

TRATAMENTOS DO BAMBU COMO REFORÇO EM CONCRETO

Aluna: Anna Carolina Aiex Naccache

Orientador: Khosrow Ghavami

Introdução

Nos últimos anos muito se tem falado sobre desenvolvimento sustentável, a preservação ambiental e, conseqüentemente, como essas questões afetam a qualidade de vida da população. Essas preocupações encontram-se presentes em diversas áreas, entre elas a da construção civil. Esta, responsável por até 50% de resíduos sólidos gerados no Brasil, pode e deve contribuir para o desenvolvimento de uma economia “ecologicamente consciente” [1]. Uma solução para esta questão é a aplicação de materiais não convencionais de baixo custo e consumo de energia, como o bambu.

Encontrado facilmente na natureza em países de clima tropical e subtropical, o bambu é usado em construções há muitos anos, tendo seu uso bastante difundido em países da América do Sul, como Peru, Equador e Colômbia e na Ásia, onde existem diversas edificações.



Figura 1: Passarela de Bambu em Kyoto, Japão.

O uso do bambu como reforço do concreto vem sendo estudado por muitos pesquisadores, pois além da boa resistência à compressão, a produção de 1 m³ deste material demanda uma energia 50 vezes menor que a necessária para a produção do mesmo volume de aço.

Por ser um material natural, o bambu necessita passar por tratamentos impermeabilizantes e contra fungos e insetos. Apesar das diversas pesquisas que vêm sendo realizadas para

melhor compreender o comportamento desse material, ainda existe a necessidade de estudos referentes à durabilidade do bambu, aspecto de grande relevância em qualquer obra de engenharia civil.

O Departamento de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC – RJ) vem desenvolvendo pesquisas desde 1979 sobre a utilização de materiais não convencionais. Desta forma, realizou-se um estudo sobre a absorção de água em corpos de prova submetidos a diferentes tipos de recobrimentos e sua consequente perda para o meio ambiente com o passar do tempo, além de uma revisão bibliográfica sobre os tratamentos hoje existentes.

Revisão bibliográfica

O bambu é uma matéria-prima que tem diversas aplicações. Na forma de brotos, pode ser utilizado na produção de alimentos e na idade madura pode-se usá-lo em construção. A utilização desse material se dá, principalmente, em regiões tropicais e subtropicais da Ásia, locais nos quais o bambu cresce em abundância. Na América Latina, o material também é utilizado em larga escala tanto na construção civil quanto no artesanato e setor energético e químico [2].

O uso do bambu pode tornar a construção de casas menos custosa, pois, segundo Khosrow Ghavami, professor do Departamento de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, o bambu pode, em muitos casos, substituir o aço na construção civil, além de ter um baixo custo de produção. De acordo com Antônio Berlardo, professor da Faculdade de Engenharia Agrícola (Feagri) da Unicamp, “*o bambu é muito fácil de ser cultivado e em cinco anos, ele já está maduro para ser usado na estrutura de uma casa*”.

Por ser um elemento natural, o bambu é influenciado por diversos fatores, tais como alterações climáticas, organismos vegetais e animais. Portanto, segundo Amada [3], os seguintes cuidados devem ser tomados:

- corte segundo a idade e maturidade;
- cura;
- secagem;
- tratamentos preservativos contra fungos e insetos;

Uma vez que sua durabilidade natural é menor que a da madeira e não é longa o suficiente para uma vida econômica, o bambu necessita passar por um tratamento. A vida útil do bambu *in natura* pode variar de um a 15 anos, dependendo das condições de armazenamento, da espécie de bambu e outras condições [4]. Além disso, por ser um material natural que não tem nenhuma substância tóxica e apresentar amido em sua composição, torna-se atrativo para insetos, principalmente o cupim.

A camada protetora externa e os vasos, que cobrem uma pequena superfície de aproximadamente 10% da seção transversal do colmo, tornam o tratamento de bambu mais difícil. Porém, alguns métodos ultrapassam essas dificuldades.

Dois tipos de métodos podem ser usados nos tratamentos preservativos: métodos tradicionais ou naturais e métodos químicos. A escolha de qual método utilizar depende de vários fatores, tais como o estado do bambu, o tempo disponível, a aplicação do material e a quantidade a ser tratada.

Os métodos naturais consistem no tratamento de bambu usando substâncias encontradas na natureza. Esses métodos são muito antigos e eram usados em regiões onde o bambu crescia naturalmente, tendo sido os procedimentos, passados de geração em geração. São eles:

- Fumigação: baseia-se no tratamento do colmo de bambu com fumaça. Os agentes tóxicos da fumaça e o calor penetram no colmo destruindo o amido presente e tornando-o não

atrativo a insetos, além de formar uma camada protetora escurecida através da carbonatação superficial.

- Assar sobre fogo aberto: aplica-se um óleo na superfície do bambu provocando uma rápida secagem do invólucro exterior e induzindo a carbonização parcial e decomposição do amido e outros açúcares presentes.

- “White-washing”: consiste na pintura dos colmos de bambu com cal, contribuindo assim para o prolongamento da vida útil do bambu, redução da absorção de umidade e funcionando como um repelente para insetos.

