

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA  
DO RIO DE JANEIRO



**João Victor Azevedo de Menezes Correia de Melo**

**Modelos em linguagem mecânica e modelos em  
linguagem eletrônica: As interações na metodolo-  
gia do LILD**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Design da PUC-Rio como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Design.

Orientador: Prof. José Luiz Mendes Ripper

Rio de Janeiro  
Setembro de 2011



**João Victor Azevedo de Menezes Correia de Melo**

**Modelos em linguagem mecânica e modelos em  
linguagem eletrônica: As interações na metodolo-  
gia do LILD**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Design pelo Programa de Pós-Graduação em Design da PUC- Rio. Aprovada pela comissão organizadora abaixo assinada.

**Prof. José Luiz Mendes Ripper**

Orientador

Departamento de Artes e Design – PUC-Rio

**Prof<sup>a</sup>. Rejane Spitz**

Departamento de Artes e Design – PUC-Rio

**Prof<sup>a</sup>. Carla Costa Dias**

Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ

**Prof<sup>a</sup>. Denise Berruezo Portinari**

Coordenador Setorial do Centro de Teologia  
e Ciências Humanas – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 02 de setembro de 2011

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **João Victor Azevedo de Menezes Correia de Melo**

Graduou-se em Desenho Industrial – Habilitação em Projeto de Produto na Escola de Belas Artes da UFRJ em 2007, Posuindo Diploma *Cum Laude* de Dignidade Acadêmica. Pesquisador do Laboratório de Investigação em Living Design (LILD) da PUC-Rio desde 2008, onde desenvolve pesquisa sobre interações entre a linguagem eletrônica e a linguagem mecânica. Possui experiência em estruturas de bambu e materiais naturais e atua como professor colaborador na Graduação em Design e em cursos livres.

#### Ficha Catalográfica

Correia de Melo, João Victor Azevedo de Menezes

Modelos em linguagem mecânica x modelos em linguagem eletrônica: As interações na metodologia do LILD / João Victor Azevedo de Menezes Correia de Melo; orientador: José Luiz Mendes Ripper . – 2009.  
129 f. : il. (col.) ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Artes e Design)– Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.  
Inclui bibliografia

1. Artes – Teses. 2. Design. 3. Computação Gráfica. 4. Estruturas de bambu. 5. CAD. 6. Interações 7. Técnicas construtivas 8. Modelos 3D. I. Ripper, José Luiz Mendes. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Artes e Design. III. Título.

CDD: 700

À minha família e minha namorada, pelo apoio e inspiração.

## Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Ripper, pelos ensinamentos, pela amizade e pela parceria para a realização deste trabalho.

À CAPES e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Aos meus pais, meu irmão e minha avó, pelo apoio, esforço, carinho e incentivo ao estudo e à pesquisa.

À minha namorada Flávia Bueno, pela ajuda, apoio e carinho.

Aos colegas do Laboratório de Investigação em Living Design (LILD) da PUC-Rio: Reny, Pedro Leonardo, Daniel, Takao, Bianca, Patrick, Mariano, Betim, Mario, João Bina, Marcelo, Arísio, Juca, Lucas, Luís Eustáquio, Vicente Jesus, Argus, Lazaroni, Tiago e outros mais, pela colaboração e parceria na pesquisa.

Aos Professores Lucas Ripper e Nicolas Gomez, pela introdução ao mundo do bambu, ao LILD e ao Prof. Ripper.

Aos professores e funcionários do Departamento de Artes e Design, pelos ensinamentos, pela paciência e pela ajuda na construção da dissertação.

