



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO
CONVENCIONAL COM A INCORPORAÇÃO DA FIBRA DO BAGAÇO
DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Sheila dos Santos Dresch

Lajeado, dezembro de 2023

Sheila dos Santos Dresch

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO
CONVENCIONAL COM A INCORPORAÇÃO DA FIBRA DO BAGAÇO
DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão II, do curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari-Univates, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Carreira Weber

Lajeado, dezembro de 2023

Sheila dos Santos Dresch

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO
CONVENCIONAL COM A INCORPORAÇÃO DA FIBRA DO BAGAÇO
DA CANA-DE-AÇÚCAR**

A Banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão II, do curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari – Univates, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharela em Engenharia Civil:

Prof. Dr. Rodrigo Carreira Weber - Orientador
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Profa. Ma. Carolina B. Porto Fransozi
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Profa. Rebeca Jéssica Schmitz
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Lajeado, dezembro de 2023

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente à minha família, em especial minha mãe Nara, meu pai Ruben, meu padrasto Senedi e meu namorado Thiago, por toda compreensão, paciência e apoio em todos os momentos turbulentos durante o ano. Também agradeço em especial ao meu namorado e meu padrasto por todo apoio durante as etapas no laboratório.

Agradeço imensamente ao meu orientador Rodrigo Carreira Weber por toda confiança depositada em mim desde a primeira conversa que tivemos sobre as possíveis dificuldades perante a pesquisa. Agradeço ao tempo dedicado e a todos os conselhos que me destes, estes foram essenciais para me manter firme e não sucumbir à ansiedade e a procrastinação. Tenha em mente que você tem grande influência no sucesso desta pesquisa. Também agradeço a todos professores que de alguma forma contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Agradeço aos funcionários do LATEC, Amanda, Gabriel e Tiago, por sempre estarem dispostos a auxiliar durante os procedimentos práticos, o apoio e auxílio de vocês foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Agradeço aos meus tios (as), primos (as), afilhados (as), sobrinhos (as) e também aqueles que considero parte da minha família, por toda motivação, incentivo e principalmente por sempre acreditarem no meu potencial. Também agradeço aos meus colegas e amigos que de alguma forma colaboram para chegar neste momento tão importante da minha vida.

Agradeço a Deus por toda força, amparo e amor que tenha me dado. Também agradeço a mim mesma por não ter desistido, ter superado todos os maus momentos e por acreditar piamente nos meus sonhos.

RESUMO

O aumento da população global está gerando um aumento gradual na demanda por consumo. Muitas indústrias dependem de matérias-primas provenientes da exploração de recursos naturais, incluindo a cana-de-açúcar, uma planta que desempenha um papel importante na produção de açúcar, etanol, cachaça e outros produtos. No entanto, a produção em grande escala desse vegetal resulta em um aumento significativo de resíduos que não podem ser simplesmente descartados e, portanto, são armazenados em depósitos. O objetivo desta pesquisa é analisar a resistência do concreto convencional com a incorporação da fibra derivada do bagaço da cana-de-açúcar. A fibra foi incorporada no concreto em três porcentagens sendo elas 0,5%, 1% e 2%, essa porcentagem foi incorporada em relação ao peso do cimento. Para obtenção dos resultados, foram realizados ensaios de consistência do concreto no estado fresco pelo ensaio de tronco cone (Slump Test). tanto no estado fresco quanto no estado endurecido. Os ensaios realizados no estado endurecido foram de compressão simples e tração por compressão diametral, onde, demonstraram ganho de resistência em ambos esforços, nos ensaios de resistência à compressão o traço com incorporação de 0,5% de fibra, apresentando um aumento de 6,30% na sua resistência, quando comparado com o traço referência com a mesma idade de 28 dias. Já no ensaio de resistência à tração por compressão diametral o traço com incorporação de 1% de fibra destacou-se obtendo um acréscimo na sua resistência de 24,13% em relação a resistência do traço referência com a mesma idade. Os ensaios mecânicos realizados apresentaram resultados positivos com a incorporação da fibra oriundas da cana-de-açúcar, no concreto convencional, entretanto, para uso comercial, serão necessários outros estudos para garantir a eficiência desta aplicação.

Palavra-chave: Concreto com adição de fibra. Fibra de cana-de-açúcar. Resistência mecânica do concreto.

ABSTRACT

The increase in the global population is generating a gradual increase in consumer demand. Many industries depend on raw materials from the exploitation of natural resources, including sugar cane, a plant that plays an important role in the production of sugar, ethanol, liquor and other products. However, large-scale production of this vegetable results in a significant increase in waste that cannot be simply discarded and is therefore stored in warehouses. The objective of this research is to analyze the resistance of conventional concrete with the incorporation of fiber derived from sugarcane bagasse. The fiber was incorporated into the concrete in three percentages, 0.5%, 1% and 2%, this percentage was incorporated in relation to the weight of the cement. To obtain the results, concrete consistency tests were carried out in the fresh state using the frustum cone test (Slump Test), both in the fresh and hardened state. The tests carried out in the hardened state were simple compression and tension by diametrical compression, where they demonstrated a gain in resistance in both efforts, in the compression resistance tests the trace with incorporation of 0.5% of fiber, showing an increase of 6.30% in its resistance, when compared to the reference trait at the same age of 28 days. In the tensile strength test by diametrical compression, the mixture with incorporation of 1% fiber stood out, obtaining an increase in its resistance of 24.13% in relation to the resistance of the reference mixture with the same age. The mechanical tests carried out showed positive results with the incorporation of fiber from sugar cane into conventional concrete, however, for commercial use, other studies will be necessary to guarantee the efficiency of this application.

Keyword: Concrete with added fiber. Sugarcane fiber. Mechanical resistance of concrete.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do processo de fabricação do cimento.....	19
Figura 2 - Distribuição da areia conforme os limites de módulo de finura.....	21
Figura 3 - Distribuição granulométrica das britas.....	23
Figura 4 - Cana-de-açúcar e fibra do bagaço da cana.....	26
Figura 5 - Coqueiro e fibra de coco.....	26
Figura 6 - Sisal e fibra de sisal.....	26
Figura 7 - Bambu e fibra de bambu.....	27
Figura 8 - Fluxograma dos procedimentos práticos.....	29
Figura 10 - Areia retida nas peneiras.....	31
Figura 11 - Etapas para produção da fibra da cana-de-açúcar.....	35
Figura 12 - Separação do Material.....	36
Figura 13 - 1º etapa de estufa.....	36
Figura 14 - Desfiamento manual da fibra.....	37
Figura 15 - Tratamento da fibra com Cal.....	38
Figura 16 - Lavagem.....	38
Figura 17 - 2º etapa de estufa.....	39
Figura 18 - Fibra pronta para o uso.....	40
Figura 19 - Mistura do concreto.....	42
Figura 20 - Corpos de prova moldados e identificados.....	43
Figura 21 - CP's armazenados na câmara úmida.....	44
Figura 22 - Molde e haste para ensaio de slump test.....	45
Figura 23 - Medição do abatimento.....	46
Figura 24 - Ruptura dos corpos de prova de concreto em prensa hidráulica.....	48
Figura 25 - Ensaio de tração por compressão diametral.....	49
Figura 26 - Comparação da consistência do concreto.....	51
Figura 27 - Ruptura ensaio de resistência à compressão.....	52
Figura 28 - Comparação de resultados obtidos no ensaio de compressão simples.....	53
Figura 29 - Corpo de prova tração por compressão diametral.....	54
Figura 30 - Resultado de resistência à tração por compressão diametral.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites de módulo de finura.....	21
Tabela 2 - Limites de distribuição granulométrica do agregado miúdo.....	22
Tabela 3 - Limite da composição granulométrica do agregado graúdo.....	23
Tabela 4 - Propriedades típicas das fibras não vegetal.....	25
Tabela 5 – Características físicas de algumas fibras vegetais.....	25
Tabela 6 - Limites de distribuição granulométrica do agregado miúdo.....	30
Tabela 7 - Distribuição granulométrica do agregado miúdo.....	32
Tabela 8 - Limite da composição granulométrica do agregado graúdo.....	33
Tabela 9 - Distribuição granulométrica do agregado graúdo.....	34
Tabela 10 -Traço unitário definidos para o estudo.....	41
Tabela 11 -Traços.....	41
Tabela 12 - Data de moldagem e idade de cura dos CP's.....	42
Tabela 13 - Classificação das consistências do concreto.....	46
Tabela 14 - Tolerância para a idade de ensaio de resistência à compressão.....	47
Tabela 15 - Tolerância para a idade de ensaio de resistência à tração.....	49
Tabela 16 - Valores de consistência.....	50
Tabela 17 - Resistência à compressão.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	American Society for Testing and Materials
BCA	Bagaço da cana-de-açúcar
cm ³	Unidade de volume, centímetro cúbico
cm	Unidade de medida, centímetro
CP	Cimento Portland
g	Unidade de massa, gramas
h	Unidade de tempo, hora
kg	Unidade de massa, quilograma
L	Unidade de volume, litro
LATEC	Laboratório de Tecnologia da Construção
MF	Módulo de finura
mm	Unidade de medida, milímetros
MPa	Unidade de força/resistência em Megapascais
N	Unidade de força, Newton
NBR	Norma Brasileira
NM	Norma do Mercosul
RS	Rio Grande do Sul

