The background features several glowing, spherical objects with a hexagonal, honeycomb-like structure. The spheres are illuminated from within, creating a warm, orange-gold glow that contrasts with the dark, almost black background. The spheres vary in size and are scattered across the frame, some appearing closer and larger, while others are smaller and further away, creating a sense of depth. The overall aesthetic is futuristic and scientific, suggesting themes of biology, materials science, or sustainable technology.

ENSUS, 2018

Florianópolis/SC/Brasil

# **A Biomimética e a Sustentabilidade: natureza a serviço do tecnologia**

Prof. Ph.D. Amilton Arruda  
Laboratório de Biodesign/UFPE

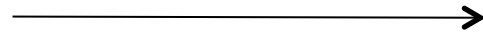


# Biônica/ Biomimética/ Biodesign

## NATUREZA

Formas  
Princípios  
Estruturas  
Sistemas  
Processos  
Comportamentos

Solução

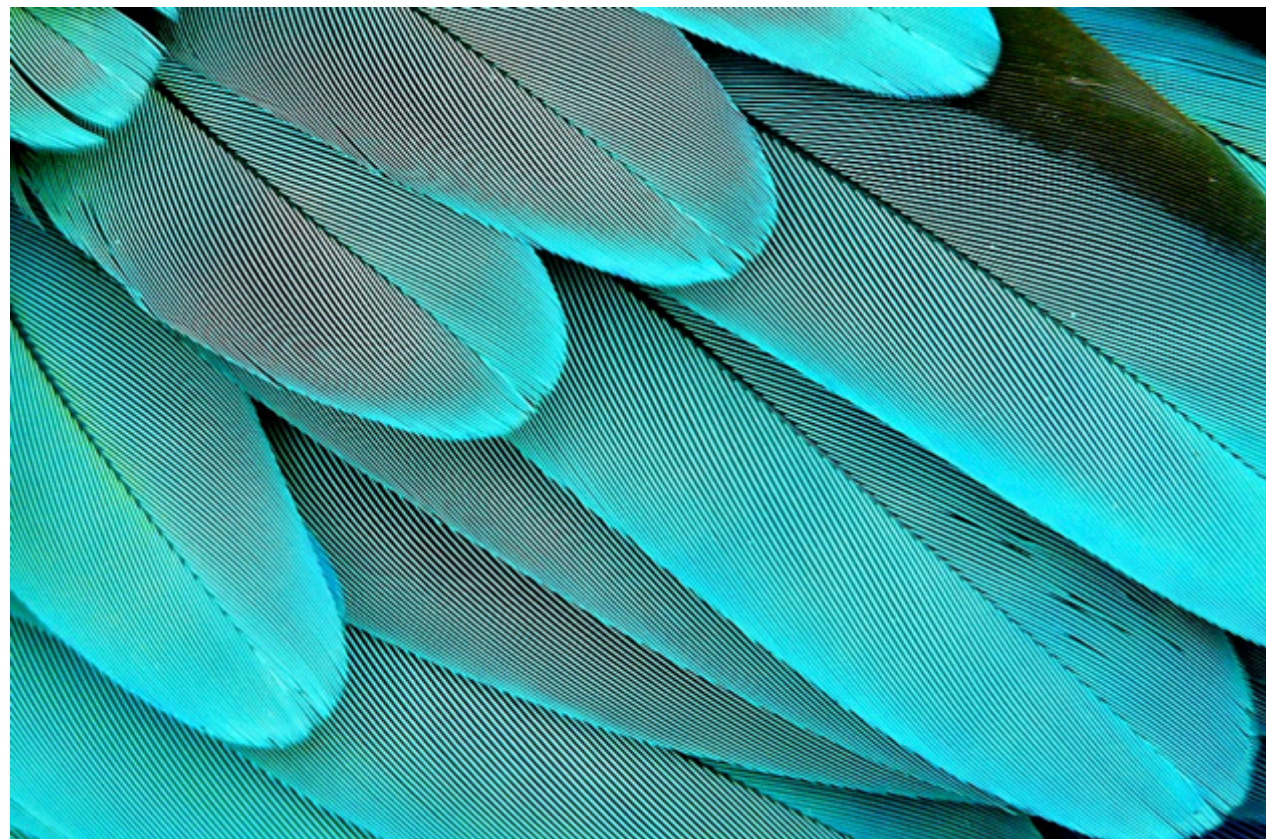
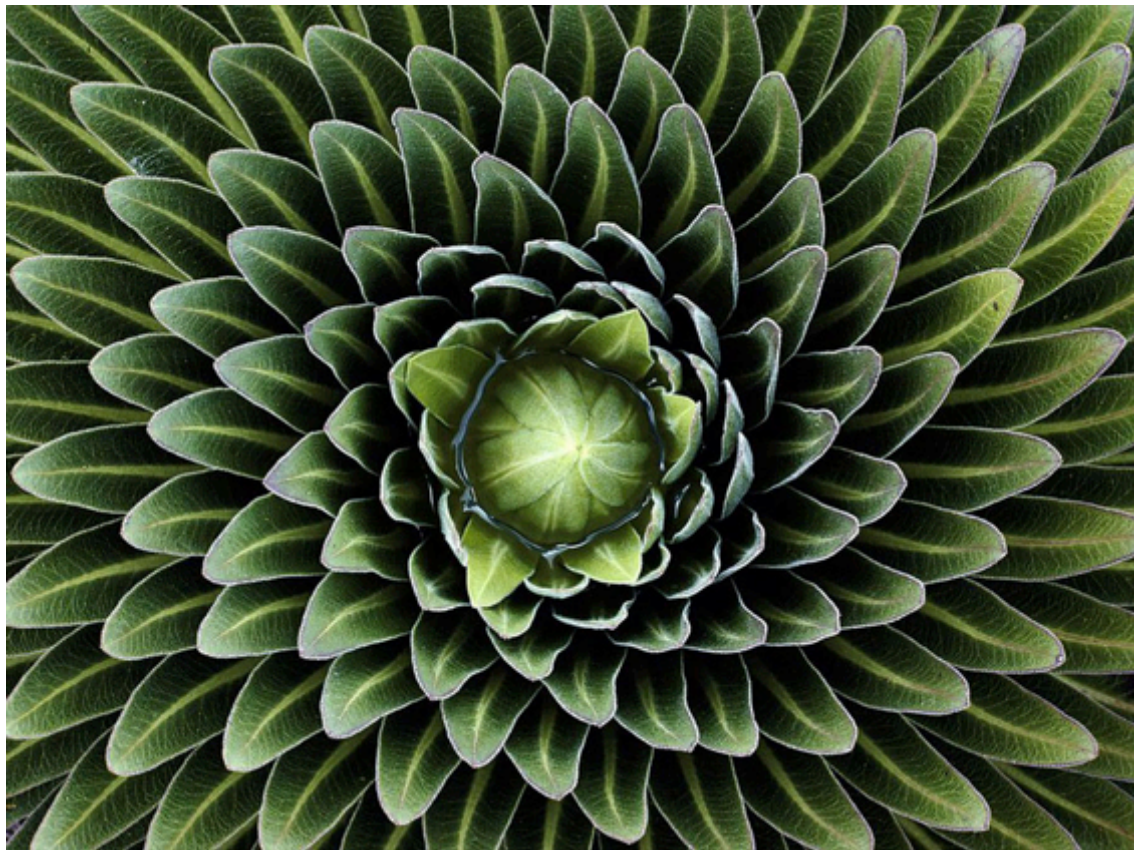


## PROBLEMAS HUMANOS

Soluções Projetuais  
(Design, Arquitetura, Engenharia)  
Serviços  
Agricultura  
Economia  
Informática

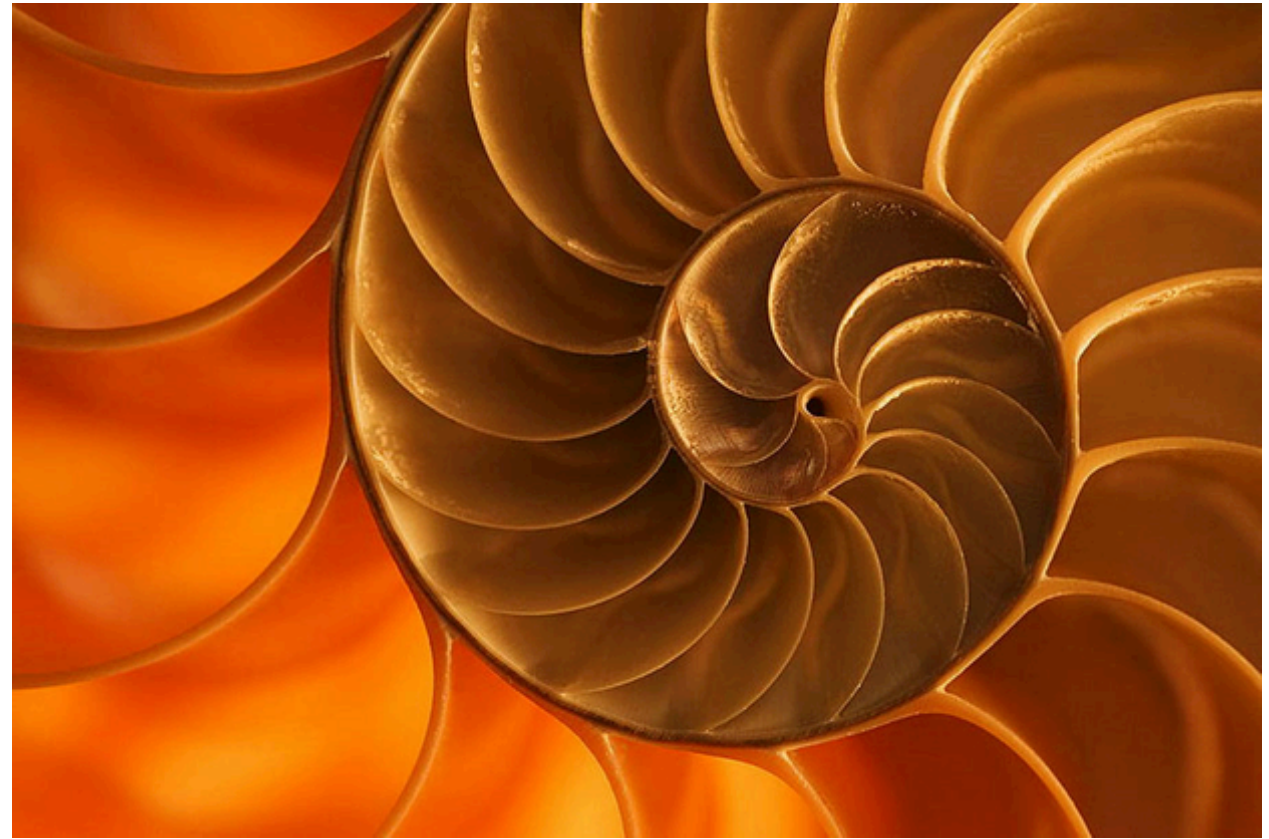
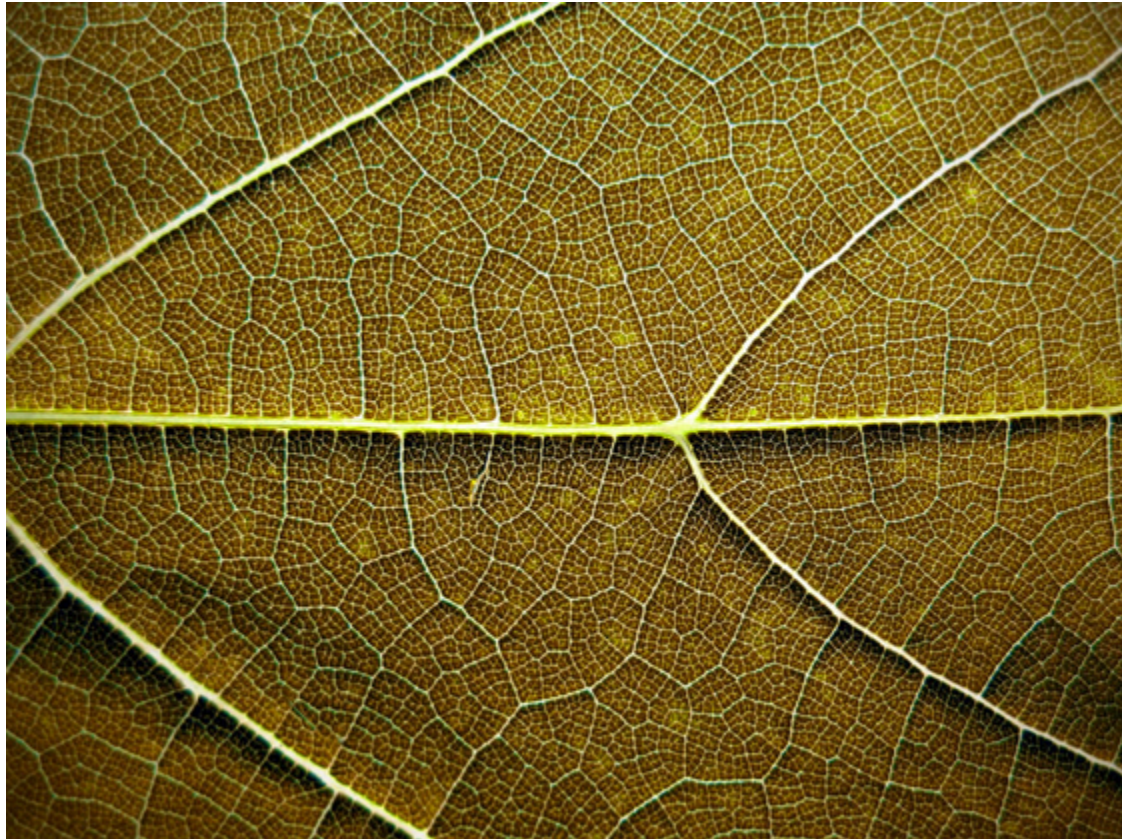