## Resumo

Correia de Melo, João Victor Azevedo de Menezes; Ripper, José Luiz Mendes (orientador). **Modelos em linguagem mecânica e modelos em linguagem eletrônica: As interações na metodologia do LILD**. Rio de Janeiro, 2011, 129p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Artes e Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Os avanços na microeletrônica possibilitaram a miniaturização e portabilidade dos equipamentos de computador e, principalmente, do uso individualizado do mesmo. Desse modo, essa tecnologia começou a ser inserida espontaneamente na pesquisa das áreas que tratam do projeto do objeto de desenho industrial - conforme podemos perceber no Laboratório de Investigação em Living Design, LILD do DAD da PUC-Rio - por meio de seus pesquisadores - com seus computadores portáteis - como forma de apoio aos seus estudos. Esta dissertação tem como foco principal a interação que está se dando nas áreas de pesquisa do objeto de uso entre o ferramental técnico/mecânico tradicional de representação e os meios eletrônicos que expõe uma técnica computacional que apresentam hoje um desenvolvimento exponencial. Os meios tradicionais de concepção e viabilização dos objetos de desenho industrial, de arquitetura, e das engenharias em geral vêm sendo, cada vez mais, complementados por essa nova tecnologia. Dessa forma, apresenta-se nesse trabalho o que foi observado quando da aplicação dessa nova tecnologia em estudos que, nesse momento, estão em desenvolvimento; bem como, sua relação interativa com os métodos tradicionais que envolvem modelos mecânicos, sejam em escala reduzida, sejam em estado de uso. Como resultado apresenta-se um enriquecimento das pesquisas em andamento no laboratório, principalmente, em relação aos aspectos de precisão, documentação, e transporte dos modelos; assim como, em relação a novas formas de visualização e reflexão, diferentes das tradicionais e, inexistentes anteriormente a utilização da computação gráfica.

## Palavras-chave

Design; computação gráfica; estruturas de bambu; CAD; interações; técnicas construtivas; modelos 3D.

## Abstract

Correia de Melo, João Victor Azevedo de Menezes; Ripper, José Luiz Mendes (advisor). **Mechanical models and electronic models: interactions in the LILD's methodology**. Rio de Janeiro, 2011, 129p. MSc. Dissertation – Departamento de Artes e Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Advancements in microelectronics have enabled both miniaturization and portability of computer equipment and, especially, the individual use of it. Thus, this technology have been introduced in the research of the Laboratory for Investigation in Living Design – LILD, Department of Arts and Design from the *Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro*, Brazil – by its members, and their personal computers, as a way to support the development of their studies. This study focuses on the observation of the systematic introduction of computer graphics technology in the LILD's trial and error approach, and aims to present the usage of this tool serving as a new platform to the researches that have been developed in the laboratory. In this manner, this research demonstrates what was observed during the application of this new technology in ongoing studies; as well as their interactive relation with traditional methods, which involves mechanical models, be it in reduced scale or ready to use. As a result, it is verified an enrichment of the researches in course in the laboratory, mainly, in relation to the aspects of precision, documentation and transportation of models; and also concerning new ways of visualization and reflection, different from traditional ones, previously non-existent to the application of computer graphics.

## Keywords

Design; computer graphics; bamboo structures; CAD; interactions; construction techniques; 3D models.

## Sumário

1.Introdução	16
1.1. Ingresso na pesquisa do LILD	17
1.2. Sobre o Virtual	24
1.3. Por uma filosofia da computação gráfica	
2. Estado da Arte	36
2.1. O Design Assistido Por Computador	36
2.1.1. A computação gráfica e o design assistido por computador – breve histórico	36
2.1.2. Principais características dos softwares CAD	39
2.1.3. Classificação de Softwares CAD	41
2.1.4. A Aplicação do CAD no Desenvolvimento de Objetos	43
2.2. Experiência na aplicação do CAD em desenvolvimento de produtos	44
2.2.1. Experiência profissional em CAD I	44
2.2.2. Experiência profissional em CAD II	46
2.3. Tecnologia CAD no LILD e sua Pré-sistemática	47
2.3.1. A Metodologia do LILD	47
2.3.2. Cúpula Catenária de “Fibrobarro”	48
2.3.3. A Arquitetura das Bolhas	50
3. Interações realizadas entre linguagem eletrônica x linguagem mecânica	55



