



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO – UFERSA
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS – CMPF
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS - DETEC
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

SUYANNE KANANDA BRITO ALMEIDA

**EFEITO DA ADIÇÃO DE FIBRA VEGETAL NAS PROPRIEDADES
MECÂNICAS DO CONCRETO**

PAU DOS FERROS – RN

2023

SUYANNE KANANDA BRITO ALMEIDA

**EFEITO DA ADIÇÃO DE FIBRA VEGETAL NAS PROPRIEDADES
MECÂNICAS DO CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado,
a Universidade Federal Rural do Semi-Árido -
UFERSA, Campus Pau dos Ferros, como
requisito para a obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ádla Kellen Dionisio
Sousa de Oliveira.

Coorientador: Prof. Dr. Leonardo Henrique
Borges de Oliveira.

PAU DOS FERROS – RN

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

A447e Almeida, Suyanne Kananda Brito .
Efeito da adição de fibra vegetal nas
propriedades mecânicas do concreto / Suyanne
Kananda Brito Almeida. - 2023.
40 f. : il.

Orientadora: Ádla Kellen Dionisio Sousa de
Oliveira.

Coorientador: Leonardo Henrique Borges de
Oliveira.

Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2023.

1. Concreto. 2. Propriedades Mecânicas. 3.
Luffa Cylindrica. I. Oliveira, Ádla Kellen
Dionisio Sousa de , orient. II. Oliveira,
Leonardo Henrique Borges de , co-orient. III.
Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo) autor(a).

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da
SilvaCRB: 15/966

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

EFEITO DA ADIÇÃO DE FIBRA VEGETAL NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado,
a Universidade Federal Rural do Semi-Árido -
UFERSA, Campus Pau dos Ferros, como
requisito para a obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Civil.

DATA DE APROVAÇÃO 05/10/2023

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente
ADLA KELLEN DIONISIO SOUSA DE OLIVEIRA
Data: 19/10/2023 10:46:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Ádla Kellen Dionisio Sousa de Oliveira – UFERSA
Presidente



Documento assinado digitalmente
LEONARDO HENRIQUE BORGES DE OLIVEIRA
Data: 19/10/2023 16:10:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Leonardo Henrique Borges de Oliveira – UFERSA
Examinador



Documento assinado digitalmente
KAREN SORGI BOMEDIANO
Data: 19/10/2023 11:20:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Ma. Karen Sorgi Bomediano – UNIMAX
Examinador

Dedico este trabalho, à minha mãe, Rosineide Monteiro de Brito Almeida, pelo carinho, apoio e incentivo contínuo. És luz em minha vida!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela coragem, saúde e discernimento para ultrapassar e superar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso. Por não me deixar fraquejar e desistir quando tudo parecia incerto e distante, renovando minha força a cada dia e iluminando meu caminho para continuar avançando com perseverança.

Aos meus pais Francisco Marcone e Rosineide Monteiro por todo apoio e suporte, por não medirem esforços para esse sonho acontecer. Sei que não sou a filha perfeita e que palavras não são suficientes para expressar o que sinto, mas, obrigada por todo carinho, amor, encorajamento e força que me deram para enfrentar as adversidades e chegar até aqui. Obrigada por vibrarem comigo a cada conquista e por sempre acreditarem que sou capaz, até mesmo quando eu não acreditava.

As minhas irmãs Suegna Sayonara, Suely Symara e Suzyanne Brito que compartilharam o peso das minhas preocupações e das pequenas conquistas. O apoio que me deram ao longo deste caminho é reflexo do amor e do vínculo que temos como irmãs. Vocês são fundamentais na minha vida e fontes de inspiração e orgulho. Agradeço também a Nina Maria e Duque Mariano pelo amor e companheirismo em todas as noites em claro enquanto eu estudava.

Aos meus tios, tias, avô e avós que contribuíram de forma direta ou indireta e, em especial à minha tia Helena que sempre se fez presente nessa caminhada e por todo o incentivo e apoio a mim dedicado, por todas as palavras de carinho e otimismo e por sempre acreditar que os meus objetivos se concretizariam.

Agradeço à minha orientadora Ádla Kellen e ao meu coorientador Leonardo Henrique por toda paciência, disponibilidade, compreensão e por todo o suporte e zelo com o meu trabalho. Agradeço também ao técnico do laboratório, Vinícius Navarro, por dedicar um tempo do seu dia para me ajudar com os procedimentos laboratoriais, sempre com muita paciência, comprometimento e disponibilidade para ajudar.

Agradeço à Wanêssa Antunes por toda parceria e ajuda com a minha pesquisa, foram dias e mais dias de pesquisas e ensaios no laboratório, além das madrugadas, finais de semanas e feriados dedicados aos cálculos e normas.

As minhas primas Myellen Sonaly, Milly Brito, Edsonara Oliveira e Milena Oliveira por todo o suporte nesses dias de exaustão, por todas as palavras de conforto e otimismo ou

até mesmo pelos momentos de descontração, onde, me lembravam a importância de equilibrar o estudo e diversão. Cada uma de vocês contribuiu para tornar essa jornada mais significativa.

Um agradecimento especial à Geovana Jéssica que muito me motivou para chegar ao final desse ciclo, através de suas sábias palavras, me fazendo refletir todo o processo para chegar até aqui, mostrando que cada passo dado é um grande avanço e que quando se tem fé, todos os planos são bem-sucedidos.

Aos meus amigos Áquila Figueiredo e Franklyn Ayran com quem convivi intensamente nesses longos anos, por todo o suporte, companheirismo, por me incentivarem e não me deixarem desistir. Vocês são fundamentais nessa conquista! Lembro-me das incansáveis manhãs, tardes, noites e madrugadas, regadas à café, fazendo trabalhos ou estudando para as infinitas disciplinas. Impossível não lembrar também dos dias que abdicaram do tempo de descanso para me dar suporte na faculdade, vocês fazem parte desta conquista! Agradeço ainda a Franklyn por toda ajuda durante os dias no laboratório.

Aos amigos Pablo Roberto, Henrique Alves, Giselle Tomé, Aila Figueiredo, Roberta Valentim, Danielly Pereira e Jéssica Cibelly por todo o incentivo, companheirismo e por acreditarem em mim. Um agradecimento especial à Dayane Mylena que contribuiu para o ponta pé inicial desse sonho, fazendo a escolha junto comigo de abdicar do que já havíamos conquistado, para trilhar novos caminhos na engenharia, quando muitos diziam que não iríamos conseguir.

Agradeço a empresa junior Pirâmides, à qual fui membro integrante, pela troca de conhecimento mútuo e por contribuir para minha formação pessoal e profissional. Na pirâmides, soube o verdadeiro significado de empreender, adquiri experiência profissional em áreas que estavam bem distantes da minha realidade e, hoje vejo o quanto o movimento empresa junior me moldou e contribuiu para o meu crescimento.

A vocês o meu muito obrigada!

“De tudo ficaram três coisas: a certeza de que estamos começando, a certeza de que é preciso continuar e a certeza de que podemos ser interrompidos antes de terminar. Fazer da interrupção um caminho novo. Fazer da queda um passo de dança. Do medo, uma escada.

Do sonho, uma ponte. Da procura, um encontro”

(FERNANDO SABINO).

RESUMO

É notório que o concreto é bastante utilizado no mundo, devido sua variedade de utilização nas construções a partir das suas propriedades mecânicas que são capazes de suportar grandes cargas, apresentando boa resistência, durabilidade e versatilidade. Pesquisas mostram que o concreto pode ser incrementado com materiais que melhoram suas propriedades mecânicas, bem como o desempenho e a resistência. Esses materiais podem ser fibras de aço, fibras de vidro, fibras sintéticas, fibras vegetais, entre outras. Nessa perspectiva, na construção civil a incorporação de fibra vegetal ao concreto tem sido bastante utilizada devido aos benefícios que ela oferece. As fibras vegetais geralmente são obtidas de fontes naturais como sisal, juta, coco, *Luffa Cylindrica* e outras plantas, onde, quando adicionadas à mistura de concreto, busca melhorar suas propriedades mecânicas e durabilidade, além de oferecer diversas vantagens como maior tenacidade, trabalhabilidade, homogeneidade e controle de fissuras. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo analisar a influência da fibra vegetal *Luffa Cylindrica* nas propriedades mecânicas do concreto. Para isso, foi desenvolvido um traço convencional de concreto referência e de concreto com adição de fibra vegetal *Luffa Cylindrica*, para comparar e analisar as propriedades mecânicas com e sem adição de fibra vegetal. As propriedades físicas e mecânicas foram analisadas no concreto no estado fresco e endurecido. Assim, verifica-se que o concreto com adição de fibra apresenta resistência à tração por compressão diametral superior ao concreto referência apenas nos primeiros dias de idade, enquanto a resistência à compressão permanece superior no concreto referência em todas as idades verificadas.

