

Tentáculos: Recriando criaturas híbridas, analógico-digitais

Tentacles: Recreating hybrid analog-digital creatures

Gonçalo Castro Henriques

Universidade Federal Rio Janeiro, LAMO, PROURB
gch@fau.ufrj.br

Andrés Passaro

Universidade Federal Rio Janeiro, LAMO, PROURB
andrespasaro@fau.ufrj.br

Guto Nóbrega

Univ. Federal Rio Janeiro, NANO, EBA-PPGAV
gutonobrega@ufrj.br

Abstract

This paper describes the development of a structure named *Tentacles*, belonging to the “Tele-biosphere” a wider project that explores the communication between hybrid systems that are both natural and artificial. Tentacles uncharted geometry is alive in many senses introducing structural difficulties inexistent in traditional beam and column framework. The initial form required structural expertise that the authors formally don’t possess, together with cost and manufacture constrains. To overcome these difficulties, a strategy based on the analogy with vertebrate species was developed, using discs, vertebrae, spine, tendons and tentacles. Authors argue that to solve this problem it was necessary to regain material intuition, combining computation with analogic thinking.

Keywords: Analogia; Analógico-digital; Design Generativo Fabricação digital; CAD-CAM.

Tentáculos, introdução

A pesquisa relata o processo de desenvolvimento de uma estrutura complexa de inspiração biomórfica designada por **Tentáculos** desenvolvida pelo LAMO | Laboratório de Modelos e Fabricação Digital, PROURB/ FAU-UFRJ, numa parceria com o NANO | Núcleo de Arte e Novos Organismos, PPGAV/ EBA-UFRJ criador de um projeto de arte mais amplo a **Telebiosfera**, com apoio da agência de fomento CNPq. O objetivo da Telebiosfera é construir um ambiente híbrido (composto de elementos naturais e artificiais) em que é possível uma experiência telemática, bio-comunicativa entre ecossistemas distintamente localizados. A instalação Telebiosfera tem por objetivo conectar telematicamente dois pequenos terrários, remotamente localizados (através de um servidor e protocolo OSC). Cada terrário é capacitado para receber e transmitir dados do seu micro ecossistema em tempo real dialogando assim com seu par remoto. A principal interface de interação entre as duas Telebiosferas é um organismo híbrido composto por uma planta e um sistema artificial para leitura de respostas galvânicas vegetais, temperatura, luz, humidade. O visitante interage com esses dados através de imagens e sons.

O desenvolvimento da estrutura Tentáculos foi uma oportunidade para refletir sobre a prática e o *modus operandi* do projeto e da necessidade da utilização combinada de processos analógicos e digitais. A diferença entre processos analógicos e digitais está associada a duas formas diferentes de utilizar o computador, definidas por Kostas Terzidis como computorização e a computação. A tabela 1 sintetiza as diferenças relativas aos processos e uso de ferramentas, aos resultados esperados e sobre a natureza da procura da forma: se a forma é uma descoberta ou uma invenção.

Tabela 1: Resumo e interpretação da diferença entre computorização e computação segundo Terzidis.

Computorização	Computação
Processo design	
Subjetivo, percepção	Redução racional
Informação qualitativa	Informação quantificável
Geometria representação	Geometria geração
Ferramentas	
Instrumental	Processual
Automação, repetição, mecanização	Processos generativos
Hierárquico, toda> parte	Emergente, parte>todo
Resultado	
Estilo individual, autor tangível	Autor difuso, indeterminado
Exploração ou invenção?	
Descobrir o existente	Criar o novo, artificial

Esta diferenciação em vez de pretender valorizar um processo em detrimento do outro procura justificar a utilização combinada dos dois processos, no que Terzidis designa por *design algorítmico* (Terzidis, 2003). O design algorítmico permite combinar processos implícitos e processos explícitos. Enquanto os processos implícitos são utilizados com mais frequência em problemas indefinidos, normalmente associados à disciplina de projeto, os processos explícitos estão associados a problemas quantificáveis, como os problemas tratados pela matemática e pela programação, mais associados à utilização das tecnologias da informação.

Esta combinação é testada na prática para resolver a estrutura Tentáculos.

Traduzindo a forma

A forma inicial foi concebida por Guto Nóbrega através de um sketch (Figura 1). Como não possuía ideia de como materializar esta forma propôs uma parceria ao LAMO para desenvolvimento conjunto da estrutura. Para materializar a forma fluida inicial do sketch foi desenvolvida uma estratégia de tradução da forma. A forma inicial foi traduzida através do design algorítmico e paramétrico utilizando a fabricação digital para materializar uma estrutura geométrica personalizada.

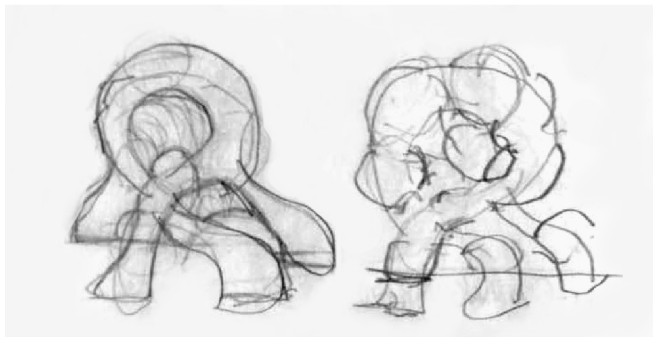


Figura 1: Sketch exploratório da forma, Guto Nóbrega, 2016.

