

A importância do desenho digital como ferramenta para projetos em biônica

Bento Gustavo de Souza Pimentel^a ✉, Bruna Lummertz Lima^b, Gustavo Scussel Demarchi^c

^{a b c} Programa de Pós-Graduação em Design, Departamento de Design, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Av. Osvaldo Aranha, 99, 90035-190, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

^a bento.pimentel@ufrgs.br; ^b brunalummertz@hotmail.com; ^c gustsd@gmail.com

O presente trabalho contribui para a compreensão sobre o papel multimodal do desenho em recortes de projetos, orientados pela biônica com consequências para a condução no desenvolvimento de produtos. Objetiva, ainda, acrescentar benefícios à atividade de projeto e reitera que sua realização está aliada a aspectos investigativos que propiciam a geração criativa e racional de soluções mediante uma aquisição referencial dos Sistemas Naturais por meio de uma base conceitual naturalista. Frente ao referencial teórico proposto à discussão, são utilizadas ferramentas de renderização 2D e 3D para análise com base em sistemas visuais. Os resultados demonstraram a importância do desenho e da análise gráfica em recortes bioinspirados de geração de projeto.

Palavras-chave: Sistemas Naturais, Design Digital, Biônica.

The importance of digital drawing as a tool for bionic projects

This paper contributes to the understanding of the role of multimodal drawing on Design methods, led by a naturalistic conceptual basis. It also aims at adding benefits to the design activity and reiterates its achievement is associated with investigative aspects propitiating the creative and rational generation to solutions through a referential acquisition of Natural Systems through a conceptual naturalist basis. In view of the theoretical framework proposed, 2D and 3D rendering tools are used for the analysis based on visual systems. The results showed the importance of drawing and graphical analysis in bioinspired scenarios of project activity.

Keywords: Natural Systems, Digital Design, Bionics

1. Introdução

Este artigo apresenta considerações sobre um estudo experimental no campo do design conduzido pelo método da Biônica, apresentando relevância em contextos de iniciação à pesquisa acadêmica ao refletir sobre as ferramentas utilizadas frente ao referencial teórico.

Tais questões reforçam os benefícios da biônica à pesquisa tecnológica na perspectiva teórica e metodológica com impactos diretos no setor de desenvolvimento de produtos. Nesse contexto, a Biônica é caracterizada como corrente de alta tecnologia entre outras hipóteses no cenário da bioinspiração, também úteis em nível organizacional e, até mesmo, na geração de incrementos na esfera instantânea da reposição mercadológica, adquirindo importância estratégica para a inovação (DIMAS, 2009, NAGEL, et al., 2010).

Ao avaliar uma problemática, o projeto incorrerá pelo campo de artefatos cirúrgicos, suturas e a necessidade de acelerar o processo de cicatrização dos tecidos epiteliais humanos. Tal atividade no cenário cultural, remete a práticas ancestrais de medicina alternativa como a indiana, por exemplo, (HERING, 1993), e mesmo a períodos anteriores à medicina moderna como na Idade Antiga por gregos e egípcios, por meio de registros preservados (MAKENZIE, 1973 *apud* MATOS, 2007). A experimentação descrita utiliza conhecimentos da área dos Sistemas Naturais como aporte à Bioinspiração no desenvolvimento de um sistema mecânico de sutura com base na formiga *Atta sp.* A transferência de informações descreve várias contribuições tais como modelos de utilidade¹ e produtos voltados à divulgação científica (PIMENTEL, 2015).

Para isso, a Biônica norteará as possibilidades da aquisição de modelos iniciais de projeto em um percurso de pesquisa utilizando a formiga como amostra para análise, a partir da perspectiva gráfica digital na geração de projetos de grampos de sutura experimentais. Várias áreas de projeto são assim compreendidas por somar resultados, desenvolver o processo, e aprimorar a condução na gestão orientada pela Biônica.

Os conceitos utilizados nas decisões de projeto são segmentados e assentados com viés multidisciplinar e sistêmico, quais sejam: desenvolvimento de soluções (AMARAL, et al., 2006), tópicos de criatividade e funcionalidade apresentados por Brattström e colegas (2011), discussão teórica de fundo naturalista (COSTA, et al. 2010), etapas de projeto auxiliadas por expressão gráfica (SCHÖN; WIGGINS, 1992), interação digital híbrida (NARDELLI, 2007) e compreensão de relevância no debate artístico (DIMAS, 2009). A revisão da literatura percorre também as áreas de Desenho (SCHÖN; WIGGINS, 1992, CROSS, 2001), Design Digital (TERZIDIS, 2006, NARDELLI, 2007), a utilização dos Sistemas Naturais como referencial para o desenvolvimento de projetos (BRITO, 2009, DIMAS, 2009, CARGNIN, 2010, DETANICO, et al., 2010, DOCZI, 2012) e métodos para aumentar a compatibilidade entre dados e problema utilizando simulação (WEBB, 2013, PIMENTEL, 2015).

¹ Número de registros respectivamente: MU9002473-7 e MU9102934-1 (INPI, 2011, 2012).

Os softwares *Geomagic Studio*® e *Autodesk 3Ds Max*® foram utilizados na análise dos resultados adquiridos como objeto virtual de estudo em etapas relativas à decodificação visual na análise da formiga.

