

## ARTIGOS

### INCORPORAÇÃO DA BIOMIMÉTICA NA GESTÃO DE PROJETOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA: ANÁLISE DE UMA EXPERIÊNCIA CORPORATIVA

#### RESUMO

A biomimética compreende a área que estuda os princípios criativos e estratégias da natureza, visando à criação de soluções para os problemas e necessidades da humanidade, unindo funcionalidade, estética e sustentabilidade. Vários trabalhos científicos apontam para o desenvolvimento de inovações tecnológicas a partir da inspiração dos fenômenos biológicos para o desenvolvimento de produtos. Para a compreensão deste processo, o trabalho apresentou o estudo de caso da empresa Festo do Brasil, realizado a partir de entrevistas presenciais nos meses de junho e julho de 2017 com gerentes das áreas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e Novos Negócios. Os dados obtidos por entrevista foram complementados pelo acesso aos materiais institucionais fornecidos pela empresa. Por meio do estudo de caso, foi possível constatar que a empresa iniciou o desenvolvimento de projetos biomiméticos no ano de 2006, em sua unidade sede, localizada na Alemanha. A área de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) pode ser destacada como vértice central desse sistema, posto que esse setor influenciou ativamente o processo de inovação tecnológica das empresas e domina o estado da arte das novas tecnologias. Além disso, a criação de parcerias com universidades e pesquisadores foi de grande valia para potencializar o conhecimento sobre o biomimetismo a partir de bases científicas. Não obstante, para internalizar a prática da biomimética nas organizações, é indispensável que já haja na empresa um processo sistemático de gestão de inovação vigente, dado que a abordagem do biomimetismo exige uma estrutura tecnológica e organizacional adensada e requer altos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e adaptação dos aparatos de produção, cujos ciclos de desenvolvimento se mostram mais extensivos do que se comparados aos ciclos de desenvolvimento de produtos sem a abordagem biomimética presente.

**Palavras-chave:** Biomimetismo. Desenvolvimento de produtos. Inovação tecnológica.

#### 1 INTRODUÇÃO

Um dos reflexos da intensificação do padrão competitivo das empresas trata da importância do envolvimento da alta direção

**Anapátricia Morales Vilha**  
[anapatricia.vilha@ufabc.edu.br](mailto:anapatricia.vilha@ufabc.edu.br)  
*Doutora em Política Científica e Tecnológica. Coordenadora da Região Sudeste do Fórum Nacional de Gestores de Inovação e Transferência de Tecnologia (Fortec). Professora dos Programas de Pós Graduação de Economia e de Biotecnologia da Universidade Federal do ABC, UFABC - SP - BR.*

**Mariana Cecotte**  
[cecotte.mariana@aluno.ufabc.edu.br](mailto:cecotte.mariana@aluno.ufabc.edu.br)  
*Graduação em Ciência e Tecnologia e pesquisadora de iniciação científica da Universidade Federal do ABC, UFABC - SP - BR.*

no alinhamento das estratégias de desenvolvimento de inovações de produto com as estratégias competitivas da empresa, envolvendo esforços de natureza mercadológica e tecnológica; no intuito de buscar facilitar a articulação entre as necessidades do mercado, as possibilidades tecnológicas e as competências da empresa (CHENG, 2000).

Atualmente, o biomimetismo tem sido usado em diversas áreas e campos do conhecimento, com destaque para Engenharia, Arquitetura e Design de produtos, logo que se visualizou a possibilidade de aplicação de soluções oriundas da natureza na indústria, ou seja, decodificar geometrias e funcionamentos naturais, a fim de gerar produtos e implementar processos.

Biomimética (*bio* significa vida em grego, e *mimesis*, significa mimetizar, imitar) é um campo crescente que busca intercalar mecanismos biológicos naturais e estruturas em uma ampla gama de aplicações. O aumento do interesse na biomimética nos últimos anos proporcionou um terreno fértil para a inovação tecnológica (LURIE-LUKE, 2014).

De acordo com Andrade (2014) a natureza já servia de inspiração desde o período histórico do Renascimento. Há relatos de que Gustave Eiffel tenha-se inspirado na estrutura do fêmur humano para a construção da Torre Eiffel, construída entre 1887 e 1889. A discussão nos campos da matemática e da geometria acerca de estágios de crescimento das estruturas da natureza revitalizaram o debate sobre o biomimetismo no século XX.

Estudos mais recentes (BENYUS, 1997; NARAYAN, 2009; HU; FENG; DAÍ, 2013; MCGREGOR, 2013) caracterizam a biomimética como uma abordagem para desenvolvimento de novas tecnologias a partir do estudo de sistemas biológicos, especialmente pela apropriação dos princípios da imitação ou inspiração.

Nesse contexto, a intersecção entre a biologia e a engenharia permite interpretar a biomimética como uma abordagem interdisciplinar que pode orientar a geração de inovações tecnológicas, isto é, em novos produtos ou processos produtivos (ANDRADE, 2014). Um exemplo

emblemático de sucesso comercial da biomimética está associado ao velcro, que foi oriundo de inspirações da observação de carrapichos, sendo objeto de patenteamento em 1952.

