

## **ESTUDO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO CONCRETO REFORÇADO UTILIZANDO TALISCAS DE BAMBU COMO SUBSTITUTO DO AÇO**

Janáina Carlos Pires

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis  
(janaina\_najla@hotmail.com)*

Joyce Vieira Pedrosa

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis  
(joycevieirapedrosa@hotmail.com)*

Wanessa Mesquita Godoi Quaresma

*Professora Mestra, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis  
(wanessamgq@gmail.com)*

### **RESUMO**

O concreto armado é um material da construção civil mais utilizado nas últimas décadas. E como o concreto é um material mundialmente acessível, ele pode ser encontrado em diversas construções como casas de alvenaria, edifícios, rodovias, torres de resfriamento, usinas hidrelétricas e nucleares, obras de saneamento, entre outros. Com isso tem os olhares da ciência para melhorias sempre, dentre essas a sustentabilidade, pois além da construção ser uma área de atuação mais vista, é uma das que mais poluem. Tendo assim a utilização da própria natureza para melhoria do concreto sem de certa forma atacar mais o meio ambiente. O bambu é um tipo de “material” que infelizmente ainda não é muito empregado em obras urbanas, onde é o local que mais necessita de estudos. Para substituição total do aço em obras não é uma coisa fácil pelo fato dele ser um material extremamente resistente e com facilidade de ser encontrado, porém ele é muito agressivo ao meio ambiente. Com isso o início de estudo para a substituição dele por algo que tenha as mesmas características, porém mais sustentável, é sempre um assunto a ser considerado e estudado com mais atenção.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto. Bambu. Resistência. Características mecânicas.

## 1 INTRODUÇÃO

O concreto é um material construtivo amplamente conhecido e utilizado, possui qualidades plásticas, ou seja, tem a capacidade de ser moldado enquanto fresco, possui uma ótima resistência a compressão, porém baixa resistência a tração. Em 1855, o francês Joseph-Louis Lambot incorporou o aço, que possui ótima resistência a tração, ao concreto quando construiu um pequeno barco em concreto armado, garantindo equilíbrio entre as resistências do material (CARVALHO E FIGUEIREDO FILHO, 2014).

Como o concreto é um material mundialmente acessível, ele pode ser encontrado em diversas construções como casas de alvenaria, edifícios, rodovias, torres de resfriamento, usinas hidrelétricas e nucleares, obras de saneamento, entre outros.

A principal vantagem da utilização do concreto é a facilidade de encontrar seus componentes. Anualmente a sua utilização consegue ser avaliada em bilhões de toneladas, sendo que o seu consumo médio por habitante só é inferior apenas ao consumo médio de água (PEDROSO; 2009).

Com a influência que a sustentabilidade apresenta nos tempos atuais, começa a formar uma nova economia, trazendo da natureza uma abundância em fibras vegetais que podem ser adaptadas à construção civil. O concreto armado consome muito menos energia do que o alumínio, o aço, o vidro, e emite proporcionalmente menos gases e partículas poluentes, o que é benéfico ao meio ambiente (ALVES, 2006).

Substituir o aço utilizado na armação do concreto é de grande importância, pois a sua produção gera grande impacto ambiental. Portanto desde o início do século o bambu vem sendo estudado como reforço ao concreto, os resultados alcançados por trabalhos administrados em diversos países, comprova sua efetividade como material alternativo de construção (CARVALHO E FIGUEIREDO FILHO, 2014).

Com a finalidade de fazer do concreto armado um material sustentável, tem-se a concepção de associá-lo a utilização do bambu substituindo o aço, porém atingindo o mesmo propósito. O bambu é facilmente encontrado, é um material sustentável, possui desenvolvimento consideravelmente rápido, extremamente resistente, possuindo assim uma enorme capacidade de tornar-se um substituto apropriado do aço.

## 2 CONCRETO

O concreto é um material da construção civil muito antigo. Sua existência se inicia em Roma cerca de 2000 anos atrás, mais usado em suas estradas. Os romanos eram e são conhecidos por terem feito do concreto um material para a construção de suas estradas (YEGUL, 2011).

Por causa do prosseguimento e ao uso do concreto, ao contrário dos gregos, os romanos frisaram na invenção de espaços mais amplos com abóbadas e cúpulas com um diâmetro largo e altura que ainda não havia sido construída. O concreto produzido pelos romanos (*opus caementicium* ou *concretus*), sendo assim o primeiro material a ser produzido e utilizado em obras de grande escala (YEGUL, 2011).

A partir da mistura de cimento (mistura moída em partículas milimétricas em compostos inorgânicos), água e agregados tiveram a descoberta de um material plástico, que se consegue facilmente adquirir a forma desejada em seu estado líquido, e após seu endurecimento sendo capaz de resistir toneladas de quilogramas quando está adequadamente projetado.

