

TECNOLOGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Coletânea de Artigos

Organizadores:

João da Costa Pantoja
Márcio Augusto Roma Buzar
Naiara Guimarães de Oliveira Porto



Universidade de Brasília

	UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Reitora: Vice-Reitor: Decana de Pesquisa e Inovação: Decanato de Pós Graduação:	Márcia Abrahão Moura Henrique Huelva Maria Emília Machado Telles Walter Lucio Remuzat Rennó Junior
Diretor da FAU Vice Diretoria da FAU Coordenadora de Pós-Graduação: Coordenadora do LaSUS: Coordenador do LaBRAC:	FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - UnB Marcos Thadeu Queiroz Magalhães Cláudia da Conceição Garcia Luciana Saboia Fonseca Cruz Marta Adriana Bustos Romero João da Costa Pantoja
Coordenação de Produção Editorial, Preparação, Revisão e Diagramação: Capa:	João Vitor Lopes Lima Farias Ana Luiza Alves de Oliveira Stefano Galimi
Conselho Editorial	Humberto Salazar Amorin Varum Osvaldo Luiz de Carvalho Souza Yara Regina Oliveira Paulo de Souza Tavares Miranda
Organização:	João da Costa Pantoja Marcio Augusto Roma Buzar Naiara Guimarães de Oliveira Porto

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Tecnologia, ambiente e sustentabilidade [livro eletrônico] : coletânea de artigos / organização João da Costa Pantoja , Marcio Augusto Roma Buzar , Naiara Guimarães de Oliveira Porto. -- 1. ed. -- Brasília, DF : LaSUS FAU : Editora da Universidade de Brasília-UnB, 2021.
ePDF

ISBN 978-65-992384-4-4

1. Artigos - Coletâneas 2. Meio ambiente 3. Sustentabilidade ambiental 4. Tecnologia I. Pantoja, João da Costa. II. Buzar, Marcio Augusto Roma. III. Porto, Naiara Guimarães de Oliveira.

21-63042
CDD-660.02

Índices para catálogo sistemático:

1. Tecnologia 660.02 Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

1ª Edição

FAU - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo / LaSUS – Laboratório de Sustentabilidade Aplicada a Arquitetura e ao Urbanismo.
Caixa Postal 04431, CEP 70842-970 – Brasília-DF. Telefones: 55 61 3107-7458. Email: lasus@unb.br / www.lasus.unb.br

ORGANIZADORES E AUTORES

João da Costa Pantoja | Organizador e Autor | Brasil

Márcio Augusto Roma Buzar | Organizador e Autor | Brasil

Naiara Guimarães de Oliveira Porto | Organizador e Autor | Brasil

Alexandre M C Dutra | Autor | Brasil

Ana Luiza Alves de Oliveira | Autor | Brasil

Clarice C. D. da Silva | Autor | Brasil

Daniel Richard Sant'Ana | Autor | Brasil

Eduardo Bicudo de Castro Azambuja | Autor | Brasil

Francisco Afonso de Castro Júnior | Autor | Brasil

Hillary Damaceno de Brito | Autor | Brasil

Hugo Rodrigues Pinheiro | Autor | Portugal

Iberê Pinheiro de Oliveira | Autor | Brasil

Igor Rafael Mendes Guimarães Alcantara | Autor | Brasil

Joára Cronemberg Ribeiro Silva | Autor | Brasil

Leonardo da Silveira Pirillo Inojosa | Autor | Brasil

Louise Boeger Viana dos Santos | Autor | Brasil

Luiza Teixeira Naili | Autor | Brasil

Mafalda Fabiene Ferreira Pantoja | Autor | Brasil

Marcelo Aquino Corte Real da Silva | Autor | Brasil

Márcio Busón | Autor | Brasil

Pedro Pantoja Luz | Autor | Brasil

Philipe Queiroz Rodrigues | Autor | Brasil

Rudi Sato Simões | Autor | Brasil

Thaís Aurora Vilela Sancho | Autor | Brasil

Stefano Galimi | Autor | Brasil

Valmor Cerqueira Pazos | Autor | Brasil

Victor Villar de Queiroz Milani | Autor | Brasil

Vitor Ramos de Quadros | Autor | Brasil

Wender Camico Costa | Autor | Brasil

ÍNDICE

Tema 1 - Estruturas e Arquitetura

I - Manutenção de helipontos elevados - Plataformas de distribuição de cargas em estruturas de concreto/aço instaladas em edifícios já construídos	07
II - A ponte de ferro de Cachoeiro do Itapemirim.....	28
III - Caracterização dos blocos de apartamento da Colina Velha na Universidade de Brasília: História, arquitetura, pré-moldado, sistemas estruturais e patologias	47
IV - Arquitetura de madeira roliça brasiliense: Um estudo de caso, Maloca e academia Unique	83
V - Aplicação do método de bielas e tirantes em vigas de equilíbrio na ferramenta Cast	97