# Referências





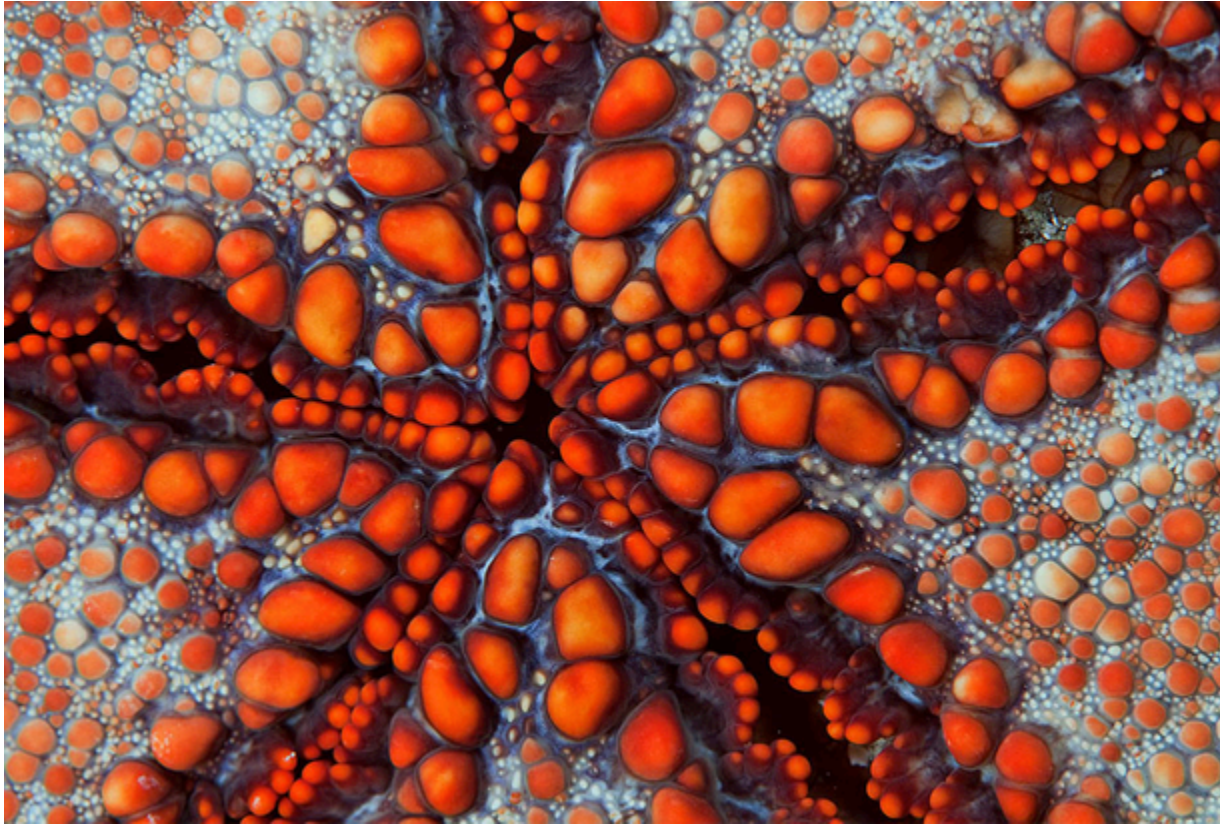
# Referências



# Referências



# Referências





# Biomimética

## Princípios (BENYUS)

- **A natureza como MODELO:**

Inspiração e mimese das soluções da natureza para aplicações práticas;

- **A natureza como MEDIDA:**

Utilização do padrão ecológico como parâmetro para as inovações;

- **A natureza como MENTORA:**

Visão que busca valorizar, respeitar e principalmente aprender com a natureza ao invés de apenas extrair dela.

“

A genialidade do homem faz várias invenções, abrangendo com vários instrumentos o único e mesmo fim, mas nunca descobrirá uma invenção mais bela, mais econômica ou mais direta que a da natureza, pois nela nada falta e nada é supérfluo.

”

(Leonardo Da Vinci)



# Extrair x Aprender

## *Planta Lótus*

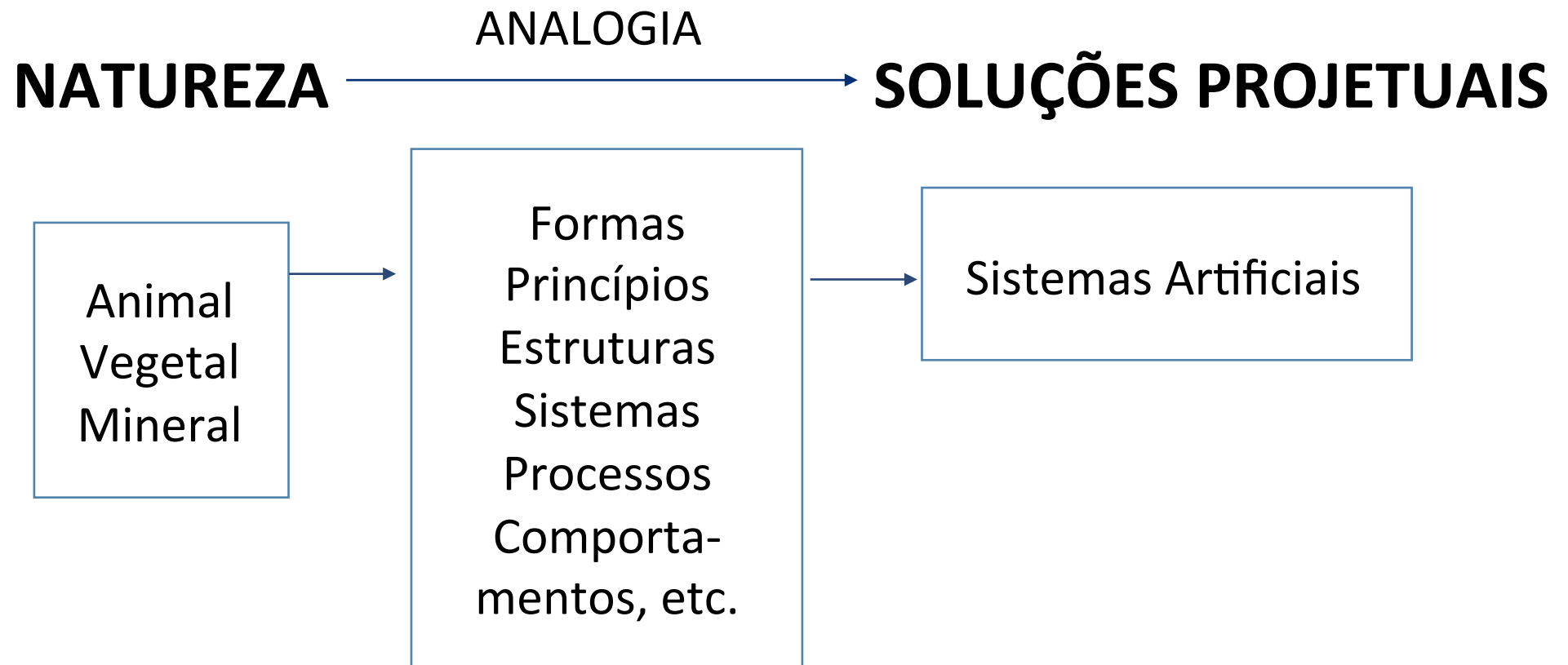
### *Extratos Da Planta*



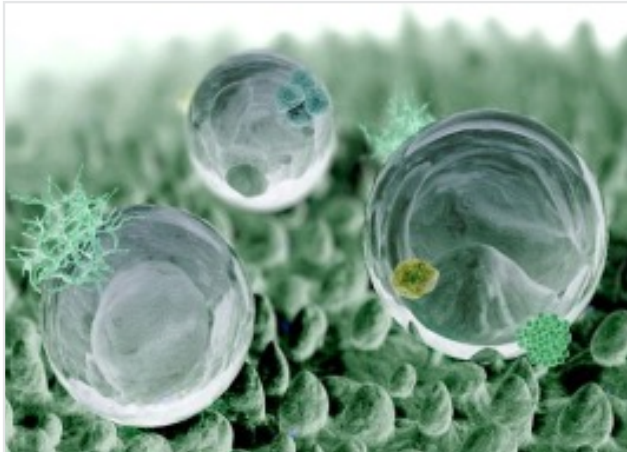
### *Lotusan Tinta autolimpante*

# Analogia

Na Biomimética este método atua na *Interpretação* das estruturas naturais.



