



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Williângela Noronha Lima

ESTUDO DA ADIÇÃO DA FIBRA DA FOLHA DO BURITI NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO CONCRETO FRESCO E ENDURECIDO

Palmas – TO

2017

Williângela Noronha Lima

ESTUDO DA ADIÇÃO DA FIBRA DA FOLHA DO BURITI NAS CARACTERÍSTICAS
FÍSICAS DO CONCRETO FRESCO E ENDURECIDO

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof. M.Sc Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira

Williângela Noronha Lima

ESTUDO DA ADIÇÃO DA FIBRA DA FOLHA DO BURITI NAS CARACTERÍSTICAS
FÍSICAS DO CONCRETO FRESCO E ENDURECIDO

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof. M.Sc. Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira
Orientadora
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Esp. Dênis Cardoso Parente
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Junior
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO
2017

RESUMO

LIMA, Williângela Noronha. **Estudo da adição da fibra da folha do buriti nas características físicas do concreto fresco e endurecido**. 2017. X f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2017.

Sendo o concreto uma combinação de diferentes compostos, faz-se necessário um estudo do produto e das características que se quer obter com essa mistura. Além disso, é de suma importância reconhecer sua finalidade, para que se tome como subsídio a resistência mínima para cada peça, seja com função estrutural ou simplesmente de vedação. Ao optar pelo emprego de uma estrutura em concreto, devemos analisar a disponibilidade dos materiais necessários para obtenção do traço. Há diversos tipos de adições voltadas ao concreto, temos aditivos que retardam ou melhoram as características do concreto fresco e endurecido, modificadores do tempo de cura, da trabalhabilidade e diversos outros. Os aditivos no concreto podem ser na forma de líquidos, em pó, em fibras, entre outros, cada aditivo tem uma função definida para reagir na mistura, podendo intensificar e melhorar os resultados, podendo utilizar mais de um deles. No caso das fibras, estas se dividem em minerais, vegetais e animais, que servem como um auxílio na obtenção de um determinado resultado. O emprego de fibras naturais vem sendo introduzida no mercado da tecnologia do concreto a fim de trazer estudos que possibilitem a substituição de fibras artificiais sem que se altere as características até então calculadas e expostas, aumentando assim as opções de tipo e sua obtenção de acordo com a região local. Pretende-se então inserir fibras da folha do buriti ao traço do concreto, onde o material utilizado possui em suas características polímero baseado em celulose, hemicelulose e lignina. Irei propor a adição das fibras no traço na proporção de 0,2%, 0,4% e 0,8%, realizando testes de determinação da consistência do concreto, massa específica e teor de ar incorporado do concreto em seu estado fresco, compressão axial, compressão diametral e absorção de água e em seu estado endurecido, com o intuito de aumentar a ductilidade do concreto, controlando possíveis fissurações.

Palavra-Chave: fibras naturais, fibras de buriti, concreto com fibras.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Mapa da distribuição do buriti na América do Sul..... | 12 |
| Figura 2 – Buritizeiro..... | 13 |
| Figura 3 – Processo de retirada da fibra..... | 14 |
| Figura 4 – Extração, cozimento e secagem da fibra com pigmentação..... | 14 |
| Figura 5 – Parede de casa com pecíolo de buriti..... | 15 |
| Figura 6 – Telhado com folhas de buriti..... | 15 |
| Figura 7 –Esquema de uma fibro-célula de uma fibra vegetal..... | 17 |
| Figura 8 – Seção transversal de células da fibra vegetal..... | 17 |
| Figura 9 – Concreto com trabalhabilidade alta..... | 24 |
| Figura 10 – Segregação..... | 25 |
| Figura 11 – Exsudação..... | 26 |
| Figura 12 – Fibra de buriti..... | 30 |
| Figura 13 – Fibras cortadas em tamanho de 40 mm..... | 30 |
| Figura 14 – Ensaio da fibra..... | 31 |
| Figura 15 – Corpos de prova moldado..... | 34 |
| Figura 16 – Ensaio de tração por compressão diametral..... | 37 |
| Figura 17 – Análise granulométrica do agregado miúdo..... | 41 |
| Figura 18 –Análise granulométrica do agregado graúdo..... | 41 |
| Figura 19 – Slump test adição de 0,2%..... | 42 |
| Figura 20 – Slump test adição de 0,8%..... | 42 |
| Figura 21: Gráfico da resistência a compressão..... | 44 |
| Figura 22: Traço Referência após rompido..... | 44 |
| Figura 23: Traço com adição de 0,2% de fibra após rompido..... | 45 |
| Figura 24: Traço com adição de 0,4% de fibra após rompido..... | 45 |
| Figura 25: Traço com adição de 0,8% de fibra após rompido..... | 45 |
| Figura 26: Ensaio de tração por compressão diametral..... | 46 |
| Figura 27: Corpos de prova rompido..... | 47 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1– Propriedades da estrutura biológica de fibras vegetais..... | 18 |
| Tabela 2– Propriedades físicas das fibras vegetais | 18 |
| Tabela 3– Propriedades mecânicas das fibras vegetais..... | 18 |
| Tabela 4– Quantidades de corpo de prova por ensaios..... | 29 |
| Tabela 5: Traço utilizado para a fabricação dos concretos..... | 33 |
| Tabela 6– Traços a preparar..... | 34 |
| Tabela 7– Massa específica real, aparente e teor de umidade da fibra..... | 39 |
| Tabela 8– Absorção de água da fibra da folha de buriti..... | 39 |
| Tabela 9– Abatimento do Tronco de Cone..... | 42 |
| Tabela 10– Massa específica do concreto..... | 42 |
| Tabela 11– Teor de ar incorporado..... | 43 |
| Tabela 12– Resistência à compressão | 43 |
| Tabela 13– Resistência à tração por compressão diametral | 46 |
| Tabela 14– Absorção de água para cada tipo de concreto..... | 47 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------------------------|---|
| ACI | American Concrete Institute |
| ASTM | American Society for Testing and Materials |
| CEULP/ULBRA do Brasil | Centro Universitario Luterno de Palmas/ Universidade Luterana |
| ABCP | Associação Brasileira de Cimento Portland |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| NBR | Norma Brasileira Regulamentadora |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|-----------------|------------------------------|
| g/cm^3 | Gramas por centímetro cúbico |
| cm^3 | centímetro cúbico |
| g | Gramas |
| m | Metro |
| mm | Milímetro |
| μm | Micrómetro |
| m^3 | metros cúbicos |
| % | Porcentagem |
| ppm | Partes por milhão |
| MPa | Mega Pascal |
| Kg | Quilograma |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA | 10 |
| 1.2 OBJETIVOS | 11 |
| 1.2.1 Objetivo Geral | 11 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos | 11 |
| 1.3 JUSTIFICATIVA | 11 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 12 |
| 2.1 BURITIZEIRO | 12 |
| 2.2 FIBRAS | 15 |
| 2.2.1 Fibras Vegetais | 16 |
| 2.4 CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS..... | 19 |
| 2.5 CONCRETO..... | 19 |
| 2.5.1 Cimento Portland | 20 |
| 2.5.1.1 Finura..... | 22 |
| 2.5.2 Agregados | 22 |
| 2.5.2.1 Classificação dos agregados quanto ao tamanho..... | 22 |
| 2.5.2.2 Classificação dos agregados quanto a origem | 22 |
| 2.5.3 Água | 23 |
| 2.6 PROPRIEDADES DO CONCRETO FRESCO | 23 |
| 2.6.1 Trabalhabilidade | 23 |
| 2.6.2 Segregação | 24 |
| 2.6.3 Exsudação | 25 |
| 2.7 PROPRIEDADES DO CONCRETO ENDURECIDO | 26 |
| 2.7.1 Resistência à compressão | 26 |
| 2.7.2 Resistência à tração | 27 |
| 2.7.3 Durabilidade | 27 |
| 2.8 QUESTÃO AMBIENTAL..... | 27 |
| 2.9 TRABALHOS REALIZADOS COM A UTILIZAÇÃO DA FIBRA DA FOLHA DE BURITI..... | 28 |
| 3 METODOLOGIA | 29 |
| 3.3 DESENHO DE ESTUDO..... | 29 |
| 3.4 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA | 29 |
| 3.5 OBJETO DE ESTUDO OU POPULAÇÃO E AMOSTRA..... | 29 |
| COMPRESSÃO AXIAL | 29 |
| COMPRESSÃO DIAMETRAL | 29 |
| ABSORÇÃO DE ÁGUA | 29 |
| 3.6 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS..... | 30 |
| 3.4.1 Fibra de buriti | 30 |
| 3.4.1.1 Massa específica real e aparente da fibra do buriti..... | 31 |
| 3.4.1.2 Absorção de água..... | 32 |
| 3.4.1.3 Teor de umidade inicial | 32 |
| 3.4.2 Cimento Portland | 33 |
| 3.4.3 Agregados | 33 |
| 3.4.4 Água | 33 |
| 3.7 DOSAGEM DO CONCRETO..... | 33 |
| 3.5 MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS DE PROVA..... | 34 |
| 3.5 ENSAIOS NO CONCRETO | 35 |
| 3.5.1 Estado Fresco | 35 |
| 3.5.2 Estado Endurecido | 36 |

| | |
|--|-----------|
| 3.6 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO | 38 |
| 3.7 VARIÁVEIS | 38 |
| 3.7.1. Variáveis Dependentes | 38 |
| 3.7.2 Variáveis Independentes | 38 |
| 3.7.3 Parâmetros Fixos | 38 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 39 |
| 4.1 FIBRA DA FOLHA DE BURITI..... | 39 |
| 4.2 AGREGADOS | 40 |
| 4.2.1 Massa unitária | 40 |
| 4.2.2 Massa Específica | 40 |
| 4.2.3 Granulometria | 40 |
| 4.3 CONCRETOS NO ESTADO FRESCO..... | 41 |
| 4.3.1 Abatimento do tronco de cone..... | 41 |
| 4.3.2 Massa específica..... | 42 |
| 4.3.3 Teor de ar incorporado | 43 |
| 4.4 CONCRETOS NO ESTADO ENDURECIDO | 43 |
| 4.4.1 Compressão axial..... | 43 |
| 4.4.2 Tração por compressão diametral | 46 |
| 4.4.3 Absorção de água..... | 47 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 48 |
| 5.1 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS..... | 49 |
| REFERÊNCIAS | 50 |
| APÊNDICES | 54 |

1 INTRODUÇÃO

O concreto é um material construtivo, podendo ser encontrado em casas de alvenaria, pontes, edifícios, em obras de saneamento, entre outras. Estima-se que anualmente no mundo são consumidos 11 bilhões de toneladas de concreto, quantidade inferior apenas no consumo de água (PEDROSO, 2009). Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2014) estima que as concreteiras produziram 51 milhões de m³ de concreto em 2012. Esta quantidade foi devido ao crescimento geral da construção civil, principalmente em obras de infraestrutura e habitação.