Tema 2 - Sustentabilidade, Qualidade e Eficiência do Ambiente construído

VI - Edificações de porte monumental de arquitetura modernista: Uma contribuição para a avaliação Acústica	119
VII - Técnicas de auditoria do consumo de água: Relatos de experiência em campo	142
VIII - Elaboração de algoritmo de uso e ocupação do solo para terrenos do Distrito Federal - Brasill	157
IX - Aproveitamento de águas pluviais em edificações públicas: O caso da procuradoria geral da república	180
X - Análise de uma cobertura paramétrica de bambu composta por paraboloides hiperbólicos	194
XI - Análise da ventilação natural e de qualidade do ar interno: Hospitais Sarah Brasília e Sarah Lago Norte	206

Tema 3 - Tecnologia de Produção do Ambiente Construído

XII - Trincas em sistemas de vedação decorrentes da resistência do concreto	229
XIII - Avaliação probabilística do nível de segurança e durabilidade de estruturas existentes em concreto armado	241
XIV - A conservação do patrimônio moderno através das práticas de retrofit na infraestrutura urbana de Brasília.....	261
XV - A influência da fabricação digital junto ao design aberto nas novas gerações de produtos	283
XVI - Degradação e processo de recuperação de obra de infraestrutura: Viaduto Galeria dos Estados.....	302

TEMA 2: SUSTENTABILIDADE, QUALIDADE E EFICIÊNCIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Controle e avaliação ambiental integrada e tecnologias eficientes para projeto, construção, operação e reabilitação de edificações e áreas urbanas, revitalização da paisagem. Planejamento estratégico e gestão ambiental urbana e infraestrutura. Condições bioclimáticas e tradições culturais. Qualidade de vida urbana, desempenho ambiental e eficiência: energia, água, materiais e resíduos.

Artigos:

- VI. *Edificações De Porte Monumental De Arquitetura Modernista: Uma Contribuição Para A Avaliação Acústica*
Oliveira, A.; Pantoja, J.; Silva, C.; Buzar, M.
- VII. *Técnicas De Auditoria Do Consumo De Água: Relatos De Experiência Em Campo*
Alcantara, I.; Pazos, V.; Boeger, L.; Sant'Ana, D.
- VIII. *Elaboração De Algoritmo De Uso E Ocupação Do Solo Para Terrenos Do Distrito Federal - Brasil*
Simões, R.; Pantoja, J.
- IX. *Aproveitamento de águas pluviais em edificações públicas: o caso da procuradoria geral da república*
Galimi, S.; Pantoja, J.
- X. *Análise De Uma Cobertura Paramétrica De Bambu Composta Por Paraboloides Hiperbólicos*
Quadros, V.; Pantoja, J.
- XI. *Análise Da Ventilação Natural E Da Qualidade Do Ar Interno: Hospitais Sarah Brasília E Sarah Lago Norte*
Sancho, T.; Pantoja, J.; Silva, J.

X

**ANÁLISE DE UMA COBERTURA PARAMÉTRICA DE BAMBU
COMPOSTA POR PARABOLOIDES HIPERBÓLICOS**

**ANALYSIS OF A HYPERBOLIC PARABOLOID PARAMETRIC BAMBOO
ROOF**

Vitor Ramos de Quadros

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Brasília - DF

vitorquadros.arq@gmail.com

<http://lattes.cnpq.br/2522203679195461>

João da Costa Pantoja

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Brasília - DF

joaocpantoja@gmail.com

<http://lattes.cnpq.br/6879105340639188>

Resumo: Apesar de ser um material utilizado tradicionalmente de forma milenar na construção civil, o bambu até recentemente era considerado um material de baixa qualidade. Porém, pesquisas e aplicações têm demonstrado diversas vantagens do uso de bambu, principalmente no quesito sustentabilidade. Há grande possibilidade de aplicações tecnológicas neste material tradicional e para este trabalho foram utilizados design paramétrico e softwares de estrutura. Para tanto, uma cobertura de bambu composta por paraboloides hiperbólicos foi analisada e suas possibilidades exploradas.

Palavras-chave: *Guadua angustifolia*, *Bambusa tuldoides*, bambu, Grasshopper, Karamba3D.

Abstract: Although bamboo is a material traditionally used in buildings for thousands of years, it was until recently considered a low-quality material. However, researches and applications have shown that bamboo is a material with several advantages, especially in terms of sustainability. There is great possibility of technological applications in this traditional material, and for this work, it was used parametric design and structural analysis softwares. To do so, a bamboo roof made of hyperbolic paraboloids was analyzed and its possibilities were explored.

