



**FACULDADE PRESIDENTE ANTONIO CARLOS – FAPAC INSTITUTO
TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTONIO CARLOS PORTO LTDA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

GLEICILENE MOREIRA FERREIRA

**CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICA DE CONCRETO COM
ADIÇÃO DE FIBRAS DE BAMBU - PORTO NACIONAL/TO**

**PORTO NACIONAL - TO
2019/1**

GLEICILENE MOREIRA FERREIRA

**CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICA DE CONCRETO COM
ADIÇÃO DE FIBRAS DE BAMBU - PORTO NACIONAL/TO**

Projeto de Pesquisa submetido ao Curso de Engenharia Civil da FAPAC / ITPAC PORTO NACIONAL, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área: Construção Civil.

Orientador: Prof. Me. Fernando Antonio da Silva Fernandes.

Coorientador: Prof. Me. Diogo Pedreira Lima.

**PORTO NACIONAL – TO
2019/1**

GLEICILENE MOREIRA FERREIRA

**CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICA DE CONCRETO COM
ADIÇÃO DE FIBRAS DE BAMBU - PORTO NACIONAL/TO**

Projeto de pesquisa submetido ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda., como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Apresentado e defendido em ____/____/____ () APROVADO () REPROVADO

Banca examinadora:

Orientador: Professor Me. Fernando Antonio da Silva Fernandes

Professor: Esp. Diogo Luiz Quixabeira Camargo

Professor: Alesi Teixeira Mendes

**PORTO NACIONAL -TO
2019/1**

RESUMO

A busca por materiais que não agredam o meio ambiente com redução do custo de produção é cada vez maior em todo o mundo. No setor da construção o concreto é o material mais consumido no mundo, sua produção com adição de fibras bambu pode contribuir para minimizar os impactos ambientais e o custo de produção com a redução da extração dos recursos naturais. Este trabalho busca investigar as propriedades mecânicas do bambu localizado na região de Porto Nacional/TO e sua aplicação como agregado graúdo na produção do concreto de cimento Portland. Será feito a caracterização e avaliação das propriedades mecânicas do bambu e sua resistência a compressão axial aos 56 dias dos corpos de prova produzidos com adição de fibras de bambu em substituição do agregado graúdo. A fibra de bambu utilizado terá como percentuais de substituição fixados em 5% a 25%. Por meio dos ensaios que serão executados será feito a verificação da possibilidade de incorporação das fibras de bambu na produção do concreto, cujos resultados visa apresentar um concreto com boa trabalhabilidade e um aumento de resistência a compressão com adição da fibra de bambu ao longo da sua vida (cura), viabilizando sua possível produção e aplicação em pequenas construções.

Palavras-chave: Concreto. Fibras de bambu. Propriedades mecânicas. Resistência.

ABSTRACT

The search for materials which do not unduly the environment by reducing the cost of production is increasing throughout the world. In the construction industry the concrete is the material most consumed in the world, its production with the addition of bamboo fibers can contribute to minimizing environmental impacts and the cost of production with the reduction of the extraction of natural resources. This study seeks to investigate the mechanical properties of bamboo located in the region of Porto Nacional/TO and its application as big aggregate in concrete production of Portland cement. Will be done the characterization and evaluation of mechanical properties of bamboo and its resistance to axial compression to 56 days of the bodies of evidence produced with the addition of fibers of bamboo in replacement of big household. The bamboo fiber used as replacement percentage will be fixed in 5% the 25%. By means of tests that will be carried out will be done to check the possibility of incorporation of bamboo fibers in the production of concrete, whose results aims to present a concrete with good workability and an increase in resistance to compression with addition of bamboo fiber throughout his life (cure), enabling its possible production and application in small buildings.

Keywords: Concrete. Bamboo fibers. Mechanical properties. Resistance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dosagem ou mistura de aglomerantes em betoneiras.	15
Figura 2 – Ensaio de abatimento de tronco de cone.	19
Figura 3 – Espécie de Bambu Vulgaris	24

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Propriedades de resistência à compressão axial.....	28
Gráfico 2 – Propriedades de resistências à compressão diametral.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Limite de abatimento no Slump test	19
Tabela 2 – Propriedades mecânicas do bambu <i>Dendrocalamus giganteus</i>	26
Tabela 3 – Propriedades do concreto	26
Tabela 4 – Massa específica dos colmos do bambu brasileiro	27

LISTA DE SIGLAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM – *American Society for Testing and Materials*

CBCS – Conselho Brasileiro de Cimento Sustentável

CPII-E – Cimento Portland Classe dois Composto com Escória

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

a/c – Relação água cimento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1. OBJETIVO GERAL	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1. CONCRETO	14
3.1.1. Homogeneização	16
3.1.2. Trabalhabilidade	16
3.1.3. Fator água cimento	18
3.1.4. SlumpTest	18
3.1.5. Incorporação de ar	20
3.1.6. Porosidade	21
3.1.7. Resistência do concreto	22
3.2. BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL	23
3.2.1 Resistência mecânica do bambu	25
4. METODOLOGIA.....	29
4.1. MATERIAIS	29
4.2.MÉTODOS	30
4.2.1. Modelagem dos corpos de prova.....	30
4.2.2. Ensaio de resistência a compressão	31
4.2.3. Ensaio de resistência à compressão axial	32
5. CRONOGRAMA.....	34
6. RESULTADOS ESPERADOS	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

O concreto é o material mais consumido no mundo devido a sua vasta importância e aplicação na construção civil (BARBOZA; DE ALMEIDA FILHO, 2018; BITTENCOURT, 2009). No setor da construção civil, as aplicações e produções do cimento, é visto como um dos processos mais agressivos ao meio ambiente (FERNANDES; SERPA, 2017).

De acordo com Cordeiro et al. (2019), na área de construção civil o concreto é o maior gerador de resíduos sólidos, e consome apenas 20% a 50% das matérias-primas extraídas do meio ambiente.

No Brasil, a construção civil além de consumir cerca de 75% de todos os recursos naturais disponíveis no meio ambiente, também é responsável por consumir cerca de 44% de toda a energia produzida no país (CORDEIRO et al., 2017).

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), cada tonelada de cimento gera em torno de 0,8 toneladas de gás carbônico (BONATO et al., 2014). Assim, o setor é considerado um dos responsáveis pela emissão de 5% de gases lançados na atmosfera e, também por contribuir no aumento do efeito estufa, devido o vasto consumo de insumos, como o cimento e o aço (SILVA; GOMES; SAADE, 2018).

Atualmente, vem crescendo de forma significativa, a busca por materiais alternativos que venha contribuir com a eficiência do concreto em sua produção (CAMPOS, 2015). Entre as adições mais estudadas na composição do concreto estão a sílica ativa, as cinzas volantes e os resíduos agroindustriais (PEREIRA et al., 2015), um exemplo, estão os materiais reaproveitáveis como a borracha de pneu, garrafas PETS, PVC, cinza, casca de arroz, entulhos, entre outros (CAMPOS, 2015).

Em contrapartida, nos dias atuais, as fibras naturais têm se destacado em estudos entre as adições mais utilizadas para melhorar certas características do concreto, principalmente para reduzir os efeitos de fissuração no concreto em estado endurecido (FIGUEIREDO, 2017).

Assim, diversas fibras têm sido conseqüentemente adicionadas na dosagem do concreto, como as fibras de aço, vidro, bambu, bagaço de cana, caroço de açaí, entre outros, a fim de proporcionar melhorias relacionadas a durabilidade e resistência mecânica entre os materiais (FIGUEIREDO, 2017).

Entre os materiais ecologicamente corretos, o bambu é uma matéria-prima vegetal que possui eficientes propriedades mecânicas e de grande potencial a ser explorado pela engenharia civil, tornando – se um material de construção renovável em relação aos insumos normalmente utilizados como a madeira convencional (BRAGA FILHO et al., 2010; LIMA JÚNIOR et al., 2005).