Nos últimos anos o concreto vem sendo estudado a fim de melhorar suas propriedades mecânicas e proporcionar economia. A arquitetura vem exigindo elementos estruturais cada vez mais esbeltos, leves e até coloridos. Há diversos tipos de adições voltadas ao concreto, como aditivos que melhoram as características do concreto fresco e endurecido, aumentando sua resistência, diminuindo fissuras, melhorando a trabalhabilidade e outras propriedades.

Entre as adições utilizadas na melhoria das características do concreto, as fibras ganharam destaque nos últimos anos, visto que aumentam a resistência à tração, controlam a propagação de fissuras e aumentam a ductilidade. As fibras são fabricadas em diversos, diâmetros, comprimentos e materiais, para atender qualquer tipo de concreto. Podendo ser classificadas como sintéticas, artificiais e naturais.

A fibra vegetal, que é de origem natural, por possuir baixo custo, alta disponibilidade, e não ser poluente vem substituindo às fibras sintéticas. Países de clima tropical, como o Brasil, possuem abundância e diversidade de vegetais fornecedores de fibras.

A fibra do buriti extraída da folha, usada como reforço na matriz cimentícia, nunca foi um objeto de estudo até o presente momento. Visto que ela possui alto teor de celulose em sua composição, o presente trabalho propõe estudar as propriedades do concreto em seu estado fresco e endurecido, com adição dessa fibra.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Com base no aumento das pesquisas voltadas para área de inovações tecnológicas da construção civil, é notório o aumento de concretos realizados com a combinação de fibras vegetais, buscando um material que ofereça bom desempenho físico-mecânico. A adição da fibra da folha do buriti no concreto convencional interfere de que forma no estado fresco e endurecido?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Estudar as propriedades do concreto convencional em seu estado fresco e endurecido, com adição de fibra da folha do buriti.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterização em laboratório das fibras de buriti;
- Avaliar por meio de um comparativo entre o concreto convencional, com e sem fibras, a influência da adição da fibra proveniente da folha de buriti nas propriedades físico-mecânicas;
- Confeção do traço

1.3 JUSTIFICATIVA

Nos tempos atuais, os fatores estimulantes do desenvolvimento da construção civil foi o aumento da população urbana, que determinou o surgimento das cidades modernas, e também o crescimento da indústria. O campo da construção civil é um dos que mais cresce atualmente e vem passando por uma série de mudanças.

A utilização dos concretos especiais vem crescendo com a finalidade de minimizar as deficiências dos concretos convencionais. Aditivos são utilizados no concreto a fim de melhorarem suas características, as fibras, porém vem ganhando espaço dentre eles, o que favorece sua aplicação em determinados estudos. As fibras naturais e sintéticas são utilizadas para reduzir possíveis fissurações no concreto, em razão ao crescente uso de fibras naturais, estas se tornam preferenciais pois possuem grande disponibilidade no meio ambiente, obtendo menores custos e não sendo prejudiciais à saúde, são produtos renováveis e com alta resistência mecânica, o que os torna grande motivo de aplicação em pesquisas experimentais.

Se as fibras forem suficientemente resistentes, bem aderidas à matriz cimentícia, e em quantidade adequada, elas ajudarão a manter pequena a abertura das fissuras. Permitindo ao concreto com adição de fibras resistirem a tensões de tração elevadas, com uma grande capacidade de deformação no estágio pós-fissuração. A dosagem incorreta da fibra pode acarretar resultados insatisfatórios no controle de fissuras e durabilidade.

Um estudo, com efeito comparativo entre um concreto convencional, e com adição de fibra da folha do buriti, com teores diferentes é válido para verificar o comportamento do concreto com relação a suas propriedades no estado fresco e endurecido.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BURITIZEIRO

O buriti (*Maritia flexuosa*, família *arecáceas*) é uma planta nativa da América do Sul, presente em grande parte do território brasileiro, conforme ilustrado na Figura 1, sendo classificada como a palmeira mais abundante do país. A palmeira é encontrada em solos inundados ou úmidos como margem de rios, margeando nascentes, veredas, lagos (SAMPAIO, 2011).

Figura 1: distribuição do buriti na América do Sul



Adaptado de Oliveira Filho & Ratter (2000).

Fonte: Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto e da Folha do Buriti (2012)

De acordo com Sampaio (2011), o buritizeiro pode chegar até 40m de altura podendo ser macho ou fêmea. A diferença entre o macho e a fêmea é que as flores do macho não geram frutos e as flores da fêmea se frutificam. Eles ficam próximos, pois as flores das fêmeas

necessitam do pólen contido nas flores dos machos para produzirem frutos. Essa polinização é feita por abelhas, besouros e moscas. O buritizeiro é ilustrado na figura 2.

Figura 2: Buritizeiro



Foto: VIANA (2007).

Na referida obra, autor explica que a folha do buriti contém a capemba (bainha), talo (pecíolo) e palha (limbo foliar). A capemba é usada para fazer colher de pau e artesanatos, o talo para fabricação de móveis, brinquedos, paredes, balsas e artesanatos, a palha é usada para fazer telhados, cestos, artesanatos e vassouras (SAMPAIO,2011).

A folha ainda fechada, é chamada de “olho” do buriti, ilustrada na figura 3, e são usadas para obter a seda, também denominada de linho, fita ou fibra. Demora de 3 a 4 meses para uma nova folha nascer, e nasce apenas uma por vez. Não deve ser retirado dois “olhos” seguidos de uma mesma palmeira, pois a mesma fica acanhada e reduz a produção de folha. A seda é uma fibra bem fina e resistente que envolve a folha do buriti, sendo usadas para fabricação de cordas ou como linha para costurar artesanatos. Cada olho produz cerca de 100g de seda (SAMPAIO,2011).

“A seda do buriti é muito utilizada para a costura de bolsas, sacolas, tapetes, toalhas de mesa, chapéus, redes e diversos outros artesanatos na região dos Lençóis Maranhenses, principalmente no município de Paulino Neves - MA. Muitas vezes a seda é tingida para a confecção do artesanato. Nesta região, até 30% da população rural possui renda gerada pela comercialização do artesanato feito com a seda do buriti. A seda também tem grande importância na região do Jalapão, (que fica ao leste do Tocantins), onde é amplamente utilizada para costurar o artesanato de capim-dourado.(SAMPAIO,2011, p. 44).”

O processo de extração da fibra da folha do buriti, como ilustra na figura 3, se dar após a retirada do “olho”, e caracteriza-se em fazer um corte com uma faca na superfície do folíolo que compõe o “olho”, e puxando-o, separando a seda da borra. Não deve demorar a retirar a seda após a colheita do “olho”, pois pode interferir na qualidade final ou impossibilitar a retirada, pois as folhas secam, caso não seja possível retirar no mesmo dia, desse-se guardar o “olho” em local onde não haja existência da luz solar (MEDEIROS, 2011).

Figura 3: Processo de retirada da fibra



Fonte: Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto e da Folha do Buriti (2012).

Ainda com Medeiros (2011), após a extração da fibra, é necessário o cozimento para que ela venha a ter mais qualidade e mais durabilidade. O cozimento não pode ultrapassar cinco minutos, contando do começo da fervura, pois a fibra pode ficar fraca e quebradiça. É durante o cozimento que se dar a tonalidade da fibra, artesões adicionam limão na água, para obter uma coloração mais clara, o pigmento para outras cores é dado por corantes naturais, como cascas de caules, folhas, raízes frutos, etc. Alguns artesões usam anilina para ter outras tonalidades. Após o cozimento, a fibra é seca ao ar livre, de preferência a noite. Se a secagem ocorrer durante o dia, a fibra não pode ser exposta ao sol, pois ele resseca e provoca descoloração da fibra. A extração, o cozimento e a secagem da fibra, é ilustrado na figura 4.

Figura 4: Extração, cozimento e secagem da fibra com pigmentação



Fonte: MEDEIROS (2011).

O buriti é empregado na construção civil para vedações e cobertura de telhado. O pecíolo é usado para a construção de paredes, e as folhas para a cobertura de telhados. No que se refere à manipulação das folhas Sampaio e Carrazza (2012) afirmam que devem ser retiradas ainda verdes e somente nas luas nova, minguante e cheia pois, na lua crescente pode ter ataque de pragas que diminuem a durabilidade da cobertura. As figuras 3 e 4 mostram como são utilizados o pecíolo e a folha do buriti na construção civil.

Figura 5: Parede de casa com pecíolo de buriti



Fonte: Frutas Nativas da Região Centro-Oeste do Brasil (2006).

Figura 6: Telhado com folhas de buriti



Fonte: Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto e da Folha do Buriti (2012).

Segundo Costa (2012), não foram encontrados registros de cultivos da *Mauritia Flexuosa* no Brasil, com exceção da ornamentação. Contudo, o cultivo de mudas já está sendo desenvolvido, só que o seu crescimento é muito lento. No Suriname e no Equador o buriti é muito importante na alimentação, logo, os plantios para fins comerciais já estão em andamento.

2.2 FIBRAS

As fibras são classificadas como sintética, artificiais e naturais. As sintéticas são produzidas a partir de produtos químicos, as artificiais são dadas dos materiais obtidos da natureza e as fibras naturais são encontradas na natureza providas especialmente de animais, vegetais e minerais (FIBRENAMICS, 2017).

As fibras sintéticas surgiram com a necessidade de fibras têxteis mais baratas e com maior resistência. Essas fibras são polímeros artificiais produzidas por monômeros provindos do petróleo, obtidas em formato de fios (FIBRENAMICS,2017). A fibra sintética é muito usada na construção civil como um reforço para o concreto, melhorando os aspectos mecânicos e evitando a retração. Há uma grande diversidade de fibras sintéticas no mercado como: vidro, aço, carbono, polipropileno, poliéster e nylon (SANTOS, 2010).

São geralmente utilizados como matérias-primas para a fabricação das fibras artificiais os polímeros orgânicos extraídos de matérias naturais em bruto por processos que possam comportar uma dissolução, um tratamento químico ou uma modificação química. (NORMAS EXPLICATIVAS DO SISTEMA HARMONIZADO, cap. 54).

As fibras minerais são constituídas por cadeias cristalinas de grande comprimento, e são compostas por silicatos. As fibras de origem animal têm cadeias proteicas contendo carbono, nitrogênio hidrogênio e oxigênio, enquanto as fibras vegetais apresentam natureza celulósica (MONTEIRO, 2013).

2.2.1 Fibras Vegetais

“As propriedades físicas das fibras naturais são determinadas principalmente pela composição química e física, tais como estrutura das fibras, teor de celulose, o ângulo das fibrilas, a seção transversal e pelo grau de polimerização”. (BLEDZKI E GASSAN, 1999, p.1).