Keywords: *Guadua angustifolia*, *Bambusa tuldoides*, bamboo, Grasshopper, Karamba3D

1. INTRODUÇÃO

Até recentemente, o bambu era estigmatizado como “a madeira dos pobres” (Borah, 2015), porém, o bambu é um material de baixo impacto ambiental, leve, renovável e economicamente viável (Minke, 2016). O bambu é uma matéria-prima de alta resistência mecânica, sendo em vários aspectos comparável ao

aço, como na resistência à tração, porém é um material muito mais leve (Carbonari et al., 2017). Se manejada de forma correta, uma mesma touceira de bambu pode fornecer material de forma periódica, podendo chegar a 50 anos, não sendo necessário o replantio, o que garante alta produção de material com baixos danos ambientais, além de baixo custo para obtenção do material cru (Greco & Crombewrg, 2011).

O bambu tem alta taxa de crescimento e, em média, bambus lenhosos podem ser usados para estruturas entre 4 e 6 anos após o plantio e, após a colheita, a touceira fornece material anualmente. Além disso, pode ser cultivado em diversos tipos de solo, inclusive solos pobres, evitando erosões e recuperando áreas degradadas (Arce-Villalobos, 1993). Ghavami (1992) aponta a necessidade e demanda pelo desenvolvimento de tecnologias em materiais de construção civil sustentáveis e renováveis.

Apesar de ser um material tradicional, processos tecnológicos e construtivos tornaram o bambu um material muito atrativo. A flexibilidade das varas e a possibilidade de moldar suas formas, tornam o bambu um material aplicável inclusive em projetos de alta complexidade formal (Figura 1), como os que usam parametrização ou formas orgânicas (Nurdiah, 2016).



Figura 1: Exemplo de construção de alta complexidade construída em bambu. Fonte: <https://www.archdaily.com/905690/bamboo-pavilion-zuo-studio>

2. METODOLOGIA

2.1 Parametrização

O design paramétrico é constituído por quatro elementos: as condições iniciais e parâmetros (conhecido como input), um mecanismo generativo (o

algoritmo), a seleção das variáveis (conhecido como output) e por último a seleção das melhores variáveis (Dino, 2012). O processo paramétrico de design, além de possibilitar complexidade formal, também facilita o estudo e as alterações de projeto de forma instantânea, o que contribui na identificação de problemas e potencialidades na estrutura. Um software de parametrização que é amplamente utilizado é o Grasshopper, plugin da plataforma Rhino 3D. Suas principais vantagens são a interface simples (Figura 2) e a baixa complexidade na criação de algoritmos, não requerendo conhecimento de linguagens de programação (Mirtschin, 2011).

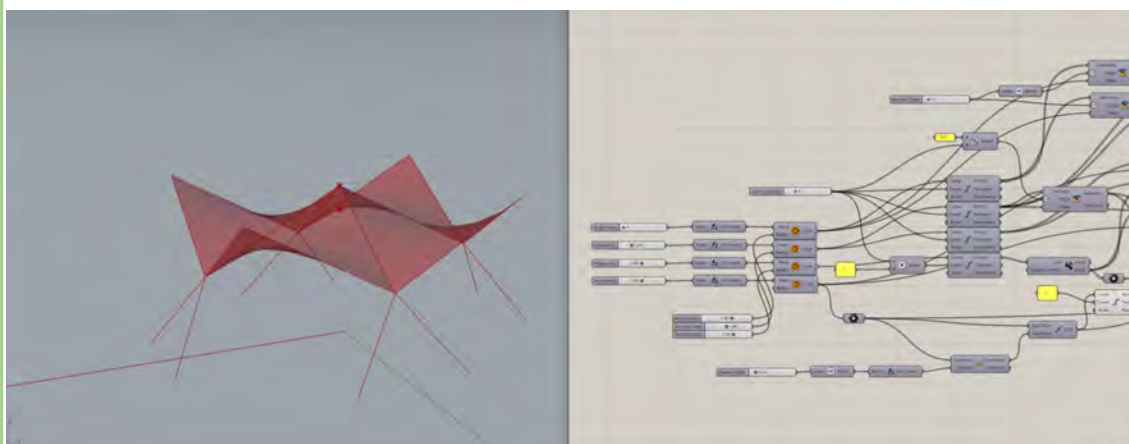


Figura 2: Interface de código e exemplo de modelagem do Grasshopper. Fonte: Autor.

