

**Como citar este texto:** BILORIA, N. Processo interdisciplinar dirigido por morfologias performativas: Uma abordagem morfogenômica em direção a um contexto de desenvolvimento de formações espaciais conscientes. Traduzido do Inglês por Gilfranco Alves. **VIRUS**, São Carlos, n. 6, dezembro 2011. Disponível em: <<http://www.nomads.usp.br/virus/virus06/?sec=4&item=1&lang=pt>>. Acesso em: 00 m. 0000.

## **Processo Interdisciplinar Dirigido por Morfologias Performativas: Uma abordagem Morfogenômica em direção a um contexto de desenvolvimento de formações espaciais conscientes**

Nimish Biloría

Nimish Biloría Arquiteto e Doutor em Desenvolvimento de Ambientes Adaptativos em Tempo Real. Professor adjunto no *Hyperbody*, na *Faculty of Architecture, TU Delft, The Netherlands*.

### **Resumo**

A práxis arquitetônica está em um contínuo estado de mudança. A introdução de tecnologia de informação guiada por técnicas de *design*, atualizando constantemente protocolos *building information modeling* (BIM), e uma nova política que exige acoplamentos com as regulamentações ambientais e as flutuações culturais são fenômenos dinâmicos em aberto, nos quais as construções de arquitetura contemporânea têm que desempenhar uma performance eficiente. Este meta-contexto dinâmico traz com ele um impulso vital no desenvolvimento de processos de *design* e técnicas adaptativos orientados digitalmente para a produção de morfologias arquitetônicas performativas. Conceber a forma construída (em escalas variáveis) como um exercício ambicioso em um contexto associativo digitalmente conduzido de baixo para cima, de formações interdependentes, componentes espaciais comunicando-se ubiquamente, ao invés de focar no desenvolvimento de uma abordagem centralizada, de baixo para cima, implica, portanto, em um processo interdisciplinar vital orientado para a investigação e a posição de *design* na contemporaneidade. Este artigo exemplifica a pesquisa sobre novas informações integradas, e dados contextuais

como geradores de processos de *design*: A Morfogenômica, sendo experimentada pelo grupo de pesquisa Hyperbody, TU Delft, sob a orientação do autor. A Morfogenômica lida com os meandros morfológicos da informática, e define especificamente a relação entre a informação contextual e sua ligação associativa com a geração de morfologia performativa. O artigo de investigação coloca diante de uma base lógica de comunicação ubíqua espacialmente distribuída e estruturas paramétricas computacionais por meio de dois casos de investigação:

- o desenvolvimento de sistemas de Pele Performativa (na escala do componente);
- o desenvolvimento de uma rede distribuída na cidade ao longo da rodovia A2, Holanda (em uma escala arquitetônica e urbana).

**Palavras-chave:** Auto-organização, interação em tempo real, performance, *design* paramétrico, *L-systems*, adaptação.

## 1. Introdução

Pesquisas de investigação contemporâneas em biologia evolutiva e do desenvolvimento (BROUGHTON; COATES; JACKSON, 1999) revelaram dados intrincados no tocante a questões de eficiência, adaptação e robustez, bem como os fenômenos de redundância e diferenciação (HENSEL; MENGES, 2006) através do qual os sistemas vivos naturais adquirem performance competitiva. Compreender os princípios naturais de crescimento, auto-organização e adaptação em configurações de contextos variados e a aplicação desse conhecimento extrapolado para os meios digitais através da construção de um contexto dirigido por sistemas espaciais performativos (ROSENMAN, 2000) tornou-se, assim, um campo intensamente pesquisado.

A Morfogenômica, um dos vários campos de pesquisa exploratória - tais como Bio-mimética, algoritmos evolucionários (COELLO COELLO; VAN VELDHUIZEN; LAMONT, 2002) etc. - trata em específico da compreensão das complexidades da informática morfológica. Ela está intimamente ligada com o termo Morfogênese (a partir do grego *morphe* - forma e *gênese* - criação), que lida com o estudo do desenvolvimento da forma durante seus primeiros estágios celulares em biologia do desenvolvimento. Morfogenômica, no entanto, concentra-se no componente de informática por trás do surgimento de morfologias diversas. Esse constituinte informático envolve especificamente o estudo da estrutura, comportamento e interações dos sistemas naturais e artificiais que armazenam, processam e trocam informação. Este processo de comunicação em tempo real e intensivo de informação, portanto, serve como um meio dinâmico para o mapeamento do genoma morfológico para o espaço arquitetônico e de estrutura.

Ferramentas e metodologias no domínio computacional relativos à simulação da compreensão extrapolada de tais processos naturais têm sido extremamente eficientes na formação da

espinha dorsal para a nossa compreensão de tais fenômenos dinâmicos. *Hyperbody*, TU Delft, por iniciativa própria de entender o comportamento da informática orientada pelos sistemas naturais, tem experimentado técnicas computacionais como a interação multi-agente em tempo real (OOSTERHUIS, 2006), sistemas de detecção e atuação, geometria generativa e simulações de multidão, ao longo dos últimos seis anos. Os sistemas de Pele Performativa e a Rede Distribuída na Cidade, são algumas das pesquisas de destaque e empreendimentos de *design* realizado pelo *Hyperbody* voltados especificamente sobre associações multi-escalares entre os dados contextuais e a forma construída. Modelos de dados associativos, nos quais todos têm uma existência discreta como uma entidade independente, e as relações entre eles como associações, são, portanto, utilizados como uma metodologia computacional ao longo destes dois casos de pesquisa para o desenvolvimento de associações paramétricas entre os sistemas arquitetônicos propostos e seu comportamento adaptativo.

As seções a seguir elaboradas em dois experimentos de pesquisa e *design*, que incidem sobre o uso de geometrias associativa e paramétrica, o desenvolvimento de sistemas generativos auto-organizados, bem como de sensores embutidos e mecanismos de atuação, que permitem a adaptação espacial em tempo real.

## **2. Estudo de caso a: sistemas de Pele Performativa**

A pesquisa Pele Performativa depende fortemente de princípios da natureza para atender às questões do desenvolvimento evolutivo como uma inspiração para o desenvolvimento de uma forma sustentável de projetar e construir em um futuro próximo. Uma variedade de iteração e diferenciação baseados em processos operacionais em sistemas naturais tendem a desenvolver formações auto-organizadas altamente adaptativas (JOHNSON, 2001). Estas formações além de apresentar características altamente performativas sobre critérios estruturais ambientais e metabólicos, também provocam igualmente interesse, quando as entendemos no contexto de topologias polimórficas. Um processo adaptativo em tempo real de evolução no tempo, correspondente ao regulamento interno de genética e fatores ambientais externos na natureza, portanto, serviu de inspiração fundamental para esta pesquisa. A mudança de pensamento pertencente a uma formação de projeto sistêmico de pele componencial, que pode se adaptar e evoluir em relação com suas configurações contextuais via troca de informação ubíqua, em oposição ao desenvolvimento de sistemas de fachada não-sensíveis, é, assim, iniciado por meio de quatro projetos de pesquisa no âmbito da agenda de pesquisa do sistema de Pele Performativa.

A adaptação, um tema vital para a pesquisa de Pele, também forma um processo crítico no campo da Biologia Evolutiva, que trata especificamente da origem das espécies a partir de um descendente comum e descendência das espécies, bem como a sua mudança, multiplicação e diversidade ao longo do tempo. Adaptação como um processo pode ser definida como a

mudança nos organismos vivos que lhes permitem viver com sucesso em um ambiente. Ela permite que os organismos vivos lidem com estresses ambientais e pressões. Adaptações podem ser estruturais, comportamentais ou fisiológicas:

- adaptações estruturais são partes especiais do corpo de um organismo que o ajudam a sobreviver em seu habitat natural (por exemplo, cor da pele, forma, cobertura do corpo);
- adaptações comportamentais são maneiras especiais de um organismo em particular se comportar para sobreviver em seu habitat natural (por exemplo, fototropismo);
- adaptações fisiológicas são sistemas presentes em um organismo que lhe permitem executar determinadas reações bioquímicas (por exemplo, produzir veneno, secreções e homeostase).

Estas três características, a saber, de adaptação estrutural, comportamental e fisiológica, no domínio arquitetônico, formularam o ponto crucial para o desenvolvimento de baixo para cima de sistemas de Pele Performativa. O início foi uma abordagem baseada em componentes, semelhante às células em sistemas naturais. Os componentes podem ser vistos como entidades inteligentes construídas, dotados de capacidades de adaptações estruturais, comportamentais e fisiológicas. No caso de componentes da construção, de acordo com a ordem impulsionada pelo desempenho (por componente) os já mencionado três aspectos de adaptação são vistos como se segue:

- adaptações estruturais são vistas como um subproduto da interdependência entre o material, a geometria e a fabricação baseadas em pertinência formal para a produção de variações estruturalmente estáveis dos componentes (por exemplo, criar variações morfológicas do mesmo componente em termos de tamanho, forma);
- adaptações comportamentais estão intimamente associadas com o domínio de interação responsiva que o componente deve herdar para ter sucesso em sobreviver e se comunicar com seu contexto de maneira ativa e pró-ativa (por exemplo, habilidades cinéticas, capacidade de troca de informações, habilidades ambientais, habilidades sensoriais);
- adaptações fisiológicas no caso de componentes de construção estão diretamente ligadas com a maneira em que o componente pode lidar com questões de auto-sustentação (por exemplo, conservação de energia, habilidades de conservação e dispensação, geração de energia, e habilidades de distribuição e circulação).

