

CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: análise de viabilidade econômica perante técnicas construtivas para uma estrutura geodésica de bambu

Sustainable construction: analysis of economic viability before constructive techniques for a geodesic structure of bamboo

Cinthia Mayara Geiss
Thyago de Silos Damas¹

Resumo: Ainda existe um enorme preconceito para utilização do bambu, no Brasil, como material para a construção civil, fator este que se deve principalmente ao desconhecimento sobre as suas características em virtude à falta de normativa técnica. A sustentabilidade é primordial para o desenvolvimento mundial e o bambu atende às premissas para este conceito, podendo ser utilizado em diversas finalidades, entre elas a construção de leves estruturas flexíveis. Para a presente pesquisa foi elaborado um projeto de um centro artístico-cultural no interior do município de Chapecó-SC, o volume projetado será uma geodésica em que o bambu se tornou o protagonista da idealização. A partir de reflexões em bases teóricas foram determinadas duas técnicas construtivas diferenciadas, concluídas as propostas foram realizadas análises técnicas e econômicas para cada método executivo, em ambas as situações foram identificadas viabilidades nestas três etapas construtivas (fundações, tratamento e conexões), todavia segundo requerido pela proprietária do imóvel a ser realizada a execução do projeto, os quesitos econômicos e diminuição de impactos ambientais negativos foram mais relevantes no diagnóstico, em que uma das opções se mostrou mais viável nos parâmetros tratados.

Palavras-chave: Bambu. Sustentabilidade. Geodésica. Viabilidade.

Abstract: There is still enormous prejudice for the use of bamboo in Brazil as a material for civil construction, a factor that is mainly due to the lack of knowledge about its characteristics due to the lack of technical regulations. Sustainability is essential for global development and bamboo meets the requirements for this concept and can be used for various purposes, including the construction of lightweight flexible structures. For the present research, a project of an artistic-cultural center in the interior of the municipality of Chapecó-SC was developed, where bamboo became the protagonist of the idealization. Based on reflections on theoretical bases, two different constructive techniques were determined, Technical and economic analyzes were performed for each executive method, in both situations feasibility was identified in these three constructive steps (foundations, treatment and connections), however as required by the owner of the property to be carried out the project execution, economic and Negative environmental impacts were more relevant in the diagnosis, in which one of the options was more viable in the treated parameters.

Keywords: Bamboo. Sustainability. Geodesic. Viability.

Introdução

A definição de “Desenvolvimento Sustentável” foi consagrada pelo Relatório de Brundtland, documento intitulado *Nosso Futuro Comum*, apresentado pela primeira-ministra da Noruega, que consolida o termo como um desenvolvimento que responda às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de responder às suas próprias necessidades (BRUNDTLAND, 1991).

¹ Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI –, Rodovia BR 470 – Km 71 – nº 1.040 – Bairro Benedito – Caixa Postal 191 – 89130-000 – Indaial/SC. Fone (47) 3281-9000 – Fax (47) 3281-9090 – E-mail: cinthiamayara@hotmail.com; thyago.arq@bol.com.br.

Para Benavides (2012), o bambu é um material natural, concomitantemente sustentável, que reduz impactos ecológicos da construção no meio ambiente, por ser um material renovável e de fácil cultivo. Também, os bambuzais contribuem para o controle de erosão do solo, são fontes retentoras de água, ajudam a regular os cursos hídricos, possuem grande capacidade de retenção de CO² e reduzem a temperatura do ambiente. Além disto, a energia de extração, transporte e matéria-prima é praticamente nula em comparação com outros métodos construtivos, como a alvenaria convencional.

Por ser sustentável, o bambu traz a dimensão ética e política de uma ferramenta capaz de gerar mudanças sociais através da autoconstrução, bem como equilíbrios ecológicos. Isto porque é renovável, biodegradável e não gera custos de cultivo e manejo. Além disto, é de fácil execução, rápido crescimento da brotação até a fase adulta. No âmbito ambiental regula os recursos hídricos, auxilia na regeneração da mata nativa, contribui para o controle de erosão do solo e não motiva geração de energia na sua extração, ocasionalmente e opcionalmente gera alguma energia com transportes e seu processamento para utilização na construção civil.

O bambu como fonte de material estrutural é um componente excepcional, principalmente pela sua grande resistência à tração com relação à sua massa específica, com valores superiores aos do aço. Além da sua leveza para o fácil manuseio e versatilidade na utilização, do mesmo modo possui excelentes características físicas para esta finalidade (PEREIRA, 2012).

As estruturas de bambu, para diversos fins, são confeccionadas há milênios, principalmente em regiões da Ásia e América. No Equador e na Colômbia, essa cultura ainda é muito preservada, principalmente nas periferias das cidades e em zonas rurais, pelo seu baixo custo ou até mesmo pela proximidade dos bambuzais (BENAVIDES, 2012).

No Brasil, a utilização desta matéria-prima ainda sofre preconceitos, principalmente pela falta de conhecimento sobre as técnicas construtivas, pois não há norma técnica regulamentada, e de forma pejorativa, segundo Beraldo e Pereira (2008), o bambu é considerado a “madeira dos pobres” (mesmo não sendo uma madeira, pois biologicamente é caracterizado como uma gramínea), já nos países asiáticos, opostamente, o chamam de “ouro verde da floresta”.

Diante deste fato e do pressuposto que a produção de pesquisa científica nesse âmbito, contribuirá para a disseminação de conhecimento técnico desta temática na esfera da construção civil.