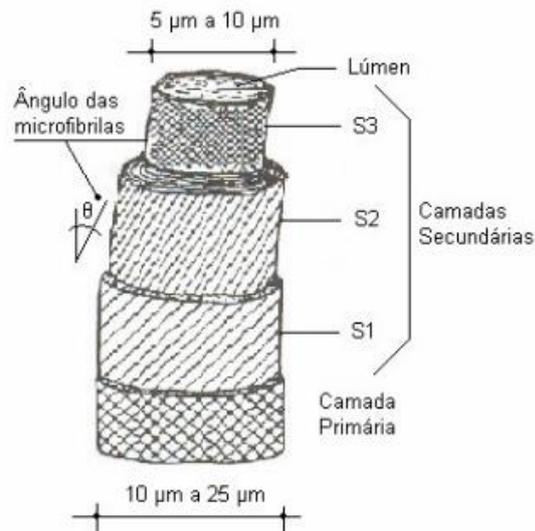
As fibras vegetais são formadas por células individuais que, compõem-se de microfibrilas organizadas em camadas de diferentes ângulos e espessuras. As microfibrilas são ricas em celulose, polímero vegetal de cadeias longas, e estão aglomeradas por hemicelulose amorfa. As células da fibra possuem um diâmetro de 10 µm a 25 µm.

Segundo Coutts (1992), apud Savastano, (2000), as células são compostas por quatro camadas de microfibrilas:

- (i) Camada primaria, mais externa, de estrutura reticulada;

- (ii) Camada secundária S1, de estrutura também reticulada;
- (iii) Camada secundária S2, em que as microfibrilas estão orientadas segundo o ângulo θ , com relação ao eixo longitudinal da célula, em espiral, e
- (iv) Camada secundária S3, mais interna, também com as microfibrilas em forma de espiral. A camada S2 é a de maior espessura e, também, a de maior teor de celulose.

Figura 7: Esquema de uma fibro-célula de uma fibra vegetal com dimensões aproximadas.

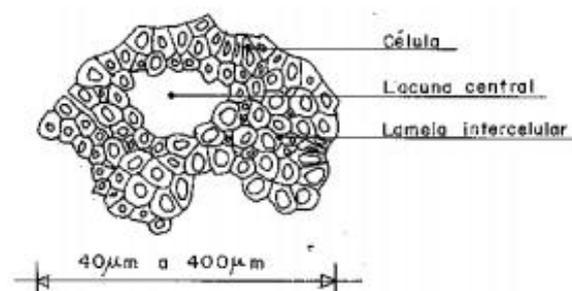


(Fonte: SAVASTANO, 2000)

A região central da fibra possui uma concavidade designada lúmen, que é a responsável pela alta absorção de água e baixa massa específica aparente, características comuns às fibras vegetais, conforme ilustra a figura 5. Esses compostos podem sofrer cristalização nessa concavidade central, e outros vazios das fibras, provocando enrijecimento desse reforço e sua fragilização (PICANÇO, 2005).

As células, que formam a fibra, são conglomeradas pela lamela intercelular, composta de pectina, hemicelulose e lignina (70%, em média). A região central da fibra também pode apresentar uma concavidade chamada lacuna. A figura 06, ilustra a seção transversal de células da fibra vegetal (SAVASTANO, 2000).

Figura 8: Seção transversal de células da fibra vegetal



Fonte: SAVASTANO (2000).

Devido à grande existência de poros permeáveis, que incluem os lumens e as lacunas, as fibras vegetais apresentam alta absorção de água e massa específica aparente muito inferior à real (PICANÇO, 2005).

As tabelas 1, 2 e 3 apresentam as propriedades das fibras vegetais.

Tabela 1. Propriedades da estrutura biológica de fibras vegetais

| Fibra | Celulose (% massa) | Lignina (% massa) |
|--------------|---------------------------|--------------------------|
| Malva | 76,0 | 10,0 |
| Sisal | 78,6 | 9,9 |
| Coco | 53,0 | 40,8 |

Fonte: Savastano (2000).

Tabela 2. Propriedades físicas das fibras vegetais

| Fibra | Massa espe. Real (kg/m³) | Massa espe. Aparente (kg/m³) | Absorção máxima (%) |
|---------------------------------------|--|--|--------------------------------|
| Sisal bucha verde | 1104 | 280 | 201 |
| Sisal bucha <i>baler twine</i> | 1387 | 400 | 151 |
| Coco pó residual | 1165 | 370 | 146 |
| Banana | 1031 | 170 | 407 |
| Malva | 1374 | 254 | 377 |

Fonte: Savastano (2000).

Tabela 3. – Propriedades mecânicas das fibras vegetais

| Fibra | Resistência à tração (mpa) | E (gpa) | Def. Na ruptura (%) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|--------------------------------|
| Curauá | 195,00 - 832,50 | 12,45 | 3,02 |
| Coco | 95,00 - 118,00 | 2,80 | 23,90 - 51,40 |
| Bambu | 440,00 | 37,00 | 3,22 |
| Sisal | 580,00 | 18,00 | 6,00 |

Fonte: Picanço (2005). Adaptado pela autora.

2.4 CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS

Segundo Mehta e Monteiro (2008), a utilização de fibras como reforço na construção civil tem mais de 3000 anos. Na Bíblia, em Êxodo 2:5-6 os tijolos de barro eram reforçados com palha pelos egípcios, e crina de cavalo para reforçar materiais cimentados.

A adição de fibras no concreto melhora as propriedades de tração e flexão, alterando as propriedades do concreto fresco, controlando a fissuração e aumentando a ductilidade.

No mercado são encontradas fibras de diversos tamanhos, formas, espessuras e materiais, tais como: vidro, aço, plástico e materiais naturais. As mais utilizadas são as fibras de aço (SANTOS, 2010).

A fibra natural que foi bastante usada na construção civil, foi a fibra do amianto, pois em meios alcalinos possui uma boa resistência e boas propriedades mecânicas. Porém o amianto é cancerígeno e provoca várias doenças respiratórias. Devido a isso, o amianto foi banido do mercado de alguns países, no Brasil é possível encontrar produtos que tenha o amianto em sua composição. (NOVAES, 2016). A substituição desse material está crescendo aos poucos por fibras vegetais.

De acordo com Savastano (2000), embora tenha muitos trabalhos de pesquisa que provam a eficácia das fibras vegetais como reforço no concreto, sua utilização ainda é muito pequena, possivelmente pelos elevados custos para a adaptação do processo produtivo, e também por faltarem informações sobre a disponibilidade das fibras vegetais para o mercado da construção.

2.5 CONCRETO

Podemos encontrar o concreto em qualquer lugar, tais como: nossas casas, em pontes, rodovias, nos edifícios, em torres de resfriamento, em obras de saneamento, em usinas hidrelétricas e nucleares, plataformas de extração petrolífera. O concreto é o segundo material mais consumido no mundo, perdendo apenas para a água (PEDROSO, 2009).

Concreto é um material compósito que consiste, essencialmente, de um meio aglomerante no qual são aglutinados partículas ou fragmentos de agregado. No concreto de cimento hidráulico, o aglomerante é formado de uma mistura de cimento e água (MEHTA E MONTEIRO, 2008).

Na mistura do concreto, o Cimento Portland, juntamente com a água, forma uma pasta mais ou menos fluida, dependendo do percentual de água adicionado. Essa pasta envolve as partículas de agregados com diversas dimensões para produzir um material, que, nas primeiras horas, apresenta-se em um estado capaz de ser moldado em fôrmas das mais variadas formas geométricas. Com o tempo, a mistura endurece

pela reação irreversível da água com o cimento, adquirindo resistência mecânica capaz de torná-lo um material de excelente desempenho estrutural, sob os mais diversos ambientes de exposição (HELENE e ANDRADE, 2010, p.920).

As propriedades do concreto distinguir-se de acordo com seu estado físico. No estado endurecido, as propriedades que melhor caracterizam o concreto são a durabilidade, a resistência e a permeabilidade. No seu estado fresco, a propriedade mais importante é a trabalhabilidade, pois facilita a sua aplicação (NEVILLE, 1997).

2.5.1 Cimento Portland

Cimento portland é conhecido mundialmente na construção civil apenas como cimento. O cimento é um pó fino com propriedades aglomerantes, que endurece em contato com a água. O cimento na forma de concreto, transforma-se em uma pedra artificial, podendo ganhar diversas formas e volumes.

O emprego de cimentos é bem antigo. Os antigos egípcios usavam gesso impuro calcinado. Os gregos e romanos usavam calcário calcinado e aprenderam, posteriormente, a misturar cal e água, areia e pedra fragmentada, tijolos ou telhas em cacos. Para construções submersas, os romanos trituravam cal conjuntamente com as cinzas vulcânicas ou telhas de barro cozido finamente trituradas. A sílica ativa e a alumina das cinzas reagiam com a cal produzindo o que hoje se conhece como cimento pozolânico. Em 1756, John Smeaton descobriu que se obtinha uma argamassa melhor quando a pozolana era misturada ao calcário com elevado teor de argila. Seguiu-se o desenvolvimento de outros cimentos hidráulicos, como o “cimento romano” obtido por James Parker calcinando nódulos de calcário argiloso, culminando com a patente do cimento Portland, registrada em 1824 por John Aspdin, um pedreirão extraído em Dorset (NEVILLE, 1997, p.23-24).

O cimento Portland de hoje não possui o mesmo material patenteado por Aspdin. Devido ao fato de o cimento moderno ser obtido pela queima da mistura de rocha calcária e argila, finamente moídas, até sua fusão inicial, resultando numa substância chamada clínquer. As condições dos fornos de Aspdin, eram precárias, logo não tinha como obter o clínquer, e as quantidades das misturas não foram definidas na patente.

Conforme a Associação Brasileira de Cimento Portland (2002), no Brasil existe nove opções de cimentos no mercado:

- **Cimento Portland Comum (CP I):** é o cimento Portland sem adições, com exceção do gesso, que é usado para controlar a pega. É recomendado para o uso em construções de concreto em geral, quando não são exigidas propriedades especiais do cimento. É normalizado pela NBR 5732.

- **Cimento Portland Composto (CP II):** possui adições de escória, pozolana ou fíler em pequenas quantidades. Sua composição segue a NBR 11578. Seu desempenho se assemelha ao CP I, proporcionando, vantagens adicionais.
- **Cimento Portland de Alto-Forno (CP III):** Normalizado pela NBR 5735, esse cimento pode ter escória de alto-forno variando de 35 a 70% de sua massa. Possui maior impermeabilidade e durabilidade, baixo calor de hidratação e alta resistência à expansão e a sulfatos, este cimento é benéfico em obras de concreto-massa, como na construção de barragens.
- **Cimento Portland Pozolânico (CP IV):** possui pozolana em sua composição em quantidade que varia de 15 a 50% de sua massa. É regularizado pela NBR 5736. Indicado para em contato com a água corrente e para ambientes agressivos por suas propriedades de baixa permeabilidade, alta durabilidade, alta resistência à compressão a idades avançadas.
- **Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V – ARI):** atingi altas resistências logo nos primeiros dias, pois é usada uma dosagem especial de argila e calcário para a produção do clínquer, é usado na fabricação de blocos para alvenaria, meio-fio, blocos intertravados, lajes, pré-moldados em geral, normalizado pela NBR 5733.
- **Cimento Portland Resistente a Sulfatos (RS):** normalizado pela NBR 5737 é recomendado para obras em ambientes agressivos, como: redes de esgotos e em obras nas regiões litorâneas, marítimas e subterrâneas.
- **Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC):** é um cimento de baixo calor de hidratação. Definido pela NBR 13116, recomendado para grandes concretagens onde a origem térmica das fissuras deve ser controlada, como em obras hidráulicas.
- **Cimento Portland Branco (CPB):** a quantidade de manganês e óxido de ferro são extremamente baixas, pois as mesmas é que dão a coloração acinzentada dos cimentos. Pode adicionar pigmentos coloridos para obtenção de novas cores. Conforme a NBR 12989, o índice de brancura deve maior do que 78%. É adequado aos projetos arquitetônicos de concreto aparente e para argamassas para rejunte de azulejos.
- **Cimento para Poços Petrolíferos (PCC):** comento especialmente para poços petrolíferos. É regulamentado pela NBR 9831 e na sua composição não contém

outros componentes além do clínquer e do gesso para retardar o tempo de pega. No processo de fabricação desse cimento são tomadas precauções para garantir que o produto conserve sua plasticidade necessárias nas condições de pressão e temperatura elevadas, durante a aplicação nos poços petrolíferos.

