



DESAFIANDO  
A  
GRAVIDADE





## DESAFIANDO A GRAVIDADE

O Laboratório de Modelos 3D e Fabricação Digital - Lamo3D faz parte da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU-UFRJ), localizada na Av. Pedro Calmon, 550 - Ilha do Fundão Rio de Janeiro - RJ

[www.fau.ufrj.br](http://www.fau.ufrj.br)

2015 por Laboratório de Modelos 3D e Fabricação Digital, Lamo3D-FAU-UFRJ  
[www.fau.ufrj.br/lamo3d/index.html](http://www.fau.ufrj.br/lamo3d/index.html)

Fotografia:

Revisão: Lais Bronstein

Design Gráfico: Laura Lago

Produção: Lamo3D

Todos os textos, ilustrações, modelos e imagens autorizados e reservados pelos autores.

## AGRADECIMENTOS

A todos os participantes do workshop um imenso obrigado por acreditar em nossas ideias e ajudar a construir esse laboratório com iniciativas bastante generosas.



# SUMÁRIO



## PREFÁCIO

CLARICE ROHDE  
LAURA LAGO E  
ELISA VIANNA 10

ANDRÉS PASSARO 17

## APRESENTAÇÃO

DESAFIANDO A GRAVIDADE  
VICTOR SARDENBERG 21

FORÇA CATABÓLICA DUAL GERATRIZ DA  
CISÃO, DIVISÃO, CORTE, RACHADURA  
OU AINDA SEPARAÇÃO  
ARTHUR LARA 24

## INTRODUÇÃO

OFICINAS TRANSVERSIVAS:  
EXPERIMENTAÇÕES EM ARQUITETURA,  
ARTE E DESIGN  
GONÇALO CASTRO HENRIQUE 32

## Despregando

LABIRINTO DE  
AREIA 52

## Levantando

LEVANTAR DO  
SOLO 70

## Desdobrando

BURACO DA  
MINHOCA 84

## Enrolando

ENROLAR O SOLO 92

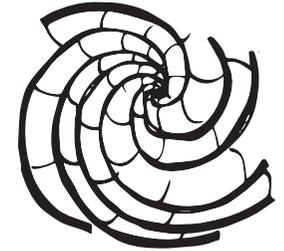
## ENSAIOS

O WORKSHOP  
E O ENSINO  
EXPERIMENTAL  
DO PROCESSO  
ALGORÍTMICO DE  
PROJETO  
ERNESTO BUENO 104

FAZER, FAZER E  
FAZER DE NOVO:  
REPRESENTAÇÃO  
E DESIGN  
DANIEL LENZ 114

AS FERRAMENTAS  
QUE NOS  
DIFERENCIAM  
LUCAS DE SORDI 122

CLARICE ROHDE 130



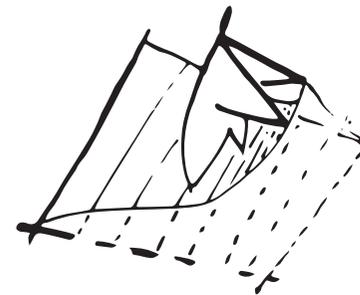
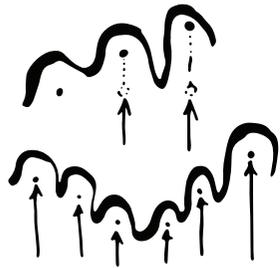
## DESDOBRAMENTOS

DA CRÍTICA CONCEITUAL ATÉ  
A CRIAÇÃO MORFOGENÉTICA  
ANDRÉS PASSARO 138

INTRODUZINDO NOVAS  
TECNOLOGIAS NO ENSINO DE  
PROJETO NA UNICAMP  
GABRIELA CELANI 152

ARQUITETURA BASEADA EM  
DESEMPENHO E BIOMIMÉTICA  
VERÔNICA NATIVIDADE 168

EQUIPE 182



PROJETOS



NÃO CORTAR

# PREFÁCIO

EDITORAS

O presente livro é fruto do Workshop Desafiando a Gravidade, que faz parte da série Oficinas Transversivas: Experimentações em Arte, Arquitetura e Design organizada anualmente pelo Laboratório de Modelos 3D e Fabricação Digital da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ.

O tema dessa segunda edição surgiu de inquietações a respeito de conceitos da física e sua relação com o espaço construído pelo homem. Se na edição anterior, *Abrigos Sensíveis* (2014), o foco foi dado à tectônica responsiva, nessa edição veio à tona a estereotomia e o debate entre o objeto e o campo, a interação com o solo, a superfície de contato como geradora de paisagens. Trazemos no capítulo Apresentação as discussões que alimentaram a formulação do tema de trabalho, trazidos à luz por Victor Sardenberg, colaborador na primeira edição do evento e idealizador desta, e Arthur Lara, mestre na USP em constante troca com o nosso Laboratório.

Na Introdução, Gonçalo Castro Henriques traz a estruturação do workshop e as demandas apresentadas aos participantes, o desafio primeiro sintetizado em ações: despregar, levantar, desdobrar e enrolar superfícies. Para em seguida apresentarmos os Projetos desenvolvidos pelos participantes, assessorados pelo brilhante time de tutores, que através de seus conhecimentos complementares colocaram em movimento os modelos interativos idealizados pelos grupos.

Em Ensaios, convidamos os tutores a exporem suas experiências, expectativas e conclusões a respeito do modelo de trabalho proposto e dos resultados alcançados, tendo em vista a consolidação de uma metodologia de ensino baseada na experiência imersiva de atelier, onde os participantes passam 8 dias de total dedicação ao desafio proposto. Ernesto Bueno expõe o viés experimental dessa metodologia que vem sendo desenvolvida através do fazer (learn by doing), em troca mútua entre tutores e alunos. Daniel Lenz ressalta a importância de se explorar a agilidade das ferramentas de desenho paramétrico e fabricação digital na evolução do projeto, através do fazer diversas vezes até se alcançar a (quase) perfeição. E Lucas De Sordi fala das ferramentas e tecnologias que vêm sendo apropriadas pelos arquitetos que cada vez mais versam com o Design de Interatividade.

Os Desdobramentos oferecem ao leitor um campo ampliado de debate onde as pesquisas desenvolvidas por Andrés Passaro no LAMO3D-FAU-UFRJ, Verônica Natividade na Puc-Rio e Gabriela Celani no LAPAC-Unicamp vêm alimentar discussões futuras, abrindo caminhos para as próximas edições das Oficinas Transversivas.

*Editoras: Clarice Rohde, Laura Lago Basile, Maria Elisa R.Reis Vianna*

---

## ANDRÉS PASSARO

Desafiando a Gravidade apresenta os resultados e inquietações surgidas na segunda edição do Seminário Workshop - Fabricação Digital e Desenho paramétrico, realizado pelo LAMO e com a colaboração de outros laboratórios como ser NANO e LAURD. O primeiro evento da saga foi denominado Abrigos Sensíveis cujos resultados já foram publicados em livro do mesmo nome. As inquietações surgem a partir de um sentimento que invade o LAMO constantemente e o entendimento desesperado de que é necessário capacitar, capacitar e capacitar. Neste sentido o LAMO como laboratório de pesquisa procura desenvolver o que chamamos de ações transversais paralelas. A ideia do workshop parte de uma procura generalista sobre a temática de fabricação digital, onde tutores/professores de diversas áreas aportam com saberes diferenciados. As ações transversais são ações operativas que atuam onde os saberes de disciplinas não conseguem chegar via currículo convencional.

As ações transversais visam a produção do objeto arquitetônico tentando superar uma mera instrumentalização em fabricação digital, sendo assim não se trata só de ensino de software, ou de ensino de ferramental como ser corte a laser ou impressão 3d ou arduino. A intenção é dar mais um passo no sentido de aplicar uma nova ordem lógica para esse novo ferramental. Este novo ferramental, aliado a novos processos



de fabricação digital, formam um caldo poderoso capaz de mudanças significativas nos processos produtivos arquitetônicos. Os aportes possíveis têm a capacidade de mudar a representação arquitetônica, modificar processos produtivos, modificar o uso de materiais e finalmente modificar a forma arquitetônica. Este caldo poderoso ainda traz consigo a possibilidade de uma nova linguagem arquitetônica que ainda está em processo e em fase crítica de entendimento. Não há um discurso narrativo certo sobre o assunto, sobre a possibilidade desta nova linguagem em gestação, estamos andando em territórios pouco explorados, inclusive as novas ferramentas podem ser utilizadas para melhorar os atuais padrões de eficiência e dar continuidade à arquitetura atual. Contudo estaríamos como a fins do século XIX desenhando carros pensando em carruagens, situação que foi replicada até fim dos anos 30.

O seminário workshop *Desafiando a Gravidade* foi organizado com 3 equipes de tutores/professores que atendem as demandas de; desenho paramétrico + simulações; fabricação digital; robótica responsiva. Cada um deles ofereceu uma palestra sobre um tema afim. O livro a seguir relata em conteúdo as discussões que permearam constantemente as atividades realizadas. Todos eles abordados desde o ponto de vista da inovação tecnológica e a arquitetura.

# APRESENTAÇÃO

VICTOR SARDENBERG

## AUTONOMIA E E/I/T

A colaboração entre o LAMO e o NANO tensiona questões essenciais para os seus respectivos campos, a Arquitetura e as Artes Plásticas. O flerte entre os dois laboratórios poderia ser apelidado de extra-disciplinar, interdisciplinar ou mesmo transdisciplinar. A extra/inter/trans disciplinaridade é vista hoje como uma maneira de escapar do aparente marasmo que domina o campo da Arquitetura. Porém, é importante para tal prática - e para nossa disciplina - entender como e, ainda mais urgente, com o quê a Arquitetura é capaz de colaborar com outras disciplinas.

Se queremos entender qual o nosso papel em práticas extra/inter/trans, precisamos antes entender qual é a especificidade da Arquitetura. O problema do que é específico à disciplina é mais facilmente abordado quando a disciplina atingiu sua autonomia. Segundo Clement Greenberg, o movimento moderno nas artes visuais foi capaz de suscitar tal autonomia disciplinar: A pintura, por exemplo, não serve para representar questões sociais ou ecológicas ou o que for, mas sim, para produzir pintura. Assim, Arte produz Arte.

Curiosamente, no Século XX, Arquitetura fez o caminho oposto: O Modernismo em nosso campo ao invés de afirmar que Arquitetura produz Arquitetura, afirmou que nossa disciplina deveria servir para resolver problemas sociais ou políticos - como Corb perfeitamente retrata ao bradar "Arquitetura ou Revolução".

Assim posto, para atingir a autonomia da Arquitetura, fica claro que os parâmetros para avaliar sua produção deveriam ser puramente arquitetônicos. De outra maneira, é impossível atingir a desejada autonomia disciplinar. Jeffrey Kipnis, utilizando a história da pintura no Século XX, nos ajuda a traçar três questões para definir o que uma disciplina é: A princípio, o que a pintura é capaz de produzir? Então, o que mais a pintura pode produzir? Para por fim, o que apenas a pintura é capaz de produzir? Substitua a palavra pintura por Arquitetura.

Assim, devemos entender e apreciar arquiteturas a partir de critérios próprios de nossa disciplina, ou seja, a partir de problemas que são únicos a ela. Em artigo recente, Peter Trummer nos oferece alguns problemas disciplinares postos em dualidades: A relação entre Figura e Solo, Massa e Vazio, Parte e Todo e Superfície e Volume. Para o workshop cujo leitor tem o produto em mãos, o tema original tinha em mente outro problema disciplinar com rica história: Tectônica e Estereotômica. Desafiando a tríade vitruviana e a cabana primitiva de Laugier, Gottfried Semper, em 1851, propõe uma nova teoria tendo como modelo a cabana caribenha. Nessa teoria há a separação entre a tectônica – estrutura, fechamentos e seu espaço interno – e estereotômica – o solo. Ao constatar que os poucos edifícios construídos com elementos interativos possuem seu caráter performático em componentes tectônicos, resolvi, com o intuito de criar fricção entre ideias, propondo o seguinte diagrama:



Outro problema da e/i/t-disciplinaridade é o fato de que a arquitetura deve se favorecer, também, de outros campos para enriquecer seu conhecimento. Logo, para ser relevante para a nossa própria disciplina, entendo como oportunidade a área vazia entre o solo estereotômico e a cinética. Assim, de alguma maneira, a ideia de interagir em tempo real com o solo soa como algo novo para nossa disciplina. Logo, o conhecimento e a prática da performance nas artes plásticas seriam capazes tensionar o conhecimento da arquitetura sobre o solo.

Assim, como Niklas Luhmann colocaria, “um sistema irrita o outro”. A vantagem disso é que a melhor maneira para definir uma disciplina não é pelo seu núcleo, mas sim pela sua periferia, desafiando os seus cânones como no sentido foucaultiano da ideia: um cânone é algo que define os limites até ser superado por novos limites.

A ideia de solo se movendo parece muito complicada para se construir. Provavelmente o é. Mas isso não é problema se encararmos Arquitetura como disciplina e não como construção. Assim, desenhos e modelos são tão ou mais relevantes do que edifícios erguidos. Uma rápida lida em um livro de história nos deixa isto claro pois projetos como o Cenotáfio de Boulée, a Maison Domino e a biblioteca de Jussieu nunca foram construídos e redefiniram os cânones de nossa disciplina.

Outro ponto relevante é que, neste caso, Arquitetura produziria Arquitetura. Assim, deixando de lado nossa profissão como produtor de edifícios, somos capazes de engajar em discussões entre nós mesmo que são muito mais relevantes para o conhecimento da arquitetura do que questões de metragem, legislação, performance estrutural ou ambiental. Kipnis, novamente usando outra disciplina para definir a nossa, coloca: “Cineastas produzem cinema para que seus filmes dialoguem com outros cineastas. Porém, eventualmente as pessoas gostam de certos filmes.”



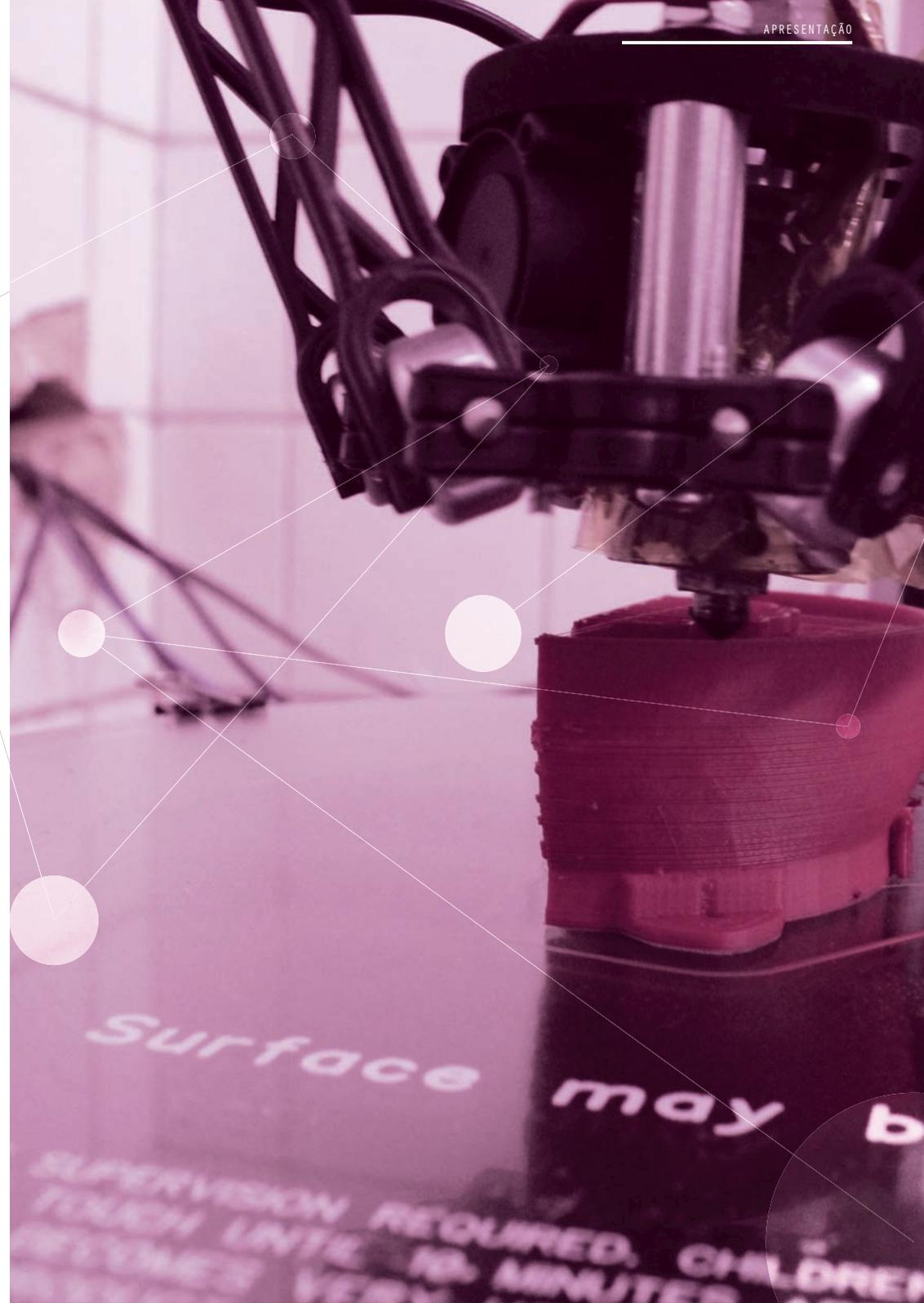
---

**ARTHUR LARA**

FORÇA CATABÓLICA DUAL GERATRIZ DA CISÃO, DIVISÃO, CORTE, RACHADURA OU AINDA SEPARAÇÃO

Muitas culturas têm mitos e contos ontológicos que servem de modelos explicativos para seus mundos. Em geral, nesses modelos aparecem forças duais com propriedades divergentes e opostas. Uma que se aglutina para formar, somar, compor e outra que se distancia, separa, quebra e dispersa. As representações desses modelos são gráficas como no símbolo do Yin e Yang e podem ser físicas e químicas como explicação física do nosso mundo e do metabolismo humano. O que esses modelos têm em comum são as forças conhecidas como catabólicas e anabólicas. Na explicação física, o nosso universo é formado principalmente pelas forças catabólicas que regem os movimentos dos planetas, estrelas e galáxias em expansão crescente.

A primeira evidência capaz de relacionar os movimentos da Lua com a força da gravidade que mantém presa a uma trajetória ao redor da Terra é bem antiga. O instrumento de Anticítera foi descoberto nos anos 90 e revelou-se que poderia fornecer, com antecedência, as fases da lua, seus eclipses e até a cor das suas fases. Achado por mergulhadores de esponjas que ao se abrigarem de uma tempestade perto da ilha de Anticítera acharam restos de antigo navio naufragado. Após anos de análises, o pequeno instrumento de bronze revelou o segredo das suas engrenagens sofisticadas (datadas 87 a.C.), que modelavam as órbitas circulares dos planetas e as fases da lua. Atribui-se a Arquimedes a invenção que é considerada o primeiro computador pela sofisticação de seus cálculos e



complexidade das engrenagens. Antes da renascença, o astrônomo Galileu Galilei foi primeiro a estudar a força da gravidade e associa-la às forças de separação presentes nos movimentos dos planetas. Iniciou seus estudos astronômicos, matemáticos e filosóficos se distanciando do conceito eclesiástico da centralidade da Terra. Primeiro, observou as manchas solares do sol e a aparição dos cometas com um telescópio construído por ele que era muito superior aos que circulavam na Europa em 1600. Depois, analisou o movimentos das mares com a influência da órbita lunar e, por fim, estendeu sua teoria aos movimentos dos objetos de artilharia, do pêndulo, do vento, das nuvens e do vôo dos pássaros. Observando o balanço de um lustre da Igreja em uma cerimônia em Pízza, Galileu observou a regularidade e oscilação do seu balanço a seus batimentos cardíacos. Iniciou seus experimentos pendulares que ajudaram a postular seu movimento regular mesmo com várias amplitudes de corda que foi incorporado a precisão dos relógios. Em 1852, o físico francês Jean Bernard Léon Foucault concebe uma experiência pendular para demonstrar a rotação da Terra conhecida como Pêndulo de Foucault. Finalmente, estava demonstrada e provada a rotação da Terra pelo desenho na areia elaborado por um pêndulo de 30kg foi fixado ao teto do Panthéon de Paris por um fio de 67 metros de comprimento. O ponto de vista relativo de Galileu se confrontava com o ponto de vista da Igreja Católica que estabelecia o observador na Terra com o universo se movimentando em volta dele. A inquisição causou muitos problemas dificultando a publicação de seus livros o que dificultou o desenvolvimento da física e do cálculo. Posteriormente, Newton e Laplace vão desenvolver as leis do movimento criadas por Galileu criando um mundo mecânico

formando a base da mecânica clássica onde o cálculo matemático poderia entender o mundo como uma máquina previsível, calculável e regido por um tempo cíclico. O modelo inspirador de Newton foi a maçã caindo em queda livre, aonde concluiu que força agindo sobre a maçã era a mesma que atuava entre a Lua e a Terra, a gravidade. Sua teoria unificou os movimentos do cosmo com os movimentos terrenos e avançou nos movimentos pendulares. Newton desenvolveu um sistema pendular de conservação de energia onde o choque de uma pequena esfera é transmitido para outras vizinhas propagando o movimento pendular, conhecido como berço de Newton que se tornou um brinquedo muito popular nos escritórios. Assim, as leis da natureza unificadas impulsionam o desenvolvimento da física relacionadas com o movimento de bases matemáticas que regem um modelo de mundo aparentemente sem sobressaltos, cíclico e contínuo. O modelo de Newton se confrontava com o modelo de um jovem cientista Albert Einstein que se debruçava em estudar a luz. Ao relacionar a luz com a gravidade imaginou um modelo de um lençol onde as massas dos planetas deformavam um espaço tridimensional, a essa deformação Einstein chamou de curvatura do tempo-espaço de Relatividade Geral que é a explicação da força gravitacional. O novo modelo explicativo o deixou muito popular e Einstein se ocuparia, em vão, na tentativa da unificação das outras forças: o eletromagnetismo. A explicação da Relatividade Geral se ajustava para as grandes escalas (Cosmos), mas tornava-se incompleta nas pequenas escalas, onde os materiais continham uma outra força atuava ao nível molecular que era o eletromagnetismo, que unificava e soldava elementos atômicos com uma força anabólica. As forças da eletricidade e do magnetismo haviam se unificado,

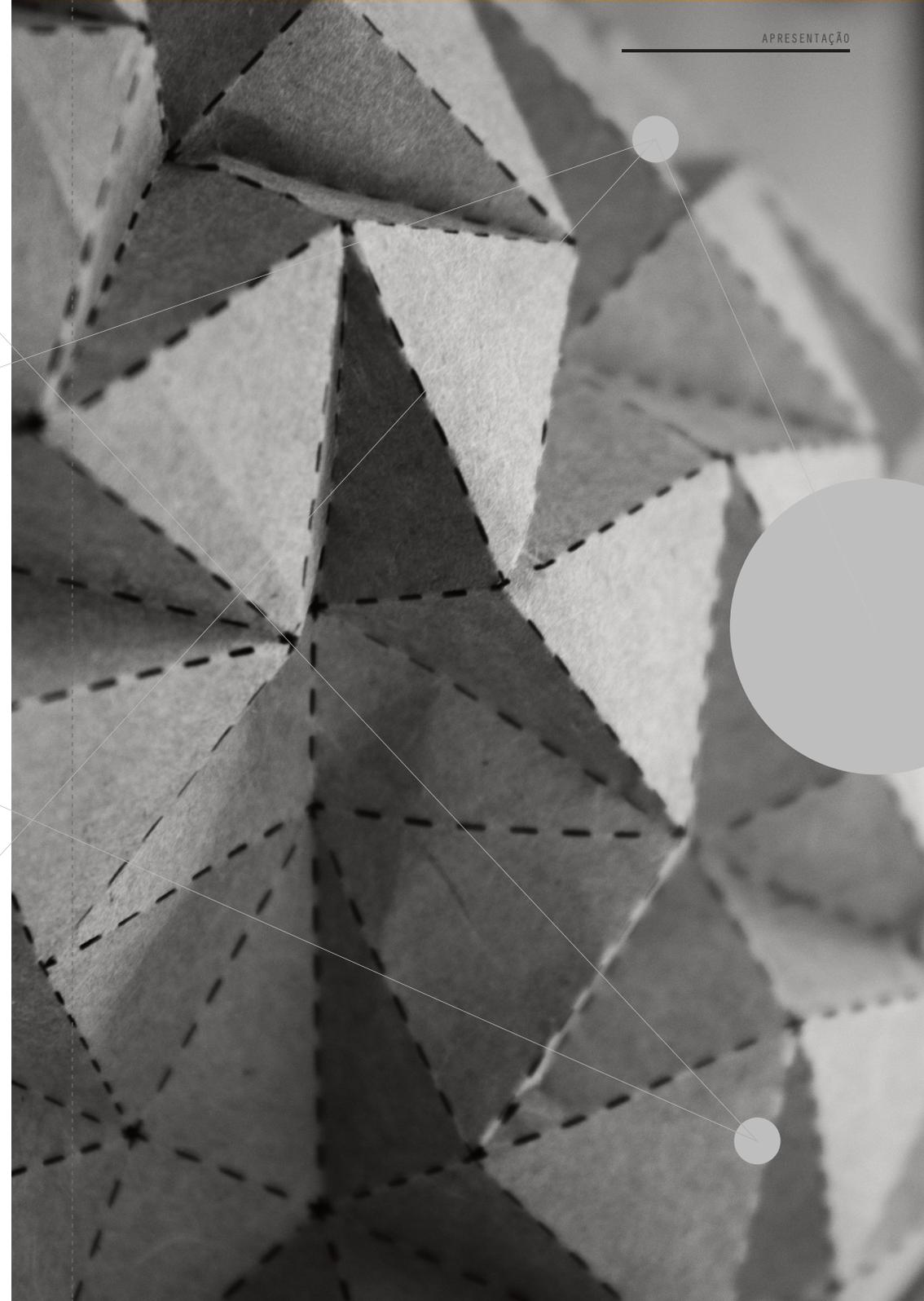
para Maxwell, em quatro elegantes equações. A mecânica quântica formulou um novo modelo explicativo para entender as leis que governam os átomos e elétrons que são os dados de um jogo de azar. Tudo ao nível da matéria se equivale a um jogo de azar, a probabilidade. O que levou Einstein a dizer a famosa frase "Deus não joga dados." Duas outras forças uma fraca e outra forte foram associadas ao nível molecular, inaugurando a era atômica, cujo poder foi o de liberar a força forte responsável pela primeira explosão atômica feita pelo homem. A unificação e a explicação da origem do universo seria aprofundada com o físico Stephen Hawking estudando o colapso das estrelas que formam buracos negros, a massa de toda estrela se concentra em um único ponto rompendo a deformação do espaço-tempo de Einstein. Nesse ponto a matéria sumiria e então seria possível que o universo surgisse do nada de forma equivalente ao desaparecimento das estrelas.

A sonhada unificação viria com a Teoria das Cordas, ao definir que pequenos filamentos de energia, ao nível atômico, na forma de cordas podem vibrar diferente e configurar elementos diferentes. Uma única corda básica seria a corda mestre e que delas derivam várias outras originando diferentes materiais. Ainda sem comprovação, a Teoria das Cordas define onze dimensões paralelas ao nosso mundo, o que faz pender mais para a filosofia se afastando da física.

Havia um outro grande problema, para duas órbitas o cálculo funcionava perfeitamente, mas ao introduzir um terceiro elemento as órbitas se tornavam instáveis e sem um cálculo previsível. Em 1889, o matemático francês Henri Poincaré descobriu que o problema da previsão das órbitas era imprevisível com pequenas alterações das condições iniciais, ou seja, a introdução do terceiro elemento. A descoberta do

"caos" das órbitas foi estendida para a natureza, uma pequena alteração do bater das asas de uma borboleta pode provocar eventos maiores como uma tempestade. O Efeito Borboleta elaborada pelo matemático Edward Lorenz, em 1963 e o Ponto de Virada colocaram abaixo o modelo de mundo previsível laplaciano, obrigando a física e a matemática abandonar o pêndulo e o relógio para modelos dinâmicos como as nuvens e o comportamento dos fluídos na termodinâmica. Após a Segunda Guerra Mundial, o computador se tornaria o modelo salvador que poderia explicar as crises econômicas, as trajetórias da balística, a ficção nuclear e padrões de caos da imprevisibilidade dos sistemas. O pêndulo articulado e seus movimentos caóticos é o modelo inicial de imprevisibilidade que abalaria os modelos lineares previsíveis. Seria mais tarde substituído pelo modelo da torneira pingando do Coletivo de Santa Cruz, o mais novo campo da Universidade da Califórnia nos EUA. O grupo também foi conhecido como Estranhos Atratores liderado pelo estudante Robert Stetson Shaw. No final dos anos 70, Shaw observou os resultados dos estados das Equações de Lorenz com ajuda do computador (analógico) em um gráfico tridimensional ao alterar o fluxo de uma torneira pingando, demonstrou com auxílio do vídeo a convergência em direção a algo que se chamou de atrator estranho. O modelo da torneira de Shaw contribuiu para unir pesquisadores de diferentes áreas (filosofia, física, medicina, e ecologia) em torno da imprevisibilidade dos sistemas rejeitando o modelo linear e previsível para o estudo de padrões e da complexidade. Na década de 80, as lógicas nebulosas se tornam uma febre, graças a computação gráfica podemos entrar e visualizar os padrões infinitos da lógica fractal e o modelo explicativo da lógica fuzzy seria o aparelho de ar-condicionado. O aparelho

injeta ar frio no sistema à medida que ele vai elevando sua temperatura, criando um ponto estável. O pêndulo invertido também pode ser estabilizado pela lógica nebulosa fuzzy, o Segueway é aplicação para locomoção sobre duas pequenas rodas equilibrada por um acelerômetro e lógica fuzzy permitindo sua movimentação através do equilíbrio assistido por micro controladores e motores que estabilizam o sistema. O pêndulo e suas variações é um modelo que desafia a gravidade, podemos explicar a evolução da compreensão dessa força em paralelo com a matemática a física e a filosofia. Sua importância aumenta na Arquitetura e no Design quando nos deparamos com a altura dos edifícios, a mobilidade urbana. Tanto o design como a arquitetura está abandonando a ideia de trabalhar com modelos estáticos em função do movimento. Desta forma, podemos fazer com que nossas casas, carros, edifícios e até estádios se tornem equilibrados em relação à luz, a ventilação e possuam movimentos controlados em tempo real. A modelagem por partículas têm fundamental importância no estudo do conforto térmico nas residências e na aerodinâmicas dos carros. Entender seu funcionamento através do pêndulo se torna fundamental para entender os fenômeno físico que está por trás do comportamento do som, da luz, do vento e do calor. O workshop Desafiando a Gravidade permite ver as equipes se debruçarem sobre diversos modelos construídos com o Arduino interligados com modeladores físicos e paramétricos aplicados em vários experimentos que ampliam a visão do estudante para a realidade que envolve os dias de hoje onde uma nova arquitetura se associa a algoritmos e modelos dinâmicos para dar conta da imprevisibilidade do clima e da consciência ambiental que devemos ter ao projetar.



# INTRODUÇÃO

GONÇALO CASTRO HENRIQUES

## O TEMA DESAFIANDO A GRAVIDADE

Há muito que o homem desafia a gravidade, construindo. As novas tecnologias trazem novas possibilidades técnicas e processos para construir. No entanto é necessário incorporar estes novos processos no conceito de projeto para superar a pura instrumentalização. Assim este workshop pretendeu continuar o desafio de superação da técnica pela técnica iniciado no workshop anterior «abrigos sensíveis». Neste workshop intensivo o LAMO e um grupo experiente de tutores definiram um contexto de projeto e conduziram os participantes no desenvolvimento e materialização de um projeto responsivo.

O workshop «desafiando a gravidade» focou-se na concepção e desenvolvimento de sistemas responsivos. Começou por apresentar uma contextualização teórica para mostrar como passar de uma visão objetual isolada das formas para uma visão das formas como parte de um sistema. Foram depois apresentadas possíveis aplicações em projeto deste princípio com mecanismos simples. Foi mostrado como esses mecanismos simples podem ser utilizados para desenvolver sistemas que interajam com o usuário. Os alunos receberam formação em projeto assistido por computador (CAAD), fabricação digital (CAM) e interação digital (Arduíno). Esta formação visou dotar os participantes de conceitos e instrumentos para com eles conceber, desenvolver, fabricar e montar uma estrutura responsiva.



## O METASISTEMA DO WORKSHOP: PESQUISA COLABORATIVA APLICADA

O trabalho desenvolvido no workshop foi suportado por um processo de pesquisa que o antecedeu. Esta pesquisa que demorou cerca de 2 meses teve a contribuição de diferentes intervenientes. Entre os intervenientes que também me incluem estão Andrés Passaro, Elisa Vianna, Rebeca Estrada, Carina Carmo, Clarice Rohde, Victor Sardenberg, Ernesto Bueno, Verônica Natividade, Lucas de Sordi, Daniel Lenz, Marlus Araújo e monitores do LAMO como Roberto da Costa, Gabriel Gaspar, Helena Burock, Julia Nodari, Camila Torres, Thiers Freire, Vinícius Lucena entre outros. Esta pesquisa foi desenvolvida em termos práticos e teóricos, mas tratou-se essencialmente de uma pesquisa aplicada. A pesquisa efetuada teve por objetivo desenvolver a base conceitual e operativa do workshop envolvendo diferentes áreas de conhecimento como a arquitetura, a teoria de sistemas, a programação, a robótica, a interação, o fabrico digital, mecânica entre outros. Neste caso tal como nos sistemas emergentes a interação dos elementos superou as propriedades individuais de cada ator. Sem esta interação e o interesse e dedicação dos participantes, não seria possível obter os resultados que motivaram a publicação deste livro.

Inicialmente foi proposta a definição de mecanismos tipo. Esta definição de arquétipos teve como base a estratégia do workshop anterior «abrigos sensíveis». Da interação do grupo de pesquisa e da identificação de exemplos foram definidos 5 mecanismos tipos. Estes mecanismos foram sendo afinados e traduzidos graficamente.

Enquanto os mecanismos eram afinados foi desenvolvido um estudo de algoritmos análogos para cada um desses mecanismos. Esta pesquisa foi coordenada e desenvolvida por mim com o Ernesto Bueno e a Verônica Natividade. Essa pesquisa permitiu definir exercícios de programação relacionados com os objetivos de projeto. Não se tratou assim de definir os mecanismos em sim mas de estudar diferentes processos como estes poderiam ser concretizados. Este procedimento é diferente da maioria dos workshops sobre programação em que são propostos e desenvolvidos exercícios genéricos. A tradução dos mecanismos na prática pensando como poderiam ser traduzidos fisicamente e com que material foi desenvolvida com a participação direta do Lucas de Sordi, Daniel Lenz e Marlus Araújo. Este desenvolvimento permitiu mapear os tipos de mecanismos e que material era necessário adquirir para os participantes no workshop.

Para estruturar o workshop foi necessário fazer escolhas e encontrar uma lógica geral. Essas escolhas foram sendo feitas em reuniões e trocando texto do conceito. Neste caso as decisões foram tomadas dentro de uma rede distribuída em que fui um dos catalisadores.

## ENQUADRAMENTO TEÓRICO DO WORKSHOP DEFINIÇÃO GEOMÉTRICA DA FORMA E O PROJETO

A definição geométrica que utilizamos influencia a maneira como projetamos. Os processos digitais e computacionais suportam novos tipos de geometrias, com base em novas definições matemáticas. A conceção do espaço e da forma euclidiana é diferente da geometria e espaço hiperbólico, ou do espaço paramétrico. A tradução desta geometria em forma física depende das ferramentas que utilizamos e como as utilizamos. Não é por acaso que a fabricação digital permite novos tipos de geometria. Finalmente a interação entre objetos também depende do modo de representação e da definição matemática. Os sistemas possuem partes que são organizadas por processos e que são mais do que simples objetos. A evolução tecnológica disponibiliza assim novos processos que permitem repensar o projeto integrando a conceção e manufatura digital nomeadamente para a definição de sistemas capazes de interagir com o meio e o usuário.