De modo geral, o bambu na construção civil pode substituir a madeira convencional, o ferro em construções de casas, muros, prédios, pontes, entre outras obras (CAMPOS, 2009). Também se destaca por suas características mecânicas, visto que, seu peso é 90% menor que os materiais similares na construção civil, os cabos de bambus traçados obtêm uma resistência semelhante ao aço, sendo que sua resistência específica é mais eficiente do que o concreto (MOTA et al., 2017).

Pode-se afirmar que é impossível uma construção civil não denegrir o meio ambiente, mas podem-se reprimir esses impactos que afetarão as gerações futuras, com a utilização de insumos em construções que prejudiquem menos o meio ambiente (FERNANDES; SERPA, 2017). Logo, o bambu é o material que agrega grandes benefícios ecológicos, além de absorver CO₂ da atmosfera, é um recurso renovável que gera menos impacto ambiental, reduzindo cerca de 30% do custo final de uma obra (GHAVAMI; MARINHO, 2005; SILVA et al., 2015).

A fim de diminuir os gastos energéticos e aumentar a sustentabilidade nas construções civis, através da redução na extração dos agregados naturais e, constituir uma opção plausível e viável na produção do concreto, o presente trabalho visa realizar um estudo de adição de fibras de bambu como agregado gráúdo no concreto, analisando a sua influência na resistência à compressão axial para que possa verificar a possibilidade de utilização em pequenas construções.

2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GERAL

Produzir um traço de concreto com a utilização de fibras de bambu na adição de agregados, para caracterizar sua resistência mecânica na produção do concreto de cimento *Portland*.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar a resistência do bambu à compressão axial;
- Caracterizar as propriedades mecânicas do bambu;
- Definir a quantidade de fibras de bambu que será adicionado no traço do concreto;
- Avaliar a resistência dos corpos de provas de bambu-concreto à compressão axial.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. CONCRETO

O concreto é considerado atualmente o material mais consumido no mundo, pois, possui propriedades mais viáveis em comparação a outros materiais. Sendo o principal e o segundo produto mais utilizado na construção civil, superado apenas pela água (COUTO et al., 2013).

No Brasil, assim como em outros países, o concreto também tem o seu papel de destaque sendo o principal e mais consumido material de construção (HELENE; ANDRADE, 2010). Porém, a sua prática atual no processo de produção de concreto em construções é considerada insustentável, pois, além de consumir enormes quantidades de recursos naturais e matéria-prima como pedra, areia, água e cimento também é responsável por emitir cerca de 30% de gases na atmosfera (KARA; KORJAKINS; STOKMANIS-BLAUS, 2012).

De acordo com a *American Society for Testing and Materials* (ASTM), o concreto é um material constituído por partículas aglutinadas de diferentes naturezas, tais como os agregados, os aglomerantes, os aditivos químicos e adições, desenvolvendo através das suas propriedades o endurecimento da pasta de cimento.

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 7211:2009, define agregados na construção civil como um material natural que possui dimensão nominal mínima igual ou superior a 4,8 mm e dimensão nominal máxima inferior a 152 mm, classificados como agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (pedra ou brita).

Os aglomerantes (cimento) é um material em forma de ligante que tem por finalidade promover a unificação dos agregados, quando em contato com a água forma uma pasta moldável e maleável, podendo ser utilizados na obtenção de argamassas e concreto (HAGEMANN, 2011). Não existe restrição quanto ao tipo de cimento para o concreto com fibras, porém, o tipo de cimento deve estar de acordo com a utilização e a resistência requerida (MEDEIROS, 2012).

A NBR 11768:2011 da Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT) afirma que as incorporações de aditivos químicos ou adições minerais como (cinza volante, pozolânicos, sílica ativa e outros) adicionadas em pequenas proporções, pode proporcionar algumas vantagens no processo da mistura. Na produção do concreto essas vantagens podem modificar ou melhorar suas propriedades

mecânicas no estado fresco e endurecido (MEDEIROS; RAISDORFER; HOPPE FILHO, 2017).

O concreto pode ser classificado em função da sua massa específica, entre os intervalos de 2000 kg/m³ a 2800 kg/m³, obtida em diferentes dosagens da mistura, concretos com esta resistência são indicados para obras estruturais (BITTENCOURT, 2009). Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 8953:2015, os concretos podem também ser classificados em relação à sua resistência à compressão aos 28 dias. Concreto de baixa resistência: menos de 20MPa (não adequado à finalidade estrutural, segundo a NBR 6118:2014), concreto de resistência normal: de 20 a 50Mpa, concreto de alta resistência: mais de 50 Mpa (LIMA et al., 2014)

De modo geral, o concreto é uma mistura homogênea de cimento, agregados miúdos e graúdos, em determinadas proporções de água, com ou sem incorporação de aditivos químicos ou adições (SILVA; DEMETRIO; DEMETRIO, 2015). Quando misturados, esses elementos recebem o nome de dosagem (COUTO et al., 2013). Para a dosagem mecânica e obtenção de uma melhor homogeneização entre os materiais, recomenda-se o uso de betoneiras estacionária (CORDEIRO et al., 2017). A Fig.1 apresenta uma betoneira estacionária.

Figura 1 – Dosagem ou mistura de aglomerantes em betoneiras



Fonte: Cordeiro et al., (2017).

Considerado uma das etapas importantes na construção civil, a homogeneização dos aglomerantes, forma-se uma pasta definida como argamassa

(COUTO et al., 2013; PILS et al., 2019), que ainda em estado fresco apresenta uma consistência fluida ou plástica de fácil trabalhabilidade e aplicação, sendo possível moldar nos mais variados formatos e dimensões com o auxílio de formas (SOBRAL, 2000). As principais características do concreto durante essa fase, podem ser representadas como trabalhabilidade, coesão, segregação e exsudação (ANGELIN; LINTZ; BARBOSA, 2018).

3.1.1. Homogeneização

Hoje, no Brasil, o concreto pode ser misturado utilizando os seguintes processos: concreto de uso manual, muito utilizado em pequenas obras; concreto de uso mecânica, utilizado com auxílio de betoneiras; concreto usinado fornecido direto de empresas especializadas e transportadas em caminhões betoneiras (CORDEIRO et al., 2017; MATTA et al., 2014;).

A mistura mecânica, além proporcionar maior produção do concreto e rapidez na execução das obras, permite uma mistura mais homogênea (LARA, 2013). Para o uso de betoneiras recomenda-se, inicialmente colocar uma parte da água e em seguida os demais materiais, seguindo uma ordem específica: brita, cimento, areia e o restante da água, o tempo de mistura deve ser de 3 a 4 minutos (COUTO et al., 2013). Para um concreto com qualidade necessita de diversos cuidados, que vão desde a escolha dos materiais, a dosagem do traço, a homogeneização da mistura através do uso de betoneiras, a sua correta aplicação e, o adensamento realizado de forma adequada (LIMA et al., 2014).

Deve – se ter uma atenção especial sobre o excesso de água colocado na mistura, para não ocasionar vazios na pasta de cimento, após o seu endurecimento (BARBAR, 2017). O concreto deve ser transportado, lançado nas fôrmas e adensado corretamente (COUTO et al., 2013), a cura correta, também irá garantir uma perfeita hidratação do cimento Portland, resultando em um produto de elevada qualidade final (MELADO, 2016).

3.1.2. Trabalhabilidade

A granulometria dos agregados graúdos têm uma grande influência na qualidade dos concretos e argamassas, agregados com formatos arredondados e

lisos facilitam no adensamento e na mistura entre os materiais, e agregados que apresentam superfícies rígidas ou ásperas aumentam a resistência do concreto (LARA, 2013). Agregados com formatos geometricamente definidos possuem maior facilidade de adensar-se do que agregados com formatos indefinidos (FABIAN S. CAMPOS; BOZETTE MAZINI; A. DA SILVA NETO, 2012).

A relação entre o cimento e os agregados por peso específico ou por densidade volumétrica, pode determinar certas características de maior relevância na produção do concreto, durante o intervalo em que ainda se encontra em estado fresco, como a consistência dos materiais, a homogeneização dos agregados e coesão entre os elementos, a combinação dessas três características é denominada trabalhabilidade (SOBRAL, 2000).