2.5.1.1 Finura

A finura é um fator que governa a velocidade da reação da hidratação. O aumento da finura melhora a resistência das primeiras idades, diminui a exsudação e segregação, aumenta a impermeabilidade, a coesão e a trabalhabilidade. Porém, aumenta a quantidade da liberação de calor e uma retração elevada, com isso, os concretos ficam mais sensíveis ao fissuramento (HELENE e TERZIAN, 1992).

2.5.2 Agregados

“Agregado é o material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos. “ (BAUER, 2008, p.63)

Para Neville (1997), no mínimo 3/4 do volume do concreto é composto pelos agregados. O agregado não influencia apenas na resistência do concreto, influencia também na durabilidade e desempenho estrutural.

2.5.2.1 Classificação dos agregados quanto ao tamanho

Conforme a NBR 7211, os agregados são classificados de acordo com o seu tamanho:

- **Agregado Miúdo:** agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha 4,75 mm, e ficam retidos na peneira de malha 150 µm.
- **Agregado Graúdo:** agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com malha de 4,75 mm.

2.5.2.2 Classificação dos agregados quanto a origem

- **Agregados Naturais:** são encontrados na natureza, prontos para o uso como: areia, seixo, cascalho, rochas britadas: gratino, basalto entre outros. Alguns

autores, desconsideram a pedra britada como um agregado natural por terem sofrido modificações em suas dimensões através da britagem (ONUK e GASPARETTO, 2013).

- **Agregados Artificiais:** são produzidos a partir de processos industriais ou produtos como: argila expandida, isopor, escórias de alto-forno, vermiculita, esferas de aço, entre outros (ONUK e GASPARETTO, 2013).

2.5.3 Água

A qualidade da água também é importante, impurezas contidas na água podem influenciar na resistência do concreto, manchar a superfície e corroer a armadura. A água de amassamento não pode ter matérias orgânicas nem substâncias inorgânicas em teores excessivos.

Muitas especificações para produzir misturas de concreto exigem que a qualidade da água seja a mesma da água para beber, e como redes de abastecimento de água potável raramente contém sólidos dissolvidos acima de 1000 ppm (partes por milhão), logo a água de amassamento raramente se torna um fator relevante na resistência do concreto (BAUER, 2008).

Ainda conforme Bauer (2008), nem sempre a água imprópria para beber, é inadequada para o amassamento do concreto. Água salgada, levemente ácida, salobras, com mal cheiro ou turva não pode ser descartada de imediato, pois em muitos países há carência de água. Águas recicladas de cidades, de mineração e de operações industriais podem ser usadas como água de amassamento. A água do mar tem cerca de 35.000 ppm de sais diluídos, não prejudica a resistência do concreto simples, mas nos concretos armado e protendido, aumenta o risco de corrosão do aço.

2.6 PROPRIEDADES DO CONCRETO FRESCO

Em certos casos, o adensamento influencia na resistência do concreto. Logo, é de suma importância que a consistência do concreto no estado fresco seja adequada para o transporte, lançamento, fácil acabamento e sem segregação.

2.6.1 Trabalhabilidade

Para Granville a trabalhabilidade pode ser definida como a quantidade de trabalho interno necessário para produzir o adensamento. A definição de trabalhabilidade da ASTM C 125-93 é: característica que determina o esforço necessário para manusear uma quantidade de concreto recém-misturado com pouca perda de homogeneidade. A definição de consistência do ACI é: a propriedade da argamassa ou do concreto recém-misturados que determina a facilidade e a homogeneidade que podem ser misturados, lançados, adensados e acabados (NEVILLE, 1997).

Segundo o autor citado, não existe ensaios que defina diretamente a trabalhabilidade. Porém, diversas tentativas têm sido realizadas para relacionar a trabalhabilidade com alguma grandeza física fácil de ser determinar. Dentre os ensaios que determinam a trabalhabilidade indiretamente é o ensaio de Abatimento do Tronco de Cone, é muito usado nos canteiros de obras do mundo todo.

Figura 9: Concreto com trabalhabilidade alta



Fonte: SENAC (2017).

2.6.2 Segregação

A segregação é a separação dos componentes de uma mistura heterogênea, fazendo sua distribuição deixar de ser uniforme. Existem duas formas de segregação, na primeira os agregados maiores se separam devido aos declives ou sedimentam-se. Na segunda, ocorre devido ao excesso de água na mistura (NEVILLE, 1997).

Ocorre segregação devido as seguintes causas: partículas com tamanhos diferentes, uma granulometria adequada pode controlar o efeito da segregação; o modo que o concreto é manuseado e lançado. O risco de ocorrer segregação será pequeno se o concreto não for transportado para longas distâncias e for transferido do caminhão para as formas na sua posição final, pois o concreto não deve ser movimentado dentro das formas. Outro cuidado no manuseio

é o de não vibrar demais o concreto, pois o agregado graúdo tende a ir todo para o fundo da forma e a pasta de cimento fica na parte superior (NEVILLE, 1997).

Figura 10: Nata na superfície, devido a segregação



Fonte: E-civil (2017).

Com essa separação dos materiais, o concreto fica muito fraco e a nata da superfície, com muito cimento e muita água conforme ilustrado na figura 9, provocando fissuras com tendência a desprendimento de pó, no concreto endurecido.

2.6.3 Exsudação

Conforme Neville (1997), a exsudação, é conhecida como a separação de água, que em parte da água da mistura sobe para a superfície do concreto recém aplicado, conforme ilustrado na figura 10. Se a água de exsudação for novamente misturada durante o acabamento da superfície, vai formar muita nata, com baixa resistência ao desgaste. Isso pode ser evitado atrasando o acabamento até que a água evapore. Mas se a água da superfície evaporar mais rápido que a exsudação, pode ocorrer fissuração por retração plástica.

A tendência à exsudação, é influenciada pelas propriedades com cimento, que pode ser diminuída com aumento da finura do cimento, pois as partículas mais finas se hidratam mais cedo. Cimentos com altos teores de álcalis, aluminato de tricálcio, e com adições de cloreto de cálcio, a exsudação é menos (NEVILLE, 1997).

Os agregados com partículas muito finas, reduzem significativamente a exsudação. Traços ricos tendem menos à exsudação do que os mais pobres. O uso de aditivos superplastificantes

normalmente diminuem a exsudação, exceto com abatimentos elevados. Já um aditivo retardador, pode aumentar a exsudação (NEVILLE, 1997).

Figura 11: Exsudação



Fonte: ALVES (2016)

2.7 PROPRIEDADES DO CONCRETO ENDURECIDO

A resistência do concreto é a propriedade mais valorizada por projetistas e engenheiros de controle de qualidade. A resistência de um material é definida como a capacidade para resistir à tensão sem se romper. Algumas vezes, a ruptura é identificada com o surgimento de fissuras. Entretanto o concreto contém muitas fissuras finas antes mesmo de ser submetido a tensões externas (METHA e MONTEIRO, 2008).

2.7.1 Resistência à compressão

Para Neville (1997), entre os ensaios do concreto endurecido, a resistência à compressão é o mais comum pois além de fácil muitas das características desejáveis do concreto são relacionadas a qualidade da resistência.

Os principais fatores que influenciam à resistência mecânica são: relação água/cimento, idade, forma e graduação dos agregados, forma, dimensões dos corpos de prova e duração de aplicação da carga.

A resistência à compressão do concreto é medida em laboratório pelo ensaio de compressão axial, seguido pela NBR 5739, onde a carga é aumentada gradativamente para romper o corpo-de-prova de 2 a 3 min (METHA E MONTEIRO, 2008).

2.7.2 Resistência à tração

Para Neville (1997), a resistência real da pasta de cimento hidratada normalmente é bem menor que a resistência teórica, tendo como base a coesão molecular. Mesmo que a tensão de tração aplicada no concreto seja baixa, os vazios presentes fazem com que a iniciação e propagação das microfissuras ser transversal a direção principal da tensão, provocando a ruptura do concreto à tração entre essas microfissuras.

Para Metha e Monteiro (2008), a resistência a tração está relacionada indiretamente com a resistência a compressão. Conforme a resistência a compressão aumenta, a tração também irá aumentar.

Normalmente, os ensaios para avaliar a resistência a tração do concreto são por compressão diametral, caracterizado pela NBR 7222:2011. Ensaios de tração direta são raros, pois os dispositivos de fixação dos CP's, inserem tensões que não podem ser ignoradas, conforme Metha e Monteiro (2008).

O ensaio de tração por compressão diametral, é utilizado um CP cilíndrico, com 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura, que é submetido a carga contínua de compressão em duas linhas axiais que são diametralmente apostas. A carga possui uma velocidade constante de 0,7 a 1,3 MPA até a ruptura (NBR 7222:2011).

2.7.3 Durabilidade

O concreto é considerado durável, quando suporta todo o processo de deterioração o qual venha a ser submetido.

“A durabilidade inadequada se manifesta por uma deterioração que pode ser originada por fatores externos ou por causas internas no interior do próprio concreto. As diferentes formas de ação podem ser físicas, químicas ou mecânicas.” (NEVILLE, 1997, p.481).

2.8 QUESTÃO AMBIENTAL

Conforme Sampaio (2011), a palmeira do buriti é muito importante, pois dela tudo se aproveita, da raiz até as folhas. E é por essa razão que muitas pessoas a chamam de Árvore da

vida. Além de gerar renda, o buriti ajuda a manter a quantidade e a qualidade da água nas veredas. Sendo também a alimentação de muitos animais.

Segundo Martins (2006), Devido ao crescimento das atividades agropecuárias no cerrado brasileiro, desmatamentos e queimadas ocorrem para renovar as pastagens e lavouras, o fogo normalmente não é controlado e acaba atingindo as vegetações, provocando assim sua morte. E com a extinção parcial dos buritis, as nascentes são destruídas e a renda da população que faz uso do buriti para sustento fica comprometida.

As atividades mineradoras apresentam riscos ambientais, caso medidas não sejam adotadas. Os próprios minerais correm riscos por não serem renovais, logo passíveis de se esgotarem dentro de alguns anos. Para a extração de areia é necessário a remoção da cobertura vegetal, escoamento superficial, solos e própria ocupação humana. Devido às escavações, cobertura vegetal é removida e ocorre desagregação dos solos, causando danos como, como inundações, erosões, assoreamento, poluição hídrica, sonora e visual (MEDEIROS et. Al, 2002, *apud* CABRAL, 2007).

