



**Lucas Alves Ripper**

**Sociedade, natureza e técnica: Design  
das Estruturas Adaptáveis de Bambu**

**Tese de Doutorado**

Tese apresentada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Doutor pelo Programa de  
Pós-Graduação em Design do Departamento de  
Artes & Design da PUC-Rio

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Luiza Novaes  
Co-orientadora: Prof<sup>a</sup> Jackeline Lima Farbiarz

Rio de Janeiro  
Março de 2015



**Lucas Alves Ripper**

**Sociedade, natureza e técnica: Design das Estruturas Adaptáveis de Bambu**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Design do Departamento de Artes & Design do Centro de Teologia e Ciências Humanas da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof<sup>ª</sup>. Luiza Novaes**

Orientadora  
Departamento de Artes & Design – PUC-Rio

**Prof<sup>ª</sup>. Jackeline Lima Farbiarz**

Co-orientador  
Departamento de Artes & Design – PUC-Rio

**Prof. Fernando Betim Paes Leme**

Departamento de Artes & Design – PUC-Rio

**Prof. Jorge Humberto Arcila Lozada**

Universidade da Colômbia – Escola de Arquitetura e Urbanismo

**Prof. Luís Eustáquio Moreira**

Departamento de Engenharia Civil – UFMG

**Prof. Khosrow Ghavami**

Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

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

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

Rio de Janeiro, 21 março de 2015

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

## Lucas Alves Ripper

Graduado em Geografia na PUC-Rio em 2006 e Mestre em Geografia na PUC-Rio em 2009. Pesquisador do Laboratório de Investigação em Livre Desenho (LILD / DAD PUC-Rio); é membro da empresa Bambutec Design; é professor de cursos de extensão envolvendo o bambu no CCE / PUC-Rio; é professor no ensino médio da Escola Parque coordenador do GAEP (Grupo Ambiental da Escola Parque); especializou-se no manejo ecológico da gramínea e em métodos acessíveis para o design de estruturas adaptáveis de bambu em pesquisas transdisciplinares no Rio de Janeiro, em Minas Gerais, em São Paulo e na Califórnia, envolvendo os campos do Design, Engenharia e Geografia.

### Ficha Catalográfica

Ripper, Lucas Alves

Sociedade, natureza e técnica: Design das estruturas adaptáveis de bambu. Lucas Alves Ripper. orientador: Luiza Novaes; co-orientadora: Jackeline Lima Farbiarz. – 2015.

230 f.; il. (color.); 30 cm

Tese (doutorado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Artes & Design, 2015

Inclui bibliografia

1. Artes – Teses. 2. Sociedade. 3. Técnicas. 4. Design. 5. Educação ambiental. 6. Estruturas de adaptáveis de bambu. I. Novaes, Luiza. II. Farbiarz, Jackeline. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Artes & Design. IV. Título.

CDD: 700

## Agradecimentos

À minha querida esposa Fabiana por ser minha companheira nestes anos de aprimoramento técnico e espiritual e à minha filha Luana que me enche de orgulho e vitalidade. Aos meus pais José Luiz Ripper e Nair Ripper pelo direcionamento e orientação nesta longa caminhada da vida,.

À minhas orientadoras Luiza Novaes e Jackeline Fabiarz por acreditarem na minha capacidade e no potencial do meu trabalho me fornecendo ferramentas importantes para operá-lo.

À PUC-Rio e ao Departamento de Artes & Design pelo apoio à esta pesquisa envolvendo a sociedade e a natureza realizada com empenho de grandes mestres. Ao CNPq e a CAPES, pelo auxílio concedido, sem os quais a pesquisa jamais teria tal êxito. À Coordenação Central de Pós-graduação da PUC-Rio (CCPG), em especial pela funcionaria Celia Pereira que viabilizou o meu estágio de aperfeiçoamento na Universidade da Califórnia – Irvine.

À Universidade da Califórnia – Irvine, ao Departamento de Engenharia Civil e ao professor Ayman Mosallam que me orientou colaborando para ampliarmos o trabalho transdisciplinar entre as áreas de Design e Engenharia.