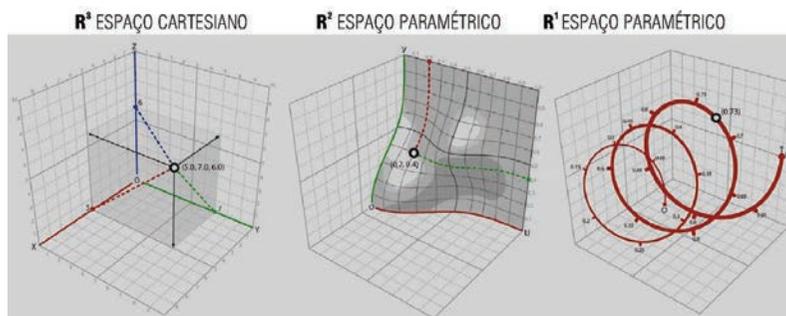
Na tentativa de identificar as diferenças entre a geometria euclidiana e topológica proponho o seguinte quadro de resumo:

geometria euclidiana	geometria topológica
elementos discretos	definições associativas
forma ideal regular	forma contínua fluida
referencial cartesiano	referencial paramétrico
espaço global infinito	espaço local dimensional
espaço neutro	espaço relacional forças
tempo contínuo (newton)	tempo simultâneo (einstein)
operações isométricas	transformações topológicas

Resumo das diferenças entre a geometria euclidiana e geometria topológica, Gonçalo Henriques 2015.

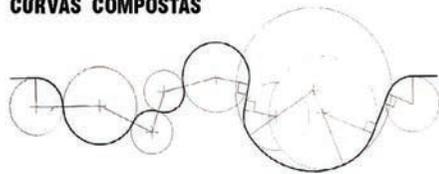


Primitivas geométricas da geometria euclidiana (Séc. II a.C.), geometria plana, hiperbólica e esférica (Séc. XIX); geometria diferencial (Séc. XIX).



Referencial cartesiano e paramétrico: a definição de um ponto por coordenadas absolutas (espaço cartesiano) e a definição de um ponto num espaço local por parâmetros com uma ou duas dimensões (espaço paramétrico); Imagem original David Rutten 2004.

### CURVAS COMPOSTAS



### CURVAS CONTÍNUAS



Duas definições computacionais de uma curva composta: curva simples composta e curva spline tipo NURBS, imagem com base em original de Greg Lynn, 2000.

## DA FORMA ESTÁTICA PARA AMBIENTES DINÂMICOS, DE FORMA PARA FORMAÇÕES

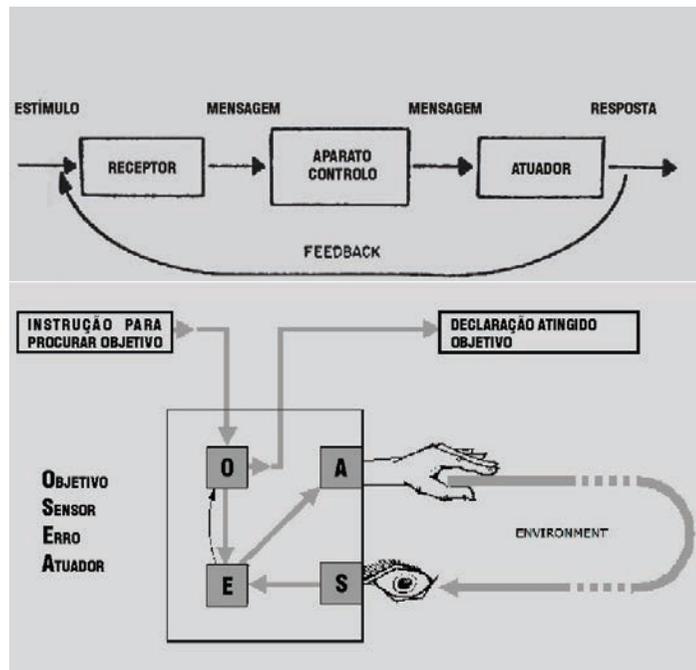
A visão objetual da forma como objeto isolado ou como conjunto articulado de partes está associada ao desenvolvimento do conceito sistema. Foi apresentado um breve resumo sobre sistemas responsivos .

A teoria geral dos sistemas e a disciplina da cibernética trouxeram novos contributos matemáticos para a definição de sistema. A definição matemática de um sistema é independente de ser um sistema vivo ou de sintético. Foi referida a contribuição de Ludwig Von Bertalanffy com a teoria geral dos sistemas (1952-1968) como reação ao reducionismo e causalidade restrita, promovendo o holismo e a multicausalidade. A visão de organismo em que o todo é maior que a soma das partes, levou ao desenvolvimento de leis gerais de sistemas sejam eles naturais, artificiais, sociais, etc. Foi destacado também o desenvolvimento da teoria do controlo de sistemas, a cibernética, por Gordon Pask (1969).

A teoria dos sistemas está focada na definição da interação estabelecida entre as partes do conjunto e que suplantam as propriedades individuais de cada objeto. A geometria teve uma evolução matemática que permite incluir esta definição. Efetivamente, a evolução geométrica da definição com objetos euclidianos num espaço infinito para a geometria topológica de campos permite definir relações associativas entre elementos geométricos. Permite por exemplo definir superfícies (espaços locais) compostas por componentes relacionados entre si, e nesse sentido um sistema. É assim possível conceber geometrias com uma base

conceitual diferente como alternativa à geometria euclidiana, em que cada objeto é definido de maneira isolada e colocado no espaço infinito e neutro através de coordenadas cartesianas. Esta passagem está relacionada com a passagem da física considerando os objetos separadamente para a física que considera campos de forças e as interpelações entre as partes.

Nesse sentido foi sugerida a utilização de uma definição genérica de sistema como sendo um conjunto de elementos inter-relacionados com um objetivo comum. Foi mostrado como a geometria e as definições de sistema permitem passarmos de um visão da forma num referencial neutro e estático, para um ambiente relacional dinâmico.



Mecanismo simples de feed-back baseado em esquema original de Ludwig Von Bertalanffy (1950-64) e mecanismo orientado por objetivo esquema original Gordon Pask (1968)

## MECANISMOS E SISTEMAS EMERGENTES

O desenvolvimento de sistemas e de formações foi feito utilizando mecanismos. John Holland define um mecanismo como um dispositivo que responde a ações (ou entrada informação) processando esse input produzindo ações como resultado (saída de informação) como resultado ou output. Num certo sentido esta definição está relacionada com a definição de sistema proposta por Bertalanffy para um sistema. Holland providencia uma descrição de mecanismos mais operativa citando exemplos desde os gregos (alavancas simples), passando pelos árabes (relógios e mecanismos dentados) até aos processos computacionais (Jogo da vida Conway).

Estes diferentes mecanismos têm diferentes lógicas e representações. O primeiro mecanismo é o mecanismo da alavanca, que já existe desde os gregos, mas traduzido numa fórmula que adquire vários resultados (ou estados) de acordo com os parâmetros que lhe são atribuídos. O segundo mecanismo está associado à descrição das órbitas esféricas dos pêndulos por Huygens (Séc. XVII); este mecanismo aqui descrito geometricamente é baseado no movimento gerado pelo peso próprio de um pêndulo que aciona um mecanismo “tipo gafanhoto” que movimenta uma roda dentada de um relógio analógico. O terceiro mecanismo é baseado em autómatos celulares, que traduzem regras analógicas em regras matemáticas digitais definem regras produzindo resultados emergentes.

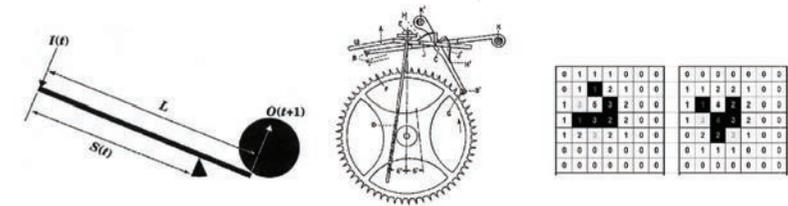
Os materiais possuem também regras que sendo explicitadas podem ser traduzidas em mecanismos com estados que podem gerar resultados emergentes. Um exemplo

da utilização desta metodologia é o trabalho de pesquisa de Achim Menges iniciados alguns anos atrás e que resultou na fundação do centro de Estugarda.

Sendo o processo generativo um tema aparentemente complexo, neste workshop optou-se por mostrar sistemas materiais com componentes já existentes – ainda que imóveis na maioria. Estes sistemas apesar de imóveis possuíam configurações sugestivas que permitiam antever mecanismos simples capazes de adquirir diferentes estados. A ideia foi utilizar a teoria da emergência dos sistemas de que falam entre outros Johnson, Holland ou Weinstock que definiram com através de simples condições locais se podem gerar processos complexos, em que as possibilidades de comportamento não podem ser aferidas pelas propriedades das partes, em que o resultado da interação supera as propriedades dessas partes separadas. Weinstock destaca o fundo matemático desta teoria e Holland mostra como utilizar estes princípios em computação.

#### TECTÓNICA: SISTEMAS FORMAIS, MATÉRIA E TECNOLOGIA

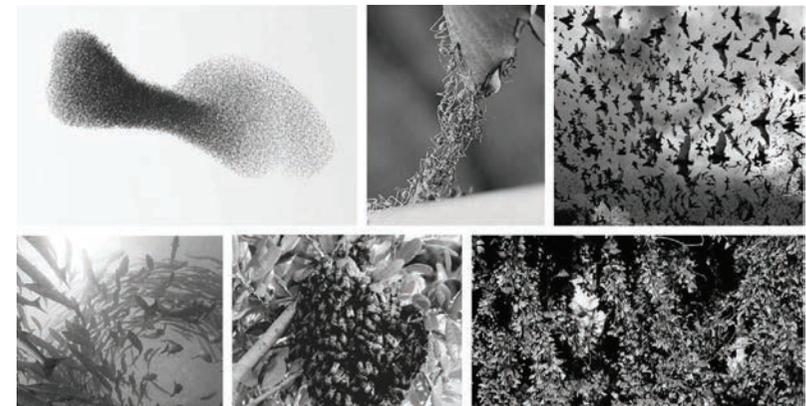
Desde que começou a construir, o homem utilizou a tecnologia para criar um novo solo sobre a terra. Ao construir o homem organizou o espaço, estabelecendo uma nova ordem que contrasta com a desordem da natureza vista como um caos. Esta visão idealista está expressa na geometria clássica que define os sólidos platónicos como expressão da razão humana. Os sólidos platónicos são formas ideais inexistentes nas natureza e através das quais o homem afirma a sua supremacia sobre a natureza. O espaço cartesiano é organizado através de uma grelha com dimensões. Nesse tipo de espaço as formas platónicas são objetos isolados num espaço neutro.



Mecanismos: alavanca definida parametricamente; representação geométrica de pêndulo e mecanismo gafanhoto atuando em roda dentada de um relógio; autómato celular Conway baseado em regras simples, dois estados consecutivos.



Regras formação de materiais: exemplos naturais de formações geométricas de minerais resultantes de processo físico-químicos. Fotografias do autor CETEM Junho 2015.



Sistemas auto-organizados na natureza diferentes exemplos de como a interação das partes permite resultados que superam as propriedades individuais. Cardume de peixe, colônia de formigas, bando de morcegos, cardume de peixes e colônias de abelhas. Fotos várias recolhidas da internet, Gonçalo Henriques, 2013.

Com a descoberta da relatividade, o tempo passa a estar incluído no espaço e modificá-lo. Afinal tudo está relacionado! No pós-racionalismo científico a relação uni causal dos acontecimentos começa a ser questionada. Nos anos 50 Von Bertalanffy define as leis da teoria geral dos sistemas. A relação entre as partes influencia o todo e vice-versa, o todo influencia as partes. A causalidade de objetos únicos passa a ser posta questionada e são procuradas leis e relações comuns a todos os fenômenos, sejam físicos, biológicos, elétricos ou matemáticos. Estas ideias tiveram um desenvolvimento matemático e geométrico que influenciando a definição de elementos no espaço, e no tempo.

A passagem de objetos isolados para elementos interligados, ou a passagem de formas para formações. Quando um conjunto de objetos é influenciado pelas forças de um ambiente e com ele interage, esse conjunto altera-se, e o espaço também. Assim a forma deixa de ser um elemento que se impõe e faz tábula rasa sobre o ambiente, mas é resultado desse ambiente. Quando uma força afeta diferentes elementos, de acordo com a distância no espaço e ao longo do tempo, a forma e o contexto deixam de estar separados.

Pensando nestas relações entre contexto e espaço pretendeu-se desenvolver superfícies que respondessem ao seu contexto. O desafio foi definir superfícies mutáveis, constituídas por conjuntos de objetos capazes de interagir no espaço com forças provocadas pelo homem. O material escolhido e a geometria influenciam a relação destas superfícies com o contexto.

Com a técnica o homem conseguiu aproveitar as forças para criar as suas máquinas mutáveis. Vitruvius incluía as máquinas da guerra no seu tratado de arquitetura. Hoje propomos esquemas de movimentos para alterar superfícies, que são como máquinas que respondem ao contexto. As máquinas podem surgir do contexto ou das forças que o habitam, para transformarem superfícies. A geometria dirá se são superfícies contextualistas ou não. No entanto ao reagirem a estas forças, independentemente da sua direção ou magnitude, estarão reagindo à gravidade.

#### METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO PROJETO

O objetivo deste workshop foi desenvolver sistemas capazes de interagir com o contexto, desafiando a gravidade. Foi associada uma reflexão teórica a uma capacitação técnica para conceber sistemicamente superfícies responsivas. Estas superfícies foram definidas geometricamente e materialmente para se adequarem aos estímulos no momento. Cada grupo foi desafiado a conceber, desenvolver e construir um projeto específico partindo de um de 5 mecanismos sugeridos.

Foi sugerido como as superfícies poderiam ser concebidas utilizando uma linguagem contextualista ou radicalmente diferente do solo em se situam. O material escolhido e a sua geometria, assim como as partes se combinam para formar o todo definem uma linguagem para materializar os mecanismos dados.

Foram apresentados exemplos práticos construídos de projetos utilizando contextualismo/contraste entre solo e objeto. Foram apresentadas algumas aplicações práticas utilizando diferentes geometrias, materiais e lógicas.

Finalmente foram abordados os estímulos a que cada superfície deveria responder e como tal poderia ser incluído no projeto a desenvolver. Procurou-se que cada mecanismo fosse associado a um material físico escolhido e à articulação entre as suas partes, definindo assim uma geometria. Uma boa articulação entre a geometria, o material escolhido e os estímulos permite definir projetos coerentes. O objetivo foi obter resultados complexos a partir da combinação de elementos simples. Assim sugeriu-se que as partes fossem elementos simples como tijolos ou perfis de madeira respondendo a estímulos resultando em formações complexas.

#### PRINCÍPIO AÇÃO-REAÇÃO FORMA

Cada projeto, «Desafiando a Gravidade», procurou definir um estímulo afetando a superfície. O tipo de estímulos pensados foi a aproximação humana, a luz, o som, magnetismo, etc. Este estímulo deveria ser associado a outro estímulo inverso para que a forma se reajustar: se a luz provoca que uma superfície se abra, a sua ausência causará o seu fechamento. O princípio dos movimentos físicos desenvolvidos está para além do digital. Ou seja, exigiu testar a construção material e como as suas características e limitações modificam a definição inicial abstrata, encontrando um compromisso, definindo uma solução num espaço e num tempo específico.

O princípio da ação e reação ajudou a definir a relação entre as superfícies propostas e o solo. A interação entre as partes da superfície depende de propriedades físicas como densidade ou leveza. Foi sugerido que se definissem superfícies naturais ou artificiais, de pedra, madeira, orgânicas, densas ou

leves. O que as deveria diferenciar seriam suas capacidades e propriedades como permeabilidade, capacidade de agregação, concentrando ou libertando os seus componentes.

#### PROCESSO TRABALHO PROPOSTO

Para que a pesquisa de cada grupo fosse mais focada nos sistemas responsivos do que na forma em si, foi proposta uma estratégia de procura de soluções. A estratégia resumidamente considerou as seguintes etapas:

- 1 - Diagrama de movimento
- 2 - Geometria / Materialidade da superfície a criar. Definição dos componentes e material (MDF, isopor, acrílico, etc.)
- 3 - Estímulo associado à força (luz, som, humidade, temperatura)

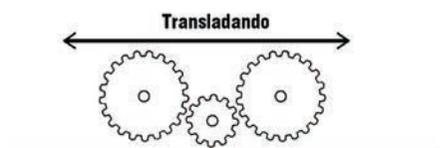
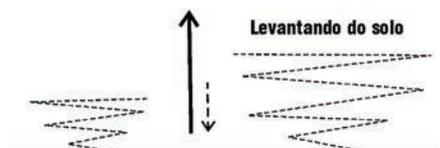
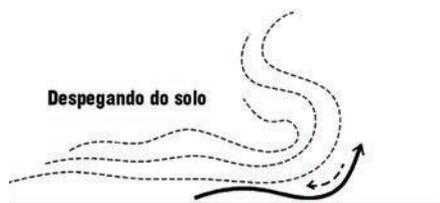
Assim cada grupo utilizou como base um dos movimentos propostos no diagrama. Pensando na força associada procurou definir geometricamente uma superfície constituída por componentes que reagindo a essa força. Finalmente foi definido o estímulo relacionado com essa força, antevendo como este poderia ser transmitido.

Seguindo a base teórica pretendeu-se privilegiar a utilização de elementos simples capazes através da combinação gerar associações complexas, em que o todo fosse mais que a soma das partes. Uma boa associação entre a força, a geometria/ material e estímulo resultaria num projeto coerente.

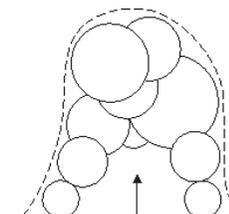
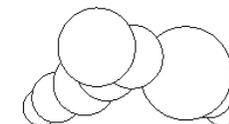
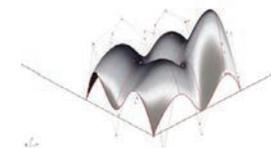
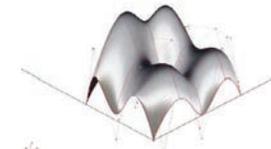
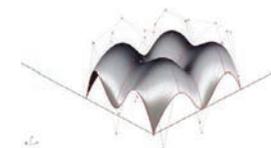
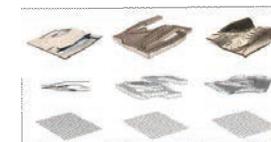
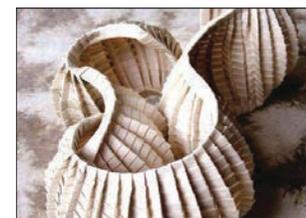
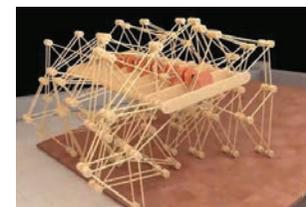
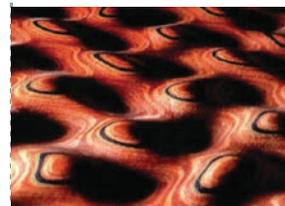
O objetivo final foi o de conceber uma superfície articulada que fosse responsiva. Foi pedido a cada grupo um modelo físico funcional da proposta com a dimensão máxima de 50x50x50 cm.

ESQUEMAS MOVIMENTO: FRAME-WORK TRABALHO

Os esquemas propostos conforme descrito foram definidos no metassistema do workshop. Serviram de base para cada grupo desenvolver a sua proposta.



Tipos Mecanismos de movimento e exemplos materiais e de linguagem.



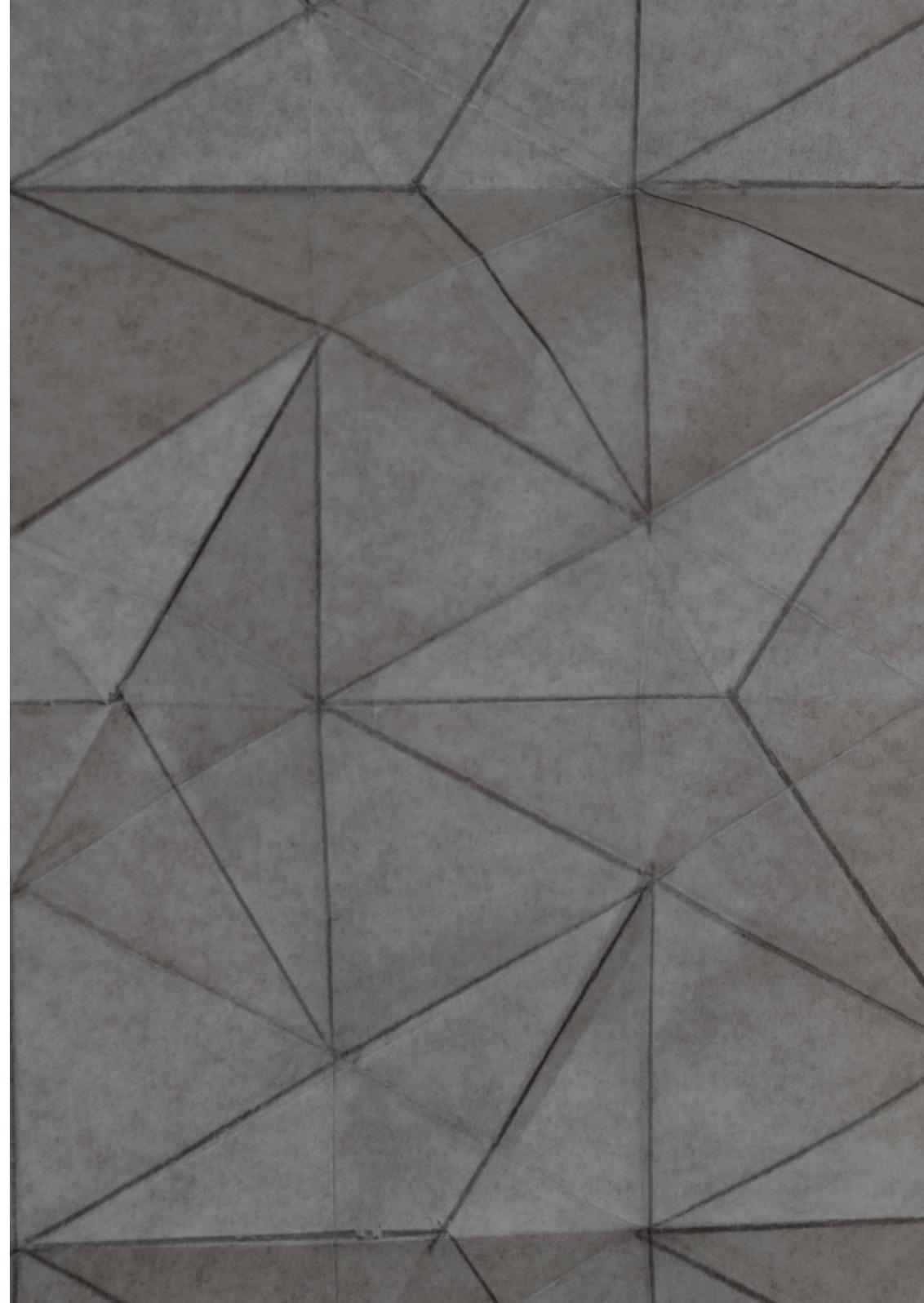
## DISCUSSÃO: BREVE COMENTÁRIOS SOBRE RESULTADOS

Seção em desenvolvimento sobre os resultados...

## BIBLIOGRAFIA

Adicionar a bibliografia consultada e de referência

1. Passaro, Andrés; Henriques, Gonçalo Castro; "Abrigos Sensíveis, do método ao conceito, superando a instrumentalização", XIX Congresso Ibero-Americano de Gráfica Digital, Informação de Projeto para a interação, Alice T. Pereira e Regiane Pupo (eds) , Blucher Publishing, Florianópolis UFSC, Novembro 2015, pp. 94-100, ISBN: 978-85-8039-136-7 DOI 10.5151/despro-sigradi2015-30155. Ver também <https://vimeo.com/126453671>
2. Henriques, Gonçalo Castro; "Sistemas responsivos: relevância, estado da arte e desenvolvimentos", XIX Congresso Ibero-Americano de Gráfica Digital, Informação de Projeto para a interação, Alice T. Pereira e Regiane Pupo (eds) , Blucher, Florianópolis UFSC, Novembro 2015, pp. 200-206, ISBN: 978-85-8039-136-7, DOI 10.5151/despro-sigradi2015-60042 (Texto posterior alargado)
3. Holland, John, Constrained Generating Procedures, Emergence: From Chaos to Order, Perseus Books (Reading, MA) , 1998, pp 125- 42.
4. Imagem retirada de "Grasshopper Escapement Long Case Clock" disponível em <http://www.meccanotec.com/grasshop.html>
5. Grasshopper Escapement Long Case Clock em <http://www.meccanotec.com/grasshop.html>



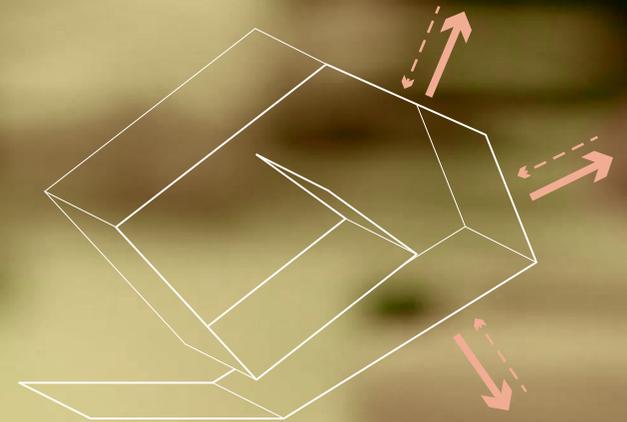
Despregando do Solo

LABIRINTO DE AREIA



Desdobrando do Solo

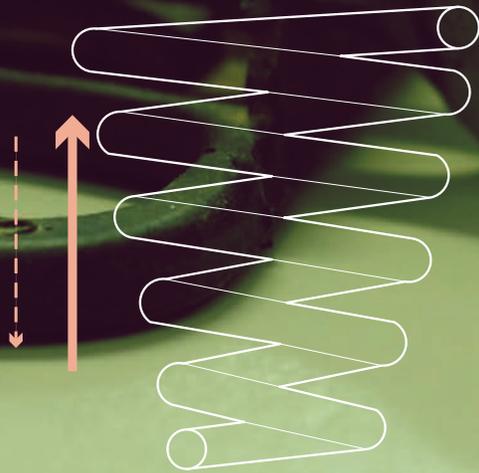
BURACO DA MINHOCA



MECANISMOS DE TRABALHO

Levantando do Solo

O TEMPO LEVANTOU



Enrolando do Solo

NEONASTIA



# LABIRINTO DE AREIA

DESPEGANDO DO SOLO



*"Ó REI DO TEMPO E SUBSTÂNCIA E CIFRA DO SÉCULO!, NA BABILÔNIA DESEJASTE QUE EU ME PERDESSE NUM LABIRINTO DE BRONZE COM MUITAS ESCADAS, PORTAS E MUROS; O PODEROSO TEVE POR BEM QUE EU AGORA TE MOSTRE O MEU, ONDE NÃO HÁ ESCADAS A SUBIR, NEM PORTAS A FORÇAR, NEM CANSATIVAS GALERIAS A PERCORRER, NEM MUROS PARA IMPEDIR A PASSAGEM". LOGO DEPOIS, DESAMARROU-O E O ABANDONOU NO MEIO DO DESERTO, ONDE ELE MORREU DE FOME E SEDE. A GLÓRIA ESTEJA COM AQUELE QUE NÃO MORRE.*

JORGE LUIS BORGES, OS DOIS REIS E OS DOIS LABIRINTOS.

## PARTICIPANTES:

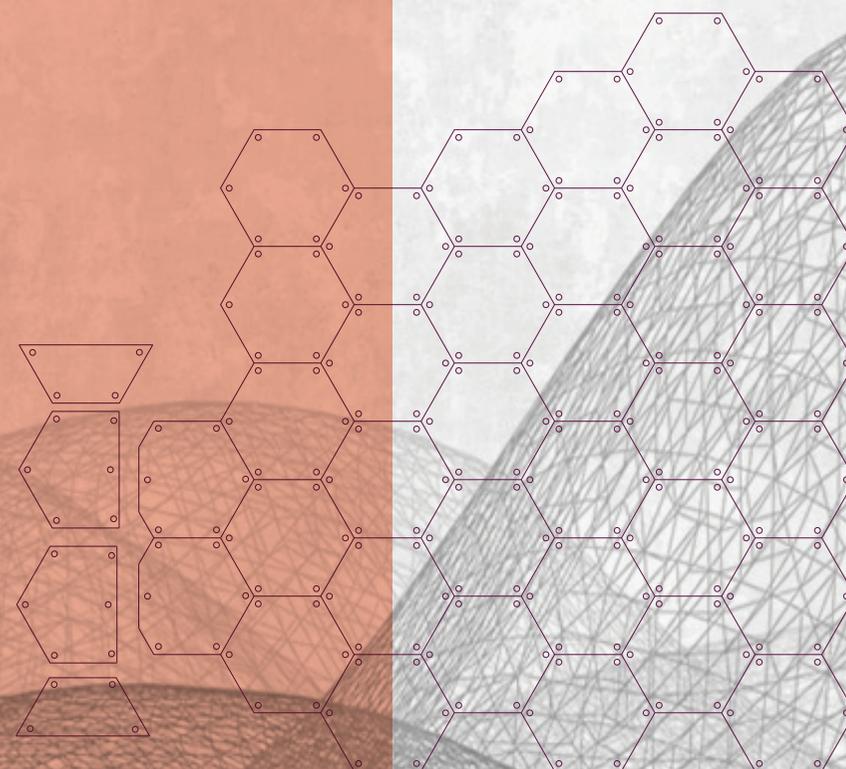
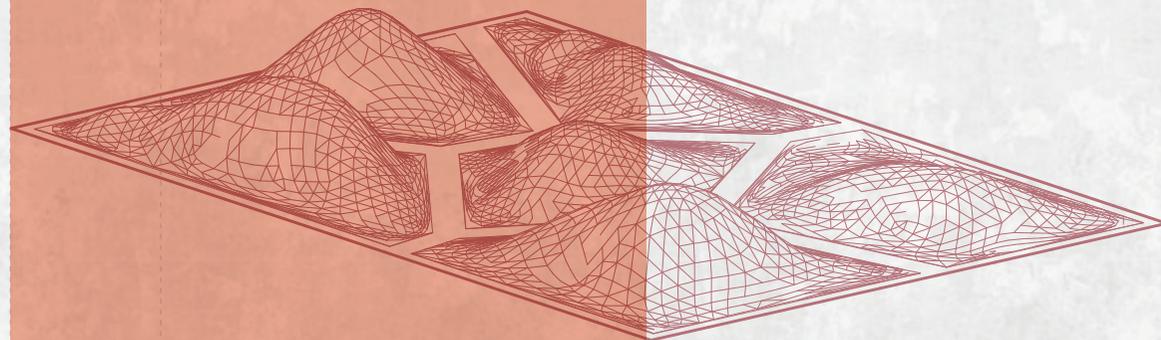
CAMILA PEREIRA RODRIGUEZ  
ISADORA TEBALDI  
LINA LOPES DA PAZ  
LUCIANO FARIA  
RAQUEL MAGALHÃES LEITE  
THOMAZ VIEIRA

## MATERIAIS:

MDF, PAPEL PARANÁ, PAPEL CRAFT, LYCRA, ACRÍLICO  
COMPONENTES ELETRÔNICOS:  
6 SERVOS MOTORES, ARDUINO UNO, PROTOBOARD

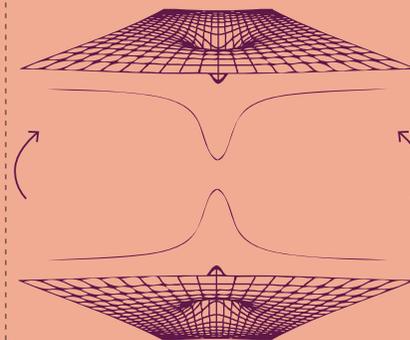
## FABRICAÇÃO:

CORTADORA A LASER E IMPRESSORA 3D  
PRODUÇÃO: 4 SUPERFÍCIES, 4 ROLDANAS, 1 MODELO FINAL EM FUNCIONAMENTO

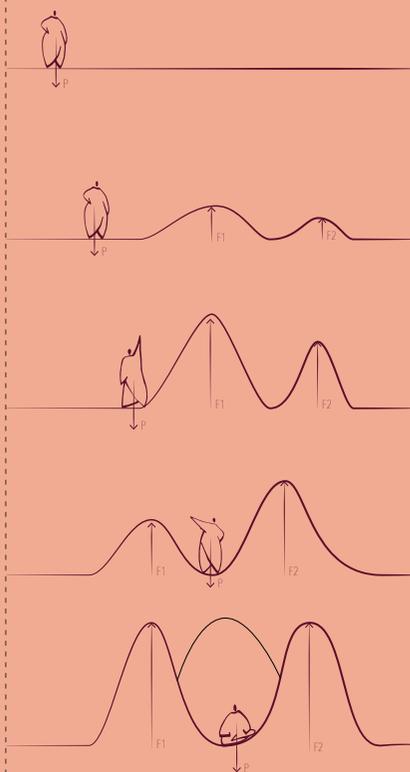


“O HOMEM CRIA SEU PRÓPRIO LABIRINTO AO CAMINHAR.”

O Labirinto de Areia inspirado por Borges e suas dunas, foi concebido como um espaço-tempo sem referências geográficas, uma armadilha do deserto que desafia a gravidade ao extrapolar a Terceira Lei de Newton de ação e reação. Nesse labirinto, as leis da natureza são distorcidas pelo homem e sua tecnologia, e a reação que segue uma ação é levada ao extremo, causando o despregamento desse solo. O agente, o desavisado que adentra esse espaço, a ação, o caminhar, a reação, a gravidade que tem sua força reativa potencializada, causando a elevação do solo e a formação de dunas. É a própria deformação do espaço-tempo descrita por Einstein que surge aos olhos. O homem cria seu próprio labirinto ao caminhar.



A DEFORMAÇÃO DO ESPAÇO-TEMPO PELA GRAVIDADE FOI TRADUZIDA EM UMA DEFORMAÇÃO TOPOLÓGICA EM QUE AS CURVAS DE NÍVEL APARECEM.

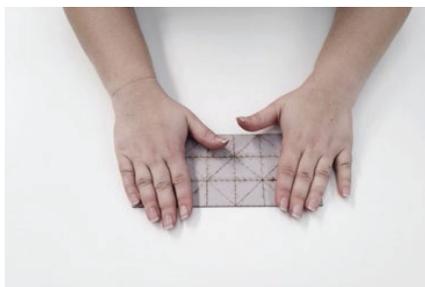


AÇÃO E REAÇÃO: A AÇÃO DO PESO DO AGENTE SOBRE O SOLO ESTIMULA A INVERSÃO DA FORÇA GRAVITACIONAL, CAUSANDO A DEFORMAÇÃO DO TERRITÓRIO E CRIANDO UM LABIRINTO DINÂMICO AO CAMINHAR.

A materialização das dunas passou por uma investigação de malhas e geometrias ladrilhadas. A superfície final foi uma combinação entre uma malha elástica deformável e geometrias costuradas a ela para dar rigidez à superfície estática. Essas placas geométricas constituem uma analogia às placas tectônicas, em que o movimento de uma influi diretamente na outra.