Outro aspecto positivo do Grasshopper é a sua integração com outros plugins que expandem sua capacidade. Uma dessas possibilidades é a análise do desempenho de estruturas a partir do plugin Karamba 3D, que utiliza o Método dos Elementos Finitos (FEM). Neste software, a integração com o Grasshopper é direta, por meio de componentes como os da Figura 2. Os componentes da própria modelagem são conectados ao do Karamba 3D, e linhas tornam-se vigas, pontos tornam-se apoios e malhas tornam-se cascas (Figura 3). Posteriormente, são atribuídas as cargas de projeto, as seções transversais, os materiais e as condições de contorno. Por fim, é feita a junção de todos os parâmetros e geradas as análises da estrutura. A partir desses resultados, o projetista é capaz de interpretá-los e otimizar a estrutura, de forma que qualquer parâmetro pode ser alterado e novos resultados reavaliados (Preisinger & Heimrath, 2014).

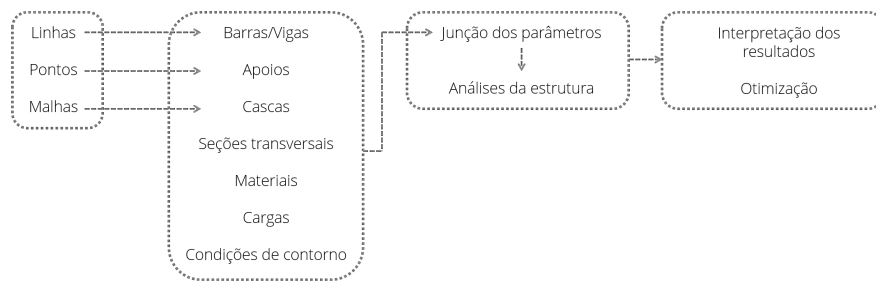


Figura 3. Processo de análise de estruturas a partir do Karamba 3D. Fonte: Autor.

2.2 Paraboloides Hiperbólicos

Um tipo de estrutura altamente vantajosa e que é compatível com a parametrização são os paraboloides hiperbólicos. Minke (2016) os define como formas com curvaturas duplas em diferentes direções. O autor ainda aponta que há possibilidade de a área curvada da estrutura ser composta por linhas retas ou parábolas (Figura 4), e que apesar de maior dificuldade de execução na utilização de parábolas, seu desempenho estrutural é superior. Um grande nome da arquitetura quando se cita este tipo de estrutura é o arquiteto Felix Candela. Um dos motivos para Candela utilizar este tipo de forma é o fato de ser possível executar estruturas em casca em que os efeitos de flexão são minimizados (Draper et. al, 2008).

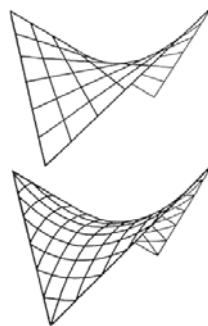


Figura 4: Paraboloides hiperbólicos com elementos retos ou curvos. Fonte: Minke, 2016.

3. ESTUDO DE CASO

Para determinar a potencialidade da associação entre parametrização, o Método dos Elementos Finitos e as estruturas de bambu, foi analisado um estudo de caso composto por uma cobertura de quatro paraboloides hiperbólicos. Para a modelagem, foi utilizado o software paramétrico Grasshopper, vinculado à plataforma do Rhinoceros 3D. Após a modelagem, foi utilizado o software de

análise estrutural Karamba 3D que utiliza a formulação baseada no do Método dos Elementos Finitos (FEM). A partir dos dados gerados, foi possível realizar a análise do comportamento da estrutura e propor alterações na estrutura a partir da mudança de parâmetros.

4. RESULTADOS

A fim de realizar uma verificação estrutural de um parabolóide hiperbólico em estrutura de bambu, foi modelada uma cobertura existente. Trata-se de uma cobertura dividida em 4 paraboloides em vão livre (Figura 5), projetada por Gernot Minke e construída com a ajuda de estudantes durante uma oficina ministrada por Minke em Candelária, Colômbia (Minke, 2016).



Figura 5: Estrutura em bambu utilizada para o presente estudo de caso. Fonte: Minke, 2016.

Foram determinadas dimensões fictícias como inputs para fins de estudo. O modelo foi gerado através de pontos, linhas, formas e planos com um algoritmo no Grasshopper (Figura 6). A partir de 3 círculos divididos em pontos e um ponto central para a cumeeira, a estrutura foi replicada e assim criaram-se os paraboloides hiperbólicos (Figura 7). Foram adotados os seguintes valores para as dimensões dos círculos que compõem a geometria, da base para o topo, em diâmetros e alturas (eixo z):

1. $D = 5\text{m}$, $z = 0\text{m}$
2. $D = 3.6\text{m}$, $z = 1\text{m}$
3. $D = 5\text{m}$, $z = 2\text{m}$

4. D = Nó (cumeeira): $z = 2\text{m}$

Assim como na estrutura de Minke, a malha aplicada aos parabolóides do modelo foi com padrão 8 x 8 de ripas que acompanham a curvatura da estrutura (Figura 7).