3.1. Sistemática de análise das interações entre o modelo eletrônico e o modelo físico	55
3.2. Uma primeira reflexão	57
3.3. Estados de um modelo	79
3.4. Interações entre os estados de um modelo	82
3.4.1. Novo LILD	84
3.4.1.1. Cobertura	85
3.4.1.1.1. Experimento eletrônico 1	85
3.4.1.1.2. Experimento eletrônico 2	96
3.4.2. Domo de Yvy Porã	110
3.4.2.1. Reprodução da forma em ambiente eletrônico	110
3.4.2.2. Transporte dos dados entre o LILD e Yvy Porã	115
3.4.2.3. Computação gráfica em campo como ferramenta didática	116
4. Considerações Finais	120
Referências Bibliográficas	123
Anexos	

## Índice de Figuras

Figura 1 - Domo geodésico de bambu amarrado – acervo do LILD	17
Figura 2 - "Giro" – acervo do LILD	18
Figura 3 – Bambus Encapsulados – acervo do LILD	20
Figura 4 - Experimento 19 – (CAMPOS, 2009)	21
Figura 5 - Experimento 19 Versão Eletrônica em perspectiva	21
Figura 6 - Experimento 19 Versão Eletrônica em planta – acervo do autor	22
Figura 7 - Experimento 19 Versão Eletrônica em vista – acervo do autor	22
Figura 8 - Comunicação entre sistemas de auxílio às etapas produtivas por um software CAD (SOUZA & COELHO, 2003).	37
Figura 9 - Tela principal do software Google SketchUp	38
Figura 10 – Nova Iorque no Google Earth (Google Earth)	39
Figura 11 - Operações Booleanas (SOUZA & COELHO, 2003).	39
Figura 12 - Superfície editada pela alteração da coordenada Z de um ponto. (SOUZA & COELHO, 2003)	40
Figura 13 - Modificação da superfície através de vetores adjacentes a seus pontos. (SOUZA & COELHO, 2003)	40
Figura 14 – Tela Principal do Qcad mostrando um desenho bidimensional genérico	41
Figura 15 – Tela Principal do AutoCAD	42
Figura 16 – Tela principal do SolidWorks	42
Figura 17 – Modelo eletrônico	45
Figura 18 – Produto em uso	45
Figura 19 – Layout eletrônico	45
Figura 20 – Layout de uso	45
Figura 21 – Modelo eletrônico	46
Figura 22 – Produto em uso	46
Figura 23 - Estudo no software Rhinoceros - 28 divisões - e a parábola geratriz da forma – (ALVARES, 2008)	49
Figura 24 - modelo da estrutura pantográfica em papel Kraft 180g – (ALVARES, 2008)	49
Figura 25 - Vistas do sétimo experimento finalizado - (ALVARES, 2008)	49

Figura 26 – Desenho eletrônico em planta e vista dos estudos do novo laboratório – (CAMPOS, 2009)	50
Figura 27 – Desenho eletrônico em perspectiva dos estudos do novo laboratório - (CAMPOS, 2009)	51
Figura 28 – Vista esquemática da nova cobertura e nova disposição dos elementos modulares – (CAMPOS, 2009)	51
Figura 29 – Modelo em gesso escaneado para a geração de modelo eletrônico – (CAMPOS, 2009)	52
Figura 30 – Modelo virtual com curvas suaves na cobertura – (CAMPOS, 2009)	52
Figura 31 – Modelo virtual com curvas exageradas na cobertura – (CAMPOS, 2009)	53
Figura 32 – Modelo confeccionado em fresa CNC e molde negativo em gesso – (CAMPOS, 2009)	53
Figura 33 – estudos de retículas em bambu para a cobertura do novo LILD – (CAMPOS, 2009)	53
Figura 34- modelo eletrônico e de uso da cobertura do novo LILD	56
Figura 35 - modelo eletrônico e modelo de uso do domo de Yvy Porã	56
Figura 36 - Inversão de Esforços - tração e compressão - (ENGEL, 2003)	57
Figura 37 - Dispositivo para obtenção de modelos em escala menor - (CAMPOS, 2009)	57
Figura 38 - Modelo resultante - (CAMPOS, 2009)	58
Figura 39 - Dispositivo utilizado para a obtenção da forma inicial, e deformado para a obtenção da forma incidental - (CAMPOS, 2009)	59
Figura 40 - Modelo 1:50 baseado na forma incidental – (CAMPOS, 2009)	59
Figura 41 - Esquema de forças atuantes em uma estrutura pneumática e em um reservatório de membrana apoiada - (ENGEL, 2003)	60
Figura 42 - Estudos de Frei Otto com bolhas de sabão e membranas de látex. Geometria exemplo proposta por Otto, muito parecida com a forma incidental – (OTTO, Tensile Structures, Volume One, 1967, pp. 89 - 90)	60
Figura 43 - Ponto de ancoragem interno diminui o raio de curvatura e as tensões na membrana - geometria exemplo proposta por Engel, muito parecida com a forma incidental - (ENGEL, 2003)	61