À colaboração de funcionários e professores do Departamento do Departamento de Artes & Design.

Aos mestres Luis Eustáquio Moreira e José Luiz M. Ripper pela amizade, pelas conversas esclarecedoras e descobertas compartilhadas no livro Jogo das Formas.

Ao mestre Augusto César Pinheiro da Silva que encorajou esta caminhada científica na orientação do mestrado.

Ao mestre Raymundo Rodrigues que faz da terra um material construtivo humanizado e nos mostra o caminho da renaturalização dos indivíduos através da construção das casas.

Ao mestre Khosrow Ghavami pelos ensinamentos e pela orientação na pesquisa vista na ótica da engenharia civil com ênfase no uso do bambu.

Aos velhos amigos da Califórnia Roberto Velloso, Juninho de Oliveira, Rodolfo Hermanny, Mateu Velasco e Natalia Brusky, Fernandinha e Bruna. E aos novos amigos do *The Ecology Center* Meg Hiesinger, Jeff Davies, Evan Marks e Brian Bottelo da UCI.

À família de amigos: Mario Seixas, João Bina, Marcelo Fonseca, Vicente Sorriso, Vicente Ramilo, Patrick Stoffel, Renato, Giuliano e Bianca Balsini, Nicolas Gomez, João Victor Correia de Melo, Arisio Rabin, Vine, Paulo Farag e Kate Oshio, Eduardo Cruz, Bahia e Zeca.

À todos com Amor.

## Resumo

Ripper, Lucas Alves; Novaes, Luiza **Sociedade, natureza e técnica: Design das Estruturas Adaptáveis de Bambu**. Rio de Janeiro, 2015. 230p. Tese de Doutorado - Departamento de Artes & Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O potencial de autoconstrução de estruturas adaptáveis de bambu é o foco deste trabalho que visa ampliar a ótica do design como método projetual com ênfase no processo e não no produto final e como produtor de significados, podendo gerar autonomia de grupos em uma produção local pautada na educação ambiental/sustentabilidade. A adaptabilidade destas estruturas é um conceito central onde o objeto e o seu processo construtivo é determinado pelas condições locais de material, mão de obra e demanda de uso. O campo do design se estabeleceu no Brasil de acordo com a ótica do desenho industrial concebido nos países desenvolvidos que prioriza a fabricação, distribuição e comercialização dos objetos em grande escala. Neste contexto a atividade projetual deixa de focar no ser humano para se dedicar ao consumo em massa. Acreditamos que por meio do design é possível formar cidadãos conscientes da problemática ambiental planetária conduzindo-os através de metodologias participativas desenvolvidas no LILD PUC-Rio. O meio acadêmico (universidades e escolas) se apresenta como contexto geográfico favorável para aplicação destas metodologias que se baseiam na autonomia de grupos para a produção de objetos utilitários localmente. A esfera local/ regional é o ponto de partida para a concepção do design do objeto, determinando recursos materiais disponíveis, demandas de uso e aspectos culturais. Destacamos a metodologia de Técnicas & Convivência onde os professores-técnicos orientam os alunos-voluntários na concepção, construção e uso das estruturas adaptáveis de bambu em diversas aplicações. Neste processo os

voluntários são coautores e são levados a pensar o objeto a partir de seu ciclo de vida – concepção, fabricação, uso, manutenção e descarte/pós-uso. O bambu representa um material acessível, de grande resistência com versatilidade para ser aplicado em diversos usos e é explorado aqui para fins estruturais. A abordagem transdisciplinar envolvendo os campos do design, arquitetura, engenharia e geografia nos leva a uma análise complexa do processo construtivo e do objeto final, contextualizando a produção no espaço. Em estudos de campo no Brasil e nos EUA concluímos que esta ótica de design com base na produção em esfera local/regional pautada na educação ambiental/sustentabilidade, tem grande acessibilidade e pode ser potencializada a partir da colaboração transdisciplinar para outros usos na sociedade, seja com foco na educação, na autonomia produtiva ou no uso diversificado das estruturas adaptáveis de bambu.