Palavras-chave: concreto; propriedades mecânicas; *luffa cylindrica*.

ABSTRACT

It is well known that concrete is widely used around the world, due to its variety of uses in constructions based on its mechanical properties that are capable of withstanding large loads, presenting good resistance, durability and versatility. Research shows that concrete can be enhanced with materials that improve its mechanical properties, as well as performance and resistance. These materials can be steel fibers, glass fibers, synthetic fibers, vegetable fibers, among others. From this perspective, in civil construction the incorporation of plant fiber into concrete has been widely used due to the benefits it offers. Vegetable fibers are generally obtained from natural sources such as sisal, jute, coconut, *Luffa Cylindrica* and other plants, where, when added to the concrete mix, they seek to improve its mechanical properties and durability, in addition to offering several advantages such as greater tenacity, workability, homogeneity and crack control. In this context, this work aimed to analyze the influence of *Luffa Cylindrica* plant fiber on the mechanical properties of concrete. For this, a conventional mixture of reference concrete and concrete with the addition of *Luffa Cylindrica* vegetable fiber was developed to compare and analyze the mechanical properties with and without the addition of vegetable fiber. The physical and mechanical properties were analyzed in the fresh and hardened concrete. Thus, it can be seen that concrete with fiber addition presents tensile strength due to diametrical compression superior to the reference concrete only in the first days of age, while the compressive strength remains superior in the reference concrete at all ages verified.

KEYWORDS: concrete; mechanical properties; *luffa cylindrica*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Características do cimento.....	23
Tabela 3.2: Composição química	23
Tabela 3.3: Traço do concreto referência e com adição de fibra.....	25
Tabela 4.1: Características dos agregados.....	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: <i>Planta Luffa Cylindrica</i>	20
Figura 3.1: Delineamento da pesquisa	21
Figura 3.2: Esponja <i>Luffa Cylindrica</i> - a) com casca; b) sem casca	22
Figura 3.3: Cortes da fibra <i>Luffa Cylindrica</i>	22
Figura 3.4: a) Areia Lavada de Rio; b) Pedra brita	23
Figura 3.5: a) Granulometria do agregado miúdo; b) Granulometria do agregado graúdo ...	24
Figura 3.6: Moldes	25
Figura 3.7: <i>Slump test</i>	26
Figura 3.8: Ensaio de resistência à compressão	26
Figura 3.9: Ensaio de resistência à tração por compressão diametral	27
Figura 4.1: Curva granulométrica do agregado miúdo	28
Figura 4.2: Curva granulométrica do agregado graúdo	29
Figura 4.3: Abatimento do concreto	30
Figura 4.4: Corpos de prova referência	31
Figura 4.5: Corpos de prova com <i>Luffa Cylindrica</i>	31
Figura 4.6: Resistência à compressão	32
Figura 4.7: Resistência à tração por compressão diametral	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos.....	15
1.1.1 Objetivos específicos	15
2 REVISÃO TEÓRICA	16
2.1 Impacto ambiental	16
2.2 Concreto na construção civil.....	16
2.3 Concreto com fibras vegetais	17
2.4 Fibras vegetais.....	18
2.5 <i>Luffa Cylindrica</i>.....	19
3 MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1 Obtenção da <i>Luffa Cylindrica</i>	21
3.2 Características dos materiais	23
3.2.1 Cimento.....	23
3.2.2 Agregados	23
3.3 Procedimento experimental	24
3.3.1 Dosagem	24
3.3.2 Preparo e moldagem do concreto.....	25
3.4 Testes experimentais.....	25
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	28
4.1 Caracterização dos materiais.....	28
4.2 Propriedades do concreto.....	29
4.3 Propriedades mecânicas do concreto	32
5 CONCLUSÃO.....	36
5.1 Sugestões para trabalhos futuros.....	36
REFERÊNCIAS	

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que o concreto é bastante utilizado no mundo para construção de edificações dos mais variados tipos. Isso acontece devido as suas propriedades mecânicas capazes de suportar altas cargas, além de possuir boa durabilidade e resistência, características que possibilitam uma variedade de aplicações estruturais e maior vida útil da edificação. Além disso, por ser um material versátil, possibilita a moldagem de diferentes formas, permitindo que as estruturas possuam maior complexidade, como também, possibilitando que seja empregado diferentes, por exemplo, tipos de revestimentos, pinturas, azulejos.

Nos últimos anos percebe-se um crescente avanço nas pesquisas sobre concreto, como por exemplo, pesquisas sobre alternativas ecológicas para uso de matéria-prima no concreto e de produtos de fibrocimento, como caixas d'água e telhas (Abdala, 2012). No que diz respeito ao desenvolvimento de concretos, é comumente utilizado uma diversidade de materiais com o objetivo de aumentar o desempenho através das suas propriedades específicas. Pode-se citar, materiais residuais da indústria como cinza volante - resíduo proveniente da queima do carvão que permite fazer a substituição de parte dos agregados para auxiliar na melhoria das propriedades; fibras sintéticas como polipropileno; fibras de aço; fibras de vidro; fibras vegetais, entre outros tipos de materiais que podem ser adicionados para melhorar as propriedades do concreto.

Nesse viés, as fibras vegetais, possuem caráter sustentável, apresentando boas características mecânicas e contribuindo para diminuição de gases poluentes como o dióxido de carbono (CO_2), acarretando menos impacto ambiental. Podem ser obtidas através de materiais vegetais naturais como o bagaço de cana-de-açúcar, bambu, sisal, casca de coco, juta, bucha vegetal, entre outros. Segundo Borges (2017), a adição de fibra vegetal ao concreto, pode proporcionar benefícios como trabalhabilidade, tenacidade, melhor resistência e menor deformação.

Agopyan; Savastano Junior¹ (2007) *apud* Silva *et al.*, (2012) enfatizam que através da adição de fibras as propriedades mecânicas do concreto são melhoradas, aumentando a resistência à tração, à flexão e ao impacto. No entanto, a eficácia das características citadas depende do tipo de fibra que está sendo usada. Sua utilização está em constante desenvolvimento, buscando alternativas quanto a diversidade de fibras, utilização no concreto, proporções e características que desempenhem melhores propriedades mecânicas, adequando-se a diversidade de aplicações estruturais de forma eficiente. Assim, o concreto possui grande

¹ AGOPYAN, V; SAVASTANO JUNIOR, H. Fibras vegetais como materiais de construção. In: ISAIA, G. C. (editor) Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. São Paulo: Ibracon, 2007. 2v. 1721 p.

importância em nosso cotidiano devido ao grande número de construções. Sua utilização possui aspectos positivos e negativos, como durabilidade e resistência para suportar grandes cargas, no entanto, em paralelo a isso, tem-se os impactos ambientais causados através da emissão de CO₂ na atmosfera.

Pensando nisso, esta pesquisa busca desenvolver um traço adicionando a fibra vegetal *Luffa Cylindrica*, com o intuito de adquirir propriedades mecânicas satisfatórias e superiores ao traço convencional, sem utilização de fibra. A adição da fibra objetiva melhorar a resistência à tração, resistência a impactos e tenacidade do concreto, tornando-o capaz de suportar maiores cargas. Atrelado a isso, a fibra vegetal *Luffa Cylindrica* possui propriedades orgânicas, sendo seu uso, uma alternativa para contribuir de forma sustentável na construção civil, minimizando os impactos ambientais decorrentes da emissão de gases poluentes.

Dessa forma, a pesquisa proposta corresponde a uma alternativa sustentável para utilização do concreto com adição de fibras como substituição ao concreto convencional, visando uma alternativa com propriedades mecânicas eficazes, uma vez que proporciona controle de fissuras, melhoria na resistência e em alguns casos, diminuição da quantidade de materiais em função do tipo de fibra utilizado. Além disso, no que diz respeito as fibras com características orgânicas, proporcionam ainda, soluções sustentáveis ao meio ambiente.

1.1 Objetivos

O objetivo principal foi analisar se a fibra vegetal *Luffa Cylindrica* influencia nas propriedades mecânicas do concreto.

1.1.1 Objetivos específicos

- Analisar as características granulométricas dos agregados;
- Preparar o concreto com e sem adição de fibra;
- Comparar as propriedades mecânicas do concreto com e sem adição da fibra vegetal.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 Impacto ambiental

De acordo com a resolução nº 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o termo impacto ambiental é definido como toda modificação causada nas características físicas, químicas e biológicas do meio ambiente devido a atividade humana. Essas alterações podem ocorrer tanto de forma direta quanto indireta, e têm o potencial de afetar diversos aspectos do meio ambiente, como saúde, segurança e bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e; a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

Assim, entende-se concreto como sendo um agente causador de impacto ambiental, uma vez que, sua utilização contribui para o aumento de CO₂, consumo de materiais naturais, geração de resíduos, entre outros.