- Banho quente e frio: o bambu fica submerso em um tanque no qual a água é aquecida até 90°C e permanece nesta temperatura por, aproximadamente, 30 minutos. Depois desse processo o bambu é colocado para resfriar e pode ser deixado secar naturalmente em um local protegido do sol e fechado.

- Imersão em água: armazena-se o bambu recém-cortado em tanques de água ou em água corrente durante 3 a 4 semanas para a lixiviação do amido [3], já que é uma substância solúvel em água. Segundo Nripal Adhikary, codiretor do Abari (Adobe and Bamboo Research Institute de Kathmandu, Nepal, o tempo de imersão deve ser de 6 semanas [5]. Quando armazenado em tanques a água deve ser trocada constantemente para evitar a contaminação. Os colmos de bambu tendem a flutuar quando colocados na água, por essa razão devem ser amarrados a um peso para forçar sua submersão.

Os tratamentos químicos consistem na aplicação de substâncias químicas que proporcionam uma maior durabilidade ao bambu ao reduzir o ataque de fungos e insetos.

Segundo Ghavami e Marinho [6] é recomendado que as substâncias químicas contenham as seguintes características:

- solúveis em água, para que permitam sua utilização em diversos graus de concentração. Porém, não podem ser levados pela chuva uma vez injetados.

- sua composição química não pode afetar os tecidos do bambu, modificando negativamente suas qualidades físicas e mecânicas.

Entre os tratamentos pode-se citar:

- Tratamento com ácido bórico/borax: uma mistura desses dois componentes resulta em um conservante solúvel em água. O ácido bórico é altamente salino e não se sabe ao certo sobre sua ação tóxica no ambiente, mas alguns estudos sugerem que ele não seria tóxico. Os sais de boro são dissolvidos na água e, após o tratamento, ela evapora deixando os sais dentro do bambu. São muito eficazes contra brocas, fungos e cupins, porém, por ser um conservante lixiviável, é recomendado para bambus que não fiquem expostos ao vento e à água.

- Óleos ou oleossolúveis: recomenda-se para casos em que o bambu permaneça enterrado após o tratamento. Entre os produtos utilizados pode-se citar: creosoto, alcatrão e pentaclorofenol (C₁₅Cl₅OH).

- Substâncias hidrossolúveis: são combinações de sais que protegem o bambu de ataques de fungos e insetos. Entre elas, pode-se citar: cromato de zinco clorado, cromato de cobre ácido, metarsenito de zinco e arseniato de cobre cromado, este está sendo proibido em diversos países devido sua toxicidade e ação cancerígena.

- Tratamento com água de cal: a obtenção da água de cal é feita através da agitação da mistura de cal hidratada com água e da decantação do leite de cal por 24 horas, partículas de hidróxido de cal que ficam em suspensão após a mistura devido à baixa solubilidade da mistu-

ra. O bambu é então imerso na água de cal por uma semana. Esse tratamento é recomendado para bambus recém-cortados, uma vez que com o tempo o material começa a perder água e variar de volume [4].

- Processo óleo- térmico com linhaça: o óleo de linhaça é aquecido a temperaturas entre 100 e 120°C e o bambu é colocado em bacias contendo esse fluido. É um processo caro, já que o custo de energia para aquecer o óleo de linhaça é muito alto, por isso é pouco utilizado.

- Tratamento térmico: o bambu é aquecido a temperaturas entre 150 e 200°C e injeta-se vapor no colmo do material para evitar que ele inflame. Isso reduz sua capacidade de absorção de água e torna-o muito resistente a brocas, fungos, cupins e umidade.

A aplicação das substâncias químicas pode se dar através de alguns métodos, entre eles:

- Imersão: esse processo consiste em imergir o bambu seco, desprovidos de galhos e folhas, em um tanque com preservativo químico por um período de 12 horas, segundo Ghavami e Marinho [6]. Recomenda-se esse tipo de tratamento para bambus que ficarão em contato com a umidade e sob a terra.

- Método Boucherie: consiste em injetar no bambu, com o auxílio da pressão atmosférica, alguma substância preservativa que ocupe o lugar anteriormente ocupado pela seiva. Daí a necessidade de utilizar-se de bambus recém-cortados no processo. A impregnação total dura entre 5 e 6 dias, segundo Ghavami e Marinho [6].

- Método Boucherie modificado: a impregnação do preservativo nos colmos de bambu acontece em poucas horas. O conservante, presente em um recipiente, é aplicado na extremidade da base com um compressor de ar, expulsando a seiva contida no interior do bambu.

- Tratamento por aplicação externa: a substância preservativa é aplicada no bambu em duas ou três demãos com o auxílio do pincel. Devido à casca impermeável do bambu, esse método só é eficiente quando aplicado em seções cortadas.

- Tratamento por transpiração de folhas: deve ser realizado com bambus recém-cortados, no máximo 24 horas após o corte [3], que ainda contenham folhas e galhos. O material é disposto verticalmente em um recipiente com a substância preservativa, que deve ser solúvel em água, e, assim, o preservativo é absorvido e a água evaporada por transpiração. Esse processo dura, em média 2 a 4 dias e após ele o material tratado deve secar a sombra por mais de 40 dias.