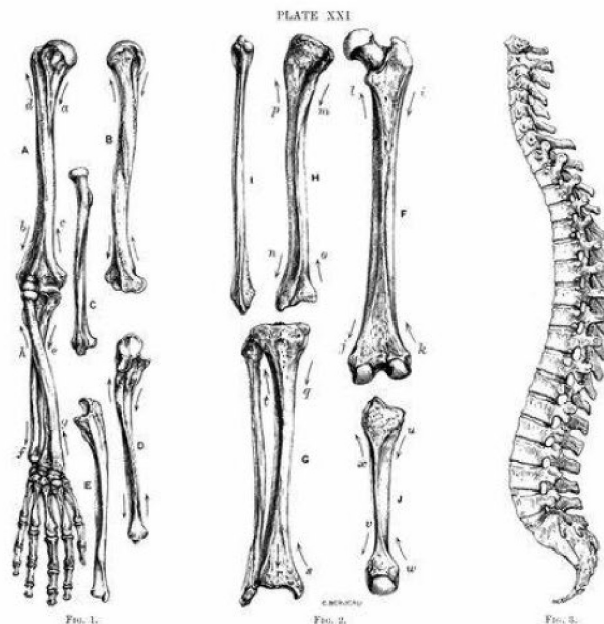
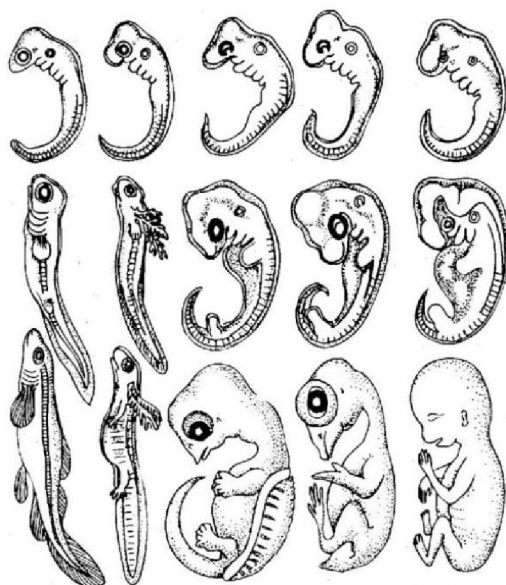
Como a forma inicial possuía uma geometria pouco testada surgiram dificuldades construtivas e estruturais inexistentes em geometrias de pórticos tradicionais. De acordo com os processos de fabricação, orçamento e maquinário disponível, procurou-se a melhor solução para materializar a estrutura. A estratégia desenvolvida foi baseada na decomposição da estrutura em discos e vértebras planos, articuladas através de encaixes físicos. Estes elementos foram definidos e articulados através de um algoritmo que estabelece relações paramétricas entre as partes e os seus encaixes físicos e os

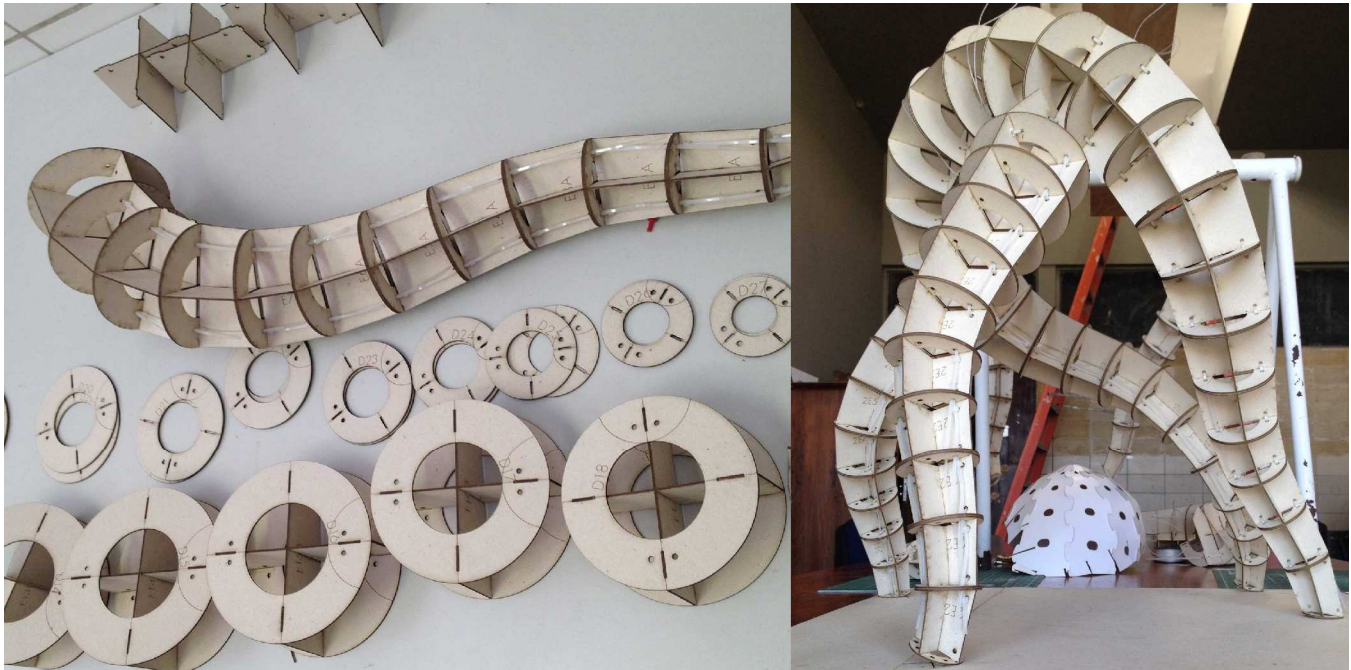
decompõe para a fabricação digital. Sendo uma estrutura dinâmica, um dos maiores desafios foi encontrar uma solução para a articular os tentáculos. Foram utilizados modelos exploratórios em diferentes escalas testando a estrutura e os tipos de ligação.