Apesar de seu uso em (I a.C), o concreto teve seu primeiro teste de resistência a tração e a compressão, na Alemanha em 1836. Também foi descoberto o uso do aço, tornando-o um concreto armado e foi Joseph Monier quem inventou e começou a utilizar o

concreto armado 13 (treze) anos após iniciarem os testes mecânicos, utilizando em cubas e tubos com o uso do aço (KAEFER,1998).

A combinação de concreto e aço teve sua patente concretizada apenas em 1867, sendo assim, começando a ser utilizado pelo mundo todo no decorrer dos anos até os dias atuais.

Inicializando essa demanda em 1886 na Inglaterra, que teve o primeiro forno rotatório para a produção do cimento. Em 1920 o concreto foi amplamente inserido nas construções de estradas, casas, entre outros. Tendo também as primeiras barragens construídas em 1936 (KAEFER,1998).

## 2.1 DEFINIÇÃO

Concreto sendo simples ou armado é um material utilizado na construção a partir da hibridação do cimento, com agregado miúdo e graúdo, sendo misturados assim com água e com traço exato e bem definido.

Com a modernização do tempo atual, tem a utilização de um componente para melhorar ou conferir suas particularidades, assim chamados de “aditivos” (BAUMGART, 1928).

Após essa mistura, obtém-se uma pasta chamada “concreto fresco”, sendo assim um material com uma textura mais ou menos plástica, permitindo então sua moldagem.

Com o passar do tempo o concreto endurece e sua resistência a compressão é elevada, conivente a uma baixa resistência à tração. A resistência à tração tem uma comparação à compressão de 1/10 (BAUMGART, 1928).

## 2.2 CARACTERISTICA DO CONCRETO

Um das principais qualidades do concreto armado é a resistência mecânica de um conjunto chamado concreto-aço. O trabalho realizado por este conjunto concede uma boa resistência á esforços de flexão, um valor grande de vãos livres, com suas vigas retas ou curvas, capaz de ser aumentado quando for utilizar o concreto protendido (CEHELLA,2011).

## 2.3 RESISTÊNCIA MECÂNICA DO CONCRETO

Em se tratando de concreto, sua resistência mecânica é o parâmetro que mais se emprega, para analisar sua qualidade. Para determinar suas aplicações, outras características são evidenciadas, como, a durabilidade à ação de agentes agressivos e módulo de elasticidade são de extrema importância.

Um moderno conceito de resistência deve levar em consideração não somente sua resistência à mecânica, mas também a outras propriedades que possam ter influência de interesse na Engenharia Civil, como seus mecanismos de transporte, sua dureza, resistência á impacto, deformabilidade, energia de fratura, entre várias outras (OLIVEIRA ANDRADE, 2011).

Com relação á concreto, sua resistência mecânica tem a capacidade de suportar cargas aplicadas nele, sem que esteja em ruínas. Em uma forma prática, pode considerar a resistência do concreto como carga máxima aplicada sobre seu corpo-de-prova.

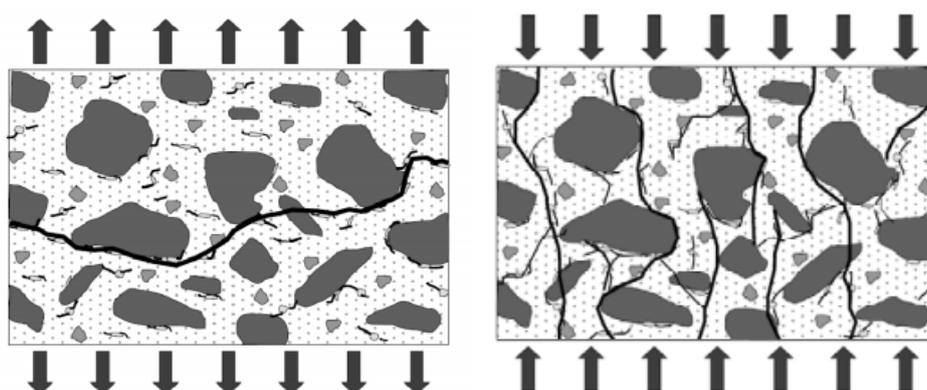
Concreto quando endurecido é constituído por uma pasta de cimento Portland hidratada e por seus agregados, que apresenta um comportamento de tensão-deformação diferente quando comparado ao do concreto , que representa o comportamento de concretos em níveis convencionais de resistência e tal que seu

comportamento para os tipos de concreto existentes deve ser muito cauteloso (OLIVEIRA ANDRADE, 2011).

Além do comportamento tensão-deformação, tem que considerar a existência da zona de transição do material, formada pelos fenômenos relacionados com o transporte da água no lançamento e adensamento do concreto. A zona de transição se caracteriza pelo fato de apresentar uma quantidade grande de vazios, quando se submete o concreto a diferentes tipos de esforços (OLIVEIRA ANDRADE, 2011).