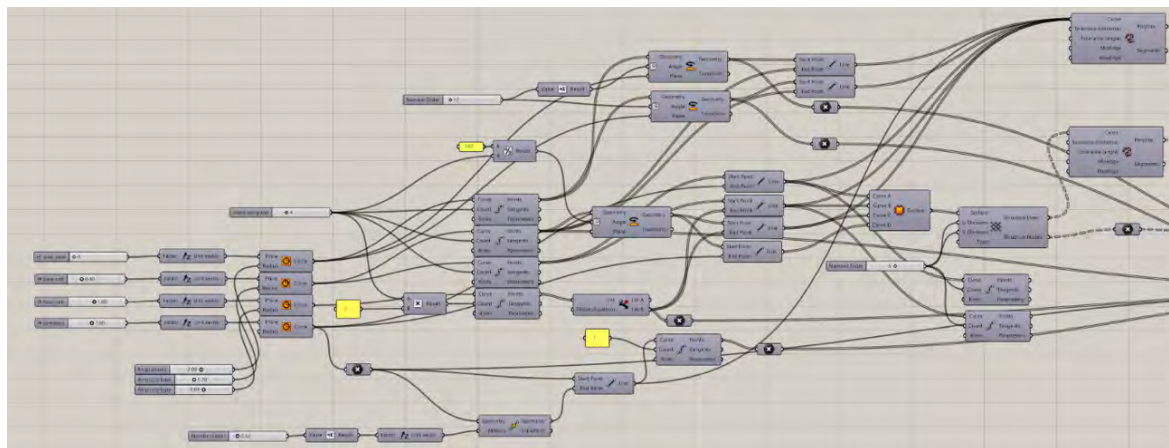


Figura 6: Código desenvolvido para a modelagem da geometria. Fonte: Autor.



Figura 7: Processo de modelagem da cobertura. Fonte: Autor.

Após a finalização da geometria básica, o modelo foi analisado utilizando-se o plugin Karamba 3D, vinculado ao Grasshopper. Utilizou-se o Método dos Elementos Finitos para a análise da estrutura, conectando diretamente a geometria da estrutura em parâmetros (Figura 8).

Apesar de já existirem alguns materiais com características pré-carregadas no software Karamba 3D, não há nenhum tipo de estrutura de bambu disponível. Portanto, foi necessário determinar um material customizado para realizar esta análise. Para este trabalho foi adotado o bambu colombiano *Guadua angustifolia* como material, devido à maior disponibilidade de pesquisas de caracterização desta espécie em relação a outras.

Foram utilizados os seguintes dados da Universidade Técnica de Aachen (Rottke, 2002): Módulo de elasticidade = 1800 kN/cm^2 , tensão de cisalhamento = 2 kN/cm^2 e tensão de escoamento = $2,26 \text{ kN/cm}^2$. Para a massa específica, foi adotado $7,43 \text{ kN/m}^3$ (Morita, 2011).

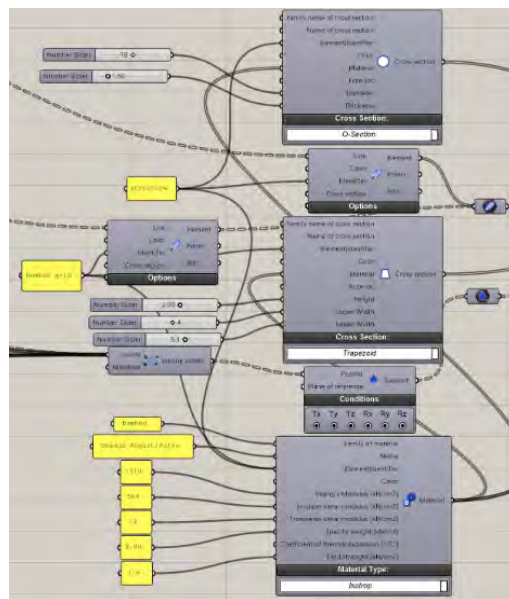


Figura 8: Utilização do Karamba 3D para determinação dos parâmetros da estrutura. Fonte: Autor

Como seções transversais, foram adotados valores médios para colmos inteiros de *Guadua angustifolia* (Ghavami, 1992), com diâmetro externo de 12 cm e espessura de 1,5 cm. Para as ripas, foi adotada seção trapezoidal de 1,5 cm de altura, base menor de 3,53 cm e base maior de 4,6 cm; considerando um colmo de bambu rachado em oito partes iguais. Para cargas, foi considerada a gravidade, o peso próprio do bambu e um carregamento uniformemente distribuído de 2kN/m. Cargas de vento foram desconsideradas para este trabalho. Foi feita a junção de todos os parâmetros. A partir disso, foi possível visualizar graficamente o comportamento da estrutura, inferir as informações do modelo, além de determinar o deslocamento máximo da estrutura (Figura 9).