Ao se utilizar os tratamentos químicos alguns inconvenientes se apresentam, como o risco ambiental associado, uma vez que muitas substâncias são tóxicas.

Metodologia e procedimento experimental

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Estruturas e Materiais (LEM) do Departamento de Engenharia Civil da PUC-RJ.

Foram utilizados bambus da espécie *Dendrocalamus giganteus* provenientes de um bambuzal localizado às margens do rio Rainha, que atravessa o terreno da PUC-RJ.

Os colmos de bambu foram cortados em tiras por meio de uma estrela de metal, como mostrada na figura 2.



Figura 2: Corte dos corpos de prova

Uma vez com as tiras cortadas, os corpos de prova foram feitos de maneira que cada um possuisse, em média, 15 cm de comprimento x 3 de largura x 1,5 cm de espessura.



Figura 3: Corpos de prova

Após a obtenção de 24 corpos de prova, estes foram limpos e lixados para a remoção da camada protetora existente no bambu e separados em 4 grupos de análise, de modo que cada grupo possuisse, em média, a mesma área superficial e fosse constituído de dois subgrupos de análise contendo 3 exemplares cada, com e sem nó.

Os grupos de análise foram os seguintes:

- *in natura*, ou seja, sem nenhuma proteção impermeabilizante.
- recobertos com uma camada de aproximadamente 3mm por Sikadur 32, uma resina epóxi de alta resistência fabricado pela empresa Sika.
- recobertos com uma camada de aproximadamente 3mm de Sikadur 32 e areia.
- recobertos por IMPERVEG UG 132 A, uma resina impermeabilizante a base de poliuretano vegetal, originado do óleo de mamona, fabricado pela empresa Imperveg [7].



Figura 4: Corpos de prova



Figura 5: Materiais utilizados nos recobrimentos

Os corpos de prova foram pesados em uma balança de precisão 0,01g antes de colocados em um recipiente com água. Durante uma semana foram removidos todos os dias para uma nova pesagem, verificando-se, assim, a absorção dos corpos de prova.

Após a passagem deste período foram deixados para secar naturalmente durante 5 dias, enquanto eram pesados para a medição da perda de água.

Resultados e discussão

Os corpos de prova que não receberam nenhuma proteção contra a água sofrem uma absorção maior que os que receberam, tendo tido um acréscimo considerável em seu peso, como demonstra a tabela 1 contendo os resultados. Além disso, houve mudança na coloração dos corpos de prova.

A maior quantidade de água absorvida se deu nas primeiras 24 horas, tendo se estabilizado nos dias subsequentes. Os corpos de prova recobertos com sikadur e resina de mamona obtiveram os melhores resultados no que se refere à absorção de água, tendo seu peso sofrido uma pequena variação.

Uma diferença considerável foi obtida entre os subgrupos de análise, sendo que os exemplares que possuíam o nó sofreram uma absorção maior que aqueles que não possuíam. Essa afirmação não foi verdadeira somente para o grupo recoberto por sikadur e areia.

Corpo de prova	Dia 0	Dia 1 (24hrs)	Dia 2 (48 hrs)	Dia 3 (72hrs)	Dia 4 (96hrs)
<i>In natura</i>					
3-	0,050	0,055	0,057	0,058	0,059
6-	0,058	0,066	0,067	0,069	0,069
12-	0,051	0,058	0,059	0,060	0,060
3CN-	0,048	0,056	0,058	0,059	0,059
10CN-	0,056	0,065	0,066	0,068	0,068
12CN-	0,061	0,070	0,072	0,072	0,076
<i>Com sikadur</i>					
7-	0,082	0,082	0,082	0,082	0,083
10-	0,081	0,082	0,082	0,082	0,082
11-	0,079	0,079	0,079	0,079	0,080
5CN-	0,074	0,076	0,076	0,076	0,076
7CN-	0,087	0,088	0,090	0,090	0,090
9CN-	0,081	0,082	0,082	0,082	0,082
<i>Com sikadur e areia</i>					
4-	0,100	0,101	0,101	0,102	0,102
9-	0,111	0,113	0,113	0,113	0,113
14-	0,099	0,100	0,101	0,102	0,102
1CN-	0,125	0,127	0,127	0,127	0,127
2CN-	0,122	0,123	0,123	0,123	0,124
6CN-	0,124	0,125	0,126	0,126	0,126
<i>Com resina de mamona</i>					
1-	0,068	0,069	0,069	0,069	0,069
5-	0,058	0,059	0,059	0,059	0,059
13-	0,061	0,061	0,061	0,061	0,062
4CN-	0,076	0,077	0,077	0,077	0,078
8CN-	0,073	0,074	0,074	0,074	0,075
11CN-	0,068	0,069	0,069	0,069	0,069

Tabela 1: Pesos em gramas dos corpos de prova durante absorção

Abaixo se encontram os gráficos obtidos através da análise da variação percentual de peso de cada amostra, bem como a média dos subgrupos. Nota-se no gráfico 3 que a média da variação percentual de peso dos exemplares com nó foi maior que a mesma para exemplares sem nó, como mencionado anteriormente.