Durante o desenvolvimento das articulações funcionais foi utilizada uma lógica que remete para elementos genéricos existentes na natureza (Figura 2). Esta lógica utilizou designações como disco, vértebra, tendão e tentáculo. Este artigo pretende refletir sobre a metodologia utilizada, procurando tornar explícitas as analogias utilizadas. Estas analogias, apesar de inicialmente serem implícitas estão inseridas numa longa tradição iniciada por D'Arcy Thompson que compara aspectos funcionais entre várias espécies:

Tradução digital

Como referido a forma inicial foi baseada num sketch, sendo necessário identificar as suas leis de formação, para a traduzir para o digital. O sketch aproxima-se de uma imagem em movimento, que no sentido Bergsoniano, é necessário intuir. Se utilizarmos uma grelha para caracterizar uma forma – técnica desenvolvida pelo biólogo D'Arcy Thompson em «On Growth and Form» de 1917 – esta grelha permite identificar quais os pontos que serão deformados na morfogénese, dando origem a formas semelhantes, sejam estas da mesma espécie, ou de outras espécies derivadas. Aplicando as grelhas de D'Arcy Thompson numa espécie existente é possível mapear as distorções da forma que decorrem de alterações ambientais, como variação de temperatura e humidade ao longo do crescimento de um determinado ser vivo. Ou seja, são as leis de transformação que definem a relação interna da forma, que topologicamente é a mesma, mas que adquire diferentes valores em determinados parâmetros. Assim identificamos as leis de transformação e as variáveis que definem o sketch de Tentáculos, que assim





ganhou uma definição que permite criar diferentes instâncias Depois de definidos os raios de cada tentáculo, este é
Figura 3: Desenvolvimento estrutura Tentáculos, modelos na escala 1/10, em cartão paraná de 2mm, foto LAMO.

digitais, mesmo antes de alguma delas ganhar uma caracterização física. Estão a definição digital de Tentáculos é positivamente “indefinida” e genérica num sentido latente, uma forma precha de possibilidades. O algoritmo de formação de Tentáculos foi desenvolvido recorrendo a programação visual no Rhino/grasshopper.

Que variáveis definem a estrutura Tentáculos? As pernas longilíneas de Tentáculos são geradas por uma primitiva curva (tridimensional) ao longo da qual é extrudido um círculo de raio variável. São testados as variações de raio ao longo da curva, os raios máximos e mínimos. Se o máximo estiver nas extremidades, a forma começa com um raio maior que vai diminuindo até ao meio, para depois aumentar novamente até à outra extremidade de cada tentáculo. Ou seja a perna é como um arco que começa e acaba com o mesmo raio, mas que no ponto médio tem um raio diferente. Se o raio é maior nas extremidades o arco vai-se estreitando até ao centro. Estudando a forma são estabelecidas relações entre estas variações, para criar um sistema paramétrico em que por exemplo o raio mínimo é metade do máximo. As variáveis livres tornam-se progressivamente dependentes, dentro de intervalos de variação. As mesmas leis são aplicadas aos dois tentáculos que se interseccionam e se equilibram para dar origem à estrutura ereta de Tentáculos. Os tentáculos interlaçam-se formando um portal e definindo um espaço esférico entre eles. Este vazio será como um oráculo que irá receber uma tela esférica que tornará real a interação usuário planta e irá transmitir informação para outras Telebiosferas, numa realidade aumentada. As linhas geratrizes de Tentáculos estão contidas no espaço topológico da esfera, estando a interseção das curvas também nesse mesmo espaço topológico. A forma como os tentáculos se equilibram começou por ser definida intuitivamente, sendo depois necessário explicitar a relação entre ambos, sendo esta o ponto-chave para viabilizar a estrutura.

segmentado em discos. Estes discos são posicionados na posição normal à curva primitiva, que é dividida em pontos equidistantes. Assim a posição dos discos e sua dimensão variam de acordo com a posição na curva primitiva, não sendo a sua posição paralela, a menos que a curvatura seja constante. Para unir os discos são criadas vértebras. As vértebras funcionam como pares de planos, que fazem entre si 90° (Figura 3). Definindo dois discos e dividindo em quatro pontos, e traçando uma linha entre 2 extremos, passando pelo centro do disco, temos duas cruzes em cada disco que formam vértebras. Como a curva primitiva não está num plano vertical, para que a vertebra plana de cada disco tenha continuidade para a seguinte, é necessário que vértebra rode com base no centro do plano do disco. Assim a posição da primeira vértebra influencia a posição da seguinte, que para manter a continuidade com a anterior tem de rodar. Assim há dois pares de vértebras cruzadas que se vão torcendo para suportar os discos. A implementação e desenvolvimento do algoritmo foram influenciados pelo processo de fabricação digital que será agora abordado.