2.2 Concreto na construção civil

A utilização de fibras no concreto tem sido um campo de importantes pesquisas em diversas áreas. No setor construtivo sua aplicação é cada vez mais frequente, uma vez que, quando adicionadas ao concreto melhoram as propriedades mecânicas e o desempenho em diferentes aplicações.

A melhoria das características físicas dos concretos à tração reduz a necessidade de ferragem adicional, assim como a diminuição da seção das peças. Nesse sentido, pesquisas são conduzidas com finalidade da criação de um novo concreto com a adição de fibras vegetais conferindo-lhe leveza estrutural e melhoria de suas características de resistência (Gonçalves *et al.*, p. 14, 2018).

Assim, o uso das fibras na construção civil oferece diversos benefícios, entre eles, pode-se citar a resistência mecânica, resistência a impactos e diminuição da fissuração.

De acordo com Abdala (2012) o concreto é composto por cimento, brita e areia. Seu uso possibilita a substituição de parte do cimento por materiais alternativos para redução do consumo de cimento, em uma proporção de 20% a 40%. Para isso, a cinza do bagaço da cana-de-açúcar, a cinza da casca de arroz e os resíduos da indústria cerâmica surgem como opções viáveis para substituir uma parte do cimento.

Além da substituição, pode-se adicionar materiais para melhorar as propriedades mecânicas do concreto, como a cinza volante, metacaulim, fibras de carbono, fibras de aço, fibras de vidro, entre outras. Assim, as fibras vegetais têm se tornado uma alternativa ecológica viável para incluir na preparação do concreto, com características capazes de melhorar a resistência.

2.3 Concreto com fibras vegetais

As fibras vegetais têm sido cada vez mais utilizadas no concreto, uma vez que, são matérias-primas naturais de baixo custo que não causam degradação ao meio ambiente, além de baixa densidade e propriedades específicas elevadas, quando comparadas à outras fibras utilizadas no concreto.

Figueiredo (2016) define o concreto com fibra como compósito, sendo este, um material que possui pelo menos duas fases distintas principais. Mota (2016) diz que os materiais compósitos surgem a partir da necessidade de aumentar o desempenho, através da redução de peso, maiores resistências mecânicas, térmicas e acústicas, dentre outras propriedades. Assim, o próprio concreto sem fibras já é considerado um compósito, onde suas fases principais são a pasta cimentícia, os poros e os agregados. Contudo, o concreto com fibra possui como fases principais a própria matriz de concreto com fibras, que podem ser produzidas a partir de diversos materiais fibrosos. Entre as fibras, pode-se citar as fibras vegetais que tem sido objeto de pesquisas atualmente.

Além do efeito de contenção de fissuração no concreto endurecido, a adição de fibras altera as condições de consistência e mobilidade da mistura e, conseqüentemente, a sua trabalhabilidade. Essa alteração depende de uma série de fatores, incluindo o material que compõe a fibra, o seu teor e a geometria da fibra (Figueiredo, p.19, 2016).

Assim, pode-se dizer que a eficácia na utilização das fibras depende do tipo de fibra utilizada e das características que apresenta, com isso, entende-se que as fibras podem influenciar no concreto de forma positiva e negativa. Assim as fibras podem apresentar “características intrínsecas às plantas e aos processos de obtenção das fibras vegetais. No caso de plantas fibrosas, são exemplos a porcentagem de fibra existente na parte explorada (folha, caule ou fruto) e o método utilizado no desfibramento” (Savastano; Pimentel, 2000).

No entanto, apesar da variedade de fibras existentes e dos inúmeros trabalhos que comprovam a eficiência das fibras, Savastano (2000) relata que a utilização das fibras como

reforço ainda é pouco utilizada na produção industrial, talvez devido aos gastos envolvidos para o processo de produção, como também, devido as poucas informações presentes no setor construtivo, no que se refere a utilização de fibras vegetais no concreto. Para Aquino (2003) o desenvolvimento de compósitos que incorporam as fibras vegetais que buscam fortalecer as matrizes poliméricas oferece diversas vantagens, uma vez que essas fibras são provenientes de fontes renováveis, são de custo acessível, biodegradáveis e não tóxicas.

2.4 Fibras vegetais

As fibras são utilizadas desde os tempos antigos nos materiais e construção de casas, vestimentas e alimentação. Hoje, as fibras vegetais ainda são muito utilizadas, tanto na indústria quanto nos setores comerciais. Possuem vantagens quanto ao peso e tenacidade, sendo utilizadas principalmente na substituição de fibras sintéticas devido demandar menor custo de produção e menor consumo de energia. Conforme Cunha (2012), as fibras vegetais são compostas em maior quantidade por celulose, hemicelulose e lignina, no entanto, apresenta quantidades menores de pectina, sais inorgânicos, corantes e substâncias nitrogenadas. A celulose está presente na fibra em maior quantidade, e é caracterizada como um polissacarídeo linear, encontrado na natureza principalmente nas madeiras, folhas, sementes, frutos, entre outros.

As fibras vegetais podem se apresentar em três tipos: naturais, artificiais e sintéticas e podem se originar do caule, fruta, tronco, semente, folha, madeira, entre outros. Yong (1997) apud Annunciado (2005) classifica as fibras vegetais em cinco grupos:

- **Fibras de Gramíneas:** fibras extraídas das hastes das plantas monocotiledôneas, como trigo, aveia, cevada, arroz, entre outros cereais, bem como outras plantas como o junco, bambu e o bagaço da cana-de-açúcar, são conhecidas como fibras vegetais.
- **Fibras de Folhas:** fibras extraídas de acordo com o comprimento das folhas, como abacá, sisal e henequém, são conhecidas como fibras de folhas.
- **Fibras de Caule:** fibras retiradas em feixes do interior da casca de hastes de plantas, como linho, juta, cânhamo e kenaf.
- **Fibras de Sementes e Frutos:** são fibras encontradas com maior facilidade, como por exemplo, algodão, paina e *Luffa cylindrica*.

- **Fibras de Madeiras:** são oriundas angiospermas e gimnospermas, como eucaliptos, abetos, pinus, entre outros.

Mota (2016) enfatiza que:

As fibras vegetais possuem uma baixa massa específica, são recicláveis, não tóxicas, possuem baixo custo entre outras características e como desvantagens suas propriedades serem influenciadas pelas características dos solos, época de colheita, forma de processamento e não uniformidade da seção transversal da fibra (Mota, p.30, 2016).

Desse modo, entende-se as fibras vegetais como materiais que apresentam boas características para utilização em concreto, visto que possuem propriedades capazes de aumentar a resistência, além de não causar danos ao meio ambiente.

2.5 *Luffa Cylindrica*

A *Luffa Cylindrica*, é uma bucha vegetal da família das Cucurbitáceas, também conhecida como bucha dos paulistas, bucha dos pescadores ou esfregão, é uma planta de origem asiática que é cultivada em várias regiões do Brasil, resultando em uma diversidade de nomes populares. A bucha trepadeira possui aparência semelhante à de um pepino e seus frutos atingem um tamanho de aproximadamente 35 centímetros (Figura 2.1). É conhecida por possuir fibras porosas que podem ser utilizadas na produção de buchas para higiene pessoal, limpeza, como buchas de banho, luvas, esfregões, pode ser utilizada como material de construção e até mesmo no artesanato e alimentação.

Os frutos são grandes, podendo alcançar 35 cm. Eles são cilíndricos, alongados e podem ser lisos ou angulosos, de acordo com a variedade (como abóboras). Quando jovens são verdes e se tornam marrons quando maduros. As sementes são lenticulares, numerosas, grandes e pretas. Os frutos verdes (menores que 6 centímetros) são comestíveis, sendo preparados tais como quiabos e pepinos. Os frutos maduros podem ser colhidos e descascados para obtenção da esponja, no entanto os frutos secos também podem ser aproveitados (Patro, 2013).

Figura 2.1: Planta *Luffa Cilindrica*



Fonte: COSTA (2011).

A *Luffa Cilindrica* possui folhas grandes, lisas e escuras, com flores femininas e masculinas de cor amarela. Seus frutos possuem cor verde, enquanto verdes e quando maduras, possuem cor amarronzada, possuindo grande quantidade de sementes. Seus frutos enquanto verdes, podem ser empregados na culinária e quando maduros se transformam em buchas vegetais, com fibras porosas.