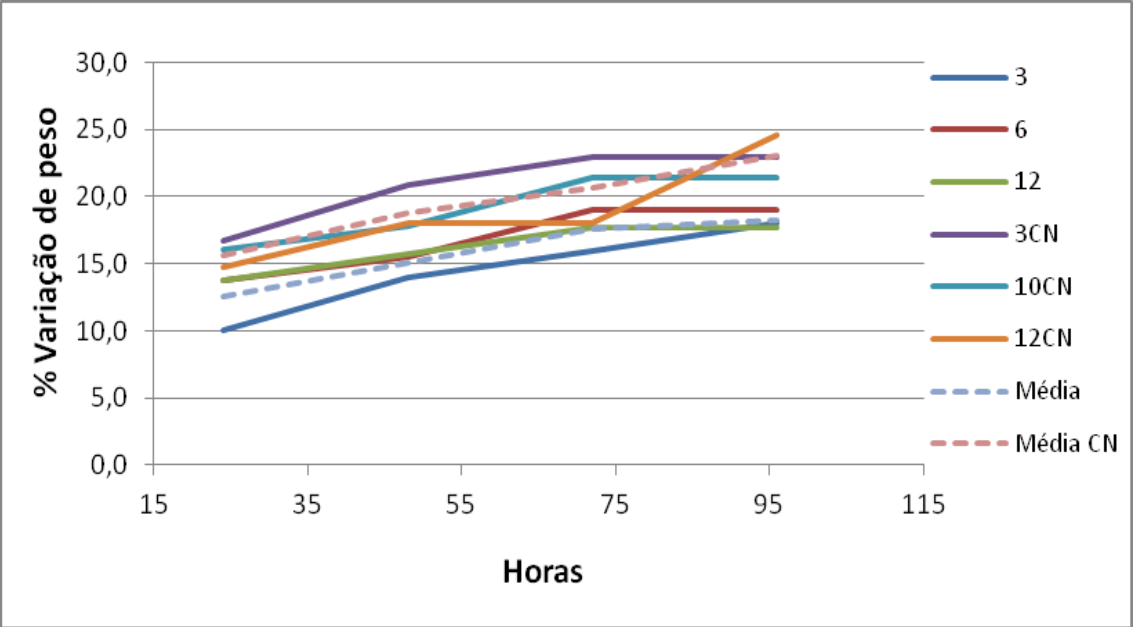


Gráfico 1: Variação de peso(%) x Horas dos corpos de prova *in natura*

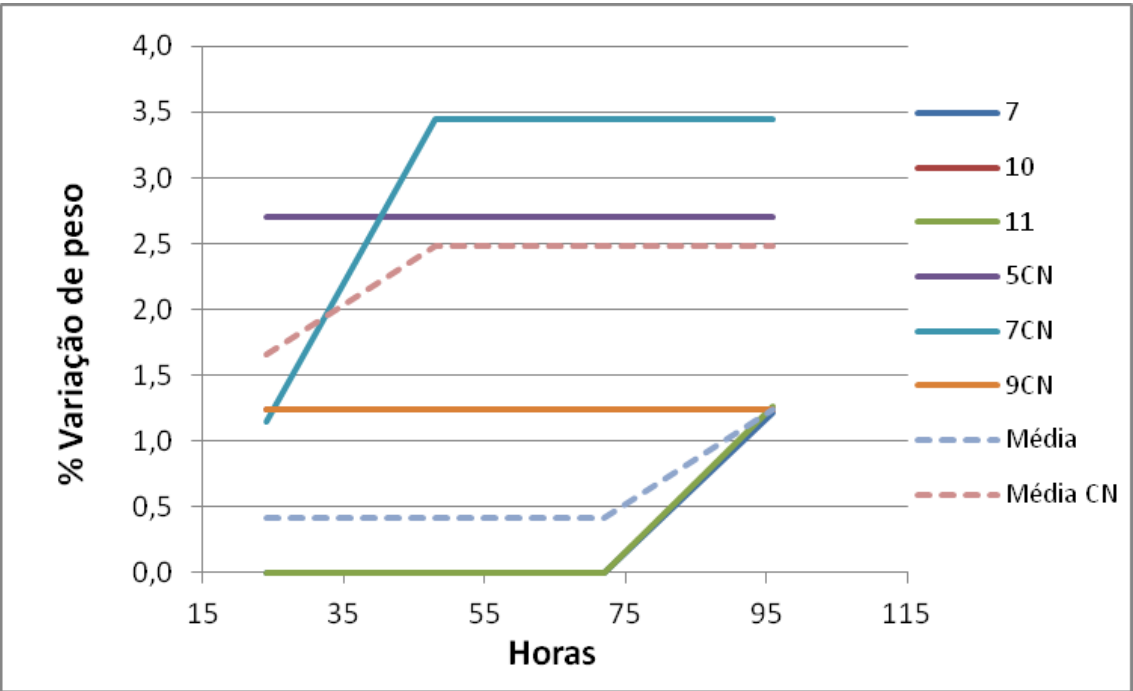


Gráfico 2: Variação de peso(%) x Horas dos corpos de prova com sikadur

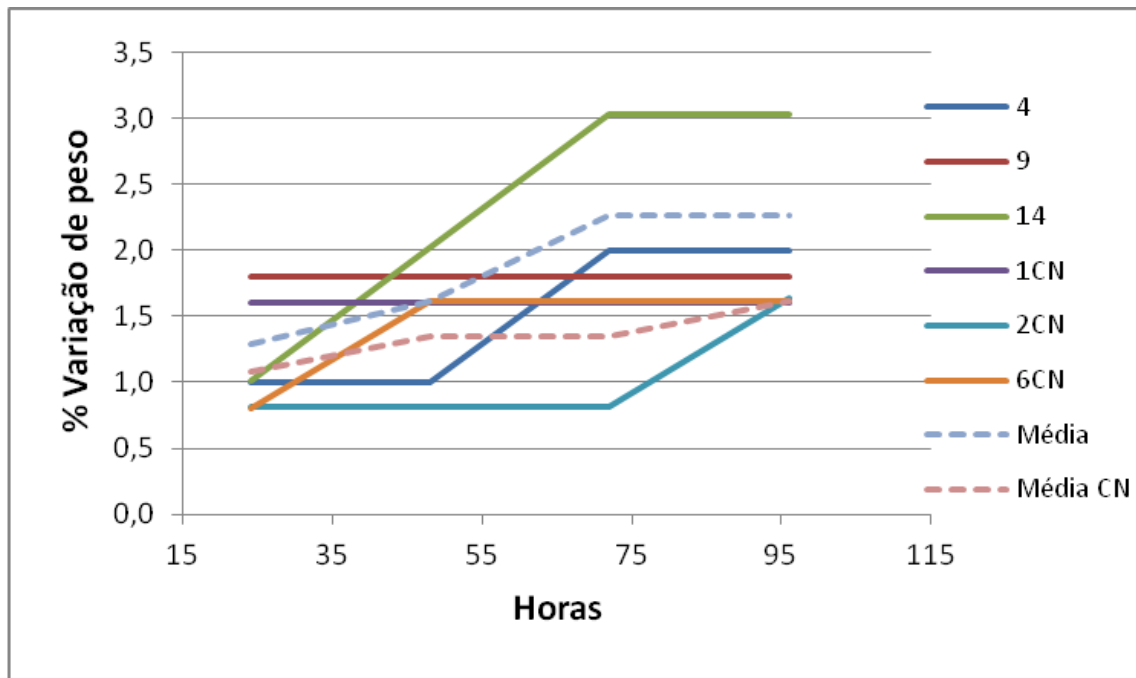


Gráfico 3: Variação de peso(%) x Horas dos corpos de prova com sikadur e areia

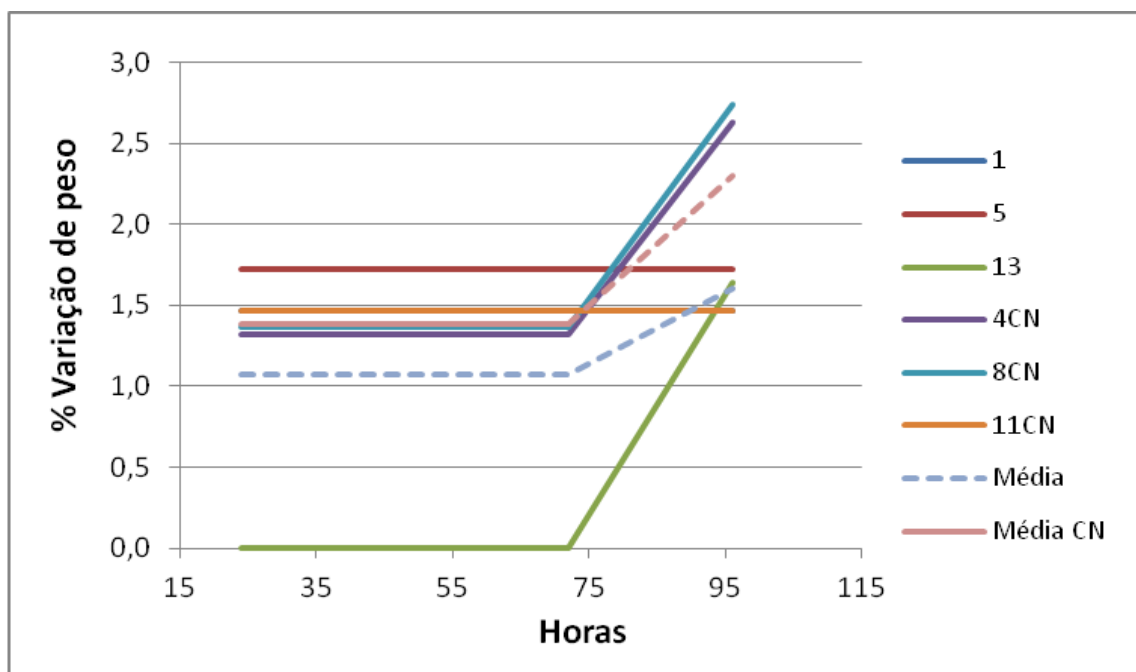


Gráfico 4: Variação de peso(%) x Horas dos corpos de prova com resina de mamona

Com relação ao procedimento de secagem, percebeu-se que, novamente, os corpos de prova *in natura* sofreram as maiores variações no peso desde o último dia de pesagem de absorção até o último dia da pesagem de secagem, obtendo-se uma variação média de 13,3% para os exemplares sem nó e de 15,8% para os corpos de prova com nó.