Tradução analógica

A fabricação digital é utilizada para testar e desenvolver a forma digital inicial, num processo de ida e volta entre analógico e digital. Num certo sentido esta tradução permanente permite testar e aprofundar as relações internas da forma algorítmica.

Para fabricar os tentáculos por um processo subtrativo estes não podem ser contínuos. Então os tentáculos são “fatiados” em discos que são unidos por vértebras (Figura 3). Cada disco contém 4 encaixes no eixo do seu centro, e o centro do disco é vazado para permitir passagens de cabos e mangueiras. As

vértebras são colocadas em pares fazendo entre si um ângulo de 90°, sendo que colocadas em sequência conformam duas espinhas entrecruzadas. As pernas com os discos, vértebras e espinhas entrecruzadas formam o suporte para colocar a “cavidade cranial” da esfera que será o oráculo de transmissão da Telebiosfera. Cada vértebra está conformada por duas peças entrecruzadas a 90° e dois discos, um em cada extremidade. Nenhuma vértebra é igual a outra.

Buscando facilidade no transporte, decidimos limitar a estrutura a discos e vértebras em vez de espinhas pré-montadas. Esta situação limitou as possibilidades de montagem. Se afirmávamos que a unidade é a vertebra, o ideal era manter cada uma das vertebra já encaixada colada e montada. A desmontagem de Tentáculos também estava guiada por estas diretrizes. Era necessária a desmontagem total em discos e vértebras para facilitar o transporte de volta ao LAMO. A diretriz transporte excluiu o que pensávamos ser a maneira mais fácil e direta de montagem, e que consistiria em montar as vertebra uma a uma e depois realizar uma ligação mais direta entre elas, possivelmente à base de porca e parafuso.

Primeiros protótipos

Utilizamos este procedimento no primeiro protótipo realizado na escala 1/10 com cartão paraná de 2 mm de espessura. Os discos e vértebras foram encaixados e colados um a um, conformando um quebra-cabeças de espinhas que já codificados só restava juntar e colar a sequência. Este primeiro protótipo apresentou problemas na codificação: descobrimos que por vezes os discos e costelas estavam espelhados. Esta situação não era detectada simplesmente no orient do nest. A geometria produzida não era regular, o que obrigava a verificar o desenho de cada peça em 3d o tempo todo.

Com este processo de sequência de vertebra foi montada uma espinha contínua, sem discos, e na base empírica descobrimos que fixar vértebra a vértebra imprimia demasiada rigidez a uma estrutura que deveria ser mais flexível. Passando a montar cada disco e par de vértebras respetivas notávamos que esforços pontuais se concentravam por vezes em uma ligação só, rasgando o disco, pelo que ficou claro que o disco não tinha como suportar o peso de toda a estrutura em lugares pontuais. Além de que a interseção entre os dois tentáculos e as suas vértebras (espinhas) não possuía um princípio geométrico, nem uma geometria previsível. No LAMO temos como premissa, e assim ensinamos os nossos alunos, que o primeiro protótipo nunca dará certo, já o segundo, também não. Então é uma lição de vida aprender com os erros, pelo menos em estruturas complexas que nunca foram testadas nem calculadas antes.

Aprendemos com os fracassos, e a ideia primeira de lacre (abraçadeira) e depois de parafuso foi testada em um segundo protótipo e depois abandonada. Contudo este fracasso nos levou a repensar o rumo da ligação possível para a sequência das vertebra. Nesse momento consolidamos a ideia de uma linguagem anatômica de uma estrutura orgânica e começamos a pensar na ideia de tendão como elemento de

ligação para reforçar a ligação entre os discos libertando mais as vértebras.

Continuamos a montagem do primeiro protótipo neste mesmo processo, e já conscientes do que estava dando errado. Contudo queríamos testar a interseção entre uma espinha e outra. Como pensávamos não deu certo, primeiro porque a interseção entre os tentáculos era complicada e obrigava a adaptar peças e a retirar outras, segundo porque a estrutura que deveria ser minimamente flexível, era rígida, e ao menor esforço rasgava havendo esforços em várias direções.

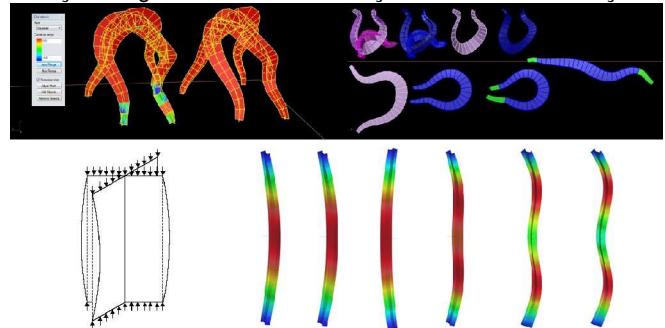


Figura 4: Estudos de curvatura e de planificação Tentáculos, LAMO, 2016. Em baixo tensões identificadas pelo calculista: esforço de flambagem existente em estruturas cruciformes esbeltas.