Como referencial da pesquisa no estreitamento entre Sistemas Naturais e produção de artefatos, verifica-se, também, a pertinência de áreas como Teoria e História do Design. Assim, como contribuição da investigação do processo, este estudo limita-se a descrevê-lo a partir da perspectiva multidisciplinar do design nas contribuições de Schön e Wiggins (1992), Dorst (1997), Cross (2001) e Oxman (2001).

O próximo tópico realizará uma reflexão sobre algumas teorias contribuintes aos resultados alcançados, permeando a capacidade reflexiva em organizações, prática do design e contexto mercadológico.

2. Referencial teórico

2.1. Papel do designer reflexivo nas organizações

A Biônica contribui na modificação das atividades de Design ao aumentar a inteligência das organizações implementando processos com vistas à melhoria contínua. Para delimitar uma relação intrínseca entre teoria e prática do design, o processo e método de resolução de problemas serão considerados elaborações cognitivas complementares, uma vez que a atividade recebe influência direta de diversas correntes de conhecimento de fundo naturalista.

De acordo com o ponto de vista de Oxman (2001), verifica-se que, no contexto do presente trabalho, as propriedades cognitivas do Design (e em particular do aprendizado do Design) possuem um grande espaço a ser preenchido em sua descrição científica. Tal lacuna é percebida em pesquisas na área com uma forte contribuição no eixo da Teoria do Design em Cross (2001) e Dorst (1997), ao ser investigada a compreensão a respeito das possibilidades que o desenho, na sua modalidade lógica e representacional por resultado digital ou manual, possui na tarefa intelectual da realização do Design.

Em Oxman (2001), é verificado que em *bureaus* de design dois modelos de práticas apresentam problemas similares aos apresentados nesta descrição: i) transferência tecnológica no sentido educacional em cenários onde a prática profissional aproxima o ensino à realidade do designer atuante no mercado (SCHÖN; WIGGINS, 1992), e ii) transferência tecnológica no sentido interno das organizações, em que aprendizes e profissionais necessitam interagir com contribuições tangíveis e intangíveis para o aperfeiçoamento e continuidade de práticas relacionadas à atividade do design, recorrendo à tecnologia como suporte às práticas no ambiente corporativo (FRIEDMAN, 2000).

Devido à formação constante dos aprendizes na atividade utilizando diversos métodos, percebe-se que o conteúdo da construção conceitual no desenvolvimento de projeto possui uma habilidade de teor exploratória ao utilizar de critérios emergenciais, '*tipologias emergenciais*' (OXMAN, 2001, p. 278), sem uma formalização racional anterior à elaboração do escopo de projeto, contribuindo intuitivamente para seu teor inovador no sentido inventivo (BRATTSTRÖM, et al., 2011).

Dentro de um modelo teórico de inovação em organizações, a participação do aprendiz se torna um importante instrumento para a melhoria da competitividade das empresas (CASTELLACI, 2008), devido à necessidade de aprimorar o processo adaptativo entre redução da variabilidade de incertezas e aumentar o nível de criatividade nas soluções geradas em nível estratégico, tático e operacional do design (MOZOTA, 2011).

Competitividade é a capacidade de as empresas se manterem no mercado, atingindo uma posição superior aos concorrentes. Para serem competitivas, devem investir na melhoria constante dos processos e no desenvolvimento de novos produtos, oferecendo um valor superior para os consumidores com produtos diferenciados (PLENTZ; BERNARDES; FRAGA, 2015).

Dessa forma, verifica-se nas instituições a necessidade de incrementar seu contingente informacional interno, contribuindo para um alinhamento inclinado à sinergia organizacional (BRATTSTRÖM, et al., 2011). O próximo subtópico visitará o campo de projeto a partir de uma relação direta de aquisição de conhecimento e aplicação em atividades de projeto.

2.2. Natureza como aporte no projeto de design

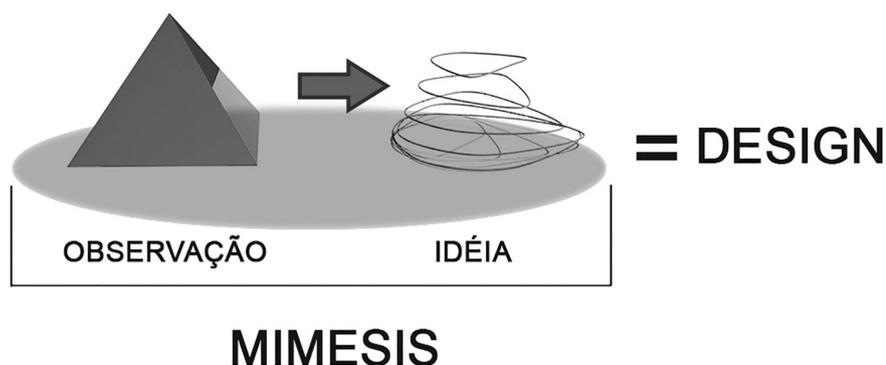
A partir de uma descrição brevemente apresentada em Pimentel e Silva (2013), verifica-se um conteúdo de aporte científico para o entendimento da inovação tecnológica atrelada à pesquisa em Sistemas Naturais utilizando o Design como Ciência (CROSS, 2001), habilitando assim reflexões à criação de novos produtos no sentido da inovação apresentada por Ardayfio (2000).

O método de Design atrelado à Biônica (KINDLEIN JÚNIOR, 2005) ocupa, no cenário da bioinspiração, um espaço importante, alocado junto a outros métodos e concepções de atividade projetual como a Biomimética e o Biodesign (PIMENTEL, 2015). A seguir, são apresentadas distinções gerais sobre tais correntes.