Para Benyus (1997), o biomimetismo consiste em utilizar a natureza como modelo, com vistas a imitar ou inspirar para resolver problemas humanos. É possível, também, associar a abordagem como um padrão, a fim de julgar a relevância das inovações desenvolvidas, além de associar a biomimética como um mentor e um instrumento de observação e aprendizado.

Dessa forma, uma programação estratégica biologicamente bem definida é importante para induzir a geração criativa de inovações tecnológicas no setor produtivo. Não obstante, ao relacionar competências de áreas distintas, como a Biologia, Engenharia, Administração, seu caráter multidisciplinar desafia os projetos de desenvolvimento de inovações tecnológicas, induzindo a uma reflexão sobre o potencial e os limites da biomimética como uma abordagem no desenvolvimento de inovações tecnológicas.

Nessa mesma direção, Andrade (2014) mostra que a literatura sobre o assunto ainda não apresenta, de forma suficientemente clara, em quais etapas do processo de desenvolvimento de inovações tecnológicas a abordagem do biomimetismo exhibe contribuições efetivas, bem como a natureza dos conhecimentos requeridos para tal.

Considerando o cenário apresentado, este artigo apresenta uma investigação acerca das características e os impactos que o biomimetismo apresenta para o desenvolvimento de inovações tecnológicas. Observou-se, pois, a incursão da biomimética ao desenho dos processos de gestão dos projetos de inovação tecnológica sob um contexto corporativo, que apresenta peculiaridades no que tange à efetividade no atendimento a prazos, custos e êxito nos mercados.

Com vistas a cumprir este objetivo, a pesquisa em questão adotou duas frentes metodológicas, compreendendo uma revisão da literatura em temas de relevância para a questão apresentada e envolve os campos da gestão de projetos de inovação tecnológica e biomimética.

Além disso, procedeu-se um estudo de caso das práticas da empresa multinacional alemã da área de produtos de automação industrial Festo – em que se observam experiências nessa direção.

Para tanto, realizaram-se entrevistas presenciais nos meses de junho e julho de 2017 com gerentes das áreas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e Novos Negócios, além de acessar relatórios institucionais, materiais produzidos pela empresa e informações tecnológicas divulgadas no *website* da empresa, cujos resultados serão explorados na seção 3 deste artigo.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA: BIOMIMETISMO, GESTÃO DE PROJETOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E SUAS INTERSECÇÕES

### 2.1 PRINCÍPIOS E PRÁTICAS ENVOLVENDO A BIOMIMÉTICA

A palavra biomimética deriva do grego *bios* (vida) e *mimesis* (imitação). É a área que estuda os princípios criativos e estratégias da natureza, visando à criação de soluções para os problemas atuais da humanidade, unindo funcionalidade, estética e sustentabilidade (NEVES, 2015). O termo ‘biomimetismo’ foi introduzido pela primeira vez em 1997, pela pesquisadora americana Janine Benyus, pioneira nesta disciplina e criadora de vários princípios que até hoje são largamente difundidos e utilizados.

Sob o ponto de vista aplicado, é possível afirmar que o biomimetismo atua como um catalisador de uma das políticas associadas às questões ambientais nas empresas e em face da necessidade de internalizar práticas nessa direção (BENYUS, 1997).

No contexto do biomimetismo para o desenvolvimento de inovações tecnológicas, preconiza-se na literatura seminal sobre o tema a sustentação dessa intersecção a partir de três bases importantes:

- a) os princípios da natureza;
- b) a natureza como modelo, medida e mentora e;
- c) a espiral do design biomimético (BENYUS, 1997).

Entre os *princípios da natureza* na abordagem do biomimetismo encontra-se o pressuposto de que os ecossistemas naturais atuam em cooperação; a natureza assume uma postura funcional dentro dos limites e recursos disponíveis; os sistemas naturais são flexíveis e permitem o desenvolvimento e a diversidade; os sistemas naturais, atentam-se para o princípio da reciclagem e detecção de funcionalidades para tudo; a natureza e os ecossistemas requerem conhecimentos para se adaptar a mudanças e de recursos interligados; a natureza evita excessos e procura permanecer em equilíbrio com a biosfera; a natureza depende de seus mecanismos de informação sobre como manter o equilíbrio; a natureza determina o uso eficiente de energia em suas funções; os sistemas naturais baseiam-se, essencialmente, no recurso de interesse em sua quantidade necessárias (BENYUS, 1997).

O entendimento da natureza como *modelo, medida e mentora* pressupõe a legitimidade da natureza como referência na solução de problemas tecnológicos, servindo como medida ou um padrão para avaliar correções nos processos de desenvolvimento de inovações, bem como a aprender sobre como operam a natureza e os sistemas para inspirar o desenvolvimento de soluções tecnológicas (BENYUS, 1997).

Finalmente, a abordagem de Benyus (1997) preconiza o que chama de ‘*espiral do design biomimético*’ como uma ferramenta alternativa para que seja possível a aplicação da metodologia biomimética na criação de novos produtos ou na solução de problemas técnicos. Esse mecanismo propõe 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, a técnica, quando empregada em análise de projetos torna possível o desenvolvimento de novos potenciais para estruturas, superfícies e materiais, de uma forma ambientalmente sustentável.