# Exemplos



Folha de Lótus

Tinta Lotusan



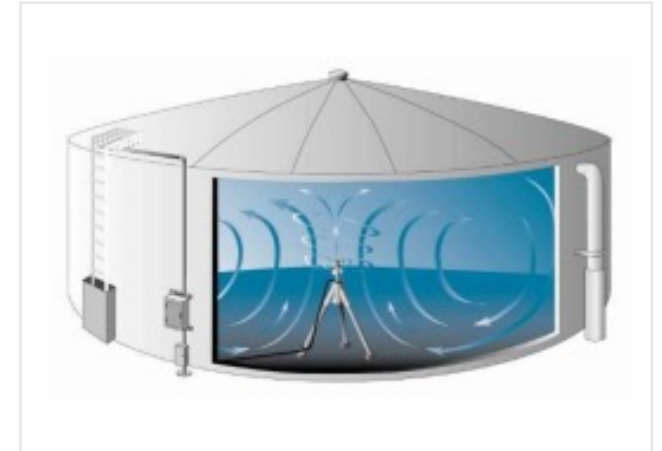
**Analogia Funcional (autolimpante)**

# Exemplos



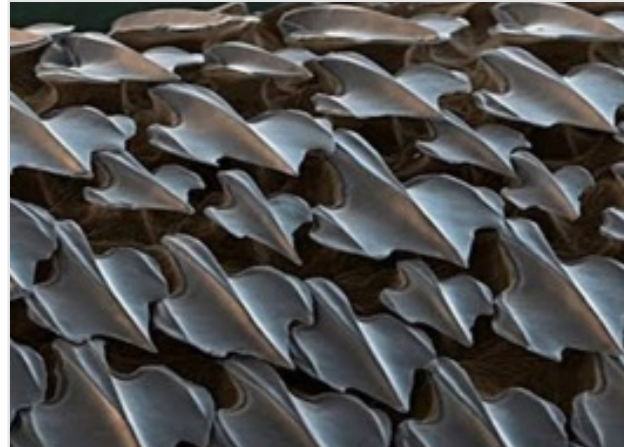
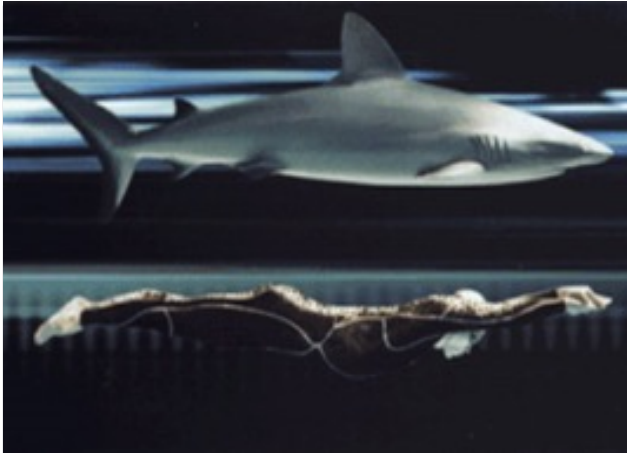
Espirais Centrípetas

Misturador d'água  
PAX WATER



**Analogia Formal (forma espiral)**

# Exemplos



Pele do Tubarão

Speedo  
FASTSKIN



**Analogia Formal** (escamas da pele do tubarão diminuem o atrito com a água)

# Exemplos



Bico do  
Martin-Pescador

SHINKANSEN  
TRAIN

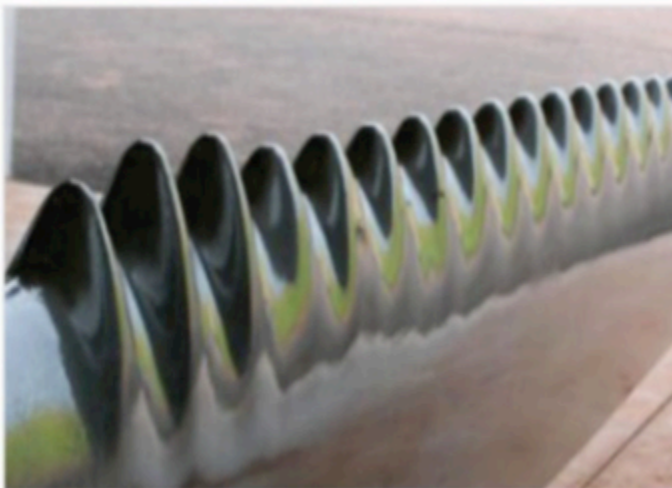


# Exemplos



Barbatana de  
Baleia

Pás de turbinas  
eólicas  
WHALEPOWER



# Exemplos



Peixe- cofre

Mercedes-Benz  
BIONIC CAR





# Ross Lovegrove

Na beleza da forma reside a sua ligação pessoal com a natureza, cujas configurações são a fonte original do belo.

*“Meu trabalho também se relaciona com a natureza na medida em que me preocupo com redução... exercito o que é chamado de “essencialismo orgânico” o que significa usar apenas o que é necessário.”*



# Ross Lovegrove/ Garrafa TV Nant



**Analogia Semântica** (Representação não da forma, mas do sentido de fluidez da água, transmite a impressão de ter em mãos não a garrafa, mas a própria água envolta em sua pele natural).

# Ross Lovegrove/ Escada DNA



**Analogia Formal** (Abstração e simplificação da forma helicoidal do DNA traduzida na escada).

# As Geodésicas de Buckminster Fuller

## **Analogia Estrutural** (Aproveitamento máximo com recursos mínimos)

Patenteadas em 1954, são a expressão máxima do princípio da natureza de fazer mais com menos, pois representam as maiores estruturas que podem ser construídas com a menor quantidade de material possível.

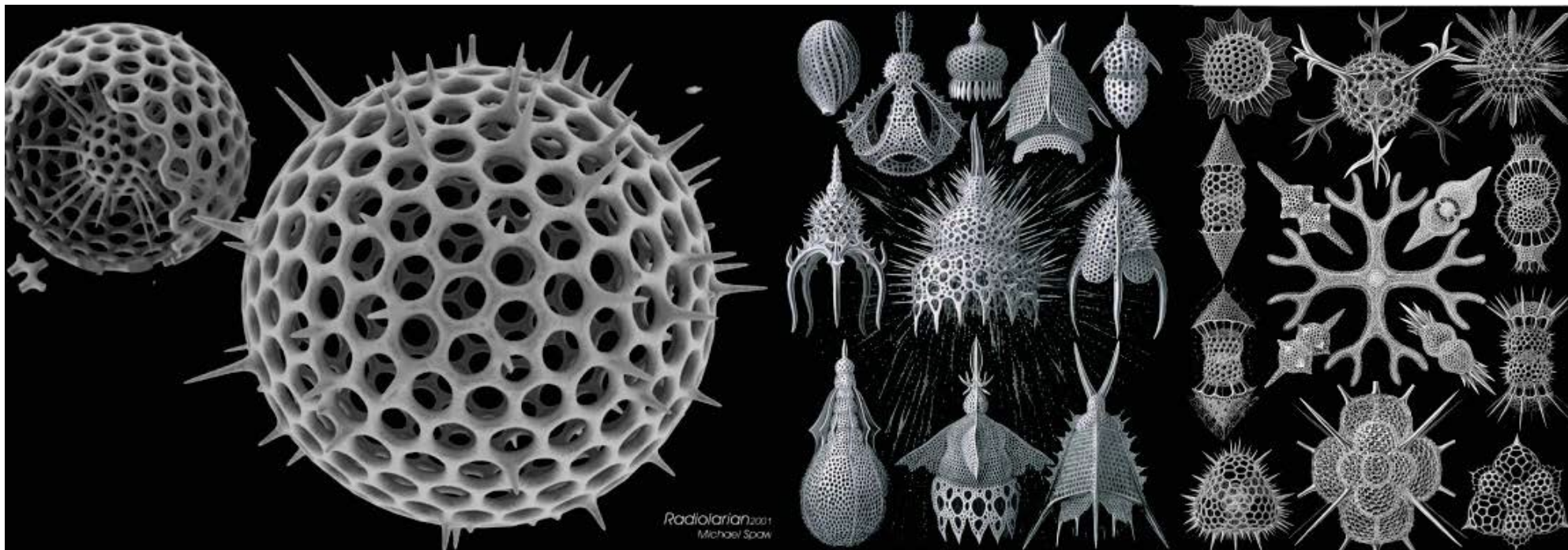


Fuller e o pavilhão da Expo 67, Montreal/CA.

# As Geodésicas de Buckminster Fuller

## Analogia Formal (Radiolaria)

Inspirado pelos trabalhos de Ernst Haeckel e de D'Arcy Thompson sobre os radiolários (Microorganismos do plânton marinho), representou um “exo esqueleto”, traduzido em conceitos geométricos.



Imagens de Radiolários de Haeckel.

# Campos do Estudo da Analogia Natural (ARRUDA, 2002)





# 1. Campo da Formação (ARRUDA, 2002)

Modalidade do processo de ensino da interpretação das estruturas naturais, com caráter bibliográfico de projetos, artigos, monografias, dissertações ou teses.

## 1. Básico

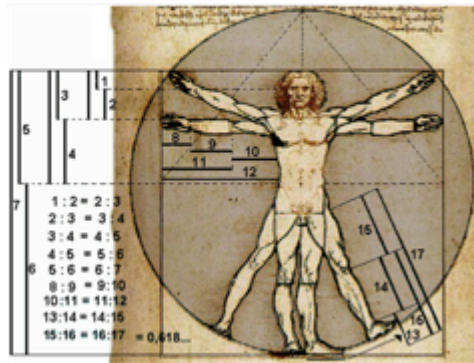
Através de disciplina com objetivo de estimular a experimentação; introduzir conceitos básicos da natureza: (evolução, adaptação, comportamento, composição, dinâmica, energia, máximo e mínimo, espirais, ramificações, fluxo, estruturas, seção áurea, etc.) e ainda, criar uma filosofia, delineando uma linguagem de base que permita e fomente o discurso do “projeto biônico/biomimético”.

## 2. Analógico:

Através de experimentação com abstração geométrica da estrutura natural investigada; análise funcional e geométrica da natureza e seus elementos; representação de modelos tridimensionais de determinado comportamento da natureza, interpretação e tradução da forma nos modelos analógicos que se identificou na estrutura analisada.

# Campo da Formação - exemplos

## Proporção Áurea



## Números de Fibonacci



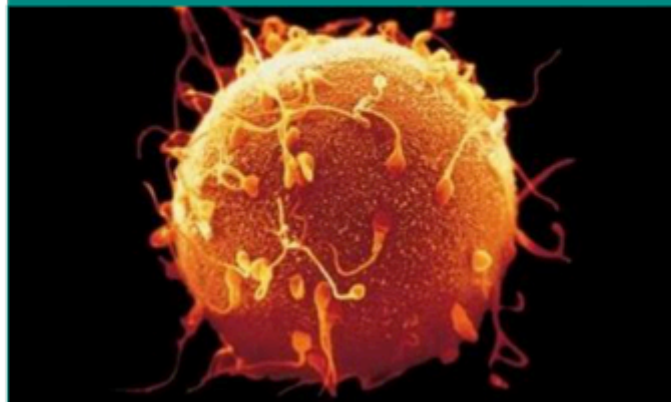
## Espirais



## Fractais



## Esferas



## Modulação







## 2. Campo da Pesquisa (ARRUDA, 2002)

Leva em consideração um grupo multidisciplinar para se chegar a **modelos interpretativos** da natureza em relação a vários aspectos, por exemplo, estrutural, material, funcional, dentre outros.