Os exemplares que receberam a camada de sikadur e resina de mamona sofreram pouca ou nenhuma variação em seus pesos.

Corpo de prova	Última medição antes da secagem	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
<i>In natura</i>						
3-	0,059	0,055	0,054	0,053	0,051	0,050
6-	0,069	0,066	0,065	0,063	0,062	0,061
12-	0,060	0,057	0,056	0,054	0,052	0,052
3CN-	0,059	0,056	0,055	0,052	0,051	0,049
10CN-	0,068	0,065	0,064	0,062	0,061	0,059
12CN-	0,076	0,070	0,069	0,066	0,065	0,063
<i>Com sikadur</i>						
7-	0,083	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082
10-	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082
11-	0,080	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079
5CN-	0,076	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
7CN-	0,090	0,089	0,089	0,089	0,089	0,088
9CN-	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,081
<i>Com sikadur e areia</i>						
4-	0,102	0,100	0,100	0,099	0,099	0,099
9-	0,113	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110
14-	0,102	0,098	0,098	0,097	0,097	0,097
1CN-	0,127	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
2CN-	0,124	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121
6CN-	0,126	0,123	0,123	0,123	0,123	0,123
<i>Com resina de mamona</i>						
1-	0,069	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068
5-	0,059	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058
13-	0,062	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061
4CN-	0,078	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077
8CN-	0,075	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074
11CN-	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,068

Tabela 2: Pesos em gramas dos corpos de prova durante a secagem

Abaixo se encontram os gráficos obtidos através da análise da variação percentual de peso de cada amostra, bem como a média dos subgrupos. Percebe-se que desta vez a presença do nó não exerceu grande influencia nos resultados, uma vez que tanto nos grupos sem recobrimento e com sikadur a média dos subgrupos com nó foi maior que os sem. Entretanto, nos grupos de análise restantes, que receberam o recobrimento de sikadur e areia e resina de mamona, o resultado foi o inverso.