## 2.2 GESTÃO DE PROJETOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Sob uma perspectiva sistêmica, é possível dizer que as empresas adotam práticas de gestão de inovação com o objetivo de atuar sobre os mercados para explorar novas oportunidades e neutralizar ameaças, além de criar vantagens competitivas sustentadas em relação aos concorrentes. De forma análoga, entender o conceito e a dinâmica da inovação no contexto competitivo permite que as empresas possam definir uma estratégia, a qual deve preconizar alinhar os objetivos da organização com a sua visão de futuro.

O desenvolvimento de inovações tecnológicas de produto é um conceito amplo e pode ser definido como o processo para a identificação da demanda, o desenvolvimento do produto, sua produção e o próprio uso do produto incluindo, também, o descarte ou desativação do mesmo. Na mesma perspectiva, a criatividade no desenvolvimento de projetos de inovação guarda relevância na razão de sua possibilidade de oferecer novidade e utilidade.

Analisar as implicações que a biomimética traz para o desenvolvimento de inovações tecnológicas remete a uma discussão acerca das abordagens do processo de desenvolvimento de produtos, que encontra nos estudos de Clark e Wheelwright (1993), Cooper, Edgett e Kleinschmidt (2002) seus achados seminais.

Para analisar e gerenciar a variável tecnológica no processo de desenvolvimento de produtos, é preciso valer-se de um mapa ou de um procedimento para orientar um projeto de inovação tecnológica, disciplinando desde o estágio de ideias até seu lançamento para o mercado.

A abordagem 'Funil de Inovação' desenvolvida por Clark e Wheelwright (1993), é formada por cinco elementos, dois dos quais estão fora do funil: na entrada, estão as propostas de inovação ou ideias a serem avaliadas; e, no outro extremo, estão os bens e serviços para lançamento no mercado. Além desses elementos, dentro do funil há três fases-chave, cada uma delas separadas por um ponto de decisão

quanto a prosseguir ou não (*go-no-go*), também chamadas de *gates* (Figura 1).

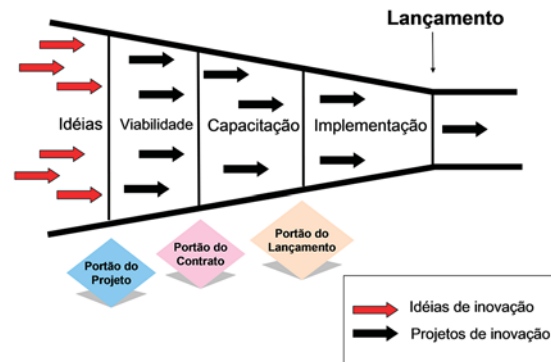


Figura 1- Abordagem Funil de Inovação para Gestão de Projetos de Inovação

Fonte: (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993, p. 68).

Na primeira fase do funil (*Ideas*), as ideias são refinadas e os conceitos técnicos e de mercado iniciais são desenvolvidos. São identificadas as necessidades do consumidor e as ideias passam por uma avaliação de *portfolio*. Além disso, é identificado o potencial de extensão de marca, bem como uma avaliação prévia baseada em critérios financeiros e de uso apropriado de recursos, gerando um *Reporting plan*. Com base no documento elaborado, acontece o primeiro *gate*, denominado *Charter Gate*, em que os gestores decidem quanto à continuidade do projeto.

Na segunda fase (*Feasibility*), o *mix* de produtos a ser desenvolvido é refinado e os consumidores são mais bem quantificados. Além disso, são avaliadas a *performance* potencial do produto, a viabilidade técnica e financeira, a tecnologia e a estratégia atual. Após essas avaliações, é elaborada a proposta de capital para aprovação. Novamente essas informações coletadas tornam-se critérios de decisão para o próximo *gate*, o *Contract Gate*.

A terceira fase é a *Capability*, em que o capital é disponibilizado mediante a implementação da proposta de capital. Com o recurso financeiro disposto, prepara-se o plano comercial e o *mix* de marketing e de produto, que é submetido à aprovação das áreas funcionais envolvidas para lançamento no mercado.

Após o levantamento desses dados, é realizado o terceiro *gate*, denominado de *Launch Gate*, tomando-se a última decisão relacionada à continuidade ou à interrupção do projeto.

Na quarta fase (*Implementation*), prepara-se a proposta de operação e a consolidação dos documentos para lançamento. Finalmente, na quinta e última fase (*Launch*), após o lançamento, é realizado o monitoramento do desempenho e a análise da resposta concorrencial e dos consumidores.

Transpor esse debate ao biomimetismo permite um convite sobre a compreensão e replicação das estruturas biológicas e paradigmas projetuais ou métodos de inspiração vindos da natureza. Para Andrade (2014), as estruturas e materiais da natureza também exibem propriedades inspiradoras relacionadas à sofisticação, miniaturização, hibridismo, resistência e adaptabilidade sob o ponto de vista tecnológico.

### 2.3 BIOMIMÉTICA NA GESTÃO DE PROJETOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

A indústria, nos últimos anos, tem demonstrado consciência em relação à necessidade de minimizar a degradação ambiental, buscando projetar seus produtos com mudanças expressivas no sistema de manufatura, assim atuando veementemente em favor da otimização do uso sustentável de energia e recursos naturais, reconhecendo que a utilização consciente estabelece atributos relevantes para o equilíbrio da biosfera. Sendo assim, soluções biologicamente inspiradas devem questionar sempre o que o projeto deve realizar: qual necessidade que o produto desenvolvido deve suprir.