Quando o concreto é submetido a um esforço de tração, há um defeito genético qualquer em sua pasta, causando assim um enfraquecimento localizado no material. À medida que vai aumentando as tensões aplicadas um incremento do tamanho da falha, levando ao concreto a propagação de microfissuras. Quando o concreto é submetido a compressão, a ruptura acontece por tração indireta. Na zona de transição é mais intensa, causando a ruptura do concreto.

**Figura 1 - Ilustração de fissuração do concreto á esforço de tração e compressão**



Fonte: HANAI, 2005.

Aproximadamente 50% da carga de uma ruptura, a fissuração na pasta não é significativa, ficando evidente a carga de ruptura entre 50% e 75%. Atingindo seus 75% da carga de ruptura, um aumento claro da fissura da matriz e da zona de transição entre 75% e 80% de sua carga máxima, rompendo assim o concreto com um carregamento constante (MEHTA & MONTEIRO, 2014).

Para a determinação da resistência do concreto, são operados 2 (dois) métodos, os destrutivos e não destrutivos.

Geralmente os destrutivos são de maior escala, para verificar sua propriedade. Os não destrutivos são aplicados em investigação de estruturas acabadas, quando tem sinais de comprometimento em suas estruturas em função da resistência (TUTIKIAN, 2011).

Além deles, 3 (três) principais tipos na Engenharia Civil são os esforços de compressão, tração e tração na flexão.

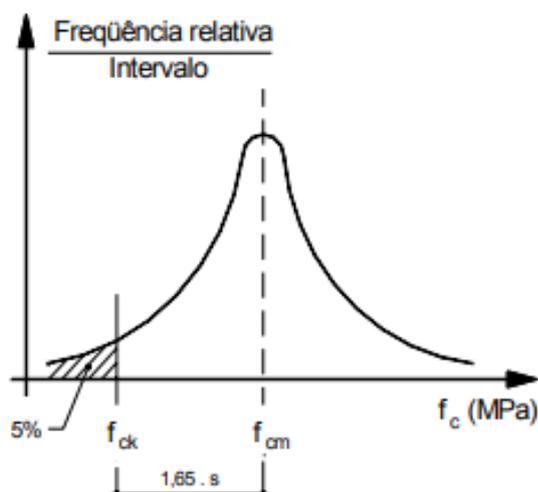
Quando números grandes de corpos-de-prova são ensaiados, pode-se obter um histograma representando a distribuição da resistência à compressão do concreto.

Importantes parâmetros podem ser observados na figura como resistência média à compressão ( $f_{cm}$ ) e a resistência característica ( $f_{ck}$ ). Os valores encontrados para  $f_{cm}$  podem ser encontrados pela média dos corpos-de-prova ensaiados, por isso, estruturalmente pode apresentar uma resistência abaixo do esperado. (OLIVEIRA ANDRADE & TUTIKIAN, 2011).

Por esse fator, estabeleceu um valor de  $f_{ck}$ , correspondendo a uma resistência que tem 5% de probabilidade de não ser alcançado nos ensaios. Inspirado nesse valor,

estabeleceu a resistência de cálculo à compressão ( $f_{cd}$ ), que possui um coeficiente de minoração de ( $\gamma_c = 1,4$ ).

Figura 2 - Curva de gauss



Fonte: HELENE, 1984.

### 3 BAMBU

O bambu possui amplas aplicabilidades, e nos países asiáticos são exploradas em todas as suas formas, apresentando grande eficiência. A aceitação ao seu uso pode e deve abranger todos os continentes, de forma a auxiliar na sustentabilidade que vem sendo um assunto tão importante, e que deve ser considerado em todos os âmbitos, inclusive na construção civil.

#### 3.1 HISTÓRICO

Pouco a pouco o ser humano foi conhecendo e descobrindo que na amplitude da beleza da natureza, existe uma capacidade indescritível de se beneficiar do que é ofertado, levando a uma exploração desenfreada, sem um conhecimento prévio dos acréscimos que cada material retirado pode apresentar.

Utilizado pelo homem desde a pré-história, vem se expandindo nos tempos atuais o interesse por aprimorar e incentivar o uso do bambu, buscar novos caminhos e utilidade para ele, almejando a sustentabilidade, a economia, obtendo resultados satisfatórios.

Sua utilização abrange as mais diversas áreas como instrumentos musicais, roupas, alimento, fabricação de papel e móveis, utensílios domésticos, transporte, construção civil, entre outros. A principal influência de uso do bambu vem da China, onde existe uma verdadeira adoração a tudo que pode ser oferecido, possui catalogada cerca 1.500 aplicações para a planta.

Com o passar do tempo às experiências asiáticas foram se espalhando pelo mundo, fazendo com que o bambu ocupasse espaços, substituindo materiais tradicionais, tanto na decoração como de forma estrutural. Um exemplo é na Índia, no famoso monumento localizado na cidade de Agra, o mausoléu Taj Mahal, construído pelo imperador muçulmano ShahJahan, entre os anos de 1631 e 1652, uma das sete maravilhas do mundo moderno, possui sua cúpula em estrutura de bambu (construção original).