O objetivo principal desta pesquisa é apresentar uma análise de viabilidade econômica de duas técnicas construtivas para uma estrutura geodésica de bambu, denominadas como: domo geodésico I e domo geodésico II. Os parâmetros para verificação e análise de informações serão subdivididos por etapas executivas: fundação, tratamento (químico e ligação entre os colmos (nós)).

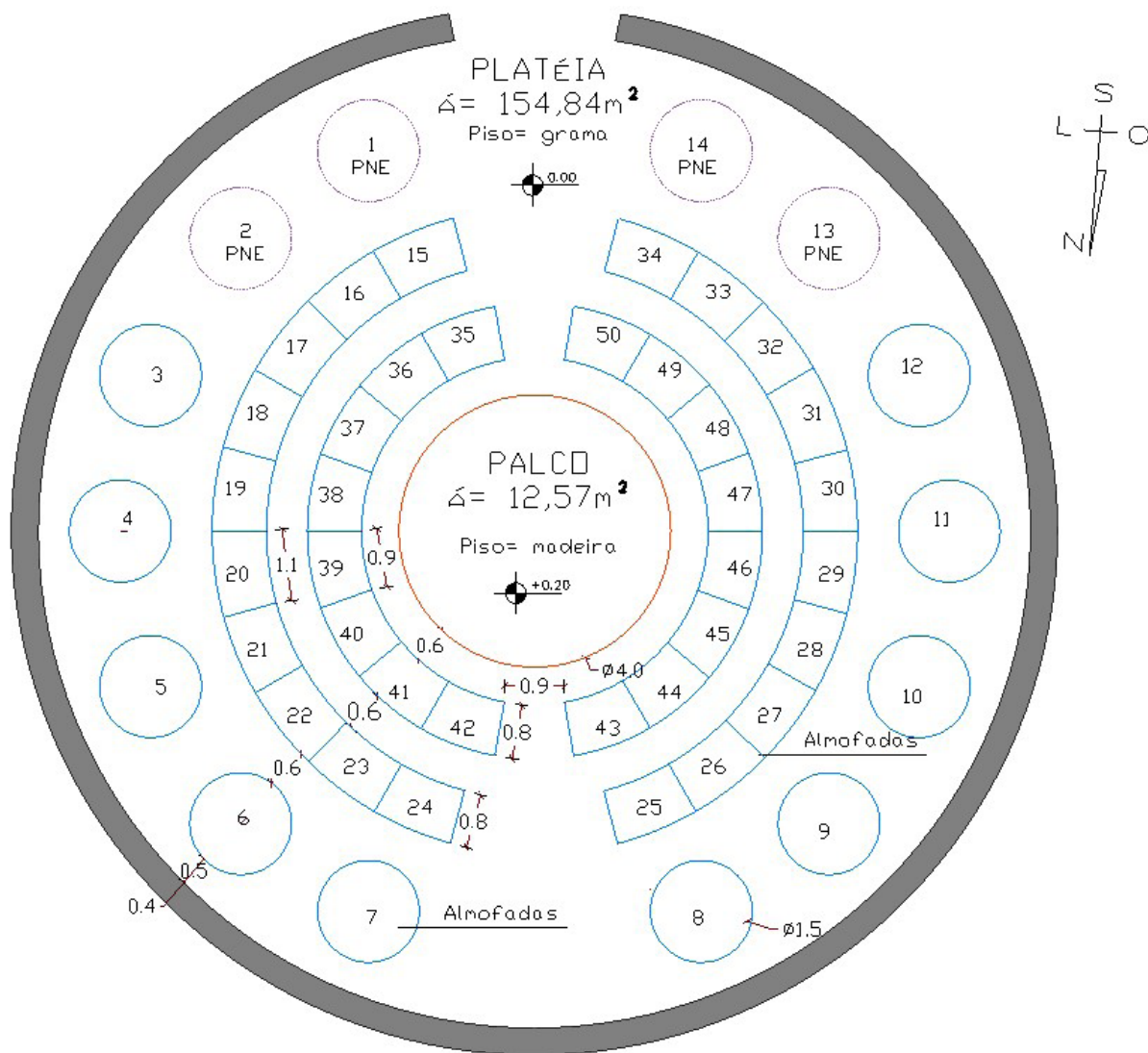
Projeto arquitetônico

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi elaborado um projeto arquitetônico de um domo geodésico de bambu, destinado para um espaço de apresentações artístico-cultural, localizado em uma área rural denominada Linha Tafona, na cidade de Chapecó/SC.

O domo geodésico projetado possui área de 167,41 m², com raio na base de 7,30 m, possuindo um palco central de 12,57 m² e com quatro espaços adaptados aos portadores de necessidades especiais, a altura total do eixo da geodésica é de 5,04 m. A área útil propicia uma previsão de até 50 expectadores sentados ao redor do palco central.