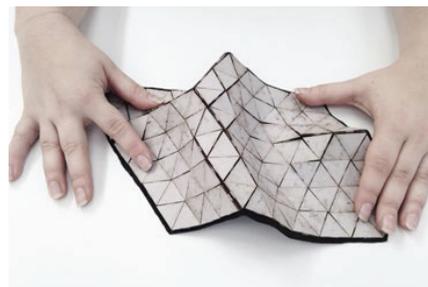
X

POUCO MALEÁVEL



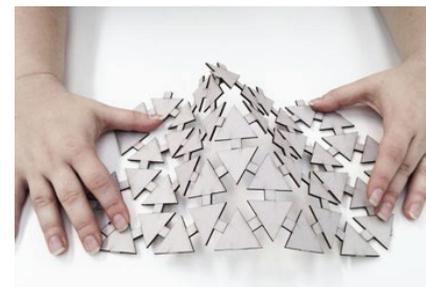
X

POUCO ELÁSTICA



X

BAIXA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO



✓

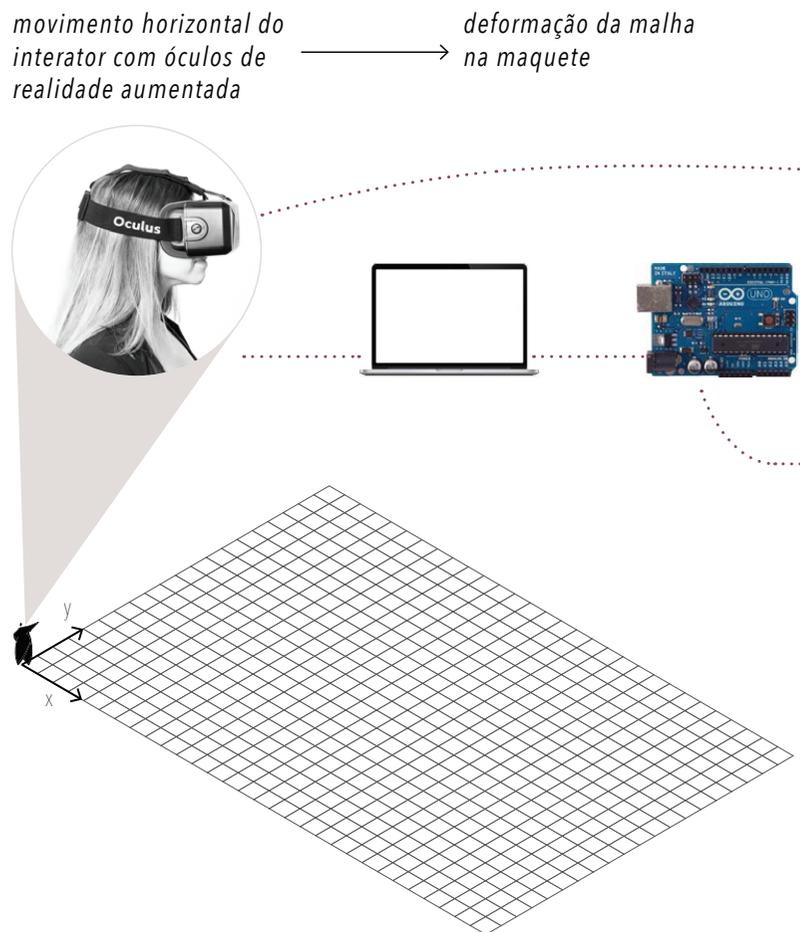
RIGIDEZ + ELASTICIDADE



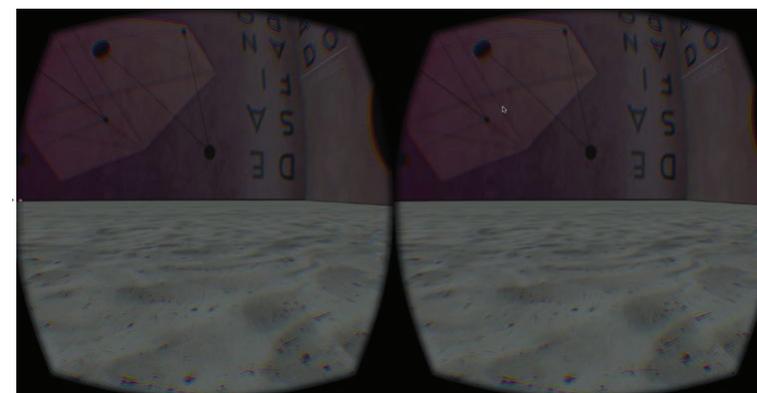
TESTES DE MATERIAS E DE PARTIDOS GEOMÉTRICOS PARA A ESCOLHA DE UMA MALHA ELÁSTICA E RESISTENTE.

São seis dispositivos distribuídos pelo modelo, cada um com sua área de influência, que são acionados de acordo com o deslocamento do agente que interage com a obra.

A ativação do sistema foi feita através de um ambiente virtual, onde o agente vivencia o espaço através da realidade aumentada. Ao caminhar pelo espaço real, o espaço virtual é alterado, assim como o modelo físico em escala.



A INTERAÇÃO VIRTUAL FOI FEITA ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DO ÓCULOS COM O UNITY, QUE ENVIA INFORMAÇÃO PARA O ARDUÍNO QUE ACIONAR O MECANISMO. NO AMBIENTE VIRTUAL, A INTERAÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA É FEITA ATRAVÉS DO GRASSHOPPER.



Dentre os mecanismos de funcionamento possíveis foi adotada a engrenagem, que passou por remodelações até alcançar seu máximo potencial de subida para o torque do motor servo disponível.

X

BAIXA AMPLITUDE



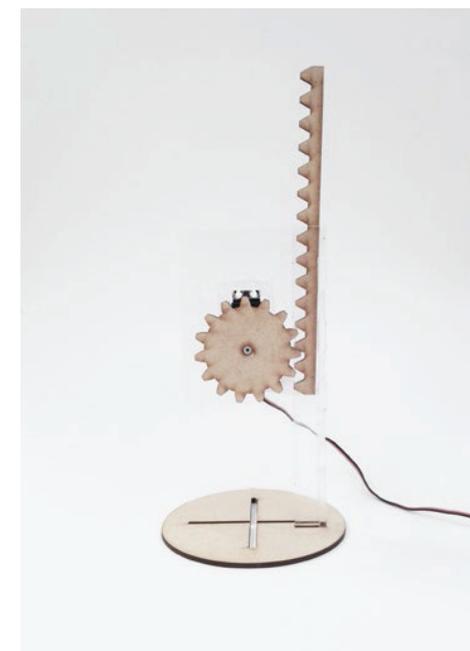
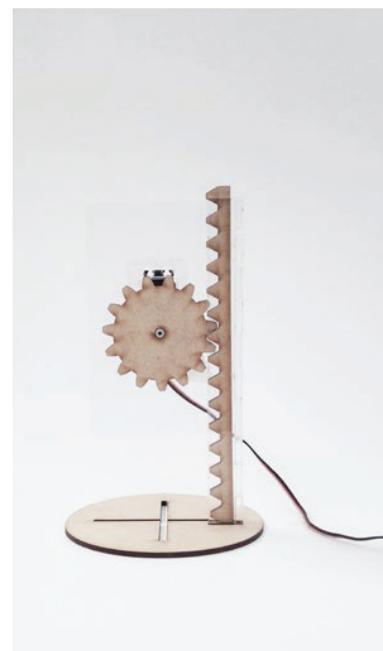
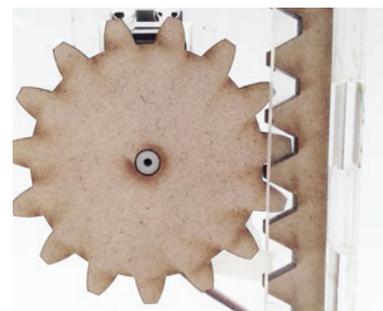
X

VARIÇÃO EIXO-Y



✓

PRECISÃO + AMPLITUDE



ESCOLHA DO MELHOR SISTEMA DE MECANISMO.

### AXONOMÉTRICA EXPLODIDA

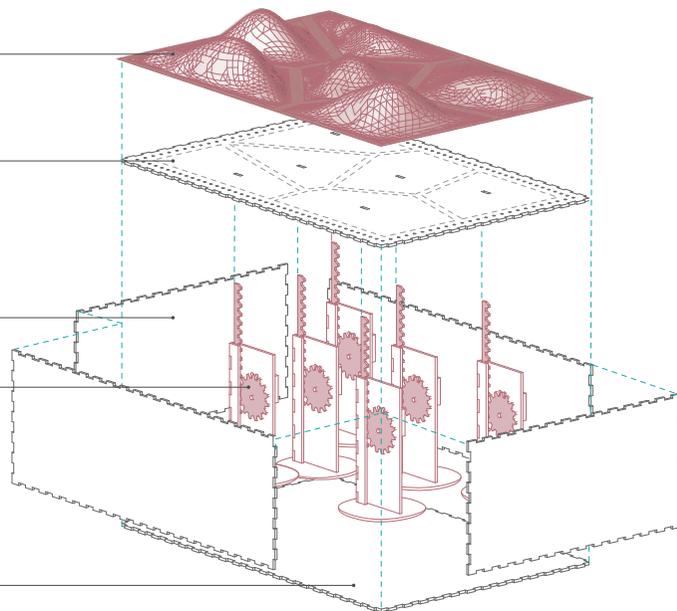
*solo: malha elástica + módulos rígidos*

*tampo em acrílico com furos para passagem das réguas dentadas e fixação dos caminhos*

*fechamentos em acrílico*

*engrenagens conectadas aos servos motores*

*base em acrílico*



### COMPONENTES: DETALHES

*régua dentada em mdf*

*apoio para deslize da régua dentada em acrílico*

*fechamento trilho em acrílico*

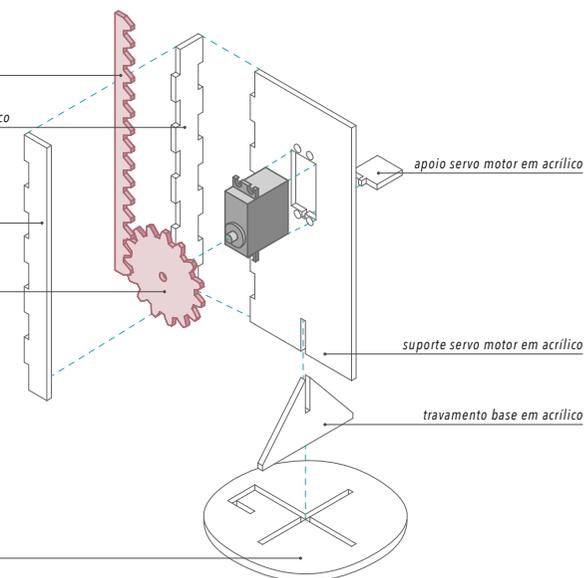
*engrenagem em mdf*

*apoio servo motor em acrílico*

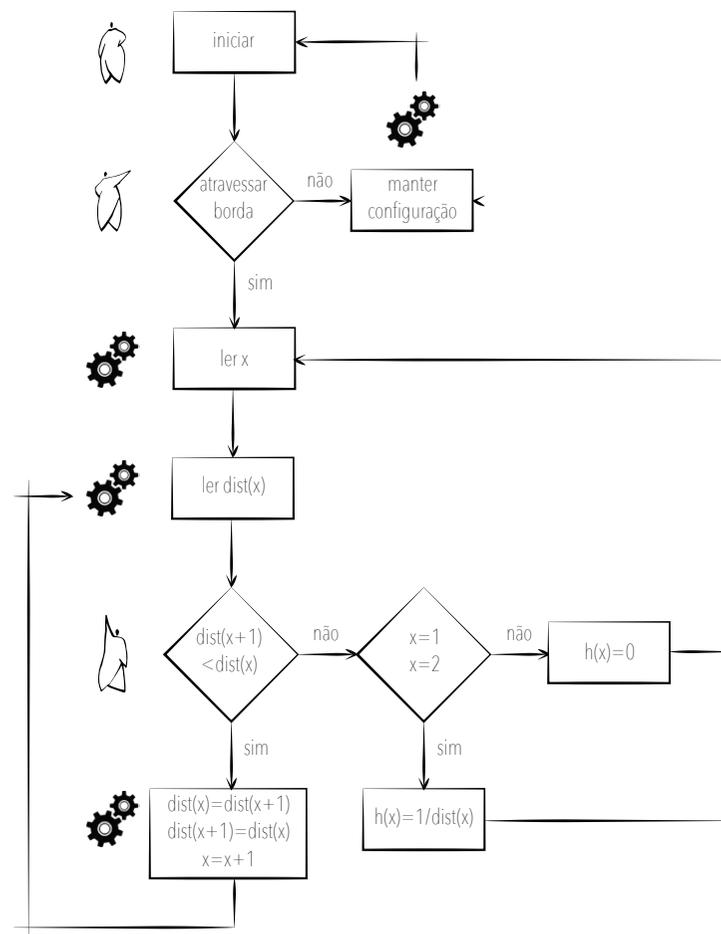
*suporte servo motor em acrílico*

*travamento base em acrílico*

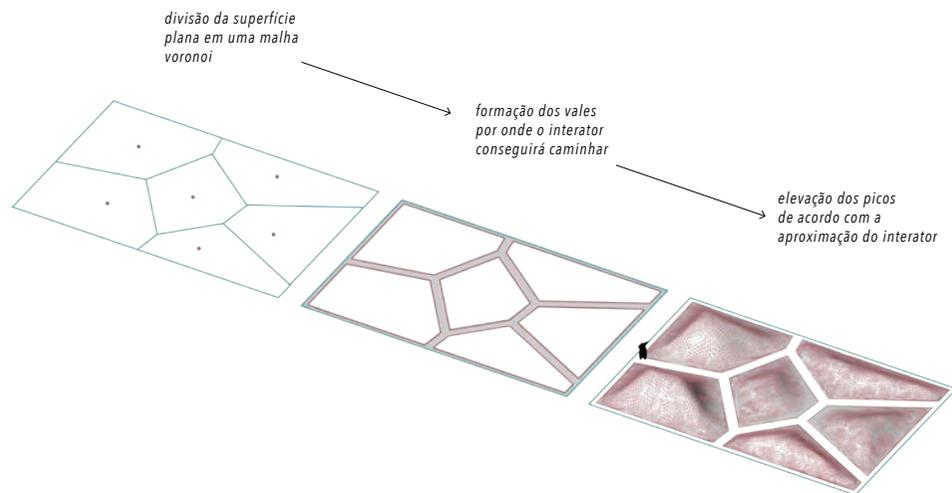
*base do mecanismo em mdf*



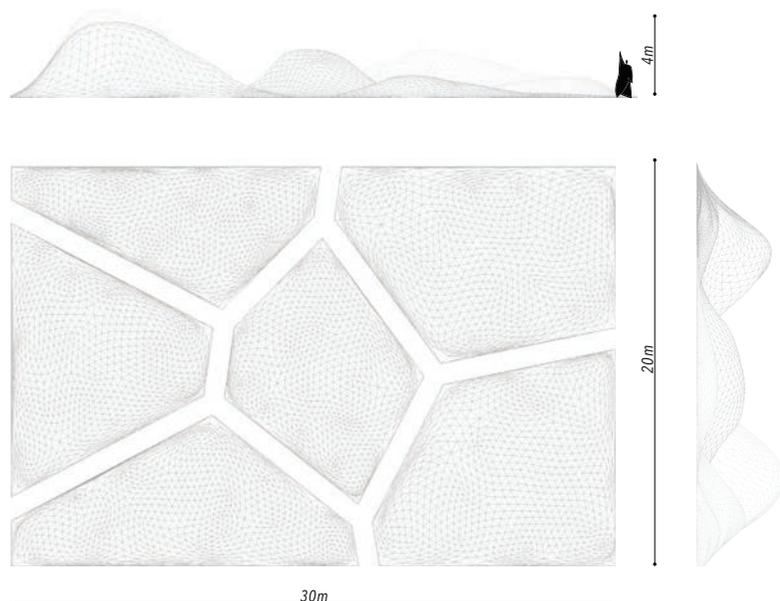
### PSEUDOCÓDIGO



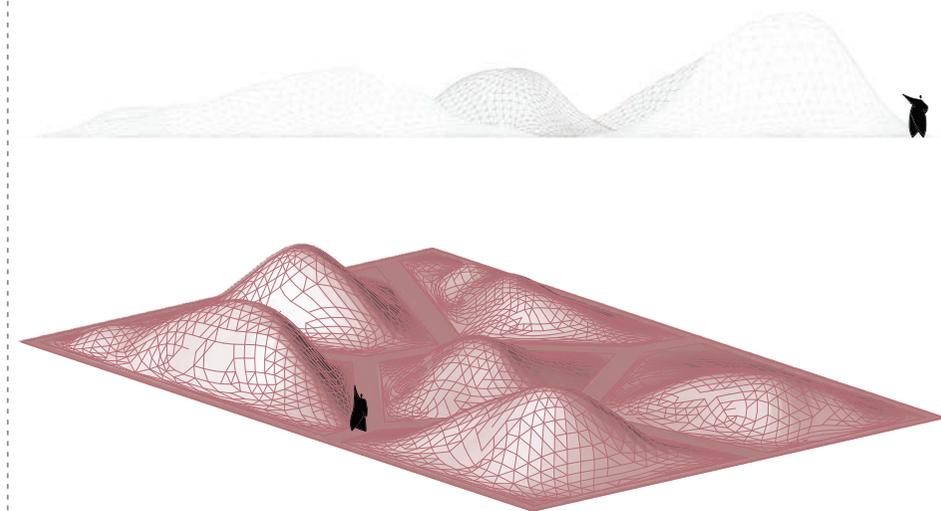
MODELAGEM PARAMÉTRICA



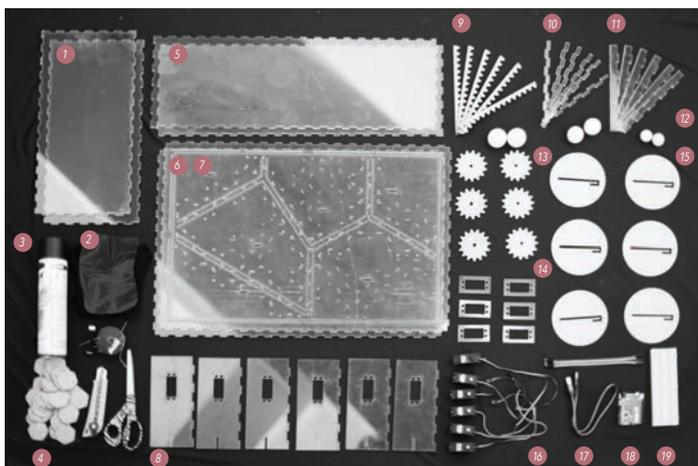
DESENHOS



ESCALA HUMANA



## QUANTIFICAÇÃO DAS PEÇAS



- 1 (2x) laterais em acrílico 20x400
- 2 (1x) malha elástica
- 3 (1x) spray preto
- 4 módulos hexagonais mdf+craft
- 5 (2x) frente em acrílico 20x600
- 6 (1x) base em acrílico 400x600
- 7 (1x) tampo em acrílico 400x600
- 8 (6x) suporte vertical em acrílico
- 9 (6x) régua dentada em mdf
- 10 (6x) encaixe 1 em acrílico
- 11 (6x) encaixe 2 em acrílico
- 12 (6x) bolas de isopor
- 13 (6x) engrenagens em mdf
- 14 (6x) suporte servo em acrílico
- 15 (6x) base mecanismo em mdf
- 16 (6x) servos motores
- 17 (1x) cabo usb
- 18 (1x) arduino uno
- 19 (1x) protoboard

A ESTRUTURA DO MODELO FOI FEITA EM ACRÍLICO PARA REVELAR OS MECANISMOS EM MDF. A SUPERFÍCIE É UMA COMBINAÇÃO ENTRE MALHA ELÁSTICA E PAPEL CRAFT.



elementos estruturantes

acrílico:  
leveza e transparência



elementos motores

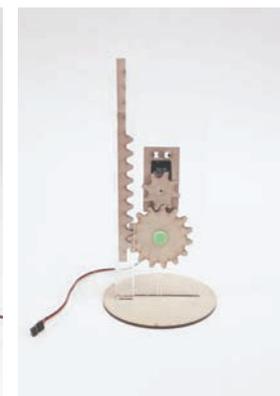
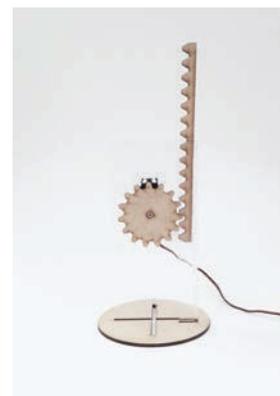
mdf:  
rigidez e visibilidade



elementos deformáveis

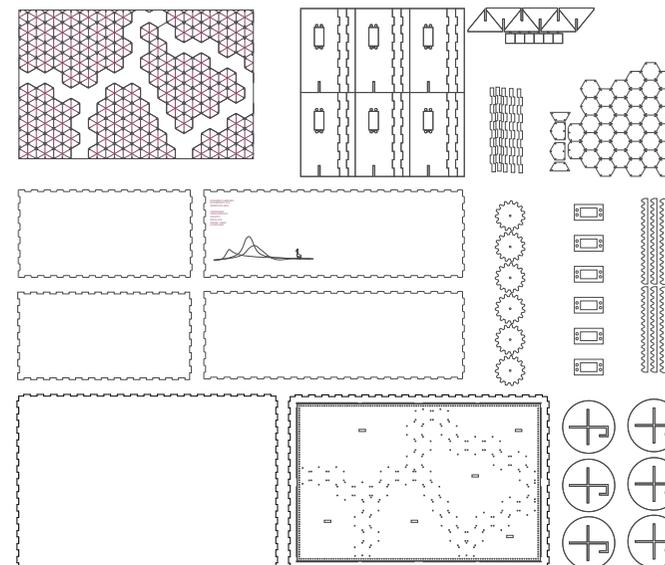
malha elástica+craft:  
elasticidade quando em movimento, percepção de estaticidade e segurança quando em repouso

## AJUSTE DO MECANISMO



observamos que o torque do servo motor não gerou força suficiente para deformar a malha tensionada. portanto, tivemos que ajustar o sistema de engrenagens para, com o mesmo torque, obter uma força maior.

## FABRICAÇÃO DIGITAL





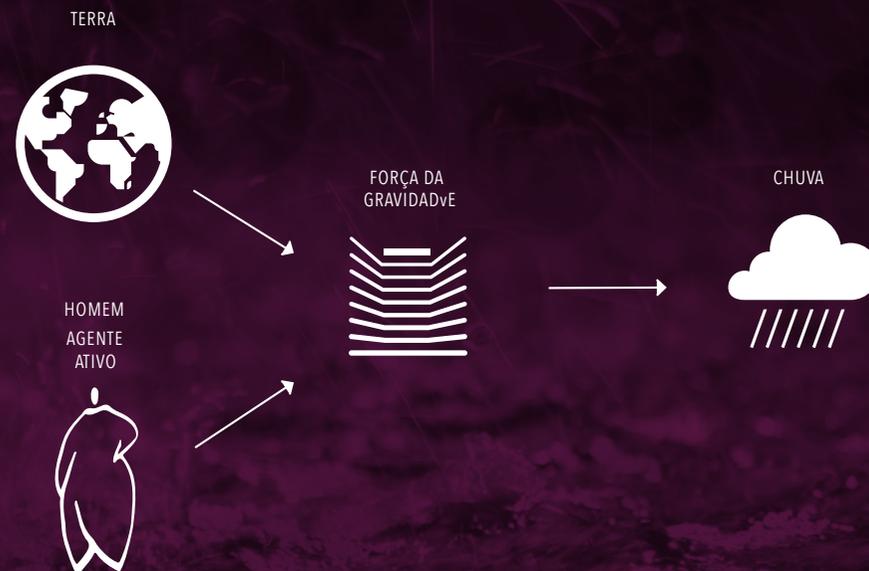
# O TEMPO LEVANTOU

LEVANTANDO DO SOLO



LEVANTAR v. t . PÔR AO ALTO, ERGUER. / HASTEAR, ARVORAR: LEVANTAR AS BANDEIRAS. / ERGUER DO CHÃO, AAPANHAR. / DAR MAIS ALTURA. / EDIFICAR. / REFORÇAR: LEVANTOU A VOZ. / ESPALHAR: O CARRO LEVANTOU MUITA POEIRA. / SUBLEVAR, REVOLTAR: DISCURSOS INFLAMADOS LEVANTARAM A POPULAÇÃO. / ARRECADAR: LEVANTAR RECURSOS PARA A IGREJA. / RECEBER: FOI AO BANCO E LEVANTOU VULTOSA SOMA. / DAR POR FIM, ENCERRAR: LEVANTAR A SESSÃO. / AVENTAR: LEVANTAR UMA DÚVIDA. // LEVANTAR VOO, ELEVAR-SE NOS ARES (O AVIÃO); VOAR. / **DEIXAR DE CHOVER: O TEMPO LEVANTOU.** / — v. p r. ERGUER-SE, PÔR-SE DE PÉ; ACORDAR: LEVANTO-ME CEDO. / E X ALTAR-SE, T MANIFESTAR-SE: A OPINIÃO PÚBLICA FACILMENTE SE LEVANTA. // LEVANTAR-SE CONTRA ALGUÉM, INSULTÁ-LO, REVOLTAR-SE.

DICIO, DICIONÁRIO ONLINE DE PORTUGUÊS



MATERIAIS:  
MDF, LINHAS, MIÇANGAS,  
PORCAS, ACRÍLICO  
COMPONENTES ELETRÔNICOS:  
4 MOTORES, ARDUINO UNO,  
PROTOBOARD

FABRICAÇÃO:  
CORTADORA A LASER E  
IMPRESSORA 3D

PRODUÇÃO: 3 MODELOS  
MANUAIS, 1 SISTEMA DE  
ROLDANAS, 1 MODELO FINAL EM  
FUNCIONAMENTO.

PARTICIPANTES:

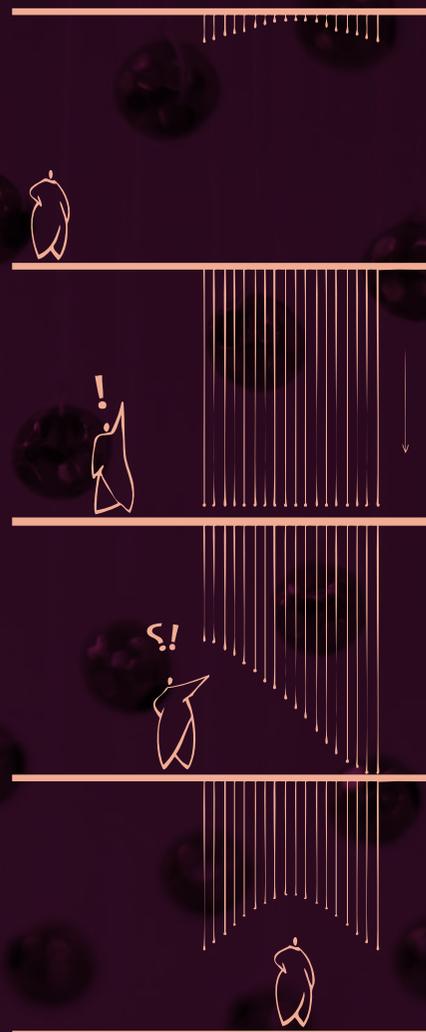
BERNARDO AMARAL  
CAIO GUARANÁ CAVALCANTI  
CAMILA TORRES  
GABRIELA BONIFÁCIO  
MARINAH RAPOSO  
ROBERTO COSTA DA MATTA

“ANTROPOCENTRISMO s.m. IDEOLOGIA, OU DOUTRINA, DE ACORDO COM A QUAL **O SER HUMANO É O CENTRO DO UNIVERSO**, DE TUDO, SENDO ELE RODEADO POR TODAS AS OUTRAS COISAS.”

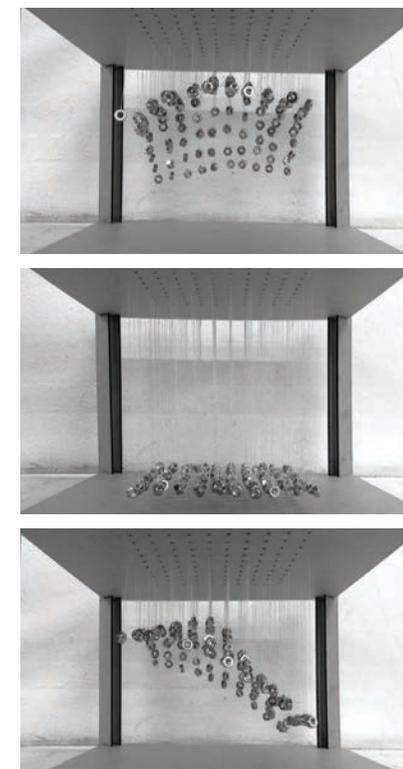
DICIO, DICIONÁRIO ONLINE DE PORTUGUÊS

“UMA REAVALIAÇÃO DO HOMEM (...) COMO CENTRO DO UNIVERSO”

A expressão interiorana “o tempo levantou” relacionada à melhora do tempo trouxe à tona a chuva e sua precipitação dada à ação da gravidade sobre as partículas de água. O desafio à gravidade é introduzido ao se pensar a relação do homem com a natureza e suas atitudes muitas das vezes destrutivas que exacerbam sua postura antropocêntrica. A obra provoca uma reavaliação do homem frente à sua assunção como centro do universo ao criar uma atmosfera que subverte a intenção da gravidade dando ao homem o controle sobre os elementos da natureza. Nela, seu poder faz o tempo levantar.

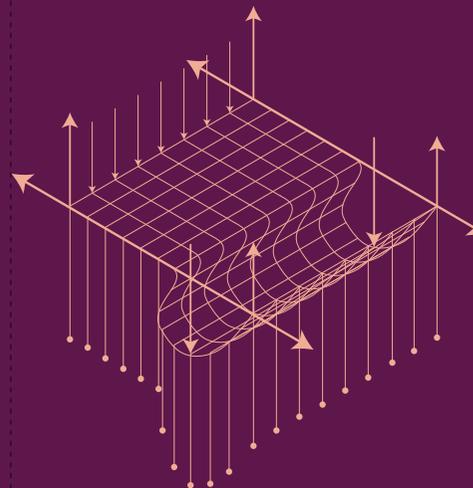
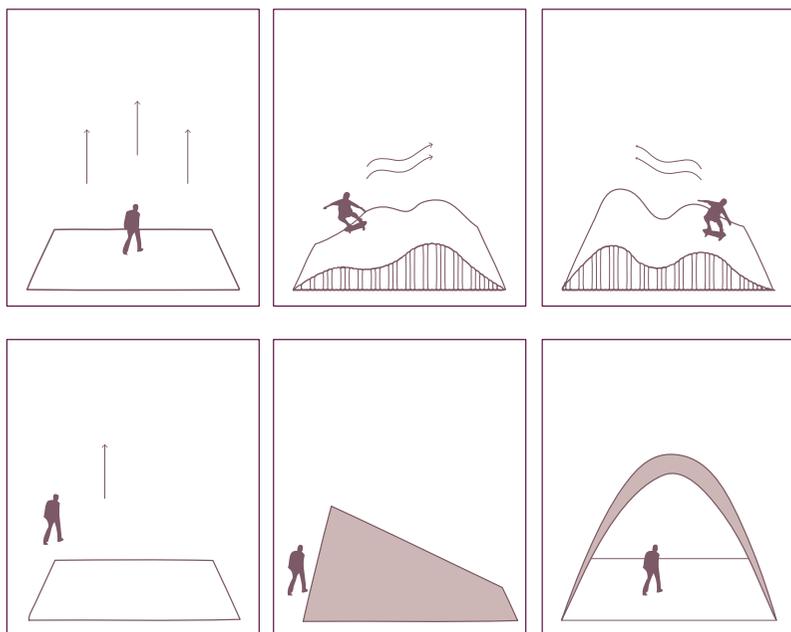


AS GOTAS DE CHUVA FORAM ENTENDIDAS COMO PONTOS DE UMA MALHA, QUE FORMAM UMA SUPERFÍCIE FACILMENTE ALTERÁVEL PELA FORÇA DA GRAVIDADE E DA ANTI-GRAVIDADE DO HOMEM.

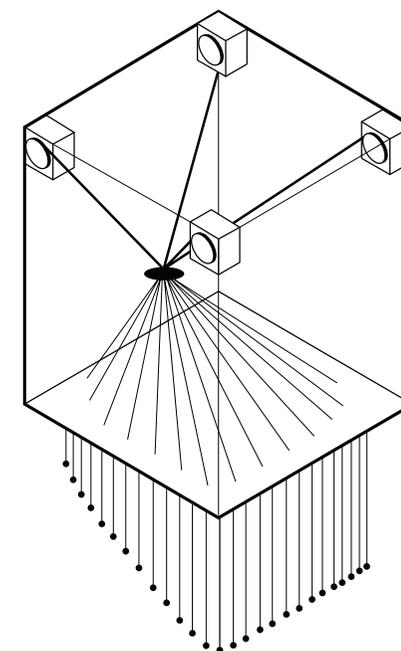
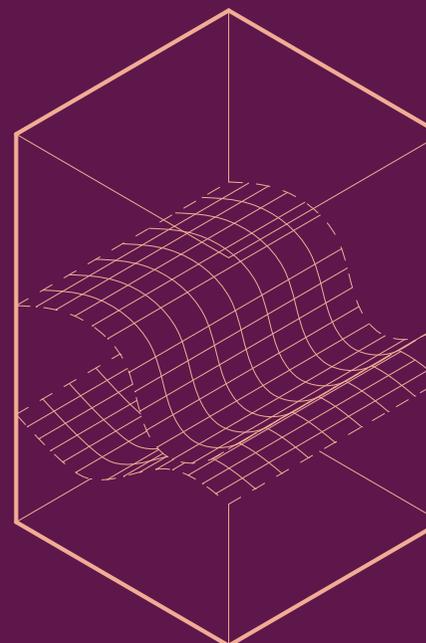


“CONTROLANDO A GRAVIDADE”

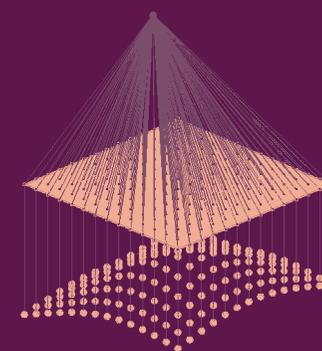
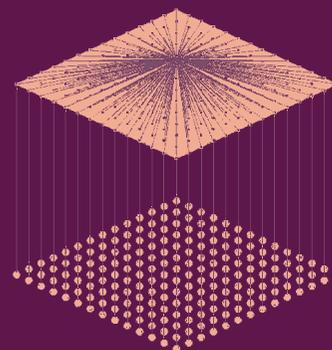
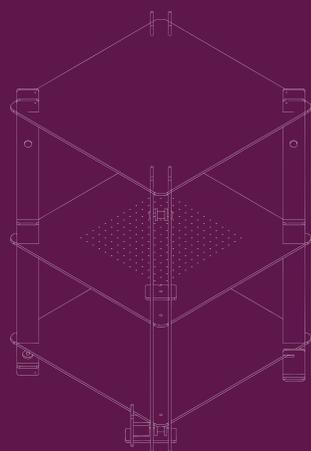
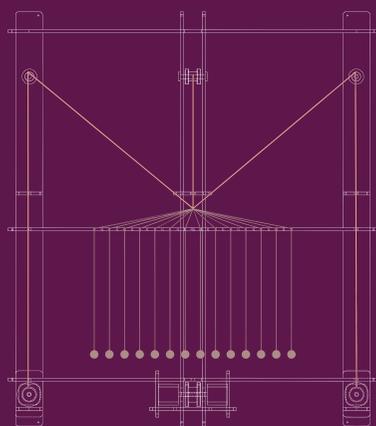
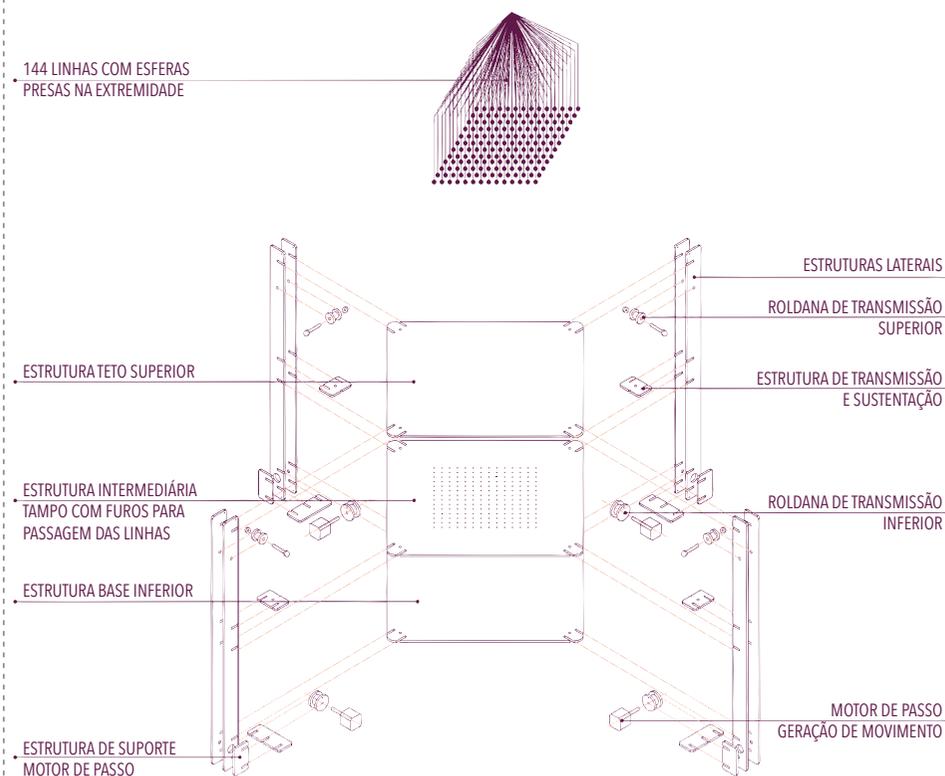
A presença do agente aciona o sistema, que libera as partículas com o estrondo de um trovão, fazendo chover ao agitar essa superfície sobre o solo, num tilintar de partículas. Conforme o agente se aproxima da obra, ela levanta seu manto num convite para que esse adentre o espaço. Uma vez dentro da instalação, a pessoa toma consciência de seu poder repelente da chuva e tem sua experiência como deus, controlando a gravidade e fazendo deixar de chover. Ao se afastar, o sistema chove novamente até se recolher ao estágio inicial, à espera de novos comandos.