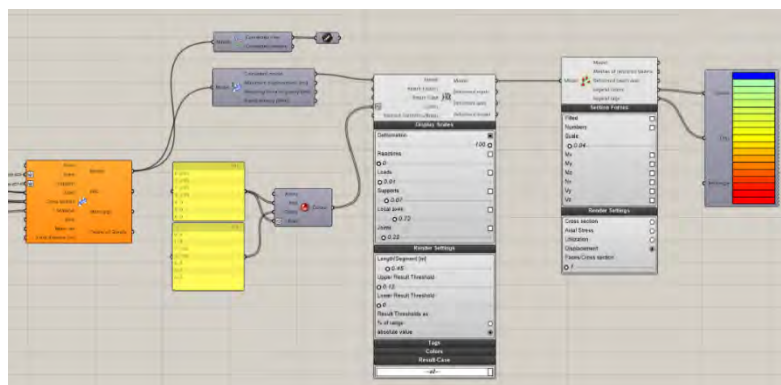


Figura 9: Junção dos parâmetros e análise do comportamento da estrutura no Karamba 3D. Fonte: Autor

Foram encontrados 594 apoios e 1045 elementos no modelo. O valor do deslocamento máximo da estrutura encontrado foi de 0,07 cm, demonstrando

que há estabilidade na estrutura. Os deslocamentos foram demonstrados por meio de cores, e seu espectro de intensidades está representado na Figura 10.

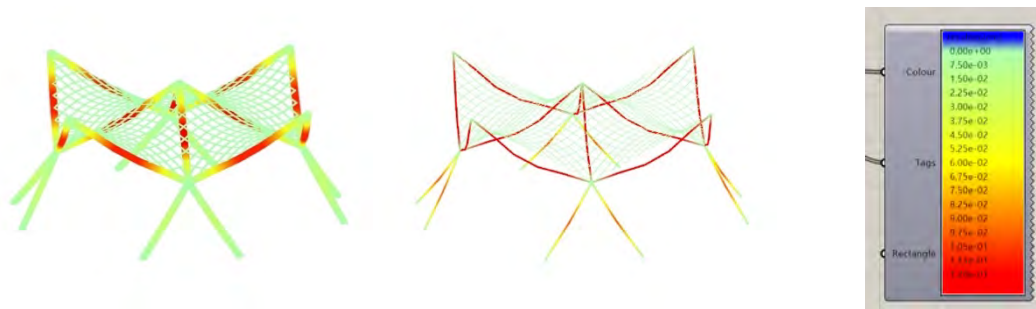


Figura 10: Comportamento da estrutura representado por deslocamentos e espectros de cores. Fonte: Autor

Este processo é útil para identificar os pontos mais vulneráveis e o comportamento da estrutura, a fim de otimizá-la, atingindo as dimensões de projeto pretendidas e utilizando a menor quantidade de material possível para determinado projeto, dessa forma diminuindo seu custo. Neste caso, é possível perceber que os apoios encostados ao solo são o ponto mais estável, e apesar de não haver grandes deslocamentos, as barras que apoiam a malha dos parabolóides sofrem maiores deslocamentos. Diminuindo a quantidade de apoios desta cobertura, e mantendo as mesmas dimensões, seções e material, é possível identificar a estabilidade da estrutura em cada caso (Figura 11). A cobertura com 2 apoios apresenta deslocamento máximo de 0,44 cm e com 3 apoios de 0,15 cm, como mostram as Figuras 11 e 12. As intensidades dos deslocamentos estão representadas pelo mesmo espectro de cores da Figura 10. A medida em que se adicionam apoios, o deslocamento máximo vai diminuindo, até se estabilizar. A Figura 12 mostra essa variação, e foi possível identificar que o menor deslocamento máximo é de 0,07 cm, e que a estabilidade da estrutura é atingida com 4 apoios. Isso significa que qualquer apoio a mais adicionado à estrutura de 4 apoios não terá efeitos em seu deslocamento máximo.