Figura 44 - Miguel Sette fazendo bolha de sabão tensionada – (CAMPOS, 2009)	61
Figura 45 - Experimento com bolha de sabão - forma inicial – acervo LILD	62
Figura 46 - Experimento com bolha de sabão - forma incidental – acervo LILD	62
Figura 47 - Dispositivo utilizado para inflar uma membrana de látex e aplicação de gesso para confecção de molde – (CAMPOS, 2009)	63
Figura 48 - Corte esquemático da cobertura e estrutura do novo LILD, gerada por computação gráfica – (CAMPOS, 2009)	63
Figura 49- Vista esquemática da cobertura e estrutura do novo LILD, gerada por computação gráfica – (CAMPOS, 2009)	64
Figura 50 - Modelo escaneado no INT – (CAMPOS, 2009)	64
Figura 51 - Modelagem eletrônica de opção com curvas mais suaves - (CAMPOS, 2009)	65
Figura 52 - Modelagem eletrônica de opção com curvas mais exageradas – (Campos, 2009)	65
Figura 53 - detalhe da figura 22 mostrando descontinuidade nas curvas do ponto mais alto	66
Figura 54 - Forma fresada resultante do modelo eletrônico, detalhe para a descontinuidade - (CAMPOS, 2009)	66
Figura 55 - Molde negativo e estudo de reticula – (CAMPOS, 2009)	67
Figura 56 - Grade bidimensional marcando os pontos de referência	68
Figura 57 - Alturas formando nuvem de pontos básicos formadores da geometria	68
Figura 58 - Curvas desenhadas mostrando o wireframe básico da peça	69
Figura 59 – Vista superior e vista frontal da geometria obtida com o comando mais simples de loft	69
Figura 60 - Perspectiva da geometria obtida com o comando mais simples de loft	70
Figura 61 - Vista superior e vista frontal da geometria obtida através da configuração "ajuste suave" do comando loft	70
Figura 62- Perspectiva da geometria obtida através da configuração "ajuste suave" do comando loft	71
Figura 63 - Estruturas pneumáticas tem por base a geometria	

esférica – (ENGEL, 2003)	72
Figura 64 - Wireframe básico revisado segundo a teoria de Engel (2003)	73
Figura 65 - Wireframe de construção	73
Figura 66 - Superfície obtida pelo comando Surfnetwork	76
Figura 67 - Descontinuidades nas áreas de junção	76
Figura 68 - Wireframe redesenhado para a modelagem de metade da forma pretendida	77
Figura 69 - modelagem de metade da forma pretendida	77
Figura 70 - Vista superior e vista lateral da forma final obtida	78
Figura 71 - Perspectiva da forma final obtida	78
Figura 72 - Estados de um modelo e interações presentes na pesquisa do LILD	80
Figura 73 – Modelo em estado mecânico	80
Figura 74 - Modelo em estado de uso	81
Figura 75 - Modelo em estado eletrônico	81
Figura 76 - detalhe do dispositivo utilizado por Campos - Campos (2009)	85
Figura 77 - projeção do experimento 19 e planta da estrutura metálica em desenho eletrônico bidimensional	86
Figura 78 - Nuvem de pontos	86
Figura 79 - Wireframe	87
Figura 80 - Geometria pontual apoiada na infraestrutura metálica	88
Figura 81 - Detalhe eletrônico das peças da infraestrutura metálica já existente	88
Figura 82 - Vista superior do estado eletrônico e do estado mecânico	89
Figura 83 - bambu em giro, detalhe para as extremidades em posições diferentes	90
Figura 84 – Vista superior de um quarto da estrutura em giro	91
Figura 85 – Vista superior em simetria, não foi obtido o giro no todo	92
Figura 86 – Vista superior da estrutura completa em giro obtida pelo comando rotacionar	93
Figura 87 - Miniatura em giro sendo montada por cima da miniatura com juntas pontuais –(Campos, 2009)	93
Figura 88 – Vista superior da aplicação do comando rotacionar e btenção do "giro geral" - as setas indicam a direção da rotação,	