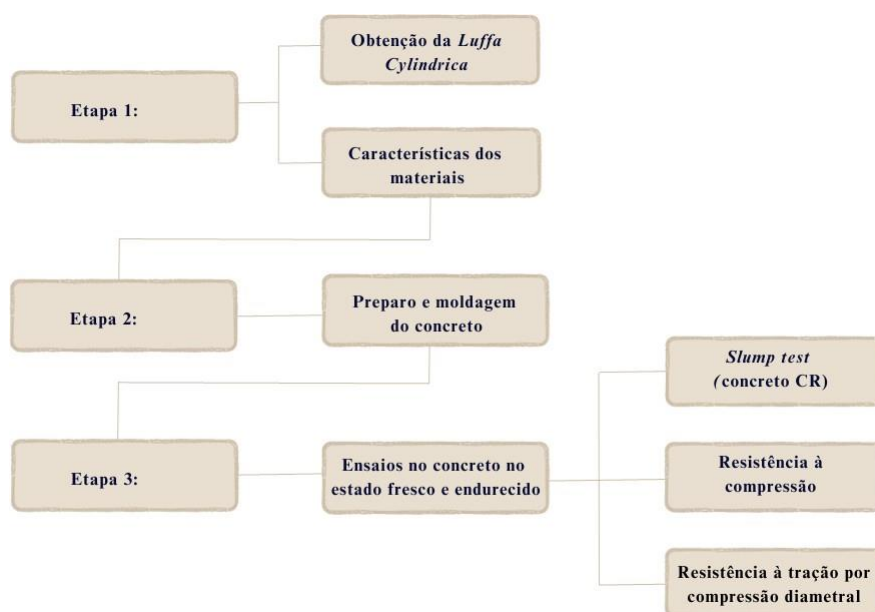
Antunes (2016) caracteriza a *Luffa Cilindrica* como material orgânico de baixa densidade, com alto volume de porosidade, faixa de pH alto e resistência a temperatura sem que haja danos ou alteração de formas, estrutura e textura. Caracteriza-se ainda como fibras lignocelulósicas hidrofílicas finas, resistentes, elásticas e suaves.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia possui abordagem quantitativa na pesquisa experimental, caracterizada pela confiabilidade, rigor matemático-estatístico e controle das variáveis. Esse tipo de pesquisa pode ser realizado em laboratório, como em qualquer outro lugar, no entanto, é necessário seguir alguns procedimentos no que se refere a sua realização (Marconi; Lakatos, 2022).

A pesquisa foi realizada como mostra a Figura 3.1, em três etapas, sendo elas: obtenção da bucha da planta da *Luffa Cylindrica* e caracterização dos materiais, preparo e moldagem do concreto e ensaios no concreto no estado fresco e endurecido.

Figura 3.1: Delineamento da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2023).

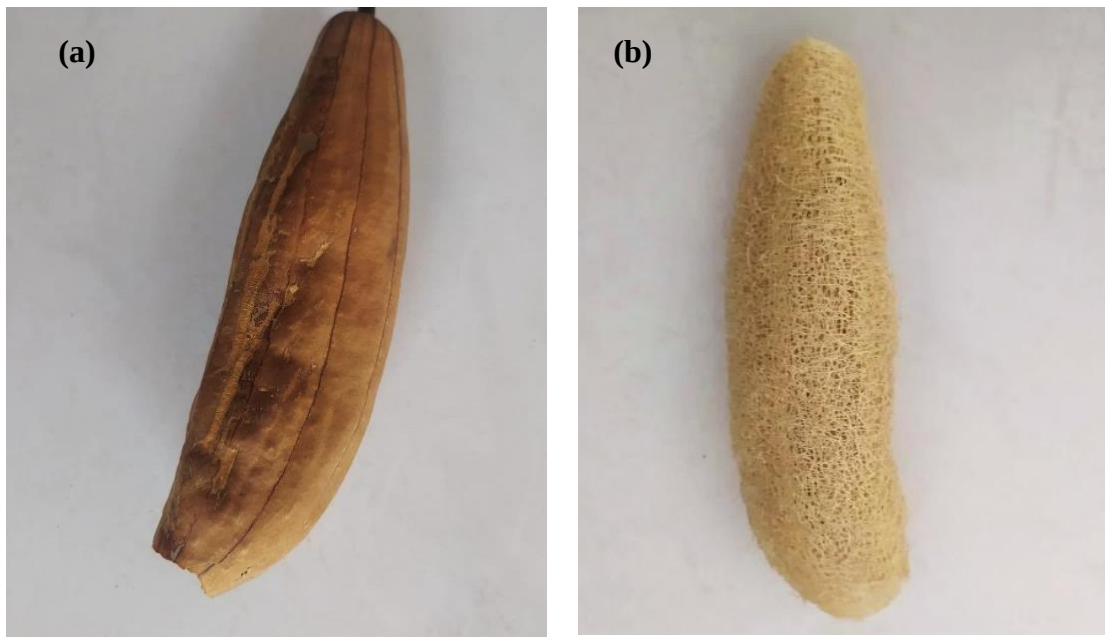
Desse modo, o procedimento experimental consistiu na elaboração de um traço, a realização de ensaios do concreto no estado fresco e endurecido, com e sem adição de fibra vegetal, visando uma análise comparativa acerca da resistência do concreto através da utilização da fibra vegetal da bucha da *Luffa Cylindrica*.

3.1 Obtenção da *Luffa Cylindrica*

As buchas vegetais *Luffa Cylindrica* foram doadas por produtores rurais do sítio Viramundo, município de Antônio Martins/RN. As fibras são caracterizadas por possuir comprimentos variados e por sua porosidade, sendo sua utilização *in natura*.

A preparação da fibra iniciou-se com o processo de descascagem manual, como pode ser visto na Figuras 3.2, em seguida foram cortadas longitudinalmente, obedecendo o comprimento da própria fibra, cortadas a cada 2 cm e latitudinalmente cortadas com espessura de aproximadamente 0,5 cm, conforme Figura 3.3.

Figura 3.2: Esponja *Luffa Cylindrica* - **a)** com casca; **b)** sem casca



Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 3.3: Cortes da fibra *Luffa Cylindrica*



Fonte: Autoria própria (2023).

3.2 Características dos materiais

3.2.1 Cimento

O cimento utilizado foi o CP V ARI de alta resistência, suas especificações quanto a composição química, resistência a compressão, finura, expansibilidade, pega e consistência são mostradas na Tabela 3.1, como também a composição química conforme Tabela 3.2.

Tabela 3.1: Características do cimento

Resistência à compressão aos 28 dias (Mpa)	Massa esp. g/cm³	Finura - Blaine cm²/g	Expansibilidade (mm)	Pega (min)		Consistência (%)
				Início	Fim	
45	3,09	4,558	0,5	140	180	27,60

Fonte: Adaptado do fabricante (2023).

Tabela 3.2: Composição química

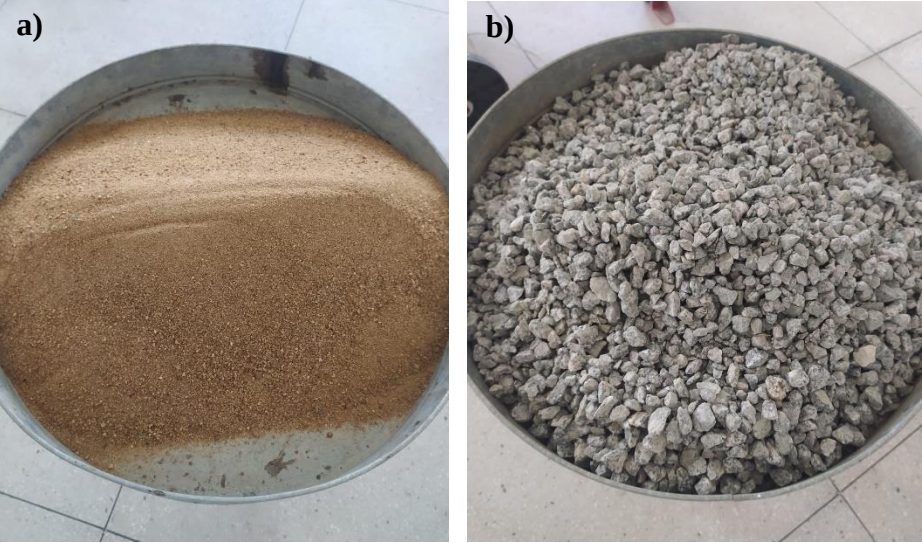
SO ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	P. Fogo (%)	RI (%)
2,62	1,30	3,39	5,90	1,00

Fonte: Adaptado do fabricante (2023).

3.2.2 Agregados

No que diz respeito as características dos agregados miúdos e graúdos, foram utilizados respectivamente, areia do tipo lavada de rio e pedra britada, conforme Figura 3.4.