## **Palavras-chave**

Design; estruturas adaptáveis; bambu; educação ambiental/sustentabilidade; metodologias participativas; acessíveis.

## Abstract

Ripper, Lucas Alves; Novaes. Luiza (Advisor). **Society, nature and technique: design of the adaptable bamboo structures.** Rio de Janeiro, 2015. 230p. Doctoral Thesis - Departamento de Artes & Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The self-building potential of adaptable bamboo structures is the focus of this work that is aiming to enlarge the concept of design as a projectual method with emphasis on the process rather than the end product and as a producer of meanings, which can generate autonomy groups in a local production based in the environmental education / sustainability. The adaptability of these structures is a central concept where the object and its constructive process is determined by local conditions of material, labor and demand of use. The design field was established in Brazil in accordance with the perspective of industrial design in developed countries that prioritizes the production, distribution and marketing of large-scale objects. In this context the projectual activity fails to focus on the human being necessities to devote to mass consumption. We believe that through the design is possible to form citizens aware of global environmental issues leading them through participatory methodologies developed in LILD PUC-Rio. The academia (universities and schools) is presented as favorable geographic context for the application of these methodologies that are based on the autonomy of groups for the production of utilitarian objects locally. The local / regional level is the starting point for the design of object design, determining material resources available, use, social demands and cultural aspects. We are highlighting the methodology of Techniques & Coexistence where technicians-teachers guide the students-volunteers in the design, construction and use of adaptable bamboo structures in various applications. In this process the volunteers are co-authors and

are led to think the object starting from his lifecycle - design, manufacture, use, maintenance and disposal / post-use. Bamboo is an accessible material; high strength with versatility to be applied to various uses and is explored here for structural purposes. The transdisciplinary approach involving the fields of design, architecture, engineering and geography leads to a complex analysis of the construction process and the final object, contextualizing the production space. In field studies in Brazil and the United States we concluded that this concept of design based in the local/regional production lined in the environmental education / sustainability, has great accessibility and can be enhanced from the transdisciplinary collaboration to other uses in society and is focusing on education, productive autonomy or diversified use of adaptable structures of bamboo.

## **Keywords**

Design; adaptable structures; bamboo, environmental education / sustainability; participatory and accessible methodologies.

# Sumário

1. Introdução	23
2. A Filosofia de pesquisa do LILD: estudo das técnicas e dos métodos para autoconstruções com bambu	32
2.1. O Design do jogo das formas: as interações entre o homem, os objetos e as técnicas no espaço.	36
2.1.1 Jogo das formas: uma filosofia projetual	39
2.2. Estruturas adaptáveis: a treliça de bambu como unidade de jogo	47
2.2.1 A treliça pantográfica: uma unidade de jogo adaptável	55
2.3 O Design para além da ótica industrial moderna: as esferas local e global	58
2.3.1 Interrelações entre Design, meio ambiente e as técnicas	64
2.3.2 A técnica como meio	68
3. Estudo de caso no Rio de Janeiro, Brasil : a autoconstrução de uma sala de aula não convencional	72
3.1. Estudo de caso 1 em campo cultural: Identificando o contexto geográfico no ensino médio da Escola Parque, Rio de Janeiro.	75
3.1.1 A proposta de autoconstrução da sala de aula	75
3.1.2 Elaborando um Plano de Pesquisa para a análise da autoconstrução de uma sala de aula	79
3.2. A autoconstrução de uma sala de aula com bambu no ensino médio	83
3.2.1 O favorável contexto geográfico da Escola Parque para a autoconstrução da sala	83
3.2.2 Iniciando o projeto e a autoconstrução de uma sala de aula em 2012	86