Na criação de novos modelos, a Biomimética (DIMAS, 2009) teria a validade de transportar suas observações e aplicações por mimetização às soluções. Como medida, pode ser verificada em análise tendo como base valores ecológicos, inclusive no

julgamento de sua efetividade. Finalmente, como avaliador, contribui para compreender experimentos e avaliá-los. Seu processo é construído conforme apresentado na figura 1:

Figura 1. Esquema sobre conceitos de mimese e design



Fonte: adaptação dos autores de Pimentel e Silva (2013).

O Biodesign (VILLAREAL, 2012) é percebido na importância da criação de novos métodos, novos modelos teóricos conceituais de Design com base em três níveis de interpretação, i) cópia fiel, ii) aplicação de princípios e iii) inspiração, com base na sistematização da organização dos Sistemas Naturais.

Na presente análise, a Biônica será utilizada como método no desenvolvimento de produtos (BRITO, 2009, CARGNIN, 2010). A partir de 1960, o método foi utilizado como campo de estudos nos setores militares estadunidenses ao dar sua contribuição em resposta a problemas técnicos a partir da Bioengenharia e Cibernética. São apresentadas pelos autores definições pertinentes, como: *'Biônica é a disciplina científica responsável pela transferência sistemática de construção, processos e princípios de evolução de sistemas vivos em aplicações técnicas'*² (NEUMANN, 1993 *apud* NEUROHR; DRAGOMIRESCU, 2007). Uma abordagem conceitual a define como *'ciência dos sistemas cujo funcionamento têm sido copiado de Sistemas Naturais, ou que apresentam características específicas de Sistemas Naturais, ou que lhes são análogos'*³, (DIMAS, 2009, p. 23). Compreendendo trocas entre biosistemas ou entre biosistemas e o meio, as aplicações com biônica abrangem também a transferência de conhecimento dos sistemas naturais aos sistemas econômicos e organizacionais.

² *'Bionics is the scientific discipline, which is in charge with the systematic transfer of construction, process and evolution principles of living systems into technical applications'* – Traduzido pelos autores.

³ *'Ciencia de los sistemas cuyo funcionamiento há sido copiado de sistemas naturales, o en la que presentan características específicas de sistemas naturales, o que les son análogos'* – Traduzido pelos autores.

Conforme as análises de literatura, tais termos verificam e confirmam a transcrição de informações, eventos e maneiras de avaliar o ciclo produtivo do Design. Relacionados à investigação dos biociclos dos Sistemas Naturais (MCDONOUGH; BRAUMGART, 2002, MANZINI; VEZZOLI, 2008), contribuem no desdobramento de concepções em soluções, mitigações de resultados e avaliações de suas pertinências para as estratégias de Design contemporâneo (SACHS, 2007). São abordagens tecnologicamente orientadas para aplicar as lições de Design a partir da natureza buscando solucionar os problemas do homem (DETANICO, et al., 2010).

Verifica-se que as ferramentas digitais são capazes de proporcionar infinitas possibilidades de simulação a ponto de se constituírem em verdadeiros ambientes colaborativos onde podemos adentrar, manipular, e simular situações resultando em aplicações com percentual de erro cada vez mais reduzido (MURRAY, 2003). A segurança da simulação virtual em projetos permite supor, que, à medida que essas possibilidades evoluem tecnicamente, tornam-se fator dominante em quase todos os domínios, principalmente em áreas projetuais como o Design (CARDOSO, 2010). No próximo subtópico, a área do Design Digital será descrita em sua pertinência para essa realização.

2.3. Design Digital

Dentro de contextos voltados ao aumento de criatividade (BRATTSTRÖM, et al., 2011), em que benefícios são visualizados a partir da utilização de recursos gráficos nas organizações para uma maior dinamização dos processos envolvidos na geração de produtos (SCHÖN; WIGGINS, 1992) e onde repercutem questões naturalistas de várias correntes (COSTA, et al., 2010), o Design Digital (OXMAN, 2001) encontra grande recorrência como área tecnológica sedimentar no auxílio de problemas no percurso dos projetos.

Nesse quesito, verifica-se uma relação direta com a problemática biológica na microescala (SABIN; PETERS; PETERS, 2013) para a geração de benefícios permanentes a aquisição de novos ambientes de modelagem virtual, bem como novos processos computacionais evolutivos voltados à geração de soluções (NARDELLI, 2007). É também recorrente um assentamento epistemológico sobre a questão universal do projeto de artefatos e ambientes (SACHS, 2007).

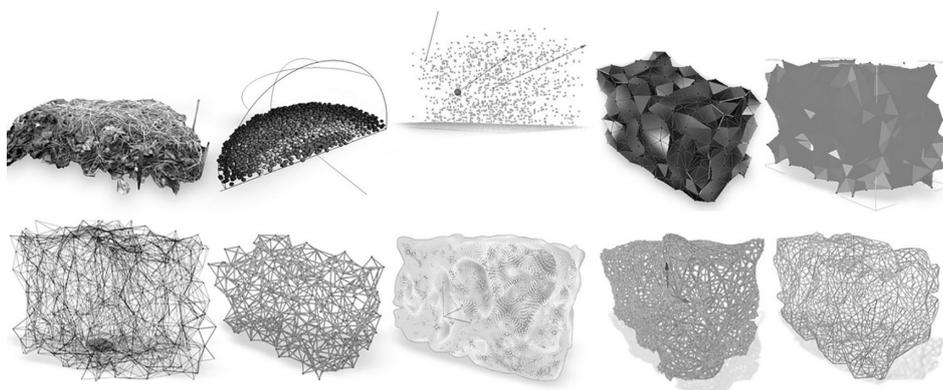
De adversidade quanto ao grau de dificuldade, compreensão e desenvolvimento, tais ferramentas são segmentadas em Lupton e Phillips (2008) entre os novos fundamentos do Design, contribuindo diretamente na expansão das aplicabilidades em áreas de interlocução com a geração de inovação.