Estuda-se aspectos como: adaptação, forma, função, locomoção, dinâmica, geometria, ciclos da natureza, etc. Serve para construção de banco de dados com diversos temas como: sistema de locomoção, sistema de articulações, membranas, embalagens, componentes estruturais na natureza, etc. Possui caráter geométrico-morfológico com a finalidade utilização de metodologias adaptáveis ao estudo das estruturas naturais para entender suas estruturas e formas.

Desenvolvimento de pesquisa completa delineada para aplicação no campo projetual. Elaboração, verificação e experimentação de modelos ou protótipos biônicos. Identificação de hipóteses de projeto com base no resultado das pesquisas e das abstrações geométricas dos modelos biônicos. Pesquisas específicas do design dos materiais naturais, análise e compreensão dos elementos naturais, seus aspectos e derivados (mecanismos, estrutura funcional, materiais, etc.).

# Campo da Pesquisa - exemplos

## QUEIRÓZ, 2015 (LEAF BRICK/OITICEIRO)



## RATTES, 2015 (SPF. HIDROFÍLICA/MANDACARU)



## ARAÚJO, 2015 (ESTRUTURA LEVE/AGAVE)





### **3. Campo Projetual** (ARRUDA, 2002)

Mais complexo, pois existem outras informações para atender as estratégias projetuais. Esse campo é dividido em 3 hipóteses de intervenção:

O projeto se desenvolve considerando a experiência do projetista que traz uma temática centrada em referências da natureza, que é diferente dos métodos tradicionais, criando-se uma modalidade própria de projeto, onde possa intuir uma aplicação prática para os modelos naturais vistos.

O projetista usa o banco de dados das pesquisas em biônica para se motivar e se inspirar em suas criações, buscando orientação, considerações e referências nas informações de caráter estrutural, configuracional, simbólico, estético, filosófico e/ou semântico dessas interpretações da natureza.

Através da pesquisa das estruturas naturais, se desenvolve um conceito, e deste, um modelo biônico que irá inspirar o projeto, através de metodologias tradicionais de Design. É importante observar que desse modelo biônico, podem ser gerados diversas hipóteses de projeto.

# Campo Proietual - exemplos

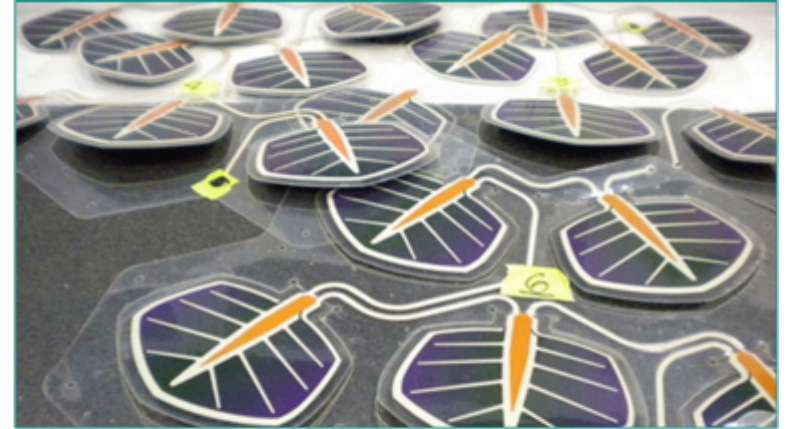
**FREI OTTO** (Mesquita Sagrada/Medina)



**CALATRAVA** (Ciudad de las Art. Cienc./ESP)



**SOLAR IVY** (Startup SMIT/USA)



**PROSSOLVE 370e** (Hospital Gea/MEX)



**WARKA WATER** (Arturo Vittori/IT-ETIÓPIA)



**ROSS LOVEGROVE** (Andromeda, JAP)



# Campo Proietual - exemplos

## Analógia Morfológica



## Analógia Funcional



## Analógia Simbólica





## Laboratório de Biodesign (UFPE/BRA)

Nasceu em 1998 através do fomento de órgãos como o CNPq e o FACEPE. Localizado no Centro de Artes e Comunicação da UFPE, ao longo dos anos este laboratório tem aplicado a pesquisa das estruturas naturais no ***Campo da Formação***, que resultou em diversos trabalhos dentro de disciplinas ministradas para a graduação do departamento de Design da mesma instituição, colaborando para a disseminação destas técnicas em cursos de Design na região nordeste do Brasil.

Sob uma ótica mais acadêmica, a configuração de um objeto, vivo ou não, pode ser de alguma forma *descrita*, através dos seguintes passos: **Representação Fotográfica, Descrição Verbal, Esquematização (desenhos) e Modelos.**



## Premissa

**Natureza: Fonte inesgotável de inspiração.**

**(Abundante, de fácil acesso, com infinidade de formas, cores e texturas)**

Sua **qualidade estético-formal** justifica a coerência em utilizá-la em exercícios criativos, por seu grande potencial de **aplicação em projetos de Design**.

Os trabalhos apresentados demonstraram as etapas do **método de investigação de estruturas naturais** com foco no desenvolvimento de modelos síntese da interpretação geométrica das formas, visando também, engajar, familiarizar e despertar o interesse pelo tema.

Um **protótipo fidedigno**, que interprete outros aspectos como funções ou comportamentos de um modelo biológico, e não apenas a morfologia, exige maior complexidade, para sua devida compreensão e replicação, e requer esforços multidisciplinares.

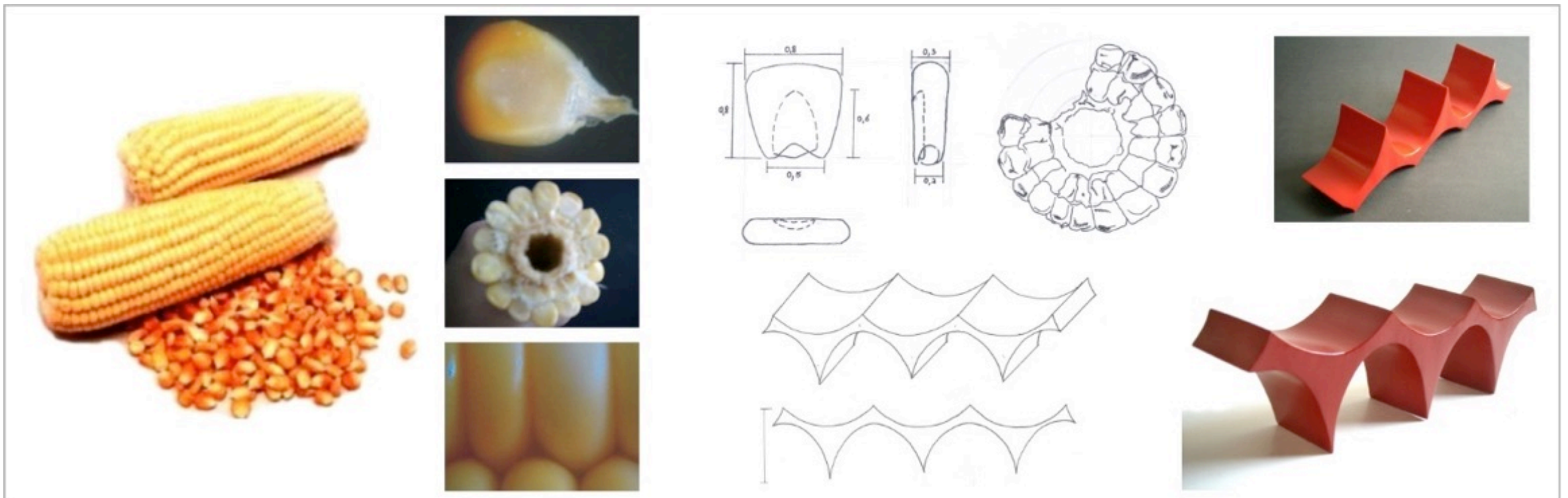
# Esquema do Método de Analogia Natural de Arruda





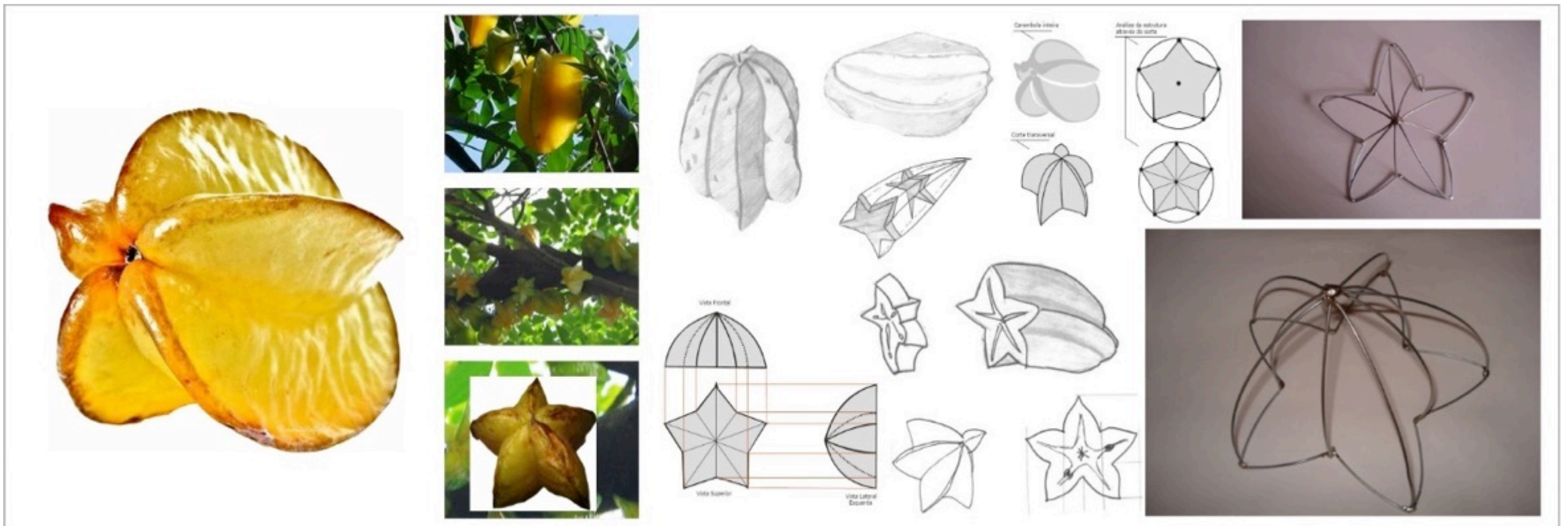
# Estudo do milho (Lucas Andrade)

O encaixe formado pelas junções dos grãos de milho facilita a acomodação entre eles e proporciona uma melhor fixação. A partir desta forma foi feita uma síntese para criação do modelo.