Geometrias complexas e cálculo

Neste momento consultamos um especialista de estruturas para tentar identificar os problemas, através de um modelo de simulação numérico. No entanto deparamos com uma situação inesperada, a nossa geometria não podia ser diretamente utilizada nos programas de engenharia que o calculista utiliza, então as orientações que nos transmitiu foram baseadas na sua experiência na análise de forças em outras estruturas. Conseguiu detetar que um dos problemas das vértebras era o esforço de flambagem entre elas, que devido à sua esbelteza rodavam e se torciam (Figura 4 em baixo). Este esforço era responsável por uma energia acumulada em cada vértebra e por consequência tentáculo, que tinha tendência a girar e o que dificultava ainda mais a articulação entre os dois tentáculos. As soluções sugeridas para este problema passavam por tornar mais rígidas as ligações ou então utilizar técnicas tradicionais, como por exemplo colocar um pilar no meio da estrutura. Assim obtivemos um diagnóstico de um médico genérico, mas que não era quantificável.

As geometrias complexas não sendo do domínio comum exigem ferramentas mais avançadas de cálculo. O cálculo da engenharia civil, vocacionado para a construção corrente, está baseada em modelos abstratos ideais. É um processo para calcular mais rápido mas que exclui determinados tipos de geometrias. As geometrias complexas são mais testadas através de simulação numérica na engenharia mecânica, e estão relacionadas com requerimentos de movimento e com diferentes tipos de problemas, entre eles o da representação visando a produção. Mas a consultoria que conseguimos foi de engenharia civil, que genericamente está mais desprovida de meios para calcular formas complexas tridimensionais. A

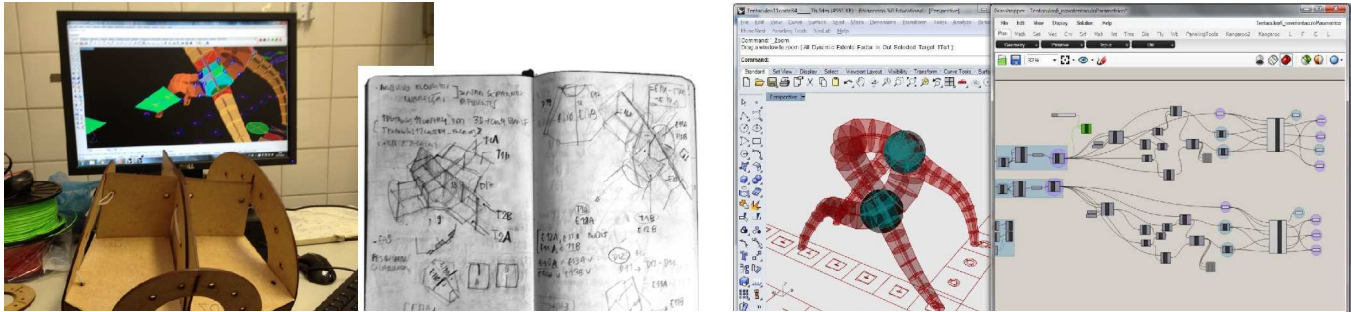


Figura 5: Esquerda: estudo do encaixe entre Tentáculos, recorrendo a métodos analógicos para encontrar o princípio de união. Direita desenvolvimento do algoritmo geométrico de Tentáculos, partindo do ponto singular de articulação entre os tentáculos, definindo depois a restante geometria, fotos LAMO 2016.

evolução de geometrias complexas em projeto nem sempre é acompanhada de igual desenvolvimento no cálculo de estruturas tridimensionais. Existe então uma lacuna no conhecimento comum que só pode ser superada por um engenheiro literato em projeto paramétrico e que utilize programação. Sendo difícil encontrar engenheiros com estas características, alguns arquitetos tentam realizar os cálculos através de simulação, enquanto outros desenvolvem conhecimento empírico. Estes arquitetos recorrem a heurísticas que vão desenvolvendo com a experiência e a conhecimentos de natureza intuitiva; Foi o que fizemos.

O material que utilizamos, o cartão paraná 2 mm, tinha pouca espessura, o que não dava para perceber bem a torção das vértebras nem se a falta de resistência dos discos os levaria a rasgar. Decidimos mudar para um material mais forte e ao mesmo tempo aumentamos o tamanho do protótipo, no caso adaptamos a escala para MDF de 3mm e realizamos o nosso segundo protótipo em escala 1/3. Foram corrigidas as codificações das peças e colocamos indicações para a sequência de montagem. Mas começamos a entender que o mais importante seria repensar as interseções entre as duas espinhas. Que dentro de uma lógica anatômica designamos por articulação.