3.2.3 A continuidade do processo autoconstrutivo em 2013	105
3.2.4 O estagio atual e as próximas etapas	125
3.3. Resultados preliminares do processo autoconstrutivos	126
4. Estudos de caso no sul da Califórnia, EUA: experiências de montagem de treliça de bambu	129
4.1 Estudo de caso 2 em campo cultural: inserindo a treliça de bambu no <i>The Ecology Center</i> com voluntários diversos	132
4.1.1 Estudo de caso 2 no The Ecology Center: o Plano de Pesquisa e o Plano de Trabalho para nortear as atividades propostas com voluntários diversos.	135
4.1.2 Referências locais do sul da Califórnia	137
4.1.3 As Oficinas no <i>The Ecology Cente</i>	146
4.1.4 The Earth Day (O Dia do Meio Ambiente): o início das atividades no The Ecology Center	148
4.1.5 <i>Hurley Pro</i> na praia de Trestles	156
4.2. Estudo de caso 3 em campo situacional: a treliça de bambu no Laboratório de Testes de Engenharia Estrutural da Universidade da Califórnia – Irvine (SETH-UCI): fabricação, montagem e preparação para testes	167
4.2.1 Início do Estudo de Caso 3 em campo situacional: o estágio na UCI	169
4.2.2 Fabricação do modelo do arco treliçado em escala reduzida	178
4.2.3 Projeto, fabricação e preparação para o teste no SETH do arco de bambu em escala real	182
5. Considerações finais	195
5.1 Uma metodologia que enriquece o ensino escolar: a autoconstrução	199
5.1.2 O potencial estrutural da treliça de bambu para usos múltiplos: a transdisciplinaridade do estudo	207
5.1.3 Aproximações sucessivas e construção coletiva: a adaptabilidade da metodologia	214

5.2 Conclusões	217
5.2.1 Aprendizados: questões técnicas / funcionais das estruturas adaptáveis de bambu	220
5.2.2 Possibilidades futuras da pesquisa na PUC-Rio	224
6. Referências Bibliográficas	226
7. Anexos- CD com apêndices 1;2;3;4;5;6;7Plano de Estudos para o estagio na UCI / Relatório final do estagio Questionário aos alunos da Escola Parque	CD
7.1 Apêndice 1- CAP 2 -Experiências vividas no LILD: arquiteturas de caráter provisório e permanentes	CD
7.2 Apêndice 2- CAP. 3- EP	CD
7.3 Apêndice 3- CAP. 4- EC	CD
7.4 Apêndice 4- Plano de estudos na UC-Irvine ( California, EUA) Programa de Doutorado Sanduiche no Exterior -PDSE	CD
7.5 Apêndice 5- Pesquisa no SETH-UCI	CD
7.6 Apêndice 6- Plano de testes no SETH-UCI	CD
7.7 Apêndice 7- Questionário aos alunos de Projetos sustentáveis da escola Parque , turma 2012-2013, sobre a autoconstrução da sala de aula não convencional	CD

## Lista de Figuras

Figura 1: Treliza pantográfica, unidades em jogo formando objetos provisórios com diferentes funções, teto (1) e parede divisória	43
Figura 2: Sala Nordeste-Cerrado, Bambutec Design, São Paulo, 2007.	43
Figura 3: modelo de domus geodésico completo	45
Figura 4: bolha de base quadrada	45
Figura 5: Representação da região portuária do Rio de Janeiro em 1710.	51
Figura 6: Treliza utilizada como muro delimitando espaços.	52
Figura 7: Treliza pantográfica fechada	56
Figura 8: Treliza pantográfica aberta com alunos da Escola Parque, 2010.(8)	56
Figura 9: montagem de estrutura treliçada “Túnel”, uso provisório, Bambutec Design, 2004	56
Figura 10: estrutura treliçada “sala de atendimento” na Mostra PUC-Rio, uso provisório, Bambutec Design, 2006.	57
Figura 11: Galpão da Bambutec Design, uso permanente, Campus da PUC-Rio, 2013.	57
Figura 12: construção de capela de bambu em Andrelandia-MG, uso permanente, 2003.	58
Figura 13: Ripper explicando para Messias e Nicolas a vantagem da autoportância estrutural e sua necessidade de uma fundação rasa, Escola Parque, 2012.	88
Figura 14: desenho da fundação, Escola Parque, 2012	90
Figura 15: corte do colmo de bambu caniço no sentido transversal e abertura em meia-cãna no sentido longitudinal, Escola Parque, 2012	91
Figura 16: a fundação pronta e os bambus mossô recebidos	92