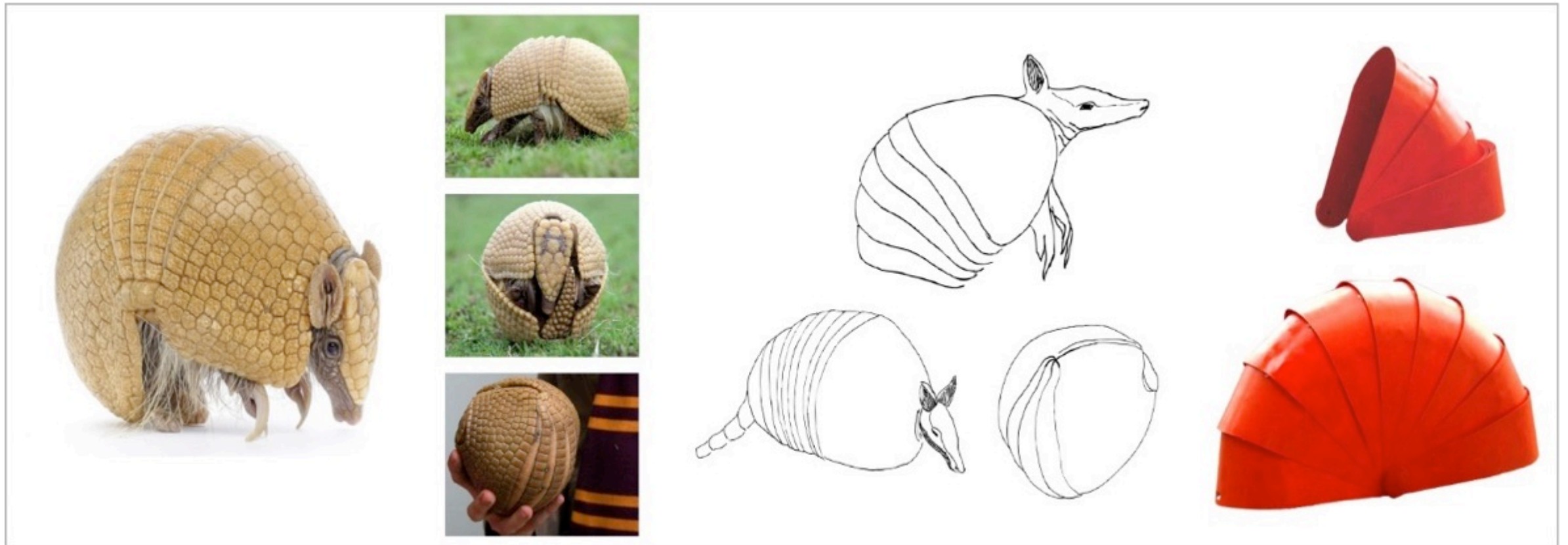
# Estudo da Carambola (Marília Gondim)

Ao efetuar um corte transversal na fruta, a forma de estrela pode ser percebida na base. Os cinco vértices dessa estrela, por sua vez, convergem em um único ponto, base para interpretação do modelo estrutural executado.



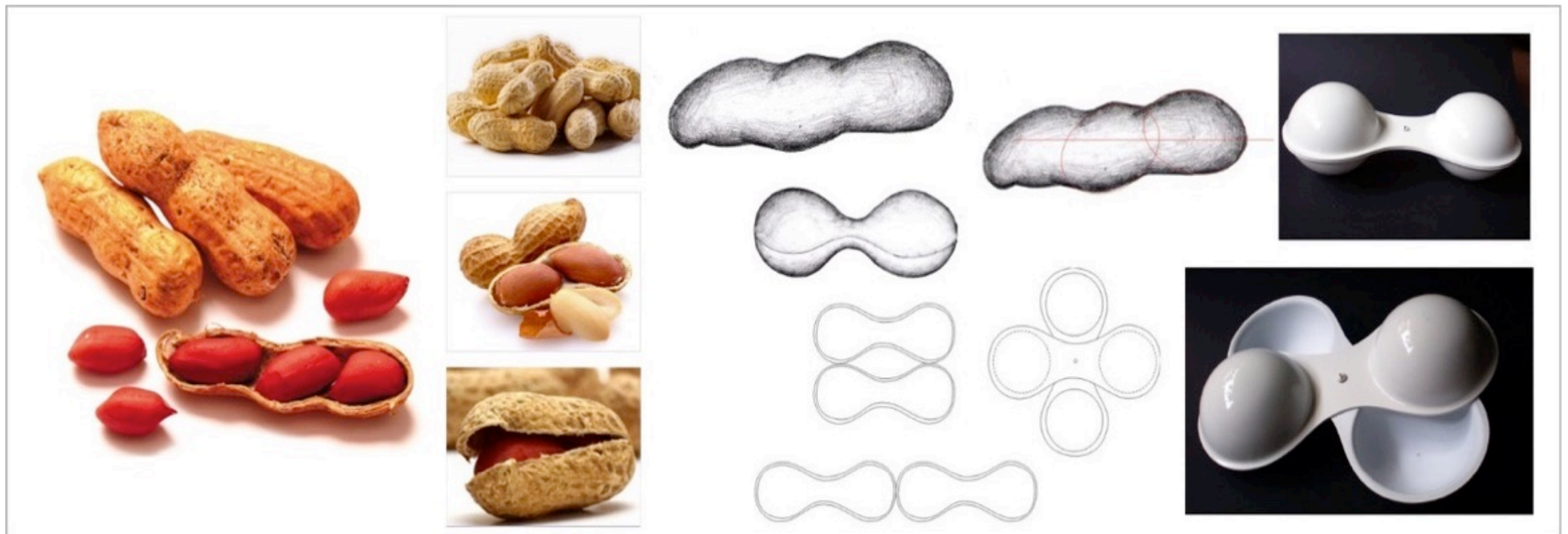
# Estudo do Tatu-bola (Pedro Santana)

A característica mais marcante do Tatu-bola é a capacidade de se enrolar em torno de si mesmo no aspecto esférico, por isto, foi realizada a geometrização da forma e originado um modelo síntese desse mecanismo do movimento.



# Estudo do Amendoim (Alinne Torres e Soraya Holder)

A característica analisada destacou-se pela parte bipartida da casca onde o seu modelo evidenciou um enorme potencial natural de embalagem, aqui representada por uma síntese geométrica de 2 hemisférios com eixo giratório.

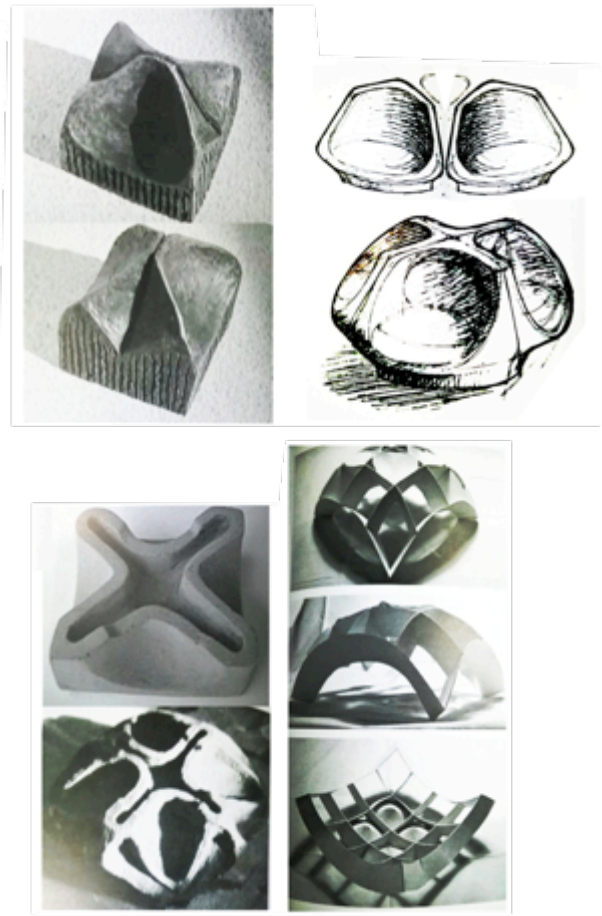
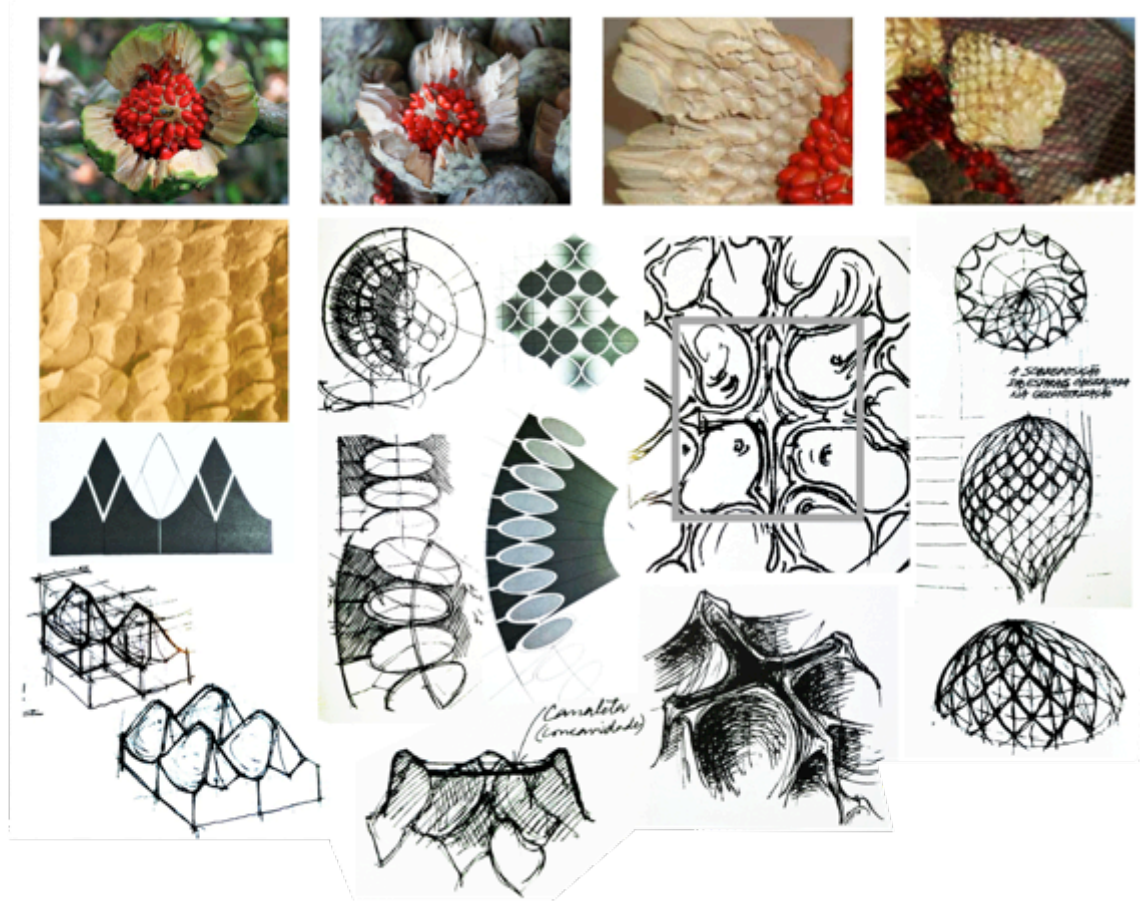
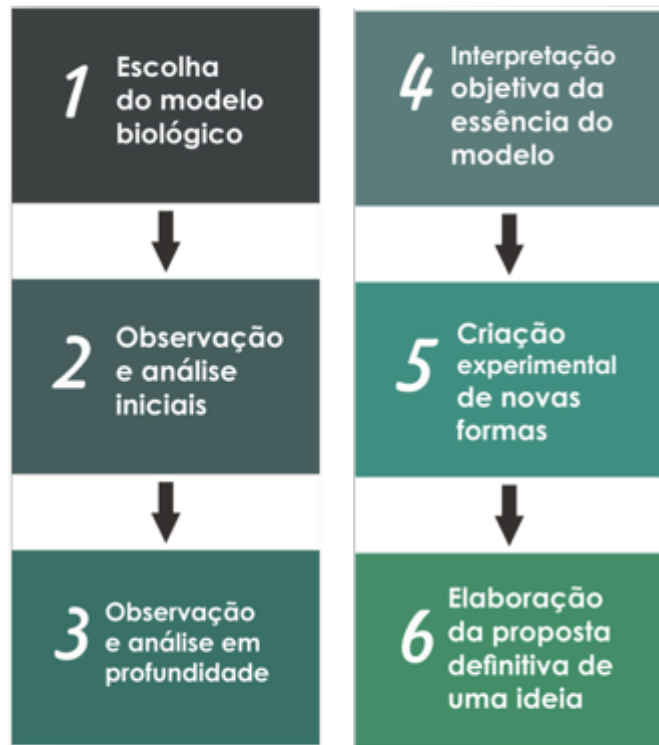


## Estudo da Alpínia (Higor Viana e Jean Carlo)

O modelo em questão levou em consideração o formato côncavo das pétalas da flor da planta e sugere aplicação como peça modular para iluminação pública.