O mesmo autor diz que nos anos de 1906, na cidade de Paris o brasileiro Alberto Santos Dumont dava seu primeiro voo a bordo de seu avião 14-bis, onde sua estrutura era constituída por bambu.

Outra forte influência é a Colômbia, tendo como propagador da ideia o Arquiteto Símon Velez que é uma referência mundial na utilização do bambu em construções e uma de suas obras está localizada em Pereira na Colômbia e é a Catedral de Pereira que possui sua estrutura feita de bambu. O uso desse material se alastrou de forma mais intensa após o país ser atingido por um terremoto em 1999 (DAVID *et al.*, 2012).

Buscando pelo histórico de utilização do bambu, podemos concluir que com o passar do tempo foram perdidas muitas de suas aplicabilidades, que hoje poderia agregar de forma bastante satisfatória. A necessidade de se buscar materiais alternativos para a construção civil fez com que em diversos estudos o bambu fosse inserido como material fundamental devido suas características, que é um material com bastante abundância em nosso país, auxilia em um assunto tão discutido como preservação do meio ambiente, além de resultar na redução do custo total de obra.

### 3.2 CARACTERÍSTICAS

O bambu, instrumento de estudo desse trabalho, possui diversas características que faz dele um ótimo aliado à construção civil. Essa planta é constituída de fibras dispostas paralelamente ao longo da direção longitudinal ao colmo, aspecto o qual faz dele extremamente resistente a tração, conseqüentemente podendo substituir o aço no concreto armado (SOUZA, 2002).

O colmo é bastante característico por possuir forma cilíndrica, e em toda sua estrutura existem entrenós ocos, que consiste em uma região entre um nó e outro. São nesses nós ou diafragmas que nascem os galhos e folhas, e são eles os responsáveis por garantir ao bambu maior rigidez, flexibilidade e resistência aos colmos (PEREIRA, 2001).

As fibras do colmo são constituídas de lignina e silício. As moléculas de lignina atribuem ao bambu rigidez, impermeabilidade, flexibilidade e resistência contra-ataques biológicos. Já o silício, que é o segundo elemento químico mais encontrado na Terra, oferece resistência mecânica ao material (SOUZA, 2002).

#### 3.2.1 Cultivo

Cultivar o bambu requer métodos simples, tomando o cuidado de não deixar as mudas próximas, umas da outra. Pode ser por sementes ou mudas, pois possuem pouca folhagem (BARBOZA *et al.*, 2008).

A época essencial para se cultivar é no período de chuvas. O seu desenvolvimento se adapta em diversos climas, sendo mais favorável em áreas quentes e com chuvas, pois a umidade é de grande importância. Não há exigência quanto solo, há alguns que devem ser evitados, como os ácidos e argilosos (SOUZA, 2002).

#### 3.2.2 Extração

Cultivar o bambu requer métodos simples, tomando o cuidado de não deixar as mudas próximas, umas da outra. Pode ser por sementes ou mudas, pois possuem pouca folhagem (BARBOZA *et al.*, 2008).

A época essencial para se cultivar é no período de chuvas. O seu desenvolvimento se adapta em diversos climas, sendo mais favorável em áreas quentes e

com chuvas, pois a umidade é de grande importância. Não há exigência quanto solo, há alguns que devem ser evitados, como os ácidos e argilosos (SOUZA, 2002).

### 3.2.3 Secagem

O método de secagem aperfeiçoa as características físicas e mecânicas, atingindo a umidade de 15%. Segue exemplos de secagem:

- Secagem ao fogo;
- Secagem ao ar;
- Secagem em estufa.

### 3.2.4 Tratamento

O tratamento das varas de bambu é feito com o intuito de preservar a mesma, pode ser feito de modo natural ou químico. O químico é mais eficiente, e aumenta a vida útil por 15 anos.

Exemplos de tratamentos naturais:

- Cura na própria mata;
- Cura por aquecimento;
- Cura por imersão.

Exemplos de tratamentos químicos:

- “Boucherie”;
- Transpiração das folhas;
- Tratamento por imersão.

## 3.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DO BAMBU

Assim como outros materiais, o uso do bambu na construção civil está propenso a vantagens e desvantagens. Sua utilização vem sendo estudada com a expectativa de que sejam diminuídas as suas desvantagens, fazendo com que o seu emprego seja mais difundido.

### 3.3.1 Vantagens

A utilização do bambu na construção civil reflete evidentemente na sustentabilidade que é um dos assuntos mais discutidos atualmente, é um desafio que vem sendo enfrentado pelo setor de construção e está tomando seu devido espaço.