A trabalhabilidade é uma das propriedades mais importantes do concreto devido à aglomeração de seus componentes físicos (ALMEIDA, 2002). Quando a mistura possuiu alta trabalhabilidade, conseqüentemente houve melhor adensamento do concreto e redução de grandes poros, além da resistência à segregação e homogeneidade.(GROSSO; FLORESTA, 2018).

Porém, há uma grande desvantagem na trabalhabilidade ao usar fibras no concreto. Como afirma, Mehta e Monteiro (2014, p. 561):

É bem conhecido que a adição de qualquer tipo de fibra em concreto convencional reduz a trabalhabilidade. Independentemente do tipo de fibra, a perda da trabalhabilidade é consideravelmente proporcional ao volume de concentração de fibras no concreto [...]. Geralmente, o requisito de trabalhabilidade adequada de mistura contendo fibras pode ser alcançado com o uso de ar incorporado, aditivos plastificantes, maior quantidade de pasta de cimento (com ou sem pozolana), e uso de fibras coladas em conjunto.

Castro e Pandolfelli (2009), afirma que a combinação de aditivos plastificantes e adições de fibras na produção de concretos, possibilita melhor trabalhabilidade (quando no estado fresco), alta resistência mecânica e durabilidade (quando no estado endurecido). De acordo com o fabricante, este aditivo foi desenvolvido para proporcionar excelente trabalhabilidade sem causar segregação ao concreto, reduzindo os efeitos por cavidades superficiais por permitir boas características no acabamento superficial (WOLF DE GOES et al., 2016).

Assim, para garantir a viabilidade econômica, bem como o desempenho adequado dos concretos reforçados com fibras de bambu, deve-se aplicar

metodologias de dosagem que otimizem o seu consumo, para atender melhor às exigências de desempenho (FIGUEIREDO, 2011).

3.1.3. Fator água cimento

A qualidade do concreto é fortemente influenciada em função da alteração entre a relação água/cimento, sua fluidez da pasta, depende muito da distribuição granulométrica entre o cimento e a quantidade de água a ser adicionada, quanto maior for a relação a/c, maior será o seu desempenho mecânico e sua durabilidade (HELENE; ANDRADE, 2010).

Para determinar a fluidez da pasta, utiliza-se, os parâmetros mínimos estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 12655:2015, com variações entre 0,60; 0,50; 0,40 e 0,30. A Fig. 2 representa a determinação da relação água/cimento em função das resistências do concreto e do cimento aos 28 dias de idade.

Porém, o uso de fibras com baixa relação água/cimento implica na redução da trabalhabilidade ou na utilização de um alto teor de cimento para a finalidade desejada (CASTRO; PANDOLFELLI, 2009).

Para a produção de concretos de alto desempenho e baixa relação água/cimento é necessário a utilização de aditivos plastificantes para aumentar a fluidez do concreto durante a aplicação do material (TIECHER et al., 2019). A adoção do uso do plastificante tem o intuito de melhorar a trabalhabilidade da argamassa (PEREIRA et al., 2015).

Fernandez et al. (2018), em ensaios realizados com fibras observaram, que a utilização de aditivos plastificantes, melhora no controle da consistência do concreto. Portanto, é necessário determinar a quantidade de água que será absorvida pelas fibras, e compensa-la durante a mistura, para não afetar a trabalhabilidade do concreto (AMARIO; PEPE; TOLEDO FILHO, 2018).

3.1.4. *SlumpTest*

No estado ainda fresco a relação entre os componentes do concreto é chamada de traços do concreto que são submetidos ao ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone, mais conhecido como *Slump test*, método de ensaio

definido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR NM 67: 1998 (GUPTA; BIPARVA, 2017).

Segundo a NBR 6118:2003, a consistência do concreto deve estar em conformidade com as dimensões da peça a ser concretada, com a distribuição da armadura em seu interior e com os processos de lançamento e adensamento a serem utilizados.

Para realizar esse procedimento, deve-se preencher o cone com três camadas de concreto, cada camada deve ser adensada com 25 golpes, assim cada seção será distribuída uniformemente, conforme a ABNT NBR NM 67: 1998, após a remoção do cone, o abatimento do concreto determinará o resultado do ensaio, com medida de abatimento expressa em mm (LARA, 2013). A Tab. 1 apresenta numericamente a consistência dos concretos em mm.

Tabela 1 – Limite de abatimento no *Slump test*

Concretos	<i>Slump test</i> (mm)	Tipo de obra	Adensamento
Extremamente secas	0	Pré-fabricação	Condições especiais de adensamento
Muito seca	0	Grandes massas Pavimentação	Vibração muito energética
Seca	0 – 20	Estruturas de concreto armado ou protendido	Vibração energética
Pouco plástico	20 – 70	Estruturas correntes	Vibração normal
Plástico	70 – 120	Estruturas correntes	Adensamento manual
Muito plástico	120 – 200	Estruturas correntes (sem grandes responsabilidades)	Adensamento manual
Fluido	> 200	Concreto inadequado para qualquer uso	

Fonte: Figueredo (2017), adaptado pelo autor.

Assim, o *slump test* após a mistura do concreto, determina-se o resultado do ensaio em parâmetros para mensurar a trabalhabilidade (FABIAN S. CAMPOS; BOZETTE MAZINI; A. DA SILVA NETO, 2012), propriedade do concreto fresco que identifica a facilidade com que ele é manuseado em determinada aplicação, conservando a mistura coesa e homogênea, em que o material pode ser misturado, lançado, adensado e acabado (LARA, 2013). A Fig.2 apresenta o ensaio de abatimento de tronco de cone.

Slump test

Figura 2 – Ensaio de abatimento de tronco de cone



Fonte: Mendes (2016).

3.1.5. Incorporação de ar

Os aditivos incorporadores de ar são agentes químicos de superfície, quando adicionado à argamassa ou ao concreto, melhora as suas propriedades mecânicas, como fluidez e leveza, podendo ser usado em concretos e argamassas (TORRES et al., 2014).

A presença dos vazios pode alterar a orientação dos produtos da hidratação do cimento durante a incorporação de ar no estado fresco, dessa forma a obtenção de vazios gerados no concreto pode influenciar as propriedades do material em uso (JEAN, 2009). Porém, o excesso de ar incorporado diminui a resistência mecânica do concreto, deste modo, o ar incorporado é de extrema importância na qualidade final do concreto, sendo necessário obter um teor que não reduza significativamente sua resistência mecânica e que garanta sua durabilidade (BARBAR, 2017).

O ar incorporado apresenta algumas vantagens, como melhorar a densidade do concreto e argamassas, possui excelente fluidez e estabilidade ao concreto, substitui o uso da cal e proporciona melhores resultados na homogeneização (BRAZ; NASCIMENTO, 2015).

Segundo Duran e Fracaro (2011), incorporador de ar reduz a tensão superficial da água adicionando ao concreto, tornando-os mais coesivos, aumentando sua resistência mecânica e diminuindo a segregação. Assim, é necessário que haja um controle no teor de ar incorporado, por meio da determinação feita através da análise da densidade das massas no estado fresco (JEAN, 2009).

O intuito de utilizar aditivos incorporadores de ar ao concreto é gerar pequenas bolhas, estas bolhas de ar incorporado aumentam a porosidade do concreto e provocam efeitos em determinadas propriedades como a trabalhabilidade e a permeabilidade sem necessidade de provocar reduções de resistências (BARBAR, 2017).

3.1.6. Porosidade

O aumento da absorção e do índice de vazios é justificado através da porosidade característica do material e de sua alta capacidade de absorção de água (FABIAN S. CAMPOS; BOZETTE MAZINI; A. DA SILVA NETO, 2012). Dificilmente consegue-se obter um concreto que não seja poroso, isso vai depender do tipo de dosagem, do adensamento, da porcentagem de água e do uso ou não de aditivos (CASTRO; PANDOLFELLI, 2009).