μm

Unidade de medida, micrômetro

$^{\circ}\text{C}$

Unidade de temperatura, graus Celsius

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Problema de pesquisa	15
1.2 Objetivos	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos	15
1.3 Justificativa da pesquisa	16
1.4 Delimitações da pesquisa	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 Concreto	18
2.1.1 Cimento Portland	18
2.1.2 Agregados	20
2.1.2.1 Agregado miúdo	20
2.1.2.2 Agregado graúdo	22
2.1.3 Água	24
2.2 Uso de fibras no concreto	24
2.2.1 fibra não vegetal	24
2.2.2 fibras vegetais	25
2.3 Propriedades do concreto	27
2.3.1 Estado fresco	27
2.3.2 Estado endurecido	27
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	28
3.1 Materiais	29
3.1.1 Cimento	29
3.1.2 Agregado Miúdo	30
3.1.2.1 Determinação Granulométrica	30
3.3 Agregado Graúdo	32
3.3.1 Determinação granulométrica	32
3.4 Fibra do bagaço da cana-de-açúcar	34

3.5 Dosagem	40
3.6 Determinação da consistência do concreto no estado fresco	44
3.6.1 Slump test	44
3.7 Ensaaios para concreto no estado endurecido	46
3.7.1 Resistência à compressão simples	47
3.7.2 Resistência à tração por compressão diametral	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
4.1 Slump test	50
4.2 Resistência à compressão	51
4.3 Resistência à tração por compressão diametral	54
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

O concreto é o material mais utilizado na construção civil, mesmo apresentando um comportamento frágil, ainda apresenta características que justificam a sua aplicação em grande escala, como a resistência à água, a possibilidade de utilizá-lo em diferente formas como elemento estrutural e baixo custo em relação a outros materiais estruturais, também, a disponibilidade do material de forma rápida (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Sua composição normalmente é disposta pela mistura de cimento, areia, brita e água. O uso de aditivos e adições com o intuito de melhorar a resistência do concreto ganham cada vez mais espaço no mercado, onde, sua ampla variedade apresenta benefícios para diferentes aplicações.

A resistência de um material é definida como a capacidade de resistir à tensão sem se romper, ou, em algumas circunstâncias, a ruptura pode ser identificada pela presença de fissuras, por exemplo quando o concreto apresenta muitas fissuras finas antes mesmo de ser submetido a tensões externas. As fibras são utilizadas no concreto com o intuito de melhorar a resistência à fissuração, resistência a fadiga, tenacidade e outras propriedades. As fibras são produzidas com materiais industriais ou vegetais (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Quanto maior a população, maior a necessidade, assim, conforme o crescimento populacional mundial, a demanda de consumo avançará de forma gradual. Grande parte das indústrias necessitam de matéria-prima oriundas da exploração de recursos naturais. Segundo Ayra (2023) o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar mundial, vegetal responsável pela produção de açúcar e etanol, são mais de 768 milhões de toneladas por ano, a produção em grande escala em curto período gera um acúmulo de resíduos naturais, os quais não podem ser descartados na natureza. Por conta disso, grande parte destes resíduos são armazenados em depósitos, tendo seu descarte fracionado. O bagaço da cana-de-açúcar corresponde 30% da

cana moída, sendo uma quantidade grande de resíduos quando analisado em relação à produção anual deste vegetal.

Dessa forma, o concreto convencional reforçado com fibra do bagaço da cana-de-açúcar pode resultar em um material com propriedades mecânicas adequadas para utilização na construção civil.

O presente trabalho analisou o comportamento mecânico do concreto convencional com a incorporação do bagaço da cana-de-açúcar como fibra natural. A pesquisa busca, assim, uma nova alternativa construtiva, partindo do reaproveitamento de um resíduo gerado em grande escala no Brasil. Destaca-se que a pesquisa é totalmente voltada para a análise da resistência mecânica do concreto convencional com a incorporação de fibra vegetal, ou seja, não apresentará levantamento de custos de produção, logística e/ou impactos ambientais.

1.1 Problema de pesquisa

A utilização da fibra vegetal oriunda da cana-de-açúcar poderia ser empregada ao concreto, a fim de melhorar suas propriedades mecânicas, apresentando uma resistência igual ou superior ao traço de referência?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a resistência mecânica do concreto convencional com a incorporação da fibra do bagaço da cana-de-açúcar, com a intenção de apresentar uma nova alternativa construtiva partindo do reaproveitamento do bagaço da cana-de-açúcar.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são aqueles determinados em etapas de procedimento, com a intenção de garantir a obtenção dos dados necessários para cumprir o objetivo geral, desta forma, foram descritos em:

- a) Estudar a influência da incorporação da fibra do bagaço da cana-de-açúcar em proporções de: 0,5%, 1% e 2%;

- b) Qualificar os materiais que serão utilizados na pesquisa, com o objetivo de enquadrá-los nas exigências a serem seguidas e descritas pelas normas da ABNT;
- c) Verificar as propriedades mínimas do concreto com a incorporação da fibra do bagaço da cana-de-açúcar em estado fresco através do Slump Test;
- d) Verificar as propriedades no estado endurecido pelos ensaios de resistência à compressão e tração por compressão diametral, comparando os resultados obtidos com o traço de referência.

1.3 Justificativa da pesquisa

As fibras são utilizadas no concreto com o intuito de aumentar sua resistência em relação aos esforços mecânicos, apresentando resultados satisfatórios em relação a fissuramento, resistência ao impacto e tenacidade (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

O bagaço da cana-de-açúcar é atualmente o maior resíduo da agroindústria brasileira, em razão da alta produção das indústrias sucroalcooleiras. Considerando esse cenário, juntamente com a busca de materiais alternativos que possam ser incorporados na mistura do concreto, que melhore suas propriedades mecânicas.

A possibilidade de utilizar a fibra produzida do bagaço da cana-de-açúcar, torna-se bastante atrativa, por essa razão, foi a fibra definida para incorporação no concreto convencional, que será realizada no presente trabalho, visto que há possibilidade de melhorar as propriedades mecânicas do concreto.

1.4 Delimitações da pesquisa

- a) Os materiais utilizados na pesquisa foram disponibilizados pelo Laboratório de Tecnologia da Construção (LATEC), localizado na Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES) no campus de Lajeado (RS);
- b) O bagaço da cana-de-açúcar utilizada nesta pesquisa para produção da fibra foi fornecida pela Shubert Alimentos LTDA localizado em Cruzeiro do Sul(RS). Esta escolha foi feita para assegurar uma fonte confiável e consistente de matéria-prima, estabelecendo uma padronização do material utilizado na pesquisa;

- c) Essa pesquisa é direcionada para a análise da resistência mecânica do concreto com a adição da fibra do bagaço da cana de açúcar sem considerar porosidade e propriedades químicas dos materiais;
- d) Outras análises, como o custo de produção, logística e/ou impactos ambientais, não foram abordados neste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Concreto

O concreto é um material comumente produzido com a mistura de cimento portland, areia, brita e água. Sua excelente resistência em contato com a água, torna-o o material mais utilizado na construção civil (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Após a mistura, o concreto fresco deve ter trabalhabilidade o suficiente para o manuseio, lançamento em formas, sem perder sua coesão. Em estado endurecido, deve ter características adequadas para as estruturas das edificações, como durabilidade e resistência (BERNHARD, 2018).

Dentro da sua constituição há outros elementos também muito utilizados. A pasta que é a mistura do cimento com a água, onde, sua principal função é envolver os agregados e preencher os vazios do concreto. A argamassa é a resultante da mistura da pasta com agregados miúdos, assim, o concreto é quando tem o acréscimo de agregados graúdos. Sendo o material mais importante da construção civil, com aplicações variadas, tais como: estrutura, revestimento, pavimentos e outros (AMBROZEWICZ, 2012).

2.1.1 Cimento Portland

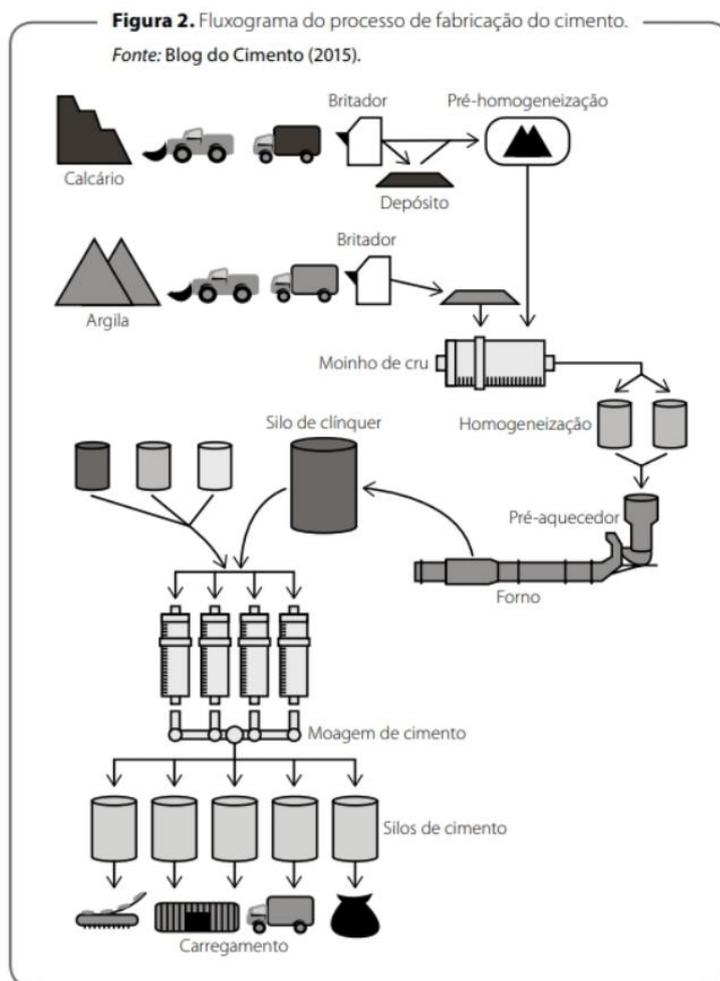
É intitulado Cimento Portland aquele que, provém da mistura íntima de calcário, argila ou outros materiais silicosos, alumina e materiais que contenham óxido de ferro (NEVILLE; BROOKS, 2013). O cimento que é originado do processo de moagem do clínquer, seguido da queima em temperatura de fusão, posteriormente moídos juntamente com o gesso. Esse processo, resulta em um pó fino que em contato com água desenvolve o processo de hidratação que gera o endurecimento da mistura (BERNHARD, 2018).