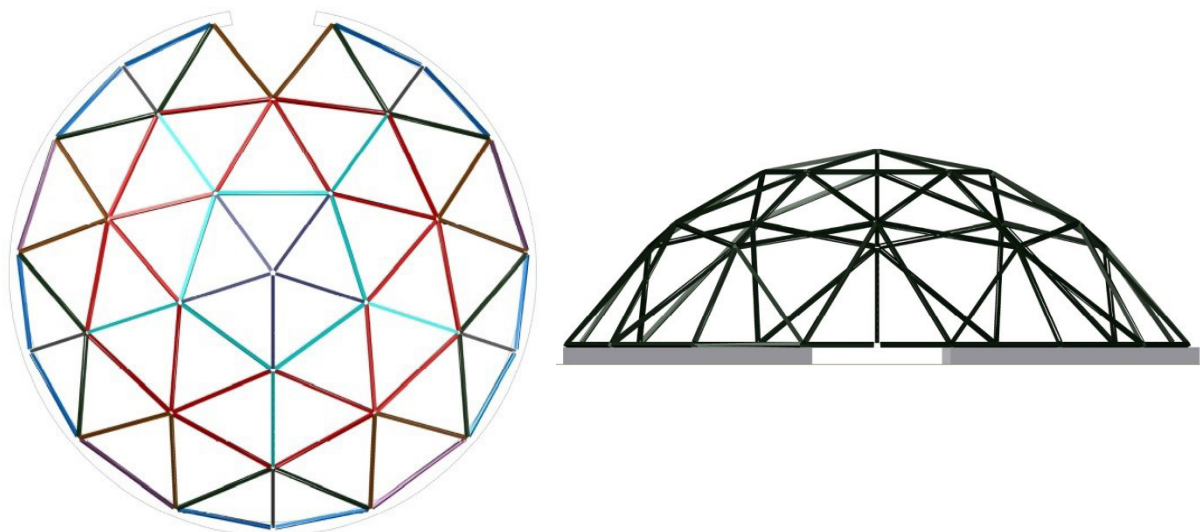
O conceito de uma estrutura geodésica, de acordo com Diniz (2006), é aquela trama composta por polígonos planos diversos em que a interseção das linhas retas destes polígonos, ou seus vértices, coincidem com uma superfície esférica ou oval e conclui sua composição: nós, barras e sistema de cobertura (para estruturas fechadas).

Figura 1. Projeto domo geodésico (planta)



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Figura 2. Projeto domo geodésico (vista topo e elevação)



Fonte: Elaborada pelos autores (2017)

Técnica construtiva

A durabilidade do bambu está relacionada à forma de tratamento preservativo de seu colmo. Por ser um material biológico, possui baixa durabilidade natural e dois fatores contribuem para isto: o amido presente na parede interna do colmo, o que é atraente a insetos que danificam o material; e a umidade é outro fator que contribui para sua degradação acelerada, bem como os microrganismos presentes no solo.

Para análise comparativa, optou-se por duas técnicas construtivas para fundações, dois métodos de tratamento dos colmos e dois procedimentos de conexões da estrutura, denominadas nesta pesquisa como “domo geodésico I” e “domo geodésico II”, ambos descritos a seguir:

Domo geodésico I

- Fundações: alicerce no perímetro da base do domo geodésico com pedras de mão argamassadas, em que serão aprofundados 30 cm e elevados 40 cm do nível do solo e a parede terá espessura de 40 cm.

- Vigas: o tratamento do bambu para esta opção será químico, da metodologia de imersão em solução hidrossolúvel, aonde os colmos devem permanecer de 8 a 10 dias imersos em uma solução de ácido bórico, bórax e água na proporção 1:1:100, para isto, escava-se uma vala e o solo é protegido por uma lona, para a solução não infiltrar e prejudicar o ambiente, como para conter esta solução para que permaneça com a quantificação correta para tratar o bambu. Após este procedimento, deve-se retirar os colmos e armazená-los em local para secagem destes. A vedação nas extremidades será realizada com resina poliuretana a base de mamona e enxerto de serragem de bambu para preenchimento dos internos, caso o corte não permita ser realizado logo após os nós mediante as dimensões exigidas.

- Nós: as conexões serão feitas com tubos de PVC moldados e parafusados, a base será fixada por abraçadeiras parafusadas no alicerce.