Interoperabilidade, estruturação entre dados e problema, estabelecimento de

parâmetros, possíveis flutuações e qualificação de resultados são considerados aspectos axiais na utilização de ferramentas de leitura, desenho digital e modelagem, aplicados com softwares como *Grasshopper*®, *Autodesk 3DsMax*® e *Geomagic*®.

Por meio de uma interface similar ao *3DsMax* na estruturação de malhas 3D, o *Geomagic Studio 10*® possibilita o tratamento de dados disponibilizando opções de suavização algorítmica para a aquisição da exatidão na determinação da locação dos pontos a partir de uma incursão por estratégias erosivas em nível de formação da superfície 3D (WEISE, et al., 2011). Uma incursão de tal tipo é realizada em Pimentel (2015) a partir da estruturação de vários modelos para a simulação do processo de compostagem no percurso de projeto de produto, conforme figura 2:

Figura 2. Comparação entre evento observado e frames das simulações desenvolvidas.



Fonte: Pimentel (2015).

Com possibilidade de avaliação dos modelos gerados, e, utilizando as possibilidades da Análise Visual (FISCHER, 2009, PETERS, 2013), pode-se realizar uma comparação mediante diretrizes metodológicas para a aquisição qualitativa e quantitativa de resultados, e geração de parâmetros de projeto de produto.

Complementarmente, o método denominado Dinergia (DOCZI, 1982), também utilizado na pesquisa multidisciplinar relacionada à transferência de conhecimentos a partir dos Sistemas Naturais, e com recorrência em campos diversos da produção de projetos, tem papel relevante para as análises gráficas. Mediante transcrição geométrica, verifica-se a relação entre forma, eventos dinâmicos e mecânicos relacionados à transferência de força e descrições basilares da análise física, compreendida em princípios clássicos e modernos. O próximo tópico descreve a realização dos procedimentos.

3. Método de trabalho

O método de Biônica neste estudo, caracteriza-se por etapas qualitativas e quantitativas esquematizadas na imagem abaixo apresentadas em sequência.

Figura 3. Etapas de trabalho



Fonte: Os autores (2017)

Como parte dos métodos e práticas no campo qualitativo, a etapa conceitual abrange questões norteadoras baseadas em conhecimento sobre as áreas de estudo visitadas pela pesquisa, segmentadas na forma do marco teórico. Práticas de coleta e tratamento, análise visual e morfológica situam-se nessa etapa uma vez que são aplicadas no intuito de transferir conhecimento de maneira sistemática à condução de estudos voltados à resolução de problemas, conforme prescrito nos procedimentos de desenvolvimento de soluções generalistas utilizados no design. Com base nos dados tratados, o escopo do estudo pode adquirir aspecto quantitativo, valores, contingências e dimensões, intercalado por estudos de seleção de materiais com enfoque na mitigação ambiental, etapas de simulação, de funcionamento e visualização.

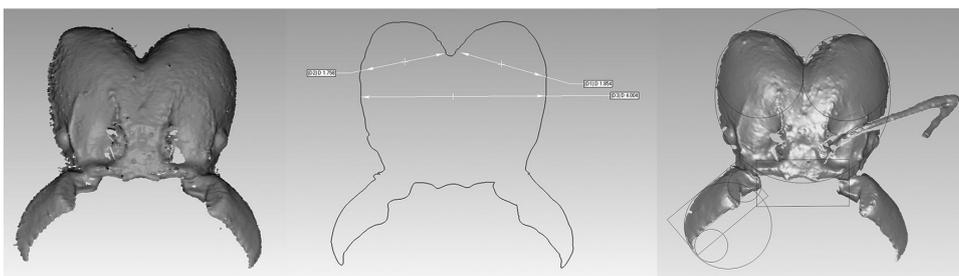
Estabeleceu-se para a transferência de conhecimento dos sistemas naturais às decisões de projeto na geração de soluções para o desenvolvimento de um grampo de sutura, que a orientação à resolução seria coordenada por uma analogia baseada nos sistemas de mordida da formiga, como verificado em referenciais do método aplicado (BRITO, 2009, CARGNIN, 2010). Para possibilitar análises com ferramentas de Design Digital, foram selecionadas cinco amostras de formigas da mesma espécie, identificadas, enumeradas e organizadas em suporte para observação e digitalização (PINTO, 2006). As formigas foram conservadas em recipiente com álcool etílico, e, utilizando-se um microscópio estereoscópio para a visualização da área, a abertura das mandíbulas foi induzida com o uso de pinça entomológica.