O biomimetismo é uma abordagem tecnologicamente orientada para aplicar as lições de design da natureza buscando solucionar os problemas do homem. Esse enfoque possibilita verificar, principalmente, no método da analogia, relações frequentes com a natureza para encontrar soluções projetuais. 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. Disso deriva o design biomimético, que contribui com implementos mecânico-funcionais e estético-formais, transpondo uma maior refinação estética e aumento de eficiência.

Vários trabalhos apontam sobre o desenvolvimento de inovações tecnológicas a partir da investigação das estratégias preconizadas pela natureza, usando como estratégia a inspiração dos fenômenos biológicos, propondo conceitos, construindo a visão do produto a detectando soluções análogas (NEVES, 2015). Transpor esse debate ao biomimetismo permite um convite sobre a compreensão e replicação das estruturas biológicas e paradigmas projetuais ou métodos de inspiração vindos da natureza. Para Andrade (2014), as estruturas e materiais da natureza também exibem propriedades inspiradoras relacionadas à sofisticação, miniaturização, hibridismo, resistência e adaptabilidade sob o ponto de vista tecnológico.

Estudos de maior relevância produzidos por Benyus (1997) e Vincent (2006) acerca da internalização do biomimetismo na gestão de projetos de inovação tecnológica procuram transferir princípios da biologia para a engenharia, procurando compreender como o projeto pode se inspirar natureza em sua forma, processo e ecossistema.

De forma geral, nas abordagens ilustradas por Benyus (1997), Vincent (2006) e Meira (2008) as etapas do processo de desenvolvimento de projetos de produtos baseados no biomimetismo compreendem:

- a) *identificação do projeto*:
  - desenvolver um resumo do projeto com as particularidades sobre o problema a ser solucionado;
  - identificar o que deseja alcançar com o projeto (não “o que você deseja projetar”);
  - delimitar o mercado-alvo;
  - localizar a qual problema o projeto responde e onde a solução será aplicada;

- b) *biologização do projeto:*
  - identificar como os sistemas naturais realizam (ou não) essa função;
- c) *exploração dos modelos da natureza que possam solucionar desafios relativos ao projeto:*
  - encontrar os melhores modelos naturais que se adaptam ao projeto;
- d) *desenvolvimento de soluções baseadas nos modelos biológicos:*
  - desenvolver conceitos e ideias que possam replicar os modelos naturais observados;
  - considerar o modo pelo qual é possível aprofundar as formas de imitação do processo biomimetizado;
- e) *revisão das soluções comparando-as com os princípios de vida:*
  - revisar se o projeto é modular/segmentado;
  - revisar se a solução é projetada para minimizar uso de materiais ou de um processo de aperfeiçoamento de soluções não biomimetizadas.

### 3 A INCORPORAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO BIOMIMETISMO NA GESTÃO DE PROJETOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DA EMPRESA FESTO

Esta seção tem por objetivo apresentar a análise do estudo de caso da empresa Festo do Brasil Ltda. a partir da realização de entrevistas presenciais nos meses de junho e julho de 2017 com gerentes das áreas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e Novos Negócios.

Os dados obtidos por entrevista foram complementados pelo acesso aos materiais institucionais fornecidos pela empresa. O roteiro de entrevistas semiestruturado foi idealizado com questões abertas e fechadas que refletem três grandes eixos de investigação e análise:

- a) princípios e práticas envolvendo a aplicação do biomimetismo;
- b) gestão de projetos de inovação tecnológica e;

- c) biomimetismo na gestão de projetos de inovação tecnológica.

Essas dimensões resultaram na descrição apresentada nas próximas seções deste artigo.

A Festo é uma empresa alemã, fundada no ano de 1925, que atua no campo da automação pneumática, campo em que é, atualmente, líder mundial em automação industrial. A companhia conta com 18.800 colaboradores em todo o mundo, dos quais, cerca de 40 interagem diretamente com o departamento de *Bionic Learning Network*, responsável pelo desenvolvimento de projetos voltados para biomimética. O departamento de *Bionic Learning Network* conta com oito centros de pesquisa alemães e a cooperação de aproximadamente 14 universidades. Os profissionais vinculados a esta área, em sua maioria, são mestres, doutores, engenheiros e biólogos.

#### 3.1 DESCOBERTA E TRANSIÇÃO DO BIOMIMETISMO NO PROCESSO INDUSTRIAL DA FESTO

A empresa descobriu o biomimetismo por meio de parcerias que realiza com universidades, centros de pesquisa e pesquisadores independentes. Assim, iniciou o desenvolvimento de projetos biomiméticos no ano de 2006, em sua unidade sede, localizada na cidade de Esslingen am Neckar, na Alemanha.

A motivação principal para a incorporação da biomimética no processo industrial residiu no desejo da empresa desenvolver novos produtos de forma mais disruptiva e inovadora no mercado, diferenciando-a dos concorrentes.

Segundo o entrevistado, a transição, em nível organizacional e tecnológico entre o modelo de produção convencional para um processo utilizando a biomimética foi um processo contínuo e dinâmico, já que se busca o desenvolvimento de um projeto para conversão em um produto; e isso ocorre de acordo com as necessidades e atualizações do mercado. Para cada nova proposta de produto é indispensável um minucioso estudo sobre a conversão do projeto a partir dos princípios biomiméticos.