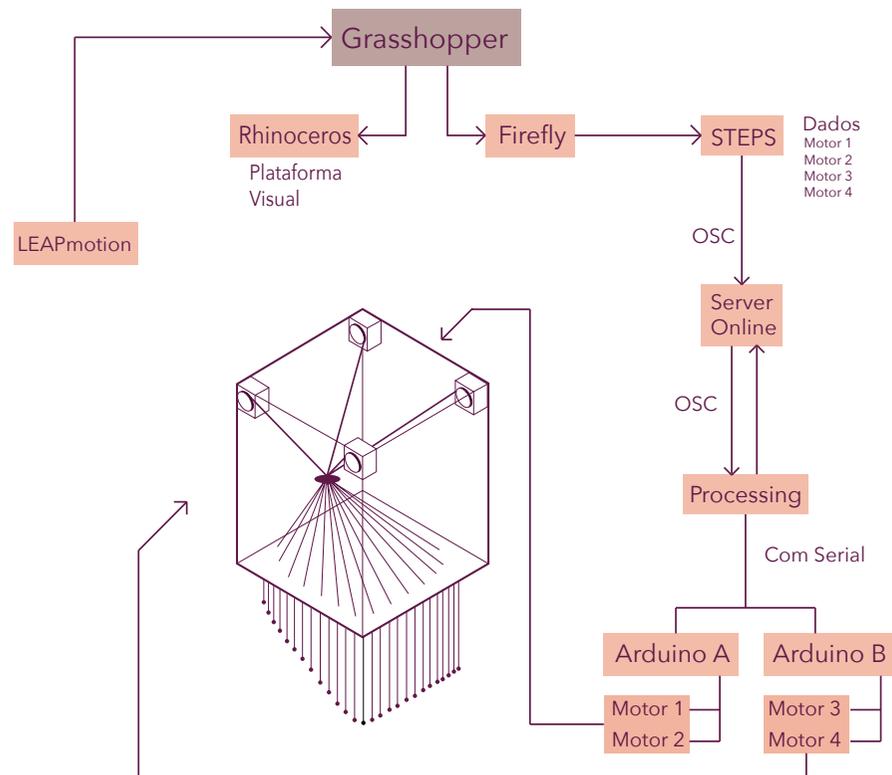
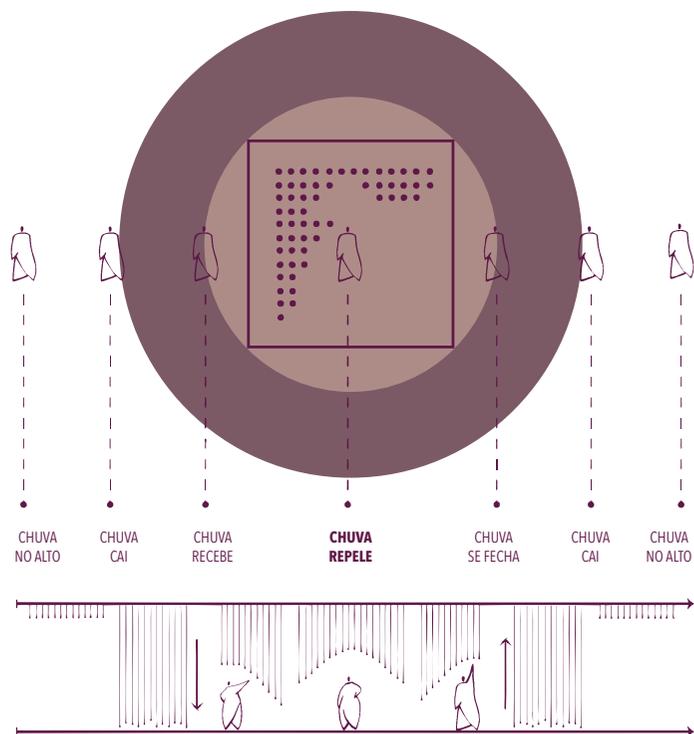


A SUPERFÍCIE É FORMADA POR DIVERSOS PONTOS SUSPENSOS POR CABOS QUE CONVERGEM A UM ÚNICO NÓ. ESSE NÓ É DESLOCADO NOS EIXOS X,Y E Z ATRAVÉS DE 4 CABOS CONECTADOS A MOTORES NOS VÉRTICES DA ÁREA DE ATUAÇÃO.

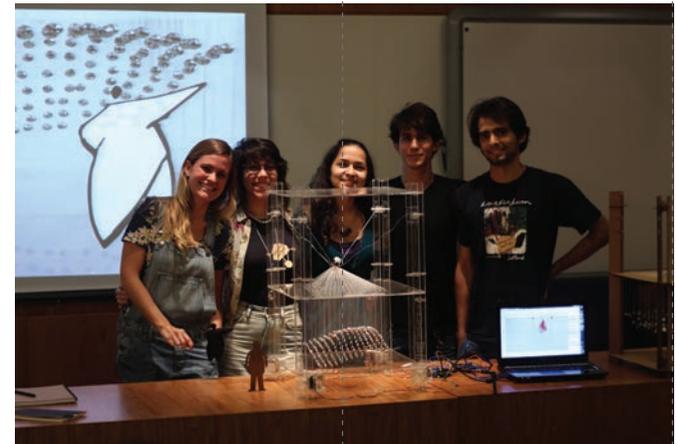
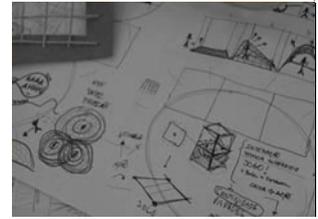
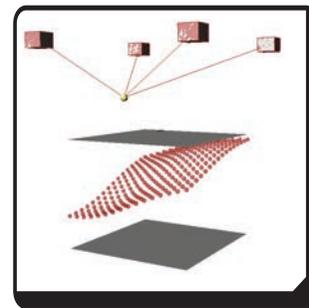
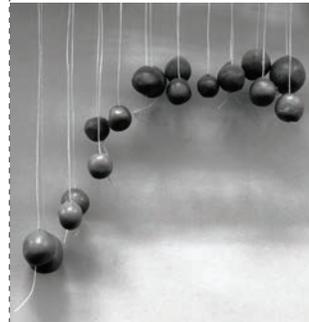
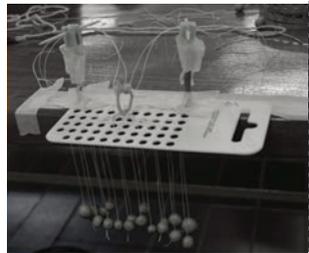
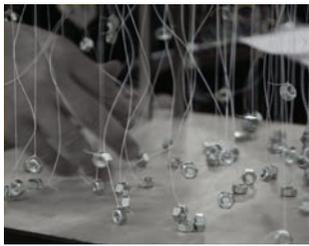
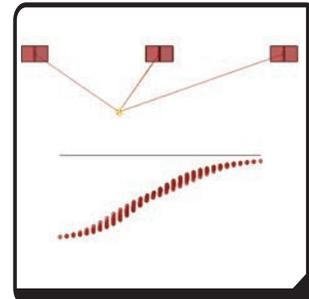
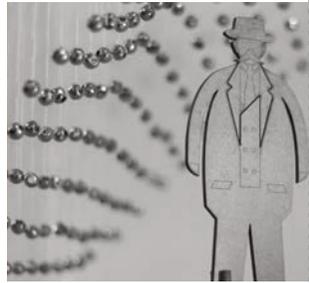
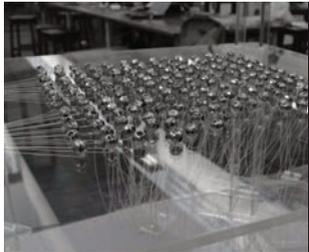
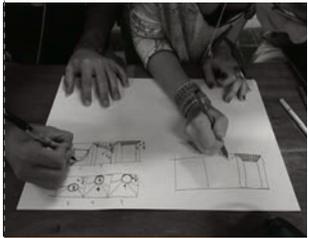
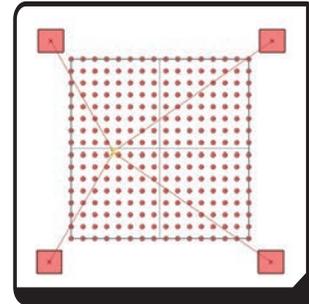
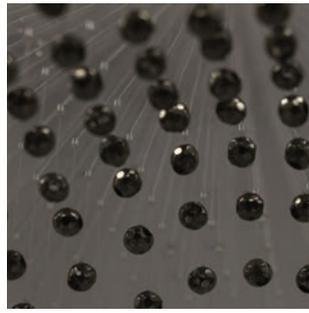
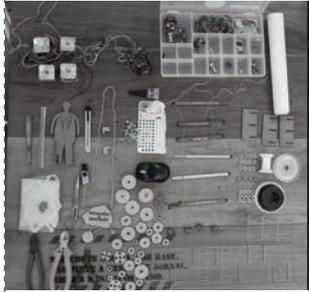


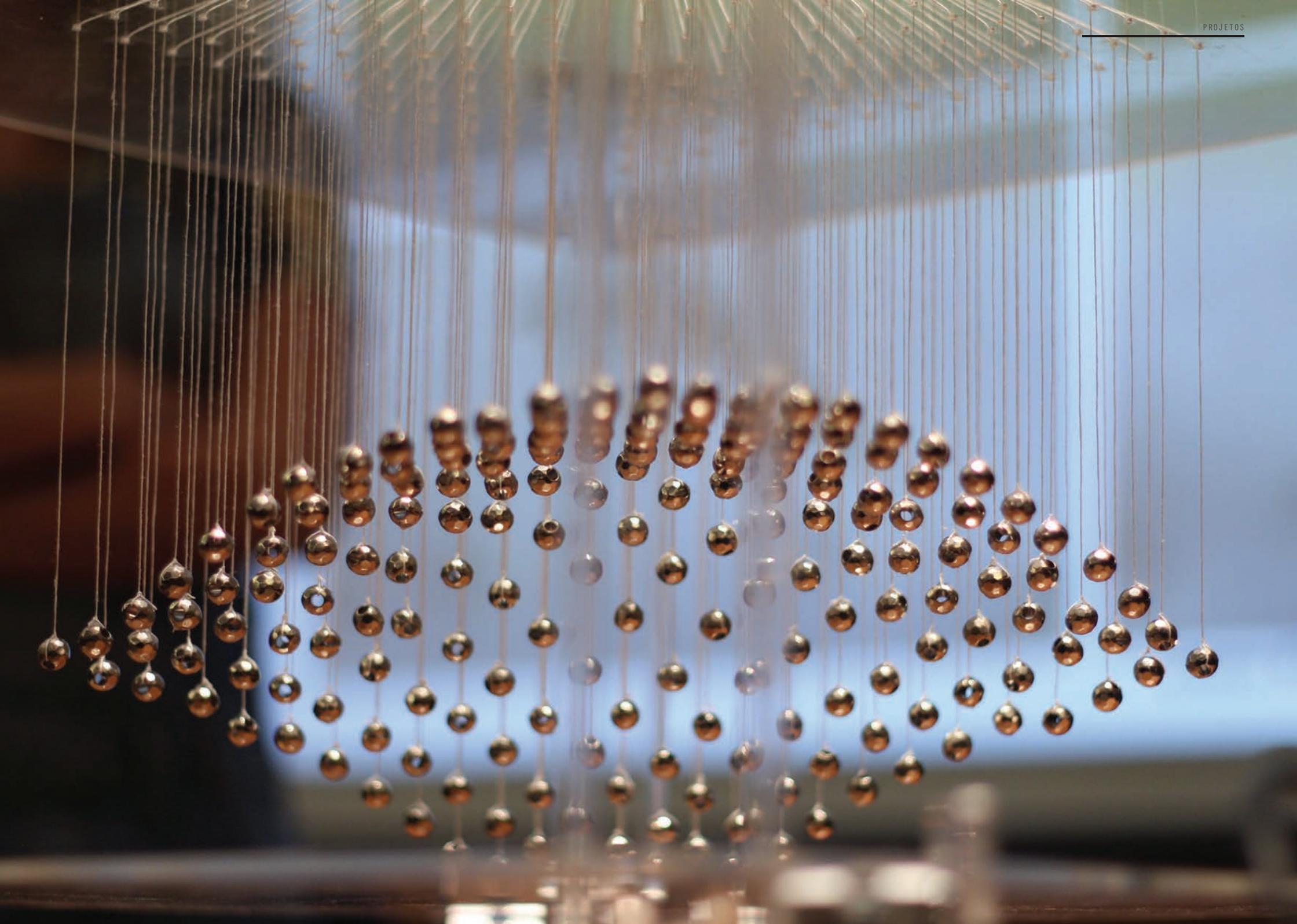
Conforme os experimentos iam se complexificando percebeu-se a necessidade de tornar o sistema mais leve e suave, por isso os motores foram para a parte inferior e um sistema de roldanas foi adicionado. Essa intensa fase de prototipagem física e digital levou a soluções certeiras na mecânica e na programação do sistema, garantindo a deformação da malha em curvatura harmônica.





A PRESENÇA É CAPTADA POR UM SENSOR QUE ENVIA O POSICIONAMENTO DO AGENTE PARA A PROGRAMAÇÃO NO GRASSHOPPER. DENTRO DELE, O FIREFLY FAZ A CONEXÃO ENTRE DIGITAL E FÍSICO, MANDANDO PARA DOIS ARDUINOS O COMANDO DE ATIVAÇÃO DOS MOTORES.





# BVRACO DA MINHOCA

DESDOBRANDO DO SOLO



PARTICIPANTES:

ALINE FURTADO  
CINTIA MECHLER  
DIMMY TRINDADE  
GABRIEL GOMES  
LOAN TAMMELA  
VANESSA ROSA

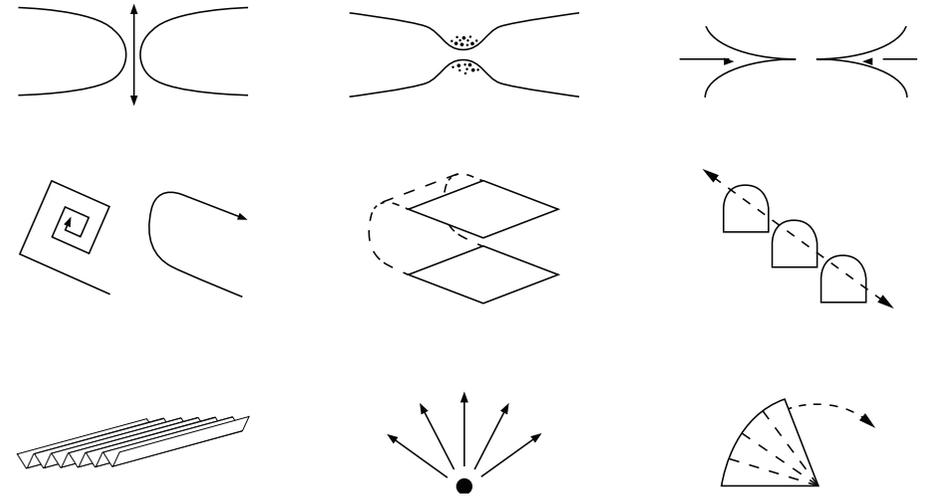
MATERIAIS:  
PAPEL CRAFT, ARAME, PORCAS,  
TECIDO, ABRAÇADEIRAS  
PLÁSTICAS, ACRÍLICO  
COMPONENTES ELETRÔNICOS:  
TOUCHPAD, ARDUINO,

FABRICAÇÃO:  
CORTADORA A LASER E  
IMPRESSORA 3D  
PRODUÇÃO: 2 DOBRADURAS, 1  
MODELO, 2 PISTÕES, 1 MODELO  
FINAL EM DESENVOLVIMENTO, 1  
SISTEMA DE DESLOCAMENTO DO  
PISTÃO NÃO ELETRÔNICO

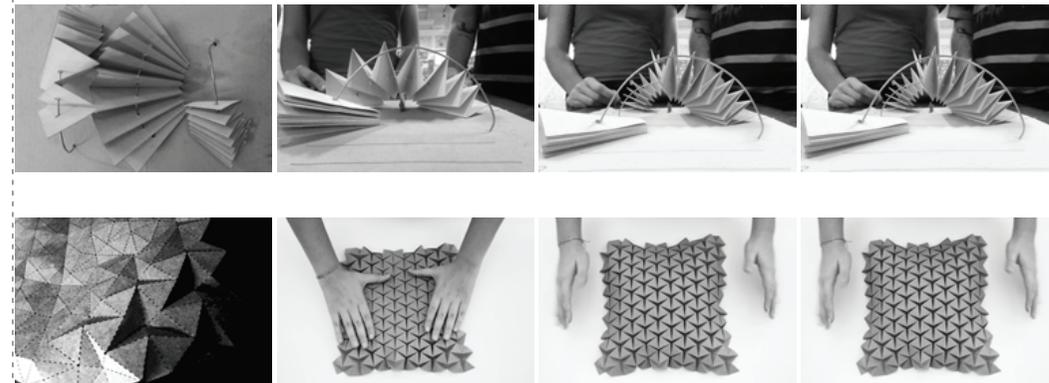
“A GRAVIDADE É A PRÓPRIA FORMA NO ESPAÇO-TEMPO”

A dobra intuitivamente remete às dobraduras de papel consagradas no origami japonês. No entanto, conciliar ideias e intenções à aplicação prática através de dobraduras se revela tarefa árdua ao serem reveladas as rígidas regras matemáticas que dominam essa arte. Após diversas tentativas de usar a dobra literal, o grupo deu um salto à estratosfera alargando a perspectiva da dobra a conceitos mais amplos, como a própria dobra do espaço-tempo. Segundo Einstein, o espaço-tempo é deformado pelos objetos que nele se encontram, e por isso pode ser curvado ou dobrado, como a Lua que orbita uma curva no espaço-tempo alterado pela Terra. A gravidade é a própria forma do espaço-tempo.

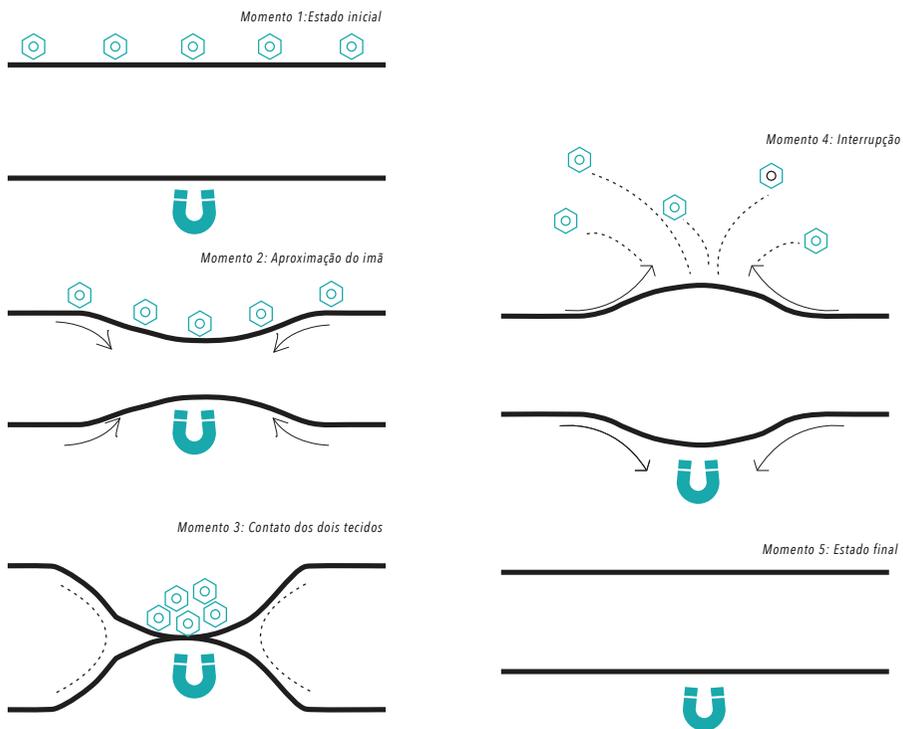
Com essa perspectiva, supõe-se que corpos de extrema densidade são capazes de alterar o espaço-tempo de tal maneira a dobrá-lo e interconectá-lo, criando uma ponte entre pontos antes tão distantes, um buraco de minhoca. Esses pontos distantes no espaço-tempo foram interpretados através de malhas paralelas onde os corpos se encontram e são atraídos por uma força eletromagnética. Ao se tocarem, o espaço-tempo se curva em um buraco de minhoca. A cessação dessa dobra, ou o desdobramento do espaço-tempo gera a propulsão desses corpos, as porcas literalmente voam, e desse encontro e desencontro, nada resta.



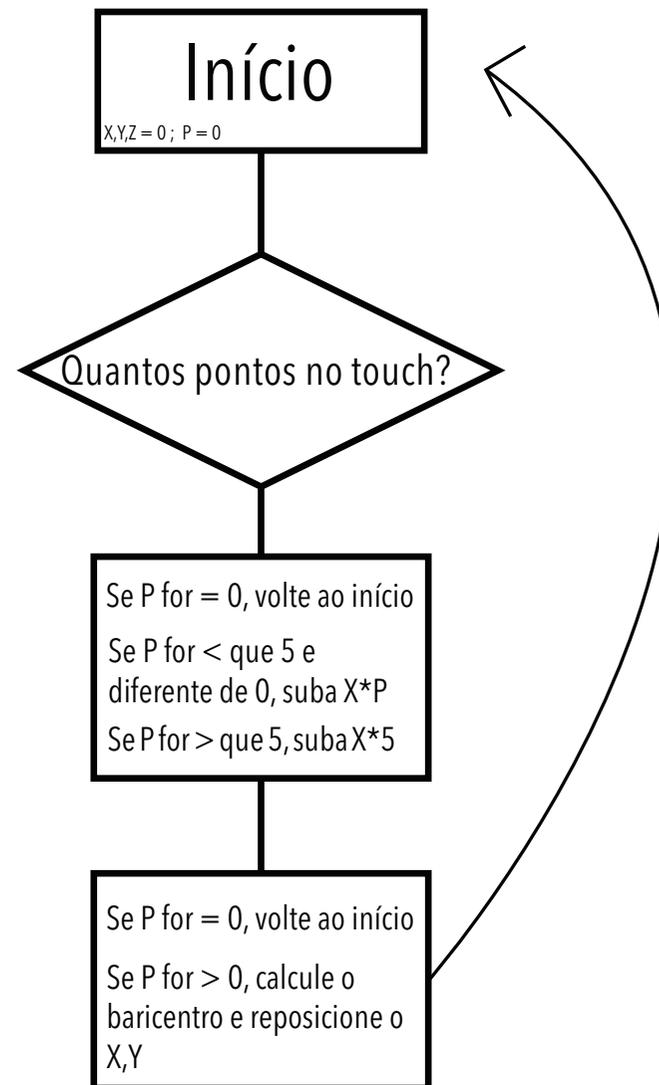
PROPOSTAS ANTERIORES



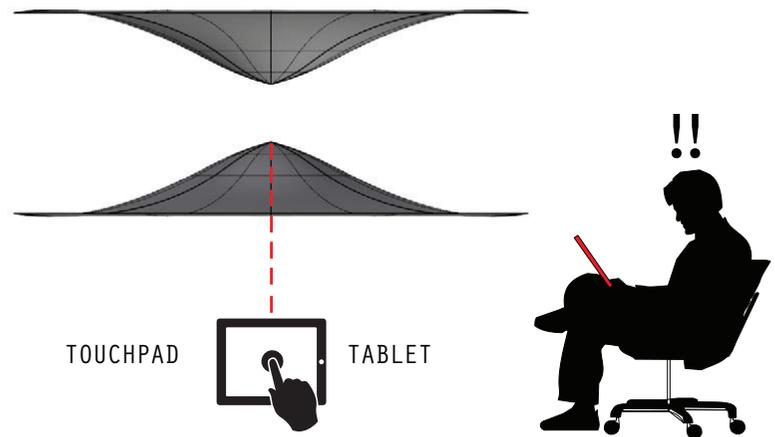
ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO: A. ESTADO INICIAL; B. APROXIMAÇÃO DA FORÇA ELETROMAGNÉTICA; C. PONTO DE CONTATO NO ESPAÇO-TEMPO; D. INTERRUPTÃO DA ATRAÇÃO; E. ESTADO FINAL.



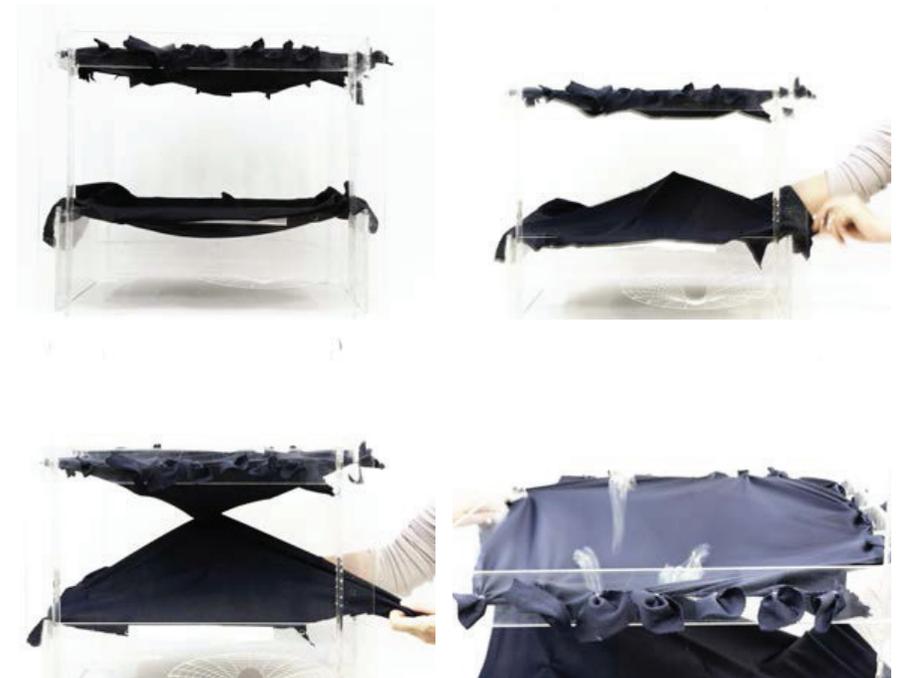
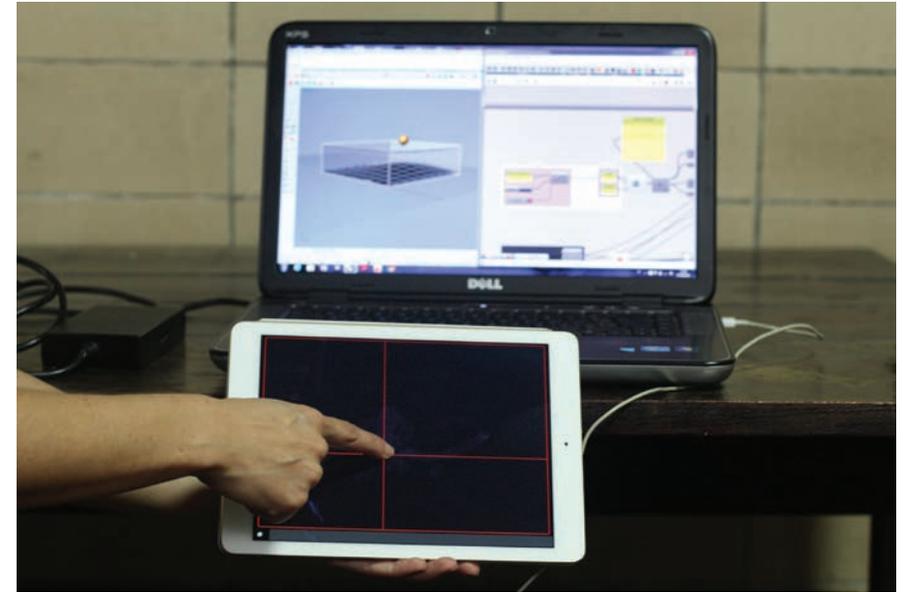
PSEUDOCODIGO



O acionamento do sistema foi integrado a uma plataforma sensível ao toque, um touchpad no qual o agente desloca o ponto de atração pelo espaço-tempo na tela e regula a força de atração através da quantidade de dedos com que toca o dispositivo. O mecanismo de funcionamento foi inspirado no sistema de uma impressora 3d ou cortadora a laser, que corre por trilhos se deslocando nos eixos x e y. O deslocamento do ímã no eixo z é feito com um pistão acionado por um servo motor que aproxima o ímã progressivamente, de acordo com a força demandada pelo agente.



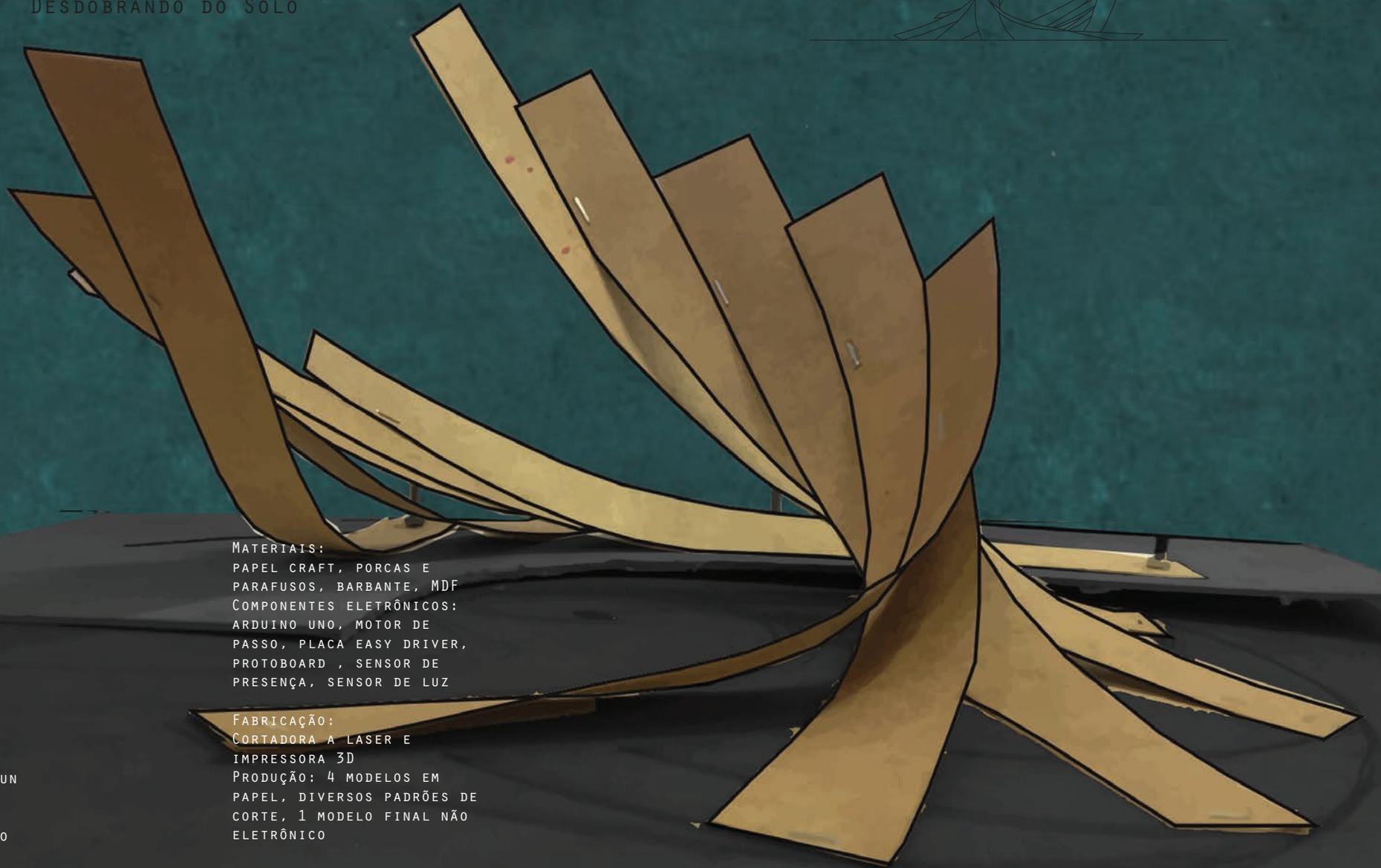
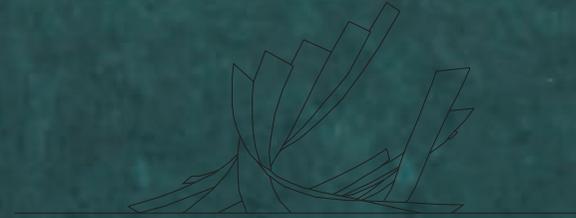
grupo: Aline, Cintia, Dimmy, Gabriel, Loan e Vanessa



# NEONASTIA

---

DESDOBRANDO DO SOLO



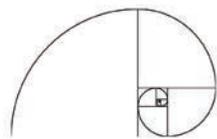
MATERIAIS:  
PAPEL CRAFT, PORCAS E  
PARAFUSOS, BARBANTE, MDF  
COMPONENTES ELETRÔNICOS:  
ARDUINO UNO, MOTOR DE  
PASSO, PLACA EASY DRIVER,  
PROTOBOARD, SENSOR DE  
PRESENÇA, SENSOR DE LUZ

FABRICAÇÃO:  
CORTADORA A LASER E  
IMPRESSORA 3D  
PRODUÇÃO: 4 MODELOS EM  
PAPEL, DIVERSOS PADRÕES DE  
CORTE, 1 MODELO FINAL NÃO  
ELETRÔNICO

## PARTICIPANTES:

ANAEL ALVES  
BRANCA LEIBOVICH  
CARLOS SAUL ZEBULUN  
GABRIEL GASPAR  
LIA GUERRA  
MARIA RUBIA GRILLO

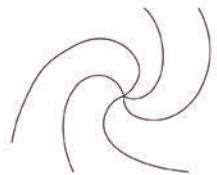
A nastia, movimento vegetal em resposta a determinados estímulos desenvolvido por algumas plantas, foi fonte inspiradora para a ação de enrolar a superfície do solo, dando vida ao objeto-vegetal. O padrão de torção desse movimento seguiu inspirado pela natureza e no crescimento vegetal segundo a sequência de Fibonacci. O desafio em si se mostrou desvendar esses caminhos do movimento aspiralado de Fibonacci e traduzi-lo em mecanismo de funcionamento.