2.9 TRABALHOS REALIZADOS COM A UTILIZAÇÃO DA FIBRA DA FOLHA DE BURITI

Lima (2008), em sua dissertação de mestrado, trabalhou com o tema Modelagem e Teste de Condutividade Térmica em Placa de Gesso e Fibra Vegetal, *Mauritia vinifera Martius*, para uso na Construção Civil. Ele adicionou a fibra da folha de buriti triturada para a produção de placas argamassadas em gesso, tendendo a uma redução da condutividade térmica. Obtendo resultado satisfatórios, com um aumento de 27,14% em isolamento térmico.

3 METODOLOGIA

3.3 DESENHO DE ESTUDO

Este estudo é classificado como qualitativo com finalidade metodológica a pesquisa aplicada, com objetivo explicativo e procedimento experimental em laboratório.

3.4 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Materiais e Estruturas do Centro Universitário de Palmas (CEULP/ULBRA) e no Laboratório Luar, no período de agosto a novembro de 2017.

3.5 OBJETO DE ESTUDO OU POPULAÇÃO E AMOSTRA

Nesse experimento, foram confeccionados corpos de prova (CP's) de concreto convencional e com a adição da fibra do buriti de 40 mm nas proporções de 0,2%, 0,4% e 0,8% referente ao volume dos agregados.

Foram realizados ensaios de compressão axial, rompidos com 7, 14 e 28 dias de cura. Ensaio de compressão diametral 28 dias de cura. A avaliação da absorção de água com 28 dias de cura. A cura foi feita por imersão.

Tabela 4: Quantidades de corpo de prova por ensaios

| ENSAIOS | QUANTIDADE POR TRAÇO |
|----------------------|-----------------------------|
| Compressão axial | 3 unidades |
| Compressão Diametral | 2 unidades |
| Absorção de água | 3 unidades |

Fonte: Autora (2017).

3.6 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

3.4.1 Fibra de buriti

A fibra do buriti foi adquirida no mercado popular de Palmas-TO, conforme a figura 12 na Feira do Bosque. E foram cortadas em tamanho de 40 mm com o auxílio de uma tesoura, ilustrada na figura 13.

A fibra da folha do buriti foi caracterizada conforme Izquierdo (2011), caracterizou a fibra de sisal, quanto ao tamanho e aos ensaios.

Figura 12: Fibra de buriti



Fonte: AUTORA (2017).

Figura 13: Fibras cortadas em tamanho de 40 mm



Fonte: AUTORA (2017).

3.4.1.1 Massa específica real e aparente da fibra do buriti

Foi colocada 1,5 g da fibra, já cortadas em um recipiente com água. Após 24h a amostra foi retirada da água e colocada exposta ao ar e pesada em uma balança, onde foi obtida a massa saturada seca ao ar (M_{sat}). Depois a amostra foi colocada em uma proveta graduada, com volume inicial com 200ml volume de água (V_i), conforme figura 14, fazendo a leitura do volume final (V_f).

Figura 14: Ensaio da fibra



Fonte: AUTORA (2017).

A amostra saturada, foi seca em estufa por 24h a 50°C. Posteriormente a amostra foi pesada para obter-se a massa seca (M_s).

A massa específica real será calculada pela seguinte equação 1:

$$\rho_{\text{real}} = \frac{M_s}{(V_f - V_i) - \frac{(M_{sat} - M_s)}{\rho_{\text{água}}}} \quad (\text{Eq.1})$$

Onde:

ρ_{real} : massa específica real da folha de buriti, em gramas por centímetro cúbico (g/cm^3)

M_s : massa seca da fibra de buriti após 24h na estufa, em gramas (g)

M_{sat} : massa saturada seca ao ar da fibra de buriti, em g

V_i : volume inicial do frasco, em centímetros cúbicos (cm^3)

V_f : volume final do frasco, em cm^3

$\rho_{\text{água}}$: massa específica da água, em g/cm^3

A massa específica aparente será calculada pela equação 2:

$$\rho_{apar} = \frac{Ms}{Vf - Vi} \quad (\text{Eq.2})$$

Onde:

ρ_{apar} : massa específica aparente da fibra de buriti, em g/cm³

Ms: massa seca da fibra de buriti após 24h na estufa, em g

Vi: volume inicial do frasco, em cm³

Vf: volume final do frasco, em cm³

3.4.1.2 Absorção de água

Para a determinação da absorção de água, fibras de 40 mm de comprimento foram colocadas na estufa a 50°C até a constância de massa (Ms). Então foram imersas na água e tendo suas massas determinadas. Para essa determinação foi utilizado papel para absorver o excesso de água das amostras.

Para calcular a absorção será utilizada equação 3:

$$A = \frac{Mht - Ms}{Ms} \times 100 \quad (\text{Eq.3})$$

Onde:

A: absorção de água da fibra, em porcentagem

Ms: massa seca da fibra de buriti após 24h na estufa, em g

Mht: massa úmida da fibra da fibra no tempo t, em g

Foram medidas a 5 min, 15 min, 30 min, 60 min, 120 min, 7h, 12h, 24h e 26,5 h.

3.4.1.3 Teor de umidade inicial

Para determinar o teor de umidade que a fibra de buriti apresenta, foram pesadas uma quantidade de fibras cortadas em tamanhos de 40mm, obtendo a massa natural (Mnat) e após colocou-as para secar na estufa a 50°C por 24h, obtendo a massa seca (Ms).

O teor de umidade das fibras foi calculado pela Equação 4:

$$U = \frac{M_{nat} - M_s}{M_s} \times 100 \quad (\text{Eq.4})$$

Onde:

U: teor de umidade das fibras, em porcentagem

M_{nat}: massa natural da fibra, em g

M_s: massa seca da fibra de buriti após 24h na estufa, em g

3.4.2 Cimento Portland

O cimento Portland selecionado para emprego no preparo dos concretos em estudo foi o cimento CP II F-40, normatizado pela NBR 11578:1991, fabricado pelo Grupo DCG.

3.4.3 Agregados

Os agregados miúdo e graúdo, utilizados para confecção dos traços, foi a areia e brita, e foram doados pelo concreteira Concreto Ciplan.

Os agregados utilizados para mistura, tanto o miúdo quanto o graúdo, foram lavados e secos em estufa, medindo sua granulometria com a NBR NM 248:2003, massa específica pelo método NBR NM 52 e NBR NM 53, e a massa unitária conforme a NBR NM 45:2006.

3.4.4 Água

A água de amassamento, foi coletada no Laboratório Luar, que é da rede de abastecimento municipal.

3.7 DOSAGEM DO CONCRETO

A dosagem do traço de referência e com a adição da fibra de buriti, foram calculados pelo método ABCP, com a resistência estimada de $F_{ck} = 25 \text{ Mpa}$, Slump de $12 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$. O traço utilizado esta ressaltado na tabela 5.

Tabela 5: Traço utilizado para a fabricação dos concretos

| Traço em volume | Cimento (kg) | Areia (kg) | Brita 1 (kg) | Água (kg) |
|----------------------------|--------------|------------|--------------|-----------|
| 1: 2,22: 2,73: 0,58 | 12,40 | 27,53 | 33,89 | 7,20 |

Fonte: Autora (2017).

3.5 MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova são cilíndricos, com diâmetro de 10cm por 20cm de altura para os ensaios de compressão axial, e absorção de água, ilustrados na figura 15; e com diâmetro de 15 cm por 30 cm de altura, para ensaios de compressão diametral. Seguindo a NBR 5738:2003.

A produção contou com 4 traços, compostos na tabela 6 sendo o traço referência (TR) para o concreto convencional, que serviu de comparação para os traços com a adição da fibra da folha do buriti.

Figura 15: Corpos de prova moldado



Fonte: AUTORA (2017).

Tabela 6: Traços a preparar

| TRAÇOS | COMPOSIÇÃO |
|-----------|---|
| TR | Cimento Portland, água, areia, brita |
| T1 | Cimento Portland, água, areia, brita e adição de 0,2% do volume de agregados de fibra de buriti |
| T2 | Cimento Portland, água, areia, brita e adição de 0,4% do volume de agregados de fibra de buriti |
| T3 | Cimento Portland, água, areia, brita e adição de 0,8% do volume de agregados de fibra de buriti |

Fonte: AUTORA (2017).

3.5 ENSAIOS NO CONCRETO

3.5.1 Estado Fresco

- **Abatimento do tronco de cone (Slump Test):** este ensaio foi realizado para a definir a consistência/trabalhabilidade do concreto. Acompanhando a NBR NM 67:1998. Foi realizado logo após a mistura das matérias na betoneira, com o molde e a base umedecidos, o operador apoiou o troco de cone com pé, sob as aletas. Encheu o molde, dividindo em três camadas, cada camada foi compactada com 25 golpes, com uma haste de 16 mm de diâmetro, os golpes foram ser distribuídos em toda seção. Após o preenchimento das 3 camadas, o molde foi ser retirado verticalmente. Após a retirada do molde foi medido o abatimento, que é a distância entre a altura do molde e a altura da massa de concreto.
- **Massa específica aparente do concreto:** acompanhando a NBR 9833:2009, a massa específica é definida pela razão entre a massa e o volume, dada pela fórmula $\rho = \frac{m}{v}$. O ensaio consiste em colocar o concreto no recipiente, em três camadas de alturas aproximadamente iguais, com processo de adensamento manual, com 25 golpes por camada. Bater levemente na face externa do recipiente, para eliminar eventuais vazios e fazer o nivelamento da superfície. Depois faz-se a pesagem.
- **Teor de ar incorporado:** acompanhando a NBR 9833:2008/9, após definida a massa específica, é calculado o rendimento, volume total dos componentes da betonada, índice de ar e o teor de ar.
 - **Rendimento:** é calculado com a seguinte equação 5:

$$R: \frac{M_c + M_f + M_g + M_a}{\rho_{ap}} \quad (\text{Eq.5})$$

Onde:

R – Rendimento, em metros cúbicos (m³);

M_c – Massa de cimento utilizado na dosagem, em quilogramas (kg);

M_t – Massa total de agregado miúdo utilizado na dosagem, em kg;

M_g – Massa total de agregado graúdo utilizado na dosagem, em kg;

Ma – Massa total de água adicionada na dosagem por, em quilogramas por metro cúbico (kg/m³);

ρap – Massa específica aparente do concreto em kg/m³.