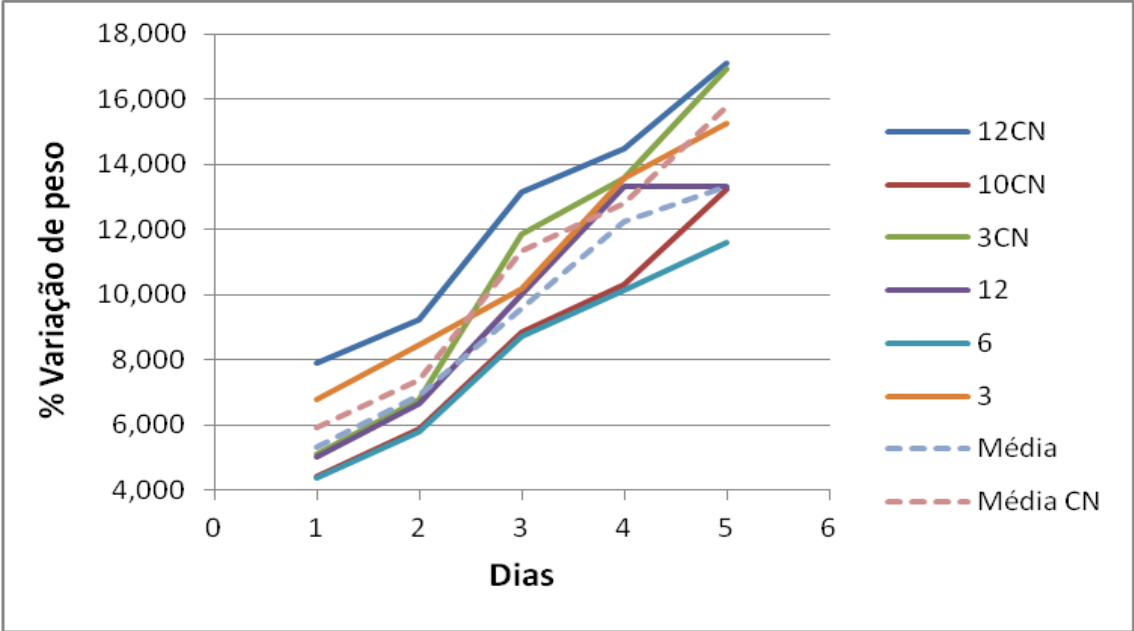


Gráfico 5: Variação de peso(%) x Dias dos corpos de prova in natura

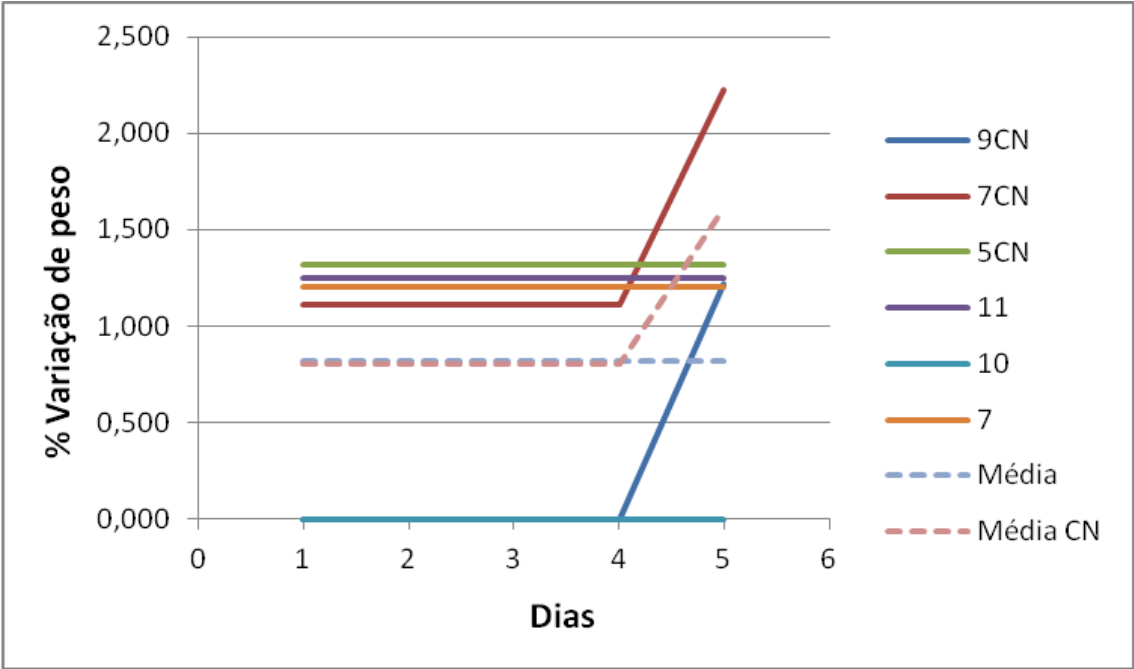


Gráfico 6: Variação de peso(%) x Dias dos corpos de prova com sikadur

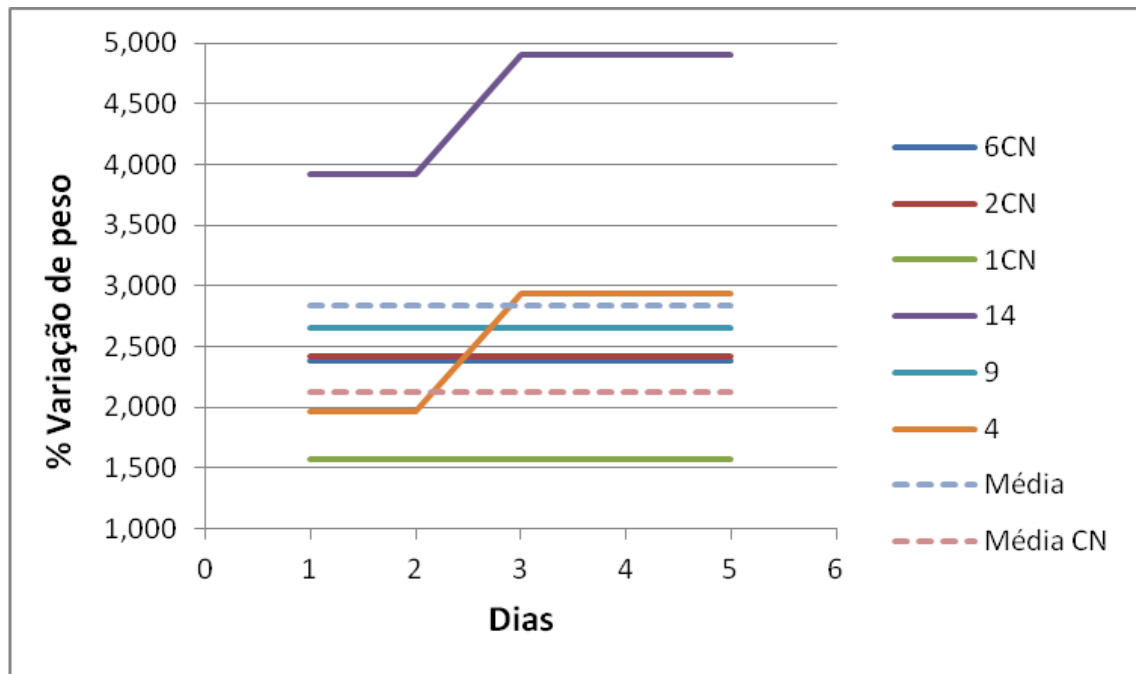


Gráfico 7: Variação de peso(%) x Dias dos corpos de prova com sikadur e areia

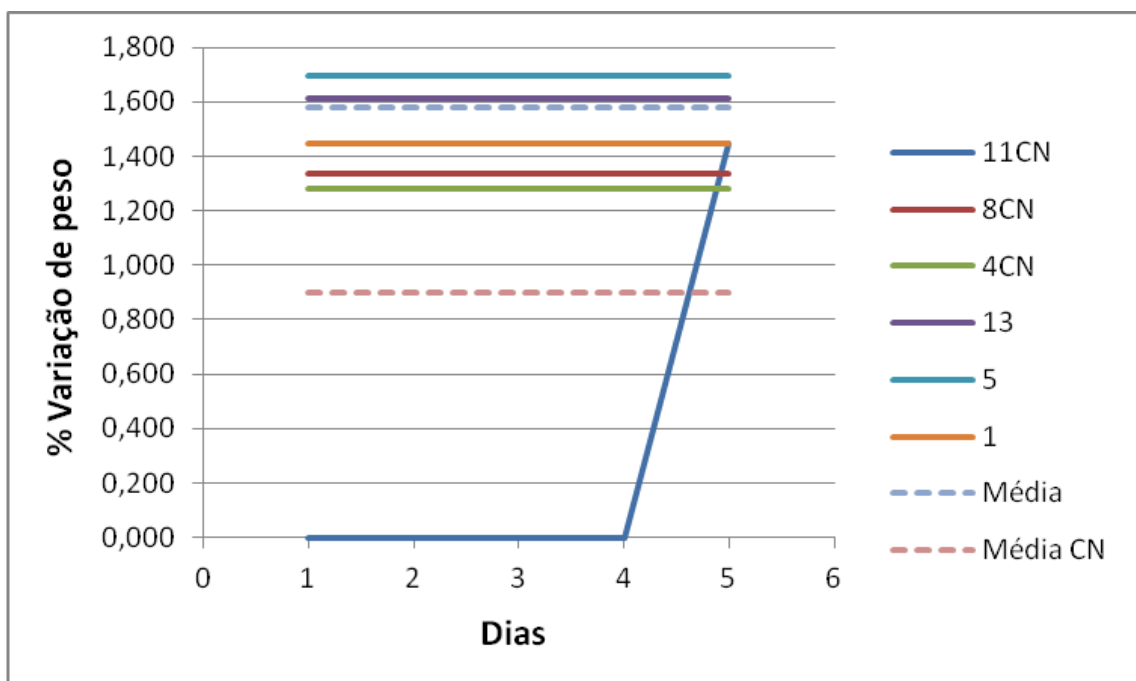


Gráfico 8: Variação de peso(%) x Dias dos corpos de prova com resina de mamona

Conclusão

Comparando-se os melhores resultados obtidos na pesquisa de Ruth Amada [3], que foram encontrados com as substâncias negrolin e enxofre com areia, os resultados obtidos nesta pesquisa assemelham-se a eles. Todavia, pode-se destacar que o resultado encontrado quando se utilizou o recobrimento de sikadur e resina de mamona ficou acima do encontrado na pesquisa mais antiga.

A partir da análise dos dois experimentos conclui-se que após a secagem os corpos de

prova voltaram quase em sua totalidade para o peso original, antes de imersos em água, demonstrando a incapacidade do bambu em reter água que não faça parte de sua estrutura quando exposto às condições climáticas normais. Porém, o experimento também mostra que os exemplares que não receberam nenhum recobrimento apresentam uma grande variação volumétrica quando comparado com aqueles com camada impermeabilizante. Esta observação comprova que o bambu não deve ser usado como reforço estrutural do concreto sem antes passar por um tratamento impermeabilizante.