Redefinição das articulações

A articulação entre os tentáculos começou por ser definida procurando que a interseção entre as duas curvas primitivas, coincidissem com a métrica de divisão das curvas que geram os discos. O lugar de interseção das vértebras era geometricamente complexo e obrigava a retirar alguns discos e vértebras, sendo difícil de prever, e de montar (Figura 5, esquerda). Mantinham-se alguns problemas com peças espelhadas e nem com a consulta frequente do desenho em 3d era fácil decifrar esses encaixes. Depois de diversas tentativas de produção de peças, modificação de desenhos e pesquisa de encaixes foi tomada a opção definir explicitamente a articulação das duas pernas, antes de definir os tentáculos (Figura 5 direita). Foi decidido que a articulação entre os tentáculos seria uma vértebra especial, capaz de juntar as vértebras dos dois tentáculos num ângulo de 90°. A geometria das duas curvas primitivas conheceu assim uma restrição destinada a assegurar uma clareza geométrica e uma rigidez estrutural acrescida.

Nesse momento definimos dois hemisférios por onde poderia passar a interseção das curvas primitivas originais que precisaram ser adaptadas. Testamos depois definir os dois hemisférios (pontos interseção das curvas primitivas tentáculos) em um sistema de coordenadas na superfície da esfera da cavidade craniana da tela de projeção. As articulações podiam-se mover na superfície da esfera mudando as coordenadas dos meridianos e paralelos no espaço local da superfície, determinando as posições máximas e mínimas, diminuindo o espaço de procura de soluções. Descobrimos o espaço de soluções e de variações possíveis e fixamos as restrições matemáticas do código.

Assim foi necessário começar uma definição quase do zero no grasshopper. Essa definição teve em conta a geometria anterior, das curvas primitivas, mas com a introdução de restrições que modificaram a natureza da sua interseção e sendo esta a definir a divisão das curvas para colocação dos discos e não o contrário, definindo explicitamente as articulações antes de tudo o resto. As modificações no desenho foram demoradas, para não perdermos a essência do desenho inicial das curvas primitivas, que vinham do primeiro sketch.

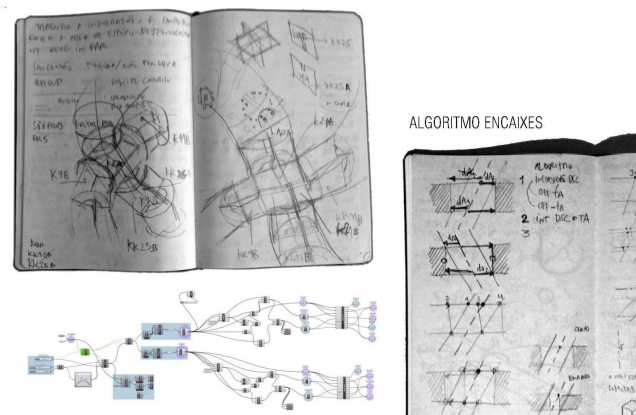


Figura 6: Esquerdo estudo da articulação entre os tentáculos, nomenclatura e localização tendões. Direito algoritmo para tornar encaixes oblíquos da estrutura em encaixes planos executáveis por corte 2D, no caso numa cortadora a laser.



Figura 6: Montagem da estrutura no Museu do Amanhã, Maio 2017. Nas fotos é possível ver o reforço com barras de aço roscado, que diminuem os esforços na zona de encaixe das vértebras, realizando um esforço de tração, que equivale ao papel dos tendões musculares para completar o funcionamento ósseo.

Protótipos escala real

As novas diretrizes eram: articulação em cruzeta e ligações adicionais em tendão para minorar a rotação interna das vértebras no seu eixo (Figura 6). Passamos ao primeiro protótipo em 1/1. Utilizamos um MDF de 6 mm de espessura do tipo ULTRA que aguenta melhor a humidade. A cruzeta foi a peça que montamos em primeiro lugar e como tendões utilizamos cabos de aço com esticadores. Escolha que nos levou ao arrependimento nas primeiras horas da montagem da sequência de vértebras. O esticador produzia o efeito de esticar em um lugar para soltar em outro.

Em esta primeira montagem em 1/1 montamos uma espinha por completo sobre uma mesa do LAMO e na sequência incorporamos as patas da segunda espinha nas cruzetas. Colocamos a peça em pé com ajuda de cordas e andaimes e plugamos o arco superior completando a segunda espinha. A primeira estrutura Tentáculos 1/1 estava em pé, ainda que escorada mas em pé. No final desse dia fixamos as patas na base (fundações) e a estrutura pela primeira vez ganhou uma rigidez e a certeza de que deu certo.

O trabalho de esticar os cabos foi quase interminável a estrutura soltava e afrouxava de um dia para o outro. Em princípio tínhamos a intenção e a certeza de utilizar como tendão barra rosca, mas num último momento apareceu o cabo de aço e mergulhamos nesse sistema. Estivemos mais de um mês seguido ajustando os esticadores todo dia. Um erro de escolha de sistema do qual ainda nos arrependemos, principalmente quando montamos o segundo protótipo no Museu do Amanhã do Rio somente em dois dias (Figura 7).

Utilizar barra rosca como tendão facilitou muito essa segunda montagem, e todos os erros anteriores, ou quase todos, foram suprimidos. A curva base de uma das patas de Tentáculos possuía uma curvatura ousada, e que testou ao limite a resistência deste novo sistema. Havia aqui uma peça que apresentava uma torção em uma das vértebras que assustava um pouco. E que no segundo protótipo 1/1 continuou com a torção, ou seja não era uma questão de

ligação entre barra rosqueada ou cabo de aço, mas de geometria.