Após o preparo, as amostras foram submetidas no scanner tridimensional - *Digimill 3D®* com lente de 25 mm e resolução de 0.01 entre os pontos adquiridos. O scanner em questão tem o seguinte princípio de funcionamento:

O *Digimill 3D*® é um equipamento CNC (Controlado Numericamente pelo Computador), que possui dois cabeçotes, um para usinagem e outro para digitalização, ou seja, trata-se de um equipamento híbrido, fresadora CNC e scanner tridimensional a laser. Em seu funcionamento, o scanner 3D movimenta-se sobre determinada peça no plano dos eixos x e y, através do CNC, enquanto que o cabeçote a laser vai medindo a altura no eixo z. Como resultado da varredura, são obtidos arquivos de textos com os pontos da superfície do objeto descritos em coordenadas (x, y, z), ou seja, a já definida nuvem de pontos. Pode-se controlar a resolução (espaçamento entre os pontos), que é função da precisão de posicionamento nos eixos CNC (SILVA, 2006, p. 99).

De maneira a decompor o estudo em problemas específicos para o desenvolvimento de soluções em fases do projeto, as propriedades das amostras coletadas são organizadas em sistemas, sendo que a largura refere-se às variáveis do sistema 1 e a altura, às variáveis do sistema 2. Com o escaneamento, as análises coletadas para avaliação visual (FISHER, 2009) e análise morfológica (BRITO, 2009), possibilita a informatização, otimização e aumento da inteligência dos agentes envolvidos no processo de pesquisa. As amostras foram digitalizadas a partir dos dados oriundos do escaneamento (SILVA, 2006), sendo posteriormente processadas com o uso do software *Geomagic Studio 10*®, com geração dos modelos conforme a figura 3 abaixo:

Figura 4. Manipulação digital da amostra no editor Geomagic Studio 10

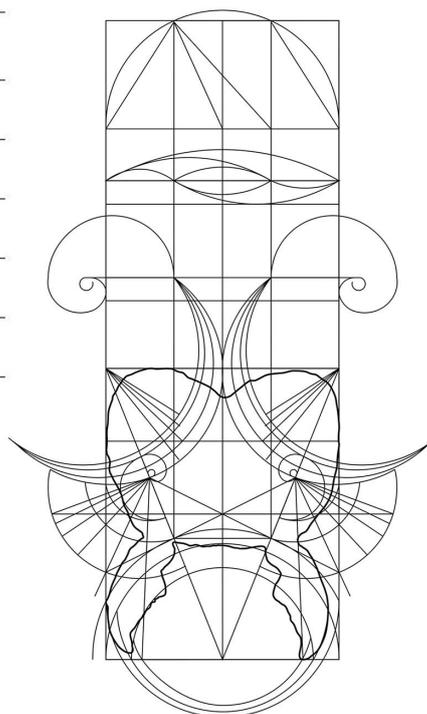


Fonte: Os autores (2017).

Nessa etapa, ao avaliar o resultado preliminar, verifica-se um difuso padrão de medida no desenvolvimento do grampo de sutura utilizando análise morfológica mediante a variabilidade das amostras selecionadas. A partir dessa fase, o estudo também será conduzido por uma abordagem quantitativa com opção por métodos estatísticos baseados em média, variância e desvio padrão entre as amostragens. Com intuito topográfico, e de maneira a estabelecer dados basilares à investigação, a análise com base no método gráfico proposto por Doczi (2012) contribui para estabelecer a correlação entre a anatomia da formiga e a proporção áurea, tal como verificado na figura 5:

Figura 5: Variância de dados obtidos com as amostras analisadas e estudo gráfico.

Amostras	Comp. E (mm)	Comp. D (mm)	Diâmetro da Cabeça (mm)
I	2.36	2.35	4.004
II	2.05	1.95	3.368
III	2.01	2.03	3.397
IV	2.45	2.18	4.873
V	2.01	1.95	3.850



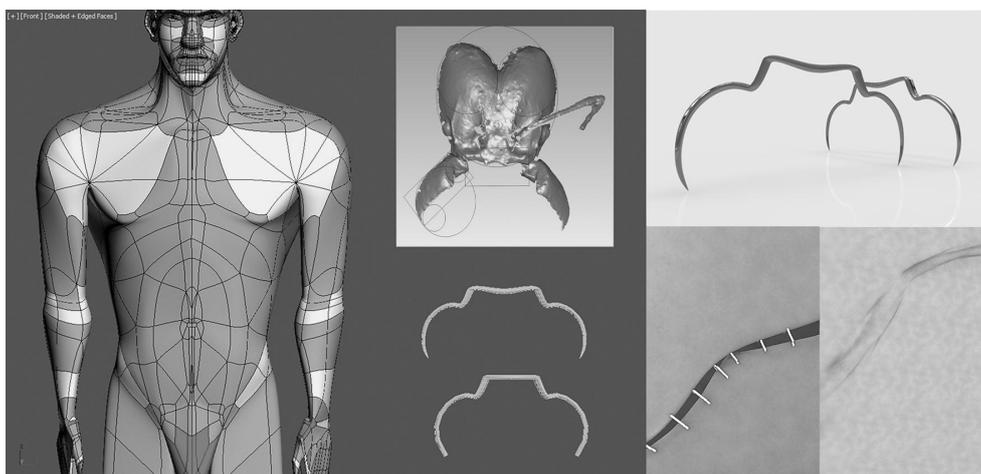
Fonte: Pimentel e Brito (2012)

Tal abordagem de estudos gráficos (DOCZI, 1982) contribui em um aspecto formalista à obtenção de princípios de condução na investigação gráfica, antecipando etapas de estudo no campo da seleção de materiais e simulação. Logo após, para uma correlação entre análise de medidas, investigação gráfica e mecânica, transportou-se o modelo digitalizado tridimensionalmente convertido em formato *'.obj'* do *Geomagic Studio®* à interface do *Autodesk 3Ds Max®*, para que relações formais pudessem ser adquiridas com a análise da amostra em modelagem de soluções de projeto. No campo de seleção de materiais, a proposta para o produto em questão com 3,90 mm aponta liga de aço cromo para o sistema 1 e material absorvível para o sistema 2. A liga de aço cromo, conforme citado por Brito (2009), é inoxidável, maleável, resistente e de boa ductilidade; já os materiais absorvíveis, além de serem utilizados com frequência no mercado, contribuem para que grampo não seja retirado por agentes externos para ser rejeitado e expulso pelo próprio organismo humano.