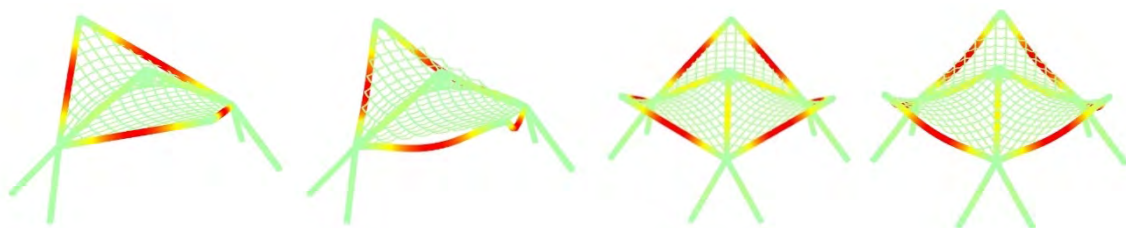


Figura 11: comportamento da estrutura utilizando 2 e 3 apoios. Fonte: Autor.

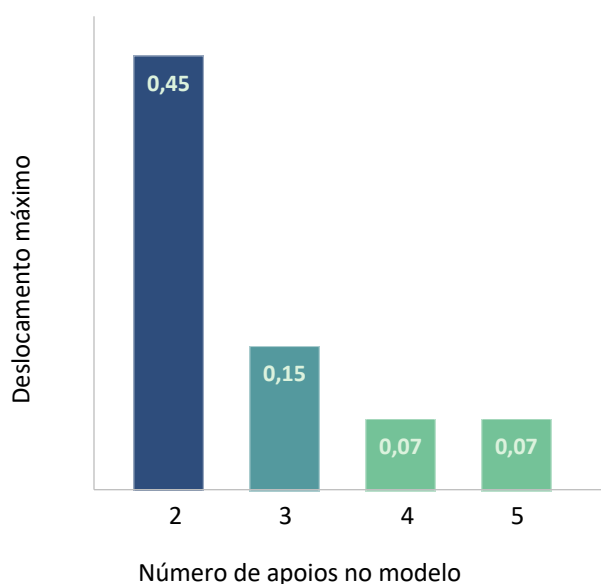


Figura 12: Relação número de apoios do modelo por deslocamento máximo da estrutura, utilizando *Guadua Angustifolia*

Utilizando-se a mesma composição de cobertura, foi verificada a possibilidade de utilizar outra espécie de bambu na estrutura. Para tanto, foi escolhida a espécie *Bambusa tuldoides* para essa análise. Foram utilizados dados de Silva (2019): Módulo de elasticidade = 3411,3 kN/m², tensão de cisalhamento = 0,12 kN/cm², tensão de escoamento = 15,3 kN/cm², diâmetro externo = 4,5 cm e espessura = 0,6 cm. Se adotada estrutura idêntica à de *Guadua angustifolia*, o deslocamento máximo da estrutura é de 1 cm, com 4 apoios. A mesma análise feita com a estrutura em *Guadua Angustifolia* foi feita para a de *Bambusa Tuldoides*, de forma que se verifique em que composição de projeto o deslocamento máximo se estabiliza. Os valores encontrados estão na Figura 14, e é possível observar que o menor deslocamento máximo e a estabilidade da estrutura é no modelo com 6 apoios (Figura 13), onde o deslocamento máximo é de 0,6 cm. Portanto, uma possível alteração de projeto seria de uma estrutura de 4 apoios de *Guadua Angustifolia* para uma de 6 apoios em *Bambusa Tuldoides*, considerando que há uma diferença de 0,53 cm para o deslocamento máximo entre uma estrutura e outra.

Com esta mudança, o número de elementos da estrutura aumenta de 1045 para 1828 e o número de apoios de 594 para 1039. Estes dados podem ser utilizados para comparação de custos entre as duas espécies em uma cobertura de mesmo diâmetro e altura. A partir disso, cabe ao projetista a decisão de qual

tipo de estrutura utilizar, levando em consideração questões econômicas, práticas e estéticas para determinado projeto.

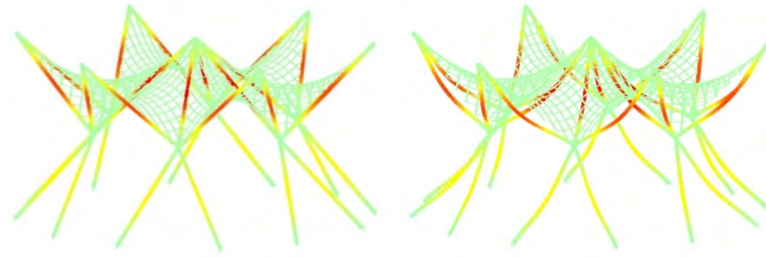


Figura 13: Estrutura em Bambusa Tuldooides, com 6 apoios, apresenta menor deslocamento máximo com o mínimo de apoios. Fonte: Autor