O mercado está diante de uma situação que estão tendo que lidar com a restrição de recursos naturais, anteriormente sendo sua única opção mais viável, em decorrência iniciou uma procura por meios que não agridam o ambiente ou no mínimo diminua o impacto gerado por eles. A busca por materiais alternativos está tomando grandes proporções, abrindo caminhos para a sustentabilidade na construção civil (TEIXEIRA, 2006).

No Brasil, a maioria das famílias recebem pouco ou são desempregadas, a adoção de materiais sustentáveis na construção traz uma enorme vantagem para essa população, pois diminui os custos, alcançando mesmos resultados, sem implicar em conforto, durabilidade e na qualidade (TEIXEIRA, 2006).

São nessas oportunidades que se intensificou o estudo do bambu, comprovando sua eficácia em vários seguimentos, podendo substituir um material bastante usado, que é o aço, competindo de forma equivalente, conseguindo mesmo resultados, com a vantagem de ser um material renovável (ALVES, 2006).

As vantagens do seu uso na construção são incontestáveis, o bambu é um material que se tem em grande abundância na natureza, é altamente renovável possuindo rápido crescimento, não possui exigências em relação ao clima ou solo sendo de fácil adaptação. Em consequência possui baixo custo, e economia (RIBAS, 2010).

O bambu possui seu colmo oco, sendo leve e possuindo baixo peso específico, facilitando transporte e armazenamento. Não tem a necessidade de ser replantado após sua extração, visto que é autossustentável, e tem a capacidade de se regenerar, gera cerca de 20 toneladas por hectare (SOUZA, 2002).

### 3.3.2 Desvantagens

O emprego do bambu enfrenta várias etapas para enfim se fazer concreta, uma delas é a normatização. Diferentemente de outros materiais, para ele ainda não existem especificações técnicas para sua utilização na construção civil, dificultando o trabalho de projetistas e construtoras.

Quando em contato direto com a umidade o bambu tende a apodrecer, e por conter em sua parte interna uma quantidade concentrada de amido, torna-se atrativo, estando propenso a ataques de insetos, cupim, caruncho, que leva a sua degradação (SOUZA, 2004).

O bambu não possui padrão, devido a sua origem natural, há alteração quanto as dimensões do seu diâmetro, comprimento, espessura de sua parede, em sua maioria não lineares (TATIBANA *et al.*, 2016).

Esse material quando exposto a secagem excessiva se torna consideravelmente inflamável. Tende a rachar, ter fissuras e sofrer esmagamento, pode também contrair-se quando usado no concreto armado (SOUZA, 2002).

Exatamente para combater essas desvantagens que são feitos diversos estudos para que possa superar as mesmas, e fazer do bambu um perfeito aliado na construção civil. Em sua maioria, encontram-se soluções fáceis de serem aplicadas, como os tratamentos já referidos nesse capítulo, que possuem a finalidade de aumentar a qualidade do bambu.

Uma das principais barreiras que devem ser rompidas para efetivar a ideia de trazer o bambu para a construção civil no Brasil é o preconceito, consequentemente uma das piores desvantagens.

Diferente de diversos países, inclusive países vizinhos, o Brasil ainda não teve iniciativa para plantação em grande proporção, não se abriu para novas perspectivas e para os benefícios que sua utilização traria para um país que possui esse produto em abundância.

### 3.4 APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A aplicação de bambu na construção civil abrange várias áreas, como fôrmas de lajes, vigas, pilares, andaimes provisórios que já são muito usados em países asiáticos.

É de bastante proveito sua aplicação na parte estrutural da construção civil, que consiste na substituição do aço que é habitualmente usado, por bambu, alcançando os mesmos resultados (ALVES, 2006).

Alguns exemplos de bambu na estrutura são:

- Pilares e vigas com armaduras de bambu;

- Postes de concreto armado com tiras de bambu;
- Lajes de concreto armado com bambu.

O bambu pode ser empregado em sua forma inteira (roliça), que se adequa mais a parte de execução de tesouras, pilares, vigas, entre outros; na forma partida (talisca) quando utilizada como reforço do concreto; para execução de muros, parede, forros, é indicado a forma de régua, paredes, forros, assoalhos. Pode ser associado a outros materiais de construção como, solo-cimento, argamassa armada, concreto e gesso (ALVES, 2006).

## 4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Conforme apresentado, a utilização do bambu em substituição do aço é uma alternativa a ser estudada e desenvolvida, tendo como principais finalidades inicialmente estruturas de baixo pleito. O experimento realizado teve a finalidade de comparar concreto armado com bambu e concreto armado com aço.

### 4.1 MATERIAIS

Para ser executado o experimento foi realizado no Centro Tecnológico da Faculdade UniEvangélica, em Anápolis.

A confecção do concreto foi realizada com o uso do cimento Portland CP-II E 32, sendo o mais empregado na construção civil. Já os agregados graúdos e miúdo utilizados foram respectivamente, brita e areia.