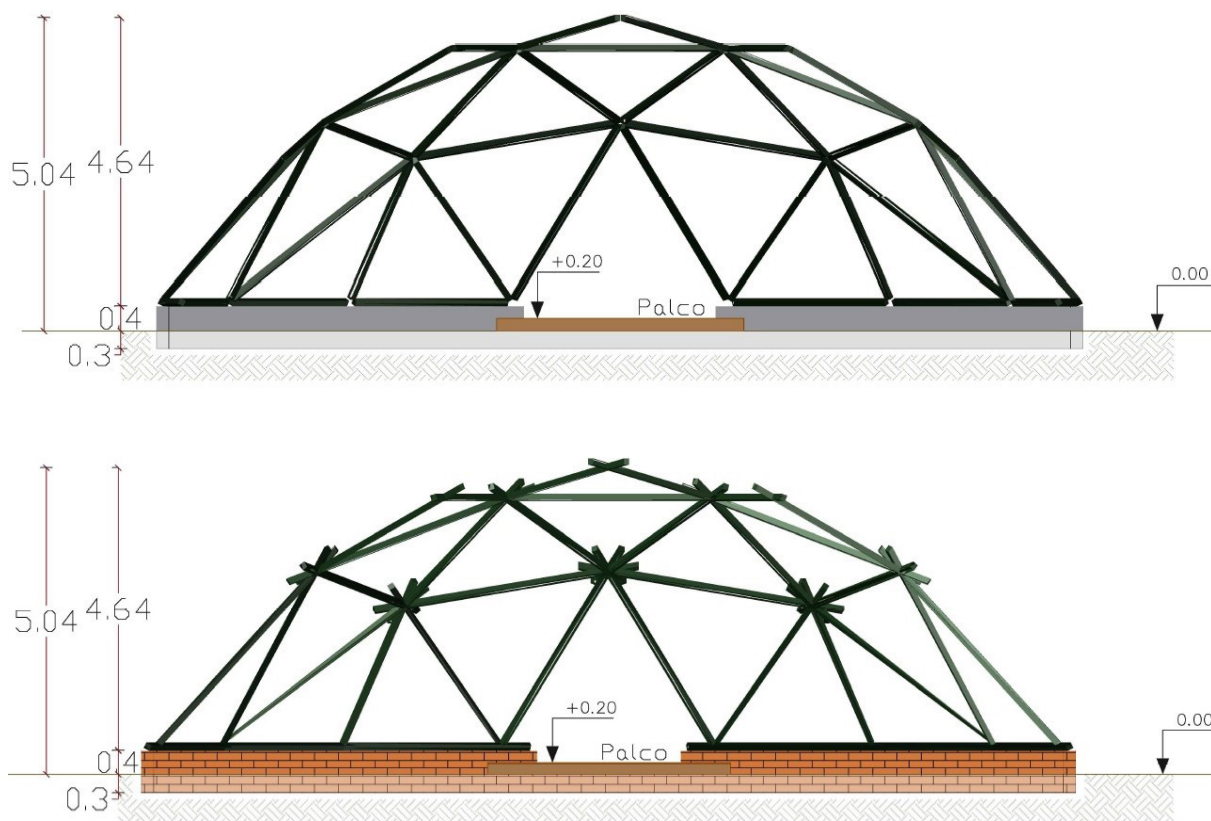
Domo geodésico II

- Fundações: alicerce no perímetro da base do domo geodésico com tijolos maciços argamassados, em que serão aprofundados 30 cm e elevados 40 cm do nível do solo e a parede terá espessura de 40 cm.

- Vigas: o tratamento optado será natural para os colmos, aplicando a técnica pela imersão em água, em que os colmos após cortados serão amarrados por uma corda, formando um feixe e mergulhados em água corrente para liberação do amido presente no bambu, este processo será realizado em um pequeno rio que beira a propriedade e permanecerá lá de 3 a 4 semanas, após isto as varas serão armazenadas em local apropriado para secagem, livre de chuvas e sol. A vedação nas extremidades será realizada com resina poliuretana à base de mamona e enxerto de serragem de bambu para preenchimento dos internos.

- Nós: as conexões serão amarradas com corda natural, a fixação da base terá abraçadeiras parafusadas no alicerce.

Figura 3. Fundação domo geodésico I (pedra argamassada) e II (tijolo maciço argamassado)



Fonte: Elaborada pelos autores (2017)

Figura 4. Conexão domo geodésico I (tubos de PVC parafusados) e II (amarrada com corda natural)



Fonte: Arquivo pessoal (2017) e Detoientoit (2008).

Levantamento de quantitativos e custos

Para as informações de quantidade de materiais a serem utilizados em cada um dos projetos desenvolvidos, foram analisadas dimensões respectivas e especificações técnicas dos materiais a serem empregados. A metodologia de composição de insumos e nomenclatura dos materiais é baseada das instruções de Mattos (2006) e na TCPO – Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (2010), ambas atuantes da Editora Pini, além de pesquisa de referências técnicas como Beraldo (2008) e Diniz (2006), os quais representam os métodos construtivos apresentados na pesquisa, os resultados relacionados são apresentados nas tabelas 1 e 2 a seguir:

Tabela 1. Quantitativo de materiais para o projeto “domo geodésico I”

ITEM	RELAÇÃO DE MATERIAIS	UND	QTDE
1	FUNDAÇÕES - Alicerces		
1.1	Chapa compensada de Pinus, e= 25 mm	m ²	36,06
1.2	Prego de aço polido 18 x 27 com cabeça	kg	9,02
1.3	Areia tipo média (sem transporte)	m ³	8,11
1.4	Pedra de mão (sem transporte)	m ³	12,35
1.5	Cimento Portland CP II-32	kg	2444,90
2	VIGAS - Tratamento		
2.1	Varas de bambu <i>Bambusa Tuldoide</i> , $\phi= 6$ cm	m	330,64
2.2	Lona plástica preta, 150 micras	m ²	25,00
2.3	Ácido bórico	kg	13
2.4	Bórax	kg	13
3	CONEXÕES - Ligações		
3.1	Verniz poliuretano vegetal <i>Imperveg UG 132A</i>	kg	0,84
3.2	Tubo de PVC marrom $\phi 75$ mm, barra com 6m	peça	8
3.3	Parafuso zincado, sextavado 5/16" x 110 mm	peça	179
3.4	Porca zincada, sextavada 5/16"	peça	358
3.5	Abraçadeira, tipo U simples 3"	peça	4
3.6	Parafuso de aço parabolt 3/8" x 75 mm	peça	8

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Tabela 2. Quantitativo de materiais para o projeto “domo geodésico II”