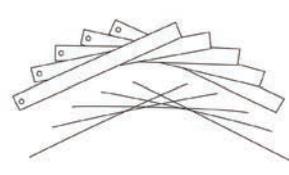
espiral de fibonacci



ondas/pétalas



espirais/aloe polyphylla



ondas/pétalas



1 primeira ideia | partido: ondas | enrolar o solo em outro sentido | pertencimento ao solo

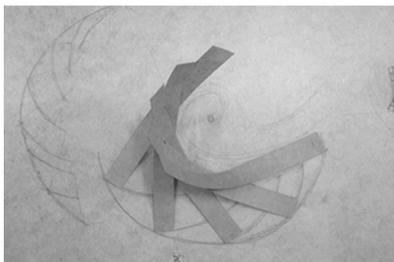
OS NASTISMOS SÃO CLASSIFICADOS EM RELAÇÃO AO MOVIMENTO POR CRESCIMENTO DIFERENCIAL OU POR ALTERAÇÕES DE TURGOR.



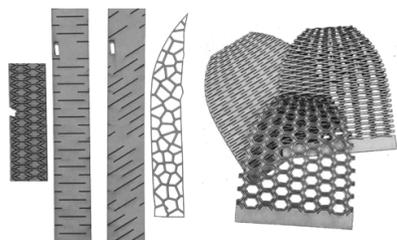
2 primeiro teste com papel mais resistente | escala humana | estudos de angulação | estudos de âncoras

As tiras em repouso são planas ao solo, que ao ativar o mecanismo inicia sem movimento em cadeia resultando numa sequência de folhas alçadas e torcidas.

A instalação não apenas mimetiza a forma e o movimento vegetal, mas seu comportamento. Durante o dia, o objeto-vegetal se encontra enrolado e aberto ao sol, se recolhendo ao detectar a presença humana. Já à noite, o espaço vazio é iluminado por pontos luminosos que revelam o percurso das folhas, e quando alguém se aproxima o objeto-vegetal se eleva e envolve a pessoa.



3 geometrização da estrutura

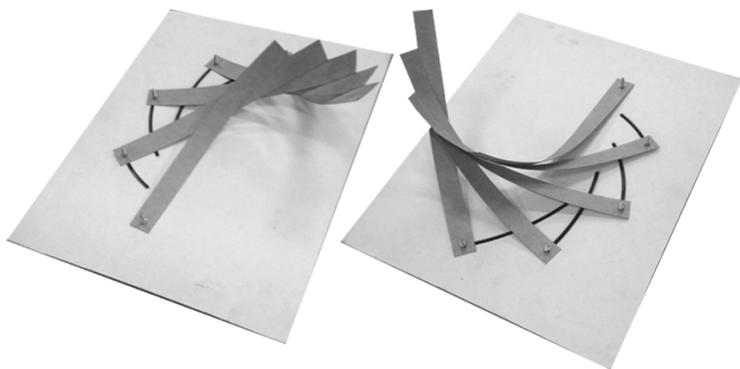


4 teste em texturas | relação com a flexibilidade de material



O MOVIMENTO DE UMA  
DESENCADEIRA O MOVIMENTO  
DAS SUBSEQUENTES.

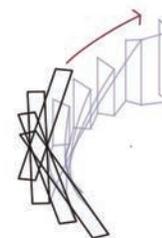
5 retorno ao primeiro modelo | fibonacci



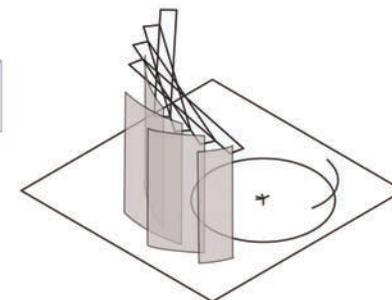
6 teste do trilho com resultado positivo | tiras de craft correm sobre os trilhos através de sistema de parafusos



percurso das lâminas do  
eixo horizontal para o  
espaço - rotacionando

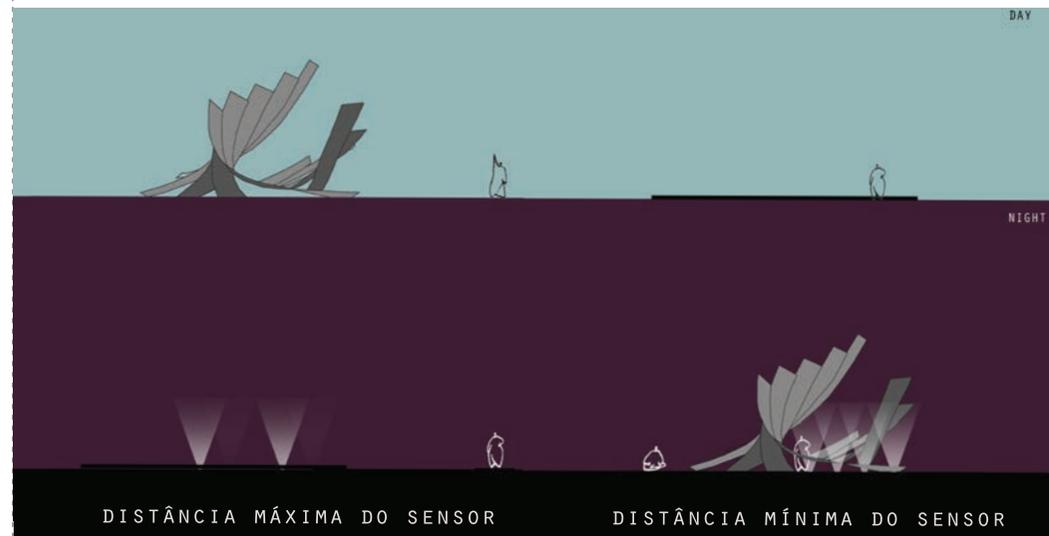


traçado do percurso  
para estudo - formato  
de escada

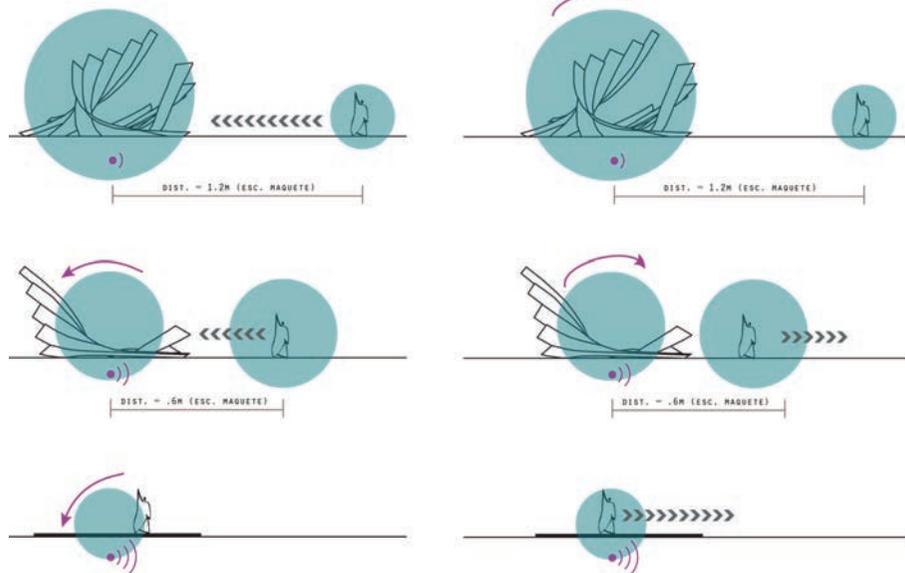


percurso das lâminas  
nos trilhos da base

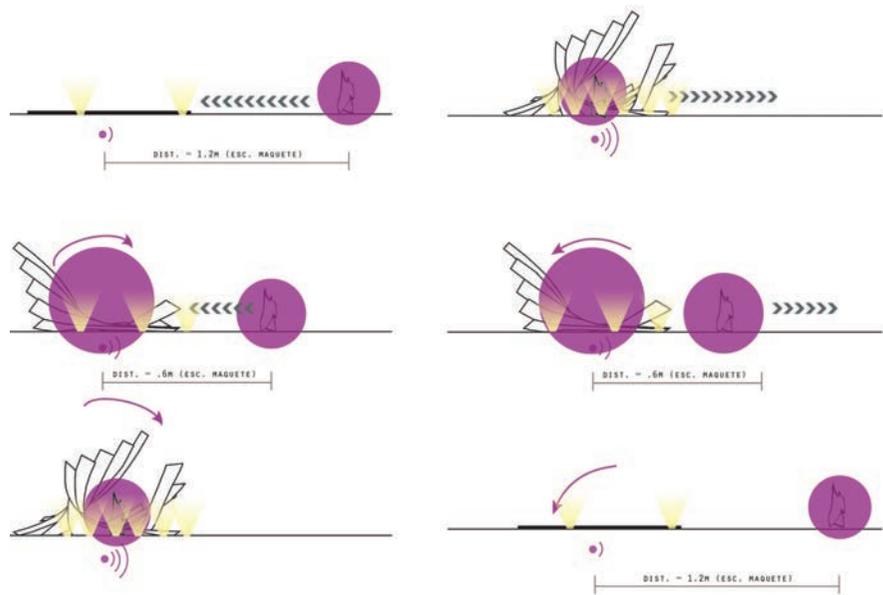
ESSE MOVIMENTO VEGETAL, AO CONTRÁRIO DO FOTOTROPISMO, NÃO ENVOLVE CRESCIMENTO DIRECIONADO AO ESTÍMULO E OCORRE RAPIDAMENTE APÓS ESTE OCORRER.



dia



noite



COMPONENTES

**PORCA SEXTAVADA**  
 DIAM 3MM | 12x  
 DIAM 2MM | 24x

**ARRUELA**  
 DIAM 5MM | 43x

**PARAFUSO SEXTAVADO**  
 DIAM 3MM | 39x

**PARAFUSO FRANCÊS**  
 DIAM 5MM | 4x

**LED BRANCA**  
 - | 4x

**ROLDANA**  
 DIAM 4MM | 24x

**BARBANTE**  
 6 METROS | -

**LÂMINAS DE CRAFT**  
 .03 X .34M | 10x

**POLIA DE ACIONAMENTO**  
 .46M DIAM. | 1x

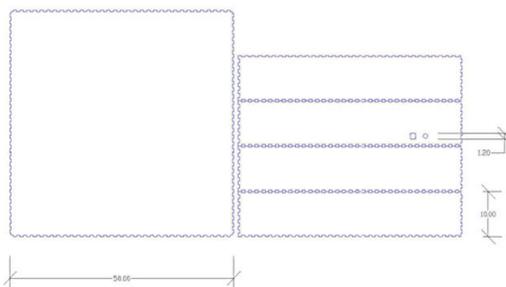
**1 PLACA ARDUÍNO UNO**  
 .07 X .05M | 1X

**MOTOR DE PASSO MERCURY**  
 .04 X .04M | 1X

**PLACA EASY DRIVER**  
 .02 X .05M | 1X

**SENSOR HC-SR04**  
 .045 x .015M | 1X

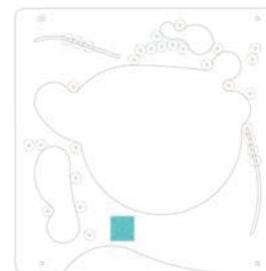
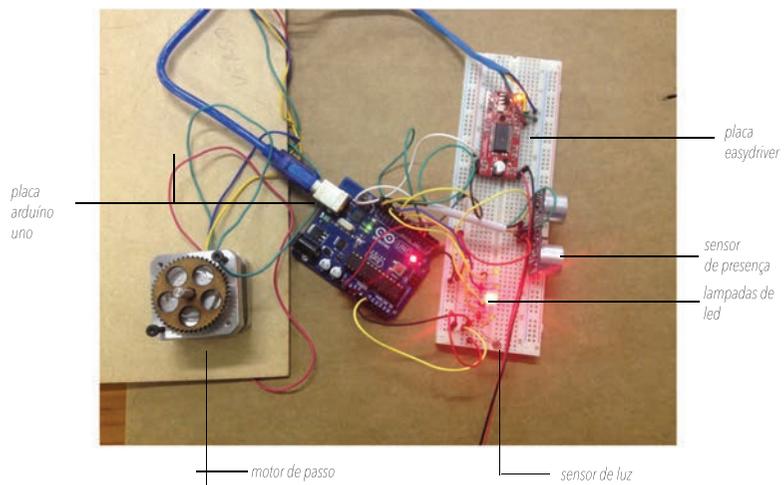
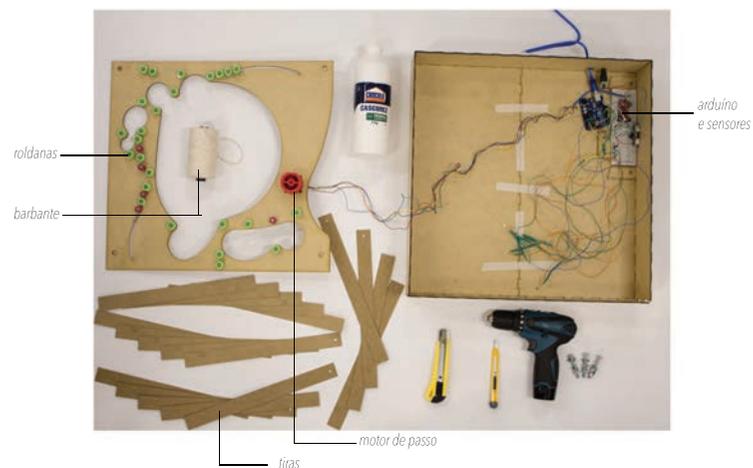
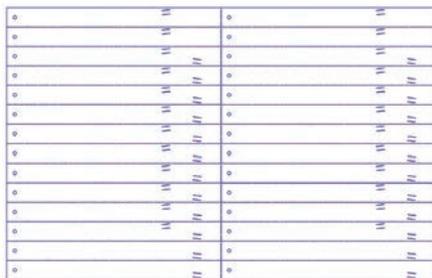
**SENSOR LDR**  
 - | 1X



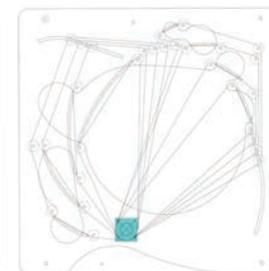
CAIXA EM MDF | SUPORTE DA MAQUETE

## FABRICAÇÃO DIGITAL

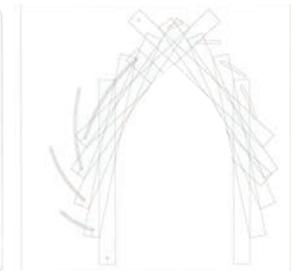
tiras duplas de .03 x .34m



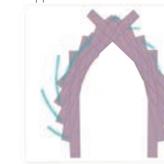
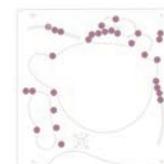
planta subsolo - funcionamento do circuito mecânico



planta subsolo - funcionamento do circuito mecânico com cordas

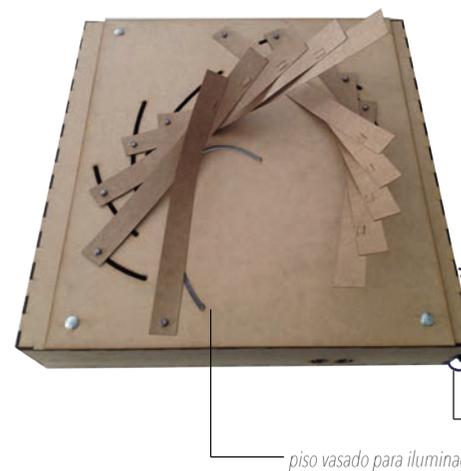


planta implantação - duas estruturas abaixadas | posicionamento dos trilhos



## MAQUETE FINAL

### ABERTA



### FECHADA



ENSAIOS



# ENSAIOS

## O WORKSHOP E O ENSINO EXPERIMENTAL DO PROCESSO ALGORÍTMICO DE PROJETO

ERNESTO BUENO

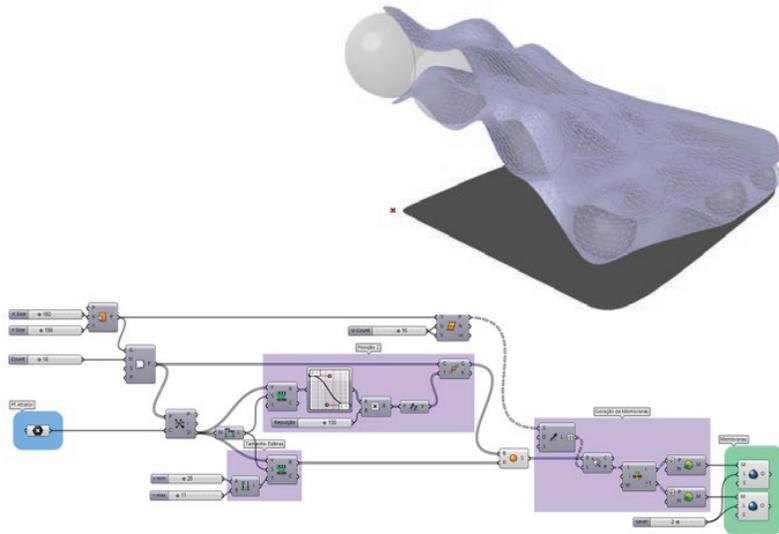
### INTRODUÇÃO

A evolução digital não é indiferente para arquitetos, artistas e designers. Mas no referente ao processo de projeto, o profundo impacto positivo que esta evolução está provocando nestas disciplinas se resume a uma minoria dos projetistas (BUENO e TURKIENICZ, 2014). Uma das ações que estão aumentando o impacto nos projetistas é a proliferação de workshops de projeto com tecnologias digitais, onde o aprendizado se dá por meio do fazer, ou learning by doing (HENRIQUES e BUENO, 2010; GELPI e VASSIGH, 2013). Um workshop deste tipo é um bom meio de chegar aos projetistas interessados em atualizar as suas habilidades instrumentais e projetuais através do novo fazer. Para nós, tutores de workshops, são também boas oportunidades para juntar especialistas nas áreas específicas, conectar as nossas ideias e unir forças para disseminar o nosso conhecimento (HENRIQUES e BUENO, 2010).

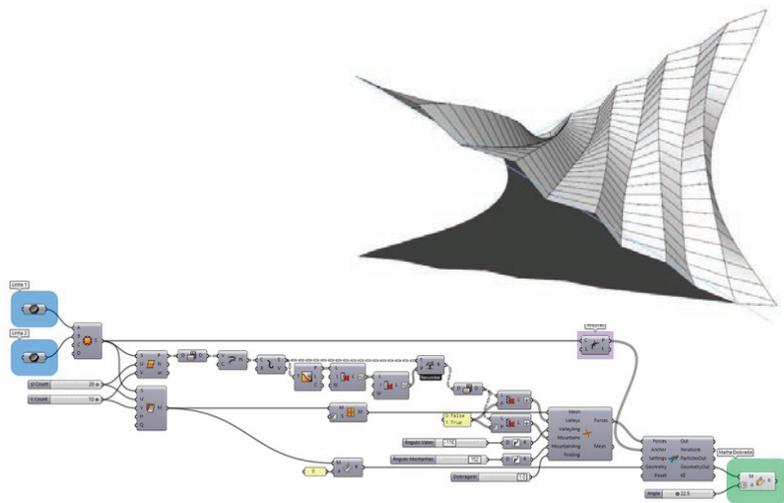
O formato de workshop, neste contexto, determina que a atividade principal do evento seja o desenvolvimento,

em grande grupo, de um trabalho criativo breve e intenso em ambiente de oficina ou atelier. É um trabalho de viés experimental, onde se aplicam conhecimentos provenientes da nossa experiência acadêmica e profissional, mas se aplicam de uma maneira inusitada ou, no mínimo, diferente da maneira tradicional. Devido a essa natureza experimental, não há uma base muito fixa de conhecimentos nem uma metodologia única que possa ser demonstrada como a mais apropriada para levar a cabo o trabalho (HERRERA, 2013). É justamente essa imprecisão a que permite que o desenvolvimento do workshop seja não só um processo de aprendizagem para os participantes, como também uma experiência que põe a prova as nossas hipóteses metodológicas e nos ajuda a afiná-las e fortalecê-las. O learning by doing acontece tanto nos participantes quanto nos tutores (OXMAN, 2008). O presente é um relato que tenta resumir a minha visão sobre essa experiência como tutor de modelagem paramétrica e fabricação digital no workshop Desafiando a Gravidade.

O tema do workshop foi o desenvolvimento de projetos que estabeleçam novas relações e discussões críticas entre a tectônica e a estereotômica, entre a estrutura e o solo, ou entre o objeto e o campo, por meio de instalações interativas que desafiem a gravidade e integrem tecnologias de projeto e fabricação digital e de mecatrônica.



Algoritmo e modelo de membranas deformadas por esferas afetadas por um atrator. Desenvolvimento: E. Bueno e G. C. Henriques. Imagem: E. Bueno.



Algoritmo e modelo de cobertura origami simulando a deformação da gravidade contra o solo. Desenvolvimento e imagem: E. Bueno.

## PROCESSO DE PROJETO E INSTRUMENTALIZAÇÃO

Os tutores de modelagem e fabricação preparamos uma sequência de exercícios que introduziram os conteúdos sobre pensamento algorítmico, modelagem paramétrica, fabricação digital e interatividade (Figura 1). A modelagem centrou-se em elementos geométricos potencialmente relevantes para os temas de projeto por nós planejados (Figura 2). Também introduzimos estratégias de fabricação digital, especialmente selecionadas para o workshop em função dos materiais e das máquinas de fabricação digital disponíveis.

Após dois dias nos quais ministramos três aulas de quatro horas cada uma intercaladas com palestras e uma mesa redonda, lançamos os temas e dividimos os grupos. Logo, deixamos os alunos se organizarem sós e fazerem a pesquisa, brainstorming e outras atividades iniciais de projeto. Após o tempo suficiente para eles formarem as primeiras ideias, começamos uma série de assessorias rotativas por equipes.





Na primeira iteração destas assessorias, os alunos apresentaram as suas ideias e dialogamos sobre as possíveis decisões projetuais a partir das quais desenvolver essas ideias. Uma vez que as equipes definiram uma intenção projetual, computacional e uma seleção preliminar do material, propusemos métodos de projeto e modelagem paramétrica com os quais as equipes pudessem desenvolver os projetos. Os distintos métodos considerados incluíram modelagem de campos de atratores (Figura 1) e sistemas tectônicos dinâmicos a partir de forças de tensão (Figura 2). Para a modelagem de geometrias baseadas nestes conceitos foi fundamental o uso de Rhinoceros com adição de Grasshopper e Weaverbird e, em casos mais específicos, com adição de Kangaroo ou Firefly. O Rhinoceros (ou simplesmente Rhino) é um modelador de NURBS, recurso geométrico computacional baseado na interpolação, fundamental para a modelagem de curvas e formas complexas. Grasshopper, plug-in do Rhino, é o ambiente de modelagem

paramétrica através de programação visual mais completo que existe até a data (DAVIS e PETERS, 2013; HERRERA, 2013). Weaverbird é um add-on de Grasshopper que adiciona edições avançadas de malhas poligonais (PIACENTINO, 2013), Kangaroo é outro add-on do Grasshopper que permite simulações físicas (PIKER, 2013). Firefly é outro add-on que oferece funcionalidades de interatividade através de visão computacional e da conectividade em tempo real com outros dispositivos, como placas Arduino (PAYNE e JOHNSON, 2013).

Na ligação entre modelagem e fabricação digital, as estratégias aplicadas se basearam em transformações geométricas instrumentalizadas diretamente em Rhino e Grasshopper, para a preparação das geometrias a serem cortadas a laser ou impressas em 3D.

A interatividade foi permitida através do movimento de peças do sistema fabricado, em resposta a estímulos de usuários captados por câmeras e sensores de presença controlados por placas Arduino. Estas são placas de prototipagem eletrônica que simplificam a interface entre computadores e outros componentes como motores de passo, permitindo a experimentação direta mecanismos durante o desenvolvimento do projeto (GELPI e VASSIGH, 2013). Para evitar possíveis limitações de conexão através do Firefly (PAYNE e JOHNSON, 2013), as instruções de controle da interatividade foram preparadas pelos tutores de mecatrônica na linguagem de programação integrada no Arduino.

Nesta ampla gama de ferramentas digitais, um dos conceitos mais persistente é o pensamento algorítmico de projeto. Um algoritmo é uma sequência de instruções para a realização de uma determinada tarefa. Entendendo o processo

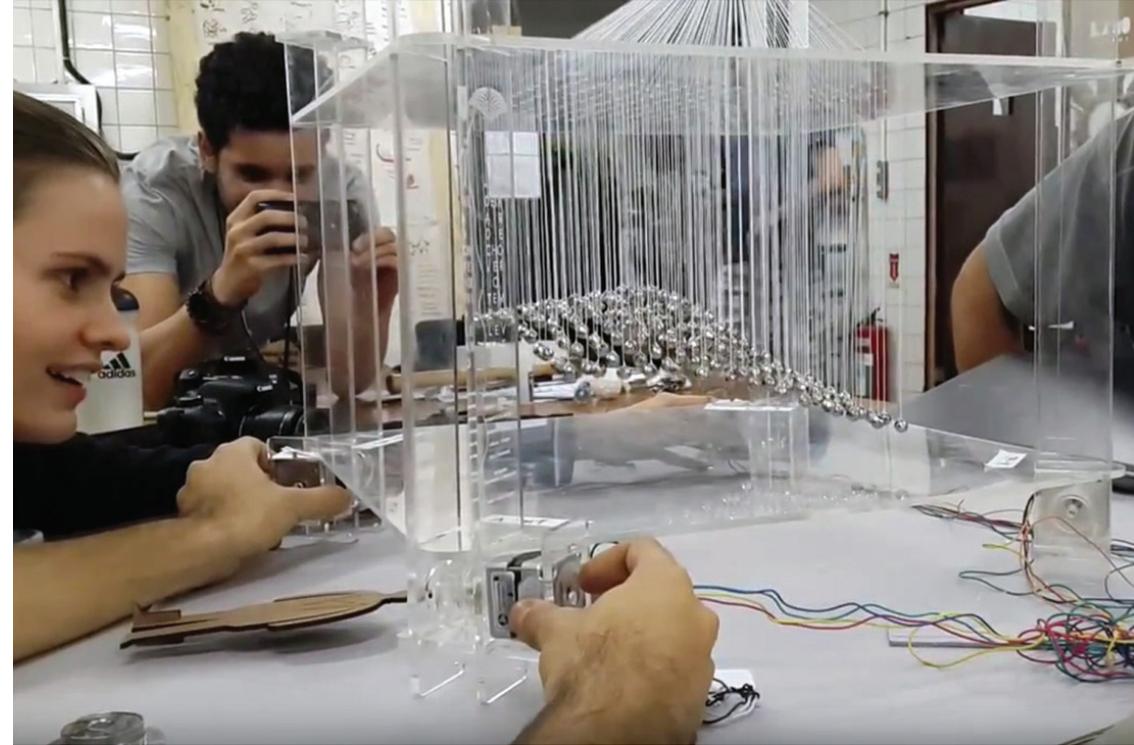
de projeto como um processo de tarefas com uma ordem sequencial, é possível afirmar que o processo de projeto (especialmente nas etapas de modelagem e preparação para fabricação) é um processo algorítmico (NATIVIDADE, 2010). Essa característica algorítmica o faz, não só automatizável, mas também permite explorar as relações complexas do sistema para que estas possam interagir melhor ou para que o usuário possa controlar a maneira como o sistema responde a ele (HENRIQUES e BUENO, 2010).

Este pensamento algorítmico de projeto demanda um tipo de raciocínio lógico diferente daquele normalmente presente entre arquitetos, artistas e designers de produto (HERRERA, 2013). Por esta razão foi necessário investir os primeiros dias no ensino introdutório destes conteúdos, em vez de deixar que o aprendizado fosse totalmente construído pela experiência do desenvolvimento do projeto.

## DISCUSSÃO

No andamento do trabalho projetual gerou-se uma discussão crítica sobre a abrangência e diferentes interpretações dos temas a desenvolver, aumentando a liberdade de decisões projetuais e o impulso criativo dos participantes. Isto fez com que os métodos necessários para cada projeto se distanciassem dos métodos introduzidos nos exercícios iniciais, demandando dos tutores uma maior dedicação nas assessorias de modelagem e simulação.

Como tutores, a nossa atividade de assessorias teve que ser constante durante quase todo o tempo de desenvolvimento do projeto, especialmente nas tarefas de geração da geometria e modelagem das características mais complexas das peças



do sistema. Isso permitiu que os integrantes da equipe encarregados das tarefas de modelagem tivessem uma experiência mais próxima no uso das funcionalidades mais avançadas das ferramentas de trabalho.

Alguns dos participantes já possuíam habilidades diferenciadas em algumas tecnologias digitais, como a modelagem baseada em características (própria do design de produto) e a programação em Processing (plataforma utilizada por artistas visuais, totalmente integrável a Arduino). Eles aproveitaram as suas habilidades para contribuir com o desenvolvimento dos projetos.

Após nove intensos dias de trabalho, os participantes fecharam o workshop com apresentações digitais dos projetos e demonstração das instalações produzidas, duas delas com os mecanismos em funcionamento.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo que interpretados de maneiras diferentes, os projetos resultantes acabaram sobrepondo os conceitos, ratificando que os subtemas selecionados partem de um mesmo fundamento em comum, que embasou a temática do workshop. Por outro lado, a maioria dos métodos de elaboração tiveram que ser desenvolvidos de zero, personalizados para implementar as decisões projetuais ideadas pelos participantes, vagamente baseadas nos métodos preparados e ensinados no primeiro momento.

Para otimizar os esforços de preparação, treinamento introdutório e assessorias de projeto poder-se-ia considerar: (a) delimitar mais a abrangência do tema; ou (b) mudar de ordem ou subtrair a fase de ensino introdutória.

No fechamento do evento percebeu-se um clima de satisfação e realização pessoal por parte dos participantes, que é muito gratificante para nós tutores. O acompanhamento posterior dos interesses e atividades deles, possibilitado pelo estreitamento dos laços de amizade, reforça na gente a esperança de que estamos contribuindo para melhorar o impacto da evolução digital no acontecer da nossa disciplina. 

## REFERÊNCIAS

- BUENO, E; TURKIENICZ, B. Supporting Tools for Early Stages of Architectural Design. *International Journal of Architectural Computing*, v. 12, n. 4. Liverpool: Multi-science, 2014. p. 495-512.
- DAVIS, D; PETERS, B. Design Ecosystems: Customising the Architectural Design Environment With Software Plug-ins. *Architectural Design*, v. 83, n. 2. 2 April 2013. p. 124-131. (Special Issue: Computation Works: The Building of Algorithmic Thought).
- GELPI, N; VASSIGH, S. Kinetic Forms of Knowledge for Design. In: *SIGraDi 2013: Knowledge-based Design*, Valparaiso, 20-22 nov 2013. *Proceedings of the XVII Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics*, Valparaiso, 2013. p. 510-514.
- HENRIQUES, G. C; BUENO, E. Geometrias Complexas e Desenho Paramétrico. *Drops (Portal Vitruvius)*, v. 10, n. 30, fev 2010. Disponível em: <[www.vitruvius.com.br/revistas/read/drops/10.030/2109](http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/drops/10.030/2109)>.
- HERRERA, P. Patrones en la Enseñanza de la Programación en Arquitectura: De la Hetero-Educación a la Auto-Educación en Latinoamérica. In: *SIGraDi 2013: Knowledge-based Design*, Valparaiso, 20-22 nov 2013. *Proceedings of the XVII. Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics*, Valparaiso, 2013. p. 555-559.
- NATIVIDADE, V. Da intuição à ciência: a parametria como método de projeto. In: *2º Simpósio de Arquitetura e Urbanismo: Habitar em Trânsito - Desafios para as Cidades do Século XXI*. São Paulo: Centro Universitário Senac, nov 2010.
- OXMAN, R. Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium. *Design Studies*, 29. Elsevier, 2008. p. 99-120.
- PAYNE, A; JOHNSON, J. K. Firefly: Interactive Prototypes for Architectural Design. *Architectural Design*, v. 83, n. 2. 2 April 2013. p. 144-147. (Special Issue: Computation Works: The Building of Algorithmic Thought).
- PIACENTINO, G. WeaverBird: Topological Mesh Editing for Architects. *Architectural Design*, v. 83, n. 2. 2 April 2013. p. 140-141. (Special Issue: Computation Works: The Building of Algorithmic Thought).
- PIKER, D. Kangaroo: Form Finding with Computational Physics. *Architectural Design*, v. 83, n. 2. 2 April 2013. p. 136-137. (Special Issue: Computation Works: The Building of Algorithmic Thought).

## FAZER, FAZER, E FAZER DE NOVO: REPRESENTAÇÃO E DESIGN

DANIEL LENZ

### REPRESENTAÇÃO E PROJETO

O ato de projetar sempre lançou mão de diferentes recursos. Desenhos, gestos, colagens, maquetes, falas, são diferentes representações que permitem antecipar aspectos do objeto que se deseja. Cada uma dessas mídias possui um conjunto de dimensões de realidade diferente, que demanda certas autonomias, permitindo representar as características do objeto existentes naquela dimensão. Um pensamento, por melhor estruturado, ainda não necessita de forma para existir, enquanto o desenho já exige essa definição, e um protótipo permitiria ensaiar a montagem ou mesmo (partes do) funcionamento. Os diversos meios de representação permitem uma escalada em autonomias na representação até alcançar a existência do objeto, a sua realização. Ao mesmo tempo, permitem verificar e manipular as dimensões necessárias para existir naquela mídia.

A escolha do meio de representação está intimamente ligada às informações a serem visualizadas e a facilidade com

que podem ser expressas e manipuladas, discussão já feita por John Chris Jones em seu trabalho seminal sobre processos de design, *Design Methods*. Nesse livro, Jones descreve a transição do desenvolvimento do objeto feito pela confecção artesanal para aquele a partir do desenho. Enquanto o processo artesanal precisa de gerações de objetos para o estudo, análise e aperfeiçoamento, o uso de desenho permite que parte dos estudos seja feita através desta representação, de modo que as gerações de objetos realizados a partir deles apresentam uma amplitude de melhorias entre si maior que entre as gerações de objetos feitos artesanalmente. Devido à diferença de tempo entre a execução e o desenho, bem como no seu custo, isso significa um aperfeiçoamento do objeto mais rápido e barato. Claro que nem todas as dimensões do objeto aparecem no desenho, e para essas questões, a evolução se dá com a experiência do objeto real, observando o tempo tradicional. Na arquitetura, o desenho tem sido o meio de representação predominante pelo menos desde a Renascença, embora estejam presentes desde a antiguidade, por exemplo entre os egípcios.





Talvez tendo havido na era moderna uma popularização dele, com o desenvolvimento do design enquanto disciplina, e mesmo com o aumento de moradias mais elaboradas e diferenciadas. Na última metade do século XX esse desenho ganhou uma alternativa digital. A nova ferramenta permitiu não apenas incorporar um modelo matemático à representação geométrica, já presente no desenho no papel, mas efetuar esses cálculos de maneira automática na mesma ferramenta. Essa matemática permitiu as simulações, adicionando mais dimensões na representação através do desenho digital, como carga estrutural, térmica, lumínica, entre outros.

Embora muitas vezes essa ferramenta digital tenha sido utilizada para representar uma geometria específica, a partir dos anos 1990 a concepção de desenho paramétrico vem ganhando bastante força. O argumento dos adeptos dessa metodologia é justamente uma maior flexibilidade para manipulação das informações contidas no projeto. A geometria passa a ser facilmente variável, permitindo de inúmeras derivações, ou famílias, a explorações numa diversidade maior. Essas variações continuadas e diversidades “familiares” estão presentes no trabalho e discussão de pesquisadores e arquitetos como William Mitchell, Greg Lynn, Marco Novak, Norman Foster, Zaha Hadid e Patrik Schumacher.

