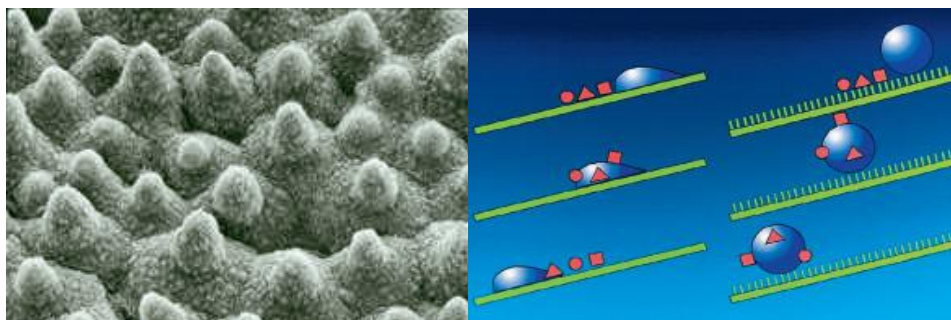


Figura 8: Superfície da folha (esquerda) e simulação do efeito lótus (direita)
Fonte: Dominik Weiland (2006)

A tinta para fachadas Lotusan tem alto grau de permeabilidade ao vapor de água e CO_2 , com proteção natural contra algas e fungos. Sua característica mais importante resume-se na propriedade que tem em exercer a função de eliminar a sujeira depositada na superfície de paredes externas com água (LOTUSAN, 2005).

A composição da tinta a base de silicone, torna a superfície altamente hidrofóbica, garantindo a repelência da água e gerando a limpeza através das gotículas de água que rolam para fora da superfície levando consigo as partículas de poeira (LAKELAND, 2004).

3.4 Boxfish – automóvel inspirado no peixe-cofre

Em 2005, a Mercedes-Benz apresentou um carro-conceito totalmente desenvolvido de acordo com as características de um peixe encontrado em habitats marinhos tropicais, chamado Boxfish (*Ostracion Meleagris*) ou Peixe-cofre (fig. 9). Esse peixe demonstrou ter excelente hidrodinâmica, além de esqueleto leve e alta resistência mecânica. Os critérios de construção do monobloco do Boxfish foram inspirados nos princípios de crescimento de ossos e árvores, os quais se tornam mais resistentes nas regiões que sofrem maior esforço e mais frágeis – com menos material – onde são menos exigidos, certificando que a natureza não desperdiça energia nem materiais. O automóvel Boxfish foi equipado com um motor 1.4 diesel de 140 cavalos, mas não será fabricado em escala comercial, ele vale mais como vitrine tecnológica e laboratório para futuros lançamentos (GRANDE, 2006).

Nos testes de autonomia, o Boxfish, auxiliado pela sua aerodinâmica inspirada na hidrodinâmica do Peixe-cofre, proporcionou 20 por cento a mais de economia de combustível (percorreu em média 23,25 km com um litro de diesel) e redução das emissões de óxido de nitrogênio em até 80 por cento, quando comparados a outros veículos do mesmo porte e motorização. A redução de NO_x se deu através de um conversor de catalisador de oxidação e a um filtro de partículas incorporado ao sistema de escapamento do veículo (DAIMLER-CHRYSLER, 2005).



Figura 9: Peixe-cofre (esquerda), Monobloco (centro) e Automóvel Boxfish (direita)
Fonte: Zari (2007)

O carro não é, porém, uma opção nova para transportar. Ao invés, foram realizadas apenas pequenas melhorias tecnológicas sem um reexame da idéia do próprio carro como uma resposta para o transporte pessoal (ZARI, 2007).

Não obstante, os projetistas do automóvel evidenciaram a intervenção de modelos biológicos na elaboração da carroceria e do monobloco cujo objetivo principal é a sustentação e rigidez, amoldando suas interligações de forma a reduzir o desperdício de material. Dessa forma, constatou-se que a natureza pode sim inspirar soluções de funcionalidade aos projetos adequando-se a um dos princípios biomiméticos de que “*a vida ajusta-se à forma para funcionar*”.