- **Volume total dos componentes:** é calculado com a seguinte equação 6:

$$vt = \frac{Mc}{\rho c} + \frac{Mf}{\rho f} + \frac{Mg}{\rho g} + \frac{Ma}{\rho a} \quad (\text{Eq.6})$$

Onde:

Vt – Volume total dos componentes, em m³;

ρc – Massa específica do cimento kg/m³;

ρf - Massa específica do agregado miúdo, g/m³;

ρg - Massa específica do agregado graúdo, kg/m³;

ρa - Massa específica da água, que deve ser adotada como sendo igual a 1000 kg/m³;

- **Índice de ar:** calculado pela seguinte equação 7:

$$Ia = \frac{R}{vt} \quad (\text{Eq.7})$$

Onde:

Ia- índice de ar

- **Teor de ar:** Calcular com aproximação de 0,1%, utilizando a equação 8:

$$A = \left(1 - \frac{1}{Ia}\right) \times 100 \quad (\text{Eq.8})$$

Onde:

A – Teor de ar do concreto, expresso em porcentagem (%)

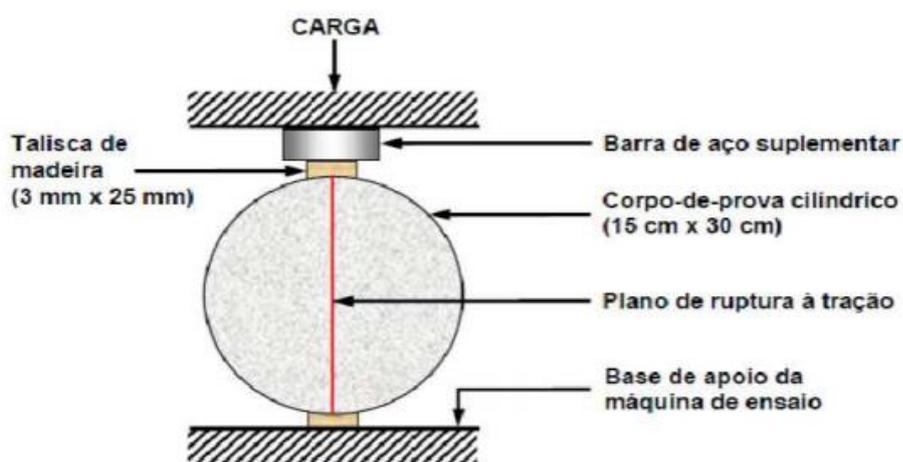
3.5.2 Estado Endurecido

- **Compressão axial:** este ensaio é realizado para definir a resistência mecânica no concreto, seguindo as orientações da NBR 5739:2007. Com os CP's posicionados na vertical sobre o prato inferior da prensa, seu eixo deve coincidir com o eixo da máquina, para que assim possam ser submetidos aos esforços de

compressão com velocidade constante de $0,45 \pm 0,15$ Mpa/s. Os CP's devem ser retirados do tanque de cura, com no mínimo 30 min antes da realização do ensaio.

- **Tração por compressão diametral:** a partir deste ensaio, é possível definir a resistência a tração do concreto. Realizado segundo a NBR 7222:2011 que consiste em submeter o CP's em uma carga contínua de compressão em duas linhas axiais que são diametralmente apostas. Conforme ilustrado na figura 16. Os CP's devem ser retirados do tanque de cura, com no mínimo 30 min antes da realização do ensaio.

Figura 16: Ensaio de tração por compressão diametral.



Fonte: MARTINS (2013).

- **Absorção de água:** ensaio realizado seguindo a NBR 9778:2009, que consiste Determinar a massa da amostra ao ar e mantê-la em estufa à temperatura de (105 ± 5) °C. Determinar a massa da amostra após permanência na estufa de 24 h, 48 h e 72 h. Resfriar a amostra ao ar seco à temperatura de (23 ± 2) °C, e determinar a massa. Para referência, registrar a massa da amostra após 72 h de permanência na estufa e informar complementarmente as medidas intermediárias das massas. Saturação em água à temperatura de (23 ± 2) °C. Completada a secagem em estufa e determinada a massa, proceder à imersão da amostra em água à temperatura de (23 ± 2) °C, durante 72 h. A amostra deve ser mantida com 1/3 de seu volume imerso nas primeiras 4 h e 2/3 nas 4 h subsequentes, sendo completamente imerso nas 64 h restantes. Determinar a massa, decorridas 24 h, 48 h e 72 h de imersão. As determinações devem ser efetuadas após enxugar-se

a superfície da amostra com toalha absorvente. Para referência, registrar a massa da amostra após 72 h de imersão em água e informar complementarmente as medidas intermediárias das massas.

Absorção de água por imersão é calculada pela seguinte equação 9:

$$A = \frac{M_{sat} - M_s}{M_s} \times 100 \quad (\text{Eq.9})$$

Onde:

A= absorção de água, em %

M_{sat} = massa do corpo-de-prova saturado

M_s = massa do corpo-de-prova seco em estufa

3.6 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

- **Inclusão:** Ensaio de abatimento, compressão axial, compressão diametral, granulometria, massa específica real e aparente da fibra, teor de umidade da fibra, absorção de água no concreto endurecido.

3.7 VARIÁVEIS

3.7.1. Variáveis Dependentes

- Abatimento do tronco de cone;
- Resistência à compressão axial;
- Resistência à compressão diametral;

3.7.2 Variáveis Independentes

- Agregado miúdo e agregado graúdo;
- Idade dos ensaios;
- Método de dosagem.

3.7.3 Parâmetros Fixos

- Cura;
- Dimensão dos corpos de prova;
- Teor e comprimento da fibra.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 FIBRA DA FOLHA DE BURITI

Para conhecer as propriedades físicas do material utilizado, foi necessário realizar ensaios como massa específica real, massa específica aparente, teor de umidade e absorção de água. A Tabela 7 indica os valores dos ensaios da caracterização física das fibras como massa específica real e aparente e teor de umidade inicial.

Tabela 7: Massa específica real, aparente e teor de umidade das fibras da folha de buriti

| Massa específica real (kg/m ³) | Massa específica aparente (kg/m ³) | Teor de Umidade (%) |
|--|--|---------------------|
| 405 | 500 | 0 |

Fonte: Autora (2017).

Segundo a NBR NM 52/2009, a massa específica real é a relação entre a massa do agregado seco com o seu volume, desconsiderando os poros permeáveis e, a massa específica aparente, considerando os poros permeáveis. De modo que, a baixa massa específica e a alta absorção de água fazem parte das características das fibras vegetais pela grande existência de poros permeáveis.

Sobre o teor de umidade, obteve-se um resultado nulo, podendo ter como justificativa que a fibra é seca ao ar livre após o cozimento.

A Tabela 8 apresenta a absorção de água das fibras medidas em tempo com relação à massa seca.

Tabela 8: Absorção de água da fibra da folha de buriti

| TEMPO | ABSORÇÃO DE ÁGUA (%) |
|--------|----------------------|
| 5 min | 10 |
| 15 min | 40 |
| 30 min | 60 |
| 1 h | 80 |
| 2 h | 80 |
| 5 h | 80 |
| 7 h | 80 |
| 12 h | 80 |
| 24 h | 80 |
| 26,5 h | 80 |

Fonte: AUTORA (2017).

Nos primeiros 30 minutos, a fibra já tinha absorvido quase 90 % da absorção total, e a partir das 24 horas de imersão, como a absorção manteve-se constante fica provado a sua estabilidade.

4.2 AGREGADOS

As tabelas com os resultados dos ensaios com os agregados se encontram no apêndice A, B, C, D e E.

4.2.1 Massa unitária

O agregado miúdo obteve uma massa unitária de 1,64 g/cm³ e o agregado graúdo teve resultado de 1,42 g/cm³. Os resultados de massa unitária obtidos não diferem mais que 1% em relação à média, logo os resultados são satisfatórios, de acordo com a NBR NM 45:2006.

4.2.2 Massa Específica

De acordo com a NBR NM 52:2008 e NBR 53:2008, para os resultados serem considerados como satisfatórios, é necessário que os resultados não apresentem diferença superior que 0,02 g/cm³ entre si.

Sendo assim, é possível considerar que o agregado miúdo apresenta massa específica de 2,64 g/cm³ e os resultados não diferem mais que o estabelecido.

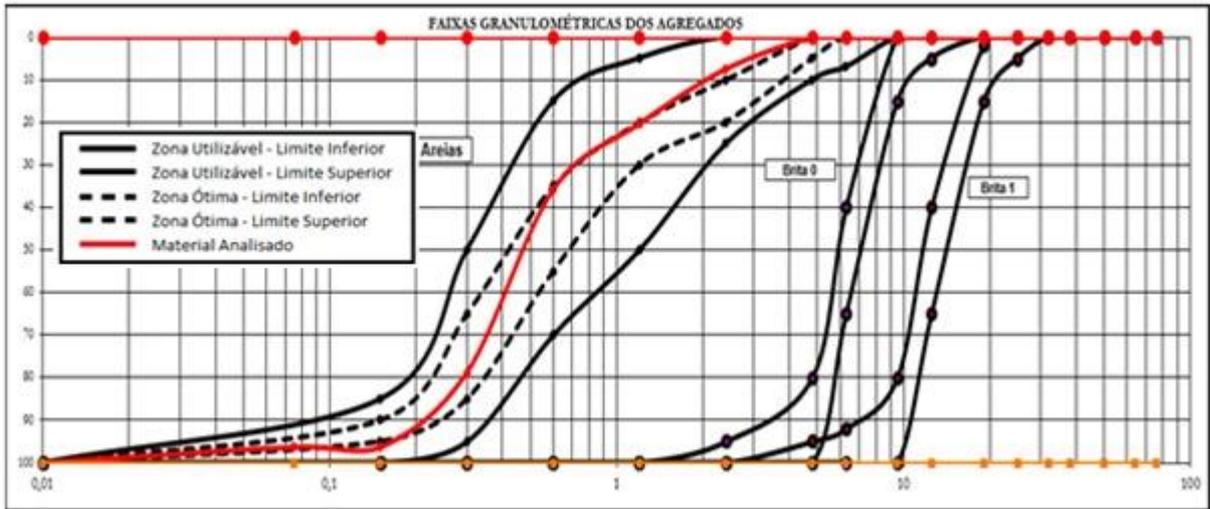
Os valores encontrados para massa específica do agregado graúdo são considerados satisfatórios já que não ultrapassaram as exigências contidas em norma. Tendo sua massa específica de 2,66 g/cm³.

4.2.3 Granulometria

Nos ensaios de granulometria no agregado miúdo e graúdo, verificou-se que os valores encontrados atendem as exigências da NBR NM 248:2003, não ultrapassando os limites estabelecidos por ela.