ITEM	RELAÇÃO DE MATERIAIS	UND	QTDE
1	FUNDAÇÕES - Alicerces		
1.1	Tijolo maciço cerâmico 5,7x9x19 cm, parede 40 cm	peça	10202
1.2	Cimento Portland CP II-32	kg	700,63
1.3	Cal hidratada CH I	kg	700,63
1.4	Areia tipo média (sem transporte)	m ³	4,70
2	VIGAS - Tratamento		
2.1	Varas de bambu <i>Bambusa Tuldoide</i> , $\phi=6$ cm	m	243,42
2.2	Sisal em fibra 8 mm	m	45
3	CONEXÕES - Ligações		
3.1	Verniz poliuretano vegetal <i>Imperveg UG 132A</i>	kg	0,84
3.2	Sisal em fibra 8 mm	m	70
3.3	Abraçadeira, tipo U simples 3"	peça	4
3.4	Parafuso de aço parabolt 3/8" x 75 mm	peça	8

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Para os custos de materiais dos dois projetos, foram realizadas pesquisas em empresas de construção civil da região de Chapecó, em sites de vendas on-line e nas tabelas de custos de insumos disponibilizadas pela Caixa Econômica Federal (2017), que gerou a composição de valores descritos nas Tabelas 3 e 4:

Tabela 3. Orçamento de materiais para o projeto “domo geodésico I”

ITEM	RELAÇÃO DE MATERIAIS	UND	QTDE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
1	FUNDAÇÕES - Alicerces				
1.1	Chapa compensada de Pinus, e= 25 mm	m ²	36,06	R\$ 53,83	R\$ 1.941,11
1.2	Prego de aço polido 18 x 27 com cabeça	kg	9,02	R\$ 8,00	R\$ 72,16
1.3	Areia tipo média (sem transporte)	m ³	34,99	R\$ 55,00	R\$ 1.924,45
1.4	Pedra de mão (sem transporte)	m ³	53,29	R\$ 60,11	R\$ 3.203,26
1.5	Cimento Portland CP II-32	kg	10550,68	R\$ 0,52	R\$ 5.486,35
<i>TOTAL DAS FUNDAÇÕES</i>					<i>R\$ 12.627,34</i>
2	VIGAS - Tratamento				
2.1	Varas de bambu <i>Bambusa Tuldoide</i> , $\phi=6$ cm	m	330,64	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2.2	Lona plástica preta, 150 micras	m ²	25	R\$ 0,95	R\$ 23,75
2.3	Ácido bórico	kg	13	R\$ 4,80	R\$ 62,40
2.4	Bórax	kg	13	R\$ 5,00	R\$ 65,00
<i>TOTAL DAS VIGAS</i>					<i>R\$ 151,15</i>
3	CONEXÕES - Ligações				
3.1	Verniz poliuretano vegetal <i>Imperveg UG 132A</i>	kg	0,84	R\$ 60,00	R\$ 50,40
3.2	Tubo de PVC marrom $\phi 75$ mm, barra com 6 m	peça	8	R\$ 6,91	R\$ 55,28
3.3	Parafuso zincado, sextavado 5/16" x 110 mm	peça	179	R\$ 0,75	R\$ 134,25
3.4	Porca zincada, sextavada 5/16"	peça	358	R\$ 0,06	R\$ 21,48
3.5	Abraçadeira, tipo U simples 3"	peça	4	R\$ 1,21	R\$ 4,84
3.6	Parafuso de aço parabolt 3/8" x 75 mm	peça	8	R\$ 1,10	R\$ 8,80

<i>TOTAL DAS CONEXÕES</i>	<i>R\$ 275,05</i>
VALOR TOTAL FINAL	R\$ 13.053,54

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Tabela 4. Orçamento de materiais para o projeto “domo geodésico II”

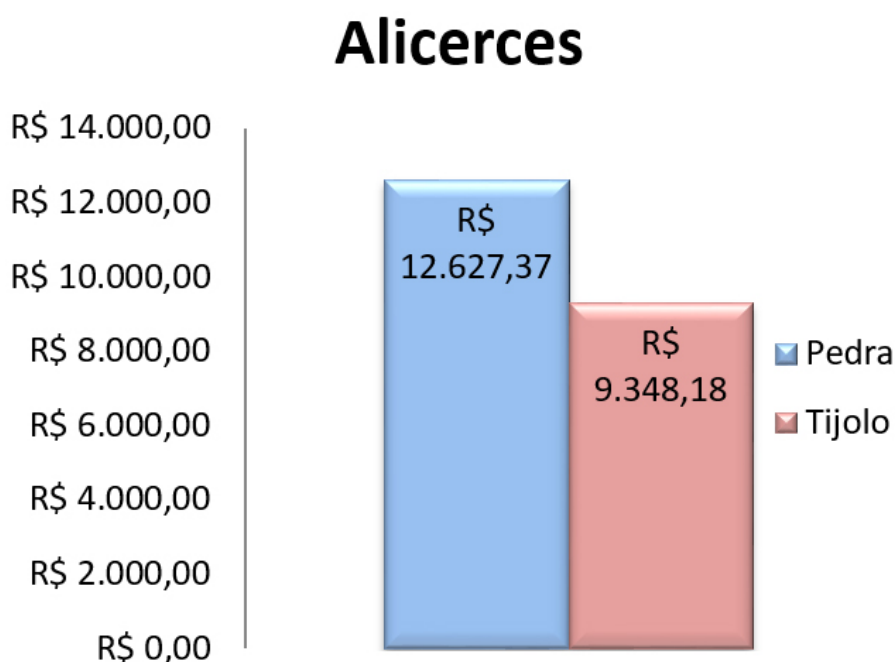
ITEM	RELAÇÃO DE MATERIAIS	UND	QTDE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
1	FUNDAÇÕES - Alicerces				
1.1	Tijolo maciço cerâmico 5,7x9x19 cm, parede 40 cm	peça	10202	R\$ 0,82	R\$ 8.365,64
1.2	Cimento Portland CP II-32	kg	700,63	R\$ 0,52	R\$ 364,33
1.3	Cal hidratada CH I	kg	700,63	R\$ 0,47	R\$ 329,30
1.4	Areia tipo média (sem transporte)	m ³	4,7	R\$ 55,00	R\$ 258,50
	<i>TOTAL DAS FUNDAÇÕES</i>				<i>R\$ 9.317,76</i>
2	VIGAS - Tratamento				
2.1	Varas de bambu <i>Bambusa Tuldoide</i> , $\phi=6$ cm	m	243,42	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2.2	Sisal em fibra 8 mm	kg	2,25	R\$ 9,68	R\$ 21,78
	<i>TOTAL DAS VIGAS</i>				<i>R\$ 21,78</i>
3	CONEXÕES - Ligações				
3.1	Verniz poliuretano vegetal <i>Imperveg UG 132A</i>	kg	0,84	R\$ 60,00	R\$ 50,40
3.2	Sisal em fibra 8 mm	kg	3,5	R\$ 9,68	R\$ 33,88
3.3	Abraçadeira, tipo U simples 3"	peça	4	R\$ 1,21	R\$ 4,84
3.4	Parafuso de aço parabolt 3/8" x 75 mm	peça	8	R\$ 1,10	R\$ 8,80
	<i>TOTAL DAS CONEXÕES</i>				<i>R\$ 97,92</i>
	VALOR TOTAL FINAL				R\$ 9.437,46