Figura 17: detalhe da fixação amarrada dos colmos de bambu mossô na sapata componente da fundação rasa, Escola parque, 2012.	93
Figura 18: detalhe da conexão de torniquete e da pré-montagem da estrutura treliçada de mossô, Escola Parque, 2012.	94
Figura 19: o técnico Mariano praticando o encapsulamento de bambus, experimentação de diversas técnicas no LILD PUC-Rio, 2002	94
Figura 20: experimentando a técnica de encapsulamento em ambiente situacional sob a supervisão do professor J.L.M. Ripper, aspecto visual do bambu encapsulado, LILD PUC-Rio, 2012	95
Figura 21: galpão de armazenamento dos materiais e ferramentas de obra, Escola Parque, 2012.	98
Figura 22: encapsulamento demonstrativo com os alunos, pintura com resina de mamona no colmo com tecido tubular de algodão, Escola Parque , 2012	98
Figura 23: montagem das cruzetas com os alunos em aula, fixação com torniquete, Escola Parque, 2012.	99
Figura 24: instalação de uma treliça pronta e detalhe da amarração, Escola Parque, 2012.	100
Figura 25: Técnica de abertura dos colmos de bambu caniço em fitas com o <i>bamboo splitter</i> , Escola Parque, 2012.	101
Figura 26: apresentação da obra em andamento na Semana da Cultura, Escola Parque, 2012.	103
Figura 27: visita do professor Khosrow Ghavami à obra da sala de aula na Escola Parque, 2012.	104
Figura 28: Montando os paraboloides com fitas de bambu, última atividade do semestre, Escola Parque, 2012.	105
Figura 29: a produção do dreno, fazendo a vala, colocando pedras grandes e britas, Escola Parque, 2013.	109
Figura 30: Mulheres e homens empenhados na atividade de fixação dos bambus na cobertura, Escola parque, 2013.	111

Figura 31: Preparando a pasta cal, Escola Parque, 2013.	112
Figura 32: Colocação das placas OSB e revestimento com lona PVC, Escola Parque, 2013	112
Figura 33: Amarração da lona na cobertura de bambus e aspecto visual da sala, Escola Parque, 2013.	113
Figura 34: Terra coletada em 2012 e nova coleta de terra no campus da Escola parque, 2013.	113
Figura 35: Colocação de fitas de bambu na parede que recebe o sopapo, Escola Parque, 2013.	113
Figura 36: função de peneiragem com uma peneira simples, detalhe da porção peneirada em uma aula, Escola Parque, 2013.	115
Figura 37: produção da ciranda e resultado da função de peneiragem após uma aula, Escola Parque, 2013.	115
arque, 2012	
Figura 38: Alunos aprendendo com Messias a fazer o cimento para assentar os tijolos na base da fundação (cinta). No detalhe, o uso do nível digital no <i>smartphone</i> , Escola Parque, 2013.	116
Figura 39: Alunos aprendendo a executar a função de colocação do tijolo na cinta, ao lado uma seção do perímetro da sala terminada, Escola Parque, 2013	116
Figura 40: A terra peneirada e pronta para receber água e fibras de sisal para ser pisoteada, ao lado o sisal sendo cortado em tamanhos variados, Escola Parque, 2013.	116
Figura 41: Pisoteio do barro, e bola de barro pronta para o arremeço, Escola Parque, 2013	117
Figura 42: Técnica do sopapo realizado no mutirão, vista interna e externa	118
Figura 43: Alisando a parede frontal embarrada, ao lado o aspecto após o alisamento, Escola Parque, 2013.	119
Figura 44: Equipe do mutirão após conclusão da atividade, Escola Parque, 2013	120
Figura 45: Encontro com Raymundo Rodrigues na Escola Parque, 2013.	120