4. Resultados

Foi apresentado um estudo experimental com teste de hipóteses utilizando um método biônico segmentado em fases qualitativas e quantitativas, relacionando a viabilidade técnica do projeto com a caracterização de materiais a serem escolhidos durante futuras etapas de P & D - Pesquisa e Desenvolvimento (ARDAYFIO, 2000), conforme figura 06, para a geração de um grampo cirúrgico baseado em processo bioinspirado.

Figura 6. Imagens geradas durante o desenvolvimento, modelagem e renderização.



Fonte: Os autores (2017).

Através do entendimento de proporções naturais como as imagens acima, torna-se possível adquirir princípios de analogia de grande pertinência conceitual e operacional no desenvolvimento de novos produtos a partir dos Sistemas Naturais (PIMENTEL, 2015), utilizando a investigação de base científica voltada ao Design (CROSS, 2001). Citam-se como exemplo os grampos de sutura (INPA, 2011; 2012) em um universo de elementos de junção de diferentes tamanhos, que podem servir de similares em incursões de otimização funcional e dimensional.

É importante salientar que o processo de identificação das partes da formiga foi facilitado pelo uso das ferramentas escolhidas, que possibilitaram a avaliação investigativa a partir da Análise Gráfica (FISHER, 2009) conforme apresentado acima. Assim, reitera-se um escopo de projeto conduzido a partir da Biônica.

5. Conclusão

O propósito deste estudo foi refletir sobre as possibilidades da mimetização de soluções com base nos Sistemas Naturais por meio de uma base conceitual naturalista, onde, através de ferramentas de simulação virtual, o resultado fosse um processo investigativo capaz de acrescentar benefícios à atividade de projeto no campo do design. O método buscou demonstrar, também, a importância do desenho e da transcrição de conhecimento da natureza para o Design a partir do princípio de Dinergia. Compreende-se, portanto, a validade dos Sistemas Naturais para o desenvolvimento de projetos econômicos, estéticos e funcionais.

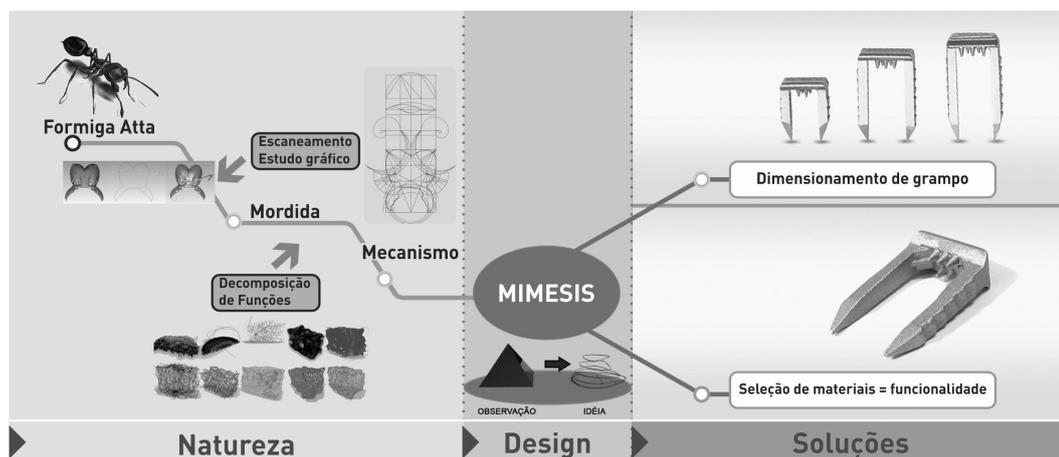
Foi verificado como situação inicial no contexto do presente trabalho, que ainda existem lacunas a serem preenchidas com relação à compreensão acerca das possibilidades que o desenho proporciona na sua modalidade lógica e representacional (OXMAN, 2001), o que amplia as possibilidades da busca de ferramentas eficientes voltadas ao resultado digital no momento da tarefa intelectual da realização do Design (CROSS, 2001; DORST, 1997), gerando um cenário onde profissionais e aprendizes sejam capazes de desenvolver soluções que contribuam para o aperfeiçoamento e continuidade das práticas (FRIEDMAN, 2000), podendo, ainda, utilizar a tecnologia como suporte às práticas no ambiente corporativo, auxiliando seu teor inovador no sentido inventivo (BRATTSTRÖM, et al., 2011).

Nesse caso, a possibilidade das ferramentas voltadas à simulação demonstra grande valia na evolução desse contexto devido à necessidade de aprimorar o processo adaptativo entre redução da variabilidade de incertezas e a necessidade de aumentar o nível de criatividade nas soluções do design (MOZOTA, 2011), onde tais ferramentas de acordo com Lupton e Phillips (2008) contribuem diretamente para a expansão das aplicabilidades em áreas de interlocução com a geração de inovação.