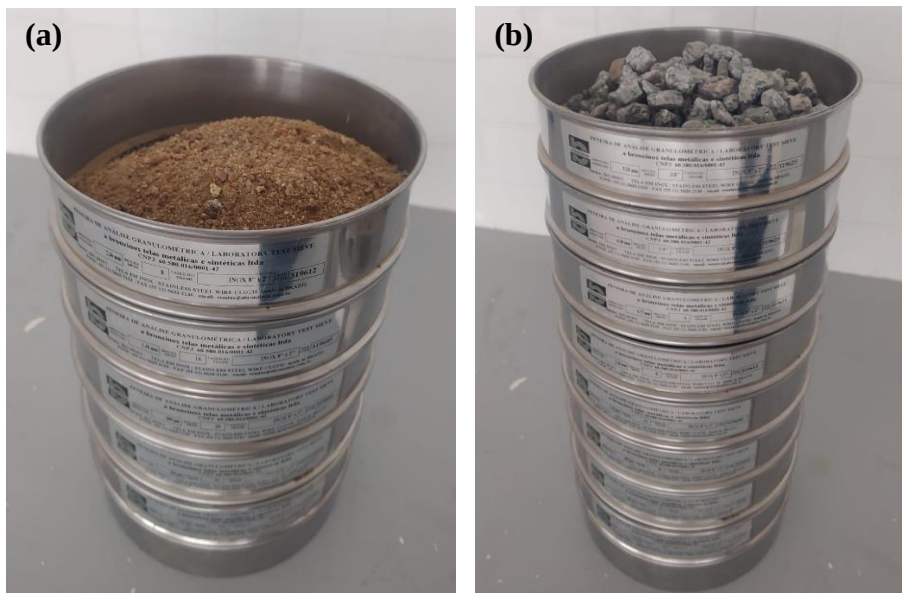
Figura 3.4: a) Areia Lavada de Rio; b) Pedra britada



Fonte: Autoria própria (2023).

Para caracterização dos agregados miúdos e graúdos inicialmente foi realizado o ensaio de granulometria, utilizando duas amostras de cada, para definição do módulo de finura e diâmetro máximo dos materiais, seguindo a ABNT NBR NM 248:2003. A Figura 3.5 ilustra as peneiras utilizadas nos ensaios.

Figura 3.5: (a) Granulometria do agregado miúdo; (b) Granulometria do agregado graúdo



Fonte: Autoria própria (2023).

3.3 Procedimento experimental

3.3.1 Dosagem

Para a dosagem do concreto adotou-se o traço de 1:1,95:2,51:0,5 (cimento: agregado miúdo: agregado graúdo: água), sendo o f_{ck} estimado de 30 Mpa aos 28 dias.

Adotou-se dois tipos de amostras para o concreto: concreto sem adição de fibras (concreto referência) e concreto com adição de fibras. Na Tabela 3.3, tem-se os traços do concreto referência (CR) e o traço do concreto com adição de fibra (CLC). Foi considerado o mesmo traço para ambas as amostras, no entanto, no concreto (CLC), foi adicionado 0,4% da fibra *Luffa Cylindrica* em relação ao consumo de cimento. Essa porcentagem de fibra foi adotada devido outros trabalhos como Barrera (2013) e Losogoi (2018) que utilizaram a adição de fibra no concreto, uma vez que a adição de fibra com relação ao cimento em porcentagens maiores implicaria na consistência e trabalhabilidade do concreto, influenciando na qualidade do concreto.

Tabela 3.3: Traço do concreto referência e com adição de fibra

	Cimento	Agregado miúdo	Agregado graúdo	Relação água/cimento	Teor de fibra (%)
Concreto referência (CR)	1	1,95	2,51	0,5	-
Concreto com adição de fibra (CLC)	1	1,95	2,51	0,5	0,4

Fonte: Autoria própria (2023).

3.3.2 Preparo e moldagem do concreto

O concreto foi preparado na betoneira, conforme ABNT NBR 7212:2021; moldado, e adensado de acordo com a ABNT NBR 5738:2016.

Para cada tipo de concreto, foram moldados 8 corpos de prova, cilíndricos de 10 x 20 cm (Figura 3.6). Os corpos de prova foram desmoldados após 24 horas e colocados em cura aguardando a idade dos testes aos 7 e 28 dias.

Figura 3.6: Moldes

Fonte: Autoria própria (2023).

3.4 Testes experimentais

Após a preparação, o concreto referência foi submetido ao ensaio de *slump test*, seguindo o procedimento descrito na ABNT NBR 16889:2020 que busca verificar a consistência e trabalhabilidade do concreto em seu estado fresco.

O ensaio foi feito utilizando um cone de Abrams com diâmetro de 0,2m x 0,1m x 0,3m e o concreto foi disposto em três camadas, adensadas com 25 golpes cada uma e em seguida retirou-se o cone (Figura 3.7). O ensaio busca verificar a consistência e a trabalhabilidade do

concreto, sendo este a diferença de altura do cone e o concreto espalhado após a retirada do cone.

Figura 3.7: *Slump test*



Fonte: Autoria própria (2023).

Para avaliação das propriedades mecânicas foram realizados os ensaios de resistência à compressão e resistência à tração por compressão diametral, seguindo as normas ABNT NBR 5739:2018 e ABNT NBR 7222:2011, respectivamente. As amostras foram testadas aos 7 e 28 dias de idade. Os testes foram realizados utilizando uma prensa hidráulica com suporte de carga de 200 TF da marca Zhejiang Geotechnical Instrument Manufacturing Co., Ltd. Nas Figura 3.8 e 3.9, podem ser vistos os ensaios.

Figura 3.8: Ensaio de resistência à compressão



Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 3.9: Ensaio de resistência à tração por compressão diametral



Fonte: Autoria própria (2023).

No ensaio de resistência à compressão é verificado e avaliado a resistência do concreto, onde é submetido a uma carga compressiva gradual e contínua até a falha do corpo de prova. Assim, a carga máxima aplicada será a carga que o corpo de prova suporta antes da ruptura, conforme ABNT NBR 5739:2018, (Equação 1).

$$f_c = \frac{4F}{\pi D^2} \quad \text{Equação (1)}$$

Já no ensaio de resistência à tração por compressão diametral o corpo de prova é colocado longitudinalmente na prensa e submetido a uma carga compressiva aplicada perpendicularmente, formando uma fratura ao longo da linha diametral.

A resistência à tração por compressão diametral foi calculada pela equação 2:

$$f_t = \frac{2F}{\pi D h} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

R_T : Tensão de ruptura (Mpa);

F : Carga de ruptura (N);

D : Diâmetro do corpo de prova (mm);

H : Altura do corpo de prova (mm).

Esses ensaios possibilitam obter informações sobre a resistência e segurança dos materiais utilizados nas estruturas, avaliando assim a qualidade dos materiais, fornecendo dados importantes para diferentes utilizações do concreto e outros materiais.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Caracterização dos materiais

A Tabela 4.1, mostra os resultados de massa específica, diâmetro máximo e módulo de finura dos agregados miúdos e graúdos.

Tabela 4.1: Características dos agregados

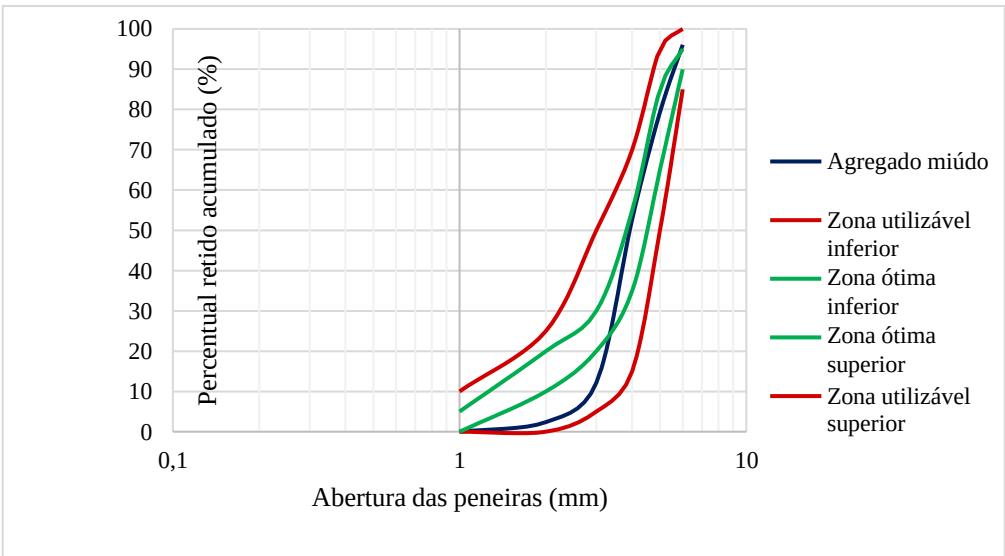
Características	Agregados miúdos	Agregados graúdos
Massa específica (g/cm³)	2,6	2,7
Diâmetro máximo (mm)	2,3	19
Módulo de finura	2,4	2,8

Fonte: Autoria própria (2023).