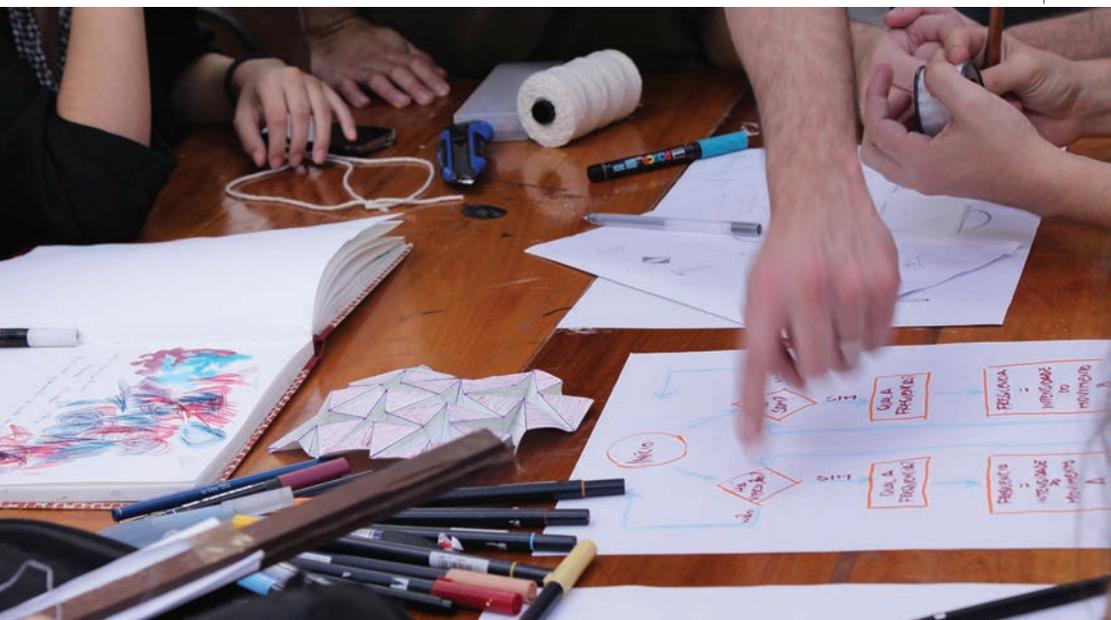
Alguns críticos, como Kenneth Frampton apontam a falta de compromisso com a materialidade dos designs gerados a partir dessas tecnologias. A crítica não está errada. A mídia de geometria virtual não possui, de fato, nenhum compromisso ou exigência quanto a materialidade dessa geometria, assim como tampouco o desenho a mão possui esse compromisso. Entretanto, a mídia computacional nos permite adicionar esse compromisso através das simulações, e das relações computacionais que podemos estabelecer. Vale lembrar que, como discute Picon, esse é um caminho que começa a ser explorado, e que nos encaminha para um compromisso com a materialidade sem precedentes. Conhecendo a natureza e comportamento dos materiais, podemos usar o poder computacional para adicionar esse modelo matemático e partir não apenas para o design das formas, mas inclusive para a própria engenharia dos materiais. Com as ferramentas de desenho paramétrico, a dimensão adicionada a representação pela computação ganha facilidade de manipulação suficiente para uma popularização mais consistente.

Contribuindo nesse processo de enriquecimento da representação, a prototipagem rápida e a fabricação tem andado de braço dado com o design paramétrico. Entre as vantagens, oferece a integração direta com o computador (incluindo o modelo paramétrico), a precisão e reprodutibilidade do CNC (controle numérico computadorizado, da máquina que fabrica), e a diversidade de materiais. Quase qualquer método de fabricação possui a sua contrapartida computadorizada atualmente, de tornos e fresadoras, a impressoras 3d, cortes a laser, plasma, ou dobradeiras e calandras. A escolha do material e técnica(s) adequada(s) para o objetivo, peça final, protótipo para esse ou aquele aspecto, permitem um menor custo e tempo na execução das peças. Aliás, a diferença entre fabricação digital e prototipagem rápida está mais no destino da peça executada do que na técnica em si, de modo que optamos nomear como materialização digital. Uma série de pesquisas tem sido feitas buscando demonstrar como essas facilidades tornam a confecção de maquetes ágil o suficiente para ser integrada no processo de projeto. A agilidade e baixo custo viabiliza permite

a confecção de uma série de protótipos ao longo do projeto. A mídia física expande as dimensões representadas, permitindo aproximar, e eventualmente alcançar as mesmas dimensões do objeto final. A representação nessa mídia precisa agora atender a questões como material, pressão, gravidade, além da geometria já exigida pelo desenho. Protótipos complementam as soluções passíveis de representação nos desenhos e/ou modelos virtuais. Ora, essa diversidade de representação permite uma exploração mais profunda e de mais aspectos do objeto que se está projetando. A redução do custo e tempo permite que mais estudos sejam feitos no mesmo tempo e custo que técnicas anteriores, uma evolução similar a apontada por Jones na migração do artesanal para o desenho técnico.

#### DESIGN E REPRESENTAÇÕES DIGITAIS

Desenho paramétrico e materialização digital tem saído da esfera da pesquisa e da vanguarda, sendo cada vez mais comuns workshops e disciplinas nos cursos de arquitetura sobre o tema, mundo a fora e no Brasil. A combinação dos dois temas é especialmente comum nos workshops, sempre demonstrando a associação direta entre o desenho digital e a materialização quase instantânea. Por vezes se agrega também o controle do objeto através de Arduino, um sistema baseado em microcontrolador, fazendo a integração entre o mundo virtual e o real através das traduções por sensores e atuadores controlada por software. É um elemento complementar natural ao design paramétrico e materialização digital, permitindo dotar o objeto final de reações a estímulos do ambiente em que vai inserido. Geralmente, o Arduino é usado como protótipo no desenvolvimento de firmwares de sistemas microcontrolados,



nesse caso já não havendo a distinção entre representação e objeto.

O workshop Desafiando a Gravidade, promovido pelo LAMO-UFRJ, envolveu design paramétrico, materialização digital, e controle por arduino, exigindo uma maquete responsiva como resultado do curso. A organização ofereceu um atelier equipado com cortadora a laser e impressoras 3d, tornando o ciclo desenho-materialização imediato. Foi muito interessante observar como acabou por se estruturar o processo de projeto das equipes do workshop, e o resultado decorrente dele. Se o início dos projetos era representado em desenhos, rapidamente migrou-se para a modelagem paramétrica, em algum momento retornando para coexistir essa modelagem com o desenho, seja virtual ou manual. Uma série de gerações foi realizada nessas fases. Até que em certo ponto, os desenhos passaram a ser materializados nas cortadoras a laser. Essas materializações começaram a ser utilizadas como testes, verificando se esse ou aquele aspecto do design funcionava, respondia ao que se esperava, ou ainda, se o que se esperava era o que de fato era necessário para o funcionamento do design. Curiosamente, no momento em que a materialização entrou no processo de design, a integração entre as diferentes mídias ficou mais presente. Croquis conviviam com definições parametrizadas, montagens de firmware, códigos de Arduino, cortes laser e impressões 3d.

Vários aspectos dos projetos passaram a ser verificados, cada hora na mídia mais propícia, com um transito bastante livre. Alguns, entretanto, não chegaram a ser “prototipados”, ou testados. Pôde-se observar um amadurecimento dos designs proporcional ao número de gerações (ou versões) e o resultado



final dos trabalhos ofereceu uma bela testemunha disso. Se alguns aspectos, redesenhados, re-prototipados, várias e várias vezes, apresentaram o desempenho desejado ao final, outros que não tiveram a mesma atenção tiveram desempenho proporcionalmente pior, alguns não chegando mesmo a funcionar.

É interessante notar o ciclo de desenvolvimento, em que a dinâmica projeto-teste aparece como central no aprendizado e evolução do design. A formulação de modelos, suas falhas e sucessos realimentando esses modelos aparece diretamente relacionada a esse aprendizado. Precisamente o processo descrito por Jones, em que cada versão (e aqui estamos falando tanto do objeto quanto da sua representação) permite testar e aperfeiçoar o design. Nesse sentido, temos nos resultados do workshop um forte indício da adequação da estrutura para

atelier de design, juntando no mesmo espaço ferramentas de desenho, modelagem e materialização. Ficou também claro a capacidade das tecnologias atuais de oferecer uma plataforma de suporte bastante rica a um custo razoavelmente baixo para as etapas de desenvolvimento de design. Esperamos que essas observações sejam confirmáveis em outras experiências do gênero. No caso positivo, nos parece adequado que essa estrutura de prototipagem rápida, atualmente normalmente implantada como laboratórios de materialização digital, possa se adequar e servir de modelo como uma alternativa aos ateliers de projeto. Afinal, já dizia o dito popular, a prática leva a perfeição. 

## REFERÊNCIAS

- CELANI, G., Duarte, J. e Pupo, R. Introducing rapid prototyping and digital fabrication laboratories in architecture schools: planning and operating. Proceedings of ASCAAD 2010, Fez: School of Architecture of Fez, 2010, p. p. 65-74.
- PICON, A. Architecture and the virtual towards a new materiality. Praxis: Journal of Writing and Building, v. 6. p. 114-121, 2004
- JONES, J.C., Design Methods: seeds of human futures, John Wiley & Sons Ltd., London, 1970; 2nd edition, John Wiley & Sons Ltd., 1992

## AS FERRAMENTAS QUE NOS DIFERENCIAM

LUCAS DE SORDI

À medida em que a tecnologia se desenvolve, ela permeia outras áreas e altera nossas vidas. É absolutamente natural que isso aconteça, tendo em vista que é a tecnologia (e a linguagem como parte dela) que diferencia nós seres humanos dos demais seres. Essa relação mutualista não é um privilégio da arquitetura ou do design, mas se é a arquitetura a ciência que nos permite moldar nossos espaços de convívio, o palco do nosso cotidiano, então é certo que nela encontremos um terreno fértil para progredir continuamente.

O uso, então, é a ponte onde se conecta a inventividade do homem, seus devaneios na ficção científica e projeções futurísticas, com a naturalização das tecnologias em nosso dia a dia. Essa ponte é na verdade uma barreira, pois, certamente, é a parte mais difícil do processo. É onde se falha sucessivas vezes, se testa e se pesquisa, se recua e avança. Permitindo, no nosso caso, fazer da arquitetura o palco de se alimentar o conhecimento humano. E, como pontuou Gabriela Celani em sua palestra durante o Workshop Desafiando a Gravidade:

“Architecture doesn’t exist to solve problems; it exists to take advantage of the necessity for problem resolution. And that’s when it gets interesting: when it adds something.”

Francisco e Manuel Aires Mateus

Esse processo, então, forma um tripé e adequa as ferramentas, as metodologias de trabalho, e por sua vez os profissionais. Os profissionais que se põem a pesquisar e subverter o status quo das suas áreas de atuação, buscando assim a inovação, passam por um processo de enfrentamento e acabam se posicionando em áreas cinzentas dos seus campos.

Interactive Designer (Designer de Interatividade ou Designer de Inovação) é uma profissão já consolidada em



muitos países com tradição em pesquisa tecnológica, para esse profissional. Existem cursos de formação e mestrados, como o que fiz no laaC - Institute for Advanced Architecture of Catalonia. Na prática, alguém que aplica seus conhecimentos como designer, em ergonomia, usabilidade e UX (user experience), aliados aos conhecimentos em tecnologia. Assim, esse se apodera mais amplamente dos processos de produzir produtos interativos e responsivos, estando, então, no meio entre o criativo e o técnico, entre o arquiteto e o engenheiro. Assim, ao criar projetos tecnológicos, sabe melhor o que resolveria cada situação, quanto tempo se leva para gerir cada etapa, como prototipar, e, no caso de projetos mais complexos, quem contratar e como os gerenciar.

Mas como dito, os limiares entre as áreas são tênues. E novos jargões à parte, usabilidade e experiência do usuário (UX) são a essência da prática da arquitetura, a “forma e função”, o belo e o útil. Por isso então, tentamos trazer os alunos a ter contato com a outra parte, pouco ou nada, abordada pelas universidades de arquitetura no Brasil.

“The walls between art and engineering exists only our minds.”

Theo Jansen

O Desenho Paramétrico, metodologia que ensinamos através do Grasshopper, ferramenta de interface gráfica e bem amigável, é um excelente exemplo de como a tecnologia se entrelaça na maneira de como vemos o mundo. Não pelos produtos gerados na sua aplicação, mas na maneira em que ela muda estruturalmente nosso pensar, permitindo criar a partir de lógicas e de sistemas. O traço não é mais um gesto

tão importante, mas sim, diretrizes que vão orientar onde incontáveis traços se disporão.

Ouso dizer que o Desenho Paramétrico estará para o mundo um dia, como o modernismo esteve no passado, muito além da arquitetura, mas como momento histórico e mudança de mentalidade, e me utilizo de uma frase da apresentação de Victor Sardenberg, tutor e palestrante na edição anterior do Workshop, Abrigos Sensíveis, sobre o assunto:

“We become what we behold. We shape our tools  
and then our tools shape us.”

Marshall McLuhan

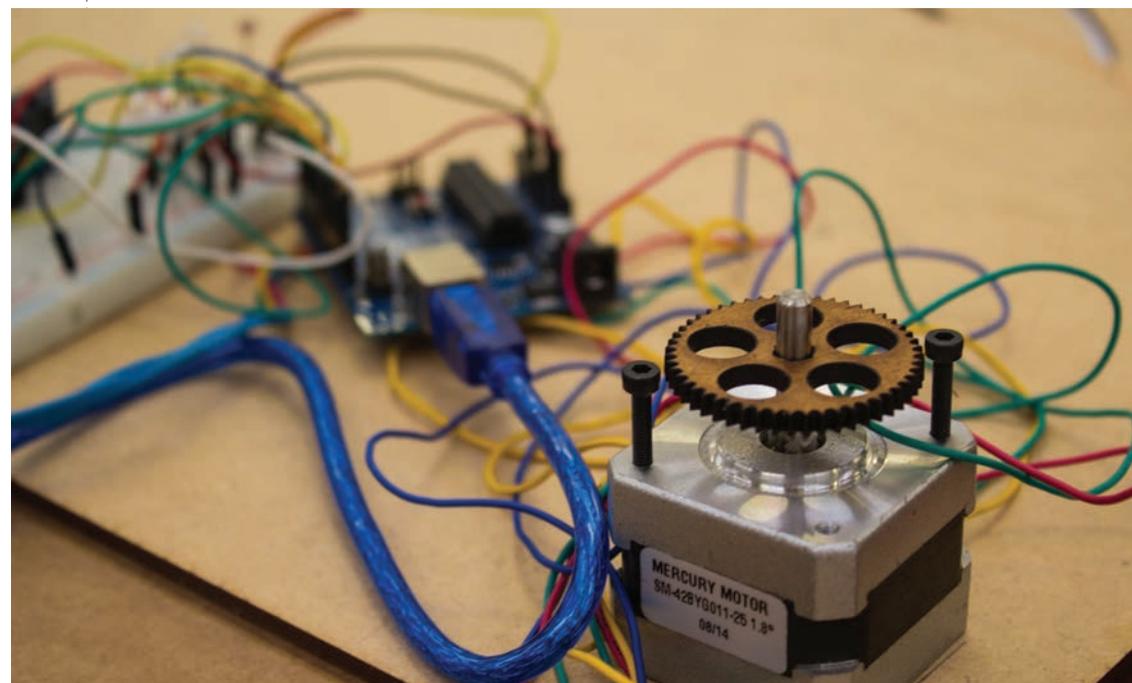
Outras ferramentas que valem ser mencionadas são o Processing, potente interface de programação, desenvolvida para não programadores e muito utilizada por designers; e o Arduino, ambas open source. O Arduino é um dispositivo eletrônico, um microcontrolador programável, que usa de uma plataforma de programação derivada do Processing. Ele é indispensável no workshop, pois é o meio viável que encontramos para dialogar entre sensores e atuadores, input e output, permitindo efetivamente executar nossos modelos físicos e até instalações reais.

O Desafiando a Gravidade foi mais que um workshop, mas uma forma de misturar essas áreas e se debruçar sobre essa nova dinâmica. Para tutores e alunos, é um laboratório experimental, que busca estressar a aplicação de possíveis ferramentas e consolidar produtos como prova de conceito sobre a aplicabilidade dessas novas tecnologias no campo da Arquitetura e Design.

De forma prática o que fazemos é, no primeiro momento, ensinar aos alunos as ferramentas que já estão consolidadas nessas novas metodologias, como o Grasshopper e o Arduino. Em seguida buscamos formas de integrá-las, de pô-las para se comunicar.

O Firefly é um exemplo desses meios de comunicação. É um plugin que integra o Grasshopper ao Arduino, permitindo fazermos um diálogo em tempo real. Comumente no curso ilustramos isso ligando sensores de luz ou presença, captando dados reais e alterando brises e aberturas em modelos 3D.

Outra integração curiosa que tivemos no curso foi a de usar o Unity 3D, software de desenvolvimento de jogos, para navegar com óculos de realidade virtual dentro de um dos modelos digitais desenvolvidos no Grasshopper, mas



permitindo que a presença no cenário digital acionasse atuadores no modelo físico, reproduzindo a performance que causaria essa presença na instalação construída.

Por fim, é exigido um produto interativo como resultado. Temos para nós, tutores do workshop, a importância de se construir um modelo físico, em geral maquetes responsivas que executam as performances esperadas, pois é assim uma forma de, em um primeiro momento, testar a viabilidade construtiva desses modelos, até então, hipotéticos e vencendo a barreira que é esse processo de execução. Para isso alunos aprendem um pouco de eletrônica, estudam mecanismos para transmissão de força dos motores, pesquisam encaixes e aprendem bases da Fabricação Digital para produzi-los com o uso de máquinas de corte a laser e impressoras 3D.

Apesar de relativamente recente, o workshop, de uma edição para a outra, vem claramente criando duas coisas importantes: uma metodologia e uma comunidade. Essa metodologia nos permite ensinar mais e melhor, ganhando tempo, que então nos viabiliza cada vez mais saltar de modelos físicos para, efetivamente, instalações em tamanho real, onde se encontram nossas metas futuras.

Esses métodos que estamos desenvolvendo gradativamente nos dão suporte também para evoluirmos cada vez mais; do conceito dos projetos, passando por cenários que ilustramos dessas relações indivíduo/espço, seguindo então para diagramas, que se tornam futuramente códigos que coordenam as instalações cada vez mais complexas em comportamento. E em teoria, estreita nossos laços com esses espaços que nos percebem e nos acolhem, os Abrigos Sensíveis, propriamente ditos.

Por um lado, se o Desafiando a Gravidade é apenas um workshop dentro do grande mar das ciências e pesquisas acadêmicas pelo mundo, por outro, ele certamente contribui para preencher a lacuna tecnológica existente no país. É um workshop ministrado pela UFRJ, legitimamente brasileiro, que sem tirar os olhos do que é desenvolvido nas melhores universidades lá fora, se apropria disso, adequa para a nossa realidade e aponta para o futuro promissor que acreditamos ser possível. 

---

**CLARICE ROHDE**

Na academia, o processo de mudança é lento como a evolução da espécie, precisando de algumas gerações para ser percebido, e de um estímulo específico para ter início. Em 2014, duas estudantes da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, Rebeca Duque Estrada e Laura Lago, viram potencial em unir as energias vindas do NANO - Núcleo de Artes e Novos Organismos e do LAMO3D - Laboratório de Modelos 3D e Fabricação Digital, recém-nascido com a chegada da cortadora a laser. Desse encontro surgiu a proposta de realizar uma oficina de trabalho unindo robótica, programação, eletrônica, modelagem paramétrica e fabricação digital, com o intuito de atualizar os estudantes daqui com o que já vinha acontecendo no resto do mundo. Foi a faísca necessária para aglutinar tantos outros colaboradores que se somaram à empreitada e fincaram o pé como pesquisadores no LAMO3D, consolidando a oficina como evento anual sob a égide das Oficinas Transversivas: Experimentações em Arquitetura, Arte e Design.

Se na primeira edição, Abrigos Sensíveis, privilegiou-se a tectônica, com o mote do abrigo interativo, nesta a estereotomia foi pensada a partir do solo responsivo, desafiador da gravidade. De um ano para outro as mudanças foram nítidas. Em 2014, a novidade era a impressão 3D que permitiu a fabricação de pequenas peças de engrenagem dos mecanismos de interatividade dos modelos desenvolvidos pelos grupos. Em 2015, as ferramentas de fabricação do Laboratório já se encontravam incorporadas ao ofício dos novos arquitetos em formação e a novidade tratou da experiência da realidade virtual (VR) e da possibilidade de criar uma realidade aumentada (RA). Se no primeiro foi necessário esclarecer desde o que se trata a fabricação digital, através da prolifera exposição de possibilidades nos trabalhos apresentados pelos palestrantes, neste, as discussões puderam ir além, com a expansão da disciplina em direção a outras áreas do conhecimento como a física de Einstein, a geometria diferencial e o design de interatividade, e da teoria ainda incipiente no campo das novas arquiteturas digitais, pelo menos no Brasil, que reflete sobre o uso do novo ferramental, através da performance e do conhecimento compartilhado pelo movimento colaborativo.



## MUDANÇAS DE PERSPECTIVA

A arquitetura volta a exceder a disciplina num momento de transbordamento, versando com diversas áreas, alargando suas fronteiras de atuação, incorporando a mecânica, a robótica, e a fabricação, se reafirmando entre arte e ciência. O arquiteto volta a ser o inventor de suas máquinas e mecanismos que irão concretizar suas ideias (Nan, 2015), a ser capaz de manipular a tecnologia para atender à sua criação, produzindo respostas a problemas e se envolvendo no processo de viabilizar essas respostas, expandindo assim o leque de possibilidades criativas da disciplina em transformação.

Essa retomada do pensamento arquitetônico voltado à produção tira vantagem da dispersão da produção gerada pela popularização da fabricação digital, que enfim chega às escolas de arquitetura brasileiras. O caminho apontado pelos mestres Gabriela Celani e Andrés Passaro é o de capacitar os estudantes na operatividade das novas tecnologias, semear a escrita para colher poesia.



A Escola já colhe frutos dos esforços em equipar o Laboratório com as ferramentas digitais, restaurar as ferramentas analógicas e de readequar o espaço. As maquetes, ao menos, ficaram mais precisas, mais impactantes ao deslumbre inicial que as novas tecnologias causam. A fase seguinte, a de ofertar disciplinas optativas e promover oficinas de instrumentalização e criação vem sendo feita com grandes esforços em trazer palestrantes, tutores e professores habilitados. E já têm tido resultados, como a inserção dos novos processos de projeto nos ateliers tradicionais, e a defesa dos primeiros trabalhos finais de graduação paramétricos, apesar da escassez de professores orientadores.

## A GRAVITAÇÃO

A discussões que trouxeram à tona o tema da gravidade vieram da intenção de subverter a ideia de Arquitetura como construção, tectônica de abrigo, para inserir a superfície, a estereotômica do solo geradora de paisagens. Assim, os solos interativos surgiram a partir de uma ato primeiro de desafiar a gravidade.

Enquanto na teoria de Newton o espaço é rígido, descrito pela geometria Euclidiana, na Relatividade Geral de Einstein o espaço-tempo é distorcido pela presença da matéria que ele contém, a gravidade é a própria curva no espaço-tempo gerada pela matéria.

Partindo desses conceitos, os participantes do workshop foram estimulados a desenvolver um princípio, uma ação e reação, de modo que as tecnologias de projeto e fabricação digital, aliadas à mecatrônica tornassem possível a

concretização da ideia inicia, onde “a relação com o humano se faz presente como o mote da mecanicidade, da máquina, da interação, do interator. São as respostas humanas que determinam a ação da máquina” (Paré, 2010).

Os modelos resultantes em acrílico são verdadeiros “dipositivos crus, revelados como objeto de estudo expostos, peça por peça” (Paré, 2010), para que os arquitetos criadores possam contemplar a criação que permite sua intenção primeira.

#### RESULTADOS

Alguns foram buscar suas representações em conceitos fora de escala usual do arquiteto, mirando uma perspectiva longínqua através de um buraco de minhoca, onde o universo se dobra em um fenômeno espetacular que nos faz lembrar o acaso da existência humana.

Outros brincaram com a visão contemporânea antropocêntrica explorando a nossa capacidade de intervenção no mundo auxiliados pela tecnologia. A intervenção no espaço-tempo a ponto de pará-lo e revertê-lo, como se chegássemos a comandar as leis do universo. E chegamos mesmo, após longo período de encenação, a humanidade passou pela simulação e agora engatinha para controlar a natureza, fazendo chover no deserto através das chuvas iônicas.

Se tratando de desafiar a gravidade, o grupo seguiu ao pé da letra ao interpretar como uma batalha de titãs, que ao bater os pés contra ao solo a gravidade responde com leve difração radial da força responsiva vinda de seu núcleo, do centro da terra. Um desafio como duelo. Quem ganha, o homem ou sua criação, o labirinto?

No perspectiva final dos resultados alcançados, percebe-se que “as propostas mais bem sucedidas, as mais poéticas são justamente as que buscam simplicidade na determinação de seus objetos e mecanismos” (Paré, 2009). 📦

#### REFERÊNCIAS

- NAN, Cristina. (2015) A New Machinecraft: A critical evolution of Architectural Robots. 16th International Caad Futures Conference, São Paulo: Springer Book.
- PARÉ, Zaven. (2010) O robô e a maçã. Rio de Janeiro: 7Letras.
- PARÉ, Zaven. (2009) Máquinas. Rio de Janeiro: 7Letras.





# DESDOBRAMENTOS

# DESDOBRAMENTOS

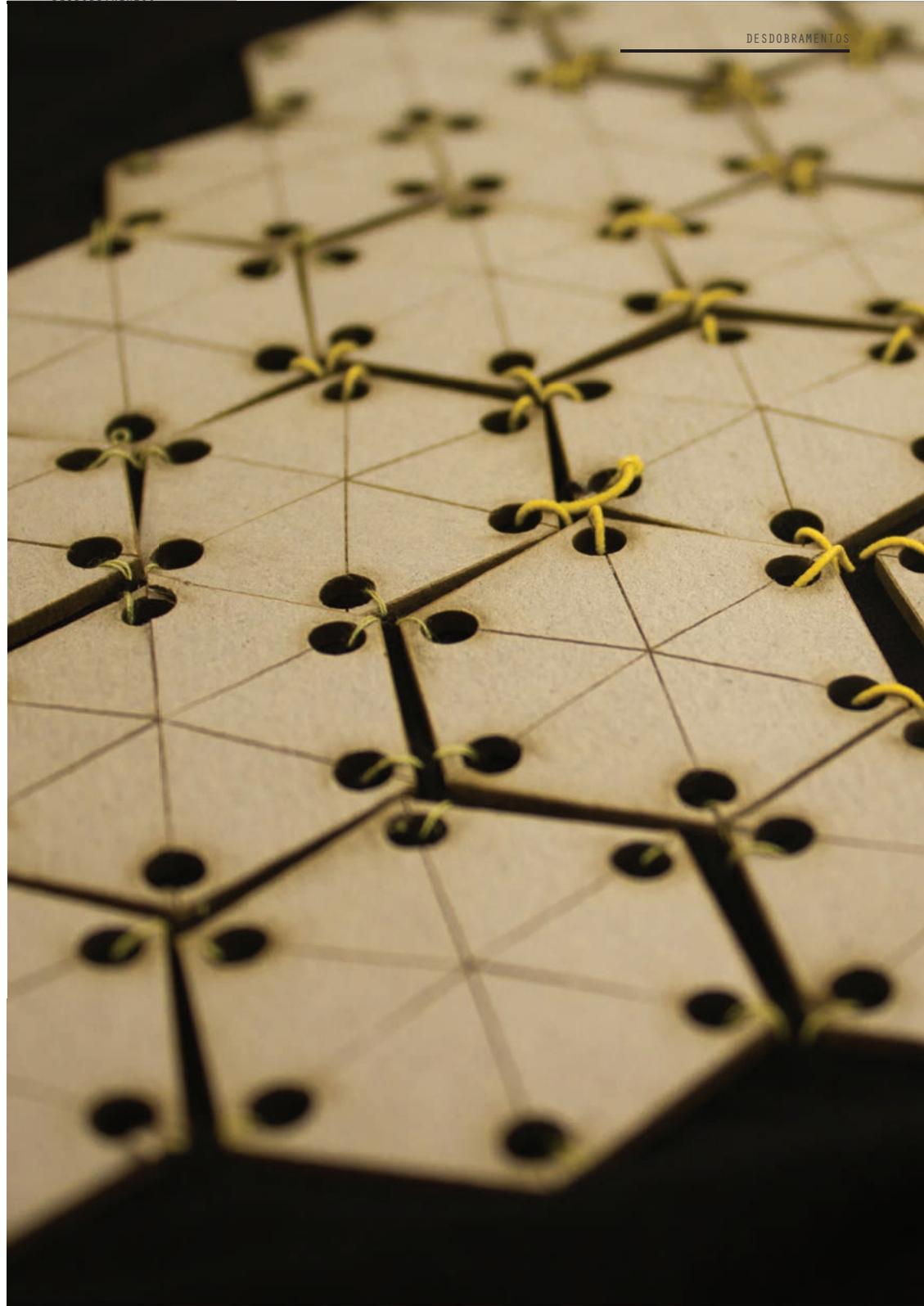
---

ANDRÉS PASSARO

DA CRÍTICA CONCEITUAL ATÉ A CRIAÇÃO MORFOGENÉTICA

Introdução

A crítica pós-moderna dos 80 oscilava, a grandes rasgos, entre uma retomada aos preceitos históricos e uma retomada ao pensamento de vanguarda experimental já esvaziado de atitudes heroicas. Esta crítica de vanguarda se situava entre o domínio do High Tech e a Deconstrução. Josep Maria Montaner (1993) apontava essa crítica de vanguarda em três vertentes, dentro do que ele chamava de posturas arquitetônicas, as quais denominou de; 1- Nova Abstração formal, onde imperavam as experimentações linguísticas de sintaxes da forma, e atitudes conceituais; 2- a que chamou do Paradigma da Obra de Arte, pela qual a obra arquitetônica se transforma em única dado seu valor artístico e finalmente; 3- High Tech, onde os sistemas construtivos de última geração e os materiais de ponta eram palavras de ordem. Cada uma destas posturas tinha um sistema de preceitos que a validava. Os critérios a grandes rasgos passavam pela estrutura profunda da forma, pela narrativa e pelo sistema de montagem. Estas posturas tiveram início a finais da década de 60, porém os mecanismos da Nova Abstração que partem da arquitetura conceitual, e da linguística estruturalista vão perdendo a sua força e se aliam nos 80 com o discurso narrativo pós-estruturalista utilizado pelas obras “Paradigmáticas” e adentram no século XXI.



No final do século XX encontramos Hans Ibelings (1998), que define o Supermodernismo como uma saída para a especulação formal ou tecnicista acima mencionada, estas atitudes defendem novamente a fenomenologia descritiva como causa. Ibelings toma os termos de quatro exposições que aconteceram na década dos 90 que foram; Minimalismo (Josep Maria Montaner 1996), Monolíticos (Rodolfo Machado 1996), Transparências (Terence Riley 1995) e Materialidade (Daniela Collafranceschi 1995). Estas quatro exposições se transformam nos quatro pilares desta “nova” arquitetura supermoderna. Esta arquitetura a grandes rasgos se traduz até os dias de hoje numa forma prismática, na qual se valorizam peles e tratamento de fachadas, tendo seu ápice na Expo de Hannover de 2000.

Rafael Moneo (1999) situa esse mesmo momento de fim de século XX entre a Compacidade e a Fragmentação, e salienta um certo desprezo pela forma de ambos tipos de arquitetura. De um lado a caixa de sapatos supermoderna envelopada por peles, ecológicas o técnicas, que valorizam a percepção descritiva, do outro a forma quebrada ou rompida pela narrativa ou por jogos pós-estruturalistas que exploram a dispersão formal.

Ignasi de Solà-Morales (1998) também chegando no final do século XX aponta uma nova postura a qual chama de Arquitetura Líquida, baseada em fluxos e condições fluidas que distorcem sistematicamente a tríade vitruviana. Com estes preceitos, a firmitas é substituída pela instabilidade, e o espaço pelo tempo

Tanto a Fragmentação de Moneo quanto a Arquitetura Líquida de Solà-Morales adentram o século XXI com posturas que comprometem qualquer tentativa de leitura formal. A especulação da forma, ou a recomposição formal, pelo menos no sentido euclidiano, é destruída e o desprezo pela forma vai por um caminho nihilista o qual explora uma condição da não forma, da anamorfoses, e da Forma Ausente (Andrés Passaro 2008). A fundamentação deste tipo de arquitetura deixa de lado a os processos de autonomia formal e passa a ser argumentada pelas posturas filosóficas pós estruturalistas e pelas ciências da complexidade. Deleuze, Guattari, Mandelbrot, Lorenz entre outros são amplamente citados para validar os processos de representação arquitetônicos. Os primeiros anos do século XXI nos remetem ao conceito de Campo Ampliado apontado por Rosalind Krauss (1979) para a escultura e adaptado por Antony Vidler (2008) para a arquitetura onde coloca questões consideráveis e que ainda estão em fase de exploração. Para Vidler uma das quatro ampliações do campo arquitetônico partem de analogias biológicas, remetendo a textos teóricos de Reyner Banham dos 60 ao propor a forma biológica como a próxima revolução arquitetônica, ou Charles Jencks (1971) especulando com o conceito de Bioforma, e as ações operativas de Greg Lynn no começo deste século as quais se iniciaram dentro do conceito de Bolha.

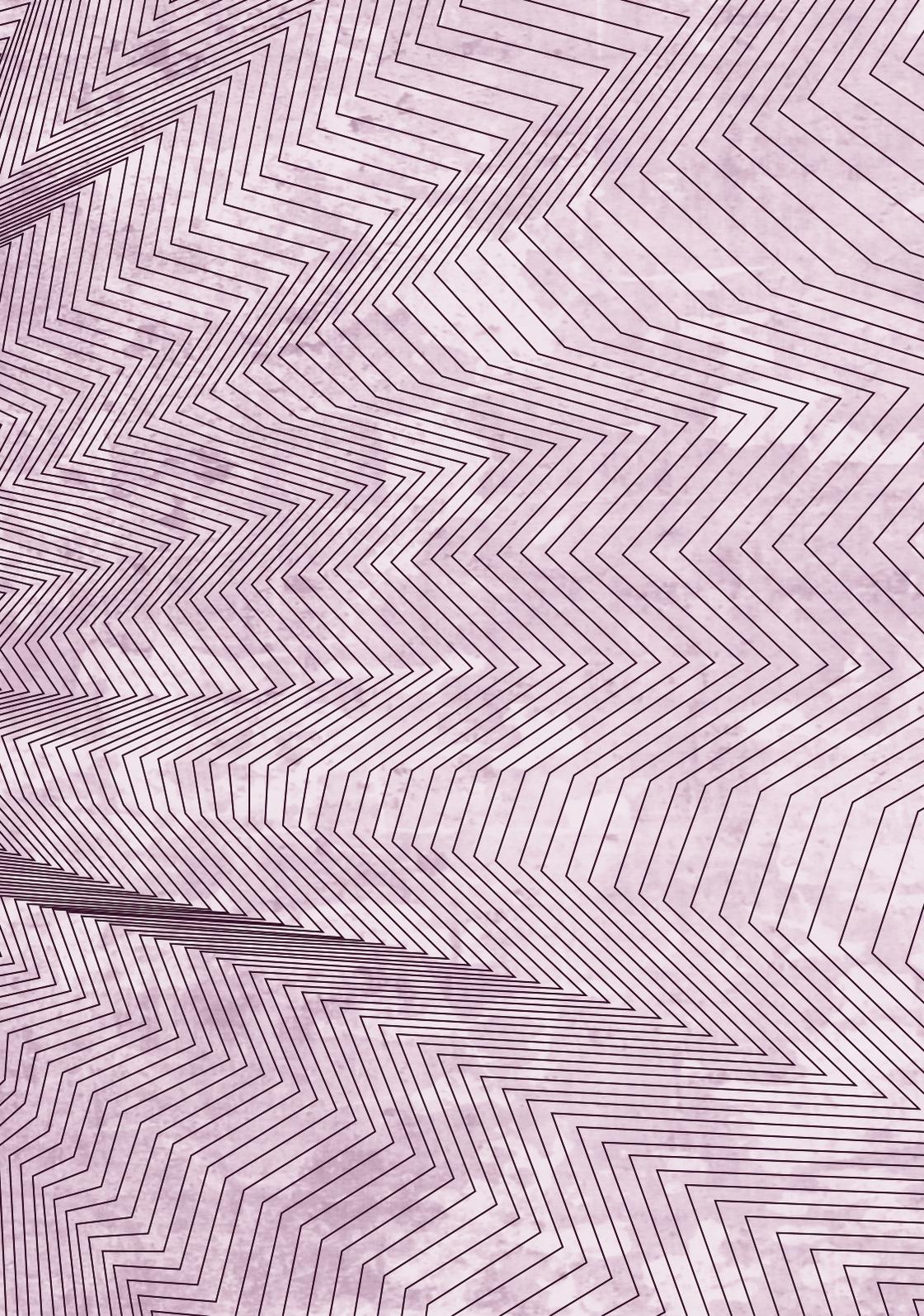
Jenck (1995) no seu livro *The Architecture of the Jumping Universe* aborda a temática das ciências da complexidade e a sua capacidade de mudanças. Entre vários conceitos determina *Cosmogenic Architecture* e *The Return to a Different Nature*, em ambas nos encontramos com as novas possibilidades da ciência, fractais, dna, gaia, catástrofe, etc. Porém o que mais é

é destacado é o novo poder criativo destas ciências. A ideia de uma segunda natureza implica nas transformações artificiais que o homem pode realizar para a produção dessa nova natureza. E a ideia do retorno não deixaria de estar associada a uma nova mimeses para representar essa nova natureza, a qual inclui ainda o conceito de cidade Cyborg.