3.5 Fita adesiva reutilizável – micro fibras sintéticas

A idéia de desenvolver uma fita adesiva reutilizável inspirada no sistema de agarre encontrado nas patas das lagartixas e de alguns insetos já está sendo colocada em prática.

De acordo com pesquisas na área da biologia em parceria com setores de desenvolvimento de produtos, o sucesso da nova solução está sendo encaminhada.

Ao analisar as patas das lagartixas domésticas (*Hemidactylus Mabouia*) ao microscópio eletrônico, descobriu-se que estas são formadas por milhões de micro pêlos em toda extensão estrutural das solas de suas patas (fig. 10). Esses pêlos minúsculos encontram-se densamente comprimidos num espaço mínimo, fazendo com que surjam finas forças de atração entre suas moléculas e as da superfície de apoio, chamadas *Forças de Van der Waals*. Uma lagartixa de peso igual a 60 gramas possui cerca de 500 milhões de micro pêlos por milímetro quadrado, possibilitando agarre em praticamente qualquer superfície.

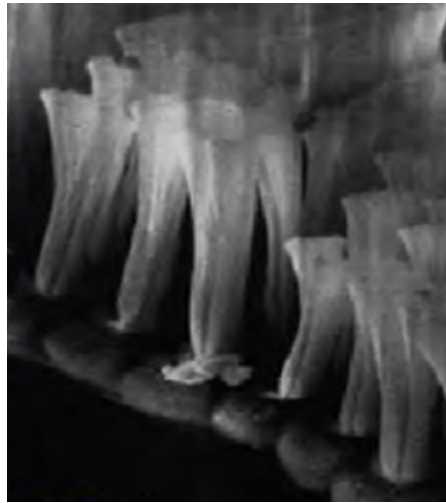


Figura 10: Micro pêlos da Pata de Lagartixa
Fonte: Autumn (2000)

Examinações minuciosas neste sistema de agarre realizadas pelo biólogo Stanislav Gorb pesquisador do Instituto Max Planck de Pesquisa de Metal em Stuttgart – estão auxiliando-o no desenvolvimento de fitas adesivas formadas por micro fibras sintéticas (fig. 11) fixadas em um dos lados, com o intuito de tornar possível sua reutilização por várias vezes. Gorb desenvolveu um pequeno robô, pesando cerca de 100 gramas, que, com esse material fixado em seus pés, pôde subir numa parede vertical de vidro (PATSCHELL, 2005).

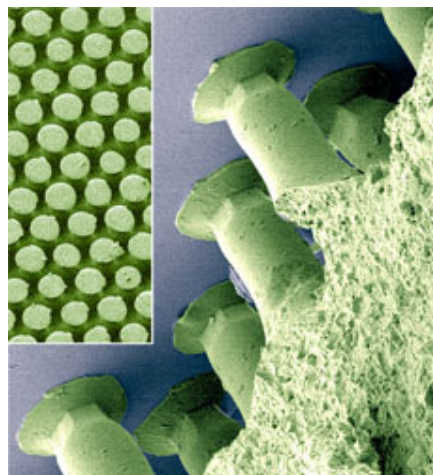


Figura 11: Micro Fibras Sintéticas

Fonte: Gorb (2006)

Embora a força seja individualmente minúscula, os milhões de micro pêlos coletivamente produzem um efeito adesivo poderoso. Cada micro pêlo sintético é feito de um material chamado *kapton* e mede 2.0 micron de altura por 0.2 micron de diâmetro – mesma medida dos micro pêlos encontrados nas patas de determinadas espécies de lagartixas (KNIGHT, 2003).

Com o sistema de agarre incorporado em pequenos robôs que andam pelas paredes ou pelo teto, pode-se desenvolver várias aplicações – desde verificações de segurança para avaliação de estruturas até a busca por vítimas em construções destruídas por fenômenos naturais. Ainda estamos longe de executar tal tarefa, mas pesquisadores continuam empreendendo todas as possibilidades (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2006).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Biomimética demonstra ser uma ferramenta com grandes possibilidades de tornar-se a evolução de tecnologias projetuais. Inspirado na evolução dos sistemas biológicos pode-se utilizar seus princípios em diversas áreas de projeto. Partindo-se da premissa de que esses sistemas desenvolvem-se através de tentativas e erros, eles mesmos determinam as soluções equilibradas que lhes proporcionam a sobrevivência. Isso acontece, pois as mudanças naturais são realizadas de maneira lenta e compassadas, conseqüentemente a evolução ocorre sistematicamente a fim de gerar adaptabilidade segura através de modificações sucessivas da espécie.