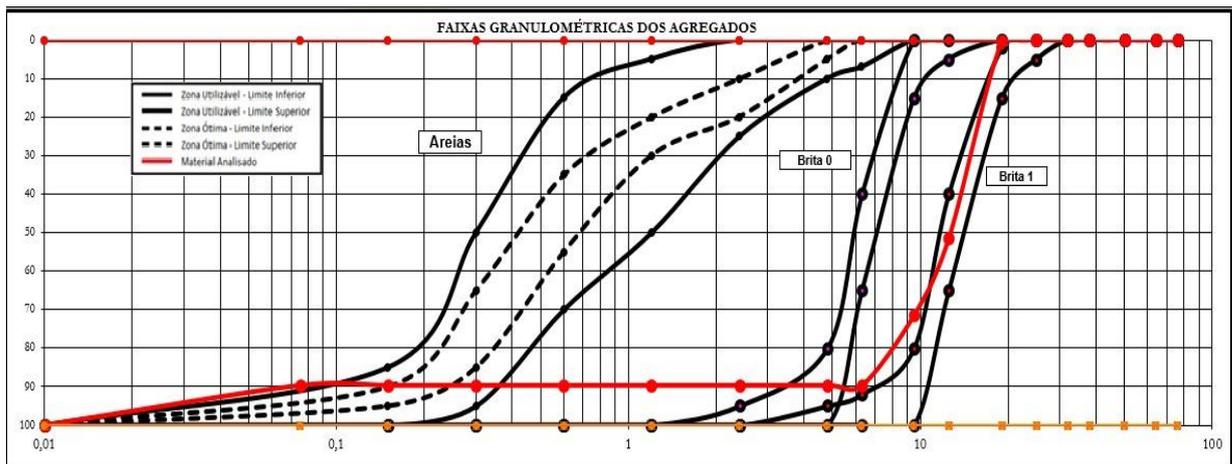
De acordo com o ensaio de granulometria no agregado miúdo exposto na figura 17, foi possível determinar que devido à faixa de domínio o agregado em questão pode ser classificado como areia média, seu módulo de finura é 2.41. E o agregado graúdo é classificado como brita 1, conforme ilustrado na figura 18, com diâmetro máximo de 19 mm.

Figura 17: Análise granulométrica do agregado graúdo.



Fonte: AUTORA (2017).

Figura 18: Análise granulométrica do agregado graúdo.



Fonte: AUTORA (2017).

4.3 CONCRETOS NO ESTADO FRESCO

Os ensaios realizados no concreto fresco foram: Abatimento do tronco de cone (Slump Test), ilustrados na figura 19 e 20, conforme a NBR/NM 67:1998. A massa específica de cada concreto, e o teor de ar incorporado pelo método gravimétrico conforme a NBR 9833:2008/9.

4.3.1 Abatimento do tronco de cone

Conforme previsto, a adição da fibra diminui a trabalhabilidade do concreto, porém mesmo com essa queda na trabalhabilidade, os resultados se mantiveram dentro do desvio padrão calculado do abatimento do tronco de cone. Os resultados estão expressos na tabela 9.

Tabela 9: Abatimento do Tronco de Cone

| TRAÇOS | ABATIMENTO (cm) |
|----------------|------------------------|
| Referência | 14,0 |
| 0.2 % de fibra | 12,5 |
| 0.4 % de fibra | 11,0 |
| 0.8 % de fibra | 10,5 |

Fonte: AUTORA (2017).

Figura 19: Slump test adição de 0,2%



Fonte: AUTORA (2017).

Figura 20: Slump test adição de 0,8%



Fonte: AUTORA (2017).

4.3.2 Massa específica

Houve uma redução da massa específica do concreto com a adição da fibra da folha de buriti, deixando o concreto mais leve, logo, mais poroso. Mas ainda se encaixando no grupo de concreto convencional que varia a massa específica entre 2.000 kg/m³ e 2.800 kg/m³. A tabela 10, ilustra os resultados da massa específica de cada concreto.

Tabela 10: Massa específica do concreto

| TRAÇO | MASSA ESPECÍFICA (kg/m³) |
|----------------|--|
| Referência | 2.350 |
| 0,2 % de fibra | 2.332 |
| 0,4 % de fibra | 2.297 |
| 0,8 % de fibra | 2.279 |

Fonte: AUTORA (2017).

4.3.3 Teor de ar incorporado

A adição das fibras, fez com que o aumentasse o teor de ar no concreto. Aumentando proporcionalmente, quanto maior o teor de fibras, maior o teor de ar.

Tabela 11: Teor de ar incorporado

| TRAÇO | TEOR DE AR (%) |
|---------------|-----------------------|
| Referência | 0,32 |
| 0,2% de fibra | 0,98 |
| 0,4% de fibra | 2,38 |
| 0,8% de fibra | 2,89 |

Fonte: AUTORA (2017).

Um maior índice de ar num concreto, quer dizer que o mesmo possui um maior número de vazios. Logo terá uma maior absorção de água. O limite de ar incorporado é de 2,5%. O traço com adição de 0,8% de fibra, ultrapassou esse limite.

4.4 CONCRETOS NO ESTADO ENDURECIDO

Os ensaios realizados no concreto endurecido são: compressão axial (NBR 5739:2007), compressão diametral (NBR 7222:2011) e absorção de água (NBR 9778:2009).

4.4.1 Compressão axial

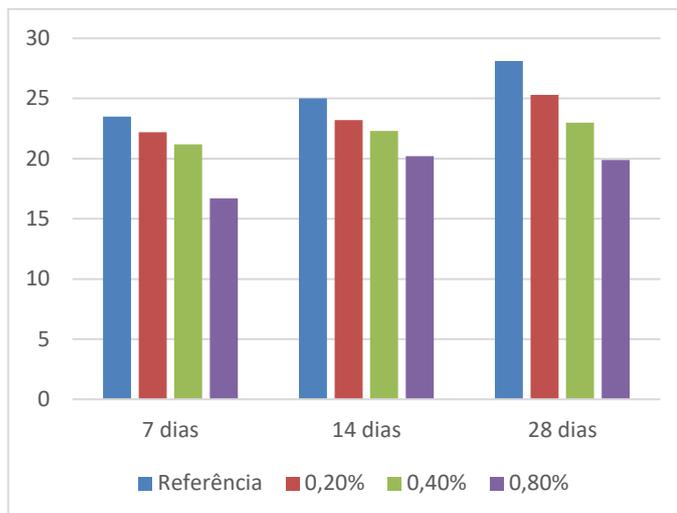
Para o ensaio de resistência à compressão, obteve-se os seguintes resultados, ilustrados na tabela 12, podendo ser melhor analisado na figura 21.

Tabela 12: Resistência à compressão

| TRAÇO | 7 DIAS | 14 DIAS | 28 DIAS |
|-----------------------|---------------|----------------|----------------|
| TR | 23,50 Mpa | 25,02 MPa | 28,10 Mpa |
| 0,2 % de fibra | 22,20 Mpa | 23,20 MPa | 25,30 Mpa |
| 0,4 % de fibra | 21,20 Mpa | 22,30 MPa | 23,00 Mpa |
| 0,8 % de fibra | 16,70 Mpa | 20,20 MPa | 19,90 Mpa |

Fonte: AUTORA (2017).

Figura 21: Gráfico da resistência à compressão



Fonte: AUTORA (2017).

Podemos observar, que os concretos com a adição de fibras, perdeu resistência à compressão em relação ao concreto de referência. Os concretos com 0,4 % e 0,8 % de adição não atingiram a resistência mínima pretendida.

Em relação às adições, concreto com 0,2% de teor de fibra, apresentou melhor resistência à compressão. Já o teor de 0,8% de fibra, ao passar dos dias sua resistência em vez de aumentar, diminuiu-se. Esse resultado pode estar relacionado, a menor quantidade de fibras, que se distribuíram melhor, não deixando falhas na superfície do concreto, como ocorreu nos teores de 0,4 % e 0,8 %.

Foi notado durante o ensaio que os CP's sem a adição da fibra, ocorreu rompimento da pasta, como mostra a figura 22, já os CP's com reforço, manterão suas partes unidas pelas fibras, devido a sua boa aderência com o concreto, ilustrado nas figuras 23, 24 e 25.

Figura 22: Traço Referência após rompido



Fonte: AUTORA (2017).

Figura 23: Traço com adição de 0,2% de fibra após rompido.



Fonte: AUTORA (2017).

Figura 24: Traço com adição de 0,4% de fibra após rompido.



Fonte: AUTORA (2017).

Figura 25: Traço com adição de 0,8% de fibra após rompido.



Fonte: AUTORA (2017).

4.4.2 Tração por compressão diametral

Para o ensaio de resistência à tração, ilustrado na figura 26, obteve-se os seguintes resultados, ilustrados na tabela 13.

Tabela 13: Resistência à tração por compressão diametral

| TRAÇO | RESISTÊNCIA (MPA) |
|---------------|--------------------------|
| Referência | 2,87 |
| 0,2% de fibra | 2,51 |
| 0,4% de fibra | 2,56 |
| 0,8% de fibra | 2,04 |

Fonte: AUTORA (2017).

Figura 26: Ensaio de tração por compressão diametral



Fonte: AUTORA (2017).

Houve uma diminuição na resistência dos concretos com a adição da fibra da folha de buriti, com relação ao concreto de referência, porém teve-se dificuldade em abrir os corpos de prova com adição de fibra após o rompimento, ilustrado na figura 27. O Concreto com adição de 0,4% de teor de fibra, foi o que obteve melhor resultado em comparação com as demais adições. Conforme meta e Monteiro os resultados da resistência de tração por compressão diametral tem que ser pelo menos 10% da resistência a compressão e todos os resultados ficaram dentro desses 10%.

Figura 27: Corpos de prova rompido



Fonte: AUTORA (2017).

4.4.3 Absorção de água

Para a realização desse ensaio foi preciso determinar a massa seca em estufa e massa saturada por imersão. A tabela 14, apresenta a absorção de água de cada traço.

Tabela 14: absorção de água para cada tipo de concreto

| Traço | Absorção de água (%) |
|----------------------|-----------------------------|
| Referência | 6,55 |
| 0.2% de fibra | 6,56 |
| 0.4% de fibra | 6,58 |
| 0.8% de fibra | 7,07 |

Fonte: AUTORA (2017).

Conforme Neville (1997), a absorção de água não é uma avaliação de qualidade do concreto, mas a maioria dos bons concretos apresentam absorção até 10%. Os concretos com a adição de fibra apresentam maior absorção de água que o concreto sem fibra, logo possuem maior presença de poros permeáveis, como já esperado após obter os resultados do teor de ar incorporado. Os traços apresentados, possuem um índice de absorção inferior aos 10%, como apresenta Neville (1997).

5 CONCLUSÃO

Essa pesquisa teve como objetivo, caracterizar a fibra da folha de buriti e estudar a sua adição no concreto em seu estado fresco e endurecido e comparar com o concreto convencional. Podendo obter materiais alternativos e ecologicamente renováveis. Para alcançar esses objetivos foram realizados ensaios de massa específica real, massa específica aparente, teor de umidade e absorção de água da fibra. Consistência do concreto, compressão axial, tração por compressão diametral e absorção de água.

Em relação as propriedades físicas da fibra, elas apresentaram uma baixa massa específica aparente e alta absorção de água, que são características comuns de fibras vegetais, por possuir muitos poros permeáveis.

Durante o ensaio do abatimento do tronco de cone, pode-se observar que com adição de fibra da folha de buriti, houve uma diminuição na trabalhabilidade. Essa perda de trabalhabilidade, foi proporcional ao aumento da quantidade de fibras.

Ao analisar os resultados do ensaio do teor de ar incorporado foi possível concluir que a adição de fibra aumenta o teor de ar no concreto, e um concreto com maior teor de ar, tem um maior índice de vazios, logo, terá uma maior absorção de água.