Segundo Bernhard (2018), apenas o cimento em seu estado puro (clínquer e gesso), não atende a demanda da indústria do concreto. Com necessidades estruturais distintas a

cada situação, se desenvolveu cimentos diferenciados, essa diferença é originada pela alteração da composição do clínquer ou, acréscimo de adições minerais. Os clínqueres são nódulos com diâmetros que variam entre 5 e 25 mm de material sintetizado, ou seja, quando uma mistura com dosagem adequada é levada em alta temperatura (LISBOA; ALVES; MELO, 2017).

Para um melhor entendimento do processo de fabricação do cimento, pode ser analisado o fluxograma apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma do processo de fabricação do cimento



Fonte: Lisboa, Alves, Melo (2017, p. 39)

2.1.2 Agregados

Em geral, se compreende como agregados para concreto, a areia, os pedregulhos e a pedra britada (brita), provenientes de jazidas naturais, sendo estes, conhecidos como agregados minerais naturais. Se tratando de materiais relativamente baratos, e sem profunda reação química com a água, eram tratados como material de enchimento anexado no concreto. Com o conhecimento da importância dos agregados na determinação de muitas propriedades importantes do concreto, essa ideia inicial começou a ser questionada. Também são considerados agregados os materiais termicamente processados, como a argila e o folhelho expandidos, utilizados para produção de concreto leve, sendo chamados de agregados artificiais. Temos também aqueles formados por a partir de rejeitos industriais, que também cabem nessa categoria (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Os agregados são classificados em três categorias, origem, massa específica e dimensões. Segundo Ambrozewicz (2012) os agregados são considerados naturais quando encontrados na natureza e não requerem processo industrial. Por outro, são considerados artificiais aqueles que são processados na indústria. Para classificação também é analisada a massa específica, onde, são considerados leves, aqueles com massa unitária menor que 2.000kg/m^3 , normais, com a massa entre 2.000 kg/m^3 e 3.000 kg/m^3 , por fim, consideramos a massa específica pesada, quando, a massa unitária ultrapassa 3.000 kg/m^3 . Para finalizar a classificação é analisada as dimensões que são divididas entre miúdos e grãos.

2.1.2.1 Agregado miúdo

De acordo com Bernhard (2018), os agregados miúdos são areias naturais com base quartzosa ou pedriscos britados, sendo a areia o mais utilizado na produção do concreto. Assim é considerado, aquele que passa pela peneira com abertura de malha de 4,75mm, presumindo os limites no módulo de finura, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Limites de módulo de finura

Denominação	Faixa	Módulo de finura (MF)
Muito fina	Faixa 1	de 1,35 a 2,25
Fina	Faixa 2	de 1,71 a 2,85
Média	Faixa 3	de 2,11 a 3,38
Grossa	Faixa 4	de 2,71 a 4,02

Fonte: Bernhard (2018, p. 33), baseado em Ambrozewicz (2012, p.51).

A areia é nomeada de acordo com o módulo de finura, é possível analisar a diferença dos grãos pertencentes a cada faixa na figura 2.

Figura 2 - Distribuição da areia conforme os limites de módulo de finura



Fonte: Da autora (2023).

As limitações da distribuição granulométrica dos agregados miúdos, são estabelecidos na Tabela 2, se enquadrando nesse grupo de agregados todos apresentados, mesmo pertencendo a zonas diferentes.

Tabela 2 - Limites de distribuição granulométrica do agregado miúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

NOTA 1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90

NOTA 2 O módulo de finura da zona utilizável varia de 1,55 a 2,20

NOTA 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50

Fonte: ABNT NBR 7211 (2009, p. 5).

2.1.2.2 Agregado graúdo

Os agregados graúdos se formam de maneira natural, entretanto, tantas vezes passam por processos industriais, como trituração e britagem, para enquadrá-los dentro das exigências de mercado (PETRUCCI, 1998). Os agregados denominados de graúdo são aqueles que passam pela peneira com abertura de malha de 75mm e ficam contidos nas malhas com abertura de 4,75 mm (AMBROZEWICZ, 2012), sendo considerado os limites apresentados na Tabela 3 conforme exigências da ABNT NBR 7211:2009.

Tabela 3 - Limite da composição granulométrica do agregado graúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada				
	Zona granulométrica d/D ^a				
	4,75/12,5 Brita 0	9,5/25 Brita 1	19/31,5 Brita 2	25/50 Brita 3	37,5/75 Brita 4
75 mm	-	-	-	-	0-5
63 mm	-	-	-	-	5-30
50 mm	-	-	-	0-5	75-100
37,5 mm	-	-	-	5-30	90-100
31,5 mm	-	-	0-5	75-100	95-100
25 mm	-	0-5	5-25 ^b	87-100	-
19 mm	-	2-15 ^b	65 ^b -95	95-100	-
12,5 mm	0-5	40 ^b -65 ^b	92-100	-	-
9,5 mm	2-15 ^b	80 ^b -100	95-100	-	-
6,3 mm	40 ^b -65 ^b	92-100	-	-	-
4,75 mm	80 ^b -100	95-100	-	-	-
2,36 mm	95-100	-	-	-	-

^a Zona granulométrica correspondente à menor (d) e à maior (D) dimensões do agregado graúdo.

^b Em cada zona granulométrica deve ser aceita uma variação de no máximo cinco unidades percentuais em apenas um dos limites marcados com 2). Essa variação pode também estar distribuída em vários desses limites.

Fonte: ABNT NBR 7211 (2009, p. 7), aprimorada pelo autor.

Entre os agregados graúdos, o mais utilizado na construção civil é a brita, essa sendo classificada em 5 numerações, começando na brita nº 0 e finalizando na nº 4, na figura 3, é possível analisar a diferença de tamanho entre elas, também, podendo verificar a norma de acordo com sua classificação na norma.

Figura 3 - Distribuição granulométrica das britas



Fonte: Brita (2023)

2.1.3 Água

Esse elemento dificilmente é citado como um material de construção, a água não é vista nas composições de custos dos serviços prestado pelas empresas de engenharia, mesmo sendo usada em quase todos serviços da área, tanto como componente, quanto como ferramenta em trabalhos de limpezas e também resfriamento e cura do concreto. É utilizado em torno de 160 a 200 litros de água para produção de 1 m³ (um metro cúbico) de concreto (AMBROZEWICZ, 2012).

2.2 Uso de fibras no concreto

Segundo Mehta, Monteiro (2014), as fibras são adicionadas ao concreto com intuito de aumentar a resistência à fissuração, tenacidade, resistência à fadiga, impacto e outras propriedades que interferem diretamente no desempenho da estrutura. O desempenho do concreto reforçado com fibra depende da quantidade, tipo e dimensões escolhidas para aquele traçado.

2.2.1 fibra não vegetal

É denominado como fibra não vegetal aquela que é originada por processo industrial, como fibra de vidro, polipropileno, entre outras. A intenção ao utilizar fibras no concreto é principalmente reforçar a resistência à tração, onde, a fibra retarda a propagação de fissuras (NEVILLE; BROOKS, 2013). Na tabela 4, é possível visualizar as propriedades típicas de algumas fibras não vegetais, essas, que apresentam comprovação da sua eficiência na incorporação do concreto. As fibras industriais são consideradas como reforço para o concreto a alguns anos, apresentando informações em livros, normas de nível mundial e principalmente resultados prático positivo.

Tabela 4 - Propriedades típicas das fibras não vegetal

Tipo de fibra	Massa específica	Resistência à tração (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)	Alongamento na ruptura (%)	Coefficiente de Poisson
Amianto crisotila	2,55	3 a 4,5	164	3	0,3
Vidro resistente a álcalis	2,71	2,0 a 2,8	80	2,0 a 3,0	0,22
Polipropileno fibrilado	0,91	0,65	8	8	0,29 a 0,46
Aço	7,84	1,0 a 3,2	200	3,0 a 4,0	0,3
Carbono	1,74 a 1,99	1,4 a 3,2	250 a 450	0,4 a 1,0	0,2 a 0,4
Kevlar	1,45	3,,6	65 a 130	2,0 a 4,0	0,32

Fonte: Neville e Brooks (2013, p.404)

2.2.2 fibras vegetais

São consideradas fibras naturais, aquelas, provindo de alguma parte da planta (semente, folha, caule, etc.) ou vindo de algum animal (pelo, ou então, fibra produzida por eles). Com isso, as fibras vegetais são utilizadas frequentemente em pesquisas e muitas vêm sendo utilizadas como reforço de materiais há milhares de anos. Entre essas fibras, sisal, bambu, cana-de-açúcar, coco, entre outras, são estudadas e utilizadas na construção civil. Algumas das vantagens que destacam as pesquisas com esses materiais é por conta do baixo custo, fácil acesso, reaproveitamento de resíduos tantas vezes sem descarte e principalmente a sustentabilidade (DISCHER; FORTES; ARAÚJO, 2023).