# Método prof. Tai (UEG-GO)



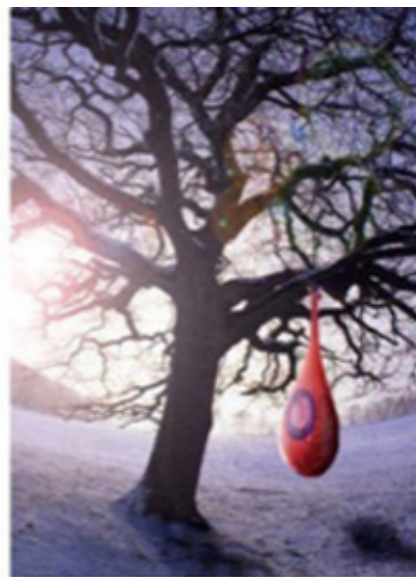
# Resultados no Design



no Design

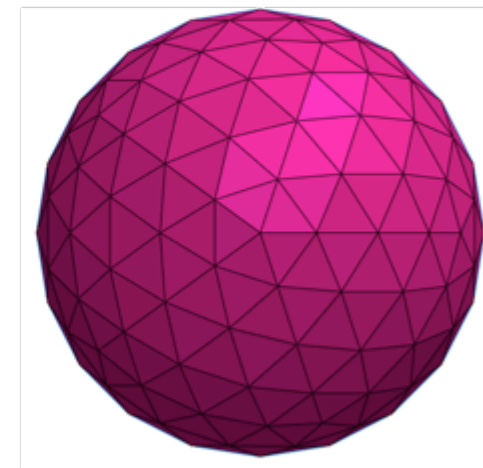
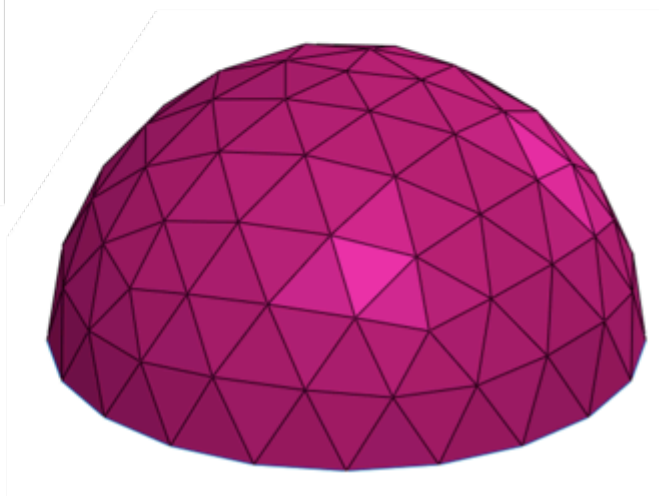
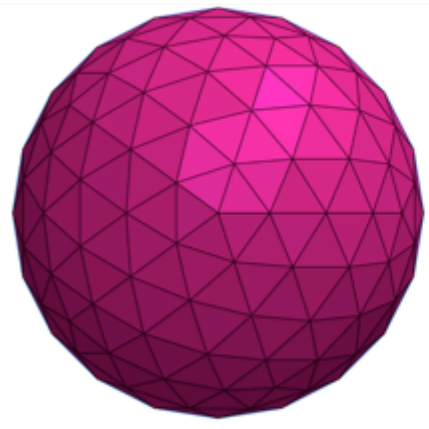
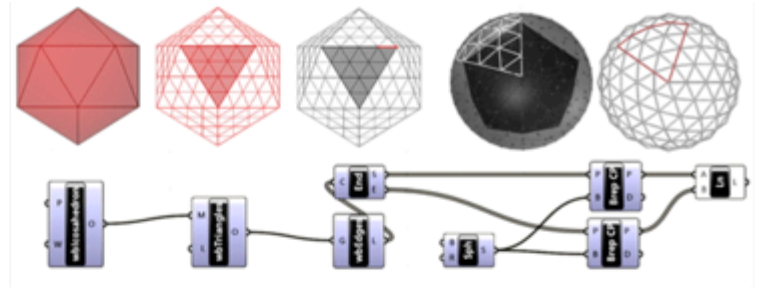
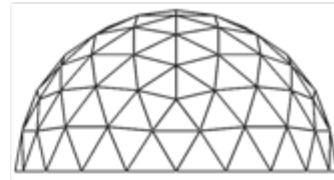
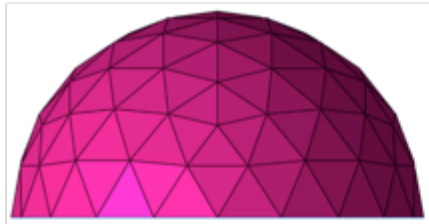


# Resultados no Design





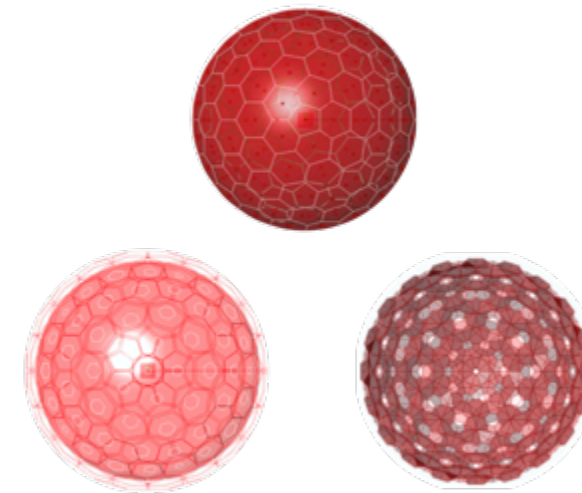
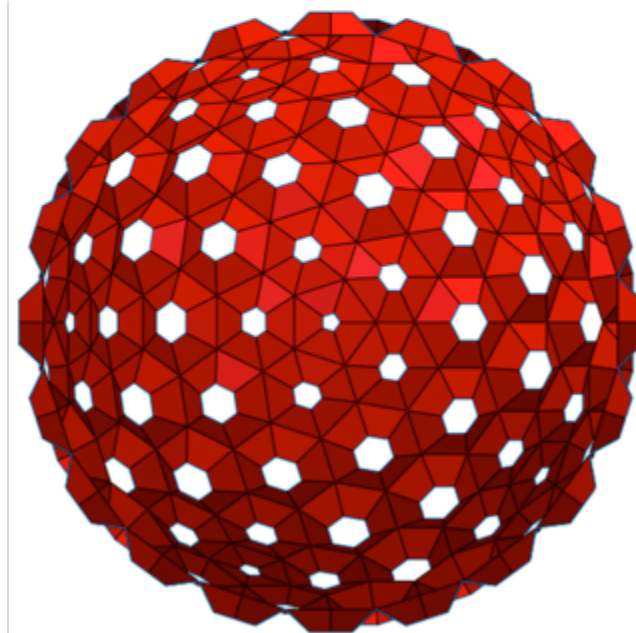
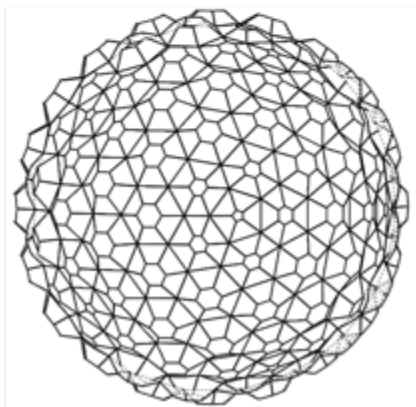
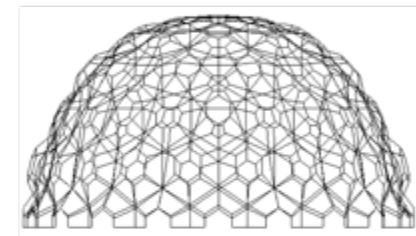
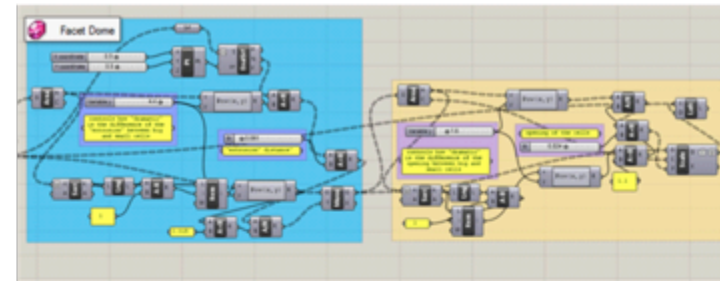
# Pesquisas Recentes Theska Laila



**MODELO 1**  
(Geodésica  $4v$  Classe I)  
plug-in WeaverBird



# Pesquisas Recentes Theska Laila



**MODELO 3**  
Coral (*Palythoa caribaeorum*)

# Pavilhões Conceituais (Universidade de Stuttgart/ALE)

Professor Achim Menges

*(Instituto de Design Computacional (ICD) e Instituto de Estruturas de Construção e Design Estrutural (ITKE) na **Universidade de Stuttgart/ALE**)*

Pesquisa com o objetivo de demonstrar a integração da capacidade performativa das **estruturas biológicas** na concepção arquitetônica, através do uso de técnicas avançadas de fabricação (**Robótica**).