O desafio foi alto, uma estrutura Tentáculos está montada há quase um ano na entrada do LAMCE no Parque Tecnológico da UFRJ, a peça torcionada ainda está lá, e o calculista tinha sugerido colocar um pilar no meio para segurar a estrutura. Não foram realizados cálculos e acreditamos que os calculistas não tenham interesse, nem processos para estudar este tipo de estrutura. Mas o desafio foi realizado.

Loop analógico- digital

Num certo sentido na primeira definição algorítmica o desenho é indiferenciado e genérico, aproximando-se nesse sentido das qualidades de uma espécie genérica. É com a materialização da forma fisicamente, através da fabricação digital, que deixa de ser uma espécie para se assumir como um indivíduo único dessa espécie. Ai apesar de ter discos, vértebras, tendões e tentáculos, estes tentáculos são instanciados, são únicos dentro de uma espécie, mas passam a ser um projeto singular, assim como acontece no projeto de arquitetura quando este é construído e passa a ser realidade.

Interface Telemático

Como referido, a estrutura Tentáculos faz parte de um projeto maior denominado Telebiosfera, que investiga a criação de redes telemáticas entre sistemas remotos. Telebiosfera reúne o conhecimento adquirido nos últimos anos no contexto do laboratório NANO e do seu grupo de pesquisa focado em robótica, visão artificial, hibridação e biotelemática, para compor um sistema cujo objetivo principal é permitir ao participante uma experiência sensorial, com base na bio-comunicação entre dois micro ecossistemas remotos (dois terrários). Através da mediação de câmeras, projetores, interface híbrida de interação, Telebiosfera cria um ambiente telemático através do qual é possível ao visitante uma experiência de natureza aumentada, gerada com base na hibridação entre organismos naturais e artificiais. O sistema completo consiste em um terrário localizado no centro da

Telebiosfera, composta pela estrutura parametrizada Tentáculos e um domo. A Telebiosfera ganhou através de Tentáculos, um aspeto mais orgânico, semelhante a uma criatura viva. O terrário é monitorado por um sistema de medição galvânica acoplado às folhas das plantas. O sistema mede também humidade, temperatura e luz. Ao entrar no ambiente interno da Telebiosfera, que é também monitorado por um sensor kinect, o participante vê a imagem de seu corpo capturado pela câmara e projetado na forma de pontos luminosos no domo (Figura 8). Ao interagir com as plantas do terrário, variáveis monitoradas pelo sensor galvânico, somadas às mudanças de temperatura, luz e humidade afetam qualitativamente a imagem capturada do participante, transformando parâmetros na imagem criada, de forma a produzir feedback entre o visitante da Telebiosfera e sua interação com o terrário. Um outro elemento interativo também explorado pelo sistema é o som. Ao interagir com as plantas é produzida uma síntese sonora no interior da Telebiosfera segundo as ações do visitante. Os dados produzidos por cada Telebiosfera são todos enviados para o seu par remoto através da internet, para que seja possível um diálogo sensorial entre duas Telebiosferas, permitindo uma experiência telemática.

Em outubro de 2016 o primeiro módulo da Telebiosfera montado no hall do laboratório LAMCE participou do evento internacional ARCOLAT em que foi possível a troca de dados

entre uma instalação sonora na República Dominicana e a Telebiosfera no Rio de Janeiro. Em abril de 2017 o segundo módulo da Telebiosfera foi montado no evento Hiperorgânicos 7: Transensorialidades. Na ocasião o sistema de captura de imagem via sensor Kinect foi testado e os participantes puderam observar a evolução dos seus movimentos no domo assim como a produção de uma síntese sonora no interior da Telebiosfera. O próximo passo é a montagem das duas Telebiosferas para interação entre os dois domos em tempo real e em rede.

Resultados

No processo de desenho a estrutura foi racionalizada, definindo encaixes planos para poderem ser fabricados através de uma cortadora a laser. Foi gerada e construída uma estrutura em 1/1 de acordo com processos de tradução morfogenética. O projeto foi desenvolvido segundo uma lógica anatômica, recorrendo a uma taxonomia para encontrar soluções. A forma construída aproxima-se, funcionalmente, de elementos naturais estruturantes. As codificações são semelhantes às dos seres vivos. Incluem nomenclaturas existentes no corpo humano que acompanharam o processo de projeto e de montagem. As analogias desenvolvidas questionam os limites da relação natural/artificial, propondo uma nova criatura híbrida.



Figura 8: Telebiosfera no Museu do Amanhã, Maio 2017. Interação entre o visitante e a planta. OS movimentos do visitante são captados através do kinect, e reproduzidos no domo em tempo real. Foto NANO 2017.