Quatro experimentos distintos de pesquisa: *A Stomata Membrane*, *o Hyper Human Heart*, *a Habitual Inversion* e *o H(eye)light*, cada um construído sobre os princípios acima mencionados alimentando a adaptação dos dados contextuais relativos ao vento, água, luz e interação

interior foram, assim, iniciados (BILORIA; SUMINI, 2009). Neste trabalho de pesquisa, irei elaborar sobre um dos quatro experimentos: *A Stomata Membrane*, a partir da perspectiva de adaptação descrita acima. O projeto de pesquisa tomou forma, fazendo uso da seguinte processo iterativo.

## **2.1. Adaptação estrutural: a partir de máquinas abstratas para a lógica computacional**

A fim de compreender a interdependência entre as propriedades do material e sua conotação computacional no que diz respeito ao grau de adaptação física que um componente escolhido pode passar, foram iniciadas primeiramente experimentações a partir da contraparte analógica. A criação de planos de corpo-genético topológicos, que poderão dar origem a uma variedade de morfologias incorporando diferentes estruturas do sistema métrico, tornou-se assim a meta para decifrar a logística computacional por trás do experimento da pesquisa em *design*. Um sistema analógico componencial foi, portanto, desenvolvido com base em ligações topológicas e morfológicas visando estabelecer inter-dependência entre o material, a geometria e a fabricação baseadas em pertinência formal para a produção de variações dos componentes estruturalmente estáveis. Neste caso, um sistema de pele com camada dupla (Figura 1) foi desenvolvido, o que poderia ser fisicamente adaptado por meio do deslizamento de cada componente sobre o outro, a fim de registrar as mudanças na profundidade (entre as duas camadas da pele), a variação da curvatura geral, flexibilidade mínima e máxima por componente, quantidade de luz solar/sombreamento, etc. Esses princípios básicos de adaptação estrutural, extraídos do sistema de componentes análogo, serviu como um modelo para adaptações físico-cinética, instrumental para a criação de um mecanismo de resposta a fatores ambientais (vento, luz, som), bem como as interações internas com o usuário.



**Figura 1.** Máquina abstrata desenvolvida como um diagrama inicial de notação para extrair os princípios de adaptação estrutural.

Os valores de notação em termos de relações de alterações topológicas em uma dimensão X, por exemplo, e sua resultante afetam outras dimensões, por exemplo, Y e Z (na forma de correr, dobrar, pinçar, alongar, girar), são usados para a criação de um sistema de regras paramétricas para mapear o máximo e o mínimo de adaptações estruturalmente viáveis por componente.

## 2.2. Adaptação comportamental: mapeamento de informação para o desenvolvimento de associações contextuais

Depois de desenvolver uma base para adaptações estruturais via máquinas abstratas análogas como base para inter-relações materiais, topológicas e estruturais, foram desenvolvidos mapas com informação detalhadas descrevendo as relações associativas entre os múltiplos parâmetros. Parâmetros relativos aos dados ambientais, tais como chuvas, direção do sol, ângulo solar, umidade, direção e velocidade do vento, etc., foram derivadas de bancos de dados de clima, bem como em simulações baseadas no *Ecotect*, desenvolvidas dentro do grupo *Hyperbody*. Os diagramas de informação foram uma primeira iteração elaborada sobre ligações dinâmicas associativas entre parâmetros ambientais e as peças de um componente (camadas), sua transformação topológica, seus atributos e suas funções (Figura 2). A representação esquemática de como a morfologia de um componente pode variar ao longo do tempo em relação com os seus dados contextuais, bem como representações gráficas dos cenários de interação resultante de uma população desses componentes são, portanto, elaboradas nesta fase.

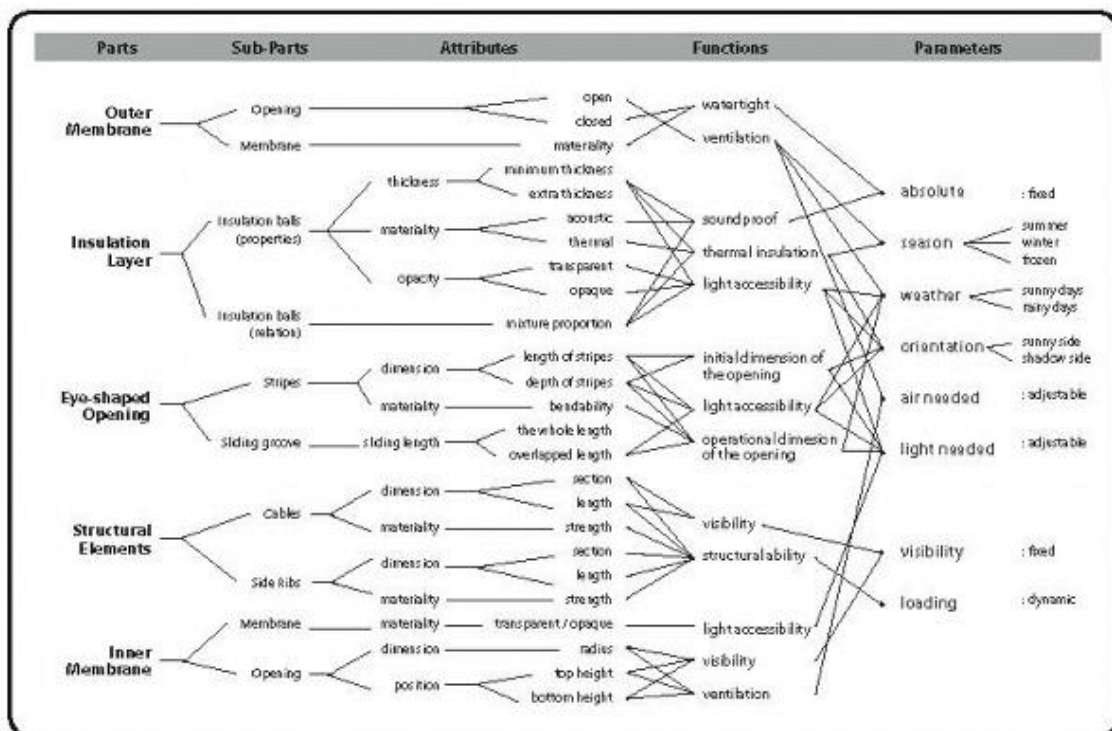
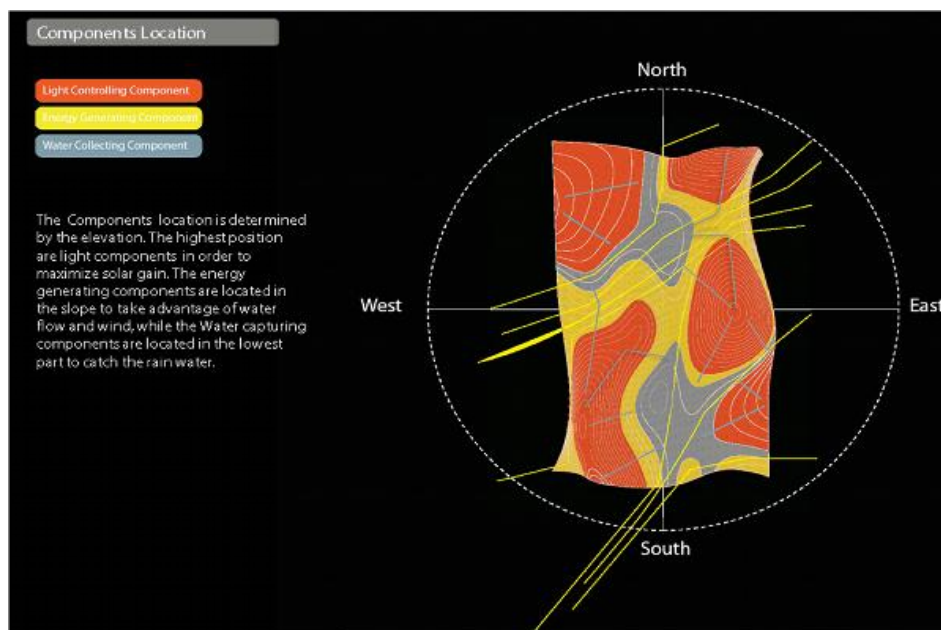
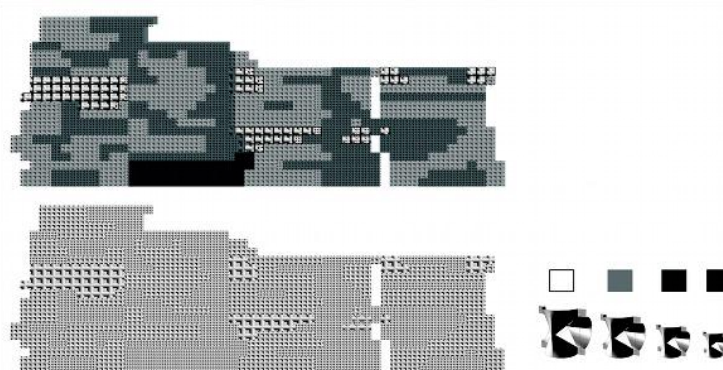


Figura 2. Diagramas de informações associativas.