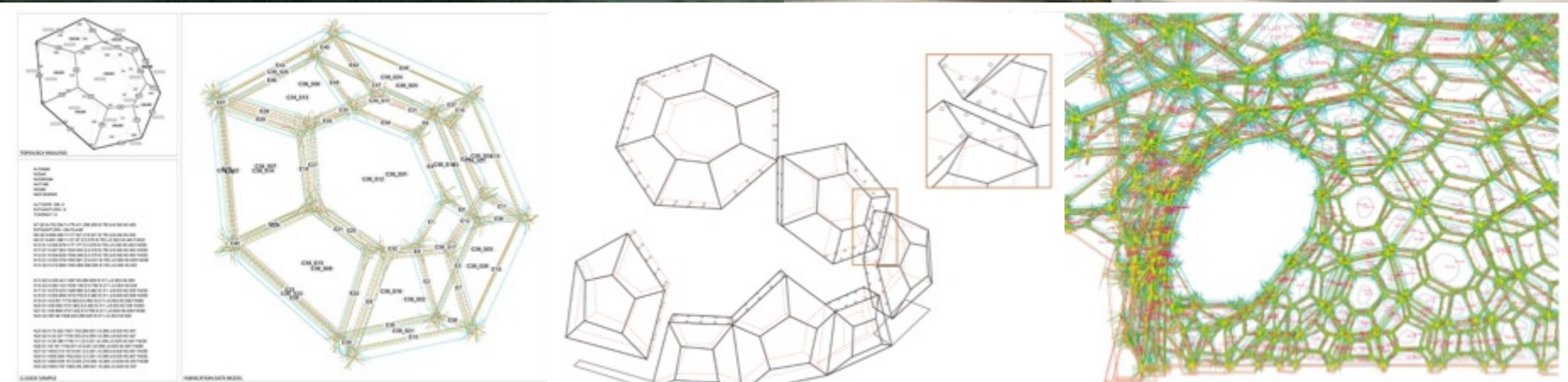
**Pavilhões Conceituais** projetados e construídos por estudantes e pesquisadores *(equipe multidisciplinar de arquitetos, engenheiros, biólogos e paleontólogos)*.

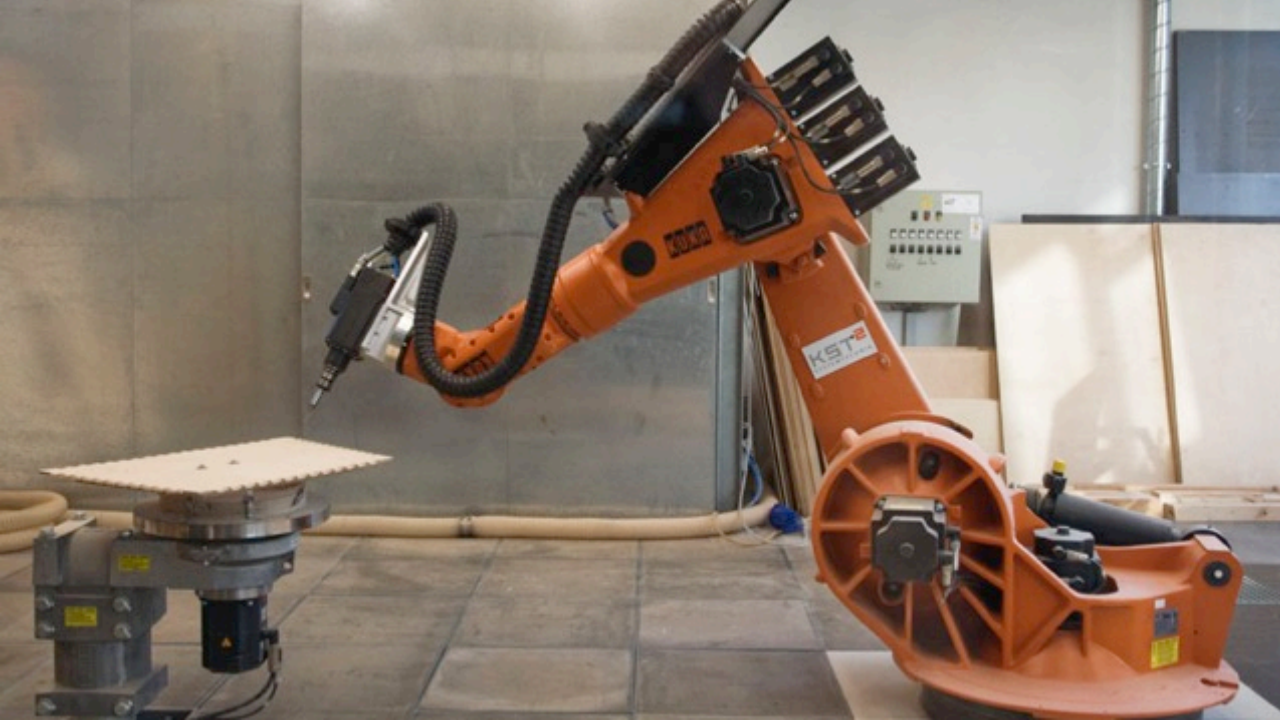


## ICD/ITKE Research Pavilion 2011

**Analogia:** Bolacha-do-mar  
A concha esquelética do animal é um sistema modular de placas poligonais, que são ligadas entre si nas bordas por protuberâncias de calcita em ziguezague.

**Modelo:** Pavilhão com módulos geometrizados de Lâminas de madeira com conexões em ziguezague entre os módulos como na referência. Fabricação por braços robóticos articulados.











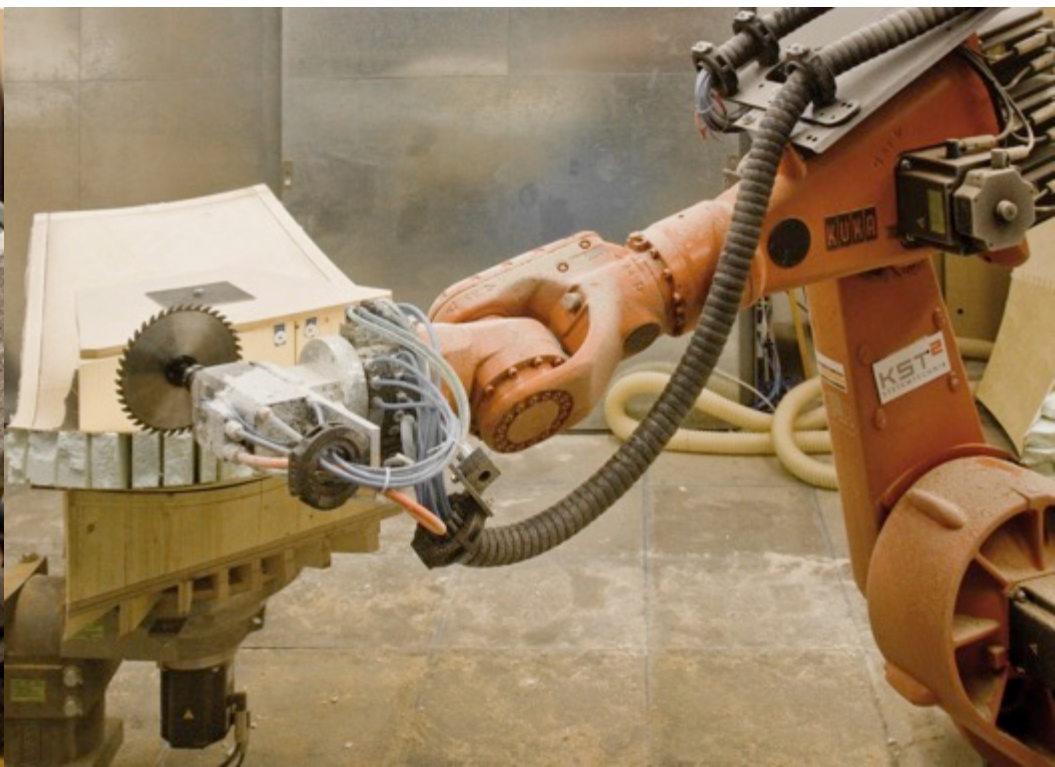
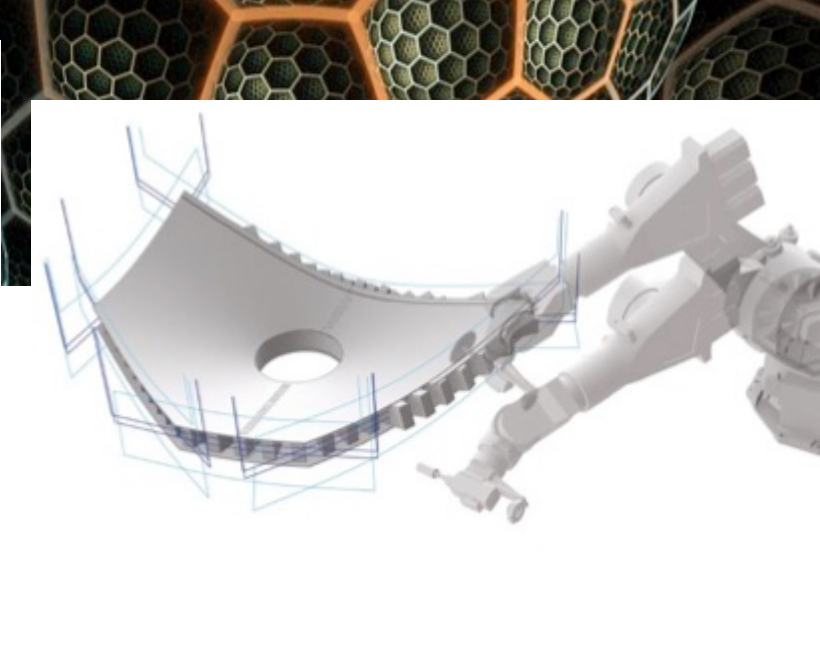
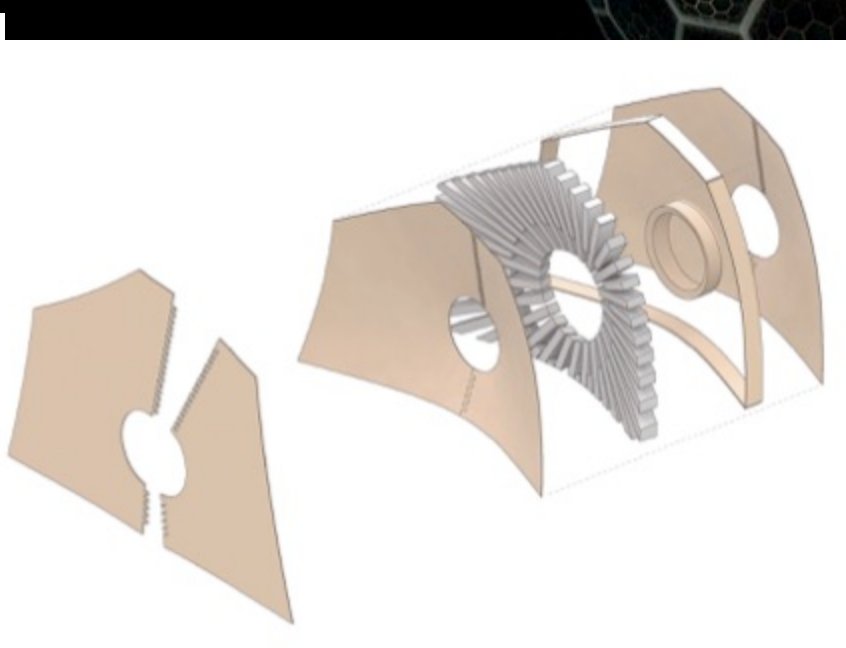
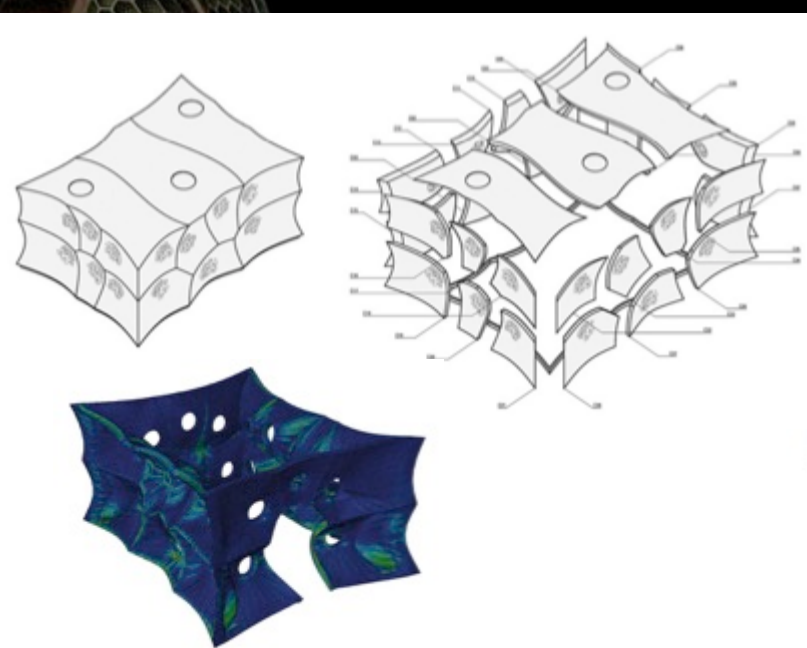




## HygroSkin - Meteorosensitive Pavilion (2013)

**Analogia:** Comportamento higroscópico (absorver umidade) e anisotrópico (movimento direcional) do material das Pinhas.