Um pequeno livro de 2003 chamado de Genetic Architecture (Alberto Esteves 2003) aponta trabalhos de interesse Botânico-Digital e Cibernético-Digital desenvolvidos já dentro do domínio digital que nos brinda com as possibilidades de representação em processos sequenciais. Trata-se de trabalhos de alunos de um máster, mas que de alguma maneira sistematizam a pesquisa sequencial formal com a lógica da Bioforma. Mais recentemente no seu artigo Methaphysics of Genetic Architecture and Computation Karl Chu (2006) propõe que as novas posturas superam as teses de biomimeses. Por um lado entende que toda forma física é possível de ser computada ao citar a frase de Gregory Chaitin “ Tudo é algoritmo” e isto nos leva novamente ao discurso filosófico estruturalista dos 60, pelo qual tudo é possível de ser resolvido com uma fórmula, e o que não pode ser resolvido simplesmente é porque a fórmula ainda não foi descoberta. Utilizando o tratado de Monadologia de Leibniz propõe ainda uma arquitetura genética capaz de produzir novas formas a partir do encontro de duas partículas ou dois bits, os quais ainda não tinham tido a oportunidade de se juntar.... A ideia de criação de formas ou de vidas artificiais (carne + silício) capazes de reprodução com mecanismos autorreplicantes armazenadas no seu código genético, para Chu, superam a condição mimética dentro das categorias de Morfogêneses ou Morfodinâmica e coloca o desenho do homem

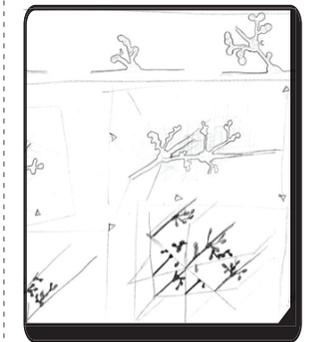
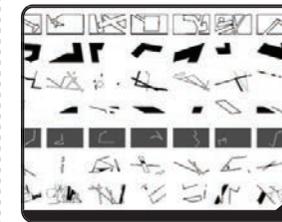
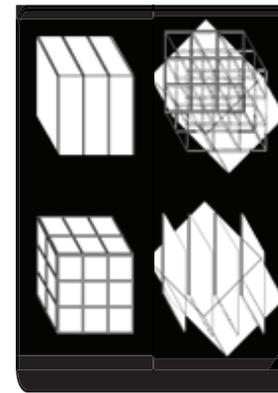
como fonte de um processo CRIACIONISTA. A partir daqui as possibilidades são infinitas. A nível de paradigma houve uma mudança significativa quanto ao papel do homem. Por um lado o pensamento estruturalista limitava o homem como mero observador frente a um mundo incompreensível, a célebre frase de Calude Levy-Strauss “o mundo começou sem o homem e acabará sem ele” tirava o protagonismo humano perante a importância das estruturas. O niilismo revoltado implica em não aceitar esta sentença e a quebrar em cacos estas estruturas. Romper, quebrar e destruir um mundo perene a partir da efemeridade humana foi uma tendência de revolta. Principalmente quando a entropia era inevitável. Por outro lado as teses criacionistas a partir da Morfogêneses da Morfodinâmica com a figura do autômato replicante apontam para um sujeito transhumano, como colocado por Chu, capaz de reverter a insignificância do homem perante as estruturas, e reverter o quadro niilista entrópico para a chamada Extropia, de Max More (2003). O homem transhumano de Chu pode agora desenhar o mundo a sua maneira, o da maneira como ele entender, contudo qual será a ética e a estética destas novas possibilidades.

A nível de projeto os processos de Sintaxes dos 60 necessariamente não implicavam em esquemas evolutivos, não existia o desejo de uma metamorfose, uma forma final a ser alcançada, a condição niilista que estava por vir implicava em uma parada arbitraria uma escolha aleatória dentro do processo infinito de mutação formal que estava em constante desenvolvimento. A obra construída era qualquer uma destas fases. A estratégia de nomeação numérica também é sintomática,  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  são mecanismos de sintaxes implicados em esvaziar significados, lutar contra a semântica, ou seja não etiquetar para evitar aquilo que poderia resultar em possíveis distrações conceituais. Neste sentido era muito mais tendencioso chamar a obra



de “a casa junto ao lago” do que a casa N. No primeiro caso imaginamos o lago grande, pequeno com areia, com ondas, com plantas. Realizamos assim um exercício descritivo de índole fenomenológico, que supostamente afetaria e prejudicaria a leitura dos mecanismos formais. O “título da obra” deve assim ser evitado nos processos formais conceituais. O valor arquitetônico e artístico destas obras está na descoberta do processo formal que as originou (figura1). Os jogos formais das 10 Casas de Eisenman foram realizados em quase 10 anos. Se nos 70 quebrar a forma era um exercício de meses de trabalho e devia ser pensado previamente, porque não existia UNDO (CtrlZ), atualmente estamos num momento em que o slider, permite a representação da mudança formal instantaneamente. Contudo, na exacerbação do digital; quais são as bases de argumentação para decidir se o slider é 4 ou 7 ou 3259? As semelhanças na tomada de decisões éticas e estéticas continuam parecendo assustadoras. A Compacidade perceptiva apontada por Moneo ou o Supermodernismo de Ibelings permanece no que vai do século. Não há especulação formal nem sobressaltos além dos que as novas tecnologias digitais oferecem em simulações a nível de testes sensoriais de insolação, térmicos, acústicos, e responsivos. Ou simplesmente explorando questões como a Transparência Fenomenal ou Literal apontada por Rowe em 1955. Trata-se de formas silenciosas, e descobrimentos perceptivos descritivos. Tal vez na busca de uma quinta geração do movimento moderno, onde ideologias heroicas foram esvaziadas e deixadas de lado em prol da técnica, dos materiais de fachada, e de peles (figura2). A guinada da Fragmentação de índole estruturalista vai perdendo forças, os processos de ordem da forma e da sintaxes vão se esgotando e tomam o rumo do discurso narrativo. A noção de conceito continua, contudo por momentos o conceito

de ordem estrutural se transforma em conceito narrativo, onde a literalidade estética é evitada. O valor destas obras já no mais está à procura retroativa dos processos formais e sim na descoberta de um conto fabuloso. Estas obras em geral apresentam um dupla identidade de ordem subjetiva. Uma primeira leitura perceptiva formal/sensorial, que ao mesmo tempo esconde e revela para poucos uma segunda leitura intelectualizada da obra. Estas narrativas partem de lugares tão opostos quanto mito versus historia ou filosofia versus ciências da complexidade, contudo os recursos gráficos e representacionais dificilmente apresentam soluções diferenciadas. A falta de unidade, centralidade e limites são preceitos pré-estabelecidos, a forma rota, explodida, quebrada, partida, são palavras de ordem (figura3). A ideia da Arquitetura Líquida de Solà-Morales ganha impulso principalmente com a sua definição de fluidez que vai em contraposição com a ideia de permanência e do sólido. Também a noção de espaço é colocada em jogo com a incorporação do tempo Bergsoniano. A partir daqui encontramos um desinteresse pela forma rota, e o discurso envolve formas fluidas com sensação de movimento (figura 4). Como vemos nas imagens até este momento que comporta o final do século XX nos encontramos com um discurso complexo porém com serias limitações representacionais. Seja em imagem em 3d ou em processos sequencias, sendo assim a ideia de diagrama acompanhou a todo momento estas discussões (figura5). A grande mudança deste início de século parte do novo ferramental, dado pelo domínio de processos em desenho paramétrico, representação gráfica de algoritmos e fabricação digital, somadas as novas possibilidades que estas tecnologias oferecem a nível projetual. Esta mudança de índole instrumental reorienta e amplia consideravelmente o campo dentro



dos sistemas de representação. Se pensamos em processos minerais em formação que levam na sua constituição a passagem de milhões de anos e que podem ser simulados em segundos, devemos assumir que o fator tempo como processo evolutivo do projeto é um ponto a ser questionado. Também se pensarmos em uma nova mimeses esta já não mais aponta para a cabana primitiva como uma imagem estática e sim para estruturas complexas moleculares sequenciais em geração, ou para estruturas complexas derivadas de processos biológicos em desenvolvimento. O caso é que as novas ferramentas de desenho paramétrico permitem simulações tanto do real do que existe, quanto do virtual aquilo que pode ser inventado. Isto em qualquer escala, do micro ao macro. E ainda estas simulações permitem realizar o processo inverso de uma diretriz generativa, ou o tempo inverso (figura 6). Neste sentido argumentar uma condição biológica ou molecular na representação arquitetônica não deixa de ser um exercício de representação mimética, e os parâmetros que qualificam estas arquiteturas, podem ser controlados pelo entendimento sequencial, pelo entendimento evolutivo, ou pela dimensão responsiva destas arquiteturas. Contudo como argumentar e ou qualificar uma arquitetura gerativa artificial? Quais parâmetros de avaliação uma vez superada a surpresa da novidade criacionista?

As bases de argumentação para estas novas ações operativas partem da nova mimese, e das possibilidades de simulações dos novos sistemas. Não é por acaso que trabalhamos com parâmetros, assim como não é por acaso que precisamos de duas janelas para projetar, Grass+Rhino, imagem e plugin, figura e simulação. Tal vez realidade e a MATRIX seja uma questão.

## CONCLUSÃO

Existem nestes processos de desenho mais recentes, estas atitudes inovadoras de morfodinâmica e morfogêneses porém a crítica ainda não incorporou completamente estas novas orientações. Classificar estas novas ações de mimeses a partir de categorizações como Contouring, Folding, Forming, Sectioning ou Tiling, é um equívoco porque somente qualificam e abordam técnicas operativas. Se trata de classificações que não conseguem validar e muito menos argumentar as novas abordagens. Também é um equívoco ajustar estas novas abordagens ao discurso teórico do paradigma da FRAGMENTAÇÃO, colocado por Moneo, seja a partir do discurso estruturalista, do pós-estruturalista, ou da narrativa das ciências da complexidade. Tampouco utilizar o discurso do FLUIDO colocado por Solà-Morales consegue um argumento válido para esta crítica. Não estamos mais tratando de narrativas espetaculares, nem da história dos mitos, seja a partir da filosofia ou da ciência. Estas novas mimeses, a que representa estruturas e a que cria novas estruturas, passam a utilizar uma linguagem própria, dentro dos elementos de cadeias biológicas e moleculares. Em arquitetura e urbanismo estávamos acostumados já a utilizar o linguajar do corpo humano para definir elementos, como circulação, vias e artérias, coração da cidade, os pulmões da cidade, etc. Nestes recentes casos a forma espetacular e as suas mutações vão estar dadas por um linguajar próprio, com novas palavras que arquitetos designer e urbanistas vão ter de colocar em dia; divisão celular, diferenciação celular, crescimento celular, desenvolvimento biológico, desenvolvimento embrionário, grupo taxonômico vão formar parte do novo vocabulário que explicita estes novos processos e procedimentos em desenho. Também está claro que

esta nova crítica coloca os sistemas tradicionais de representação em crise, o sistema Monge torna-se incapaz de compreender estas novas realidades onde mutação, dinâmica e fluidez e movimento entram em cena, dando passo a arquiteturas responsivas que estão mutando e mudando a cada instante. A lógica de plantas cortes e fachadas são incapazes de revelar estas novas realidades. E ainda devemos nos acostumar com as verdadeiras possibilidades da microescala, o mundo dos insetos dos vírus e bactérias e da nanotecnologia podem nos parecer repulsivos, pelo menos a primeira vista.

#### REFERÊNCIAS:

- 1955 - ROWE, Colin; SLUTZKY, Robert. *Transparência: literal e fenomenal*. Revista Gávea nº2. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 1985 (1ª edição em inglês 1955).
- 1970 - LÉVI-STRAUSS, Claude. *Tristes Trópicos*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 1970.
- 1971 - JENCKS, Charles. *Architecture 2000. Predictions and Methods*. Littlehampton Book, Faraday, 1971.
- 1975 - EISENMAN, Peter; GRAVES, Michael; GWATHMEY, Charles; HEJDUK, John; MEIER, Richard. *Five Architects*. Nueva York, Oxford University Publishers, 1975.
- 1975 - MANDELROT, Benoit. *Los objetos fractales*. Barcelona: Tusquets, 1996 (1ª edición francés 1975).
- 1979 - KRAUSS, Rosalind. "Sculpture in the Expanded Field". October, Cambridge, spring 1979, p. 41.
- 1980 - DELEUZE, Gilles; GUATTARI Felix. *Mille Plateaux: Capitalisme et Schizophrénie*. Paris: Les Editions de Minuit, 1980 (versión castellana: Mil mesetas. Capitalismo y Esquizofrenia. Valencia: Pre-Textos, 2000).
- 1984 - EISENMAN, Peter. "The end of the classical: the end of the beginning, the end of the end". *Perspecta*, nº 21, 1984.
- 1993 - MONTANER, Josep Maria. *Después del Movimiento Moderno: Arquitectura de la segunda mitad del siglo XX*. Barcelona: Gustavo Gili 1993.
- 1995 - COLLAFRANCESCHI, Daniella. *Architettura in Superficie*. Gangemi Editore. Roma, 1995.
- 1995 - JENCKS, Charles. *The Architecture of the Jumping Universe*. Academy Editions, London 1995
- 1995 - RILEY, Terence. *Light Construction*. MOMA, New York, 1995.
- 1996 - MACHADO, Rodolfo, El-Khoury Rodolphe. *Monolithic Architecture*. Pittsburgh: Architectural Center, The Carnegie Museum of Art., 1996
- 1996 - MONTANER, Josep Maria; SAVI, Vittorio. *Less is More. Minimalismo en arquitectura y otras artes*. Barcelona: Col·legi d'Arquitectes de Catalunya / Actar, 1996.
- 1998 - IBELINGS, Hans. *Supermodernismo. Arquitectura de la era de la globalización*. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.
- 1998 - SOLÀ-MORALES, Ignasi. "Liquid Architecture". In: DAVIDSON, Cynthia (Edit.). *Anyhow*. Cambridge: MIT Press, 1998.
- 1999 - MONEO, Rafael. "Los 90 entre la compacidad y la fragmentación". *Arquitectura Viva*, nº 66. Madrid, mayo-junio, 1999, p.17-24.
- 2001 - HADID, Zaha. *El Croquis nº 103 Zaha Hadid 1996-2001*, Madrid 2001
- 2003 - ESTEVEZ, Alberto. *Genetic Architecture*. Sites Books, Barcelona 2003
- 2003 - MORE, Max *The Principles of Extropy*. V3J1 2003 In <http://lifeboat.com/ex/the.principles.of.extropy> em 23/08/2015
- 2006 - CHU, Karl. "Methaphysics of Genetic Architecture and Computation". *Architectural Design* nº4 V.76 Wiley Publising, London, 2006.
- 2008 - PASSARO, Andrés. "A Forma Ausente". *Revista NOZ #2*. PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2008.
- 2008 - VIDLER, Anthony. "Architecture's Expanded Field" in *Architecture Between Spectacle and Use*. Williamstown: Sterling and Francine Clark Art Institute. Pittsburgh 2008.
- 2009 - IWAMOTO, Lisa. *Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques*. Princeton Architectural Press, Princeton, 2009



## GABRIELA CELANI

### INTRODUZINDO NOVAS TECNOLOGIAS NO ENSINO DE PROJETO NA UNICAMP

Introdução: a programação na arquitetura

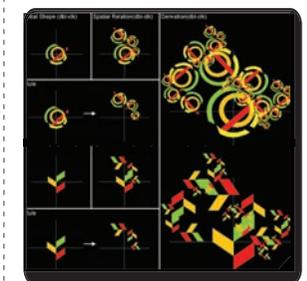
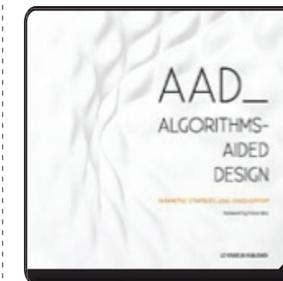
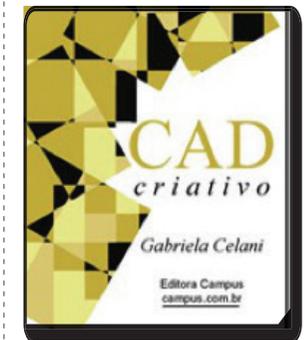
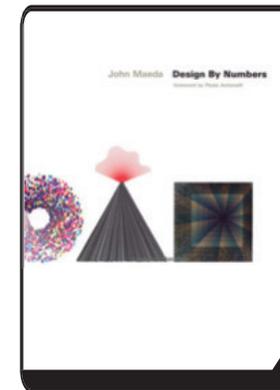
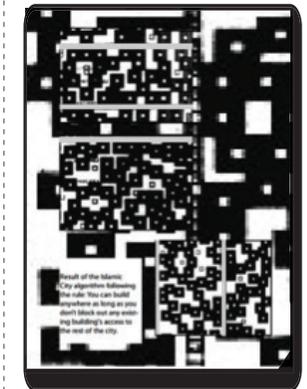
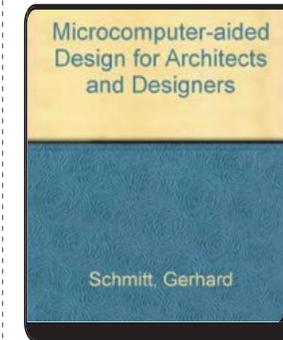
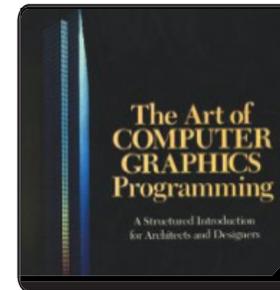
Cedric Price propôs, em uma palestra de 1966, que *“a tecnologia é a solução, mas... qual era mesmo a pergunta?”* (PRICE, 2014) Uma inteligente frase dos arquitetos Manuel e Francisco Aires Mateus, ainda que sem essa intenção, resolve a dúvida, pelo menos do ponto de vista da arquitetura:

*“A arquitetura não existe para resolver problemas; existe para tirar partido da necessidade de resolução de problemas. É aí que ela se transforma numa coisa interessante: quando acrescenta.”* (VILELA, 2015)

Trazendo a frase dos irmãos Mateus para o campo da tecnologia poderíamos dizer que a arquitetura não usa a tecnologia necessariamente para resolver problemas, mas para explorá-los, e, sendo assim, ela não precisa responder à pergunta de Price. O uso da programação, por exemplo, pode ser simplesmente exploratório, e não precisa necessariamente visar a produtividade. Pesquisadores de outras áreas do conhecimento também utilizam ou utilizaram a tecnologia simplesmente para explorar novas possibilidades, e não necessariamente para resolver um problema específico. Um exemplo famoso é o de Seymour Papert que, nos anos 60, desenvolveu experimentos ligando programação e ensino à linguagem Logo, no MIT Media Lab (ABELSON, H.; DI SESSA, 1986). Na década seguinte, Papert e Harel criaram o Epistemology and Learning Research Group,

estabelecendo o Constructionismo como um novo paradigma de educação para crianças e visando, entre outras coisas, o uso das linguagens de programação “como forma de estimular os processos criativos na mente do projetista” (RESNICK, 1994, tradução nossa). Com objetivos semelhantes, porém, voltados para os arquitetos, Mitchell, Ligget e Kvan publicaram, em 1987, o livro *The Art of Computer Graphics Programming* (figura 1), primeira obra a associar uma linguagem de programação ao pensamento e teoria da arquitetura. Segundo os autores, o livro era “tão preocupado com questões de teoria do projeto e estética visual como com a tecnologia computacional” (Mitchell, Ligget, & Kvan, 1987: vii, tradução nossa). A obra tinha como objetivo ensinar Pascal para alunos de arquitetura, iniciantes em programação, por meio de exercícios sobre vocabulários visuais, composições parametrizadas, repetições de formas, condicionais, estruturas hierárquicas e transformações geométricas (CELANI, 2008). Em 1988, Gerhard Schmitt publica o livro *Microcomputer Aided Design for Architects and Designers*, no qual afirma que embora a maioria dos projetistas usasse os computadores como uma ferramenta voltada para a produtividade, e não para a criatividade, havia evidências de que o uso dos computadores podia servir como amplificador da inteligência projetual dos arquitetos, por meio do desenvolvimento de algoritmos baseados em regras. O livro propõe uma série de exercícios em Autolisp para AutoCAD (figura 2). Na década de 1990, Paul Coates (1995), do Centre for Evolutionary Computing in Architecture (CECA) da University of East London, publica o caderno de exercícios *Generative Modeling*, no qual é introduzida a ideia do uso do computador para a modelagem generativa, com o objetivo de explorar ideias de projeto inovadoras. Coates propunha para isso o uso

de métodos generativos como fractais, automatos celulares, gramática da forma e sintaxe espacial, por meio de implementações em AutoLisp, Mini Pascal, GDL (Geometric Description Language), Lingo, e na linguagem de script do ArchiCAD (figura 3). Já no final dos anos 1990, John Maeda (1999) publica mais uma impactante obra ligada ao uso da programação voltada para a criatividade, o livro *Design by Numbers*. O livro introduz uma linguagem simples de programação desenvolvida a partir do Java, com interface amigável, voltada para artistas e designers. A partir dessa linguagem, Ben Fry e Casey Reas a viriam a desenvolver o Processing, que hoje é provavelmente o método de programação mais utilizado por artistas (figura 4). Finalmente, já nos anos 2000, Kostas Terzidis (2006), arquiteto e então professor de Harvard, publicaria *Algorithmic Architecture*, na qual afirmava que “o algoritmo não [era] apenas uma implementação computacional”, mas “um construto teórico com profundas repercussões filosóficas, sociais, artísticas e de projeto”. Por meio de exemplos desenvolvidos na linguagem MEL, para o software Maya, Terzidis apresenta exemplos de implementações utilizando busca estocástica, fractais, automatos celulares, hibridização e transformações sequenciais que permitiam explorar conceitos alheios à mente humana, como aleatoriedade, complexidade e infinitude (figura 5). No Brasil, o primeiro livro a explorar esses conceitos foi, provavelmente, *CAD Criativo* (2003), publicado após meu doutorado no MIT, sob orientação do prof. Bill Mitchell. O livro apresentava algoritmos desenvolvidos em VBA para AutoCAD para a implementação de formas arquitetônicas paramétricas, composições recursivas regradas e aleatórias, além da automatização de procedimentos de projeto, como a geração de layouts. Assim como o livro de Mitchell, Liggett e Kvan, no



qual ele se inspirava, CAD Criativo vai além da ferramenta, fazendo proposições teóricas, como mostrar que alguns edifícios com fachadas inclinada de Niemeyer, Artigas e Reidy compartilhavam diversas semelhanças topológicas, apesar das diferentes proporções (figura 6). Outros dois livros mais recentes são fundamentais para se desenvolver boas aplicações em design computacional, sendo um voltado para a linguagem textual Max Script, linguagem específica do 3D Studio Max, e o outro para GrassHopper, plugin do Rhinoceros. Trata-se dos livros Parametric Design for Architecture, de Wassim Jabi's (2013), e Algorithmic-aided design, de Arturo Tedeschi (2014). O primeiro foi motivado pela frustração do autor com livros de arquitetura contemporânea que, segundo ele, “nunca revelam os mecanismos que resultam em resultados tão espetaculares.” Por esse motivo, o livro explica o método de desenvolvimento de algoritmos paralelamente a uma análise de estudos de caso contemporâneos que tiram proveito dessas técnicas. Entre elas, estão controladores, campos de força, repetições, subdivisão de superfícies, preenchimento de volumes, recursão, tecelagem e ramificação. A livro também apresenta os equipamentos de fabricação digital que permitem produzir essas formas, mostrando a relação existentes entre os algoritmos generativos e as técnicas de produção (figura 7). Algorithmic-Aided Design é também um livro de algoritmos (neste caso visuais, pois são desenvolvidos em GrassHopper), mas com preocupações mais de desempenho - estrutural e ambiental - que puramente formais. O autor faz uma interessante colocação a respeito da mudança de paradigma entre a criação direta da forma e a descoberta da forma mais eficiente, um método que teria tido início com Gaudi:

*“o desenho foi o meio estável [de representação] na arquitetura enquanto os arquitetos se baseavam na tipologia, isto é, o uso de soluções e sistemas tectônicos pré-concebidos e comprovados (“form-making”). Ele foi questionado por uma nova abordagem, a “form-finding”, no final do século XIX, que tinha como objetivo explorar estruturas novas e otimizadas, encontradas por meio de relações complexas e associativas entre o material, a forma e a estrutura. Gaudi e Isler rejeitaram a tipologia e olharam para os processos auto-formativos da natureza. O maior progresso ocorreu a partir do final dos anos 1980. A pesquisa acadêmica e a prática de vanguarda – tentando escapar das limitações de simples edição dos programas, começou a explorar novas maneiras de manipulá-los com o objetivo de encontrar soluções e formas não exploradas pela programação.”*

## Um currículo em evolução

Assim como os métodos, analogias e aplicações foram evoluindo ao longo dos últimos anos, como mostram os livros apresentados acima, a maneira de ensinar design computacional para arquitetos também evoluiu muito. Na próxima sessão será apresentada a evolução ocorrida em minha trajetória como docente no curso Arquitetura e Urbanismo da Unicamp. Meu percurso na Unicamp pode ser dividido em quatro etapas até o momento atual.

### FASE 1: CONCEITOS COMPUTACIONAIS (2004-2006)

Na primeira fase, desde o ingresso em 2004 até 2006, recebi a incumbência de lecionar a disciplina “CAD no processo criativo”, uma matéria obrigatória do segundo ano da graduação de apenas duas horas semanais. A matéria havia sido criada como resposta a uma avaliação do curso segundo a qual as várias disciplinas de informática que tínhamos se restringiam a aspectos de representação, e nenhuma delas tinha uma proposta realmente inovadora. A disciplina “CAD no processo criativo” se destacava das demais por introduzir técnicas e exercícios de programação utilizando VBA para AutoCAD, em paralelo à apresentação de conceitos teóricos. Contudo, naquela época ainda não havia edifícios construídos com formas paramétricas complexas, como o casal Burry (2012) viria a afirmar alguns anos mais tarde: “este livro não poderia ter sido publicado dez anos atrás”. Na fase comecei a oferecer também uma disciplina eletiva de programação para a graduação, e posteriormente para a pós-graduação, com a mesma agenda, porém com mais horas semanais e com menos alunos em sala de aula, o que tornava possível o desenvolvimento de programas mais

complexos, com o meu acompanhamento próximo. Na primeira vez em que a matéria foi oferecida, cerca de 30 alunos se matricularam, mas mais da metade desistiu da disciplina logo após a segunda semana, ao verem que se tratava de uma matéria de programação. Dentre os que permaneciam, eu oferecia dois caminhos: a programação para resolver um problema prático de projeto, como fazer um layout de banheiro de maneira parametrizada, ou a programação como métodos de exploração de formas inovadoras. Aproximadamente a metade da turma ficava com cada uma das alternativas. Nesse mesmo período iniciei uma aproximação estratégica com o então chamado Laboratório de Prototipagem Rápida do CTI Renato Archer. Descobri que bem perto da Unicamp localizava-se o mais avançado laboratório de tecnologias de fabricação aditiva do Brasil, que me auxiliou com a produção de modelos para os primeiros projetos de iniciação científica e mestrado que orientei. Os resultados dessa primeira etapa de minha carreira na Unicamp foram uma participação em um projeto temático liderado pela professora Doris Kowaltowski, com financiamento da Fapesp, como encarregada da criação do laboratório de Prototipagem Rápida, e a atração de alunos de pós-graduação interessados em estudar essas novas tecnologias de projeto e prototipagem. No entanto, não se notou nenhum impacto sobre a produção arquitetônica dos alunos do curso de graduação a partir dos conceitos de parametrização, recursão, etc. introduzidos na disciplina “CAD no processo criativo” (figuras 9).

## FASE 2: INSTRUMENTAÇÃO PARA A FABRICAÇÃO DIGITAL (2007-2009)

O primeiro equipamento do Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção - LAPAC - chegou à Unicamp no final de 2006. Tratava-se de uma impressora ZCorp Z-310 Plus, que utilizava um pó a base de gesso e binder depositado por um cabeçote de impressora a jato de tinta. Em meados de 2007 recebemos nossa primeira cortadora a laser. A primeira fase do laboratório foi dedicada ao aprendizado sobre o funcionamento das máquinas, à exploração de suas possibilidades, e à sistematização de seu uso, inclusive do ponto de vista operacional (figura 10). Regiane Pupo, que então desenvolvia seu doutorado sob minha orientação, acabara de voltar de Lisboa, onde havia auxiliado o professor José Duarte a montar o laboratório ISTAR, no IST. Sua contribuição foi fundamental para o novo laboratório, por meio da criação de tutoriais e do oferecimento de diversos workshops para alunos e para os professores que se interessassem pelos equipamentos. O principal resultado dessa fase foi a progressiva incorporação dos equipamentos do laboratório ao cotidiano dos alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo, o que resultou em uma produção cada vez maior de maquetes com grande precisão. No entanto, juntamente com esse aumento quantitativo não houve nenhuma alteração na linguagem arquitetônica ou métodos de projeto utilizados (figura 11 e 12). O último evento dessa fase de instrumentação foi o congresso Sigradi de 2009, organizado pelo professor Eduardo Nardelli na Universidade Mackenzie, em São Paulo. Convidada a organizar os workshops do evento, propus que abordássemos tanto a tradução do físico para o digital como do digital para o físico. Foram oferecidas

oficinas de digitalização 3D, com a participação do professor Arivaldo Amorim, da UFBA, de fabricação digital, com a participação do professor Affonso Orcioli, e de prototipagem rápida, Regiane Pupo, este último com o apoio do LAPAC para a produção de modelos. O workshop de digitalização 3D contou com o apoio da CCS Engenharia e Manufatura Digital, que realizou demonstrações de equipamentos de digitalização de curta e longa distância, enquanto o de fabricação contou com a instalação de uma fresadora de controle numérico da empresa DS4, com a qual foram produzidas esculturas para uma exposição no Centro de Cultura do Mackenzie. Além desses workshops, mais duas oficinas de software foram oferecidas: uma na área de modelagem geométrica digital com Rhinoceros, oferecida pelo professor Arthur Lara, e outra de modelagem paramétrica com GrassHopper, oferecida por Gonçalo Castro Henriques e Ernesto Bueno, ambos egressos da Universidade Internacional da Catalunya, onde haviam sido alunos do professor Orcioli. Entre os participantes dessa oficina estavam algumas figuras que logo se destacariam na área no Brasil, como Alex Garcia e Pedro Velloso (figura 13). A segunda fase permitiu-me adquirir um bom conhecimento na área de fabricação digital, mas ainda não estava claro para mim como poderíamos unir os conceitos computacionais com essas tecnologias. Hoje tenho consciência de que os workshops desse congresso tiveram um grande impacto na comunidade acadêmica de arquitetos brasileiros interessados no uso das novas tecnologias. Além disso, os palestrantes desse congresso eram figuras muito importantes e com perfis complementares, com grande poder de influência sobre os participantes: Rivka Oxman, José Duarte, Paul Seletsky e Kevin Klinger (figuras 14 e 15).

### FASE 3: MODELAGEM PARAMÉTRICA (2010-2012)

A resposta à questão acima veio na fase seguinte, que começou com um período sabático de 5 meses na Faculdade de Arquitectura (FA) da Universidade Técnica de Lisboa (hoje Universidade de Lisboa), junto ao antigo colega do MIT, professor José Duarte. Nesse período assumi a disciplina Fabrico Digital, na qual desenvolvi um material pedagógico para ensinar GrassHopper de maneira integrada ao processo de projeto ao uso de equipamentos de fabricação aditiva ou subtrativa. Carlos Vaz, então meu orientando de doutorado em intercâmbio também na FA, foi meu assistente, e assumiu sozinho a etapa da fabricação quando tive de voltar ao Brasil. Enquanto Carlos e eu avançávamos na modelagem paramétrica, Regiane Pupo, então pós-doutoranda no LAPAC, oferecia uma disciplina de fabricação digital voltada especificamente para a produção de objetos grandes por perfilagem CNC, desenvolvendo-se em uma área na qual ela viria a se tornar uma importante figura no Brasil (figuras 16, 17 e 18). Alguns meses após retornar ao Brasil, em janeiro de 2011, ofereci, juntamente com a prof. Terry Knight, do MIT, e a prof. Silvia Zakia, então doutoranda da FAU-USP, a disciplina de verão de pós-graduação “Shape grammars in design”. A disciplina recebeu alunos da FEC e de outras universidades, como a FAU-USP, a UFBA e até mesmo a UFC (o prof. Daniel Cardoso). O tema proposto foi a análise, por meio da gramática da forma, das casas em estilo neo-colonial de Campinas (figuras 19 e 20). Após essa disciplina, Regiane Pupo e eu oferecemos uma matéria de Fabricação Digital na qual exploramos ao máximo a nova fresadora CNC que havíamos adquirido por meio de um projeto CAPES multi-usuário. Como já era costumeiro, a disciplina foi aberta também a alunos de

graduação, que sempre parecem ser os mais entusiasmados com as novas tecnologias e se integram perfeitamente com os alunos de mestrado e doutorado, compartilhando com eles sua maior facilidade em lidar com as novas tecnologias (figura 21). No ano seguinte, ofereci, juntamente com a prof. Regina Tirello, da área de patrimônio, uma disciplina sobre o uso de equipamentos de prototipagem rápida para a elaboração de maquetes históricas, tomando novamente como tema a arquitetura neo-colonial de Campinas (figuras 22 e 23). Em 2012, um edital do Pró-reitoria de Graduação permitiu que trouxéssemos à Unicamp a prof. Anne Save de Beaurecueil, docente da Architectural Association que havia se mudado para o Brasil. Anne já utilizava em sua prática pedagógica a modelagem paramétrica aliada à análise climática como método de geração de formas arquitetônica. Com a ajuda de diversos assistentes, escolhidos entre os alunos de pós-graduação mais avançados, foi possível obter resultados avançados tanto em termos de projeto como de fabricação de modelos e protótipos (figuras 24). Ainda nesse ano, foi de grande importância para o LAPAC o início de uma parceria com a empresa Oxypress, especializada em corte a plasma e em conformação de chapas metálicas com equipamentos CNC. A empresa apoiou a pesquisa de mestrado de Wilson Barbosa Neto, com a produção de uma peça de mobiliário para o Museu de Ciências da Unicamp projetado e modelado interiormente com o uso do Grasshopper (figuras 25, 26 e 27). Ao final dessa etapa finalmente começamos a notar algum impacto na maneira como os alunos projetavam e prototipavam, já com formas mais complexas, modeladas parametricamente. Além disso, desenvolvemos a habilidade de produzir protótipos em maior escala, em especial graças à dedicação de Regiane Pupo no uso da fresadora CNC.