igual a das juntas em giro	94
Figura 89 - estado eletrônico e estado mecânico em giro	95
Figura 90 - Perspectiva do estado eletrônico do experimento 19 de Campos montado na estrutura metálica básica	95
Figura 91 - Vista e planta do estado eletrônico do experimento 19	95
Figura 92 - Miniatura em escala 1:10, medidas baseadas no modelo em estado eletrônico - (Campos, 2009)	96
Figura 93 – Miniatura da infraestrutura metálica em escala 1:25	97
Figura 94 - Nova geometria com bambus do mesmo tamanho	97
Figura 95 - Nova geometria com bambus do mesmo tamanho	98
Figura 96 - Vistas da nova geometria com bambus do mesmo tamanho	98
Figura 97 - Nova geometria de tripés e quadripés. Junta pontual.	99
Figura 98 - Nova geometria em giro montada na infraestrutura metálica	99
Figura 99 - desenhos esquemáticos eletrônicos feitos pelo Ripper para explicar as partes constituintes do elemento de cobertura. Em vermelho a casca, em azul a lona.	100
Figura 100 - Primeira e segunda opção de colocação das lonas	100
Figura 101 - Vistas do interior da miniatura na escala 1:25.	101
Figura 102 - Experimento de montagem de parte da estrutura de bambu com rede em escala 1:1	101
Figura 103 - Experimento de montagem de parte da estrutura de bambu com rede em escala 1:1	102
Figura 104 - Planta e vista da nova geometria e aplicação da lona (em laranja)	103
Figura 105 - Perspectivas da nova geometria e aplicação da lona	103
Figura 106 - Aplicação da lona	103
Figura 107 - Desenho de produção da lona projetada	104
Figura 108 - detalhes da montagem feita pela equipe do LILD	105
Figura 109 - detalhes das amarrações da base e espaço interno	105
Figura 110 - Montagem finalizadas. Detalhe para as pregas.	106
Figura 111 - Nova lona em planta	107
Figura 112 - Nova lona em vista	107
Figura 113 - Nova lona parte interna em vista	107
Figura 114 - Nova lona em perspectiva	107

Figura 115 - Perspectivas do espaço coberto pela lona em estado mecânico	108
Figura 116 - Modelo da nova lona em estado mecânico	108
Figura 117 - detalhe da pingadeira e da amarração dos tripes	108
Figura 118 - Modelo em estado de uso	109
Figura 119 - modelo em estado de uso	109
Figura 120 - Detalhes das amarrações	109
Figura 121 – Octaedro	111
Figura 122 - Octaedro 2v, 3v e 4v	111
Figura 123 - Octaedro 3v deformado para uma base quadrada	112
Figura 124 - Octaedro 3v deformado para uma base quadrada em giro, e detalhe do beiral	112
Figura 125 - Geometria básica finalizada	113
Figura 126 - Octaedro 3v em estado eletrônico	113
Figura 127 - Octaedro 3v servindo de base para o deformado em uma base quadrada	114
Figura 128 - Forma básica da cobertura em wireframe	114
Figura 129 - Evolução para a base quadrada	114
Figura 130 - Geometria em giro	115
Figura 131 - Campos explicando o objeto, em estado eletrônico, para Jorge	116
Figura 132 - Tecnologia computacional gráfica em campo	117
Figura 133 - Montagem do domo	118
Figura 134 - Domo barreado sem reboco	119
Figura 135 - Cobertura em estado de uso	119