A definição do traço utilizado na produção do concreto foi de acordo com o método ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), que consiste em um método de dosagem que busca o equilíbrio e a economia dos materiais, sendo eles cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água.

### 4.2 AÇO

Foram utilizados o aço CA 50 para as barras e CA 60 para estribos como armação dos corpos de prova convencionais, que atualmente são os mais aplicados na construção civil. Com a finalidade de compará-lo com armação feita de bambu, com a realização dos esforços mecânicos do concreto com o próprio aço, utilizando como referência informações apresentadas ao longo do curso e contidas na norma NBR 7480, 2008.

As armações de aço foram confeccionadas na loja Cidade Ferragens, localizada na Rua quatro no bairro cidade jardim na cidade de Anápolis, GO.

### 4.3 BAMBU

Para a realização do experimento foi utilizado como protótipo uma monografia de graduação em Engenharia Civil da cidade de Chapecó, da Universidade Comunitária da região de Chapecó.

A extração do bambu foi feita conforme indicações expressas no capítulo 3.2.2, sendo no mês de julho que possui um clima considerado seco, e seu corte será com distâncias de 20 a 30 cm do solo.

A extração do bambu foi realizada nas proximidades da GO 222, que liga a cidade de Anápolis á Nerópolis.

### 4.3.1 Colheita

Após a colheita do bambu, foi feita uma secagem em estufa a 100° C por 14 horas, conforme mostrado na figura 3.

**Figura 3 - Bambu na estufa**



**Fonte: PRÓPRIA.**

Após essa secagem o bambu foi direcionado aos cortes das taliscas, com auxílio de ferramentas apropriadas para a cortagem.

Após a cortagem das taliscas, foi envernizado seguindo as orientações como descrito na embalagem do verniz utilizado da marca luztol, com duas demãos com um intervalo de 6Hrs.

O tratamento do bambu foi por imersão, onde os colmos foram imersos em um recipiente com uma mistura de cimento e água relativamente, com a relação de 1:50, por 4 horas. Após esse período ele passa novamente pela secagem.

A opção de secagem utilizada foi na estufa, pois ocorre em um curto período de tempo. De acordo com estudos para atingir um teor de umidade que melhore a eficácia quando usado junto de elementos cimentícios é necessário um período de 14 horas a uma temperatura de 100° C, antes dos tratamentos e depois, o que a torna essa alternativa mais atrativa para o experimento em questão (MOURA et al., 2016).

### 4.4 MOLDES

Foram utilizados dois tipos de moldes, para ensaios específicos. Os moldes cilíndricos no ensaio tração na compressão, e os moldes prismáticos para ensaio de tração na flexão.

Foram moldados 8 corpos de prova cilíndrico com 15cm de diâmetro e 30cm de altura, sendo 4 armados com aço e 4 armados com bambu. E conforme disponível no centro tecnológico, foram utilizados 4 corpos de prova prismáticos com dimensões de 15x15x50cm, sendo 2 armados com aço e 2 armados com bambu, figura 4.

Após todas as armações e massa de concreto estarem prontas, foram produzidos os corpos de provas armados, sendo 6 armados com aço e 6 armados com bambu. Com isso foi realizado os testes para a comparação de armação feita com aço e armação feita de bambu.

**Figura 4 - Moldes cilíndricos e prismáticos**



Fonte: PRÓPRIA.

## 5 RESULTADOS

Neste capítulo será apresentado os resultados obtidos após o teste de compressão axial e tração na flexão dos corpos de prova experimentados.

### 5.1 ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL

Analisando o ensaio executado, de compressão axial, realizado com corpos de prova cilíndricos, obtivemos os seguintes resultados demonstrados no quadro 1:

**Quadro 1 - Resultado Ensaio de Compressão Axial**

<b>RESULTADO - ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL</b>			
<b>CORPOS DE PROVA</b>	<b>IDADE (DIAS)</b>	<b>TENSÃO RUPTURA (MPa)</b>	<b>CARGA RUPTURA (kgf)</b>
CONCRETO 01	28	28,1	22.480
CONCRETO 02	28	26,1	20.880
AÇO 01	28	22,4	40.310
AÇO 02	28	21,7	39.100
AÇO 03	28	21,7	39.170
AÇO 04	28	21,8	39.350
BAMBU 01	28	18,3	33.060
BAMBU 02	28	22,8	41.110
BAMBU 03	28	14,9	26.830
BAMBU 04	28	13,3	23.930

Fonte: PRÓPRIA.

Como é possível observar, temos os ensaios feito apenas com o concreto com o objetivo de conhecer a sua tensão, feitos com armadura de aço e de bambu, temos as seguintes tensões de ruptura médias:

- Corpo de prova apenas com concreto: 27,10 MPa;
- Corpo de prova armado com aço: 21,90 MPa;
- Corpo de prova armado com bambu: 17,33 MPa.