A granulometria dos materiais identifica as dimensões das partículas que afeta na trabalhabilidade do concreto, determina o módulo de finura (MF) do agregado, a partir da retenção de massa nas peneiras, além de definir a forma e textura dos agregados.

Após as análises, constatou-se que o módulo de finura do agregado miúdo foi de 2,4 o que se classifica na zona ótima, de acordo com a ABNT NBR 7211:2022, indicando que a maioria das partículas de areia possuem esse tamanho. Como se configura na zona ótima, a combinação de partículas finas e grossas proporcionam boa trabalhabilidade e propriedades do concreto. Para a análise dos dados laboratoriais, utilizou-se a ABNT NBR 7211:2022. A Figura 4.1 apresenta a curva granulométrica e suas zonas de utilização.

Figura 4.1: Curva granulométrica do agregado miúdo

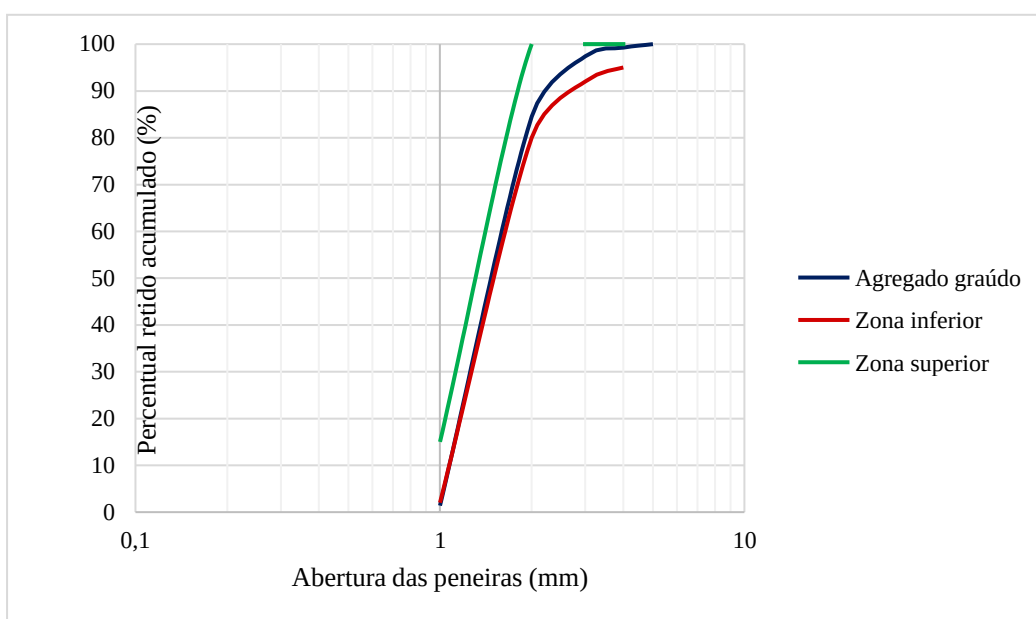


Fonte: Autoria própria (2023).

Diante da análise, percebe-se que os agregados miúdos podem ser utilizados no concreto, uma vez que, sua curva granulométrica apresenta-se dentro dos limites estabelecidos pela referida norma. A forma da curva granulométrica mostra partículas de tamanhos variados, sendo uma característica fundamental nas propriedades do concreto para redução da quantidade de vazios, melhor resistência mecânica e, conseqüentemente menor desperdício de cimento.

Quanto aos agregados graúdos, classifica-se como brita 2, possuindo diâmetro máximo de 19 mm, e módulo de finura (MF) de 2,8. Sua classificação busca garantir que o material seja adequado à aplicação desejada, pois o tamanho das partículas influencia diretamente nas propriedades do concreto, de modo que o tamanho das britas também influenciam na compatibilidade das fibras. A Figura 4.2 apresenta a curva granulométrica da brita.

Figura 4.2: Curva granulométrica do agregado graúdo



Fonte: Autoria própria (2023).

A curva granulométrica do agregado graúdo está dentro dos parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 7211:2022, sendo um material que pode ser utilizado para o concreto.

4.2 Propriedades do concreto

No que se refere a caracterização das propriedades do concreto, executou-se o abatimento do concreto referência, que é uma importante ferramenta para o controle de qualidade do concreto na construção civil. Utiliza-se o teste de abatimento para medir a

consistência do concreto e avaliar sua trabalhabilidade, sendo este crucial para garantir que o concreto seja adequado para aplicação nas edificações.

Na Figura 4.3 pode ser visto o resultado do abatimento do concreto.

Figura 4.3: Abatimento do concreto



Fonte: Autoria própria (2023).

O concreto referência apresentou abatimento de 50 mm o que representa uma consistência média. Conforme Andolfato (2002) o abatimento de concreto entre 50 mm e 120 mm possui consistência média, sendo indicado para utilização, de acordo com a ABNT NBR 8953:2015, em elementos de fundações e alguns tipos de pavimentos.

As Figuras 4.4 e 4.5 mostram os corpos de prova após a cura, onde verifica-se a formação de nichos principalmente nos corpos de prova com adição da fibra vegetal da esponja. Sabe-se que a formação de nichos está atrelada a uma combinação de fatores, entre eles, a qualidade dos materiais, o processo de mistura, adensamento, além do tempo de mistura e moldagem dos corpos de prova.

Desse modo, a presença de nichos pode afetar a durabilidade e a resistência do material, pois, apresenta maior fragilidade, indicando que sua ruptura pode acontecer mais rapidamente quando exposto a altas cargas, uma vez que os espaços vazios permitem que ocorra maior permeabilidade de água e conseqüentemente de outras substâncias que contribuem para degradação do material.

Figura 4.4: Corpos de prova referência



Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 4.5: Corpos de prova com fibra *Luffa Cylindrica*



Fonte: Autoria própria (2023).

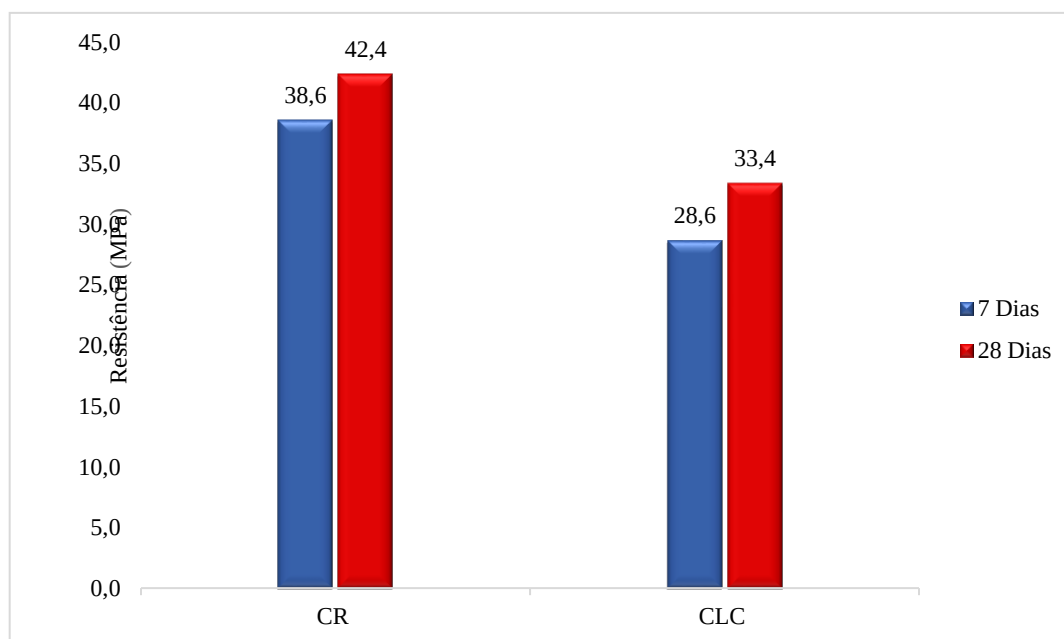
De acordo com Losogoi (2018) a quantidade de fibras utilizada pode causar falhas no concreto, quanto maior a quantidade de fibras, maior a quantidade de vazios encontradas no concreto. Este fato é evidenciado nas Figuras 4.4 e 4.5. No caso de matrizes cimentícias, Lemos e Frendenberg (2019) indicam que o diâmetro das partículas dos agregados torna-se também importante, pois, possui impacto na distribuição das fibras e consequentemente na quantidade de fibras que são adicionadas ao concreto.