A segunda iteração da modelagem de informações se preocupa com o mapeamento de dados ambientais relativos a localizações geográficas específicas. Este processo permite que qualquer condição de dada superfície seja analisada e mapeada para um padrão que defina as zonas de captação mais favoráveis para o vento, a luz do sol, e a água e, portanto, sugerem um substrato adequado para preencher a adaptação estrutural de componentes dirigidos (Figura 3). Um sistema paralelo de mapeamento de informações leva em consideração a natureza do programa funcional sob a pele com base no diferencial ambiental, bem como cenários do tempo de ocupação com base no programa, para desenvolver um gradiente a partir de um padrão de colocação de azulejos na fachada. Este gradiente e sua intensidade variando em diferentes escalas de tempo fornecem um quadro sugestivo de seleção estrutural (escala, tamanho, padrão de abertura), bem como os princípios de adaptação comportamental (adaptação cinética no tempo) (Figura 4), em combinação com o tipo de melhor componente adequado para a superfície sob especulação (vento, água, princípios do ar).



**Figura 3.** Mapeamento de informações de dados ambientais em uma dada morfologia.



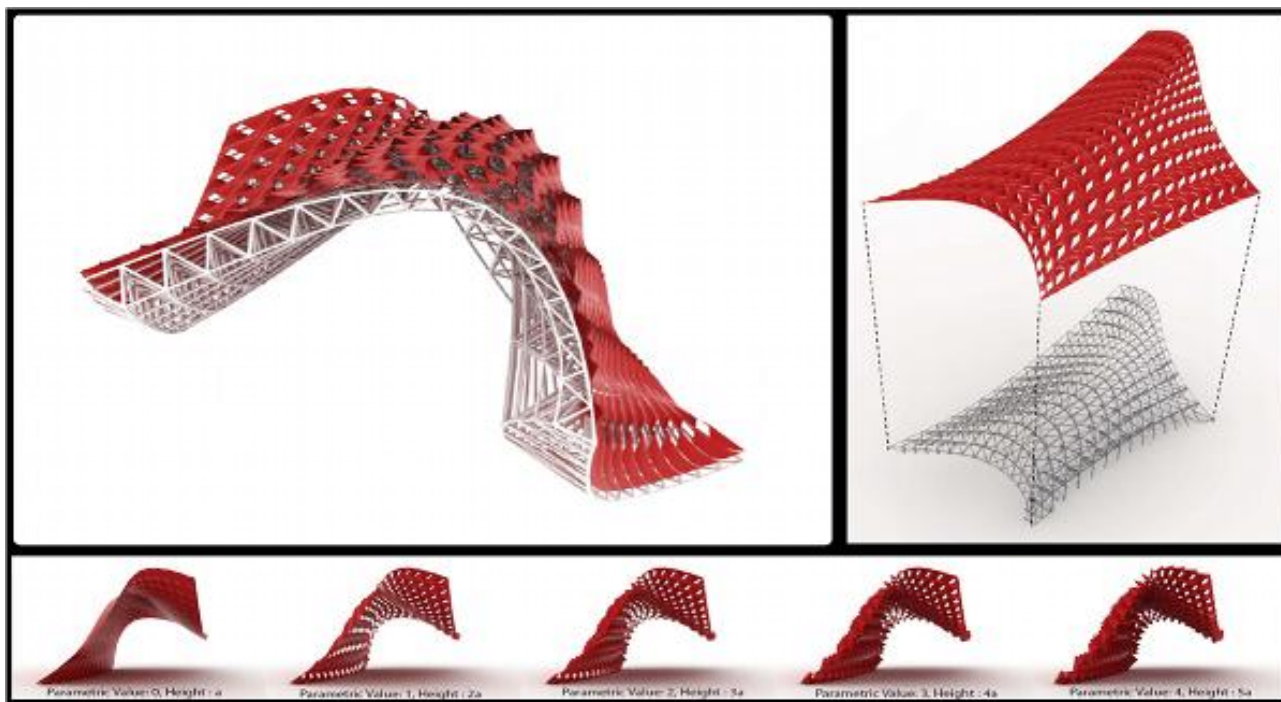
**Figura 4.** Mapeamento de informações utilizando a técnica de colocação de azulejos sobre uma dada morfologia



### 2.3. Design digital e rotinas de script

*Design* digital e rotinas de *script* trabalham como uma membrana intermediária para tecer adaptações estruturais e comportamentais em um sistema abrangente de trabalho. Notações estruturais registradas através de modelos de componentes análogos, acoplados juntamente com padrões de componentes diferenciais e adaptações comportamentais cinéticas são, portanto, assimiladas em um modelo digital tridimensional associativo.

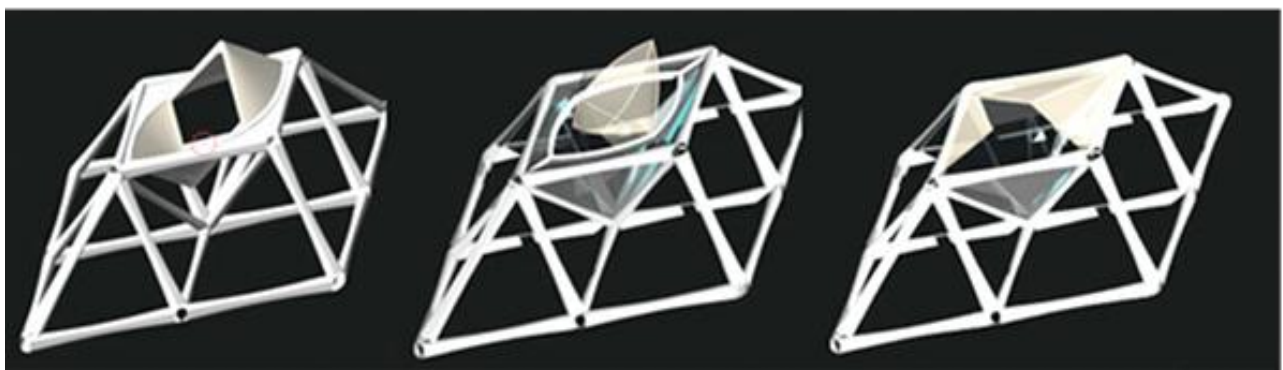
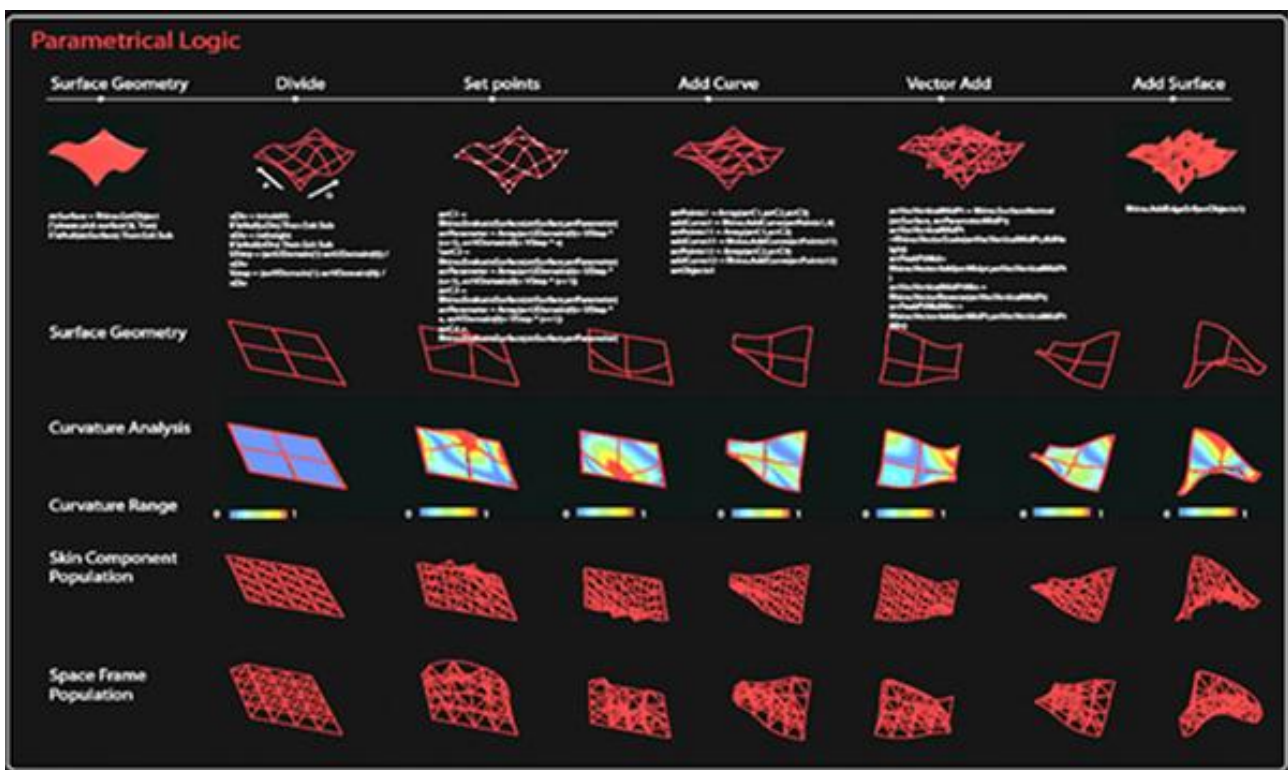
Foram desenvolvidas rotinas de *script* para o estabelecimento de relações paramétricas (derivadas do processo de mapeamento de informações) entre cada parte constituída por componente, usando *Grasshopper* (um *plug-in* para o *Rhinceros*), bem como a utilização de *Virtools* (um *software* de projeto para jogos) e *Generative Components*. A definição da relação paramétrica também lidou com a geração de um sistema estrutural integral (Figura 5), que, com base na natureza de adaptação estrutural individual, bem como a variação de curvatura da superfície (como um recurso de *design* de cima para baixo), gerou uma armação de espaço para hospedagem de componentes baseados no vento, na água e no sol. A armação do espaço, concebido como uma estrutura de ossos ocios em aço, com acionadores telescópicos integrados, foi gerada de baixo para cima para ser modular na natureza, a fim de facilitar a inserção de componentes mecânicos otimizados, de acordo com os resultados de mapeamento de informações.