Confirmam-se os benefícios da utilização de várias modalidades de estudos durante o processo de pesquisa e desenvolvimento de Design a partir de um aporte multidisciplinar, em que, muitas vezes, sem possuir a densidade tecnológica necessária, pode ser deduzido e descrito a partir de ferramentas mais intuitivas, sem apresentar incongruência frente ao aporte teórico/metodológico do projeto. Uma incursão que faz alusão a tais características em percursos de projetos com a utilização de simulação pode ser verificado em Webb (2013).

Conforme comprovado nos resultados, a análise da amostragem a partir descrição da geometria por meio da Análise Gráfica e manuseio em ambiente 3D contribuiu para a melhor compreensão da aplicação de proporções dos Sistemas Naturais no desenvolvimento de produtos. Esse processo está demonstrado através do gráfico da figura 7.

Figura 7. Gráfico síntese da metodologia adotada.



Fonte: Os autores (2017).

Os resultados, dessa forma, demonstram a importância do desenho e da análise gráfica em recortes bioinspirados de geração de projeto. Verificou-se que nas diferentes formas de transcrever o conhecimento a partir do estudo dos Sistemas Naturais, a Biomimética (DIMAS, 2009) adquiriu importância por meio da mimetização das soluções, podendo, através da análise, converter variáveis ecológicas em simulações de soluções de projeto para posterior avaliação, e ser assim, comprovada no julgamento de sua efetividade. Oferece portanto, possibilidades amplas de intervenção e estudo para a compreensão de seus benefícios no desenvolvimento de projetos de produtos.

Referências

- AMARAL, D. C. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.
- ARDAYFIO, D. D. Principles and Practices of Design Innovation. **Technological Forecasting and Social Change**. Volume: 64, Issue: 2-3, Publisher: Elsevier Science Inc, Pages: 155-169, 2000.
- ARDAYFIO, D. D. Principles and practices of design innovation. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 64, Issue 2-3, p. 155-169, 2000.
- BRATTSTRÖM, A. LÖFSTEN, H. RICHTNÉR, A. **Creativity, trust and systematic processes in product development**. Science. Science Direct, 2011.
- BRITO, T. O. *Sistema de Sutura a partir da técnica biônica*. Departamento de Design e Expressão Gráfica. Universidade Federal do Amazonas -UFAM, 2009.

- CARDOSO, Rafael. Design para um mundo complexo. São Paulo: Cosac Naify, 2012.
- CROSS, N. From a design science to a design science to a design discipline: understanding designerly ways of knowing and thinking. **Design Issues**. Volume 17, Issue: 3, Publisher, The Massachusetts Institute of Technology Press, p. 49-55, 2001.
- COSTA, A. R. C.; NUNES, J. V.; BORTOLADO, M. M.; SOUSA, R. P. L. In: CONGRESSO DE INOVAÇÃO, TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE. **Design e naturalismo: filosofia naturalista, biônica e ecodesign**, **Anais...** Ed. 1., 2010. Brusque-Santa Catarina, 2010.
- CASTELLACCI, F. Innovation and the competitiveness of industries: Comparing the mainstream and the evolutionary approaches. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 75, n. 7, p. 984-1006, Sept. 2008.
- DETANICO, F. B, TEXEIRA, F. G, SILVA, T. K. **A biomimética como Método Criativo para o Projeto de Produto**. Segunda edição – Porto Alegre: Design e Tecnologia, 2010.
- DIMAS, R. R. **La bioinspiración al alcance de las nuevas tecnologías**. Tesis Pos grado em Diseño Industrial Universidade Autónoma de México, 2009.
- DOCZI, G. **O poder dos limites: Harmonias e proporções na Natureza, Arte & Arquitetura**. Tradução: Maria Helena de Oliveira Tricca e Júlia Bárany Bartolomei - Sexta edição - São Paulo: Publicações Mercuryo Novo Tempo, 2012.
- DORST, C. H. **Describing design** – a comparison of paradigms. Thesis TUDelft, 1997.
- FISHER, Brian. Science and smart graphics. **Information Technology**, v. 3, p. 142-148, 2009.
- FRIEDMAN, K. IN: International Conference on Design and Technology Educational Research 2000 Loughborough University. **Creating design knowledge: from research into practice**. Leicestershire, United Kingdom, 2000.
- HERING, Flávio; GABOR, Silvio; ROSENBERG, David. *Bases técnicas e teóricas de fios e suturas*. São Paulo: Roca, 1993.
- INPA. Universidade Federal do Amazonas e Instituto Nacional de Pesquisa da Amazonia (Manaus, AM). Grampo Metálico. Brasil patente BR n. MU 9002473-7, 2011.
- INPA. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (Manaus, AM). Grampo bioabsorvível. Brasil patente BR n. MU9102934-1, 2012.
- KINDLEIN JÚNIOR, W., & GUANABARA, A. S. (Abril de 2005). Methodology for product design based on the study of bionics. **Materials & Design**, 26(2), pp. 149-155.