As características das fibras vegetais variam de acordo com a origem, cultivo, tempo, entre outras individualidades que devem ser analisadas. Algumas das particularidades que se destacam são principalmente relacionadas ao comprimento, largura, absorção de água, entre outras, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Características físicas de algumas fibras vegetais

Fibra	Absorção de água (%)	Massa específica (kg/m ³)	Comprimento (mm)	Largura (µm)	Lúmen (µ)
Cana-de-açúcar	5,62	750,9	1,70	25,70	11,7
Coco	1,27	1076,5	0,70	0,70	-
Sisal	2,39	1270,0	2,90	19,00	7,0
Bambu	1,45	1158,5	2,95	17,30	3,6

Fonte: Palma, Prado e Geraldo (2021, p.2), baseado em CEPED (1982).

Para um melhor conhecimento das fibras apresentadas na tabela acima e, principalmente as plantas que originam elas, será apresentado nas imagens a seguir a planta juntamente com a fibra produzida por ela.

Figura 4 - Cana-de-açúcar e fibra do bagaço da cana



Fonte: Cana-de-Açúcar:... (2023) e Fibra de cana-de-açúcar (2023)

Figura 5 - Coqueiro e fibra de coco



Fonte: Água... (2023) e Fibra de coco (2023)

Figura 6 - Sisal e fibra de sisal



Fonte: A produção... (2016) e Fibra de Sisal (2023)

Figura 7 - Bambu e fibra de bambu



Fonte: Bambu (2023) e Fibra de Bambu (2023).

2.3 Propriedades do concreto

2.3.1 Estado fresco

O concreto fresco é preparado com a mistura dos componentes determinados no traço, essa mistura pode ser feita de forma manual ou por máquinas, essas com tambor rotativo, chamadas de betoneiras. A mistura manual dificilmente é utilizada, somente em obras muito pequenas, normalmente é optado pela utilização da betoneira. A consistência do concreto no estado fresco é relacionada com a propriedade de fluidez da mistura, essa, responsável pela facilidade de se deformar sobre cargas e sua variação é praticamente determinada pela quantidade de água. Também são responsáveis pela consistência e trabalhabilidade do concreto, a granulometria dos agregados e a presença ou ausência de aditivos (AMBROZEWICZ, 2012).

2.3.2 Estado endurecido

A resistência do concreto vem do processo de hidratação do cimento, considerando-se um processo lento. Ao selecionar um material construtivo, sempre é levado em conta a aplicação, local e finalidade da estrutura. Determinando assim os materiais mais adequados para garantia da estrutura conforme a carga aplicada. Essa carga é chamada de tensão, com isso, a deformação é a alteração resultante da tensão aplicada. Para análise da resistência do concreto são realizados ensaios, onde, o corpo de prova é curado sob condições-padrão de temperatura e umidade para períodos de 28 dias (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, estão apresentados os materiais utilizados nesta pesquisa, assim como a descrição dos ensaios realizados neste trabalho. Primeiramente, se apresenta a caracterização dos materiais utilizados nas misturas, com ênfase na preparação das fibras, devido ao fato dela não ter um procedimento regulamentado por norma. Os demais ensaios seguiram as normas vigentes.

Com o intuito de cumprir os objetivos da pesquisa foi desenvolvido um processo padrão para preparação da fibra oriunda do bagaço da cana-de açúcar, também a caracterização dos agregados constituintes do concreto. Para obtenção dos resultados foram realizados ensaios de desempenho do concreto, como as suas características físicas, de acordo com o seu estado fresco e endurecido. O fluxograma apresentado na Figura 8 apresenta as etapas laboratoriais para a conclusão do referido trabalho.

Figura 8 - Fluxograma dos procedimentos práticos



Fonte: Da autora (2023).

3.1 Materiais

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizados os materiais convencionais para preparação do concreto, tais como, cimento, areia, brita e água, com estes, a incorporação da fibra de cana-de-açúcar.

3.1.1 Cimento

O cimento utilizado na dosagem do concreto foi o CP V - ARI de Alta Resistência Inicial, disponibilizado pelo LATEC. Esse cimento foi optado por poder realizar o desmolde em menos tempo.

O cimento atende às exigências da NBR 5733: Cimento Portland de alta resistência inicial (ABNT, 1991), apresentando uma massa específica de aproximadamente $3,15 \text{ g/cm}^3$. Esse cimento é indicado para uso em estruturas que exigem alta resistência inicial. Segundo

Bernhard (2018), o CP V é utilizado tanto em pequenas construções, quanto na fabricação de pré-moldados, podendo chegar em 24h a uma resistência de 21 MPa.

3.1.2 Agregado Miúdo

A areia utilizada para pesquisa é de origem natural do tipo média, a mesma foi fornecida pelo LATEC, para conhecimento físico foram realizados ensaios de caracterização. A análise granulométrica foi realizada conforme a NBR NM 248 (ABNT, 2003), a utilização do conjunto de peneiras seguiu as exigências de acordo com a NM-ISO 3310-1 (ABNT, 2010).

3.1.2.1 Determinação Granulométrica

Conforme NBR 7211 (ABNT, 2009) a distribuição granulométrica do agregado miúdo, deve atender os limites estabelecidos na Tabela 6, de acordo com a NBR NM 248 (ABNT, 2003). Destaca-se que pode ser utilizado como agregado miúdo para concreto materiais com distribuição granulométrica diferente das zonas estabelecidas na Tabela, isso, com estudos prévios de dosagem, comprovando sua aplicabilidade.

Tabela 6 - Limites de distribuição granulométrica do agregado miúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100
NOTA 1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90				
NOTA 2 O módulo de finura da zona utilizável varia de 1,55 a 2,20				
NOTA 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50				

Fonte: ABNT NBR 7211 (2009, p. 5).

A granulometria foi realizada de forma manual, repetindo o processo com duas amostras do material pesando cerca de 500g cada, o material foi seco previamente em estufa. Foram utilizadas peneiras da marca Contenco Indústria e Comércio Ltda, compostas por tela de inox (*stainless steel wire cloth*), de série normal conforme padrões da NBR NM-ISO 3310-1 (ABNT, 2010), de malha de 9,5, 4,8, 2,4, 1,2, 0,6, 0,3 e 0,15 mm.

A areia foi despejada e peneirada manualmente. Toda areia retida nas peneiras conforme apresentado na Figura 10, foram pesadas separadamente, com precisão de 0,1g e capacidade de 16,2kg. Os valores obtidos na granulométrica podem ser analisados na Tabela 7.

Figura 10 - Areia retida nas peneiras



Fonte: Da autora (2023).

Tabela 7 - Distribuição granulométrica do agregado miúdo

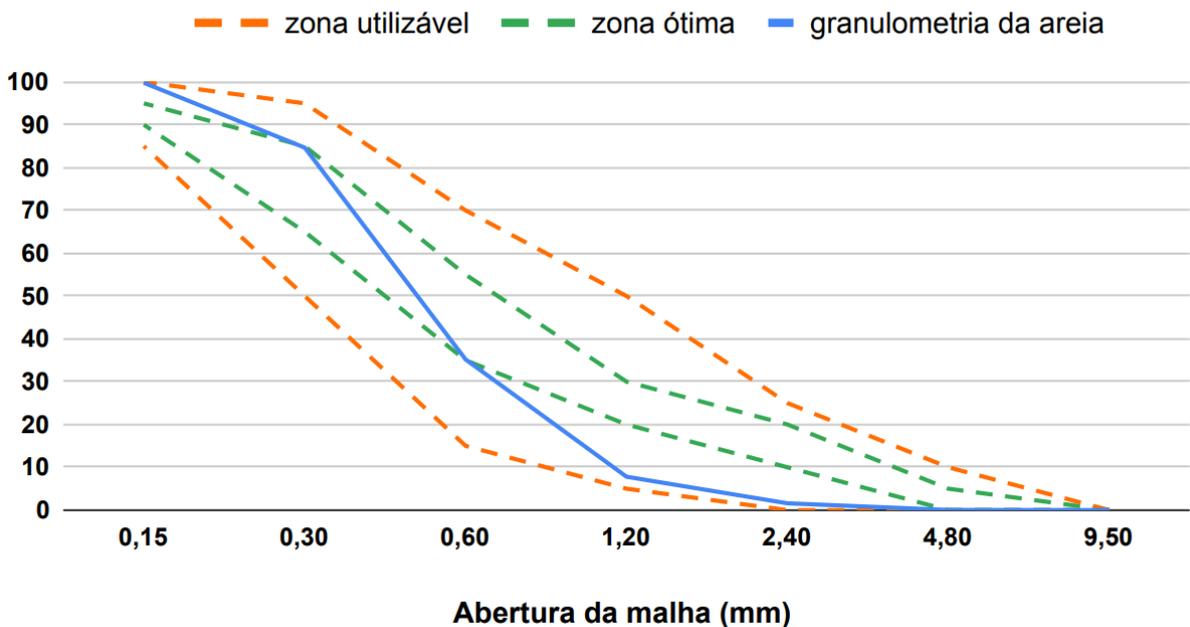
Abertura da malha		Massa (g)		Retida (%)		Retida Variações em (%)	Retida Média (%)	Retida acumulada (%)
(mm)	#	Ensaio a	Ensaio b	Ensaio a	Ensaio b			
9,5	3/8"	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4,8	n° 4	0,2	0,2	0,04%	0,04%	0,00%	0,04%	0,04%
2,4	n° 8	8,2	6,7	1,77%	1,32%	0,45%	1,55%	1,59%
1,2	n° 16	34,6	25,1	7,47%	4,95%	2,52%	6,21%	7,80%
0,6	n° 30	136,8	127,8	29,53%	25,23%	4,31%	27,38%	35,18%
0,3	n° 50	220,5	260,2	47,60%	51,36%	3,76%	49,48%	84,66%
0,15	n° 100	61,8	85,9	13,34%	16,96%	3,61%	15,15%	99,81%
Fundo		1,1	0,7	0,24%	0,14%	0,10%	0,19%	100,00%
TOTAL		463,2	506,6	Módulo de finura = 2,46		DMC = 4,8		

Fonte: Da autora (2023).