Referências

- [1] Construção civil precisa rever a geração de resíduos. Postado em 3 de setembro de 2011 por **Revista Geração**. Disponível em: <<http://geracaosustentavel.com.br/2011/09/03/1295/>>
- [2] Pesquisadores discutem cenário das pesquisas com bambu no Brasil. Disponível em: <http://www.agencia.ac.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=13628&Itemid=26>
- [3] Bambu treatments. Disponível em: <<http://www.chalet-bamboo.com/treatment.html>>
- [4] CULZONI, R.A.M. **Características dos bambus e sua utilização como material alternativo no concreto**. Rio de Janeiro Fevereiro de 1986. Dissertação de mestrado, DEC – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- [5] ADHIKARY, N. Treatment process. **An experiment with a locally constructed Boucherie treatment plant in Nepal**. Disponível em: <<http://abari.org/treatment>>
- [6] GHAVAMI, K; MARINHO, A. **Determinação das propriedades dos bambus das espécies: Mosó, Matake, Guadua Angustifolia, Guadua Tagoara e Dendrocalamus Giganteus para utilização na engenharia**. Publicação – RMNC BAMBU Janeiro de 2001. Departamento de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- [7] Endereço eletrônico da empresa Imperveg. Disponível em: <<http://imperveg.com.br/wp-content/uploads/2010/07/ficha-tecnica-imperveg-ug132-a1.pdf>>