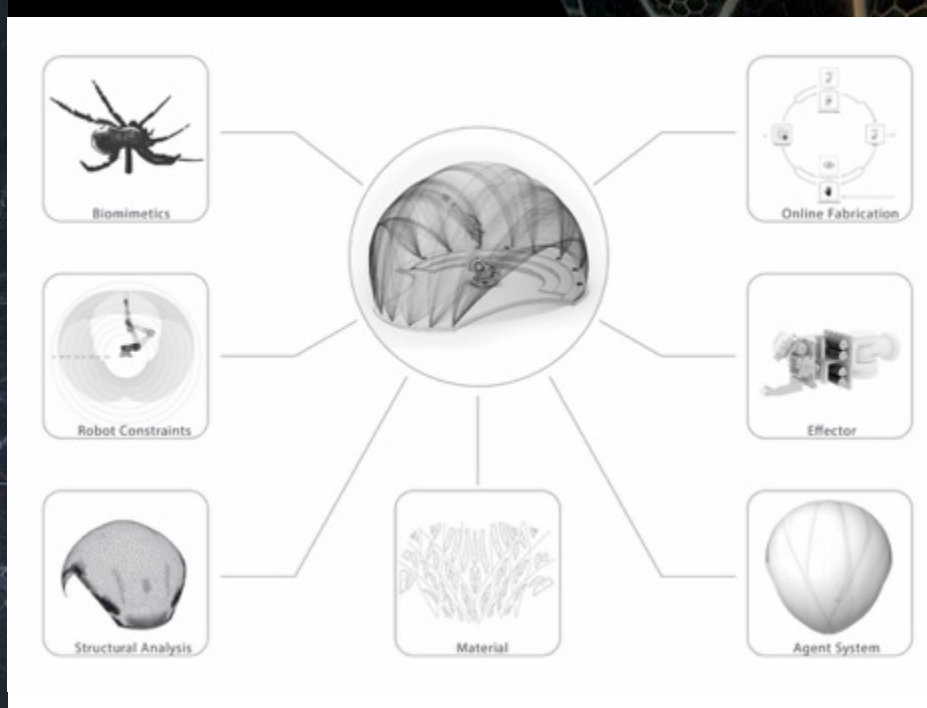
**Modelo:** Pavilhão com pele arquitetônica de madeira, sensível às condições climáticas, que abre e fecha autonomamente em resposta às mudanças de umidade, sem desperdício de energia operacional nem qualquer tipo de controle mecânico ou eletrônico. Responde passivamente a estímulos ambientais: abrindo suas finas lâminas quando o tempo está seco e fechando com a umidade. Fabricação por braços robóticos articulados.











## ICD/ITKE Research Pavilion 2014-2015

**Analogia:** Ninho subaquático da aranha d'água, que constrói uma bolha de ar dentro da água, reforçada sequencialmente por um arranjo hierárquico de fibras das teias dentro da estrutura, para suportar tensões mecânicas, como a mudança de correnteza.



**Modelo:** Pavilhão com estratégia de fabricação adaptativa para criar uma estrutura reforçada com fibras eficientes. Através de um processo de fabricação robótica inovador, um molde pneumático inicialmente flexível é gradualmente reforçado com fibras de carbono a partir do interior. A concha resultante é leve, com qualidade arquitetônica singular e altamente eficiente em termos de material.





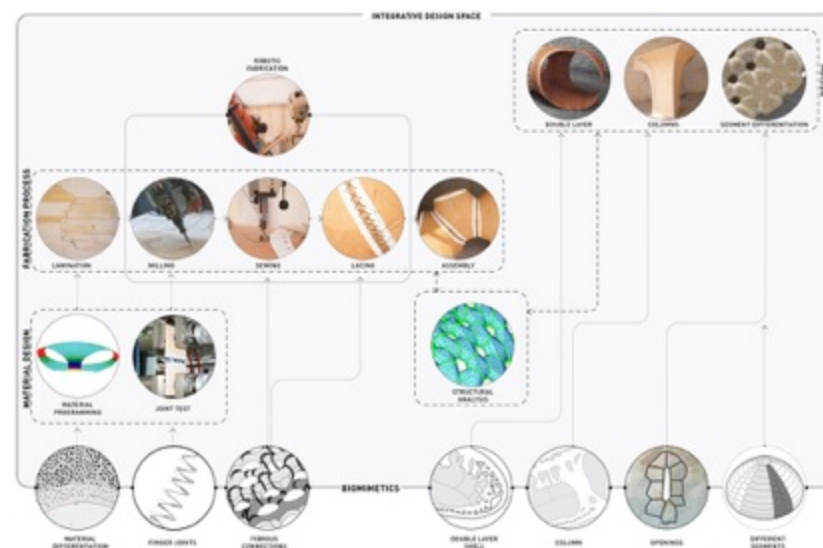
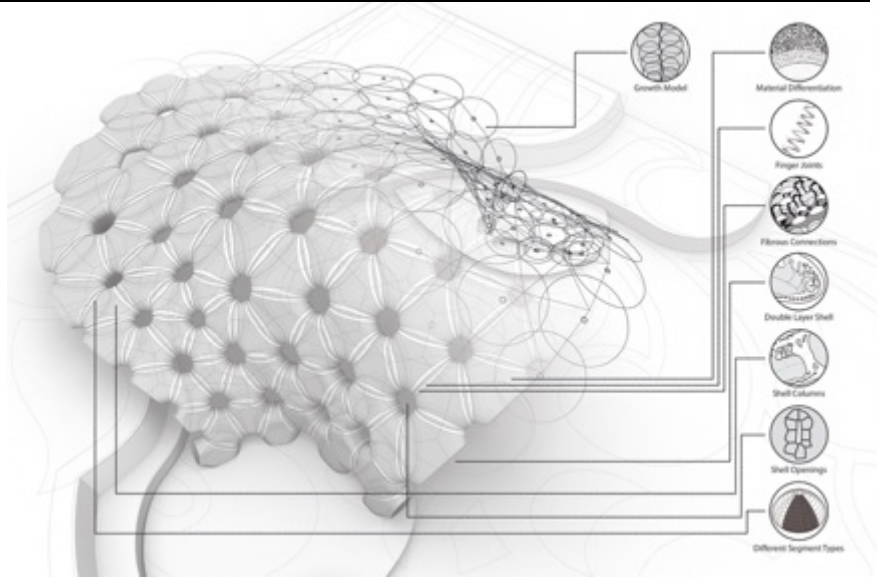
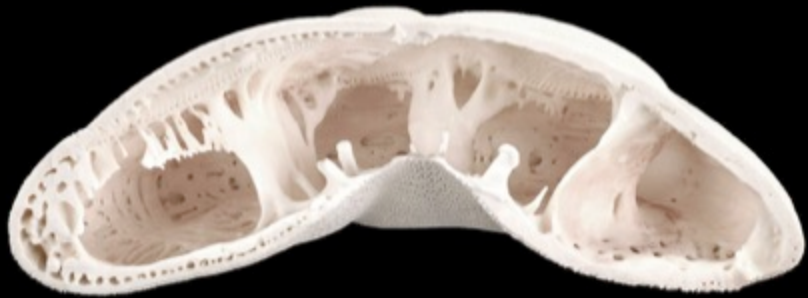
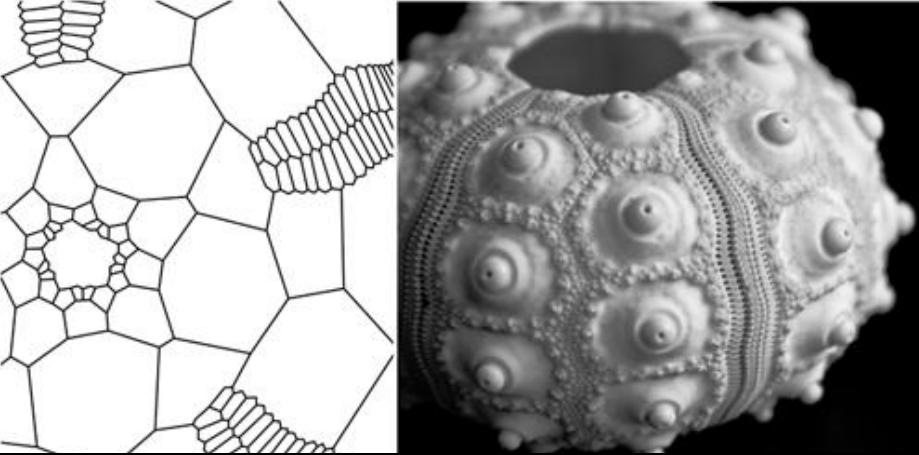




# ICD/ITKE Research Pavilion 2015-2016

**Analogia:** Esqueleto do ouriço-do-mar cuja leveza depende da geometria do sistema de dupla camada. Suas placas são conectadas através de elementos fibrosos com articulações em ziguezague, que desempenha um papel importante na manutenção da sua integridade durante o seu crescimento e exposição a forças externas.

**Modelo:** Pavilhão com sistema modular é o primeiro a empregar costura industrial em lâminas finas de compensado de madeira através da robótica em uma escala arquitetônica. O resultado foi uma estrutura com estética orgânica, extremamente leve e com boa performance.













## Conclusões

### **A NATUREZA sempre é mais EFICIENTE EM PROJETOS**

(Fruto da seleção natural que faz sobreviver o que realmente funciona de maneira equilibrada para o planeta)

- 1. A Inovação estética** aplicada a módulos construtivos em função da tecnologia;
- 2. Estruturas mais leves, articuladas, flexíveis** e de alta performance;
- 3. Processos de construção** com ferramentas tecnológicas que possibilitam a **tradução de formas mais orgânicas** (softwares e máquinas controladas por computador 3D);
- 4. Possibilidade de Aplicações em escala real;**
- 5. Comprovam que embora existam outros caminhos, projetar se guiando pela natureza,** contribui para se obter soluções ótimas num cenário de **urgência sustentável** .





**grazie**

[arruda.amilton@gmail.com](mailto:arruda.amilton@gmail.com)

**Grupo de Pesquisa em Biomimética e Artefatos Industriais**

CAC/UFPE

Recife PE