Figura 46: Aspecto das trincas antes e depois do preenchimento, Escola Parque, 2013.	121
Figura 47: Preparando a massa do reboco e observando o gesto técnico de Messias na aplicação com a colher de pedreiro, Escola Parque, 2013	121
Figura 48: Coleta de terra na obra do metrô no campus da PUC-Rio, 2013	122
Figura 49: Embarrando e alisando as paredes restantes, Escola Parque, 2013.	123
Figura 50: Aspecto da sala com a camada do reboco terminada, Escola Parque, 2013.	124
Figura 51: vista externa da sala em Dezembro de 2014.	125
Figura 52: vista interna da sala, 2014.	125
Figura 53: pintura da fachada externa, representação da vegetação do entorno, fevereiro de 2015.	126
Figura 54: pintura da fachada externa, representação da vegetação do entorno, fevereiro de 2015.	126
Figura 55: Estande do <i>The Ecology Center</i> no <i>Hurley Pro</i> , praia de <i>Lower Trestles</i> , 2012.	133
Figura 56: Detalhe do bloco de concreto à esquerda da imagem, próximo às pessoas que assistem à competição que ocorre no mar, praia de <i>Lower Trestles</i> , 2012.	133
Figura 57: Detalhe da ancoragem da cobertura do estande, sem sinalização no cabo de suporte e no bloco de concreto, praia de <i>Lower Trestles</i> , 2012.	134
Figura 58: Esquema geométrico da Proporção Áurea.	139
Figuras 59: Povo Mandan, EUA, Norte do Missouri, moradia com arquitetura de domo/cúpula feita em estrutura de madeira e tijolos de adobe, coberto com terra e grama [Tradução livre deste pesquisador: o telhado é um gramado sobre uma esteira de varas. Os pilares da parede são cobertos com tijolos de adobe e sobre estes o gramado. A cúpula feita de varas tortas é parcialmente coberta com peles de animais sobre o buraco de saída da fumaça	140

- para impedir a entrada da chuva].
- Figuras 60: Povo Mandan, EUA, Norte do Missouri, moradia com arquitetura de domo/cúpula feita em estrutura de madeira e tijolos de adobe, coberto com terra e grama [Tradução livre deste pesquisador: o telhado é um gramado sobre uma esteira de varas. Os pilares da parede são cobertos com tijolos de adobe e sobre estes o gramado. A cúpula feita de varas tortas é parcialmente coberta com peles de animais sobre o buraco de saída da fumaça para impedir a entrada da chuva]. 140
- Figura 61: Jeddah, Arábia Saudita, edifício feito de tijolos de adobe 140
- Figura 62: Samoa, Polinésia, Oceania, 1903, estrutura de bambu coberto com palha de cana de açúcar, piso de coral esmagado coberto com tapetes de relva. 141
- Figura 63: moradia feita de tijolos de adobe, EUA, Nebraska, 1886. 142
- Figura 64: Yurt, moradia comum dos povos nômades da Mongólia e outras regiões do Oriente médio e Ásia Central, feita com paredes retráteis de varas de madeira, coberta com pele de animais amarrada. Uma única habitação destas é carregada por um ou dois camelos, e é geralmente montada por vários homens em meia hora. 142
- Figura 65: Yurt moderno, feito com materiais industrializados. Esta moradia é comercializada a baixo custo nos EUA (imagem extraída do site da empresa *Yurts of America*, <http://www.yurtsofamerica.com/gallery.html>, no dia 15/04/2015). 143
- Figura 66: “Yurt” montado na Feira da Providência, estande da PUC-Rio, empresa montadora Bambutec Design, 2001. 143
- Figura 67: Marcação dos colmos de bambu para a amarração da treliça, *The Ecology Center*, 2014. 149
- Figura 68: Aprendizagem do nó fiel (*Clove Hitch*) e amarração das conexões da treliça, *The Ecology Center*, 2014. 149
- Figura 69: Treliça em fase final de fabricação 150
- Figura 70: Descobrimo o princípio pantográfico da treliça a partir da ação de abrir e fechar a estrutura. 150