Durante o processo de incorporação desse novo modelo de desenvolvimento de produtos na empresa, o elemento de maior vulnerabilidade compreendeu a aceitação do mercado, uma vez que a Festo foi a pioneira no ramo, apesar do receio gerado, os resultados obtidos superaram as expectativas iniciais; além disso, a empresa conseguiu, de modo secundário e não intencional, associar o desenvolvimento de produtos biomiméticos (bionics) ao marketing, isto é, atrelou-se o produto à marca.

### 3.2 INCORPORAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO BIOMIMETISMO NO PROCESSO INDUSTRIAL DA FESTO

A Festo investe anualmente cerca de €240 milhões em pesquisa e desenvolvimento, o que representa cerca de 8% do faturamento mundial, sendo, assim, uma das organizações que mais investem em inovação tecnológica, considerando que a média mundial gira em torno de 3% a 3,5%. Atualmente, a Festo possui, aproximadamente, 2.900 patentes, lançando por volta de 100 patentes por ano, o que implica em, basicamente, uma patente a cada quatro dias, sendo todos os produtos inovadores. Parte desses investimentos com pesquisa e desenvolvimento é direcionada diretamente ao departamento de *Bionic Learning Network*.

A incorporação da biomimética não implicou em mudanças na gestão do processo industrial dos projetos. A área de desenvolvimento foi única que, de fato, sofreu alterações, em função da inclusão do viés biológico. Foram implementadas as seguintes abordagens estratégicas:

- a) top-down: os engenheiros verificam possíveis problemas, de tecnologia ou de aplicação de automação, e em conjunto com biólogos buscam soluções na natureza. Sintetizando, a biologia auxilia a tecnologia na resolução de problemas (Tecnologia ® Biologia);
- b) bottom-up: os biólogos descobrem novos fenômenos biológicos que eles acreditam que possam ser aplicados na engenharia. Assim, os próprios biólo-

gos buscam apoio técnico para, dessa forma, auxiliarem no desenvolvimento do produto (Biologia ® Tecnologia).

O período estimado para o desenvolvimento de produtos da Festa inspirados na biomimética é de 4 a 7 anos, isso desde a concepção inicial do projeto até a produção final. Em comparação com um produto convencional, cujo processo de finalização leva entre 2 e 5 anos, a idealização de um artigo biomimético é relativamente maior, por exigir estudos e análises mais minuciosas e aprofundadas.

Como já citado anteriormente, a Festo centraliza o desenvolvimento de produtos biomiméticos em sua matriz na Alemanha. Isso decorre, principalmente, da presença bastante centralizadora da cultura alemã em apostas de maior envergadura assumidas pela empresa. Considerando que a companhia possui 66 fábricas em redor do mundo, e somente 5 centros de pesquisa e desenvolvimento, tendo um locus no Brasil, os entrevistados acreditam que, caso a empresa decida expandir a área de análises biomiméticas para outras filiais internacionais, o Brasil configura-se como forte candidato para desempenhar tal iniciativa.

### 3.3 RESULTADOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA BIOMIMÉTICA NA GESTÃO DE PROJETOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DA FESTO

Atualmente, a Festo é uma empresa referência em produtos inspirados no conceito e *design* biomimético. A organização decidiu investir nessa nova concepção de processo de inovação, pois baseou-se na premissa de que a tecnologia de automação executa tarefas cotidianas em fábricas, como agarrar, mover e posicionar produtos, bem como controlar processos de forma instintiva, fácil e eficiente. Baseando-se nesse contexto, a organização iniciou estudos para o desenvolvimento de produtos que se inspiram no comportamento natural, e assim foi criado o departamento chamado de *Bionic Learning Network*.

A organização atua no desenvolvimento

de projetos biônicos desde 1990; entretanto, a formalização desta área só se deu no ano de 2006, por meio de uma troca dinâmica e aberta de ideias com universidades, institutos e empresas de desenvolvimento da Alemanha. A equipe principal é composta por engenheiros, designers e biólogos, que trabalham em estreita colaboração com especialistas de outros departamentos, além de parceiros externos de todo o mundo. Esse trabalho em equipe aberto e interdisciplinar oferece novas perspectivas e inspiração para aplicações industriais.

Para a realização desse processo de inovação tecnológica, existe uma relação colaborativa entre os *stakeholders*:

- a) Festo: equipe básica de Projetos Bionic, Pesquisa e Desenvolvimento, Gerenciamento de Produtos, Testes, Desenvolvimento de Produto, Design de Produto, Construção de Stands de Exposição, Design Corporativo;
- b) Universidades e Institutos: Universidade de Tecnologia (TU) de Delft, Universidade Técnica de Ilmenau, Universidade de Friedrich-Schiller, Universidade de Jena, Universidade de Artes e Design Industrial Linz, Universidade de Oslo e Akershus, Departamento de Design de Produto, Universidade de Ciências Aplicadas Ravensburg-Weingarten, Universidade de Stuttgart, Centro de Neurociência Integrado (CIN) - Universidade de Tübingen, Universidade de Ulm, entre outros;
- c) Empresas Externas: Aroix GmbH, Effekt-Technik GmbH, Evologics GmbH, JNTec GbR, Engenharia Sachs, entre outras.