Através desses resultados conseguimos concluir que a tensão de ruptura dos corpos de prova armado com bambu corresponde a 79% da tensão dos corpos de prova armado com aço, alcançando uma boa resistência, tendo o aço sobressaindo apenas 21% em sua resistência.

É importante ressaltar que como o objetivo do trabalho era estudar o uso do bambu em substituição do aço, foi experimentado a armadura em corpo de prova cilíndrico para compressão axial, o que não é usual. O mesmo só foi realizado porque todos os estudos que utilizam o bambu como “armadura” são poste que se assemelham a pilares, que possuem o esforço principal, a compressão, assim, surgiu a curiosidade de conhecer os resultados deste teste.

## 5.2 ENSAIO DE TRAÇÃO NA FLEXÃO

Colocando em análise os resultados obtidos com o rompimento dos corpos de prova prismáticos temos os seguintes resultados conforme quadro 2:

**Quadro 2 - Resultado Ensaio de Tração na Flexão**

<b>RESULTADO - ENSAIO DE TRAÇÃO NA FLEXÃO</b>			
<b>CORPOS DE PROVA</b>	<b>IDADE (DIAS)</b>	<b>TENSÃO RUPTURA (MPa)</b>	<b>CARGA RUPTURA (kgf)</b>
AÇO 01	28	1,1	7.580
AÇO 02	28	1,0	7.110
BAMBU 01	28	0,7	4.740
BAMBU 02	28	0,5	3.690

Fonte: PRÓPRIA.

Comparando a média dos resultados da tensão de ruptura, temos para corpos de prova de aço o valor de 1,05 MPa e para os corpos de prova feitos com bambu 0,6 MPa.

Com esses resultados, conseguimos afirmar que o concreto armado reforçado com bambu resiste a cerca de 57% da carga quando comparado ao concreto reforçado com aço, o aço ainda se sobressai suportando 43% a mais que o bambu.

## 5.3 CONSIDERAÇÕES

Com base no analisado nos ensaios acima, evidenciou que o bambu teve uma boa eficácia, e seu comportamento foi melhor no ensaio de compressão quando comparado ao do aço.

Analisando o rompimento dos corpos de prova prismáticos conseguimos observar que os corpos armados com aço (figura 5), criou-se uma flecha na viga ao ser rompida, algo característico e que indica um bom aproveitamento do aço.

**Figura 5 - Corpo de prova armado com aço rompido**



**Fonte: PRÓPRIA.**

Já nos corpos de prova armados com bambu (figura 6), é possível ver que a fissura foi única, sem a criação de flecha, sendo assim temos que no resultado o bambu não teve seu aproveitamento máximo.

**Figura 6 - Corpo de prova armado com bambu rompido**



**Fonte: PRÓPRIA.**

Tempos alguns fatores que podem ter interferido diretamente nas resistências resultantes dos corpos de prova armados com bambu, como:

- O bambu mesmo colhido de um mesmo local, apresenta diferentes características em relação ao seu colmo;
- Pode ter ocorrido alguma falha em sua concretagem, que não seja visível;

- O posicionamento das taliscas, apesar do uso de espaçadores, executados com cautela, podem ter influenciado um esforço não intencional, ou inesperado dos colmos ou nós do bambu;
- A aderência das taliscas com o concreto também tem influência no resultado, pois o bambu não apresenta ranhuras;
- E o principal, sua impermeabilização. Foi seguido o processo de impermeabilização com verniz, e a forma de aplicação foi feita conforme instruções do fabricante, obedecendo intervalo de tempo e demãos necessárias, mesmo assim pode não ter sido o suficiente para o nosso experimento ter seu sucesso em absoluto.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentado, foi realizado tendo em base outros estudos referentes ao mesmo assunto citados ao longo do desenvolvimento, assim, os resultados complementaram nosso interesse e despertou várias dúvidas para pesquisas futuras. A execução experimental foi realizada com cuidado e rigor para que obtivesse um máximo aproveitamento, assim, despertando o interesse da continuação do estudo, visando dentre tantas vantagens, diminuir os impactos no ambiente decorrente a extração e fabricação do aço.

Os testes com o bambu obtiveram resistências consideráveis, o que torna essa substituição viável, com ressalva ao tipo de estrutura. O dimensionamento é semelhante ao do concreto armado, porém, considerando fatores de segurança mais elevados tais como os usados em estruturas de madeira, devido às características inconstantes de um elemento natural. Como utilizado no experimento apresentado no capítulo 4, onde foi considerado a mesma área dos componentes nos corpos de prova armados com bambu e aço, para que seu os ensaios fossem justos.

Outro aspecto importante, que deve ser ressaltado, é o tratamento do bambu, a impermeabilização das taliscas é de extrema importância para se obter bons resultados, além de materiais que auxiliem a aderência do material ao concreto.