A fundamentação dos princípios biomiméticos sugere a implementação de estratégias derivadas de fenômenos biológicos, baseadas em semelhanças relacionais. No projeto, todas as palavras chaves adicionais com propósitos biológicos devem ser consideradas. A descrição dos fenômenos biológicos deve conter estratégias vinculadas ao desafio de projeto, identificando conceitos desenvolvidos a partir da descrição do problema. Para cada descrição apresenta-se o problema, o produto a ser desenvolvido e o sistema biológico análogo, identificando estratégias e conceitos para desenvolver a solução (MAK, 2004).

Soluções biologicamente inspiradas vêm sensibilizando algumas indústrias quanto à preservação da biosfera, direcionando estratégias ambientais como suporte ao desenvolvimento sustentável. Durante todo o ciclo de vida do produto, essas indústrias demonstram-se apreensivas com a necessidade de minimizar a degradação ambiental buscando projetar seus produtos com mudanças expressivas no sistema de manufatura. Essas indústrias devem atuar veementemente a favor da otimização do uso sustentável de energia e recursos naturais reconhecendo que sua utilização com consciência estabelece atributos relevantes para o equilíbrio da biosfera.

Com isso, evidencia-se a importância estratégica de se proteger espécies contra extinção e preservação da espécie humana a fim de resguardar modelos da natureza que ainda não foram descobertos e de outros que ainda não foram compreendidos. Sendo assim, soluções biologicamente inspiradas devem questionar sempre o que o projeto deve realizar: qual necessidade que o produto desenvolvido deve suprir.

Nos cinco exemplos de projetos inspirados em analogias com sistemas biológicos apresentados, decidiu-se expor nos três primeiros (Eastgate Center, Fastskin e Lotusan), casos que foram concluídos com êxito e estão disponíveis no mercado. O quarto (Boxfish) foi desenvolvido como conceito e vitrine tecnológica, e no último exemplo (Fita adesiva

reutilizável), o produto exposto foi parcialmente concluído de acordo com o objetivo inicial proposto, estando ainda em fase de desenvolvimento.

Dessa forma, ao programar estratégias de projeto como originalidade de análises, imaginação criativa e realismo, aliadas às etapas que compõem a *Espiral do Design Biomimético*, definirão de forma transparente a origem do elemento natural pretendido. Nesse sentido, uma programação estratégica biologicamente bem definida seria relevante para o fornecimento de modelos inovadores no setor produtivo, possibilitando alterações de paradigmas convencionais para soluções projetuais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUTUMN, Kellar. *Adhesive Mechanisms Mini-Presentation*, 2000. Disponível em: <<http://www.lclark.edu/~autumn/climbing/climb.html>> Acessado em janeiro de 2008.

BENYUS, Janine. *Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza*. São Paulo: Cultrix, 1997.

BIOKON. *Haihaut*, 2006. Disponível em: <http://www.biokon.net/industrie/download/BIOKON_referenzen.pdf> Acessado em janeiro de 2008.

BIOMIMICRY GUILD. *Introduction to Biomimicry*, 2006a. Disponível em: <<http://biomimicry.org>> Acessado em março de 2007.

BIOMIMICRY GUILD. *Biomimicry Newsletter*, 2006b. *The Biomimicry Design Spiral*. Volume No: 4. Issue No: 1. Disponível em: <http://biomimicry.typepad.com/newsletter/files/biomimicry_newsletter_v4.1.pdf> Acessado em junho de 2007.

BIOMIMICRY INSTITUTE. *Biomimicry as a Practical Innovation Process*, 2007. Biomimicry Institute – Missoula, Montana – EUA. Disponível em: <<http://biomimicryinstitute.org>> Acessado em outubro de 2007.

DAIMLER-CHRYSLER. O novo projeto do carro biônico da Mercedes-Benz inspirado pela forma do corpo dos peixes, 2005. Disponível em: <<http://pt.mongabay.com/news/2005/0710-DaimlerChrysler.html>> Acessado em dezembro de 2007.