**Figura 5.** Resultados da pele integrada e *script* de geração de estrutura.



Um processo que envolve divisão, estabelecendo pontos, acrescentando curvas, acrescentando vetores, e adicionando superfícies constituíram a lógica do *script*. Esta rotina de *script* trabalhou como uma sequência de *loop* engolindo a sequência de mapeamento de informações como uma rotina inicial, logo que qualquer manipulação 3d para uma condição de superfície é iniciada. Uma variedade de componentes para a regulação de luz, água e geração de energia eólica com base em sua população combinatória são posteriormente desenvolvidos como representações digitais no final desta fase (Figura 6). A adaptação cinética por componente como uma resposta em tempo real para dados contextuais dinâmicos, derivados da fase de adaptação comportamental funcionam, portanto, como um recurso de componente específico dentro deste experimento de pesquisa.

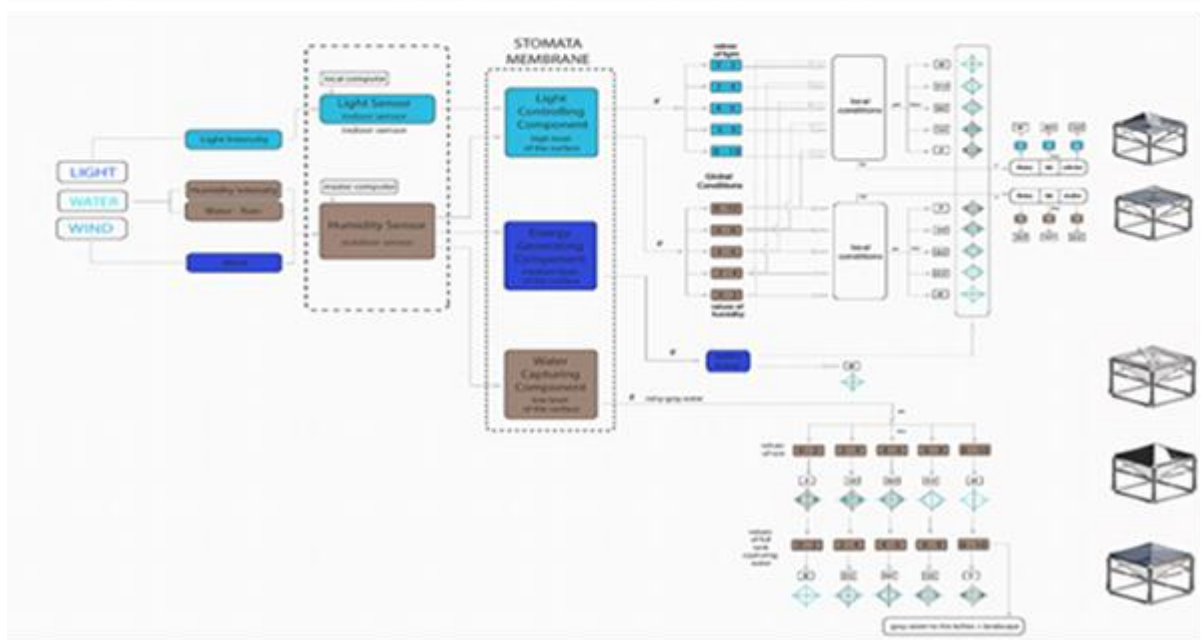
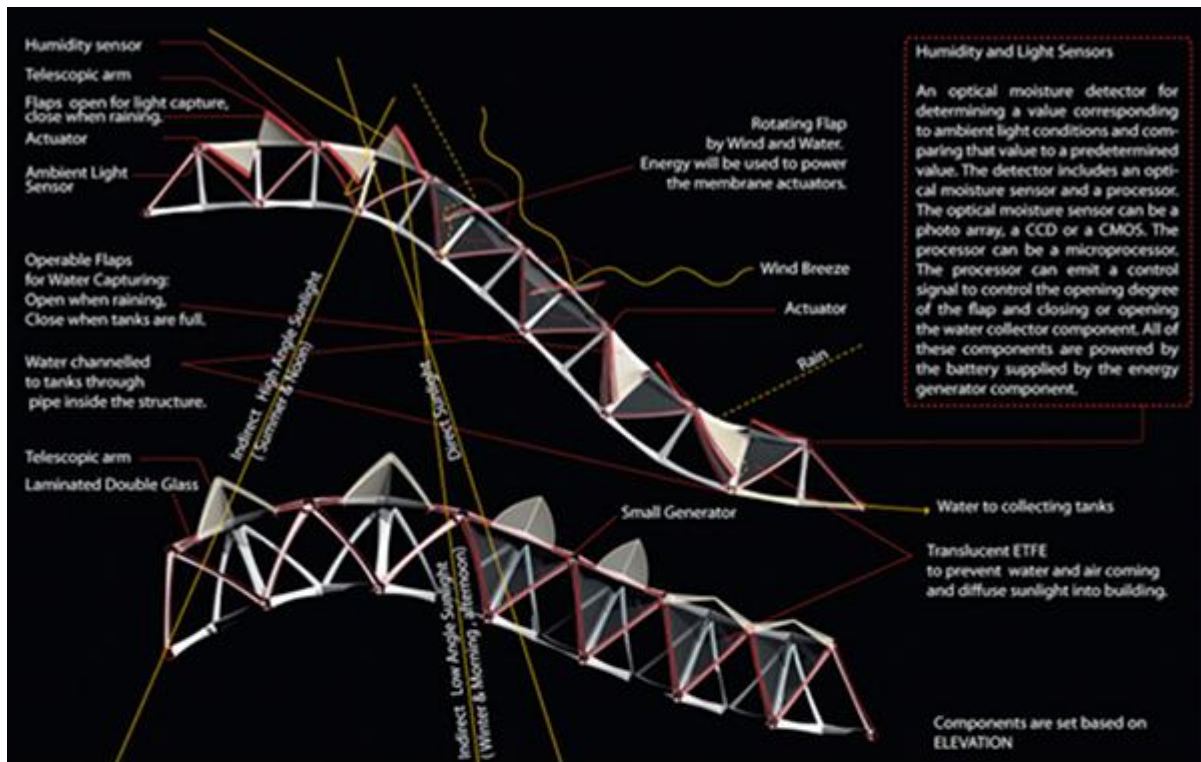


**Figura 6.** A água, o vento e os componentes de captação solar (abaixo) a serem incorporados dentro das estruturais derivadas parametricamente, operam assim como um todo integrado (acima).

## **2.4. Adaptação fisiológica através de projeto incorporado de interação e comunicação ubíqua**

A fase de geração dos componentes digitais acoplados com performances variadas baseadas em população combinatória digital desses componentes passou por uma iteração envolvendo a incorporação de sensores físicos, acionadores e sistemas de controle dentro dos componentes para atualizar fisicamente a proposta de conceitos de interação comportamental. Além do desenvolvimento de dados de informações elaboradas em sequências de fluxo para o sistema de pele, adaptações cinéticas por componente voltado para armazenar, transportar ou regular fatores ambientais (sol, vento e chuva) foram cuidadosamente coreografadas utilizando micro-controladores programados usando *MaxMSP* e *Jitter*.