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Resultados e discussão

Com os dados obtidos através das Tabelas 3 e 4, pode-se obter uma análise de viabilidade econômica em relação os métodos construtivos dos domos geodésicos I e II de bambu. Os parâmetros para verificação e análise de informações foram divididos por etapas de fundação, tratamento das vigas e conexão dos nós, o valor global da construção também será esclarecido.

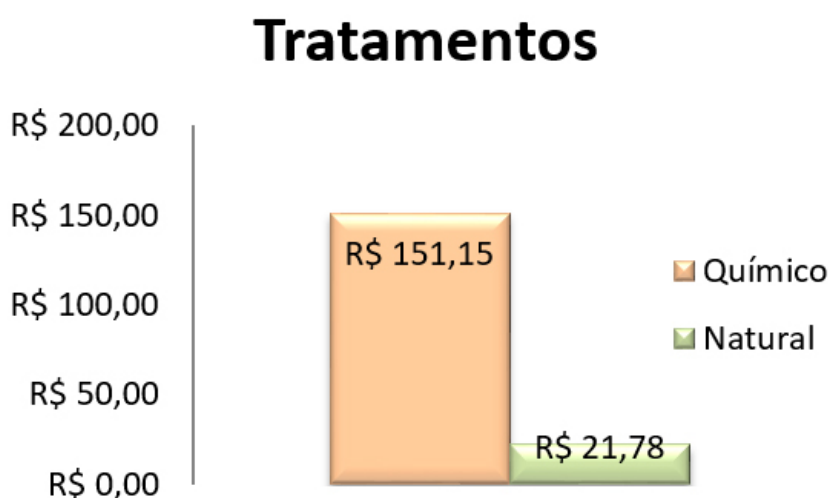
Gráfico 1. Custo das fundações “domo geodésico I” x “domo geodésico II”



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

De acordo com os valores expressos no Gráfico 1, observa-se que a construção do alicerce em pedra de mão argamassada é 35,52% mais caro que o alicerce em tijolo maciço também argamassado. Os dois métodos poderão ser construídos pela própria cliente, sem contratação de mão de obra especializada, portanto há uma dificuldade maior em executar as formas de madeira para o domo geodésico I pelo formato circular do alicerce. Para os tijolos, há uma geração de energia devido ao calor necessário para fabricação do produto, porém há uma quantidade maior de argamassa no alicerce em pedra de mão, que também gera energia para confecção dos materiais, ambos necessitam de transporte até o local da obra, aonde ocorre à queima de combustível. Com estas considerações, ambas as soluções provocam impactos ambientais negativos.

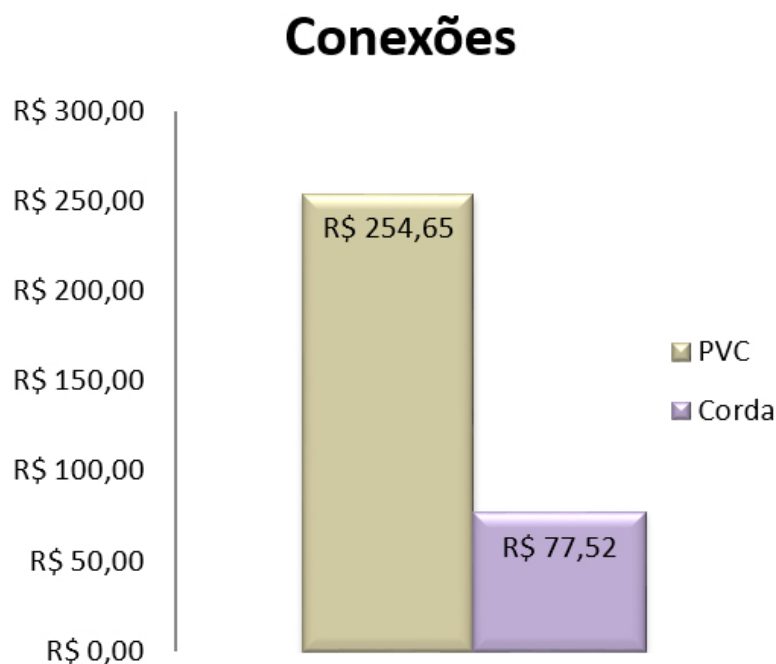
Gráfico 2. Custo das vigas “domo geodésico I” x “domo geodésico II”