Conforme o valor do módulo de finura obtido e analisando a distribuição granulométrica apresentada na Figura 11, pode-se afirmar que se trata de uma areia média, a mesma se encontra dentro da zona ótima de utilização, conforme limites de utilização apresentados na Tabela 8, de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2009).

Figura 11 - Distribuição Granulométrica Agregados Miúdos

Granulometria da areia



Fonte: Da autora (2023).

3.3 Agregado Graúdo

A brita utilizada para a mistura do concreto é do tipo 1, também disponibilizada pelo LATEC. A caracterização do material foi realizada seguindo as exigências determinadas pela NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação (ABNT, 2009). A utilização do conjunto de peneiras seguiu as exigências de acordo com a NM-ISO 3310-1 (ABNT, 2010).

3.3.1 Determinação granulométrica

Segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009) a granulometria dos agregados graúdos devem seguir as especificações conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Limite da composição granulométrica do agregado graúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada				
	Zona granulométrica d/D ^a				
	4,75/12,5 Brita 0	9,5/25 Brita 1	19/31,5 Brita 2	25/50 Brita 3	37,5/75 Brita 4
75 mm	-	-	-	-	0-5
63 mm	-	-	-	-	5-30
50 mm	-	-	-	0-5	75-100
37,5 mm	-	-	-	5-30	90-100
31,5 mm	-	-	0-5	75-100	95-100
25 mm	-	0-5	5-25 ^b	87-100	-
19 mm	-	2-15 ^b	65 ^b -95	95-100	-
12,5 mm	0-5	40 ^b -65 ^b	92-100	-	-
9,5 mm	2-15 ^b	80 ^b -100	95-100	-	-
6,3 mm	40 ^b -65 ^b	92-100	-	-	-
4,75 mm	80 ^b -100	95-100	-	-	-
2,36 mm	95-100	-	-	-	-

^a Zona granulométrica correspondente à menor (d) e à maior (D) dimensões do agregado graúdo.

^b Em cada zona granulométrica deve ser aceita uma variação de no máximo cinco unidades percentuais em apenas um dos limites marcados com 2). Essa variação pode também estar distribuída em vários desses limites.

Fonte: ABNT NBR 7211 (2009, p. 7), aprimorada pelo autor.

A determinação da distribuição granulométrica da brita foi desenvolvida conforme NBR NM 248 (ABNT, 2003). O peneiramento foi feito manualmente, com uma amostra de 2,185 Kg, as peneiras são da marca Contenco Indústria e Comércio Ltda, compostas por tela de inox

(stainless steel wire cloth), de série normal conforme padrões da NBR NM-ISO 3310-1 (ABNT, 2010), de malha 31,50, 25, 19, 12,50, 9,50, 6,30, 4,75, 2,32 mm. Os resultados óbitos podem ser analisados na Tabela 9.

Tabela 9 - Distribuição granulométrica do agregado graúdo

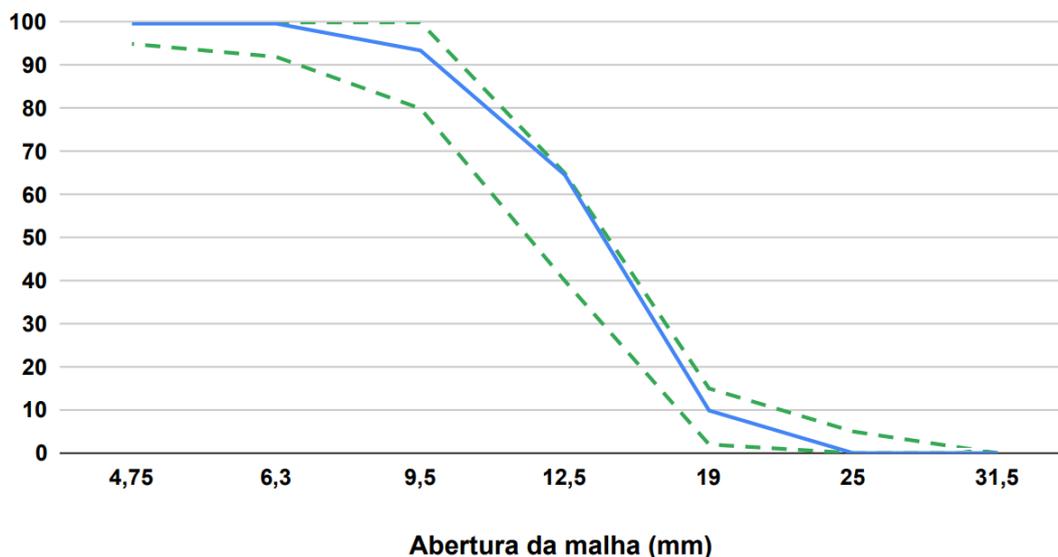
Abertura da malha		Massa (g)	Retida (%)	Retida acumulada (%)
(mm)	#			
31,5	1/8	0	0,00%	0,00%
25	1	0	0,00%	0,00%
19	3/4	223,8	9,88%	9,88%
12,5	1/2	1239,9	54,73%	64,61%
9,5	3/8	654,1	28,87%	93,48%
6,3	1/4	141,3	6,24%	99,72%
4,75	4	0	0,00%	99,72%
Fundo		6,4	0,28%	100,00%
TOTAL		2265,5	DMC = 25	

Fonte: Da autora (2023).

Conforme limites da composição granulométrica apresentados na Tabela 8, de acordo com as exigências da NBR 7211 (ABNT, 2009), e os resultados obtidos, conforme dados apresentados na distribuição granulométrica da Figura 12, comprova-se que a brita utilizada se enquadra na zona granulométrica de 9,5/25, sendo esta, o tipo 1.

Figura 12 - Distribuição Granulométrica Agregados Graúdos

Granulometria da brita



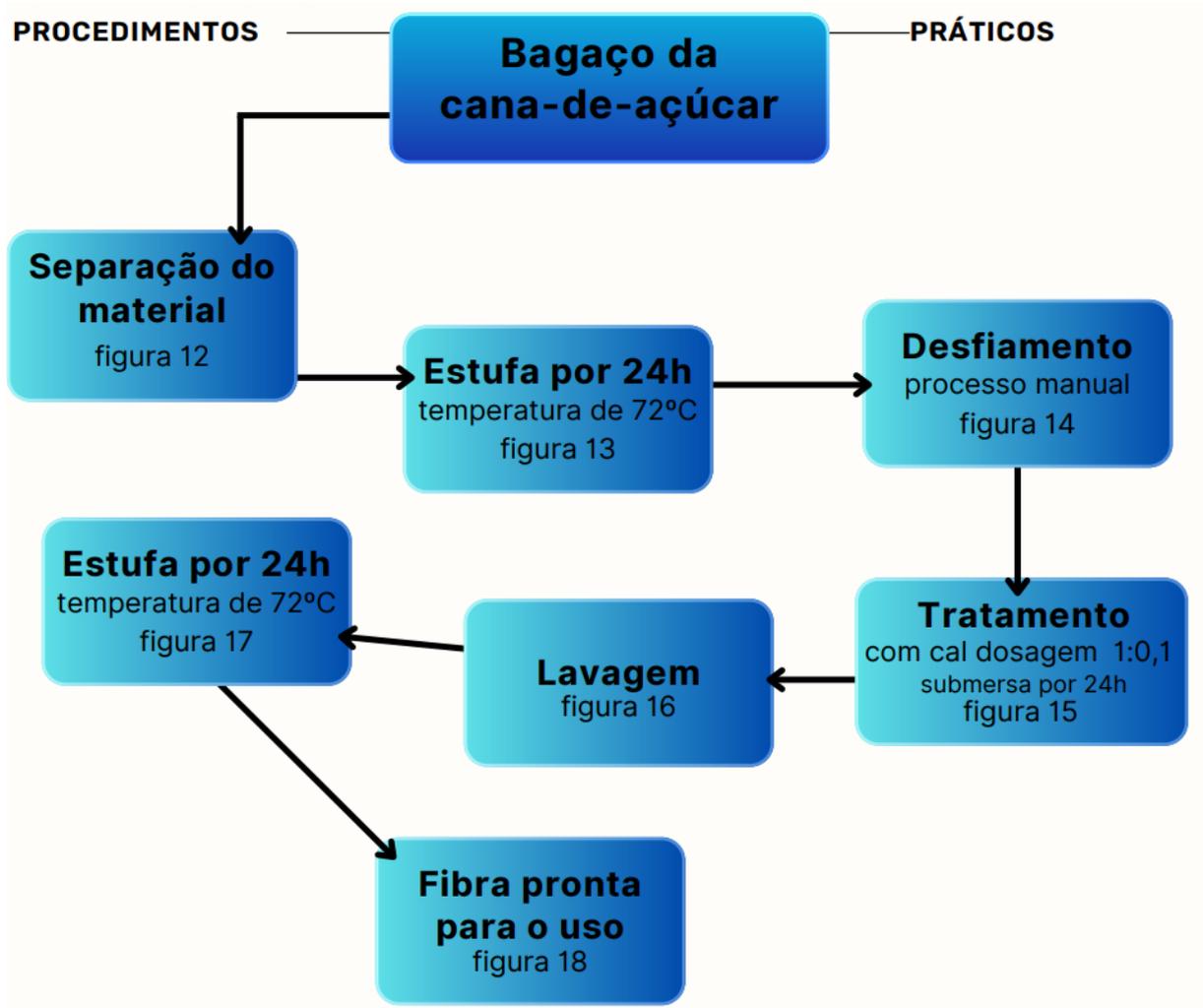
Fonte: Da autora (2023).