Os produtos elaborados com base nos modelos naturais foram nomeados de *Bionics*, e inspiram soluções para o setor da automação, conforme identificados a seguir:

#### Bionic Ants:

Para os *Bionic Ants*, Festo utilizou a anatomia delicada da formiga natural como um modelo a ser seguido. Pela primeira vez,

o comportamento cooperativo das criaturas é também transferido para o mundo da tecnologia de controle por meio de algoritmos complexos. São robôs inteligentes, do tamanho de uma mão humana, que imitam o comportamento colaborativo dos insetos em linhas de produção ao executar tarefas em conjunto, assim como fazem as formigas dentro de um formigueiro (FESTO, 2016).

As formigas biônicas podem ser utilizadas como força de trabalho em linhas de produção para executar tarefas extremamente complexas, que inclusive não podem ser realizadas por robôs comuns. Com baixo gasto de energia, elas são capazes de identificar objetos que devem ser transportados de um local para o outro por meio de câmeras acopladas na cabeça. Para objetos maiores, os robôs inteligentes desenvolvem uma técnica para trabalhar em grupo, de maneira colaborativa. Ainda, para receber informações do ambiente, as formigas contam com sensores que se comunicam com um sistema central por uma rede de internet sem fio.

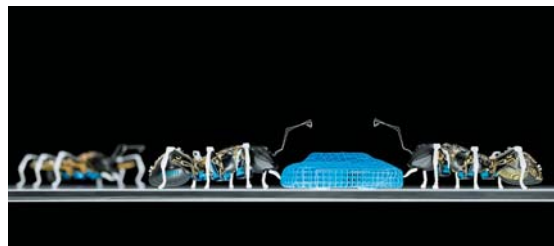


Figura 2 - Bionic Ants

Fonte: materiais institucionais da Festo (2017).

#### e-Motion Butterflies:

Os *e-Motions Butterflies* combinam a construção ultraleve de insetos artificiais com o comportamento de voo coordenado. A fim de replicar o seu modelo natural tão próximo quanto possível, as borboletas artificiais apresentam sensores eletrônicos de bordo altamente integrados. Eles são capazes de ativar as asas individualmente com precisão e assim implementar os movimentos rápidos.





Figura 3 - e-Motion Butterflies  
Fonte: materiais institucionais da Festo (2017).

À medida que as asas se sobrepõem, espaço livre é gerado entre elas enquanto estão em movimento, o que dá às borboletas sua aerodinâmica especial.

#### Flex Shape Gripper:

Inspirado na língua de camaleões, engenheiros da Festo construíram uma pinça bulbosa preenchida com água que se adapta tão bem quanto a mão humana para pegar os objetos. Já existiam pinças que funcionavam de forma similar ao *Flex Shape Gripper*, mas elas possuíam partículas granuladas que ajudavam a alterar o formato e apanhar coisas. A pinça de silicone deste bionic, por sua vez, possui uma dupla câmara pressurizada preenchida com ar e água. Conforme uma quantidade de líquido e gás é bombeada para estas câmaras pneumáticas, a pinça muda de formato, o que permite que ela aperte, segure e carregue objetos.



Figura 4 - Flex Shape Gripper  
Fonte: materiais institucionais da Festo (2017).

Assim como um monitor de e-ink, que pode manter uma imagem mesmo quando a bateria acaba, o braço robótico também segura um objeto indefinitivamente, sem precisar de energia extra; o resultado disso é um braço

que economiza energia, o que pode significar economia em empresas que operam com robôs.

#### Bionic Handling Assistant:

O *Bionic Handling Assistant* funciona como um braço de prensão flexível, que é modelado no tronco de um elefante em termos de estrutura e função geral. O sistema também é usado pelos pesquisadores do Festo como uma plataforma de desenvolvimento que combina uma ampla gama de tecnologias e componentes.

Ao mesmo tempo, o sistema também serve como uma plataforma multitecnológica para o desenvolvimento simultâneo de mecânica, eletrônica e software para máquinas e soluções de manuseio. Em 2012, os desenvolvedores adicionaram uma função de detecção de imagem e fala ao Assistente. Isso permite que o sistema adote objetos por conta própria, sem a necessidade de programação de trabalho ou de operação manual. Ao mesmo tempo, os dedos de pinças adaptativas permitem que itens frágeis e de forma diferente sejam manipulados sem serem destruídos.



Figura 5 - Bionic Handling Assistant  
Fonte: materiais institucionais da Festo (2017).

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A temática que orientou o desenvolvimento da presente pesquisa foi a análise da incorporação da biomimética na gestão de projetos de inovação tecnológica, a fim de investigar qual o caminho que se deve trilhar para integrá-la de forma eficiente nos processos inovadores.

A biomimética baseia-se no conceito natural para a criação e o desenvolvimento de soluções dos problemas humanos; todavia, é indispensável a realização de profundos estudos e de ter-se uma equipe de trabalho bem estruturada, já que o desenvolvimento de projetos

biomiméticos demandam um alto conhecimento técnico para integrar funcionalidade, tecnologia e natureza.