Em relação à porosidade, o que realmente interessa para um concreto ser durável é a relação entre, o tamanho e a distribuição dos diâmetros dos poros de seu interior (CORDEIRO et al., 2019). A baixa porosidade proporciona um aumento significativo na resistência mecânica do concreto (ASSIS et al., 2007). Quanto mais poroso o agregado maior será a redução na resistência do concreto (NETO; OLIVEIRA; RAMOS, 2011).

Atualmente, para se conseguir uma limitação da continuidade dos poros, há uma tendência de se adicionar, além das já consagradas adições pozolânicas, produtos inertes à composição dos cimentos, concretos e argamassas (CORDEIRO et al., 2019).

A adição de aditivos plastificantes, além de diminuir a quantidade de água necessária para a obtenção da trabalhabilidade desejada, ajuda a melhorar a porosidade de forma considerável na durabilidade do concreto (CASTRO; PANDOLFELLI, 2009).

3.1.7. Resistência do concreto

A resistência do concreto, tem suas variações de acordo com a proporção dos materiais que os constituem, além, é claro, da incorporação de novos materiais e técnicas construtivas (PEREIRA et al., 2015).

A qualidade dos materiais tem grande influência na produção do concreto, como também o tipo de preparo da dosagem, uma vez correta a mistura, irá determinar um traço que garanta uma boa resistência e durabilidade desejada, além da escolha, cuidados especiais devem ser lembrados durante a mistura e no lançamento do concreto (DURAN; FRACARO, 2011). Logo, a resistência do concreto depende de três fatores básicos: resistência do agregado; resistência da pasta; resistência da ligação entre a pasta e o agregado (BARBOZA; DE ALMEIDA FILHO, 2018).

Para os agregados, a análise granulométrica, envolve o módulo de finura dos agregados miúdos e a dimensão máxima do agregado graúdo, também a massa específica e a massa unitária compactada (BARBAR, 2017). A água é responsável pelas reações de hidratação do cimento, que vai permitir a ligação entre os componentes do concreto e fornecer a plasticidade da mistura (DURAN; FRACARO, 2011). Neto; Oliveira; Ramos (2011), afirma que o tipo do agregado influencia tanto no módulo como na resistência do concreto à compressão do concreto.

Segundo a Associação Brasileira das empresas de serviços de concretagem (ABESC), o aditivo plastificante possibilita a redução de no mínimo 6% da água durante o processo de dosagem, possibilita a redução ao consumo do cimento de acordo com a trabalhabilidade e resistência, e assim aumenta o índice de consistência (DURAN; FRACARO, 2011). Assim, os aditivos plastificantes têm a finalidade melhorar as propriedades do concreto nas primeiras idades sem, promover qualquer efeito adverso para tempos mais longos (CASTRO; PANDOLFELLI, 2009).

Quanto à durabilidade do concreto a relação água/cimento deve ser adotada conforme NBR 12655:2015. Quanto à resistência mecânica: a relação água/

cimento pode ser estimada pelo gráfico da Curva de *Abrams* do cimento, obtido através de traços realizados com cimentos brasileiros (DURAN; FRACARO, 2011).

Para determinar a resistência do concreto em (fck) é necessário realizar o ensaio de compressão de corpo de provas, em conformidade com a norma ABNT NBR 5739:2018 (BARBOZA; DE ALMEIDA FILHO, 2018).

Em relação às propriedades do concreto no estado endurecido, seu efeito depende do comportamento da mistura quando no estado fresco e também das propriedades químicas que interferem no desenvolvimento da resistência e da durabilidade (CASTRO; PANDOLFELLI, 2009).

As fibras por não fazer nenhuma alteração no comportamento básico do concreto, além de melhorar a resistência à compressão e à tração, aumenta a durabilidade do concreto (SOUZA et al., 2014). A maior trabalhabilidade do concreto também facilita no alinhamento das fibras na direção do comprimento do corpo de prova, o que leva ao aumento da resistência (MEDEIROS, 2012).

Logo, A resistência à compressão axial irá avaliar o desempenho mecânico do concreto em relação à incorporação das fibras no processo de misturas no período de 28 dias ou superior (CORDEIRO et al., 2017).

3.2. BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A busca por novos materiais que possam substituir materiais na construção civil é cada vez maior (CASTRO; PANDOLFELLI, 2009). O bambu é um material que apresenta propriedades mecânicas de grande potencial, permitindo sua adição na produção do concreto (LIMA JÚNIOR et al., 2010).

Bastante utilizado em países asiáticos e latinos como material de construção, além de ser um material versátil, alternativo e de baixo custo torna-se uma opção viável para este processo, por ser considerado um material natural, leve, resistente com boas características físicas e mecânicas, pode substituir vários materiais com altas emissões de carbono, como o aço, tijolos, PVC e o amianto usado para fabricar telhas (JOSÉ et al., 2016; MARY et al., 2007).

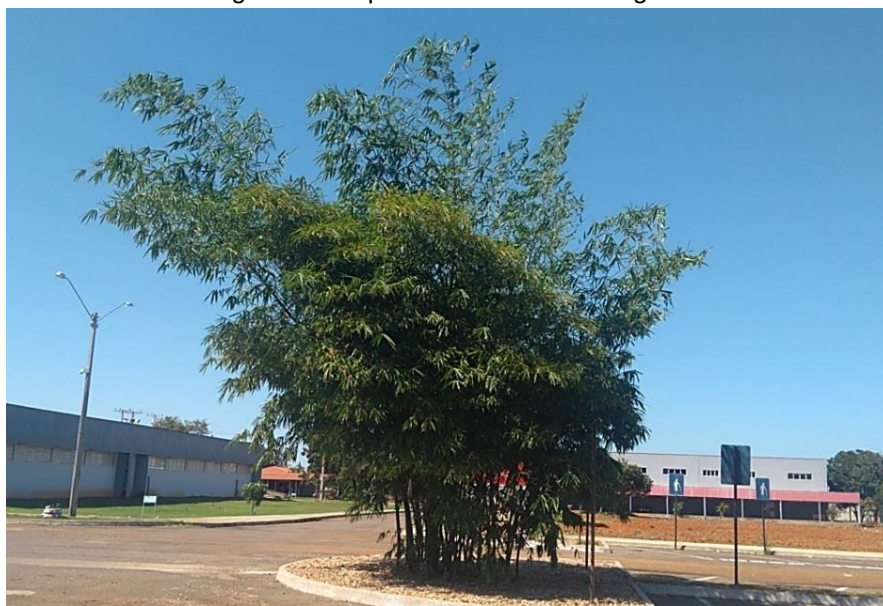
Na África seu uso também é bastante frequente em várias construções habitacionais (CAMPOS, 2009). No Brasil, o bambu é bastante aproveitado em artesanatos, criação de moveis, saneamento ecológico e outros, para o reforço

mecânico do concreto as fibras do bambu ainda se concentra em aplicações de baixo consumo (FIGUEIREDO, 2017).

Porém, o Brasil por possuir uma vasta extensão de reservas naturais, as fibras vegetais como o bambu é uma solução viável na construção civil em comparação aos materiais convencionais, por ser um material resistente, não poluente e altamente renovável (GHAVAMI; MARINHO, 2005).

No Brasil existe atualmente, 36 gêneros, com aproximadamente 254 espécies nativas distribuídas em todo o território brasileiro, especificamente na região norte do país, entre a Mata Atlântica (62%), Amazônia (28%) e Cerrado (10%) (FILGUEIRAS; VIANA, 2017). Sua espécie é atualmente utilizada na construção civil, destacando sua sustentabilidade, visto que a mesma se desenvolve rapidamente na natureza (ACOSTA; CARBONARI, 2017). A Fig.3 apresenta uma espécie de bambu: *Bambusa Vulgaris*.

Figura 3 – Espécie de *Bambusa Vulgaris*



Fonte: Autor (2019).

O bambu na engenharia civil tem por finalidade reduzir custos e minimizar os impactos ambientais, visto que a área civil é responsável por 25% da extração de madeira das florestas no mundo (CAMPOS, 2009).