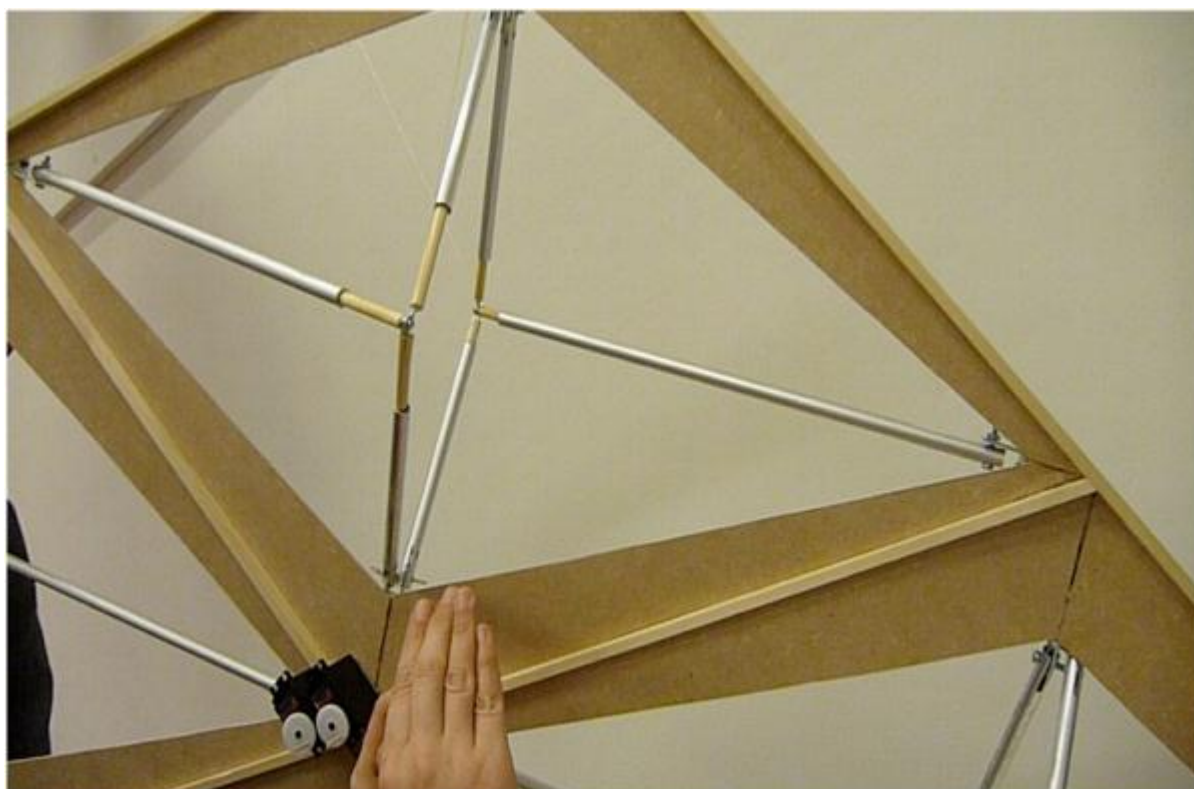
A *Stomata Membrane* serviu como uma experiência excelente para o desenvolvimento de um sistema de pele performativa auto-sustentável. O vento, a água e os componentes baseados na luz (mostrados na Figura 6) desenvolvem protocolos de comunicação ubíqua através de uma estratégia de troca de informações cuidadosamente pensada: a geração de componentes com base em energia eólica do sistema de pele da *Stomata Membrane* hospeda um mecanismo giratório, que além de ser estrategicamente posicionado, de acordo com variações de curvatura da superfície (a fim de obter vantagem da pressão do vento) hospeda um detector de umidade óptico (sensor de umidade) e um sensor de luz. A energia resultante do movimento de rotação causada pelo fluxo atual de vento é colhida para unidades da bateria central de energia. Esta energia é distribuída posteriormente dentro de todo o sistema de pele para alimentar os motores e atuadores lineares em todos os outros componentes. O sensor de luz, na forma de uma matriz de fotos, um CCD ou um CMOS determina um valor correspondente às condições de luz ambiente e compara esse valor com um nível de conforto pré-determinado com base em um valor de luz por programa. O valor comparativo é comunicado aos micro controladores incorporados por um componente de controle de luz, (feito de painéis de vidro duplo laminado conectados com acionadores telescópicos) em toda a pele, iniciando assim adaptações cinéticas para controlar a abertura dos diafragmas (Figura 7).



**Figura 7.** Protótipo com sistemas incorporados de detecção e atuação sendo controlados em tempo real.

Os sensores de umidade retransmitem especificamente informações sobre o nível de umidade e da quantidade de água para micro controladores nos componentes de captura da água. Este valor está diretamente relacionado com a quantidade de abertura a ser criada no componente de captura da água (feita de *Neoprene poly-chloroprene* conectado com acionadores telescópicos) de modo a canalizar a água da chuva e armazená-la em tanques subterrâneos. As águas cinza armazenadas são então utilizadas para descarga em banheiros, para regar plantas e para fins de lavagem. Adaptações cinéticas do componente de captação da água também estão inversamente relacionadas com o nível de água armazenada nos tanques

subterrâneos e são, portanto, capaz de priorizar instruções de abertura sendo retransmitida pelos sensores de umidade, quando e como for necessário (Figura 8). Além de transmitir a informação para os componentes de controle de água, as leituras do sensor de umidade também são retransmitidas para os micro controladores dos componentes que controlam a luz. As informações referentes à chuva e ao aumento da umidade, quando recebidos pelos micro controladores, portanto, acionam o fechamento dos painéis de vidro laminado. A *Stomata Membrane*, por meio de comunicação em tempo real de informações entre seus componentes que a constituem, realiza complexas adaptações fisiológicas, a fim de servir como um sistema espacial totalmente auto-sustentável.



**Figura 8.** A arquitetura do sistema (abaixo) e uma configuração tridimensional da água, do vento e dos componentes de modulação da luz (acima) em uma superfície duplamente curva.

A segunda categoria de experimento, apesar de lidar com a natureza do tempo real de troca de informações, devido à variação de escala e a necessidade de otimização como uma qualidade inerente do sistema, lida com uma abordagem diferente para a formação de *design bottom-up*. A escala neste caso vai além do componente e engole o urbano e o arquitetônico. Isto implica também uma mudança de interação na natureza dentro do sistema formulado, bem como a natureza da interação colaborativa entre equipes de pesquisa e *design*.

### 3. Experimento pesquisa b: a cidade em rede distribuída

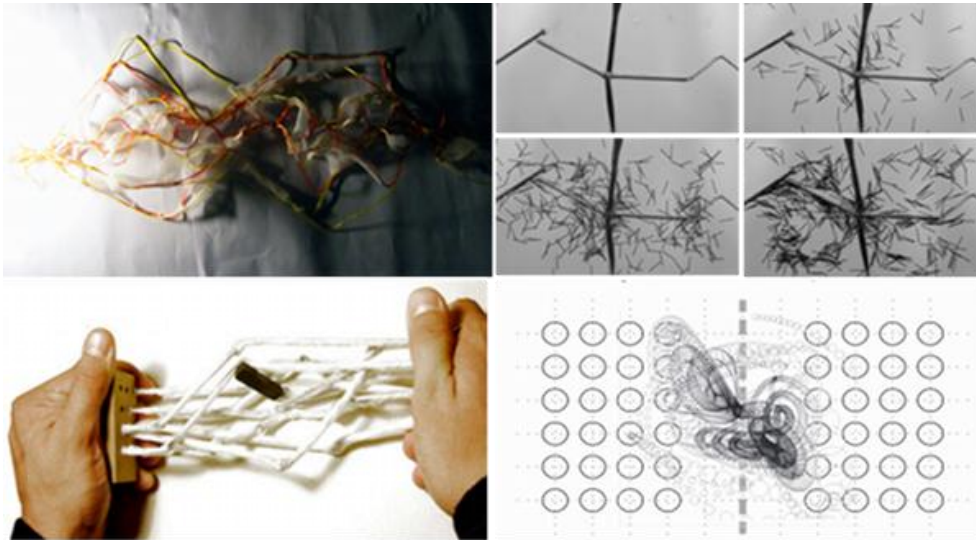
Esta seção exemplifica um caso sobre projeto de pesquisa: o desenvolvimento de uma cidade-rede distribuída ao longo da autoestrada A2, em TU Delft na Holanda, no *Hyperbody*, Faculdade de Arquitetura. Dentro do *Hyperbody*, 22 estudantes de dez países diferentes, juntamente com pesquisadores do *Hyperbody* foram organizados em 5 grupos (5 empresas de *Design*), cada um trabalhando em colaboração com os outros, a fim de produzir morfologias generativas urbanas e arquitetônicas ao longo da estrada A2. As visões das organizações governamentais responsáveis pelo desenvolvimento da A2 foram abstraídas como um conjunto de restrições/regras globais.

A natureza da interação para cada interação coletiva em tempo real exigiu que o *Hyperbody* desenvolvesse uma série de ferramentas computacionais, tais como: a atualização dinâmica da base de dados com uma visualização correspondente de dados e de manipulação de dados em interface web em tempo real, uma ferramenta coletiva de CAD para espacialidades globais e locais, bem como um *layout* programático (que opera na lógica de comportamento coletivo), uma *L-Systems* (LINDENMAYER, 1968) baseada em uma ferramenta de geração de padrão urbano e arquitetônico e ferramentas computacionais para a geração de soluções estruturais performativas para geometrias complexas. A natureza das ferramentas, bem como a complexidade das tarefas no que se refere a multi-otimização de rotinas para geração de padrões performativos 2d e 3d para este experimento foi, portanto, mais complexa na natureza. A escala do projeto exigiu que todo o local A2 fosse dividido em setores iguais por grupo de pesquisa. A análise por setor tornar-se-ia, assim, uma investigação local e qualquer processo de desenvolvimento do projeto por setor só seria aprovado depois de se comparar o seu impacto socioeconômico em todo o local da A2.