A fim de compreender de forma mais abrangente a aplicação da biomimética em processos industriais, bem como a implementação desta prática ocorre dentro das empresas, foi realizado um estudo de caso da empresa Festo Brasil que, atualmente, se destaca como líder mundial em automação industrial, além de ser a organização pioneira na fabricação de produtos biomiméticos no mundo. Foi observado que a implantação desta nova tecnologia se estabeleceu não só em caráter inovativo, mas também como estratégia de ação no mercado, já que a Festo conseguiu consolidar a gestão de sua marca para seus clientes.

Por meio do estudo de caso, foi possível constatar a existência de pontos essenciais na internalização do biomimetismo nos projetos de inovação e que devem ser desenvolvidos dentro das organizações que pretendem incorporar a biomimética em seus processos.

A área de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) pode ser destacada como vértice central desse sistema, posto que esse setor influencia ativamente o processo de inovação tecnológica das empresas e domina o estado da arte das novas tecnologias. Para tanto, é interessante que, além deste departamento, as empresas busquem desenvolver centros de pesquisas próprios, com o propósito de facilitar o desenvolvimento de seus projetos.

Além disso, a criação de parcerias com universidades e pesquisadores autônomos é de grande valia, dado que acordos de cooperação podem ser estabelecidos com esses elementos, partindo do princípio que eles podem potencializar o conhecimento técnico das organizações por meio de suas contribuições científicas. Do mesmo modo, as indústrias servem como um possível local para a aplicação das pesquisas desenvolvidas.

Não obstante, para internalizar a prática da biomimética nas organizações, é indispensável que já haja um processo de inovação vigente; significa dizer que é necessário ter certo

conhecimento na área de inovação tecnológica para, assim, se estabelecer um processo de inovação ainda mais inovador. Isso se faz relevante, pois a corporação precisa possuir uma determinada estrutura tecnológica e organizacional para que essa mudança ocorra; em outras palavras, a empresa necessita já ser engajada no ramo de inovação tecnológica para implementar a biomimética, isso porque a implantação desse tipo de processo requer altos investimentos, no âmbito da pesquisa e do desenvolvimento operacional, além da compreensão de que os resultados são obtidos em longo prazo, uma vez que, como exposto neste estudo, um produto biomimético leva de 5 a 7 anos para chegar ao cliente.

Contudo, pode-se afirmar que a biomimética está sendo utilizada para identificar uma gama de novas tecnologias a partir de sistemas biológicos; e o aprofundamento dos conhecimentos desses sistemas, princípios de funcionalidade e de complexidade, são meios de solucionar problemas encontrados em diversos setores produtivos.

Assim, a incorporação da biomimética em projetos de inovação tecnológica se estabelece com um caráter grandemente inovador, podendo até ser considerado um modelo de produção que, possivelmente, se afirmará fortemente na cultura industrial do futuro, gerando inúmeros benefícios para as organizações, pois além de se instaurar como uma inovação tecnológica, a biomimética se arquiteta também como uma estratégia competitiva. No ramo da automação, podemos dizer que, para implantar a biomimética, é necessário desenvolver parcerias com fornecedores, clientes, pesquisadores individuais e universidades, uma vez que elas darão suporte ao crescimento sustentável da empresa.

No que diz respeito aos processos de inovação, é necessário desenvolver um processo de renovação bem estruturado e maduro para a implantação da biomimética, posto que é um tema relativamente novo e diferenciado, que demanda um pouco mais de tempo para a implementação em determinado pro-

cesso produtivo, visto que é um tópico mais disruptivo a que a cultura industrial está habituada. Então, é necessário que a empresa já possua um processo de inovação evoluído e bem adaptado, para que se faça tangível a implantação de um modelo diferenciado de produção, como a biomimética.

Nesse contexto, pode-se afirmar que é necessário que a empresa possua um processo de inovação convencional, para que se faça exequível a implantação de um método ainda mais inovador. É imprescindível que haja uma estrutura cultural e tecnológica, para se introduzir algo novo.

Objetivos específicos são substancialmente importantes para a implementação da biomimética nos processos, de forma geral, longos. Como dito anteriormente, os produtos levam um período relativamente maior para serem desenvolvidos, o que implica um tempo considerável para a obtenção de resultados. Portanto, é de grande relevância formar uma equipe competente, em níveis de gestão, pesquisa e operação, que tenham compreensão de que o resultado dessa inovação tecnológica é conquistado em longo prazo.

Para tanto, torna-se indispensável possuir um departamento e profissionais voltados especialmente para a execução de projetos de inovação tecnológica inspirados em princípios biomiméticos. Além disso, é interessante que haja setores da organização que delineiem o tema interligado com esse setor de biomimética, visto que essa integração funcionará como uma engrenagem para que o sistema obtenha uma repercussão positiva.

## INCORPORATION OF BIOMIMÉTICA IN THE PROJECTS MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL INNOVATION: ANALYSIS OF A CORPORATE EXPERIENCE

### ABSTRACT

Biomimetic comprises the area that studies the creative principles and strategies of nature, aiming at creating solutions to the problems and needs of humanity, combining functionality and sustainability. Several scientific papers point out the development of technological innovations from the inspiration of the biological phenomena to the products development. To understand this process, the paper presented the case study of the company Festo Brazil, conducted from presencial interviews in June and July 2017 with managers from the Research and Development (R&D) and New Business areas. The data obtained by interview were complemented by access to the institutional materials provided by the company. Through the case study, it was possible to verify that the company started the development of biomimetic projects in the year 2006, in its headquarters, located in Germany. The Research and Development (R&D) area can be highlighted as the central point of this system, since this sector has actively influenced the process of technological innovation of companies and dominates the state of the art of new technologies. In addition, the creation of partnerships with universities and researchers was of great value to enhance the scientific knowledge about biomimetic. Nevertheless, in order to internalize the practice of biomimetics in organizations it is essential that the company has a systematic innovation management process, because the biomimetic approaches require a technological and organizational structure and high investments in research, development and adaptation of the production cycles whose development cycles are more extensive than when compared to development cycles without the biomimetic approach.