Suas características mecânicas são influenciadas de acordo com sua espécie, idade, tipo de solo, condições climáticas, época de colheita e até mesmo

através do teor de umidade (GHAVAMI; MARINHO, 2005). Entre os tipos, mais comum se encontram, leveza, resistência, durabilidade e economia (CAMPOS, 2009).

3.2.1 Resistência mecânica do bambu

A resistência do concreto é diretamente influenciada na aderência bambu-concreto (MESQUITA et al., 2006). Os concretos com adições de fibras naturais alcançaram, em média, 87% da resistência do concreto convencional (KARA; KORJAKINS; STOKMANIS-BLAUS, 2012). Sua durabilidade se dá através da composição de adições, por exemplo, propriedades pozolânicas, afirma (CORDEIRO et al., 2019).

Para, Mesquita et al. (2006), o bambu tem uma grande influência, tanto na resistência do concreto, quanto no aumento da aderência mecânica entre a interconexão (bambu-concreto), resistindo às compressões médias de 15, 25 e 35 MPa. O uso de adições de fibras proporciona grandes vantagens como o ganho de resistência mecânica e melhor durabilidade, mesmo quando ocorre diminuição na quantidade de matéria-prima em sua mistura (PEREIRA et al., 2015).

Sua massa específica se torna um fator importante em relação às propriedades mecânicas, por exemplo, a resistência compressão axial com valor máximo de 49,36 MPa, indicando possibilidades de aplicação direta ou em conjunto com materiais convencionais na construção civil, sem que ocorra perda de resistência final (MOTA et al., 2017).

Rosa et al. (2016), determina que, para alcançar os quesitos de durabilidade e resistência na produção do concreto e, para que ocorra a incorporação de fibras de bambu nas construções, exige que sejam realizados tratamentos preservativos para obter bons níveis.

De acordo com Lima Júnior; Willeich; Fabro (2005), o material em uso pode apresentar maior durabilidade natural se utilizar corretamente os procedimentos no tratamento preventivo.

O tempo preservativo, vai depender da umidade, comprimento das fibras e condições climáticas, podendo variar de 7 a 15 dias, a fim de garantir fibras com elementos mais duráveis e adequados para uso (ROSA et al., 2016).

Recomenda-se a utilização de fibras cujo comprimento seja igual ou superior ao dobro da dimensão máxima característica do agregado utilizado no concreto (FIGUEIREDO, 2011).

Em relação aos métodos de tratamento podem ocorrer de forma natural ou pelo emprego de produtos químicos, a imersão em água é um dos métodos de tratamento mais utilizados em países que utilizam o bambu como matéria-prima, variando de 4 a 7 semanas (ROSA et al., 2016). Para o tratamento químico recomenda-se utilizar 1% de concentração prepara de sulfato de cobre, dicromato de sódio e ácido bórico (TIBURTINO et al., 2015).

Lima Júnior et al. (2010), analisaram as propriedades mecânicas do bambu, cujos colmos foram cortados com idades entre quatro e cinco anos e deixados secar à sombra, em temperatura ambiente, pelo período de três meses. A Tab. 2 apresenta as propriedades mecânicas do bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*.

Tabela 2 – Propriedades mecânicas do bambu *Dendrocalamus giganteus*

Região	f_{bt} (Mpa)	E_{bt} (Gpa)	f_{bc} (Mpa)	E_{bc} (Gpa)	v	τ_b (Mpa)	S_n (cm)	ϕ_e (cm)
Nodal	97	13	58	19	-	-	48,3	15,2
Intermodal	277	23	58	22	0,24	7,8		

Fonte: Lima Júnior et al. (2010), adaptado pelo autor.

Mesquita et al. (2006), também analisaram as propriedades mecânicas do bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*, cujos colmos foram cortados com idade entre dois e três anos e deixados para secar à sombra, em temperatura ambiente, pelo período de três meses. As resistências dos concretos foram avaliadas aos sete dias, por meio de ensaio de corpos- de-prova cilíndricos de 15 x 30 cm. A Tab. 3 apresenta as propriedades dos concretos.

Tabela 3 – Propriedades do concreto

Resistência (MPa)	Traço	Slump (mm)	a/c	γ_c (kg m ⁻³)	$f_{cj} - S$ (MPa)	f_{ck} (MPa)
15	1:3,2:4,2	16	0,68	2409,5	16,8 – 3,7	10,8
25	1:2,4:3,4	14	0,58	2440,2	25,2 – 3,4	19,8
35	1:1,8:2,8	16	0,50	2443,9	39,6 – 4,7	31,8

Fonte: Mesquita et al. (2006), adaptado pelo autor.

As densidades podem variar de 0,40 a 0,80 $g.cm^{-3}$, bem próximos da relação geral de 0,50 a 0,90 $g.cm^{-3}$, em comparação a outros tipos de fibras, podendo variar também na direção do comprimento do colmo, aumentando geralmente da base para o topo afirma (MOTA et al., 2017). A Tab. 4 apresenta a massa específica dos colmos do bambu brasileiro.

Tabela 4 – Massa específica dos colmos do bambu brasileiro

ρ (g/cm ³)			$\underline{\rho}$ (g/cm ³)
Base	Meio	Topo	0,74
0,72	0,75	0,76	

Fonte: Mota et al. (2017), adaptado pelo autor.

Rosa (2016), observou que a umidade das fibras de bambu de espécie *Dendrocalamus giganteus* varia de 61,97 a 72,62% (diafragma íntegro) e de 74,25 a 94,53% (diafragma rompido), enquanto para o *Bambusa vulgaris* obteve variação de 74,25 a 94,53% (diafragma íntegro) e de 91,96 a 104,04% (diafragma rompido). Lima Júnior et al. (2010), em suas pesquisas feitas com o bambu, observaram que ao preenchimento do concreto, indicou característica porosa, ocasionando maior absorção da água.

As fibras do bambu em estado natural, tende a absorver água durante o processo de mistura, ocasionando ciclos de dilatação (MOTA et al., 2017). Nesses casos, quanto maior for o teor, maior será o número de fibras atuando como ponte de transferência de tensão, o que aumenta a capacidade de reforço pós-fissuração do compósito. (FIGUEIREDO, 2011).

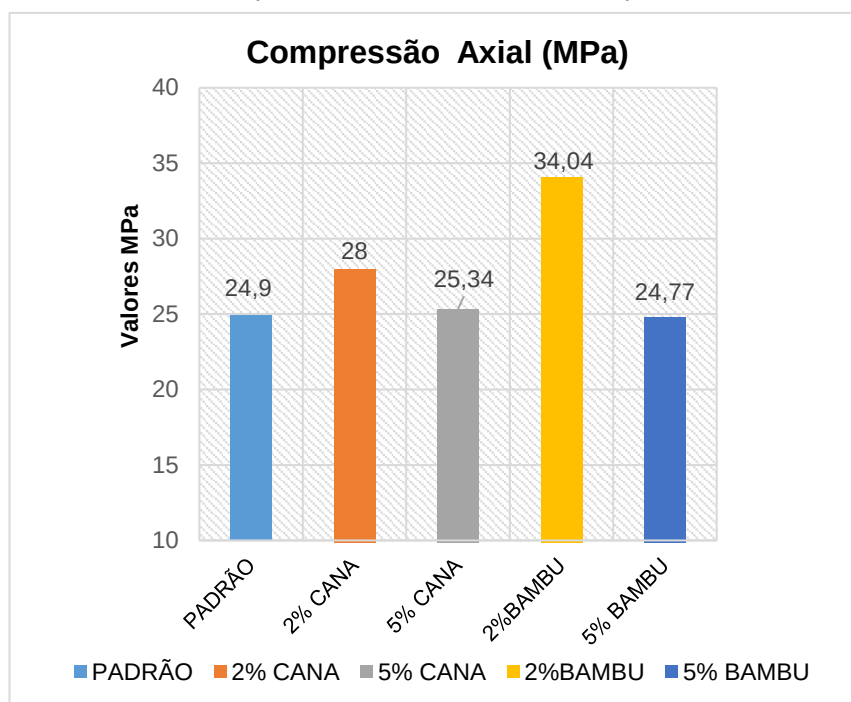
A utilização de fibras como adição no concreto tem como principal objetivo reduzir o surgimento de fissuras e diminuir suas aberturas (AMARAL JÚNIOR; SILVA; MORAVIA, 2017). Assim, a incorporação de fibras vegetais na produção de concretos, levam a uma recuperação parcial das propriedades mecânicas do compósito de cimentação (SANTANA et al., 2018).