#### FASE 4: PROJETANDO COM AS NOVAS TECNOLOGIAS (2013-2015)

No final de 2012 foi aprovado, pela Fapesp, meu projeto “Arquitetura Contemporânea e Automação”, que buscava entender como as novas possibilidades de automatização do projeto e da construção civil influenciavam a arquitetura. O auxílio recebido permitiu re-equipar o LAPAC com uma fresadora CNC de grande formato de excelente qualidade, outra menor, porém com eixo rotacional e câmbio automático de ferramentas, uma impressora 3D FDM de baixo custo, uma cortadora a laser chinesa de 100Watts e uma termoformadora. O o ficou pequeno e o LAPAC acabou tendo de ser ampliado por meio de containers. O auxílio permitiu, ainda, trazer para Campinas os arquitetos alemães Arnold Walz, da empresa Designtoproduction, e Peter Mehrtens, da Bemos systems. O primeiro apresentou os modelos paramétricos que desenvolveu para edifícios como o Museu Mercedes Benz, do UN Studio, e a Fundação Paté, de Renzo Piano. Já Mehrtens ofereceu um workshop de desenvolvimento de componentes para Grasshopper e nos apresentou a máquina da Bemo, que produz fachadas metálicas com dupla curvatura (figura 28,29). Em 2013 tivemos ainda a visita, também patrocinada pela Fapesp, de José Beirão, que acabava de finalizar seu doutorado na TU Delft. Beirão ofereceu uma disciplina de um mês para a pós-graduação sobre modelagem paramétrica de malhas urbanas, juntamente com Letícia Mendes, então doutoranda sob minha orientação, que acabava de voltar de Lisboa. Letícia juntou grmática da forma e modelagem paramétrica, ofereceu, ela também, workshops de desenho urbano aos alunos da FEC, e assim contribuiu ainda mais para para as aplicações das tecnologias no processo de projeto (figura 30, 31).

Nessa fase ocorreu também uma alteração em minhas atribuições no curso de Arquitetura e Urbanismo da FEC: além das disciplinas obrigatórias de tecnologia, comecei a lecionar em mais disciplinas de projeto. Desde 2012 eu já colaborava em uma matéria de desenho urbano do 4o ano, mas em 2013 passei também a lecionar uma disciplina de projeto de edifícios verticais do 5o ano. Essa foi uma excelente oportunidade para aplicar, no processo de projeto, todas as tecnologias que eu havia estudado e aprendido a utilizar nos anos anteriores. Com a ajuda de meus orientandos Jarryer Martino, Maycon Sedrez, Andre Araújo, Victor Calixto, Filipe Campos, Daniel Lenz, Lucas Gomes, Guilherme Carvalho, Ruben Holsbeke, Lucas Chiara e Patrick de Carvalho entre outros PADs, PEDs e bolsistas, conseguimos levar para o atelier de projeto os fractais, os algoritmos genéticos, os plugins de análise térmica e estrutural, os edifícios 3D, a impressão 3D, enfim, todas as tecnologias que havíamos adquirido, a partir de um bonito esforço coletivo, onde a primeira regra sempre foi o compartilhamento do conhecimento (figura 32).

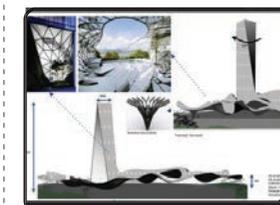
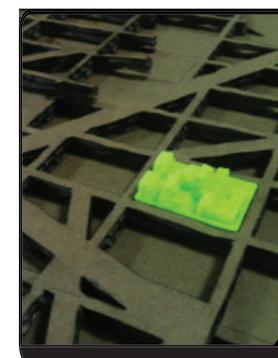
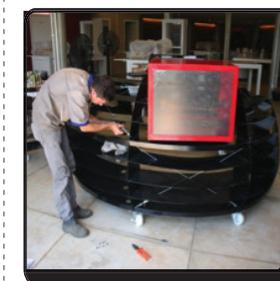
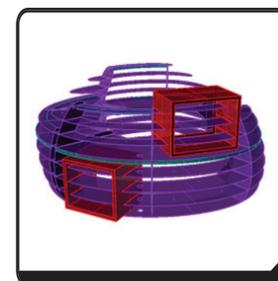
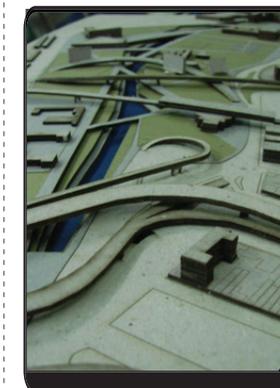
#### Lições aprendidas

Hoje, olhando para trás, consigo finalmente enxergar uma ordem lógica nas coisas que foram acontecendo e entendo como todas as atividades que realizamos no LAPAC foram importantes, ainda que em alguns momentos elas parecessem nos distanciar de nossos objetivos principais. Um exemplo disso foram os trabalhos de extensão à sociedade realizados. Desde 2008 o LAPAC participou da mostra Unicamp de Portas Abertas (UPA), e de 2009 a 2013 participou também do Ciência e Arte nas Férias, um programa de pesquisa realizado apenas no mês de janeiro, voltado para adolescentes de escolas públicas de

de 2o grau, patrocinado pela Fapesp. Em 2013 e 2014 passamos a receber alguns desses adolescentes ao longo de todo o ano, por meio do programa de bolsas de iniciação científica junior do CNPq. O tema da pesquisa foi a produção de maquetes táteis com impressoras 3D, e ela teve a participação do pós-doutorando Vilson Zattera, do laboratório de Acessibilidade da Biblioteca Central da Unicamp (figura 33). Hoje, pensando nas dezenas de jovens que passaram pelo LAPAC, seja como alunos de disciplinas, como usuários dos equipamentos, como estagiários ou como pesquisadores, começo a perceber como sua curiosidade e interesse pelo novo foram fundamentais para a formação de um espírito de laboratório, que hoje é reconhecido em todo o Brasil e internacionalmente, pois para cada canto do mundo para onde esses egressos vão, levam consigo um certo orgulho de terem passado por aqui. Aproveito esta oportunidade para agradecer a eles, ainda que não tenhamos espaço aqui para fazer a devida homenagem a todos.

#### REFERÊNCIAS:

- COATES, P.; THUM, R.. *Generative Modelling - Student Workbook*. 1995. 125f. Apostila. University of East London, Londres.
- CELANI, G.. *Teaching CAD programming to Architecture Students*. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 3, n.2, novembro de 2008. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50940>. Acesso em: 4/dez/2015.
- PRICE, C.. *Entrevista concedida à revista online Imperica Newsletter*. 10/fev/2014. Disponível em: <http://www.imperica.com/en/viewpoint/technology-is-the-answer-but-what-was-the-question>. Acesso em: 4/dez/2015.
- VILELA, J. S.. *Aires Mateus*. UP, Maio, 2015. Disponível em: [http://upmagazine-tap.com/pt\\_artigos/aires-mateus-casas-brancas-pelo-mundo/](http://upmagazine-tap.com/pt_artigos/aires-mateus-casas-brancas-pelo-mundo/). Acesso em: 4/dez/2015.
- ABELSON, H.; DI SESSA, A.. *Turtle Geometry: The Computer as a Medium for Exploring Mathematics (Artificial Intelligence)*. Cambridge, MA: MIT Press, 1986.
- RESNICK, M.. *Turtles, Termites and Traffic Jams*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1994.
- TERZIDIS, K.. *Algorithmic Architecture*. London: Routledge, 2006.
- MITCHELL, W. J.; LIGGET, R. S.; KVAN, T.. *The art of computer graphics programming*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1987.
- SCHMITT, G.. *Microcomputer Aided Design for Architects and Designers*. New York: John Wiley & Sons, 1988.
- MAEDA, J.. *Design by Numbers*, 2a ed. Cambridge, MA: 2001.
- BURRY, J.; Burry, M.. *The new mathematics of architecture*. London: Thames & Hudson, 2012.



## VERÔNICA NATIVIDADE

ARQUITETURA BASEADA EM DESEMPENHO E BIOMIMÉTICA

### Introdução

Qual é a origem da forma arquitetônica? Será que são camadas e mais camadas de história justapostas, que surgem sob a forma de diagramas, como Eisenman sugeriu? Vêm da inspiração divina, do gênio criativo presente nos privilegiados pelo talento? Ou surgem da combinação entre sociedade, cultura e tecnologia?

Nos últimos anos, cresceram os argumentos em favor de metodologias de projeto que privilegiassem abordagens mais bottom-up. Tradicionalmente, o design arquitetônico é produzido por meio de manipulações geométricas de formas pré-concebidas, caracterizadas pela sequência forma - estrutura - material, seguida ou não de análises de desempenho que podem implicar no reinício do processo para atingir as metas estabelecidas. Considerações sobre materiais e métodos de fabricação são usualmente subordinadas à geometria pré-concebida. A esse processo tradicional de concepção arquitetônica se chama top-down. A estratégia bottom-up, ao contrário, procura explorar o processo de design, onde a forma é gerada a partir da manipulação dos princípios que a governam. Tais princípios podem ser baseados diversos critérios, como, por exemplo, em intenções puramente formais, em estratégias de gramáticas da forma ou conduzidas por requisitos de desempenho (Menges, 2014). A inclusão do computador nessa equação trouxe, com a popularização do CAAD

a partir da década de 1980, adicionou novas camadas aos processos de concepção formal. Gero (1980) menciona duas metodologias dominantes do uso de computadores na concepção formal: uma avaliativa, onde a tomada de decisão permanece a cargo do designer e o computador é usado para manipular um modelo que descreve a forma; e uma generativa, onde a tomada de decisão se dá com o modelo, por meio da adoção de um objetivo. O computador se encarrega de maximizar ou minimizar o objetivo por processos de otimização. A forma, então, passa a ser manipulada inclusive pelo computador. A abordagem generativa vem adquirindo mais força desde a década de 1990, quando se iniciou o deslocamento das atenções da representação da forma para a geração da forma (Oxman, 2008). Com a evolução das investigações, tornou-se cada vez mais evidente a tentativa de unificar processos generativos com capacidades avaliativas em ambientes de simulação ambiental com o chamado design baseado em desempenho (Oxman, 2007). Baseada ou não em tecnologias digitais, a gênese do design vem da noção comum de que o mundo a nossa volta é inadequado a nossas necessidades e, portanto, deve ser melhorado. O design é impulsionado pela visão de sociedade onde ele pode melhorar ou adicionar valor à existência humana para além da simples subsistência. O desejo de alcançar a simples subsistência também impulsiona a necessidade de design. Como consequência do design, o mundo que habitamos é cada vez mais um ambiente projetado, em vez de uma ocorrência natural. Nesse sentido, vivemos em um mundo “artificial” (Gero, 2000) e como tal, as formas criadas nesse mundo respondem a critérios igualmente “artificiais”, no entanto, antropocêntricos. A origem das formas orgânicas, por outro lado, obedece a critérios distintos e muito mais complexos.

Influenciadas pela genética, fenômenos mecânicos e condições do meio (Thompson, 1917), as formas orgânicas são editadas há milênios pela evolução. O interesse pelas formas naturais e suas correspondências na arquitetura é quase tão antigo quanto a própria disciplina. Vitruvius postulou que a arquitetura deveria se embasar na imitação da natureza. A boa arquitetura era alcançada pela expressão do ideal de unidade geométrica orgânica, onde a beleza significa que nada pode ser tirado e nada adicionado. A arquitetura deveria obedecer à proporção dos elementos baseados na métrica humana e suas relações com as partes, satisfazendo regras de axialidade, simetria, ritmo e hierarquia entre elementos (Allen, 1997). O “organicismo” (Picon, 2013) presente hoje na arquitetura não é, portanto, menos imitativo da natureza quanto o vocabulário de formas que Violet le Duc propôs no século XIX ou o padrão voronoi do Water Cube. Em face a um mundo alarmado pelas crescentes ameaças das mudanças climáticas, cresce também o desejo entre arquitetos em responder aos problemas da arquitetura de maneira mais responsável e mais atenta ao ambiente à sua volta (Mayne, 2011). A noção de sustentabilidade ganha novos contornos, para além dos tetos verdes, de maneira mais visceral na produção da forma arquitetônica, seja ela produzida digitalmente ou não. (Shi & Yang, 2013). Dentro desse contexto, a noção de arquitetura baseada em desempenho tem experimentado forte adesão entre arquitetos e é o foco desse artigo.

#### TRAÇO – PONTO

Na história recente da arquitetura, Gehry e seu Guggenheim de Bilbao mudaram a relação entre arquitetura e tecnologia. Apesar de o museu ter sido concebido com método totalmente top-down

e nada digital, é o primeiro exemplo de arquitetura bem-sucedida que simplesmente não teria sido possível sem o uso dele (Lindsey, 2001). Uma das facetas do “efeito Bilbao” (Jencks, 1998) foi trazer à luz pesquisadores como Marcos Novak e Greg Lynn, que desde a década de 1980 já se dedicavam a especular como o computador poderia mudar a arquitetura. Influenciados pelo momento pro-practice da década de 1990 (Hays, 2012), o foco da produção teórica desse nicho era a nova metodologia emergente (Novak, 1988; Lynn, 1993; Allen, 1997) e textos como o de Alexander (1964) foram reaquecidos. Em 2000, o pesquisador Branko Kolarevic procurou categorizar a produção de arquitetura digital de então a partir da metodologia empregada e não pela iconografia ou tipologia, como Jencks (1998). Das cinco categorias, duas permanecem presentes nas pesquisas sobre arquitetura digital. Arquitetura paramétrica e arquitetura evolutiva, ainda distintas naquele momento, traziam intrinsecamente dois conceitos que potencializaram as arquiteturas digitais que estavam por vir: a noção de sistema e o conceito de fitness. A arquitetura já não é mais dada pela manipulação geométrica entre partes, mas por lógicas que determinam as relações locais que podem ser manipuladas para gerar variações da forma (Allen, 1997). Mais tarde, em 2005, Kolarevic dedicou um livro inteiro a metodologia emergente baseada em desempenho, tendo no London Great Authority, de Foster o primeiro, e ainda um dos poucos exemplares do método. A forma emerge da sua condição de “fitness” (Alexander, 1964), a acomodação entre forma e contexto (originalmente com Alexander, 1964; mais recentemente, Allen, 1997; Hensel & Menges, 2007; Oxman, 2013, Weinstock, 2010). O computador deixa de ser empregado

*“The manifest form - that which appears - is the result of a computational interaction between internal rules and external (morphogenetic) pressures that, themselves, originate in other adjacent forms (ecology). The (pre-concrete) internal rules comprise, in their activity, an embedded form, what is today clearly understood and described by the term algorithm.”*

*Sanford Kwinter*

como imitador do gesto humano, mas como auxiliador do raciocínio, com um outro tipo de inteligência diferente da nossa, mas ainda assim inteligente, como Turing havia preconizado em 1950. Nas lições de Turing, era necessário pensar como a máquina, evoluir para a “verdadeira computação” (Terzidis, 2006), para o “computational design thinking” (Menges, 2011). A mão, o traço, o desenho, forças-motrizas da arquitetura, dividem sua autoria com as máquinas (Cook, 2008). Um desconforto e tanto para os mais conservadores que ainda confiam no traço genial do arquiteto-artista.

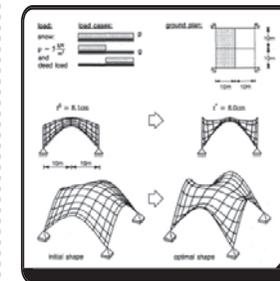
Ao contrário do senso comum, computação não é uma atividade exclusiva de computadores. Computação é o processamento de informação e interação entre elementos que constituem um ambiente específico. É o resultado que emerge das negociações entre elementos que se influenciam mutuamente, dotados da capacidade de gerar organizações, formas e estruturas complexas (Menges & Ahlquist, 2011). Existe computação quando há dois elementos-chave: interação com o contexto e processamento de informação em termos algorítmicos. Portanto, existe computação na cibernética e na biologia (Menges & Ahlquist, 2011). Informação, formação e materialização são intimamente relacionados na natureza e a observação atenta dessas relações tem dado sido o combustível do organicismo computacional arquitetônico na sua busca pelos pontos de contato entre cálculos computacionais e a vida orgânica (Oxman, 2013).

#### ZERO ZERO ONE

Tudo é algoritmo, como disse Karl Chu, até mesmo a vida. No seu ensaio filosófico sobre as probabilidades, de 1812, Laplace já afirmava que o universo não passa de um grande modelo matemático. Tudo é algoritmo, como disse Karl Chu, até mesmo a vida. No seu ensaio filosófico sobre as probabilidades, de 1812,

Laplace já afirmava que o universo não passa de um grande modelo matemático. Mas foi a descoberta seminal do DNA em 1953 por Francis Crick e James Watson que potencializou o conceito de code-to-life: o poder dos algoritmos em literalmente gerar formas e estruturas. A forma orgânica é o produto emergente da computação natural, centrada na eficiência da forma, estrutura e princípios materiais, em constante negociação com seu contexto de formação, num processo natural de form-finding. A anisotropia é o conceito-chave que reconcilia estática e dinâmica, estrutura e crescimento (Thompson, 1917). A paleta de variações é determinada tanto geneticamente, pelas cadeias de combinações de códigos de DNA, quanto fisicamente, como resposta anisotrópica ao meio ambiente (Ball, 2012). Não por acaso, randomização e determinismo sejam assuntos tão sedutores para arquitetos contemporâneos (Picon, 2013). O design natural é tão perfeito, tão complexo e ainda tão longe de ser totalmente compreendido que serve até hoje como base argumentativa do criacionismo (Dawkins, 2006). “Na natureza, nada falta e nada sobra”, nas palavras de da Vinci; o máximo de desempenho com o mínimo de material (Oxman, 2013). Em 2008, a revista Scientific American publicou um artigo sobre o recordista olímpico Michael Phelps, onde argumenta que o seu desempenho inigualável não pode ser atribuído somente à longa jornada de treinos, mas também pelo fato de o atleta ter sido “desenhado para nadar”. A estranha morfologia de Phelps é detalhada num quadro à parte, onde são apontadas todas as diferenças no corpo do atleta que tornam sua performance tão superior. No processo de computação natural, interação com o meio durante a formação, adaptação, mutação, evolução e otimização convergem na forma manifesta e contribuem para o desempenho do organismo no meio em que vive.

A estreita relação entre constituição formal e desempenho está claramente presente na natureza, assim como otimização é uma noção básica na engenharia. Retornando à arquitetura, o olhar atento a essas lições da natureza tem produzido algumas vertentes nas arquiteturas digitais, um “performative turn” (Hensel, 2013), onde os princípios morfológicos da arquitetura também passam a ser baseados em desempenho. Importante dizer, contudo, que a noção de arquitetura baseada em desempenho não é inédita, como também não tem um único significado. Os arcos da Notre-Dame não são um triunfo do desempenho estrutural? Hensel (2013) fala em cinco abordagens: (i) simbólica, intensamente baseada em proposições formais e amplamente discutida na obra de Jencks; (ii) e (iii) orientadas pela dicotomia forma-função dos anos 1930, frequentemente coincidente com outra dicotomia – o debate entre arte-ciência – onde a abordagem formal tende a focar no aspecto artístico e a abordagem funcional procura enfatizar o lado científico da arquitetura, mais especificamente relacionado à engenharia; (iv) fundamentada no conceito de evento, tendo a teoria de Tschumi (1982) de arquitetura como palco de apropriações não planejadas no centro do debate; e, (v) ainda por alcançar sua plenitude, finca as raízes nos princípios de form-finding da escola de Stuttgart – nas figuras de Bletzinger, Isler e Otto – e estende braços para a multiplicidade de abordagens que têm como núcleo comum a busca por uma organização complexa que combine aspectos espaciais e materiais, capaz de interagir com o meio local e sofrer estímulos do mesmo, gerando uma forma em retorno. Não resta dúvida de que a quinta abordagem tem estado em evidência. Arquitetura baseada em desempenho adquire novo significado sob olhar renovado de performance que a natureza



inspira, potencializado pela capacidade de cálculo dos computadores. O interesse da abordagem contemporânea reside no potencial de integração entre processos de avaliativos de simulação com a capacidades de transformação e geração formal. Essa nova aproximação implica que o desempenho é o fator determinante da criação da forma, em processo de transição entre “form-making” para “form-finding”. O controle algorítmico dos processos de variação paramétrica é uma das pedras fundamentais do método (Oxman, 2008). A noção de simulação também difere das simulações convencionais dos processos CAD tradicionais. Convencionalmente, as ferramentas de simulação são alçadas na capacidade do software em simular e avaliar o desempenho do objeto em si e raramente são empregados em estágios iniciais de concepção (Oxman, 2008). Enfoques contemporâneos mais sofisticados procuram extrair modelos matemáticos de desempenho geométrico e integração funcional entre forma, estrutura e materiais constituintes, presentes nos princípios morfológicos de organismos naturais e transferi-los em aplicações arquitetônicas (Menges, 2014). Processos biológicos evolutivos oferecem exemplos extraordinários de otimização multicritério. Como observado em pesquisas biológicas, sistemas naturais não evoluem por otimização singular, mas sim por meio da negociação entre fatores numerosos e, às vezes, até mesmo conflituosos, proporcionando um ajuste – ou fitness – capaz de preencher múltiplos quesitos, ao contrário dos procedimentos convencionais de otimização (Menges, 2014). A ponta de lança da arquitetura baseada em desempenho apresenta abordagens de design baseadas em investigações bottom-up de aspectos múltiplos e concorrentes, ilustrando como pesquisas paralelas em princípios biomiméticos e novas técnicas de fabricação induzem

a processos altamente integrativos. Princípios biológicos, propriedades materiais, desempenho estrutural e restrições de fabricação são traduzidas em parâmetros morfológicos da arquitetura, permitindo o desenvolvimento de um conceito forte de design computacional como ponto de confluência (Menges, 2014).

#### CONCLUSÃO

Nas últimas décadas, o design baseado em desempenho emergiu na crista das pesquisas em arquiteturas digitais. Está no cerne da guinada cultural do formalismo que dominou as primeiras décadas das arquiteturas digitais para uma prática aberta ao potencial ecológico (Oxman, 2013). As abordagens biomiméticas trouxeram nova maturidade à essa prática, com promessas de transcender as inovações formais e geométricas que, a partir da década de 1990, tanto estimularam o interesse em tecnologias digitais emergentes (Oxman, 2008). No contexto desse novo pragmatismo, propriedades dos materiais, discretização de formas, extração de modelos matemáticos, princípios de otimização, domínios clássicos da engenharia tomam lugar nos textos de arquitetura como fontes de conhecimento de design (Oxman, 2013). Níveis mais elevados de design baseado em desempenho são alcançados quando há inversão da sequencia convencional de design – forma – estrutura – material para outra onde a análise do desempenho é a condutora da geração morfológica da arquitetura. Um dos exemplos mais bem-sucedidos dessa prática é o Pavilhão ICD/ITKE 2013/2014 (Menges, 2014). A arquitetura baseada em desempenho também tem oferecido novos caminhos de reconciliação entre forma e função a partir da reinterpretção de função para além da noção de programa (Hensel, 2013).

Capacidades de processamento cada vez mais poderosas têm permitido a aplicação de otimizações multicritério que não só incluem, mas que também afetadas pelas análises do contexto. Meio século depois, o conceito de fitness de Alexander (1964) cumpre sua promessa. A reboque, a noção de site-specific na qual se reveste a arquitetura baseada em desempenho tem permitido releituras ainda que cuidadosas ao regionalismo crítico de Frampton (1995). Apesar dos bons passos que a arquitetura baseada em desempenho tem dado, é preciso manter a postura crítica. Antoine Picon (2013) chama à atenção para a cegueira com que se tem tratado a relação entre arquitetura, matemática e biologia, chamando à reflexão sobre a natureza epistemológica das ferramentas aplicadas para esse fim. O entendimento acerca da complexidade dos processos naturais ainda está longe de ser totalmente compreendido. É preciso “resistir às tentações”, em suas palavras, que vêm sob muitas formas: na criação de realismos ingênuos, verdadeiros Frankensteins de colagens de ambientes pseudo-realistas; na adoção de determinismos, sejam eles espelhados nos processos biológicos ou tecnológicos; na incorporação do organicismo como imitação da natureza no lugar de emular os princípios que a governam, sob a pena de cair em experiências tão top-down quanto as que tentam criticar. Concordamos com Oxman (2006) de quem as arquiteturas digitais e suas vertentes necessitam do desenvolvimento de seus próprios textos, conceitos e referências dentro da ampla disciplina da arquitetura. Por outro lado, não ignoramos as considerações de Picon (2013) de que existe uma certa ausência da dimensão simbólica da arquitetura nessas práticas. Será mesmo possível produzir uma arquitetura que aderisse complementemente às leis do mundo físico no lugar de se venturar por labirintos semióticos – as ilusões que desviam a arquitetura daquele que ela realmente deveria alcançar? Superada a pausa (necessária) depois da exacerbação semiótica so pós-moderno, é preciso “localizar a

noção de desempenho nos termos da arquitetura, nos termos do simbólico” (Picon, 2013). Talvez a ilusão seja exatamente na crença de que é possível se livrar da dimensão simbólica intrínseca à arquitetura. O que propomos é uma pausa na pausa, onde a tensão entre o vivo e o calculável permita que o realismo simulado se deixe contaminar pelo simbólico sem que um mimetize o outro ingênuamente e onde a aridez dos textos técnicos se deixe influenciar pelos aforismos filosóficos. Quem sabe assim teremos mais chances de responder à pergunta que realmente importa nesse início do milênio: como podemos sustentar a vida humana como um contínuo da natureza?

#### REFERÊNCIAS:

- Alexander, C. (1964). *Notes on the Synthesis of Form* (Vol. 5). Harvard University Press.
- Allen, S. (1997). *From object to field: Field conditions in architecture and urbanism*. na.
- Gero, J. S. (1980). *Computer-aided design by optimization in architecture*. *Design Studies*, 1(4), 227-230.
- Gero, J. S. (2000). *Computational models of innovative and creative design processes*. *Technological forecasting and social change*, 64(2), 183-196.
- Hays, K. M. (2012). *Constructing a New Agenda: Architectural Theory 1993-2009*. A. K. Sykes (Ed.). Chronicle Books.
- Hensel, M. (2013). *Performance-oriented architecture: rethinking architectural design and the built environment*. John Wiley & Sons.
- Hensel, M., & Menges, A. (2007). *Morpho-Ecologies: Towards Heterogeneous Space*. In *Architecture Design*. Kfar Sava: Aa Publications.
- Kolarevic, B., & Malkawi, A. (2005). *Performative architecture: Beyond instrumentality*. New York: Spon Press.
- Lindsey, B., & Gehry, F. O. (2001). *Digital Gehry. Englische Ausgabe.: Material Resistance Digital Construction*. Springer Science & Business Media.
- Lorenzo-Eiroa, P., & Sprecher, A. (2013). *Architecture in Formation: On the Nature of Information in Digital Architecture*. Routledge.
- Lynn, Greg. (1993) *Folding in Architecture*.
- Mayne, Thom. (2011) *Combinatory urbanism: the complex behavior of collective form*. *Stray Dog Café*.
- Menges, A. (2012). *Material computation: Higher integration in morphogenetic design*. *Architectural Design*, 82(2), 14-21.
- Menges, A., & Ahlquist, S. (2011). *Computational Design Thinking: Computation Design Thinking*. John Wiley & Sons.
- Novak, M. (1988). *Computational Composition in Architecture*.». *Computing in Design Education*.
- Oxman, N. (2007). *Get real towards performance-driven computational geometry*. *International Journal of Architectural Computing*, 5(4), 663-684.
- Oxman, R. (2006). *Theory and design in the first digital age*. *Design Studies*, 27(3), 229e265.
- Oxman, R. (2008). *Performance-based design: current practices and research issues*. *International journal of architectural computing*, 6(1), 1-17.
- Oxman, R. (2013). *The New Structuralism: Design, Engineering and Architectural Technologies*. *Journal of Architectural Education*, 67(2), 323-324.
- Parascho, S., Knippers, J., Dörstelmann, M., Prado, M., & Menges, A. (2015). *Modular Fibrous Morphologies: Computational Design, Simulation and Fabrication of Differentiated Fibre Composite Building Components*. In *Advances in Architectural Geometry 2014* (pp. 29-45). Springer International Publishing.
- Picon, A. (2013). *Digital design between organic and computational temptations*. *Architecture in formation: On the nature of information in digital architecture*, 93-99.
- Shi, X., & Yang, W. (2013). *Performance-driven architectural design and optimization technique from a perspective of architects*. *Automation in Construction*, 32, 125-135.
- Terzidis, K. (2006). *Algorithmic architecture*. Routledge.
- Weinstock, M. (2010). *The architecture of emergence: the evolution of form in nature and civilisation*.

# EQUIPE

## COLABORADORES



ANDRÉS PASSARO

é graduado em arquitetura e urbanismo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1990); mestre em arquitetura pela Universidade de São Paulo (1996) e doutor em arquitetura pela Escola Técnica Superior de Arquitetura de Barcelona - Universitat Politècnica de Catalunya (2004). Atualmente é professor adjunto da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, sendo coordenador do Laboratório de Modelos 3D e Fabricação Digital - LAMO3D/ PROURB/ FAU-UFRJ onde desenvolve projetos de pesquisa em fabricação digital e abrigos emergenciais.



GONÇALO HENRIQUES

É arquiteto (ESAP Porto 2000), intercâmbio (TUE Eindhoven 1998), Mestre (ESARQ-UIC, Barcelona 2004) e Doutor Europeu (FAUTL, Lisboa 2013). Arquiteto, Pesquisador e Professor sobre a integração de processos generativos (Design algorítmico, paramétrico e scripting) com simulação e manufatura digital (CAD-CAE-CAM). Atualmente é Professor Adjunto na UFRJ, após ensinar na ULHT e FAUTL em Lisboa. Desenvolveu, construiu, apresentou e publicou projetos e pesquisa em diversos países, conferências internacionais e workshops.



GABRIELA CELANI

é arquiteta e mestre pela FAU-USP, PhD pelo MIT e livre-docente pela Unicamp. Desde 2004 é pesquisadora e docente do curso de Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, onde criou e coordena o Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção (LAPAC) e o grupo de pesquisas Teorias e Tecnologias Contemporâneas Aplicadas ao Projeto. É membro do conselho editorial permanente da revista International Journal of Design Computing (IJAC) e vice-presidente de relações institucionais do SIGRADI.



ARTHUR LARA

é arquiteto e artista plástico graduado pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo FAU-USP, com especialização em arte-educação, mestrado e doutorado pela Escola de Comunicação e Artes ECA-USP. Leciona e pesquisa na Faculdade de Arquitetura da Universidade de São Paulo FAU-USP e no Museu de Arte Contemporânea MAC-USP. Desenvolve pesquisa na área de arquitetura extrema, com projetos com uso de fabricação digital e materiais de alta performance voltados para acessibilidade e mobilidade em ambientes extremos. Tem produção recente em artes plásticas ligadas ao suporte urbano (performances, ativismo, interferências e instalações).



ERNESTO BUENO

é graduado em arquitetura e urbanismo pela Universidade Central da Venezuela (Caracas, 2002), mestre em Arquiteturas Genéticas pela Universidade Internacional da Catalunya (UIC, Barcelona, 2003), mestre em Design e Tecnologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, Porto Alegre, 2014). Atualmente é professor na Universidade Positivo (Curitiba, desde 2014) e pesquisador sobre processos avançados de projeto de arquitetura, urbanismo e design; impulsor da modelagem algorítmica como técnica de projeto em arquitetura no Brasil, ministrando inúmeros workshops em diversas cidades.



VERÔNICA NATIVIDADE

possui graduação em arquitetura e urbanismo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2003) e mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (2010). Atualmente é professora adjunta da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro / PUC-Rio e faz doutorado na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Projeto de Arquitetura e Urbanismo. Atuando principalmente nos seguintes temas: Metodologia de Projeto, Parametrização, Novos paradigmas, Arquitetura Algorítmica, Representação Digital.



DANIEL LENZ

é graduado em arquitetura e urbanismo pela Universidade Federal do Ceará, e mestre em Arquitetura, Tecnologia e Cidade pela UNICAMP. Desenvolve pesquisa na área de TI aplicada para arquitetura, nos temas: algoritmo de arquitetura, teoria geral dos sistemas (tgs), CAD/CAM para arquitetura, tendo como ênfase sobre estudo de emergência de complexidade para arquitetura.



LUCAS DE SORDI

é formado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Brasília, e tem mestrado em Design de Interatividade pelo Instituto de Arquitetura Avançada da Catalunha (IAAC - Barcelona). Trabalhou como arquiteto e designer no Ateliê Marko Brajovic (SP) e atualmente, atua em projetos particulares em Brasília.



VICTOR SARDENBERG

é arquiteto formado pela Faculdade Presbiteriana da Mackenzie (São Paulo), lecionou em workshops para AA, UFRJ, UFMS e PUC-Rio abordando temas sobre ferramentas computacionais e fabricação digital. Trabalho no escritório SUBdV, dirigido por Franklin Lee e Anne Save Beaurecueil. Seu trabalho é focado em computação aplicada na arquitetura como geradora de geometrias que respondem a fluxos culturais e naturais, assim como à otimização ambiental e estrutural. Atualmente, é co-autor, do blog "Arquitetura Avançadas" da Revista aU, e faz mestrado na Städelschule Architecture Class em Frankfurt, Alemanha.



MARLUS ARAÚJO

é formado em Comunicação Visual pela Escola de Belas Artes da UFRJ, atua como designer de interfaces, programação e atualmente oferece oficinas sobre TouchDesigner: real time visualcoding. Atua também como colaborador no Núcleo de Arte e Novos Organismos (NANO-EBA-UFRJ), no Medialab UFRJ (ECO-UFRJ), no Laboratório de Modelos 3D e Fabricação Digital (Lamo3D/FAU-UFRJ) e no Estúdio SuperUber aonde alia questões de design, arquitetura, programação desenvolvendo experiências interativas.



CARINA CARMO

é formada em Arquitetura e Urbanismo pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, trabalha com processos digitais, desde a concepção do desenho paramétrico, até a fabricação digital. Atua no mercado produzindo projetos variados em áreas como artes plásticas, como colaboradora no processo e experimentação digital e na arquitetura com experimentação digital nos projetos de construção. Atualmente, também é colaboradora do Laboratório de Modelagem e Fabricação Digital - LAMO3D, e Núcleo de Artes e Novos Organismos - NANO, UFRJ, e mestranda no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da FAU-UFRJ.



CLARICE ROHDE

é formada em Arquitetura e Urbanismo pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, pesquisadora do LAMO3D onde desenvolveu o projeto Casa Revista, uma proposta de popularização das tecnologias de fabricação digital através da difusão da arquitetura de fonte aberta para a auto construção da moradia popular brasileira. Atua na área de projetos acústicos utilizando o desenho paramétrico e a fabricação assistida por computador no desenvolvimento de estruturas acústicas e mobiliário para estúdios de música. É mestranda no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da FAU-UFRJ, onde aprofunda o tema da materialização digital e a compreensão do desenvolvimento da prática arquitetônica assistida por robô.



MARIA ELISA R.R.VIANNA

É estudante da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, há 2 anos atua como pesquisadora no Laboratório de Modelagem e Fabricação Digital - LAMO3D, desenvolvendo projetos e eventos que envolvem tecnologia, fabricação digital, design e arquitetura. Atua em áreas sobre processos metodológico na capacitação de alunos em máquinas de controle numérico, e desenvolvimento do desenho paramétrico CAD/CAM.



REBECA DUQUE

é formado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Brasília, e tem mestrado em Design de Interatividade pelo Instituto de Arquitetura Avançada da Catalunha (IAAC- Barcelona). Trabalhou como arquiteto e designer no Ateliêr Marko Brajovic (SP) e atualmente, atua em projetos particulares em Brasília.



LAURA LAGO

é formada em Arquitetura pela UFRJ (2014) com intercâmbio na Politecnica di Milano (2012). Em 2013, participou do laboratório NANO da EBA/UFRJ. Neste mesmo ano ajudou a formar o grupo LAMO3D - Laboratório de Modelos 3D e Fabricação Digital - FAU/UFRJ, realizando pesquisa em softwares de modelagem paramétrica e trabalhos em oficina de maquetes para a construção de modelos em escala real. Em 2014 participou da concepção do Workshop Abrigos Sensíveis (UFRJ) com o objetivo de criar estruturas que interagissem mecanicamente com o gesto humano. Sua pesquisa combina elementos da mídia e a arquitetura tal como sua investigação em instalações sonoras. Atualmente colabora como designer e ilustradora no selo de música Frente Bolivarista.