#### 3.1. Máquinas abstratas

No caso deste experimento, a natureza da máquina abstrata, em vez de desenvolver procedimentos de notação através de material de propriedade com base em experimentos aplicado, tende intensamente no sentido decorrente da complexidade conceitual via lógica ainda não-escalar impulsionando o pensamento sistêmico. A filosofia *Deleuziana* da população, intensiva e o pensar topológico foram incorporados durante esta primeira fase de análise e interpretação do local. Planos de corpo-genético topológico, que poderão dar origem a uma variedade de morfologias, incorporando diferentes estruturas métricas tornou-se, assim, uma base lógica para decifrar a logística computacional por equipe de *design* (Figura 9). Bases conceituais, tais como redes dinâmicas, agregação, fluxo, densidade etc., com uma compreensão do potencial urbano foram concebidas como experimentos físicos com potencial computacional incorporado.

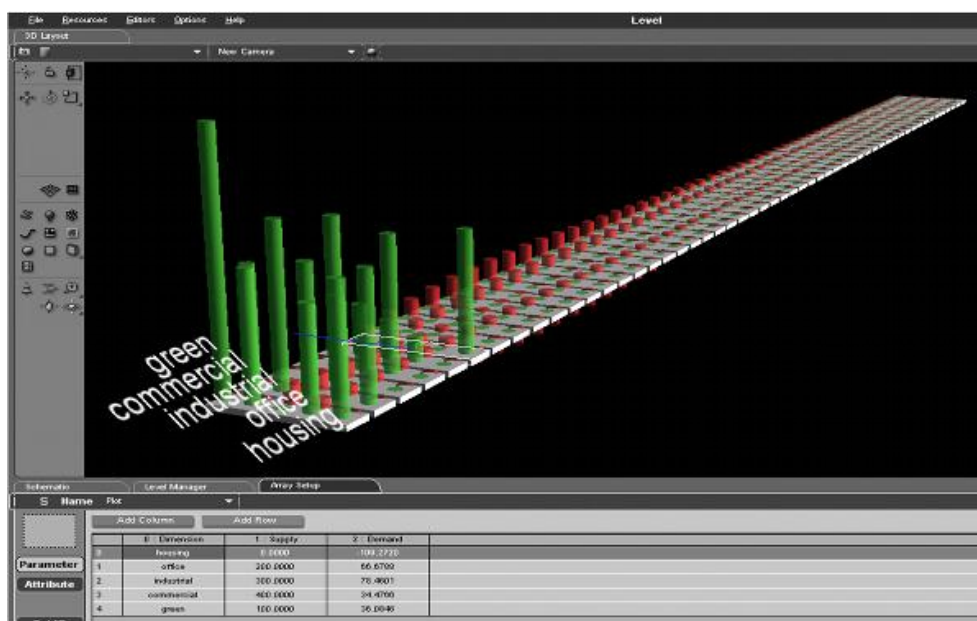




**Figura 9.** Máquinas abstratas desenvolvidas pela equipe de *design*.

### 3.2. Programa de distribuição de dados interativos em tempo real

A escala e a natureza dessa experiência, as quais exigiram um cuidadoso equilíbrio entre as demandas das partes interessadas e a pertinência formal contextual por setor levam, assim, ao desenvolvimento de uma ferramenta interativa computacional definida como o banco de dados auto-estrada A2 e a *plot table* (Figura 10). Esta ferramenta é especialmente construída como uma rede em tempo real baseada na atualização de banco de dados com uma interface gráfica relativa à distribuição do programa para o site inteiro ou em outras palavras para decifrar (provendo as exigências funcionais e de relações de fornecimento) restrições de desenvolvimento ambiental por setor.



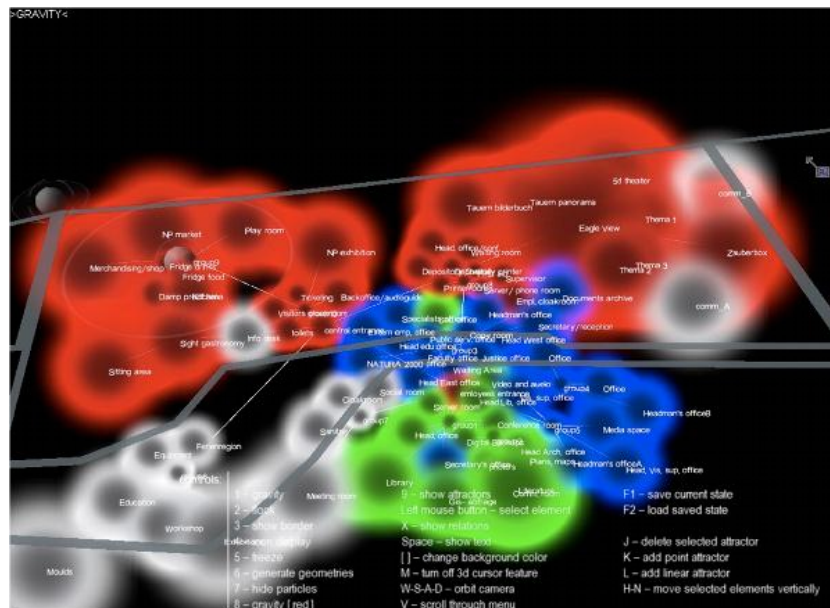
**Figura 10.** O banco de dados auto-estrada A2 e a *plot table* que mostra a distribuição setorial e a entrada programática por equipe de *design* ao longo do comprimento da auto-estrada A2.



Cada equipe de *design* foi provida com a sua própria interface *web* (desta base de dados) referente aos seus setores, dentro do qual eles começaram a introduzir valores correspondentes às suas exigências funcionais e imaginadas. Conjuntos de regras globais, as quais se relacionam as relações entre as funcionalidades/atividades exigidas no local (habitação, comércio, indústria, escritório e verde), são características essenciais dentro desta ferramenta de banco de dados A2 e devido à natureza de atualização das ferramentas em tempo real, todos os dados inseridos pelo qualquer grupo tem um impacto direto sobre conjuntos de dados a ser tratados por outros grupos também. O exercício nesta fase para todos os grupos foi, portanto, visualizado como alcançar colaborativamente uma distribuição funcional estável (adequar a oferta e as relações de demanda, indicados por sinais verdes), e, assim, de forma colaborativa estabelecer ambientes de criação específicos por setor. Esses ambientes de criação também podem ser vistos como um esboço específico de relação entre os agentes de programas com base diferencial, cada um encarnando seu próprio comportamento no que se refere às suas relações entre si, bem como as restrições ambientais em que estão inseridos. A diferença entre os dois experimentos relativos a este estágio intermediário de sustentação lógica para relações de programa de uma forma democrática, envolvendo múltiplas equipes de projeto é, assim, aparente. Assim, essa fase intermediária lança as bases para processos de *design* dirigidos por simulação e, portanto, crucial num processo de geração de padrão urbano iterativo.

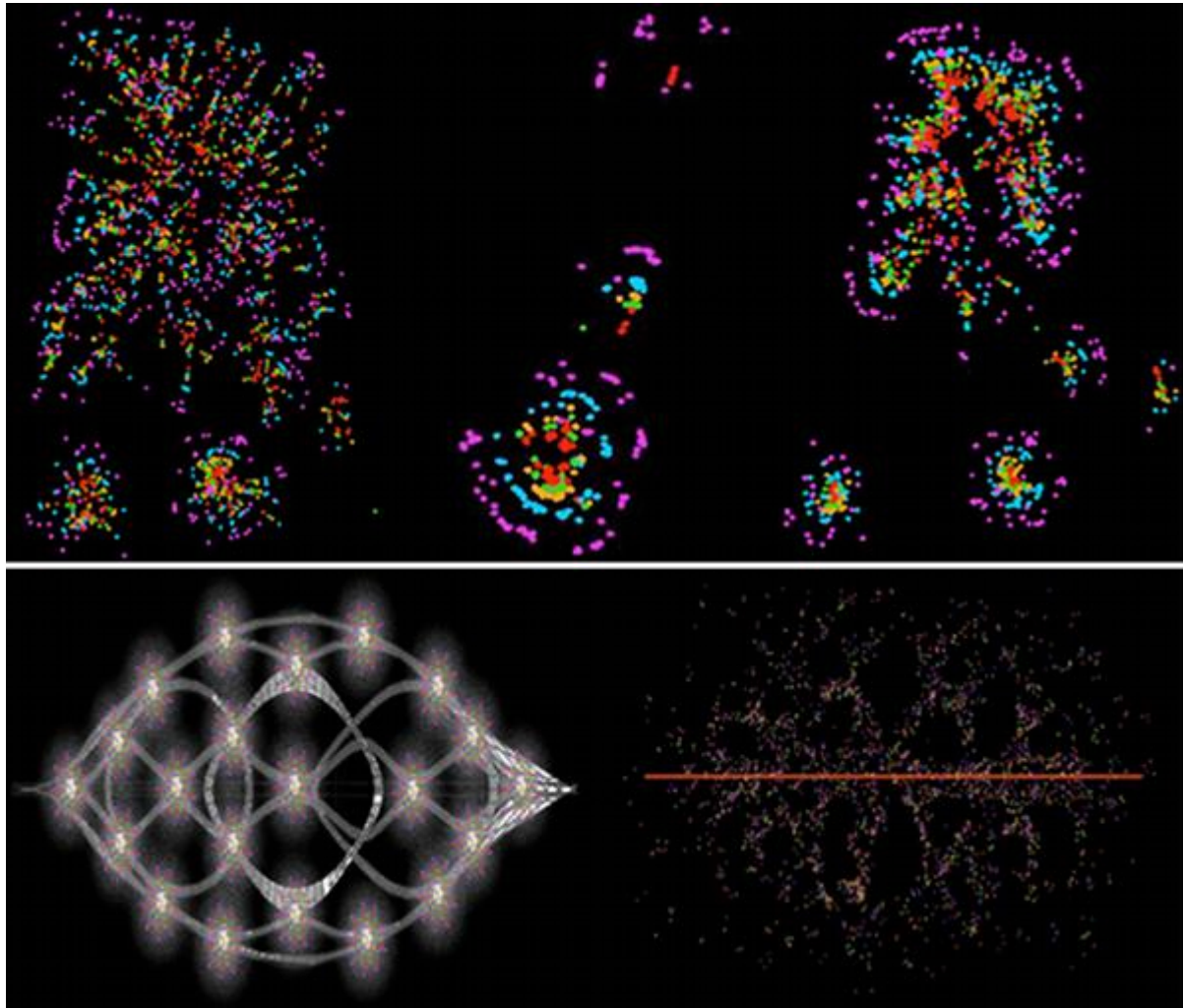
### **3.3. Criando morfologias urbanas usando multi-agente coletivo baseado em aplicações computacionais**