Levando em consideração as observações citadas, a partir dos resultados obtidos nesse trabalho, interpretamos que a utilização do bambu em substituição ao aço em concreto armado é bastante válida para pequenas construções populares, obras rurais, devido ao baixo custo ou às vezes nenhum custo do material, o que agrega na economia do custo total de produção, algo que está sendo buscado constantemente.

## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ações e segurança nas estruturas – procedimento: NBR8681**. 2004

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto– Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova: NBR5738**. 2015

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto de cimento Portland-Preparo, controle, recebimento e aceitação-Procedimento: NBR12655**. 2015

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto-Procedimento: NBR6118**. 2014

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos: NBR12142.** 2010

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência: NBR8953.** 2015

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto e argamassa – Determinação diametral de corpos de prova cilíndricos: NBR7222.** 2010

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado: NBR7480.** 2008.

ALVES, J.D. *Materiais Alternativos de Construção.* Goiânia: Editora UCG, 2006.

BARBOZA, A.S.R.; BARBIRATO, J.C.C.; SILVA, M.M.C.P. **Avaliação do uso de bambu como material alternativo para a execução de habitação de interesse social.** 2008. 15 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado: Segundo a NBR 6118:2014.** 4ª edição. São Carlos: EdUFSCar, 2014.

**Cidade da Índia mistura modernidade com arquitetura histórica.** 2018. Disponível em: <<https://www.institutodeengenharia.org.br/site/2018/12/11/cidade-da-india-mistura-modernidade-com-arquitetura-historica/>>.

CECHELA, G. *A Evolução Do Concreto Estrutural.* São Paulo. Editora IBRACON, 2011

DAVID, P.L.D.; CAVERSAN, A.L.; PEREIRA, M.A.R. **Panorama da utilização do bambu na habitação.** 2012. 15 f. Monografia (Especialização) - Curso de Design, Unesp, Bauru, 2012.

KAEFER, Luiz Fernando. **Concepção, Projeto e Realização das estruturas: aspectos históricos. A Evolução do Concreto Armado.** Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) USP, São Paulo, 1998.

LOSCHIAVO, R. **Simon Velez – Bambu.** 2014. Disponível em: <[http://www.ecoeficientes.com.br/simonvelezbambu/?fb\\_comment\\_id=521698857913874\\_675199142563844](http://www.ecoeficientes.com.br/simonvelezbambu/?fb_comment_id=521698857913874_675199142563844)>.

MEIRELLES, C.R.M.; OSSE, V.C. **A utilização do bambu na arquitetura: as questões de conforto ambiental e estrutura.** 2010. 10 f.

MIRANDA, E. **Bambu é alternativa de renda na produção familiar.** 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34230725/bambu-e-alternativa-de-renda-na-producao-familiar>>

MOURA, C.R.; VALENTINA, L.V.O.D.; VIEIRA, A. **Processo de secagem de fibras de bambu para aplicação em reforço de matrizes.** In: 22ºCBECiMat- CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 2016, Natal, p. 2730 - 2737.

PEREIRA, M.A.R. **Bambu: Características e Aplicações** UNESP, 2001, 58p.

RIBAS, R.P. **Bambu: Planta de Grande Potencial no Desenvolvimento Sustentável,** 2010, 16 f.

SIMÃO, P.S. **Desenvolvimento com sustentabilidade.** 2014. Disponível em:<[https://cbic.org.br/wpcontent/uploads/2017/11/Desenvolvimento\\_Com\\_Sustentabilidade\\_2014-1](https://cbic.org.br/wpcontent/uploads/2017/11/Desenvolvimento_Com_Sustentabilidade_2014-1)>.

SOUZA, A.P.C.C. **Bambu na habitação de interesse social no Brasil.**2002. 29f. TCC (Graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Puc Minas, Belo Horizonte, 2002.

VASCONCELOS, A.; ISAIA, G. C. Retrospectiva do concreto no Brasil. In: ISAIA, G. C. (Ed). **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações.** V.1. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2005. P. 45-74.

TATIBANA, R.M.; REIS, M.P.; BIANCHI, G. **Cidades Verdes: Bambu como matéria prima para construções sustentáveis.**Anap, v. 4, n. 10, 2016.

TEIXEIRA, A.A. **Painéis de bambu para habitações econômicas:Avaliação do Desempenho de Painéis Revestidos com Argamassa.**2006. 204 f. Monografia (Especialização) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília - Unb, Brasília, 2006.

ZAFFARI, V. **Arquitetura contemporânea em aeroportos.** 2012. Disponível em: <<http://verazaffari.com.br/blog/2012/06/arquitetura-contemporanea-em-aeroportos/>>.

ROCHA, ANA. **Mestrado integrado em arquitetura.**2016. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/40369864-Mestrado-integrado-em-arquitetura-schinkel-e-o-desenho-da-cidade-de-berlim-ana-rita-forjaz-rocha-m2016.html>>.