3.4 Fibra do bagaço da cana-de-açúcar

O bagaço da cana-de-açúcar utilizado para a pesquisa foi fornecido por um produtor rural cuja propriedade e plantação fica localizada no município de Cruzeiro do Sul no estado do Rio Grande do Sul.

A preparação da fibra do bagaço da cana-de-açúcar ocorreu no LATEC, seguindo métodos padronizados, conforme apresentados na Figura 11. A fibra passou por tratamento para remoção das impurezas e açúcares que pudessem comprometer as propriedades do concreto, sendo as etapas deste procedimento apresentadas e desenvolvidas conforme o artigo “Análise da Argamassa com Adição de Bagaço de Cana-de-Açúcar”, apresentado e publicado no II Congresso Internacional da Diversidade do Seminário (ARAÚJO; ARAÚJO; NÓBREGA; SILVA; CARLOS, 2017).

Figura 11 - Etapas para produção da fibra da cana-de-açúcar



Fonte: Da autora (2023).

O bagaço foi coletado após moagem da cana-de-açúcar, sendo armazenado dentro de um saco aberto no LATEC, conforme Figura 12, onde é possível observar que o bagaço chegou inteiro. Desta forma, o material foi picado em pedaços menores e colocado em bandejas para primeira etapa de secagem na estufa. O material foi colocado em estufa por 24h com uma temperatura de 72°C (+/- 5°C).

Figura 12 - Separação do Material



Fonte: Da autora (2023).

Figura 13 - 1º etapa de estufa



Fonte: Da autora (2023).

O desfiamento foi feito de forma manual, sendo uma etapa que apresentou desafios fora do esperado, pois não foi levado em consideração que o desfiamento ocorreria manualmente, levando mais tempo do que o planejado inicialmente. Também foi observado

que o volume do material é muito grande, quando comparado com o seu peso, devido a sua massa específica, sendo necessário a produção de grandes quantidades de material.

Figura 14 - Desfiamento manual da fibra



Fonte: Da autora (2023).

O bagaço da cana-de-açúcar ficou como está apresentado na Figura 14, e por tratar-se de uma fibra vegetal, cujo processo de produção ocorreu de forma manual, foi previsto que não ficaria com o mesmo comprimento, ou formato. O material também passou por um tratamento, com o intuito de diminuir as impurezas, sendo para isso, colocado em um recipiente uma mistura de água com cal, em dosagem de 1:0,1, ou seja, para cada kg de água, 0,1 kg de cal.

A fibra desfiada foi colocada dentro desta mistura, ficando submersa por 24h, conforme Figura 15. Posteriormente, o material foi lavado com água corrente, sendo mantido dentro de uma peneira como representado na Figura 16.

Figura 15 - Tratamento da fibra com Cal



Fonte: Da autora (2023).

Figura 16 - Lavagem



Fonte: Da autora (2023).

De acordo com a Figura 17, é possível observar que na bandeja da parte superior da estufa tem a cana lavada. Na parte inferior tem o bagaço na primeira etapa de estufa. Observando-se que o desfiamento iria demorar mais que o esperado, foi decidido produzir a fibra aos poucos para dar continuidade nas outras etapas da pesquisa, desta forma, enquanto a fibra estava em preparação, outras etapas desenvolvidas no laboratório deram continuidade.

Figura 17 - 2º etapa de estufa



Fonte: Da autora (2023).

Por conta da variação granulométrica da fibra, pelo fato de ser um resíduo vegetal e preparado de forma manual, foram utilizadas peneiras da marca Contenco Indústria e Comércio Ltda, compostas por tela de inox (stainless steel wire cloth), de série normal conforme padrões da NBR NM-ISO 3310-1 (ABNT, 2010), de malha de 12,50, 9,50 e 6,30 mm. Com o intuito de padronizar a fibra utilizada em todos os traços.

Figura 18 - Fibra pronta para o uso



Fonte: Da autora (2023).

3.5 Dosagem

A dosagem do concreto foi estabelecida na proporção de 1:1,74:2,74:0,51 (cimento, areia, brita, relação a/c), conforme determinado por Souza (2021) em sua pesquisa, a qual explorava a adição de fibra de PET reciclado no concreto convencional. Esse traço foi selecionado como referência para as propriedades desejadas no contexto da presente pesquisa.

A porcentagem da incorporação da fibra do bagaço da cana-de-açúcar foi determinada após o processo de preparação do material, onde foi identificado que seu peso era muito baixo relacionado com o seu volume. Sua proporção está demonstrada na Tabela 10, apresentando os valores dos traços unitários de cada dosagem utilizada na pesquisa.

Tabela 10 -Traço unitário definidos para o estudo

Traço	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	Água (kg)	fibra	
					%	kg
TREF	1	1,74	2,74	0,51	-	-
TF05	1	1,74	2,74	0,51	0,5%	0,005
TF1	1	1,74	2,74	0,51	1%	0,01
TF2	1	1,74	2,74	0,51	2%	0,02

Fonte: Da autora (2023).

Cada traço apresentou um volume estimado de 25,66 litros por mistura, o quantitativo dos materiais foi determinado para moldagem de 15 corpos de prova cilíndricos, a descrição da quantidade utilizada por cada material pode ser analisada na Tabela 11, onde, foi determinada uma nomenclatura para identificar a composição de cada dosagem, onde, o traço referência (TREF) sem fibra, o restante apresenta os teores da incorporação da FBC, desta forma, sua nomenclatura “TF” indica que se trata de um traço com fibra e o número composto o nome é a porcentagem de fibra utilizada no traço.

Tabela 11 -Traços

Traço	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	Água (kg)	fibra	
					%	g
TREF	10,79	18,78	29,57	5,5	-	-
TF05	10,79	18,78	29,57	5,5	0,5%	5,39
TF1	10,79	18,78	29,57	5,5	1%	10,79
TF2	10,79	18,78	29,57	5,5	2%	21,4

Fonte: Da autora (2023).

Para preparação do concreto foi utilizado uma betoneira de eixo vertical conforme apresentado na Figura 19, sendo adicionado a água e logo em seguida a brita do tipo 1, deixando misturar, na sequência foi acrescentado o cimento e a areia. Por fim foi acrescentada a fibra de acordo com a porcentagem determinada para cada traço.

Figura 19 - Mistura do concreto



Fonte: Da autora (2023).

A concretagem de cada traço ocorreu em datas distintas, desta forma a moldagem dos corpos de prova também, para uma compreensão melhor, as datas da moldagem e período de cura podem ser analisados na Tabela 12. A moldagem dos corpos de prova foi realizada em moldes cilíndricos com diâmetro de 10cm e altura de 20cm, de acordo com os padrões da NBR 5738 (ABNT, 2016). Foram utilizados 3 CP's para cada idade do concreto (7 e 28 dias), tanto para o ensaio de compressão, quanto para o ensaio de tração por compressão diametral.

Tabela 12 - Data de moldagem e idade de cura dos CP's

Traço	data da concretagem	data do desmolde	idade	
			7 dias	28 dias
TREF	08/09/2023	11/09/2023	15/09/2023	06/10/2023
TF05	20/10/2023	23/10/2023	27/10/2023	17/11/2023
TF1	06/10/2023	09/10/2023	13/10/2023	03/11/2023
TF2	20/10/2023	23/10/2023	27/10/2023	17/11/2023

Fonte: Da autora (2023).

A moldagem dos corpos de prova ocorreu de acordo com as exigências da NBR NM 33 (ABNT, 1998), o adensamento dos moldes foi realizado de forma manual, atendendo as

orientações da NBR 5738 (ABNT, 2016) Desta forma, o molde foi preenchido em duas camadas, em cada camada foi utilizada uma haste para golpear o concreto 12 vezes, com o intuito de remover possíveis vazios, os CP's foram identificados conforme apresentado na Figura 20.

Figura 20 - Corpos de prova moldados e identificados



Fonte: Da autora (2023).

Os corpos de prova foram colocados em uma superfície horizontal e rígida para a cura inicial, posteriormente, desmoldados e colocados em câmara úmida como apresentado na Figura 21, permanecendo nesta, até a idade determinada para o rompimento, sendo elas, 7 e 28 dias.

Figura 21 - CP's armazenados na câmara úmida



Fonte: Da autora (2023).