**Keywords:** Biomimetism. Product development. Technological innovation.

## INCORPORACIÓN DE LA BIOMIMÉTICA EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA: ANÁLISIS DE UNA EXPERIENCIA CORPORATIVA

### RESUMEN

La biomimética comprende el área que estudia los principios creativos y estratégicos de la naturaleza, buscando la creación de soluciones para los problemas y necesidades de la humanidad, uniendo funcionalidad, estética y sostenibilidad. Diversos trabajos científicos apuntaron para el desarrollo de innovaciones tecnológicas a partir de la inspiración de los fenómenos biológicos para el desarrollo de productos. Para la comprensión de este proceso, el trabajo presentó el estudio de caso de la empresa *Festo* del Brasil, realizado a través de entrevistas presenciales en los meses de junio y julio de 2017 con gerentes de las áreas de Pesquisa y Desarrollo (P&D) y Nuevos Negocios. Los datos obtenidos por entrevista fueron complementados pelo acceso a los materiales institucionales suministrados por la empresa. A través del estudio de caso, fue posible constatar que la empresa inició el desarrollo de proyectos biomiméticos en el año de 2006, en su unidad sede, localizada en la Alemania. El área de Pesquisa y Desarrollo (P&D) puede ser destacada como punto central de ese sistema, puesto que ese sector influenció activamente el proceso de innovación tecnológica de las empresas y domina el estado del arte de las nuevas tecnologías. Además, la creación de asociaciones con universidades y pesquisadores fue de gran valía para potencializar el conocimiento sobre la biomimética a partir de bases científicas. No obstante, para incluir la práctica de la biomimética en las organizaciones, es indispensable que ya exista en la empresa un proceso sistemático de gestión de innovación vigente, una vez que el enfoque de la biomimética exige una estructura tecnológica y organizacional adensada y requiere altos inversiones en pesquisa, desarrollo y adaptación de los aparatos de producción, cuyos ciclos de

desarrollo se muestran más extensivos del que se comparados a los ciclos de desarrollo de productos sin el abordaje biomimético presente.

**Palabras-clave:** Biomimética. Desarrollo de productos. Innovación tecnológica.

### REFERÊNCIAS

ANDRADE, G. R. **Biomimética no Design:** abordagens, limitações e contribuições para o desenvolvimento de produtos e tecnologias. 2014. 106 f. Dissertação (Mestrado em Design) - Programa de Pós graduação em Design, Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

BENYUS, Janine. **Biomimicry:** innovation inspired by nature. New York. Quill Publishes, 1997.

CHENG, L. C. Caracterização da gestão de desenvolvimento do produto: delineando o seu contorno e dimensões básicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO, 2., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. v. 1. p. 1-10.

CLARK, Kim B.; WHEELWRIGHT, Steven C. **Managing new product and process development:** text and cases. New York: Free Press, 1993.

COOPER, R. G.; EDGETT, S.; KLEINSCHMIDT, E. J. Optimizing the stage-gate process: what best practice companies are doing? Part 1. **Research Technology Management**, v. 45, n. 5, 2002.

DETANICO, F. B., TEIXEIRA, F. G., SILVA T.K. **A Biomimética como Método Criativo para o Projeto de Produto.** Projeto de pós-graduação (Departamento de Design e Exp. Gráfica)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2010.

FESTO. **Festo's Bionic Learning Network**. Arquivo institucional da Festo Brasil. São Paulo, 2016.

FESTO. **Bionic Learning Network**. Site institucional da Festo. Disponível em <<https://www.festo.com/group/en/cms/10156.htm>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

HU, Nan; FENG, Peng; DAÍ, Gonglian. The gift from nature: bio-inspired strategy for developing innovative bridges. **Journal of Bionic Engineering**, v. 10, n. 4, p. 405-414, 2013.

LURIE-LUKE, Elena. Product and technology innovation: what can biomimicry inspire?. **Biotechnology advances**, v. 32, n. 8, p. 1494-1505, 2014.

McGREGOR, Sue. Transdisciplinarity and Biomimicry. **Transdisciplinary Journal of Engineering & Science**, v. 4. p. 57-65, 2013.

MEIRA, Gerson. A biomimética utilizada como ferramenta alternativa na criação de novos produtos. In: ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETO DO VALE DO ITAJAÍ, 2., 2008, Itajaí. **Anais...** Itajaí: Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

NARAYAN, Roger. **Advances in Biomedical and Biomimetic Materials**. Nova Jersey. Ed. John Wiley & Sons, 2009.

NEVES, Júlio. **Framework para incorporação da biomimética e propriedades da visão do produto como estratégia de inovação**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2015.

VINCENT, Julian. Application: influence of biology on engineering. **Journal of Bionic Engineering**, v. 3, p. 161-177, 2006.