A presença de maior quantidade de vazios no concreto com fibra pode ser explicada ainda, devido a adição da fibra ter acontecido manualmente, de forma que a quantidade de fibras não se distribuiu uniformemente. Assim, Losogoi (2018) enfatiza que a não homogeneidade da incorporação de fibra interfere na resistência do concreto, devido não apresentar participação efetiva em todos os corpos de prova.

4.3 Propriedades mecânicas do concreto

Analizando a resistência à compressão dos ensaios, percebe-se que a fibra reduziu a sua resistência, como mostra a Figura 4.6, assim, pode-se explicar essa variação devido a consistência presente na mistura de concreto, uma vez que, não proporcionou fluidez suficiente para o adensamento adequado, havendo a formação de nichos ou bicheiras tanto nos corpos de prova CR, quanto nos corpos de prova CLC. Além disso, a porosidade presente na esponja vegetal pode ter influenciado na relação água/cimento da mistura, visto que na Figura 4.5, os cilindros que possuem fibras apresentam uma quantidade bem superior de vazios quando comparados a Figura 4.4. Barrera *et al.*, (2013) explica que os poros das fibras de *Luffa* permitem a formação de falhas no compósito enquanto sujeito a tensão de compressão, fazendo com que a resistência diminua.

Figura 4.6: Resistência à compressão



Fonte: Autoria própria (2023).

A Figura 4.6 mostra que aos 7 dias de cura a amostra CLC apresentou resistência inferior ao concreto referencial, sendo respectivamente, 28,6 MPa e 38,6 MPa, ou seja, a resistência do concreto referencial é 34,7 % superior a resistência do concreto com fibra. A ausência de aditivos e/ou adições como cinza volante; metacaulim; cinza de casca de arroz, podem ter influenciado na resistência, uma vez que, melhoram a trabalhabilidade do concreto, melhorando ainda o desempenho e durabilidade, como também possibilita a obtenção de maiores resistências.

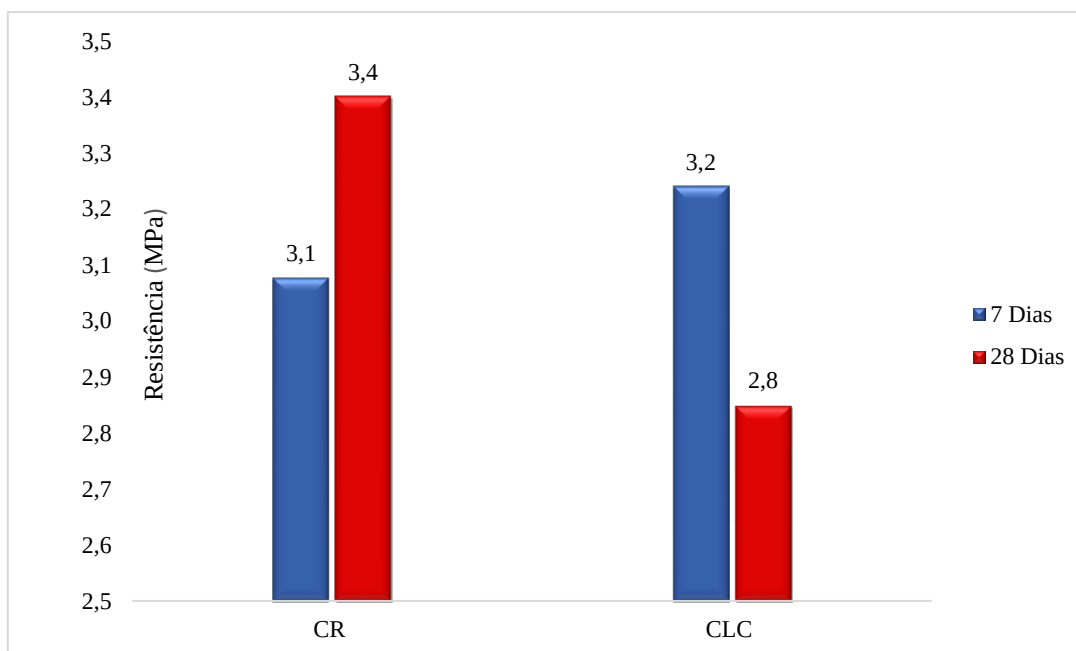
Segundo Mendes (2020) “dependendo do teor das fibras utilizadas, se a fibra apresentar um grau de rigidez considerável, que é definido principalmente pelo módulo de elasticidade e o fator de forma, isso pode causar dificuldades na fluidez do concreto”. Assim, diante das características que a *Luffa* apresenta, percebe-se que não possui elasticidade, devido as suas fibras porosas, no entanto, apresenta boa resistência.

Aos 28 dias de cura, o resultado da resistência à compressão foi semelhante ao anterior, sendo o CR 26,9 % superior ao CLC. Desse modo, Barrera (2013) diz que o aumento de fibras de *Luffa* diminui a resistência à compressão do concreto, concomitante a isso, Borges (2017), também evidencia a redução de resistência à compressão. No entanto o f_{ck} estimado nessa idade foi de 30 MPa, desse modo, tanto o concreto CR quanto o concreto CLC atingiram f_{ck} superior ao esperado aos 28 dias. Considerando que a resistência a compressão aos 28 dias é superior ao estimado, pode-se dizer que o concreto com a utilização da fibra vegetal da esponja *Luffa Cylindrica* seria viável, uma vez que, atinge uma boa resistência.

Nesse viés, conforme Barbosa e Alves (2020) os materiais sustentáveis se apresentam como uma alternativa para reduzir os impactos dos resíduos sólidos no setor da construção civil, sendo as fibras vegetais materiais que possuem características inovadoras, sustentáveis e que agregam resistência.

Em relação à resistência à tração por compressão diametral, a Figura 4.7 mostra os resultados.

Figura 4.7: Resistências à tração por compressão diametral



Fonte: Autoria própria (2023).

Analisando a Figura 4.7, observa-se que o concreto com fibra CLC atingiu resistência superior ao concreto CR aos 7 dias de idade, sendo esta de 5,3%. Já aos 28 dias de idade a amostra apresenta comportamento divergente do anterior, sendo o concreto referência CR superior (19,4%) ao concreto com fibra CLC.

Segundo Prates (2019) a adição da fibra afetou a resistência das amostras, sendo necessário fazer um ajuste de dosagem para obter uma maior resistência a tração. Compactuando ainda com Prates (2019), percebe-se que o concreto CLC apresentou melhoria da resistência em 5,3% quando comparado a fibra CR aos 7 dias de idade. No entanto, aos 28 dias de idade ocorreu o inverso. A divergência de resultados pode estar atrelada ao adensamento, ocasionando uma maior quantidade de vazios no corpo de prova. Além disso, pode ter ocorrido acúmulo de fibras em algumas regiões, decorrente da adição manual das fibras, fazendo com que algumas amostras apresentem maior quantidade de fibras do que outras. Salienta-se que a fibra da *Luffa* apresenta porosidade e que esta, apresenta influência no que se refere a consistência e trabalhabilidade do concreto. No entanto, mesmo atingindo valores menores na compressão, as amostras moldadas em CLC apresentaram uma resistência à tração muito próxima do concreto de referência.

De acordo com Lima (2004) a resistência a tração dos compósitos depende do processo de mistura e lançamento do concreto, visto que a movimentação do equipamento durante o processo de mistura pode fazer com que as fibras se alinhem na direção do fluxo. Isso pode acarretar um aglomerado de fibras próximas à parede do molde, causando alinhamento das fibras paralelamente ao molde.

Santos e Lopes (2022) comprovaram em seus estudos a diminuição da resistência a tração principalmente nos concretos que possuíam maiores teores de fibras. Assim, pode-se constatar que o teor de fibras utilizadas no concreto influencia na sua resistência, sobretudo quando utilizadas em maiores quantidades. Como mencionado anteriormente, a utilização de fibras interfere na consistência do concreto devido a dosagem, materiais, adensamento e consistência.

Contudo, verifica-se que a utilização da fibra da bucha vegetal *Luffa Cylindrica in natura* apresenta diminuição da resistência à tração e à compressão. No entanto, apesar de apresentar resultados insatisfatórios, a utilização da fibra manteve a resistência a compressão superior ao esperado. Já no que se refere a resistência à tração, apresentou resistência insatisfatória apenas em um dos casos. No entanto, pode-se dizer que apesar dos resultados obtidos, a utilização da fibra se torna viável, tendo em vista os benefícios que ela pode trazer

quando adicionada ao concreto, como por exemplo, menor fissuração. Assim, Barbosa (2020) enfatiza que a adição de fibras naturais ao concreto, reduz a propagação de fissuras, além de melhor desempenho mecânico, viabilidade econômica e ecológica.