Um estudo realizado por Williamson (1974 APUD ACI 544.4R-88), observou um acréscimo de 23% resistência a compressão para um concreto com 2% de teor de fibras (BRAZ; NASCIMENTO, 2015).

Souza et al. (2014), também adicionou 2% de fibras de bambu e 5% de fibras de bagaço de cana, respectivamente, ao traço de 5. 1: 1,73: 3,34: 0,45 na

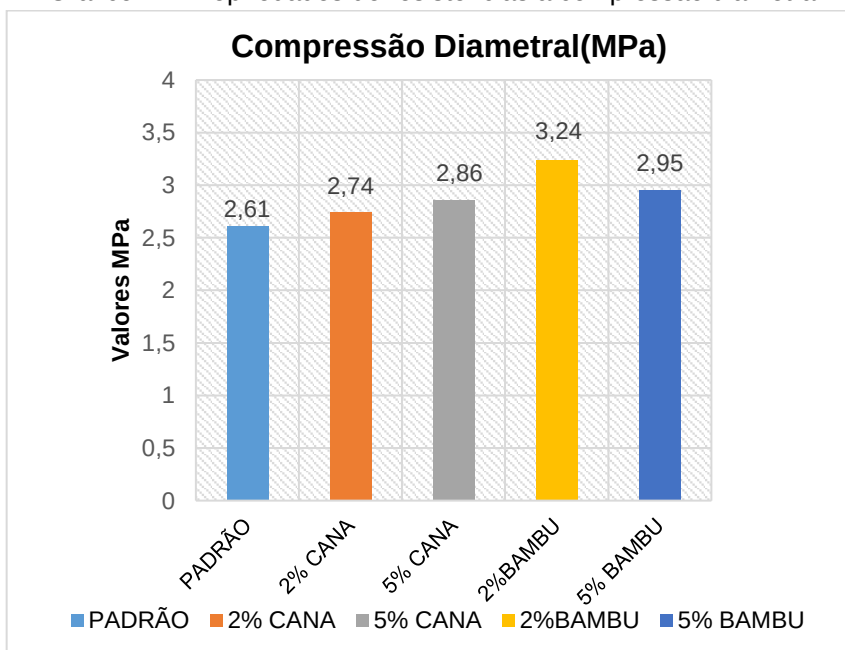
produção de concreto estrutural e obteve – se seus resultados apresentados nos gráficos das Gráfico 2 e 3. Analisando os resultados, não houve queda significativa nas resistências à compressão e a tração, aumentando os teores de adição de bambu.

Gráfico 1 – Propriedades de resistência à compressão axial



Fonte: Souza et al. (2014), adaptado pelo autor.

Gráfico 2 – Propriedades de resistências à compressão diametral



Fonte: Souza et al. (2014), adaptado pelo autor.

Portanto, a finalidade de adicionar fibras de bambu ao concreto não é alterar a sua resistência à compressão, e sim apresentar um ganho quanto à tenacidade na compressão, fortificando a ideia que se pode aliar um novo modo de construir que contribua na redução da degradação e exploração ambiental (FIGUEIREDO, 2011; PILS et al., 2019).

4. METODOLOGIA

Para desenvolver este Trabalho, serão recolhidas matéria-prima (fibras de bambu) nas proximidades agrícolas de Porto Nacional – TO e encaminhadas para o laboratório do ITPAC – PORTO. Foi realizada um levantamento das possíveis localidades, afim de valorizar a matéria-prima e o seu potencial disponível na região em recursos naturais.

Os ensaios de caracterização mecânica dos materiais, será realizado em concordância com as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), como referência principal.

Serão desenvolvidos, para definir os percentuais de adição de fibras de bambu ao concreto, seus limites de homogeneização entre os materiais e ensaios de abatimento, a fim de conhecer suas características mecânicas na obtenção de uma melhor consistência (textura) dos materiais na utilização de um novo traço.

Executaremos, a produção de corpo de provas, com o objetivo de estudar o comportamento das propriedades mecânicas da resistência do concreto.

Realizaremos, ensaios de resistência mecânica a compressão axial do concreto (ruptura dos corpos de prova) com adição de fibras vegetais de bambu aos 28 dias, buscando verificar e analisar o desempenho mecânico dos materiais.

4.1. MATERIAIS

Para realizar o presente trabalho, serão utilizados os seguintes materiais:

- Cimento *Portland* composto com escória CPII-E-32;
- Água;
- Agregado miúdo (Areia);
- Agregado graúdo (Brita);

- Aditivo plastificante;
- Fibras de Bambu (Fibras vegetais).

O cimento *Portland* escolhido será CII-E-32 conforme NBR 5736:1991, por apresentar baixo calor de hidratação, recomendável para concretagem de grandes volumes e sob temperaturas elevadas.

O agregado gráúdo a ser utilizado será brita 1 com diâmetro máximo característico de 19 mm e o agregado miúdo será areia média com módulo de finura de até 2,0 mm. Utilizaremos aditivos plastificante, para garantir uma melhor trabalhabilidade do concreto em relação a inclusão das fibras. A água será adicionada de acordo com a dosagem dos materiais.

As fibras de bambu serão coletadas nas proximidades agrícolas da região de Porto Nacional, escolhidas de acordo com sua idade, cortadas, tratadas (lavadas, trituradas e secas em estufa) até o tamanho ($\leq 4,5$ mm) (SOUZA et al., 2014).

4.2. MÉTODOS

4.2.1. Modelagem dos corpos de prova

Os corpos de provas serão moldados utilizando molde 100 x 200 mm. Será produzido um traço de concreto controle com resistência a compressão de 20 Mpa aos 28 dias (NBR 6118:2014) para servir de referência e comparativo com os concretos com adição de fibra de bambu. As idades de cura serão investidas (7, 14, 28 e 56 dias). Água utilizada será fornecida pela companhia de abastecimento da região, o percentual será de 0.40 % (NBR 12655:2015) em relação ao cimento, o cimento será CII-E-32 (NBR 5736:1991), o agregado gráúdo e miúdo (areia lavada, natural seixo britado) utilizados nos concretos confeccionados na cidade de Porto Nacional - TO são originários do rio Tocantins, será utilizado adições de fibras de bambu com teores de ($\leq 25\%$), com o intuito de melhorar as suas propriedades mecânicas na produção do concreto.

4.2.2. Ensaio de resistência a compressão

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 7215:1996, para produção do concreto será feito a mistura dos materiais com de um misturador mecânico, composta por: agregado graúdo, miúdo e cimento, em sequência acrescenta água e se necessárias adições ou aditivos químicos, até formar uma pasta plástica e homogênea.

Após a produção do concreto, será feito o *Slump test* para a verificação de consistência pelo abatimento de tronco de cone seguindo as determinações da ABNT NBR 67:1998 que determina os procedimentos corretos, em umedecer o molde e a placa base e, colocar o molde sobre a placa de base.

Durante o preenchimento do molde com o concreto de ensaio, o operador deve se posicionar com os pés sobre suas aletas, de forma a mantê-lo estável. Encher rapidamente o molde com o concreto coletado, em três camadas, cada uma com aproximadamente um terço da altura do molde compactado e, compactar cada camada com 25 golpes distribuindo – os de forma uniforme os golpes sobre cada seção de camada. Se, durante a operação de compactação, a superfície do concreto ficar abaixo da borda do molde, adicionar mais concreto para manter um excesso sobre a superfície do molde durante toda a operação da camada superior, rasar a superfície do concreto com uma desempenadeira e com movimentos rolantes da haste de compactação.