Na terceira fase, a intenção orientada do projeto acima mencionada, mutuamente negociada na definição do contexto do ambiente (por setor) é processada mais localmente (por grupo) pela aplicação de técnicas computacionais evolutivas (O'REILLY; HEMBERG, 2007). Nessa fase, definições ambientais interligadas são preenchidas com respeito a suas exigências ambientais (programa de reivindicações ou exigências nos quais os respectivos setores devem ser providos). Uma ferramenta computacional, a saber: a *Highway A2 Swarm CAD* (Figura 11) foi introduzida para os grupos de projeto nessa fase.



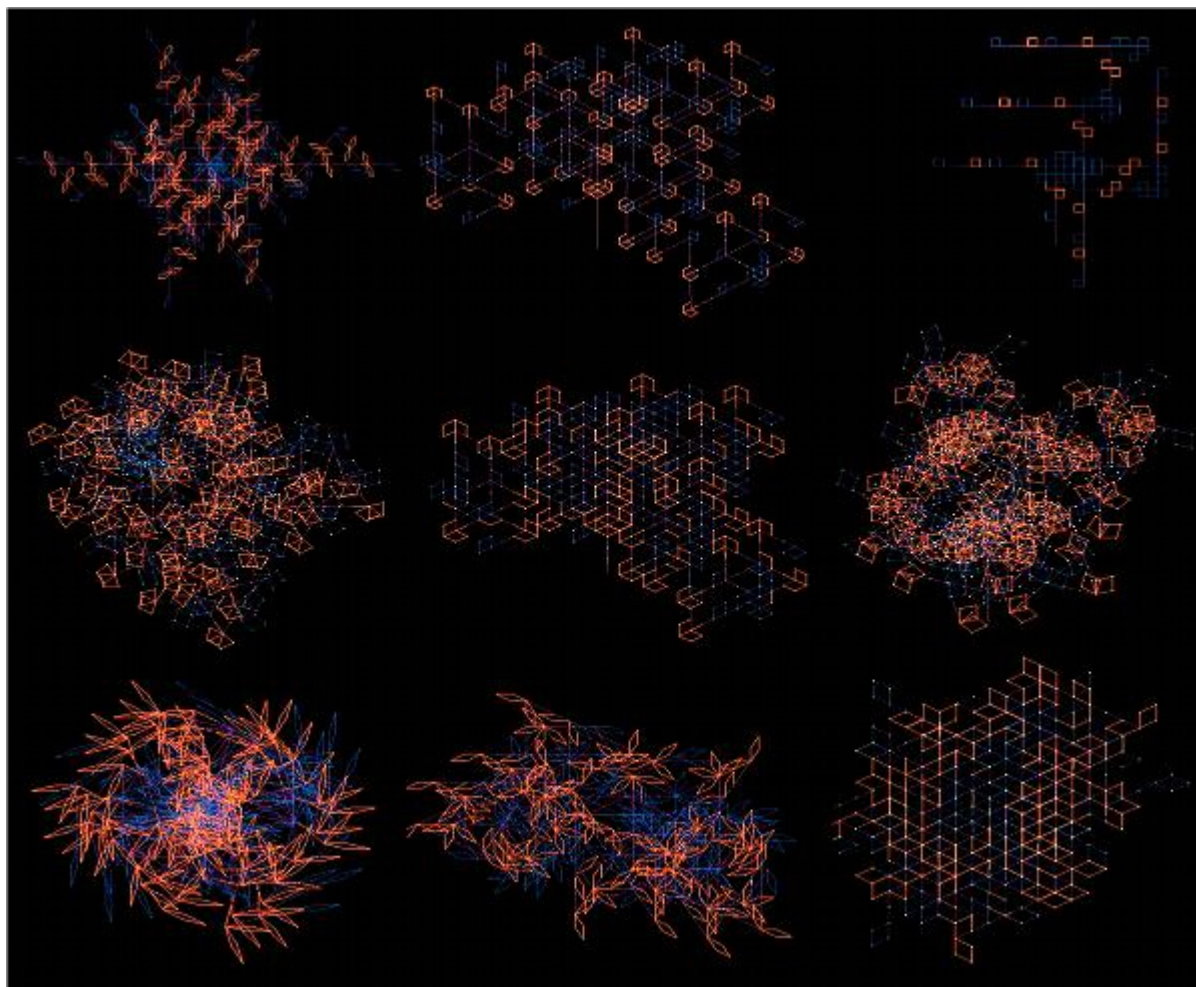
**Figura 11.** Captura de tela da *Highway A2 Swarm CAD* e sua aplicação.

O comportamento coletivo, como uma técnica computacional para simular sistemas naturais influentes, especificamente dinâmicas de movimento (como visto em um bando de pássaros ou um cardume de peixes) foi introduzido por Creg Reynolds (REYNOLDS, 1987). A ferramenta foi desenvolvida nesse raciocínio: *SwarmCAD* é baseado no comportamento de um grupo de agentes que podem ser capazes de executar tarefas autônomas sem representações detalhadas do ambiente e de outros agentes, muito semelhante à maneira pela qual conjuntos de regras simples de coesão, alinhamento e separação, dentro do sistema *Swarm*, resultam em um comportamento coletivo complexo. Cada unidade funcional (habitação, comércio, indústria, escritório e verde), nessa fase alcança a dimensão de um agente autônomo, com regras comportamentais programadas, tais como sua afinidade/proximidade com outras funções, a multiplicação baseada em relação relacional por agente, dados volumétricos, etc. Dependente de tais módulos de comportamento, programados, rotinas de interação são automatizadas para alcançar morfologias urbanas significativas e logicamente estruturadas. Padrões urbanos podem, assim, ser vistos como sistemas auto-organizados com seus componentes semelhantes a membros de um comportamento coletivo orgânico, trabalhando constantemente para gerar atividade, usabilidade, padrões de trabalho e territorial (Figura 12).



**Figura 12.** Piscinas de genes interativos de comportamento coletivo para a geração de sistemas urbanos em passos de tempo interativos, levando a sugestões de padrões de infraestrutura como uma resultante das organizações de agente em função emergente.

O referido *SwarmCAD* baseado em rotinas de auto-organização, forneceu uma saída de duas dimensões no que diz respeito a zonas de estagnação programáticas ideais como um resultado da simulação multi-agente. Em cima dessa camada, porém, uma segunda camada de sequencias de otimização, que abrangiam especificamente os critérios, tais como formações de caminhos otimizados conduzidos por sistemas de ramificação dentro do padrão derivado foram induzidos. Para este fim, foram experimentados o *L-Systems* combinado com interpretações gráficas com o *Turtle*. Uma abordagem combinatória de experiências com a geração co-evolutiva de dois *L-Systems*, respectivamente: um para o projeto da rodovia existente e outro para a cidade residencial, caracterizado por unidades residenciais e comerciais. A interdependência entre os dois *L-Systems* foi criada para facilitar um crescimento iterativo da cidade residencial em relação às condições de contorno da rodovia gerados com base *L-System* (Figura 13). A estrutura *L-system* altamente interdependente e mutuamente interativa, que deu origem a morfologia urbana é assim visualizada.



**Figura 13.** *L-system* baseadas em configurações de infraestrutura urbana, com gráficos de *Turtle* integrados baseada em variantes de crescimento arquitetônico.