Figura 71: Descobrimo o principio pantográfico da treliça a partir da ação de abrir e fechar a estrutura.	150
Figura 72: Descobrimo o principio pantográfico da treliça a partir da ação de abrir e fechar a estrutura.	150
Figura 73: Descobrimo o principio pantográfico da treliça a partir da ação de abrir e fechar a estrutura.	150
Figura 74: Posicionando colmos de bambu no eixo central da semicircunferência para estabilizar a cobertura de tecido de algodão.	151
Figura 75: Forma final do <i>shelter</i> com cobertura de tecido de algodão.	151
Figura 76: Forma final do <i>shelter</i> com cobertura de tecido de algodão.	152
Figura 77: Crianças montando o tipi.	152
Figura 78: Crianças brincando nos tipis.	153
Figura 79: barraca de praia montada no evento Switchfoot BROA-AM, em Encinitas, San Diego.	154
Figura 80 : amarração da treliça com o nó fiel (clove hitch)	155
Figura 81: arco montado com um tecido de algodão na sede do The Ecology Center.	155
Figura 82: Abertura da treliça para a medição do tecido.	157
Figura 83: Colocação dos tecidos e medição dos pontos de amarração.	157
Figura 84: Ilhós situado na junta da treliça para a ancoragem no arco	158
Figura 85: Colocação dos cabos transversais de suporte para a estabilização da treliça em arco.	158
Figura 86: Armação do arco para verificação inicial da sua estabilidade.	159
Figura 87: Pintura do tecido com rolinho	160
Figura 88: Finalização da pintura nos pontos mais manchados.	160
Figura 89: Fechamento e compactação da barraca para o transporte.	161

Figura 90: Chegada ao campeonato com a barraca de praia.	161
Figura 91: Início da montagem da barraca de praia	162
Figuras 92: Montagem do arco e estabilização	162
Figuras 93: Montagem do arco e estabilização	162
Figuras 94: Montagem do arco e estabilização	162
Figura 95: Barraca de praia posicionada junto do estande do <i>The Ecology Center</i>	163
Figuras 96: Situação das barracas e dos indivíduos compartilhando o espaço da praia.	164
Figuras 97: Situação das barracas e dos indivíduos compartilhando o espaço da praia.	164
Figuras 98 O fotografo Bob posicionado para tirar fotos e outros indivíduos compartilhando a barraca.	165
Figuras 99: O fotografo Bob posicionado para tirar fotos e outros indivíduos compartilhando a barraca.	165
Figura 100: O professor Ayman Mosallam e a professora Luiza Novaes na Escola Parque	168
Figuras 101: Alguns dos testes de estruturas realizados na assistência aos alunos de pós-graduação: transporte dos espécimes, preparação para o teste, descarte dos espécimes.	171
Figuras 102: Alguns dos testes de estruturas realizados na assistência aos alunos de pós-graduação: transporte dos espécimes, preparação para o teste, descarte dos espécimes.	171
Figuras, 103,: Alguns dos testes de estruturas realizados na assistência aos alunos de pós-graduação: transporte dos espécimes, preparação para o teste, descarte dos espécimes.	171
Figuras 104: Alguns dos testes de estruturas realizados na assistência aos alunos de pós-graduação: transporte dos espécimes, preparação para o teste, descarte dos espécimes.	171
Figuras 105: Alguns dos testes de estruturas realizados na assistência aos alunos de pós-graduação: transporte dos espécimes, preparação para o teste, descarte dos espécimes.	171

Figuras 106: Alguns dos testes de estruturas realizados na assistência aos alunos de pós-graduação: transporte dos espécimes, preparação para o teste, descarte dos espécimes.	171
Figura 107: Modelo reduzido de habitação, elaborada no exercício.	172
Figura 108: Vista lateral da estrutura da habitação e estimativa de custo de fabricação do protótipo	103
Figura 109: Planta da estrutura de cobertura.	174
Figura 110: Estrutura do piso da habitação.	175
Figura 111: Opção de cobertura.	175
Figura 112: opção de cobertura	176
Figura 113: Opção de cobertura	176
Figuras 114: modelo do arco de treliça de bambu em escala reduzida, arco com corda marcando a altura sem carga (207) e arco com carga total (208).	180
Figuras 115: modelo do arco de treliça de bambu em escala reduzida, arco com corda marcando a altura sem carga (207) e arco com carga total (208).	180
Figura 116: detalhe dos cabos de suporte transversais à treliça.	181
Figuras 117: arco com carga máxima e 7 cabos de suporte (117), arco com carga máxima e sem cabos de suporte para estabilização (118).	181
Figuras 118: arco com carga máxima e 7 cabos de suporte (118), arco com carga máxima e sem cabos de suporte para estabilização	181
Figura 119: base do arco estabilizada na parede de madeira com arame ancorando (119) e com pregos limitando a abertura da treliça	182
Figura 120: base do arco estabilizada na parede de madeira com arame ancorando (120) e com pregos limitando a abertura da treliça .	182
Figura 121: chegada dos bambus para a montagem do arco.	183
Figura 122: marcação do local das amarrações	183
Figuras 123: Detalhe da rasura feita na superfície do colmo do bambu, com a marcação do lápis em cima.	184