5 CONCLUSÃO

A busca por alternativas que melhoram as propriedades mecânicas do concreto é crescente e cada vez mais necessária. Desse modo, este trabalho objetivou analisar se a fibra vegetal *Luffa Cylindrica* influencia nas propriedades mecânicas do concreto.

Assim, analisou-se e comparou-se as propriedades mecânicas do concreto referência e do concreto com adição de fibra vegetal, para resistência à compressão e resistência à tração por compressão diametral, a fim de se obter melhores resultados e desempenho, através da utilização da fibra, devido suas propriedades mecânicas e físicas. Obteve-se as seguintes conclusões:

- a) a porosidade da fibra influencia na consistência do concreto e, conseqüentemente, no adensamento;
- b) o concreto com adição de 0,4 % de fibra não influencia de forma significativa na resistência à compressão do concreto;
- c) a utilização da fibra influencia apenas na resistência à tração por compressão diametral nos primeiros dias de idade, no entanto, o resultado pode estar atrelado à moldagem dos corpos de prova.
- d) o teor de fibra pode ter sido superior a necessidade do concreto;

Contudo, a utilização de aditivos na mistura do concreto é um forte aliado para melhorar a consistência e trabalhabilidade do concreto, assim, pode-se citar o aditivo mineral metacaulim que é utilizado para aumentar a resistência inicial e a trabalhabilidade, como também a utilização de cinza volante e outros tipos de aditivos com a mesma funcionalidade.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Como trabalhos futuros recomenda-se testar a resistência do concreto com novos teores de fibra; e/ou testar a resistência do concreto com fibra utilizando tratamento químico e físico; testar a absorção do concreto com e sem fibra.

REFERÊNCIAS

ABDALA, V. UFRJ desenvolve concreto ecológico com fibras e reciclados, 2012. Disponível em: <https://exame.com/mundo/ufrj-desenvolve-concreto-ecologico-com-fibras-vegetais-e-mat/> . Acesso em: 07/07/2023.

ANDOLFATO, R. P. **Controle tecnológico básico do concreto**. Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2002. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/nepae/controle-tecnologico-basico-do-concreto.pdf>. Acesso em: 07/09/2023.

ANNUNCIADO, T. R. **Estudo da Chorisia speciosa e outras fibras vegetais como sorventes para o setor de petróleo**. Curitiba, 2005. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/2146/disserta;jsessionid=7EADBF467D961817A7197E0265A5CB6F?sequence=1>. Acesso em: 16/07/2023.

AQUINO, Regina Coeli Martins Paes. **Desenvolvimento de compósitos de fibras de piaçava da espécie *attalea funifera mart* e matriz de resina poliéster**. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF. Campos dos Goitacazes/RJ, 2003. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-materiais/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/regina-coeli.pdf>. Acesso em: 14/09/2023.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8953: Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16889: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5738: Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7212: Concreto dosado em central – Preparo, fornecimento e controle**. Rio de Janeiro, 2021.

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

BARBOSA, C. A. C; ALVES, J. V. **Utilização da fibra de sisal no concreto e sua contribuição aos esforços submetidos**. Universidade São Francisco, Bragança Paulista/SP,

2020. Disponível em: <https://lyceumononline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/3554.pdf>. Acesso em: 22/09/2023.

BARRERA, G. M. et al. Concreto Polimérico Reforçado com Fibras Luffa. *Informação Tecnológica*. Vol. 24(4), 67-74, 2013. Disponível em: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642013000400008. Acesso em: 19/09/2023.

BORGES, A. P. S. N. **Estudo das propriedades de concretos com adição de fibras vegetais e de polipropileno para uso em paredes estruturais**. 2017. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/21307/1/EstudoPropriedadesConcretos.pdf>. Acesso em: 16/07/2023.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Brasília, 1986.

COSTA, A. Bucha vegetal – Luffa Cylindrica. *Natureza Bela*. 22 de novembro de 2011. Disponível em: <https://www.naturezabela.com.br/2011/11/bucha-vegetal-luffa-cylindrica.html>. Acesso em: 15/07/2023.

CUNHA, P. W. S. **Estudo sobre as potencialidades de compósitos à base de gesso e fibras de coco seco para aplicação na construção civil**. 2012. 120f. Tese (doutorado) – Programa de pós-graduação em ciência e engenharia de materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2012. Disponível em https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/12847/1/EstudoPotencialidadesComp%c3%b3sitos_Cunha_2012.pdf. Acesso em: 07/07/2023.

FIGUEIREDO, A. D. **Concreto com Fibras**. In: Livro *Concreto: Ciência e Tecnologia*. São Paulo/SP, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Figueiredo-12/publication/293811669_Concreto_com_fibras/links/56bb6b1008ae2481ab6abc4f/Concreto-com-fibras.pdf. Acesso em: 22/08/2023.

GONÇALVES, F. A. de C. et al. Fibras Vegetais: Aspectos Gerais, Aproveitamento, Inovação Tecnológica e uso em Compósitos. *Revista Espacios*, S. L., v. 39, p. 12-26, 2018. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n06/a18v39n06p12.pdf>. Acesso em: 07/07/2023.

LE MOS, A. M.; FREN DENBERG, F. C.. Estudo da utilização de fibra de coco em vigas de concreto. *Engineering Sciences*, v.7, n.2, p.1-8, 2019. Disponível em: <https://sustenere.co/index.php/engineeringsciences/article/view/CBPC2318-3055.2019.002.0001/1552>. Acesso em: 22/09/2023.

LIMA, P. R. L. **Análise teórica e experimental de compósitos com fibras de sisal**. 263 p. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro/RJ, 2004. Disponível em: <https://livros01.livrosgratis.com.br/cp018426.pdf>. Acesso em: 22/09/2023.

LOSOGOI, G. C. **Concreto de alto desempenho (CAD) reforçado de fibra de kevlar®**. In: CONIC SEMESP. 18. São Paulo/SP, 2018. Disponível em: <https://www.conic-semesp.org.br/anais/files/2018/trabalho-1000002317.pdf>. Acesso em: 26 de junho de 2023.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, Eva M. **Metodologia Científica**. Grupo GEN, 2022. E-book. ISBN 9786559770670. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559770670/>. Acesso em: 05 set. 2023.

MARQUELLI, W. A.; et al. Irrigação na cultura da bucha vegetal. Brasília, Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, 2013.

MOTA, M. K. F. **Obtenção e caracterização de um compósito de matriz polimérica com carga de bucha vegetal (*Luffa Cylindrica*)**. Tese (doutorado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal/RN, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/21147/1/MariaKalionaraDeFreitasMota_TESE.pdf. Acesso em: 17 de setembro de 2023.

MENDES, E. G.N. **Compósitos de concreto com adições híbridas de fibras**. TCC (graduação) – Escola de Engenharia Mackenzie. São Paulo/SP, 2020. Disponível em: <https://dspace.mackenzie.br/items/e085cb6c-6bd2-4cc4-89d0-e6be9ab10ae3>. Acesso em: 19 de setembro de 2023.

PATRO, R. Bucha-Luffa Cylindrica. 2013. Disponível em: <https://www.jardineiro.net/plantas/bucha-luffa-cylindrica.html>. Acesso em: 06/07/2023.

PRATES, N. Q. **Análise comparativa da resistência à compressão axial e resistência a tração por compressão diametral entre o concreto convencional e concreto com fibra de coco verde**. TCC - Instituto Ensinar Brasil Centro Universitário Doctum De Teófilo Otoni. Teófilo Otoni, 2019. Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/4178/1/TCC%20NICOLE%20FINALIZADO%202.pdf>. Acesso em: 22/09/2023.

SANTOS, G. S.; LOPES, D. P. **Composito cimentício de alto desempenho reforçado com fibra vegetal**. Revista científica integrada, v. 5. ed. 3. Ribeirão Preto, 2022. Disponível em: <https://www.unaerp.br/revista-cientifica-integrada/edicao-atual/4903-rci-composito-cimenticio-altodesempenhoreforcado-fibra-vegetal-06-2022/file>. Acesso em: 22/09/2023.

SAVASTANO JUNIOR, H. **Materiais reforçados à base de cimento reforçados com fibra vegetal**: Reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo. Tese (Concurso Livre Docência) – Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/3/tde-08102007-155734/publico/Holmer.pdf>. Acesso em: 22/08/2023.

SAVASTANO JUNIOR, H; PIMENTEL, L. L. **Viabilidade do aproveitamento de resíduos de fibras vegetais para fins de obtenção de material de construção**. Revista Brasileira de

Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.1, p.103-110. Campina Grande/PB, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/gQ4TXNTN7WqpySt6pFb9VXg/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12/09/2023.

SILVA, E. et al,. Aplicação de fibra de coco em matrizes cimentícias. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, [S. l.], v. 8, n. 8, p. 1555–1561, 2013. DOI: 10.5902/223611706096. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/6096>. Acesso em: 16/07/2023.