3.6 Determinação da consistência do concreto no estado fresco

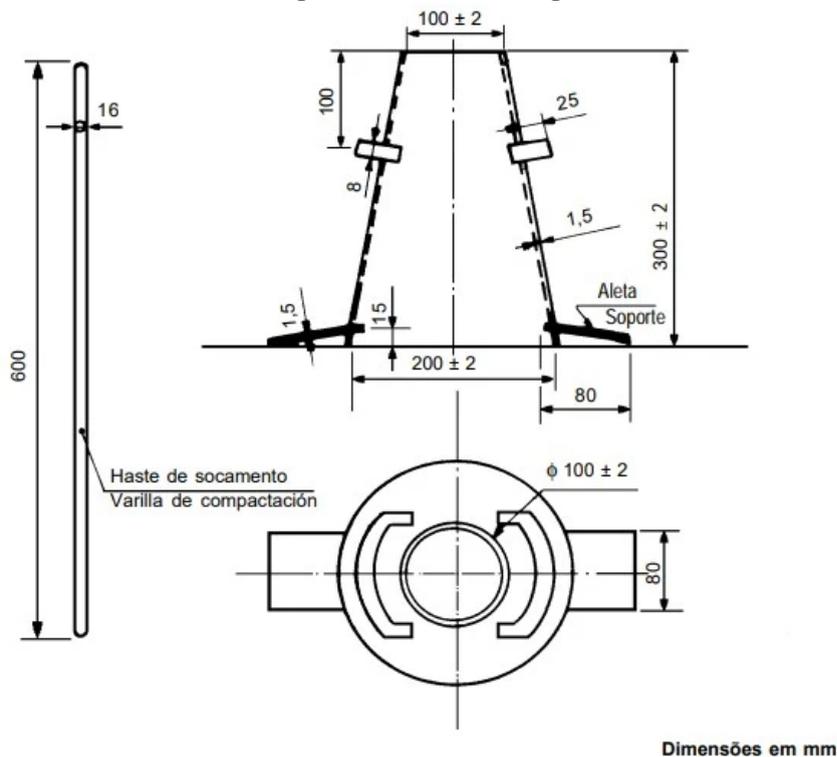
O concreto no estado fresco não é o foco principal para analisar as propriedades mecânicas, mas, seu grau de adensamento tem alta influência em relação a resistência de determinada mistura de concreto. É fundamental que a consistência da mistura seja adequada para transporte, lançamento e adensamento, assim, finalizando a concretagem sem perda de propriedades físicas do material (NEVILLE, 2016).

3.6.1 *Slump test*

A verificação do abatimento do concreto em estado fresco foi obtida mediante o ensaio de tronco cone, também conhecido como slump test, caracterizado pela NBR NM 67 (ABNT, 1998). Seu material é constituído por um tronco de 30cm de altura, aberto nas duas extremidades, onde, sua extremidade superior tem um diâmetro de 10cm e na inferior um diâmetro de 20cm.

Esse tronco deve ser apoiado com a sua extremidade inferior sobre uma superfície plana, normalmente utilizada uma chapa metálica (nivelada), é necessário também, uma haste metálica e uma régua como apresentado na Figura 22 (AMBROZEWICZ, 2012).

Figura 22 - Molde e haste para ensaio de slump test



Fonte: NBR NM 67/1998

O ensaio foi efetuado conforme etapas apresentadas em norma, desta forma, o molde conforme as medidas e instruções apresentadas anteriormente, deverá ser preenchido com três camadas de concreto. Cada camada deve receber 25 golpes com o haste metálico (normalizado com extremidades arredondadas e diâmetro igual a 16 mm), a última camada finaliza no topo da borda, após o preenchimento é erguido lentamente o cone, assim, o concreto sofre um abatimento.

É então denominado abatimento de tronco de cone a diminuição na altura do centro do concreto após a realização do ensaio. A classificação da consistência do concreto é determinada conforme limites apresentados na Tabela 13 conforme o valor em centímetros do abatimento.

Tabela 13 - Classificação das consistências do concreto

Consistência	Abatimento (cm)
Seca	0 a 2
Firme	2 a 5
Média	5 a 12
Mole	12 a 18
Fluida	18 a 25

Fonte: Ambrozewicz (2012).

Para determinação da consistência do concreto, o molde cônico foi retirado e colocado ao lado do concreto para medição do abatimento, desta forma, a medida corresponde na variação entre a altura do concreto e a altura do topo do molde, como representado na Figura 23.

Figura 23 - Medição do abatimento



Fonte: Da autora (2023).

3.7 Ensaios para concreto no estado endurecido

Os ensaios realizados no estado endurecido tem como objetivo testar a resistência mecânica do concreto, sendo considerada a propriedade mais importante, dando o conhecimento geral da qualidade do concreto, isso, por ser a propriedade diretamente ligada à

estrutura da pasta de cimento. Os ensaios são realizados com intuito de verificar os limites suportados pelo concreto em esforços de compressão e tração, esses, responsáveis pelas deformações/ruptura das estruturas quando ultrapassado sua capacidade (NEVILLE; BROOKS, 2013).

3.7.1 Resistência à compressão simples

O ensaio para determinação da resistência à compressão foi realizado conforme a NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos (ABNT, 2018). As rupturas dos corpos de prova foram realizadas nas idades de 7 e 28 dias, ocorrendo o rompimento de 3 corpos de prova de cada traço por idade. As idades foram determinadas conforme exigências apresentadas em norma, essas podendo ser verificadas na Tabela 14.

Tabela 14 - Tolerância para a idade de ensaio de resistência à compressão

Idade de ensaio	Tolerância permitida h
24 h	0,5
3 d	2
7 d	6
28 d	24
63 d	36
91 d	48
Nota: Para outras idades de ensaio, a tolerância deve ser obtida por interpolação.	

Fonte: NBR 5739 (ABNT, 2018)

As rupturas foram realizadas em uma prensa hidráulica de acionamento elétrico, com capacidade de 2000 KN, da marca EMIC (modelo SSH 300, linha PC), o equipamento foi disponibilizado pelo LATEC, tal como, todo suporte e orientação para realização adequada dos procedimentos. Na Figura 24, é possível observar como o corpo de prova ficou posicionado na prensa para a ruptura.

Figura 24 - Ruptura dos corpos de prova de concreto em prensa hidráulica



Fonte: Da autora (2023).

3.7.2 Resistência à tração por compressão diametral

A verificação do esforço de tração foi dado pelo ensaio de tração por compressão diametral, todas etapas realizadas seguiram as exigências apresentadas na NBR 7222 (ABNT, 2011). Para este ensaio, igualmente o de compressão as idades determinadas para o rompimento é de 7 e 28 dias, períodos de acordo com o especificado na norma, na Tabela 15 é possível verificar as idades possíveis para executar o rompimento para este ensaio.

Tabela 15 - Tolerância para a idade de ensaio de resistência à tração

Idade de ensaio	Tolerância permitida h
24 h	0,5
3 d	2
7 d	6
28 d	24
63 d	36
91 d	48

Nota: Para outras idades de ensaio, a tolerância deve ser obtida por interpolação.

Fonte: NBR 5739 (ABNT, 2018)

O ensaio foi realizado com 3 corpos de prova por traço, para cada ensaio e idade. A prensa hidráulica utilizada para ruptura dos corpos de prova para determinação da resistência à tração por compressão diametral, foi a mesma utilizada nos testes de resistência à compressão, sendo ela: prensa hidráulica de acionamento elétrico, com capacidade de 2000 KN, da marca EMIC (modelo SSH 300, linha PC). Entretanto o corpo de prova foi colocado na posição horizontal, como apresentado na Figura 25, desta forma, a aplicação de carregamento se destina ao plano axial do CP.

Figura 25 - Ensaio de tração por compressão diametral



Fonte: Da autora (2023).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este item apresenta considerações e discussões dos dados obtidos nos ensaios apresentados no capítulo 3 (procedimentos metodológicos), pretendendo alcançar o objetivo principal e específico apresentado para estudo.

4.1 *Slump test*

O ensaio para a determinação da consistência do concreto foi do abatimento de tronco de cone. Neste ensaio, o concreto encontra-se em seu estado fresco. Na Tabela 16, pode ser analisado os valores obtidos para cada traço, ressaltando que a dosagem base (cimento, areia, brita e água) é a mesma, mudando apenas a porcentagem de fibra adicionada na mistura.