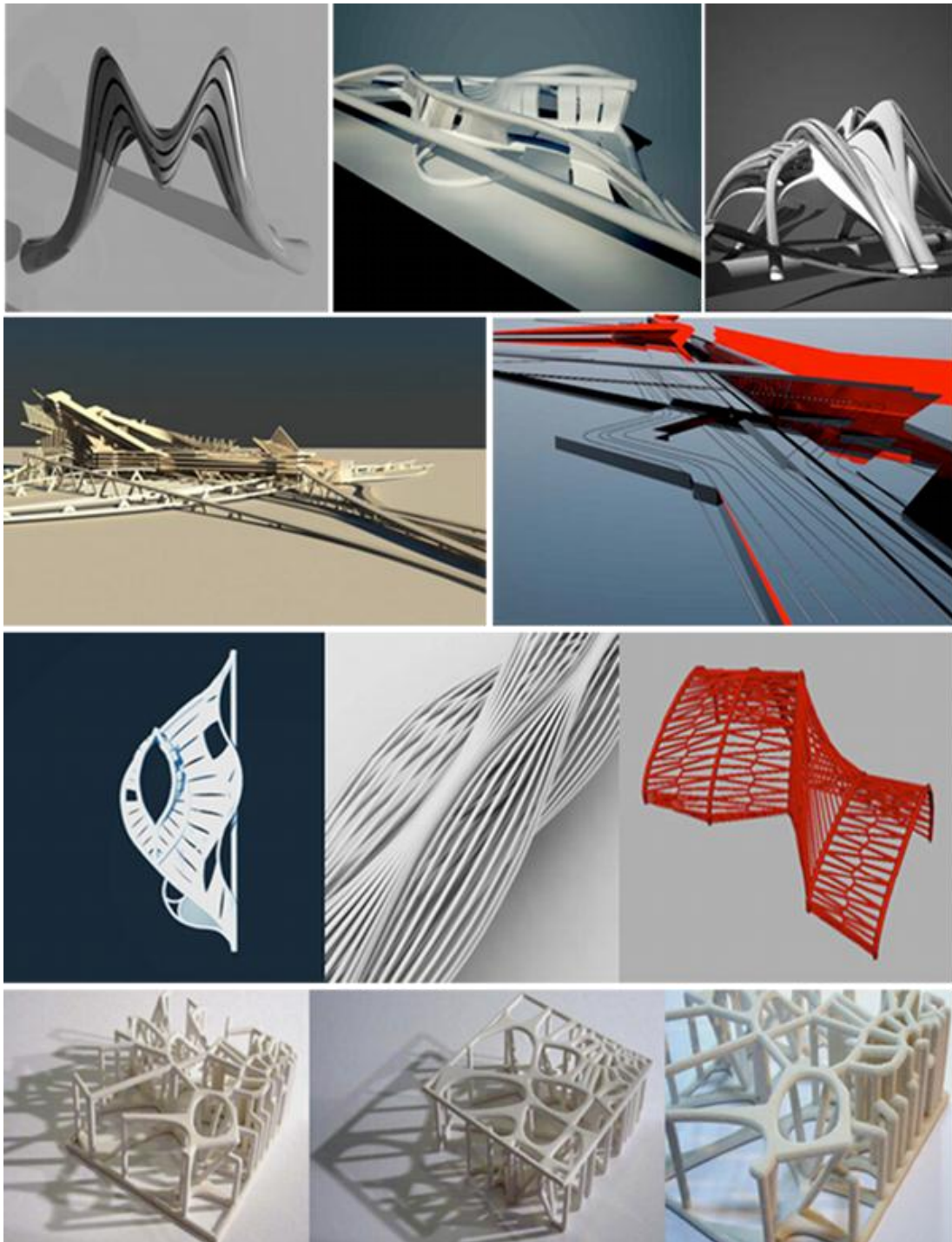
### 3.4. Intervenções arquitetônicas dentro da morfologia urbana

Depois de chegar aos padrões morfológicos urbanos, como mediação entre o dual das interações *L-System* juntamente com os gráficos do *Turtle* para desenvolver extrapolações 2D e 3D de *layouts* funcionais, os grupos de *design* focaram em questões arquitetônicas e estruturais referentes a partes específicas por setor. Espinhas de infraestrutura (nível global), derivados dos procedimentos *L-System* foram tratados como entidades estruturais entrelaçando e estabilizando os padrões arquitetônicos (nível local) que seriam hospedados dentro deles. As saídas computacionais em nível local, que eram inerentemente baseadas no percentual de área construída e pertinência por setor sobre as regulamentações de altura estabelecidas pelos órgãos governamentais, são posteriormente sujeitas a ajuste fino morfológico e articulação individual, durante o desenvolvimento de uma lógica de infraestrutura conectiva e funcional em todo o site. A linguagem de *design* e as estratégias de estilização individuais foram, assim, proeminentes nessa fase da iteração do *design*.

Processos de fabricação assistidos por computador para a modelagem física e em alguns casos, a análise estrutural das morfologias arquitetônicas foram posteriormente realizadas. As



saídas arquitetônicas morfogenômicas (Figura 14), em termos de características por setor ou eram CNC moído ou eram litografadas em *stereo*, por grupo. Os estudantes foram, portanto, não só capazes de comparar as variações morfológicas por setor, mas também foram capazes de compreender a vitalidade da componente informática no que diz respeito aos processos de fábrica baseado em arquivos para fabricação e as vantagens de trabalhar em uma estrutura de *design* integrado envolvendo várias equipes.



**Figura 14.** Resultante CAD CAM baseado intervenções arquitetônicas exibindo a integração da infraestrutura urbana como características estruturais.

## 4. Conclusão

Os sistemas de Pele Performativa e as iniciativas de pesquisa Cidade Distribuída provaram ser um exercício crítico na compreensão das implicações de forma colaborativa (geração, representação, comunicação e processamento) de composição do termo informática com a disciplina de *design*. As diferenças de operações computacionais com base nas variações escalares por experimento eram evidentes. A natureza da máquina abstrata, no caso dos componentes da pele, foi projetada especificamente para obter sequencias de notação, devido às propriedades do material baseado em procedimento de extração de dados digitais, em oposição ao projeto *A2 Highway* em que o foco principal girava em torno da derivação de uma estratégia global computacional tais como agregação, fluxos, etc, como bases inspiradoras ainda racionais para cada grupo de *design*. As ferramentas computacionais desenvolvidas para fins de otimização por experimento também diferem considerando a natureza de otimização. A otimização baseada na pesquisa Peles Performativas focou principalmente na articulação de adaptações cinéticas em tempo real de todo o sistema (global) de um nível de baixo para cima por componente (nível local), em oposição ao projeto da *A2 Highway*, que, devido à sua escala e da natureza do problema em questão trabalha com um nível de otimização dupla com *L-systems* e gráficos *Turtle*, a fim de separar sequencialmente as questões do tecido infraestrutural com os agentes funcionais estabelecidos.

As ferramentas computacionais desenvolvidas durante os dois projetos, também apresentam propriedades diferentes que variam de componentes eletrônicos integrados dirigidos de forma mecânica ao *design* colaborativo e sistemas de apoio à decisão. Os componentes de informática e os procedimentos computacionais, que os ligam, assim, resultam em morfologias diferenciadas, cada uma servindo uma causa performativa. O domínio dos processos de concepção digitalmente conduzidos através desses experimentos baseados em Morfogenômica não só uma base lógica para gerar morfologias interativas em um contexto de baixo para cima, não padronizado, mas também demonstrar como técnicas de *design* associativo acoplados com meios eletrônicos, sistemas de controle e estratégias de *design* participativo podem ajudar a melhorar a concepção, a performance e as perspectivas de nossas formas construídas em múltiplas escalas.

## Referências

BILORIA, N.; SUMINI, V. Performative building skin systems: a morphogenomic approach towards developing real-time adaptive building skin systems. **International Journal of Architectural Computing**, v. 7, n. 4, p. 643-676, 2009.



BROUGHTON, T.; COATES, P.; JACKSON, H. Exploring 3D design worlds using lindenmayer systems and genetic programming. In: BENTLEY, P. J. (Ed.) **Evolutionary design by computers**. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 1999. Capítulo 14.

COELLO COELLO, C. A.; VELDHUIZEN, D. A.; LAMONT, G. B. **Evolutionary algorithms for solving multi-objective problems**. Nova Iorque: Kluwer Academic, 2002.

HENSEL; MENGES. Differentiation and performance: multi-performance architectures and modulated environments. **Architectural Design AD**, v. 76, n. 3, p. 60-69, 2006.

JOHNSON, S. **Emergence: the connected lives of ants, brains, cities and software**. Londres: Penguin Press, 2001.

LINDEMAYER, A. Mathematical models for cellular interactions in development I. **Journal of Theoretical Biology**, n. 18, p. 280-289, 1968.

OOSTERHUIS, K. Swarm architecture II. In: OOSTERHUIS, K.; FEIREISS, L. (Eds.). **Games set and match II**. Roterdã: Episode Publishers, 2006, p. 14-28.

O'REILLY, U.-M.; HEMBERG, M. Integrating generative growth and evolutionary computation for form exploration. **Genetic Programming and Evolvable Machines**, v. 8, n. 2, p. 163-186, jun. 2007.

REYNOLD, C. W. Flocks herds and schools: a distributed behavioral model. **Computer Graphics**, v. 21, n. 4, p. 25-34, jul. 1987.

ROSENMAN, M. A. Case-based evolutionary design. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, n. 14. Cambridge: Cambridge University Press, 2000, p. 17-29.