Figuras 124: Detalhe da rasura feita na superfície do colmo do bambu, com a marcação do lápis em cima.	184
Figuras 125: Passo a passo do nó fiel ( <i>Clove Hitch</i> )	184
Figuras 126: Passo a passo do nó fiel ( <i>Clove Hitch</i> )	184
Figuras 127: Passo a passo do nó fiel ( <i>Clove Hitch</i> )	184
Figuras 128: Passo a passo do nó fiel ( <i>Clove Hitch</i> )	184
Figuras 129: Movimento retrátil permitido pelo nó fiel ( <i>clove hitch</i> ).	185
Figuras 130: Movimento retrátil permitido pelo nó fiel ( <i>clove hitch</i> ).	185
Figuras 131: Movimento retrátil permitido pelo nó fiel ( <i>clove hitch</i> ).	185
Figuras 132: Uma metade da treliça, as duas metades da treliça e a treliça inteira amarrada.	185
Figuras 133: Uma metade da treliça, as duas metades da treliça e a treliça inteira amarrada.	185
Figuras 134: Uma metade da treliça, as duas metades da treliça e a treliça inteira amarrada.	185
Figuras 135: lateral do arco com cabos de suporte (135), soerguimento da treliça com guindaste formando o arco (136 e 137).	186
Figuras 136: lateral do arco com cabos de suporte (135), soerguimento da treliça com guindaste formando o arco (136 e 137).	186
Figuras 137: lateral do arco com cabos de suporte (135), soerguimento da treliça com guindaste formando o arco (136 e 137).	186
Figuras 138: colocação dos 14 cabos de suporte	187
Figuras 139: colocação dos 14 cabos de suporte	187
Figuras 140: Treliças separadas para compartimentação	187
Figuras 141: Treliças separadas para compartimentação	187
Figura 142: Posicionamento da treliça na área do teste	188
Figura 143: Colocação da barra horizontal de madeira, fixada em barras metálicas para estabilizar a base do arco	188
Figura 144: Posicionando os cabos de suporte nos 14 vértices da treliça.	189

Figuras 145: Soerguimento da treliça com guindaste	189
Figuras 146: Soerguimento da treliça com guindaste.	189
Figura 147: Arco pré-estabilizado, ainda com o guindaste dando suporte a ele.	190
Figura 148: Base de madeira sob o arco.	190
Figura 149: Base dos colmos de bambu tocando o chão	191
Figuras 150: Corte horizontal da base dos colmos de bambu	191
Figuras 151: Corte horizontal da base dos colmos de bambu	191
Figura 152: Ancoragem da base do arco com cordas tensionadas	192
Figuras 153: Alças com mosquetões e correntes esticadas até a caixa de madeira	192
Figuras 154: Alças com mosquetões e correntes esticadas até a caixa de madeira	192
Figura 155: Correntes esticadas do topo do arco até a caixa de madeira	193
Figura 156: Arco com a caixa centralizada para receber a carga.	193
Figura 157: Desenho geral da sala de aula ilustrando o processo construtivo, 2012-2013.	201
Figura 158: Campus-Tinguá da PUC-Rio, o pesquisador Lucas A. Ripper averiguando possíveis áreas para o plantio e estudo de espécies de bambu.	225