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

O tratamento dos colmos de bambu, no quesito econômico, é notoriamente diferenciado, o valor do método de imersão em solução hidrossolúvel é 593,99% maior que imersão em água, porém conforme Pereira (2012), os tratamentos químicos, assim como nas madeiras, têm um resultado muito melhor, tanto em durabilidade quanto em eficiência. A técnica de imersão em água é mais prática para a autoconstrução, logo ambas são possíveis. No entanto, existe uma dificuldade maior no método do “domo geodésico I”, que é a escavação para vala em que é feita a acomodação dos colmos que serão submersos na solução preservativa, além disto, a utilização de produtos químicos é prejudicial ao meio ambiente, sendo um grande poluente. Um cuidado maior ainda deve ocorrer com o descarte de maneira correta, em que deve ser destinado para empresas especializadas no segmento ou diluído em grande quantidade de água para despejo em locais adequados para compostagem.

Gráfico 3. Custo das conexões “domo geodésico I” x “domo geodésico II”

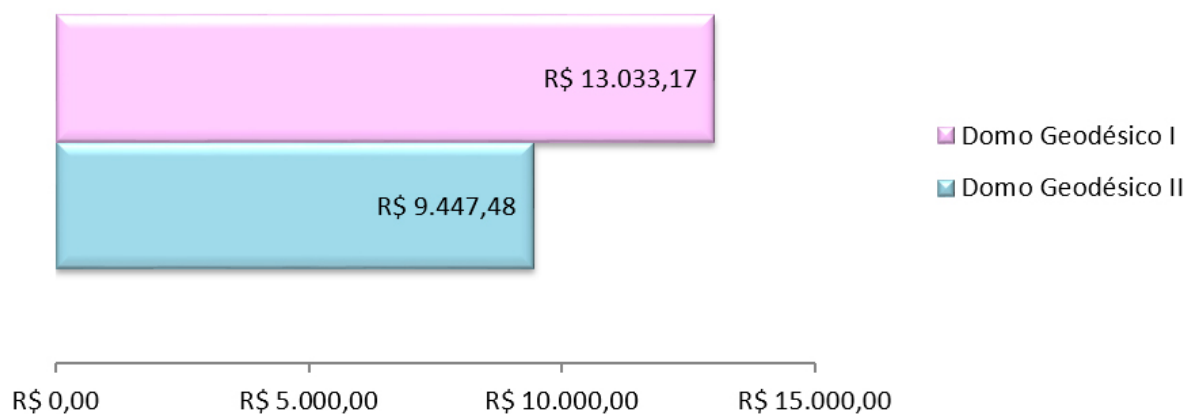


Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

As técnicas construtivas para as conexões também são possíveis de serem autoexecutadas, a estratégia aplicada no “domo geodésico I” é mais cara em relação ao “domo geodésico II” em 180,89%, as dificuldades de execução avaliadas em comparação às duas metodologias são similares. Na visão sustentável, a amarração tem uma viabilidade maior, por ser um material biodegradável, porém, com exposição às intempéries, degrada mais rapidamente que materiais poliméricos em geral, a corda de sisal possui proporciona maior atrito que cordas sintéticas na aderência aos colmos, o que favorece sua fixação. A vedação das extremidades dos colmos para evitar que um material higroscópico, como o bambu, seja prejudicado estruturalmente pelas patologias que pode apresentar se houver absorção de água pelas vigas, é igualmente aplicada, de fácil execução e baixo custo.

Gráfico 4. Custo global “domo geodésico I” x “domo geodésico II”