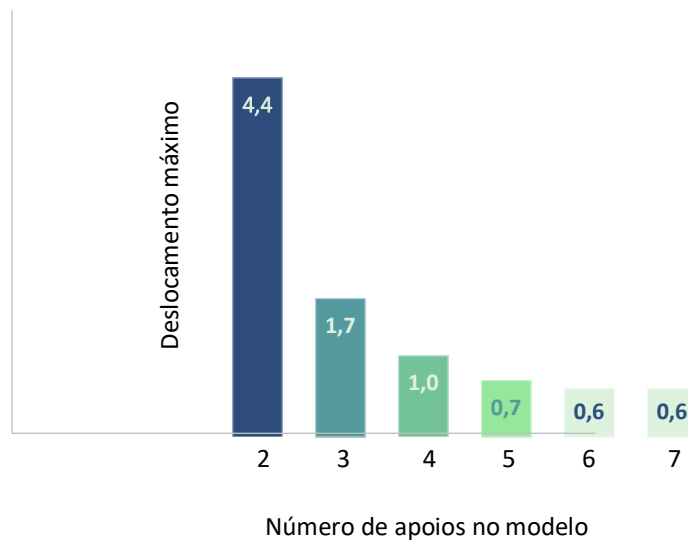


Figura 14: Relação número de apoios do modelo por deslocamento máximo da estrutura, utilizando Bambusa Tuldooides. Fonte: Autor

5. CONCLUSÕES E DISCUSSÃO

Foi possível observar as potencialidades do bambu associado a softwares paramétricos e de análise estrutural. Apesar da utilização somente dos processos apontados aqui não serem suficientes para determinar a viabilidade e estabilidade de uma estrutura, foi possível observar que o uso dessas ferramentas indica as potencialidades e vulnerabilidades da estrutura, e possibilitam ao projetista otimizar ou mesmo adaptar a estrutura a partir dos dados gerados. Além disso, esses processos podem ser realizados por profissionais com conhecimentos mais básicos em cálculo e são de rápido aprendizado. O uso dessas ferramentas não dispensa a necessidade de um calculista e uma análise mais aprofundada, porém são de grande auxílio para a concepção de projeto e para a visualização do comportamento de determinada

estrutura. A utilização de uma estrutura de bambu é um desafio a mais, tendo em vista que o material ainda carece de informações e ensaios de caracterização, além da disponibilidade destes dados não contemplarem todas as espécies de bambu utilizadas em estruturas. Apesar das dificuldades, o uso de materiais sustentáveis em estruturas, como é o caso do bambu, são de extrema importância. É importante a desmitificação da crença de que são materiais precários e que não dialogam com tecnologias contemporâneas e projetos de maior complexidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arce-Villalobos, O. A. (1993). **Fundamentals of the design of bamboo structures**. Tese de Doutorado. Technische Universiteit Eindhoven.

Borah, S. U. K. (2015). **Bamboo for economic prosperity and sustainable development with special reference to northeast India**. International Research Journal of Management Sociology & Humanities, 6.

Carbonari, G., Junior, N. S., Pedrosa, N. H., Abe, C. H., Scholtz, M. F. & Acosta, C. C. V. (2017). **Bambu—O aço vegetal**. Mix Sustentável, 3(1):17-25.

Dino, I. (2012). **Creative design exploration by parametric generative systems in architecture**. METU Journal of Faculty of Architecture, 29(1):207-224.

Ghavami, K. (1992). **Bambu: um material alternativo na engenharia**. Revista do Instituto de Engenharia, (492): 23-27.

Draper, P., Garlock, M. E., & Billington, D. P. (2008). **Finite-element analysis of Félix Candela's chapel of Lomas de Cuernavaca**. Journal of Architectural Engineering, 14(2), 47-52.

Greco, T. M. & Crombewrg, M. (2011). **Bambu: cultivo e manejo**. Florianópolis: Insultar, 184p.

Minke, G. (2016). **Building with Bamboo. Design and Technology of a Sustainable Architecture** Second and revised edition. Berlin, Basel: Birkhäuser. 160 p.

Mirtschin, J. (2011). **Generative Models Utilized for Superior Design Development**. Proceedings of IASS 2011.

Morita, B. S. (2011). **Análise da estabilidade dimensional e resistência**

mecânica em bambu *Guadua angustifolia* pós-processos de tratamentos químicos e térmico. 2011 84 p.

Nurdiah, E. A. (2016). **The potential of bamboo as building material in organic shaped buildings.** Procedia-Social and Behavioral Sciences, 216, 30-38.

Preisinger, C. & Heimrath, M. (2014). **Karamba - A Toolkit for Parametric Structural Design.** Structural Engineering International, 24(2):217–221.

Rottke, E. (2002). **Mechanical properties of bamboo.** RWTH Aachen University. Faculty of Architecture. Aachen, North Rhine-Westphalia, Germany. Section, 3, 11.

Silva, F. R. D. (2019). **Sistema de Cobertura com Feixe de Bambusa tuldoides.** Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 129 p