A ABNT NBR 67:1998, recomenda limpar a placa de base e retirar o molde do concreto, levantando-o cuidadosamente na direção vertical. A operação de retirar o molde deve ser realizada em 5 s a 10 s, com um movimento constante para cima, sem submeter o concreto a movimentos de torção lateral. Imediatamente após a retirada do molde, medir o abatimento do concreto, determinando a diferença entre a altura do molde e a altura do eixo do corpo-de-prova, que corresponde à altura média do corpo-de-prova desmoldado, aproximando aos 5 mm mais próximos. Caso ocorra um desmoronamento ou deslizamento da massa de concreto ao realizar o desmolde e esse desmoronamento impeça a medição do assentamento, o ensaio deve ser desconsiderado e deve ser realizada nova determinação sobre outra porção de concreto da amostra.

Feito o *Slump test* e alcançado a consistência adequada, será realizado a moldagem dos corpos de prova, submetidos a moldes cilíndricos com dimensões de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura. Após as modelagens dos corpos de prova, será feito a cura dos corpos de provas colocando – os em tanques de água saturada de cal, respeitando suas respectivas idades compreendidos entre 7 a 28 dias, até serem submetidos ao ensaio de rompimento compressão axial no seu estado endurecido. O rompimento é feito colocando o corpo de prova diretamente sobre o prato inferior da prensa, de maneira que fique rigorosamente centralizado em relação ao eixo de carregamento, é transferida carga máxima de compressão sobre o corpo de prova, dividindo a carga de ruptura pela área da seção do corpo de prova, para a obtenção da resistência média de compressão

4.2.3. Ensaio de resistência à compressão axial

O ensaio de resistência a compressão axial é determinado a partir do uso de corpos de prova padronizados possibilitando comparação de diferentes resultados. Serão observados os resultados da tensão de ruptura f_{cj} obtidas em ensaio dos corpos de prova, e comparados com a resistência média f_{cm} de acordo com a rigidez do concreto.

Os valores de resistência dos corpos de provas serão distribuídos graficamente, para valor de resistência de 95% de probabilidade de ser ultrapassado denomina-se resistência característica à compressão do concreto,

O valor de f_{ck} pode ser obtido em função do valor modal f_{cj} pode ser obtido em função do desvio padrão:

$$f_{cj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_c$$

(Equação 1)

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (fc - fcj)^2}{n - 1}}$$

(Equação 2)

Onde:

fck = Resistência característica à compressão do concreto (MPa);

fc_m = Resistência à compressão média do concreto obtida a j dias de idade (MPa);

fcj = Resistência à compressão individual de cada um dos exemplares de uma amostra, a j dias de idade; (MPa);

S = Desvio-padrão do processo de produção e ensaio de resistência do concreto obtido de uma ou mais amostras, a j dias de idade (MPa);

(fc) = Coeficiente de variação do processo de produção e ensaio de resistência do concreto obtido de uma ou mais amostras, a j dias de idade (%); n = Número de exemplares que constituem a amostra;

A norma “NBR 12655:2015 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento” no que se refere ao cálculo da resistência à compressão do concreto (fc) a ser estimada para o estudo de dosagem utiliza a expressão representada pela equação:

$$fck = fcj + 1,645sd$$

(Equação 3)

Onde:

fcj = Resistência do concreto à compressão na idade de j dias (MPa);

fck = Resistência característica à compressão do concreto (MPa);

sd = Desvio-padrão de dosagem (MPa);

1,645 = Quantidade correspondente a 5% na curva de densidade da distribuição normal de Gauss.

5. CRONOGRAMA

Quadro 1 – Cronograma do projeto de pesquisa

ETAPAS	MESES/2019									
	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.
Escolha do Tema										
Escolha do Orientador										
Seleção dos Artigos										
Elaboração do Projeto										
Entrega do Projeto										
Apresentação do projeto										
Revisão Bibliográfica										
Cadastramento do Projeto										
Coleta dos dados										
Execução dos ensaios										
Interpretação dos resultados										
Redação do artigo										
Revisão do projeto										
Defesa do Projeto Final										

Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Legenda	
	Executado
	Falta executar

6. RESULTADOS ESPERADOS

A expectativa de desenvolver um novo traço de concreto com fibras de bambu, é garantir melhores benefícios de produção na qualidade do concreto, bem como, melhor a sua resistência mecânica, com intuito de otimizar, isto é, diminuir os impactos ambientais na extração dos agregados. Contribuindo assim, sustentavelmente de forma econômica e significativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, C. C. V.; CARBONARI, G. Laje mista de bambu-concreto leve: estudo teórico e experimental. **MIX Sustentável**, v. 3, n. 2, p. 48–56, 20 maio 2017.

ALMEIDA, L. C. DE. **Concreto** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2002. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Concreto.pdf>>

AMARAL JÚNIOR, J. C. DO; SILVA, L. C. F.; MORAVIA, W. G. Análise experimental da adição de fibras poliméricas nas propriedades mecânicas do concreto. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 22, n. 1, p. 1–9, 2017.

AMARIO, M.; PEPE, M.; TOLEDO FILHO, R. D. **Influência de agregados reciclados de concreto na reologia do concreto**. Libro de Comunicaciones / Livro das Comunicações. **Anais...** Valência: Universitat Politècnica València, 5 mar. 2018 Disponível em: <<http://ocs.editorial.upv.es/index.php/HAC-BAC/HAC2018/paper/view/7237>>. Acesso em: 19 abr. 2019.

ANGELIN, A. F.; LINTZ, R. C. C.; BARBOSA, L. A. G. Fresh and hardened properties of self-compacting concrete modified with lightweight and recycled aggregates. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 11, n. 1, p. 76–94, fev. 2018.

ASSIS, J. T. et al. Estudo da porosidade em concretos de alto desempenho por técnicas de processamento de imagens. **X Encontro de Modelagem Computacional**, p. 315–319, 2007.

BARBAR, J. S. **Influência do teor de ar incorporado no desempenho de concretos com diferentes teores de agregados**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 24 jan. 2017.

BARBOZA, L. DA S.; DE ALMEIDA FILHO, F. M. Concreto autoadensável com baixo consumo de cimento: Impacto da redução do consumo de cimento na resistência à compressão. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 23, n. 3, 18 out. 2018.

BITTENCOURT, R. M. H. N. C. S. R. F. C. S. N. Concreto: material construtivo mais consumido no mundo. **Revista Concreto & Construções**, n. 53, p. 77, mar. 2009.

BONATO, M. M. et al. Argamassas fotocatalíticas e concretos com adição de fibras de coco e sisal para a redução de impactos ambientais de gases poluentes. **Cerâmica**, v. 60, n. 356, p. 537–545, dez. 2014.

BRAZ, M. C. DE A.; NASCIMENTO, F. B. C. DO. Concreto reforçado com fibras de aço. **Ciências exatas e tecnológicas**, v. 3, n. 1, p. 43–56, nov. 2015.

CAMPOS, M. A. Utilização de agregados alternativos de isoladores elétricos de porcelana em concretos. **Concreto y cemento. Investigación y desarrollo**, v. 7, n. 1, p. 30–43, 2015.

CAMPOS, R. D. E. Q. Utilização de bambu na construção civil – uma alternativa ao uso de madeira. **Revista Ciências do Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 1–7, 2009.

CASTRO, A. L. DE; PANDOLFELLI, V. C. Revisão: conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil. **Cerâmica**, v. 55, n. 333, p. 18–32, mar. 2009.

CORDEIRO, L. DE N. P. et al. Avaliação de processos de misturas de concretos com agregados graúdos reciclados. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 3, p. 255–265, jul. 2017.

CORDEIRO, L. DE N. P. et al. Caracterização da cinza de caroço de açaí residual para adição ao concreto. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 1, p. 45–55, mar. 2019.

COUTO, J. A. S. et al. O concreto como material de construção. **Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 1, n. 17, p. 49–58, 2013.