Custo Global

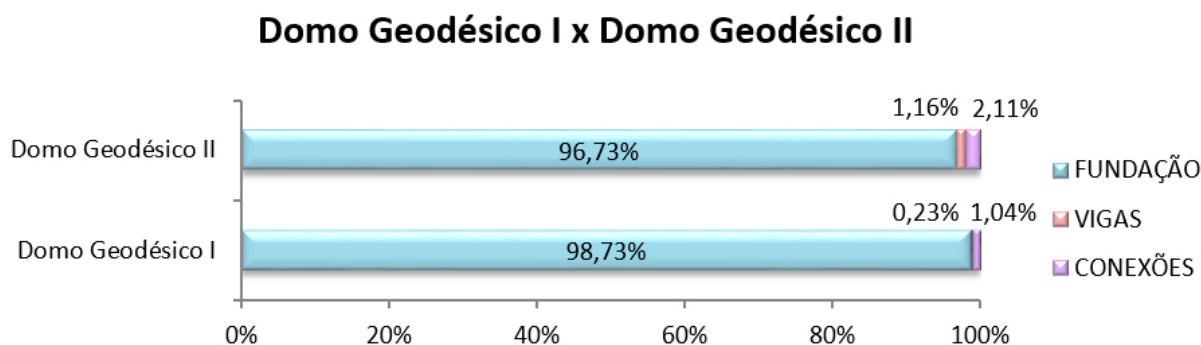


Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

O custo global de cada projeto tem o quociente expresso no Gráfico 4, que em dadas informações, pode-se analisar que o “domo geodésico I” torna-se economicamente mais oneroso, sendo 38,32% superior no valor global, e, mediante todas as técnicas empregadas, o “domo geodésico II” fornece maior facilidade na sua execução. O tratamento natural, segundo Beraldo e Pereira (2008), por não ter sua eficácia tão prolongada quanto ao químico, pode prejudicar o resultado final da estrutura ao longo dos anos, porém os colmos podem ser substituídos facilmente conforme as necessidades e sem gerar custos adicionais, de maneira geral as técnicas também provocam menores impactos ambientais no “domo geodésico II”, pois nas vigas e nós os materiais são biodegradáveis, exceto na vedação das extremidades e no alicerce, em que ambas as situações de projeto necessitam de uma destinação adequada em caso de inutilização dos materiais.

Diante dos fatores apresentados, o “domo geodésico II” foi o que apresentou maior viabilidade econômica, com diferença de 38,32% em relação ao “domo geodésico I”.

Gráfico 5. “Domo geodésico I” e “domo geodésico II”



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Em uma análise de custo de cada etapa construtiva (fundação, tratamento e conexões), constata-se que o maior valor empregado, assim como as maiores complexidades de execução e geração de impactos ambientais está nas fundações, que representam 98,73% no valor global do “domo geodésico I” e 96,73% do “domo geodésico II”, vistos do Gráfico 5. Para poder viabilizar de uma maneira mais adequada, é possível desenvolver outras técnicas construtivas e oportunizar o emprego de materiais locais, tal como o volume deste elemento. Uma pequena sapata elevada, somente nos locais de fixação da base da estrutura e com a utilização de seixos encontrados na propriedade, envoltos com argamassa possa ser uma alternativa para solucionar estes problemas.

Considerações finais

A utilização do bambu na construção civil é reconhecida por diversos pesquisadores no mundo, e as inúmeras versatilidades e diversidades de aplicações deste material nas edificações fazem dele um potencial da engenharia civil. Mediante suas características, o bambu pode ser tornar uma fonte alternativa de insumo, principalmente pelo fato da extinção de muitas madeiras e a da urgência sustentável que o mundo todo precisa buscar.

O propósito deste trabalho foi apresentar técnicas construtivas do bambu na construção civil com intuito de expandir informações relacionadas ao tema com foco em orientações e averiguações técnicas/econômicas o emprego em estruturas. Os resultados encontrados mostraram que o projeto do “domo geodésico II”, no qual as técnicas empregadas foram: a construção de uma fundação de alicerce em tijolo maciço, tratamento natural das vigas com imersão em água corrente e a conexão dos nós amarradas com cordas de sisal, possui custo de 38,32% menor que o “domo geodésico I” em que a fundação projetada foi com alicerce de pedra de mão argamassada, tratamento químico das vigas pela metodologia hidrossolúvel e as conexões desenvolvidas por tubos de PVC parafusados.

Há ainda possibilidades de ampliar os conhecimentos sobre a aplicação do bambu em estruturas na construção civil, baseando-se em normativas vigentes de outros países, como Equador e Colômbia, podendo, assim, capacitar o aperfeiçoamento de projetos e execução e obras no Brasil. Pesquisas desenvolvidas com estes propósitos também contribuem para um maior aperfeiçoamento nos estudos de elaboração da Norma Técnica Brasileira que atualmente está em desenvolvimento.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050**: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. 3. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531**: elaboração de projetos de edificações - atividades técnicas. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

BENAVIDES, A. S. J. **Proposta de sistema construtivo para habitação de interesse social com bambu gradua**: um estudo de caso no Equador. 2012. 144 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

BERALDO, A. L.; PEREIRA, M. A. R. **Bambu de corpo e alma**. Bauru: Canal 6, 2008.

BRUNDTLAND, G. H. **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 1991.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Relatório de insumos e composições: Abr/17 - com desoneração**. 2017. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_662>. Acesso em: 13 maio 2017.

DETOIENTOIT. **Une coupole geodesique en bambou**. 2008. Disponível em: <<https://detoientoit.wordpress.com/2008/10/25/une-coupole-geodesique-en-bambou/>>. Acesso em: 25 maio 2017.

DINIZ, J. A. V. **Estruturas geodésicas**: estudos retrospectivos e propostas para um espaço de educação ambiental. 2006. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.

EDITORA PINI (Org.). **TCPO**: tabela de composição de preços para orçamentos. 13. ed. São Paulo: Pini, 2010.

FULLER, R. B. **SYNERGETICS**: Explorations in the Geometry of Thinking. Sebastopol: Macmillan Publishing Co. Inc., 1975.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamento de obras**. São Paulo: Pini, 2006.

PEREIRA, M. A. R. **Projeto bambu**: introdução de espécies, manejo, caracterização e aplicações. 2012. 100 f. Tese (Doutorado) – Curso de Design e Construção com Bambu, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Bauru, 2012.

QUINTERO, C. A. S. **Desenvolvimento de uma ligação estrutural para construção com bambu gradua**. 2015. 117 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

STAMM, J. La Evolución de los Métodos Constructivos en Bambu. In: SEGUNDO CONGRESO MEXICANO DEL BAMBÚ. **Estrategias Globales de Desarrollo Sustentable**. Puebla: Congreso Mexicano del Bambú, 2008. p. 1-11.

Artigo recebido em 30/05/17. Aceito em 10/07/17.