DESMET, Simon & **SCOTTON**, Joke. *Speedo's Fastskin*, 2007. Disponível em: <<http://www.viniscotton.net/main.htm>> Acessado em janeiro de 2008.

DOAN, Abigail. *Green Building in Zimbabwe Modeled After Termite Mounds*, 2007. Disponível em: <<http://www.inhabitat.com/2007/12/10/building-modelled-on-termites-eastgate-centre-in-zimbabwe/>> Acessado em dezembro de 2007.

DOMINIK WEILAND. *Der Lotus effekt – Botanik als Vorbild*, 2006. Disponível em: <<http://www.tu-ilmenau.de/fakmb/uploads/media/Lotuseffekt.pdf>> Acessado em outubro de 2007.

GORB, Stanislav. *Beetle Feet Stick to their Promises*, 2006. Max Planck Society for the Advancement of Science Press and Public Relations Department. Max Planck Institute for Metals Research, Stuttgart. Disponível em: <www.physorg.com/pdf81780059.pdf> Acessado em janeiro de 2008.

GRANDE, Paulo Campo. A natureza está certa, 2006. Disponível em:
<<http://institutofuturista.blogspot.com/2006/12/natureza-est-certa.html>> Acessado em dezembro de 2007.

GRUPTHINK. *Passive cooling*, 2006. Eastgate Centre, Harare. Disponível em: <<http://www.grupthink.com/answer/8076>> Acessado em janeiro de 2008.

INDUSTRIAL DESIGN. *Definizione di Biomimetica*, 2007. Industrial Design-Itália. Disponível em:
<<http://www.industrialdesign.altervista.org/3t07/langella/HibridDesignUP2.pdf>>
Acessado em novembro de 2007.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. Insetos Servem de Inspiração para Robôs que Poderão Andar no Teto, 2006. Disponível em:
<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/robotica_2006.html> Acessado em junho de 2007.

KNIGHT, Will. *Gecko tape will stick you to ceiling*, 2003. Journal reference: *Nature Materials* (DOI: 10.1038/nmat917). Disponível em:
<<http://www.newscientist.com/article.ns?id=dn3785>> Acessado em janeiro de 2008.

LAKELAND, Jo. *Lotus Effect*, 2004. Centre for Biomimetics University of Reading, UK. Disponível em:
<<http://www.extra.rdg.ac.uk/eng/BIONIS/pdf%20files/Lotus%20effect.pdf>> Acessado em outubro de 2007.

LOTUSAN. Ficha Técnica - Tinta de silicone para fachadas com *Lotus-Effect*, 2005. Disponível em: <http://pt.sto.com/evo/web/sto/5546_PT-upload-sto-tm_lotusan_pt.pdf> Acessado em janeiro de 2008.

MAK, T. W. & SHU, L.H. *Use of Biological Phenomena in Design by Analogy*, 2004. Department of Mechanical and Industrial Engineering University of Toronto, Canada. Disponível em: <<http://www.mie.utoronto.ca/labs/bidlab/index.htm>> Acessado em janeiro de 2008.

PATSCHULL, Kristina – Biônica, 2005. Disponível em: <http://www.magazine-deutschland.de/issue/Bionik_3-05_POR_P.php?lang=por> Acessado em agosto de 2007.

UPIITA. *Historia de la biónica*, 1998. UPIITA - *Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Tecnologías Avanzadas* - Academia de Biónica, México. Disponível em:
<<http://www.upiita.ipn.mx/~bionica/historia.htm>> Acessado em junho de 2007.

ZARI, Maibritt Pedersen. *Biomimetic Approaches To Architectural Design For Increased Sustainability*, 2007. School of Architecture, Victoria University, Wellington, New Zealand. Disponível em: <<http://www.cmsl.co.nz/assets/sm/2256/61/033-PEDERSENZARI.pdf>> Acessado em janeiro de 2008.

AGRADECIMENTOS

CARL HASTRICH – Pela colaboração nas informações adicionais referentes à *Espiral do Design Biomimético*.

DOUGLAS TACKRAY – Pela revisão da tradução dos passos que compõem a espiral.