DURAN, A. P.; FRACARO, D. **Verificação das propriedades básicas do concreto industrializado fornecido em embalagens de 30kg**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.

FABIAN S. CAMPOS, C.; BOZETTE MAZINI, G.; A. DA SILVA NETO, G. Análise das propriedades físicas e mecânicas do concreto produzido com resíduo de cerâmica vermelha. **Colloquium Exactarum**, v. 04, n. 02, p. 01–11, 16 set. 2012.

FERNANDES, G. A.; SERPA, N. S. C. Resíduos Sólidos na Produção de Artefatos de Concreto. **Revista Brasileira de Engenharia e Física Aplicada**, p. 61–67, jun. 2017.

FERNANDEZ, L. P. et al. Study of water treatment sludge incorporation into interlocking concrete pavers. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 23, n. 3, 18 out. 2018.

FIGUEIREDO, A. D. Concreto Reforçado com Fibras. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 5, n. 87, p. 1–116, 2017.

FIGUEIREDO, A. D. DE. **Concreto com fibras**. IBRACON ed. São Paulo: [s.n.].
FILGUEIRAS, T. S.; VIANA, P. L. **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1. ed ed. Rio de Janeiro: ICH, 2017.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 107–114, mar. 2005.

GROSSO, M.; FLORESTA, A. Incorporação da cinza do bagaço de cana-de-açúcar sem moagem no concreto em diferentes dosagens. **Acta Iguazu**, v. 5, p. 85–93, 2018.
GUPTA, R.; BIPARVA, A. Do crystalline water proofing admixtures affect restrained plastic shrinkage behavior of concrete? **Revista ALCONPAT**, v. 7, n. 1, p. 15, 31 jan. 2017.

HAGEMANN, S. E. **Materiais de Construção Básicos** IFRGS Rio Grande do Sul, 2011.
Disponível em:
<http://tics.ifsul.edu.br/matriz/conteudo/disciplinas/_pdf/apostila_mcb.pdf>. Acesso

em: 8 abr. 2019.

HELENE, P.; ANDRADE, T. **Concreto de Cimento Portland**. São Paulo: IBRACON, 2010.

JEAN, P. **Efeitos do ar incorporados nas propriedades do estado endurecido em argamassas de cimento e areia** Florianópolis - SC Anais do 51º Congresso Brasileiro do Concreto, out. 2009. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde.../TeseCorrigidaJosephBarbar.pdf>. Acesso em: 5 maio. 2019.

JOSÉ, A. et al. Aplicação da fibra de bambu aos sistemas industrializados para desenvolvimento de placas de concreto. **REVISTA VEREDAS - REVISTA ELETRÔNICA DE CIÊNCIAS**, v. 09, p. 92–107, 2016.

KARA, P.; KORJAKINS, A.; STOKMANIS-BLAUS, V. Evaluation of properties of concrete incorporating ash as mineral admixtures. **Construction Science**, v. 13, p. 17–25, 1 jan. 2012.

LARA, L. A. M. Materiais de Construção. In: **IFMG: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais**. Ouro Preto - MG: 2013. p. 9–214.

LIMA, C. I. V. et al. Concreto e suas inovações. **Ciências exatas e tecnológicas**, v. 1, n. 1, p. 31–40, maio 2014.

LIMA JÚNIOR, H. C. et al. Análise mecânica de pilares mistos bambu-concreto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 545–553, maio 2010.

LIMA JÚNIOR, H. C.; WILLRICH, F. L.; FABRO, G. Vigas de concreto reforçadas com bambu *Dendrocalamus giganteus*. II: modelagem e critérios de dimensionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 652–659, dez. 2005.

MARY, W. et al. Avaliação de estrutura de bambu como elemento construtivo para casa de vegetação. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 100–109, abr. 2007.

MATTA, D. T. et al. Estudo comparativo do desempenho técnico e financeiro entre os concretos preparados na usina e na obra. **X Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, p. 2–19, ago. 2014.

MEDEIROS, A. **Estudo do comportamento a fadiga em compressão do concreto com fibras**. Rio de Janeiro, Brazil: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 17 dez. 2012.

MEDEIROS, M. H. F. DE; RAISDORFER, J. W.; HOPPE FILHO, J. Influência da sílica ativa e do metacaulim na velocidade de carbonatação do concreto: relação com resistência, absorção e relação a/c. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 4, p. 125–139, dez. 2017.

MELADO, B. DE A. M. **Concretos**. FSP: São Paulo, 2016.

MENDES, R. R. **Estudo experimental de corpos de prova de concreto com fibras de aço sujeitos a tração diametral e a tração direita**. Rio de Janeiro: PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO, 29 abr. 2016.

MESQUITA, L. P. et al. Determinação da tensão de aderência do bambu-concreto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 505–516, jun. 2006.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Ibracon, 2014. 674p.

MOTA, I. D. O. DA et al. Estudo das propriedades físicas e mecânicas do bambu brasileira (*Bambusa vulgaris vittata*) para aplicação na construção de sistemas hidráulicos alternativos de distribuição de água a baixa pressão. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 19, n. 1, p. 18, 20 nov. 2017.

NETO, B. B. P.; OLIVEIRA, D. R. C.; RAMOS, D. Efeitos do tipo , tamanho e teor de agregado graúdo no módulo de deformação do concreto de alta resistência Effects of type , size and content of coarse aggregates on the modulus of deformation of high strength concretes. **Revista Matéria**, v. 6, n. 16, p. 690–702, 2011.

PEREIRA, A. M. et al. Estudo das propriedades mecânicas do concreto com adição de cinza de casca de arroz. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 20, n. 1, p. 227–238, mar. 2015.

PILS, S. E. et al. Pervious concrete: study of dosage and polypropylene fibers addiction. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 12, n. 1, p. 101–121, fev. 2019.

ROSA, R. A. et al. Influência da espécie, tratamento preservativo e adesivos nas propriedades físicas do bambu laminado colado. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 913–924, 30 set. 2016.

ROSA, R. F. T. J. B. P. G. B. V. M. D. C. A. R. A. Influência do diafragma no tratamento preservativo de das espécies de bambu por substituição de seiva. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 925–938, 2016.

SANTANA, M. R. O. DE et al. Modelos de regressão aplicados na caracterização de argamassas leves contendo agregados não convencionais de EVA e fibras de piaçava. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 23, n. 3, 18 out. 2018.

SILVA, E. et al. Technical analysis for the reuse of coconut fiber in construction industry. **Ambiência**, v. 11, n. 3, p. 669–683, 2015.

SILVA, L. S.; DEMETRIO, J. C. C.; DEMETRIO, F. J. C. Concreto Sustentável: Substituição da Areia Natural por Pó de Brita para Confecção de Concreto Simples. **5th International Workshop | Advances in Cleaner Production – Academic Work**, p. 12, 2015.

SILVA, M. G.; GOMES, V.; SAADE, M. R. M. Selection of low impact concrete mixtures based on life-cycle assessment mixtures. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 11, n. 6, p. 1354–1380, dez. 2018.

SOBRAL, H. S. **Propriedades do concreto fresco**. In: PORTLAND, A. B. DE C. (Ed.). . 6. ed. São Paulo: 2000. p. 32.

SOUZA, C. A. DE et al. Concreto estrutural com adição de fibras vegetais. **Revista Construindo**, v. 06, n. 02, p. 14–19, 2014.

TIBURTINO, R. F. et al. Tratamento Preservativo de Duas Espécies de Bambu por Imersão Prolongada e Boucherie Modificado. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 124–133, mar. 2015.

TIECHER, F. et al. Avaliação do potencial de utilização da escória granulada de fundição em concreto autoadensável. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 1, p. 73–88, mar. 2019.

TORRES, D. DOS R. et al. Impacto da rota de incorporação de ar nas propriedades de materiais formulados com cimento Portland. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 2, p. 141–152, jun. 2014.

WOLF DE GOES, C. M. et al. Análise da aplicação de concreto com adição de microfibras estruturais sintéticas e microfibras de vidro anti-crack ar em pisos. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 12, n. 1, p. 40–53, 15 jun. 2016.