- LUPTON, E.; PHILLIPS, J. C. **Novos fundamentos do design**. Tradução: Cristian Borges. São Paulo: Cosac Naify, 2008, 248 p.
- MATOS, W. P. de. *Estudo comparativo das reações teciduais produzidas pela braçadeira de náilon e o fio de náilon cirúrgico implantados na musculatura de ratos*. Universidade Federal da Bahia. Escola de Medicina veterinária. Departamento de Patologia e Clínicas. Salvador , 2007.
- MANZINI, E. VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.
- MCDONOUGH, W. BRAUMGART, M. **Cradle to cradle: remaking the way we make things**. North Point Press, New York. USA, 2002.
- MOZOTA, B. B. **Gestão do design: usando o design para construir valor de marca e inovação corporativa**. Porto Alegre: Artmed editora/ Bookman editora, 2011.
- MURRAY, Janet Horowitz. Hamlet no holodeck o futuro da narrativa no ciberespaço, SÃO PAULO, UNESP, 2003
- NAGEL, J. K.; NAGEL, R. L.; STONE, R. B.; MCADAMS, D. A. Function based, biologically inspired concept generation. **AI IEDAM: Artificial Intelligence for Engineering Design**. Analysis and Manufacturing, v. 24, p. 521-535, 2010.
- NARDELLI, E. S. Arquitetura e projeto na era digital. **Arquitetura Revista**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, jan./jun., p. 28-36, 2007.
- NEUMANN D., "Technologieanalyse Bionik. Analyse und Bewertung zukünftiger Technologien.", **VDI-Technologiezentrum, Physikalische Technologien**, Düsseldorf, Germany, 1993.
- NEUROHR, Ralf; DRAGOMIRESCU, Cristian. Bionics in engineering-defining new goals in engineering education at "politehnica" university of bucharest. In: **International Conference on Engineering Education-ICEE**. 2007.
- OXMAN, R. **The Mind in Design: A Conceptual Framework for Cognition in Design**. Design Knowing and Learning: Cognition in Design Education. p. 269-295. Elsevier, Georgia Institute of Technology. Edited by: Charles M. Eastman, W. Michael McCracken and Wendy C. Newstetter. Atlanta. USA, 2001.
- PETERS, Brady (Ed.). **Inside smartgeometry: expanding the architectural possibilities of computational design**. Wiley, 2013.
- PIMENTEL, B. G. S. BRITO, T. O. *Bio-inspiração em grampos cirúrgicos: utilizando o caso da formiga Atta sp. sob método biônico com digitalização 3D e método gráfico*. Disciplina de Tecnologia 3D para fabricação, Programa de Pós Graduação em

Design e Tecnologia orientada pelo Prof. Dr. Fabio Pinto Silva. PGDESIGN: Pós-Graduação em Design, Mestrado em Design e Tecnologia da UFRGS, 2012.

PIMENTEL, B. G. S. SILVA, R. P. **O design e os sistemas naturais.** Artigo desenvolvido em História e Crítica do Design (orientação Profa. Dra. Paula Ramos, Departamento de Artes Visuais. Programa de Pós-Graduação em Design: Mestrado e Doutorado com Concentração em Design e Tecnologia, 2013. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2013.

PIMENTEL, B. G. S. **Aplicação projetual da simulação da compostagem.** Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, 2015. 244p.

PINTO, S., F. *O uso da tecnologia tridimensional a laser no desenvolvimento e caracterização de texturas aplicadas ao design de produtos.* Dissertação (mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas Metalúrgica e Materias. Porto Alegre, RS, 2006.

PLENTZ, N. D.; BERNARDES, M. M. S; FRAGA, P. G. R. **Sistema de indicadores de inovação, competitividade e design para empresas desenvolvedoras de produtos.** Marca Visual: Porto Alegre, 2015.

SABIN, Jenny E.; PETERS, Brady; PETERS, Terri. Matrix Architecture. **Inside Smartgeometry:** expanding the architectural possibilities of computational Design, p. 60-71, 2013.

SACHS, A. Paradise lost? Contemporary strategies of nature design. **Nature design:** From Inspiration to Innovation. p. 262-274. Zurique, Suíça: Museum für, Gestaltung Zürich. Zürcher Hochschule der Künste ZHdK, Zürcher Fachhochschule and Lars Müller Publishers. Lars Müller Publishers, 2007.

SCHÖN, D. A. WIGGINS, G. Kinds of seeing and their functions in designing. **Design Studies.** Vol 13, Issue 2, Elsevier Science, p.135-156, 1992.

SCHÖN, D. A. La formación de profesionales reflexivos. **Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y aprendizaje en las profesiones.** Madrid: MEC Paidós, 1992.

SILVA, P., F. **O uso da tecnologia tridimensional a laser no desenvolvimento e caracterização de texturas aplicadas ao design de produtos.** Dissertação (mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas Metalúrgica e Materias. Porto Alegre, RS, 2006.

TERZIDIS, Kostas. **Algorithmic architecture.** Routledge, 2006.

VEIGA, J. E. da. **Sustentabilidade:** a legitimação de um novo valor. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010.

VILARREAL, Janitzio Égido. **Biodiseño**: Biología y diseño. Colección Teoría y Práctica. D. R. Editorial Disegno, S.A. de C.V. México. Ciudad de Méjico, 2012.

WEBB, Alexander. Simulacrum, Not Simulation: A Theoretical Approach to Simulation in Education. Anais do XVI CONGRESSO DA SOCIEDADE IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 16. **Anais...** 2013. p. 369-372.

WEISE, Thibaut. et al. Online loop closure for real-time interactive 3D scanning. **Computer Vision and Image Understanding**, v. 115, n. 5, p. 635-648, 2011.