Os concretos com a adição de fibras, houve uma redução na resistência a compressão em relação ao concreto de referência. Isso pode ter acontecido pois os concretos com a adição da fibra de buriti apresentaram menor massa específica, o que implica a um concreto com maior índice de vazios. Em relação ao teor de fibras, o concreto com 0,2 % de adição de fibra, foi o que obteve melhor resultado, chegando a 25,30 MPa. Os teores 0,4% e 0,8%, não alcançaram a resistência mínima de 25 MPa, obtendo a resistência de 23,00 MPa e 19,90 MPa respectivamente. O teor de 0,8% apresentou uma queda em sua resistência com os passar dos dias, isso pode ter ocorrido por esse concreto conter maior quantidade de fibras, que diminui a aderência do concreto.

Após os corpos de prova serem rompidos no ensaio de compressão, foi notado que suas faces se mantêm unidas nas fissuras, tendo as fibras uma boa aderência a matriz cimentícia, tornando a fibra vantajosa quanto a ductilidade.

Na resistência à tração por compressão diametral, a adição de fibra da folha de buriti proporcionou ao concreto um desempenho inferior, em comparação ao traço referência. Com 0.2% de adição obteve-se uma resistência de 2,51 MPa, diminuindo 12,54% em relação ao traço referência, com adição de 0,4% atingiu a resistência de 2,56 MPa, diminuindo a resistência 10,8%, já a adição de 0,8%, foi a resistência mais baixa, diferindo 28,92% do traço de referência, obtendo 2,04 MPa de resistência.

Os concretos com a adição de fibra apresentam uma absorção de água pouco maior que o concreto sem fibra, porém não diferem maior que 1% nos teores de 0,2% e 0,4%. Já a adição de 0,8% de teor de fibra, obteve um aumento de 7,94% em relação ao traço de referência. Porém, manteve-se o seu teor de absorção inferior ao limite para concretos bons, que para Neville (1997), é de 10% de absorção.

Conclui-se que o concreto com a adição da fibra da folha de buriti, é viável para fins não estruturais, já que sua adição ocasionou uma diminuição em sua resistência, e a fibra vantajosa quanto a ductilidade.

5.1 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

- Caracterizar a fibra em outras proporções e uma possível calcinação
- Trabalhar com outros percentuais
- Orçamento
- Durabilidade desse concreto

REFERÊNCIAS

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Guia básico de utilização do cimento portland. 7.ed. São Paulo, 2002.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: **Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro: 2009.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248 – **Agregados: Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52 – **Agregado miúdo: Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 53 – **Agregado graúdo: Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7222 – **Concreto e argamassa: Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738 – **Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, 2003

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739 – **Concreto: Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT–ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67: **Concreto: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT–ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9833: **Concreto fresco: Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro, 2008.**

ALVES, L. S. **Influência da adição de fibras de celulose (papel kraft) nas características dos blocos de concreto não estrutural.** 2016. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção. 5 ed.** Rio de Janeiro: LTC, 2008.

BÍBLIA SAGRADA.

BLEDZK, A.K.; GASSAN, J. (1999) Composites reinforced with cellulose-based fibres. Prog. Polym. Sci v. 24.

CABRAL, K.O. **Influencia da areia artificial oriunda da britagem de rocha granito-gnaiss nas propriedades do concreto convencional no estado fresco e endurecido.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

COSTA, S.R. **Série boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável orgânico do Buriti (*Mauritia flexuosa* L.f).** 2012 Brasília-DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2012.

FIBRENAMICS- disponível em: <<https://www.web.fibrenamics.com/pt/conhecimento/as-fibras/fibras-nao-naturais>>. Acesso em 24 de fev. de 2017.

HANNANT, D. J. **Fibre cements and fibre concretes.** Chichester, John Wiley, 1978.

HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo. Manual de Dosagem e controle do Concreto. Ed. Pini; Brasília, DF, 1992.

HELENE, Paulo; ANDRADE, T. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. IBRACON, 2010. Disponível em: <<http://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc48.pdf>>, acesso em 13 de abr. 2017.

IZQUIERDO, I.S. **Uso de fibra natural de sisal em blocos de concreto para alvenaria estrutural**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

MEDEIROS, M. **Processo de Extração e Benefício da Fibra de Buriti**. 2011. Blog: Artesanato com design, disponível em :<<http://artesanatocomdesign.blogspot.com.br/2011/11/processo-de-extracao-e-beneficiamento.html>>. Acesso em 24 de set. 2017.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P. J. **Evolução em Tecnologia do Concreto**. Concreto: Microestrutura, Propriedade e Materiais. São Paulo, 2008.

MENESES, I.A. **Avaliação de concreto com adição de fibras de pet submetido a altas temperaturas**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

NEVILLE, A. M, **Propriedades do Concreto**. Trad. Salvador E. Giamusso. São Paulo: PINI, 1997

NORMAS EXPLICATIVAS DO SISTEMA HARMONIZADO - IN SRFB nº 1.260, DOU 21/03/2012 disponível em: <<http://www.infoconsult.com.br/nesh/nesh.htm>> acesso em 04 de mar. 2017.

NOVAES, W. **A novela que não tem fim da proibição do amianto**. Disponível em : <<http://opinioao.estadao.com.br/noticias/geral,a-novela-que-nao-tem-fim-da-proibicao-do-amianto,10000019443>> . Acesso em 01 de mar. 2017.

PEDROSO, F. L. **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem**. Revista CONCRETO & Construções, São Paulo, Ipsis Gráfica e Editora, n53, jan., fev., mar., 2009.

PICANÇO, M.S. **Compósitos cimentícios reforçados com fibras de curauá**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

SAMPAIO, M. B. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do buriti**. 2011 Brasília-DF: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2011.

SAMPAIO, M. B. **Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto e da Folha do Buriti (Mauritia flexuosa)**. 2012 Brasília – DF. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). Brasil, 2012.

SANTOS, A. **Extração mineral de areia e seus impactos na territorialidade socioambiental: o caso de Feira de Santana-BA**. 2015. In: VII Seminário Internacional Dinâmica Territorial e Desenvolvimento Socioambiental: “Terra em Transe”.2015, Salvador: UCSAL, 2015.

SANTOS, A. **FIBRAS PARA CONCRETO**. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/fibras-para-concreto/>>. Acesso em 25 de fev. de 2017.

SAVASTANO, H.J. **Materiais à base de cimento reforçado com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo**. 2000. Tese (Livre-docência em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

VIEIRA, R. F. [et al.] **Frutas nativas da região Centro-Oeste**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006.

APÊNDICES

Apêndice A- GRANULOMETRIA DO AGREGADO GRAÚDO

| GRANULOMETRIA DO AGREGADO GRAÚDO | | | | | | |
|---|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Peneira (mm) | 1° determinação | | 2° determinação | | % retida média | % retida acumulada |
| | Peso retido | % retida | Peso retido | % retida | | |
| 100,0 | 0,0 | 0,0% | 0,0 | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 75,0 | 0,0 | 0,0% | 0,0 | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 50,0 | 0,0 | 0,0% | 0,0 | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 25,0 | 0,0 | 0,0% | 0,0 | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 19,0 | 15,3 | 0,3% | 12,6 | 0,3% | 0,3% | 0,3% |
| 12,5 | 2551,8 | 51,0% | 2658,3 | 53,2% | 52,1% | 52,4% |
| 9,5 | 1003,2 | 20,1% | 939,1 | 18,8% | 19,4% | 71,8% |
| 6,3 | 913,6 | 18,3% | 816,2 | 16,3% | 17,3% | 89,1% |
| FUNDO | 515,9 | 10,3% | 573,6 | 11,5% | 10,9% | 100,0% |
| TOTAL | 4999,8 | - | 4999,8 | - | - | - |

Apêndice B- GRANULOMETRIA DO AGREGADO MIÚDO

| GRANULOMETRIA DO AGREGADO MIÚDO | | | | | | |
|--|------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|
| Peneira (mm) | 1° determinação | | 2° determinação | | % retida média | % retida acumulada |
| | Peso retido | % retida | Peso retido | % retida | | |
| 9,5 | 0,0 | 0,0% | 0,0 | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 6,3 | 0,0 | 0,0% | 0,0 | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 4,8 | 0,0 | 0,0% | 8,4 | 1,7% | 0,8% | 0,8% |
| 2,4 | 37,2 | 7,4% | 37,5 | 7,5% | 7,5% | 8,3% |
| 1,2 | 64,2 | 12,8% | 60,8 | 12,2% | 12,5% | 20,8% |
| 0,6 | 77,4 | 15,5% | 75,3 | 15,1% | 15,3% | 36,1% |
| 0,3 | 215,2 | 43,0% | 208,8 | 41,8% | 42,4% | 78,5% |
| 0,15 | 87,8 | 17,6% | 92,1 | 18,4% | 18,0% | 96,5% |
| FUNDO | 18,2 | 3,6% | 17,0 | 3,4% | 3,5% | 100,0% |
| TOTAL | 500,0 | - | 499,9 | - | SOMATÓRIO | 241,0% |
| MÓDULO DE FINURA | 2,41 | | | | | |

Apêndice C- MASSA ESPECÍFICA DO AGREGADO MIÚDO

| MASSA ESPECÍFICA MN 52:2009 | | |
|--|--------|--------|
| Picnômetro nº | 1 | 2 |
| Massa picnômetro +brita+água,t°C de ensaio (g) | 1326,5 | 1401,7 |
| Massa picnômetro cheio de água (g) | 1202,1 | 1202,1 |
| Massa material seco (g) | 200 | 200 |
| Massa específica da água, t°C de ensaio (g/cm ³) | 0,9981 | 0,9981 |
| Massa específica (g/cm ³) | 2,645 | 2,629 |
| Massa específica média (g/cm ³) | 2,64 | |

Apêndice D- MASSA UNITÁRIA DO AGREGADO MIÚDO

| MASSA UNITÁRIA AGREGADO MIÚDO NATURAL | | | | |
|---------------------------------------|---|------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| Determinação | Volume do recipiente (dm ³) | Massa do recipiente + amostra (kg) | Massa do recipiente (kg) | Massa unitária (kg/dm ³) |
| 1 | 15 | 32,1 | 7,55 | 1,64 |
| 2 | 15 | 31,95 | 7,55 | 1,63 |
| 3 | 15 | 32,30 | 7,55 | 1,65 |
| MÉDIA | 15 | 32,12 | 7,55 | 1,64 |

Apêndice E- MASSA UNITÁRIA DO AGREGADO GRAÚDO

| MASSA UNITÁRIA AGREGADO GRAÚDO NATURAL | | | | | |
|--|---|------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Determinação | Volume do recipiente (dm ³) | Massa do recipiente + amostra (kg) | Massa do recipiente (kg) | Massa unitária (kg/dm ³) | Massa unitária (kg/m ³) |
| 1 | 15 | 28,90 | 7,55 | 1,42 | 1423,33 |
| 2 | 15 | 29,15 | 7,55 | 1,44 | 1440,00 |
| 3 | 15 | 28,50 | 7,55 | 1,40 | 1396,67 |
| MÉDIA | 15 | 28,85 | 7,55 | 1,42 | 1420,00 |