Da resiliência de processos

As novas tecnologias em projeto trazem novos processos lógicos poderosos com a utilização de algoritmos. Estes algoritmos estão relacionados com problemas do tipo mais quantificável, da esfera da ciência do quantificável. Esse processo leva a enaltecer as possibilidades da utilização da computação. Mas com estas novas possibilidades são desvalorizadas as capacidades que o arquiteto tradicional utiliza para resolver problemas menos formais, ou seja que não são explícitos ou são tão complexos que dificilmente são traduzíveis matematicamente. Tentáculos é uma estrutura viva, que torce e está em tensão, está viva em vários sentidos. Apesar da programação visual aumentar o campo de possibilidades não nos deu a capacidade para domar este ser tentacular. Então lembramos uma velha fábula da intuição do arquiteto para sentir a força, a matéria e a gravidade. Voltamos a um tempo do modernismo em que Frank Lloyd Wright afirmava, “esta escada não vai cair!”, ou que Gaudí construía catedrais nas nuvens. Ou seja a épocas em que os progressos técnicos não ofuscavam a capacidade intuitiva do criador para resolver problemas. Utilizamos assim empiricamente ferramentas no sentido de dominância artística com base em sensações e intuições humanas, falíveis. Designamos esta utilização analógica como computorização – os computadores como novos martelos. Mas só com a combinação de computorização e computação – design algorítmico -conseguimos materializar Tentáculos num trabalho em equipe, em rede. A estrutura produzida utiliza ainda o digital para prolongar o real, sendo nesse sentido uma estrutura aumentada. Esta combinação de processos analógicos e processos digitais poderia ser expressa no conceito de *algoritmo aumentado*.

Os processos desenvolvidos estão inscritos na “tradição resiliente da arquitetura” como disciplina transdisciplinar associando natureza, tecnologia e os novos paradigmas humanos.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer ao CNPq pelo apoio ao projeto Telebiosfera através de edital Universal, sem o qual esta pesquisa seria inviável, assim como a todos os elementos NANO e LAMO que tornaram esta estrutura uma realidade.

Créditos

Equipe LAMO: Estrutura Tentáculos. Algoritmo e desenho paramétrico: Gonçalo Casto Henriques, Andrés Passaro e Carina Carmo. Fabricação digital: Andrés Passaro, Gonçalo Castro Henriques, Guto Nóbrega, Carina Carmo. **Equipe LAMO:** Daniel Lenz, David Mendonça, Gabriel Gaspar, Giordana Pacini, Giovanni Grosso, Julia Nodari, Lais Kaori, Maria Elisa Vianna, Marina Pais, Nico Batista, Nicolle Prado,

Rebecca Borges, Roberto da Matta, Thiers Freire e Vinícius Lucena.

Equipe NANO: Coordenação Geral do projeto Telebiosfera e criação: Prof. Dr. Guto Nóbrega, Segundo coordenador: Prof.^a Dra. Malú Fragoso. Graduação: Arquitetura e montagem Marinah: Raposo, Programação e telemática: George Rappel, eletrônica: Luiz Felipe Leo, Impressão 3D e Documentação: Thais Guerra e Lara de Oliveira, Modelagem 3D: Ítalo Ramos e Vitor Bruno, Modelagem 3D e Impressão 3D: Taynah Lyra e Fábio Costa, Programação Visual e documentação: Caroline Aquino, Documentação e montagem: Bruna Mosca, Montagem: Alana Santos, Leon Matias, Helena Porto, Doutoranda: Programação em processing e Kinect Bárbara Castro.

Referências

- THOMPSON, D'Arcy, On growth and form: the complete revised edition (original publication 1917), Dover publications, Nova Iorque, 1992.
- DUARTE, José Pinto, CELANI, Gabriela, PUPO, Regiane, “Inserting computational technologies in architectural curricula”, em Gu, Ning and Wang, Xiangyu (ed.), Computational Design Methods and Technologies: Applications in CAD, CAM and CAE Education, Hershey, PA: IGI Global, 2011.
- HENRIQUES, Gonçalo Castro; PASSARO, Andrés; “Desafiando a Gravidade: da estática à dinâmica, de objetos a sistemas”, In: XX Congresso da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital, 2016, Buenos Aires, Blucher Design Proceedings, São Paulo: pp. 704-663-8.
- HENRIQUES, Gonçalo Castro, “Arquitetura algorítmica: Técnicas, processos e fundamentos”, Anais IV ENANPARQ, Sessão 39. Projeto digital e fabricação na arquitetura: ensino, pesquisa e desafio, Organização: Cláudia Costa Cabral, Carlos Eduardo Comas, edição PROPAP/UFRGS, Porto Alegre, Julho 2016.
- HOLTON, Gerald; Metaphors in science and in education, in W. Taylor (Eds), Metaphors of education, Heinemann, London, 1984, pp. 91-113.
- NÓBREGA, C. A. M. (2015). Telebiosfera. Abrigo sensível. In P. Caetano & W. Ribeiro (Eds.), Das artes e seus Percursos Sensíveis. Fortaleza: Intermeios.
- PASSARO, Andrés; FAVERO, Marcos, Senso e Conceito no constructo de disciplina projetual. Análise projetual como instrumento de trabalho. Anais do Projetar 2005. Rio de Janeiro, out. 2005.
- PASSARO, Andrés. Representação, determinismo sensorial e determinismo conceitual no construto do processo projetual. Anais do Projetar 2003. Natal, out. 2003.
- OXMAN, Rivka, “Theory and Design in the First Digital Age”, em Design Studies, Vol. 27 No. 3, 2006.
- TERZIDIS, Kostas, Algorithmic Architecture, Expressive Form, Spon Press, Taylor & Francis Group, 2003.