Tabela 16 - Valores de consistência

Traço	TREF	TF05	TF1	TF2
Abatimento (cm)	11,7	9,5	10	5,8
Consistência	Média			

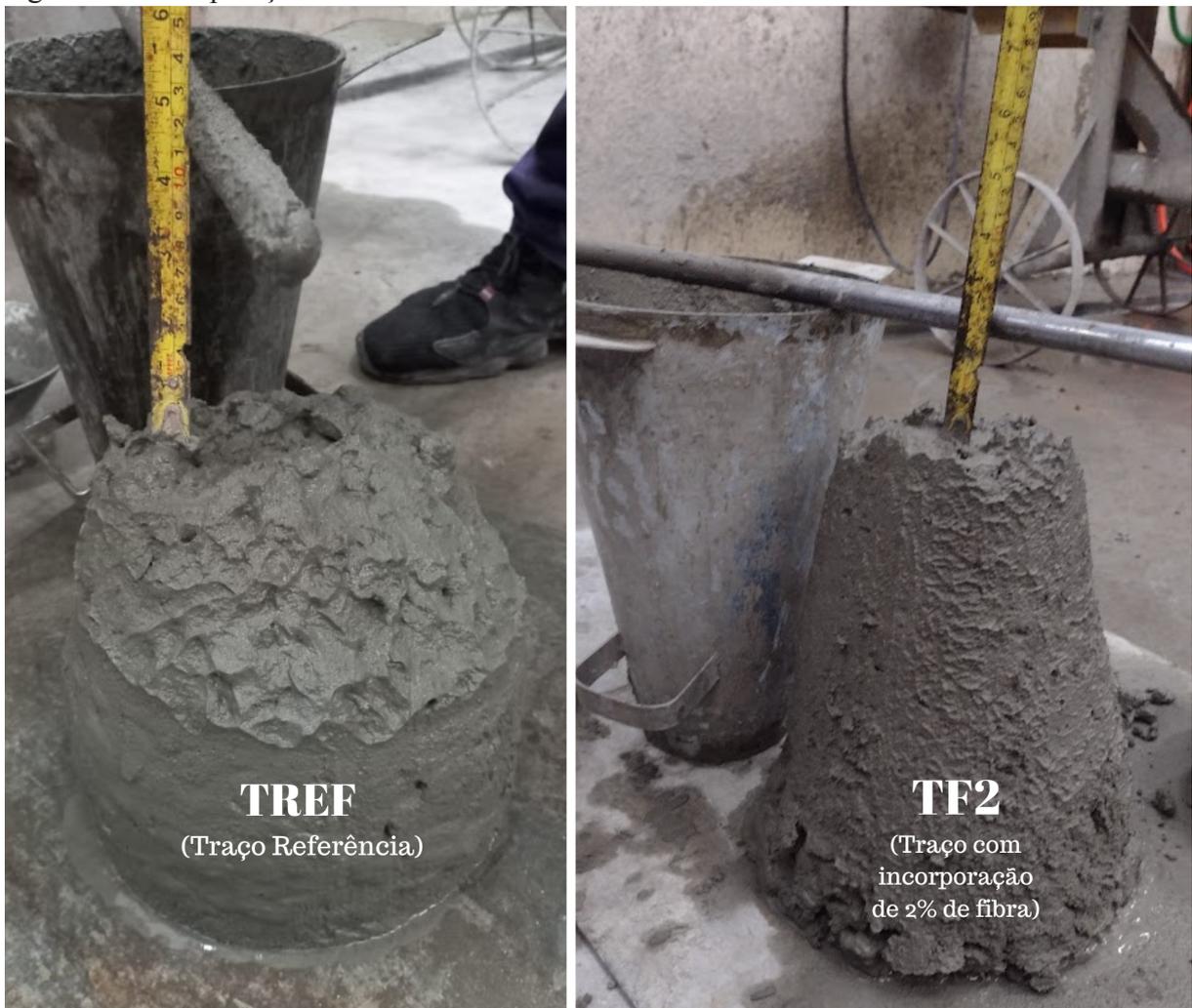
Fonte: Da autora (2023).

A partir dos resultados demonstrados na Tabela 16, pode-se notar que o concreto com a incorporação de fibra teve um aumento na consistência. O TF2 (traço com incorporação de fibra de 2%) apresentou o menor valor de abatimento, sendo uma diminuição de 49,57% na medida do abatimento em relação ao TREF (traço referência), sendo o traço com maior consistência.

Conforme classificação apresentada na Tabela 13, todos os traços estão enquadrados entre os limites de 5 a 12 cm de abatimento, enquadrando-se no concreto de consistência média.

O aumento na consistência do concreto depois da incorporação da fibra, pode ser visualizado na Figura 26. Na imagem da esquerda pode-se visualizar o ensaio de *Slump Test* do TREF, da mesma forma na imagem da direita é apresentado o ensaio do TF2. Esse fato ocorre por conta da fibra ser um material que reduz a fluidez do concreto, as fibras atuam como obstáculos, impedindo o movimento livre do material, desta forma, aumentando a sua consistência.

Figura 26 - Comparação da consistência do concreto



Fonte: Da autora (2023).

4.2 Resistência à compressão

A resistência à compressão do concreto foi determinada com o rompimento de 6 corpos de prova em duas idades (3 CP's com idade de 7 dias e 3 CP's com idade de 28 dias) por traço. Na Figura 27 pode ser visualizado uma das amostras depois do ensaio. Conforme

apresentado na Tabela 17, pode-se identificar as idades que foram realizadas os rompimentos e a resistência suportada em MPa por cada amostra.

Figura 27 - Ruptura ensaio de resistência à compressão



Fonte: Da autora (2023).

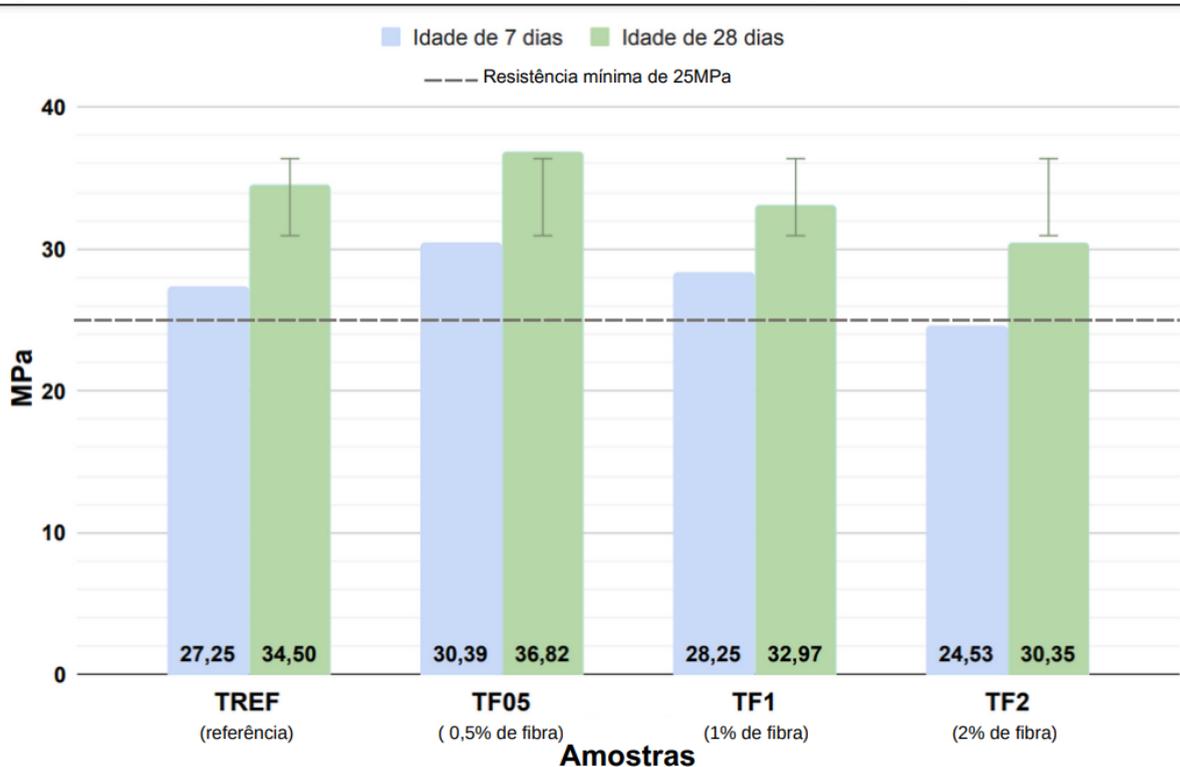
Tabela 17 - Resistência à compressão

7º dia				
Traço	CP1	CP2	CP3	Média
REF	26,5	28,52	26,74	27,25
0,5% de fibra	29,94	31,2	30,04	30,39
1% de fibra	28,61	28,74	27,39	28,25
2% de fibra	23,84	24,17	25,58	24,53
28º dia				
Traço	CP1	CP2	CP3	Média
REF	34,99	32,05	36,46	34,50
0,5% de fibra	37,27	36,50	36,69	36,82
1% de fibra	33,35	34,09	31,48	32,97
2% de fibra	30,66	30,18	30,20	30,35

Fonte: Da autora (2023).

A média dos resultados de ruptura na idade 28 dias, atendeu a resistência mínima esperada de 25 MPa. Para uma melhor precisão do ensaio os valores obtidos em cada traço estão representados em forma gráfica na Figura 28.

Figura 28 - Comparação de resultados obtidos no ensaio de compressão simples



Fonte: Da autora (2023).

No que diz respeito ao ensaio de compressão, o melhor resultado obtido foi no TF05, apresentando um aumento de 6,30% na sua resistência, quando comparado com o traço referência com a mesma idade de 28 dias.

Relacionando os resultados dos traços com diferentes porcentagens de fibra, percebe-se que conforme aumenta a porcentagem de fibra tem uma redução na resistência à compressão respectivamente. Apesar disso, todas as amostras apresentaram uma resistência superior a 30 MPa na idade de 28 dias, atingindo as expectativas iniciais da pesquisa.

Levando em consideração que a resistência à compressão não é a mais importante contribuição do reforço com fibras no concreto, os resultados apresentados demonstram que a incorporação da fibra do bagaço da cana-de-açúcar manteve a resistência inicial do traço referência, tal como, o TF05 ultrapassou estes dados base.

4.3 Resistência à tração por compressão diametral

A resistência à tração por compressão diametral foi determinada conforme exigências da NBR 7222 (ABNT, 2011), o rompimento deste ensaio ocorreu no maior vão do CP, conforme apresentado na Figura 29.

Figura 29 - Corpo de prova tração por compressão diametral

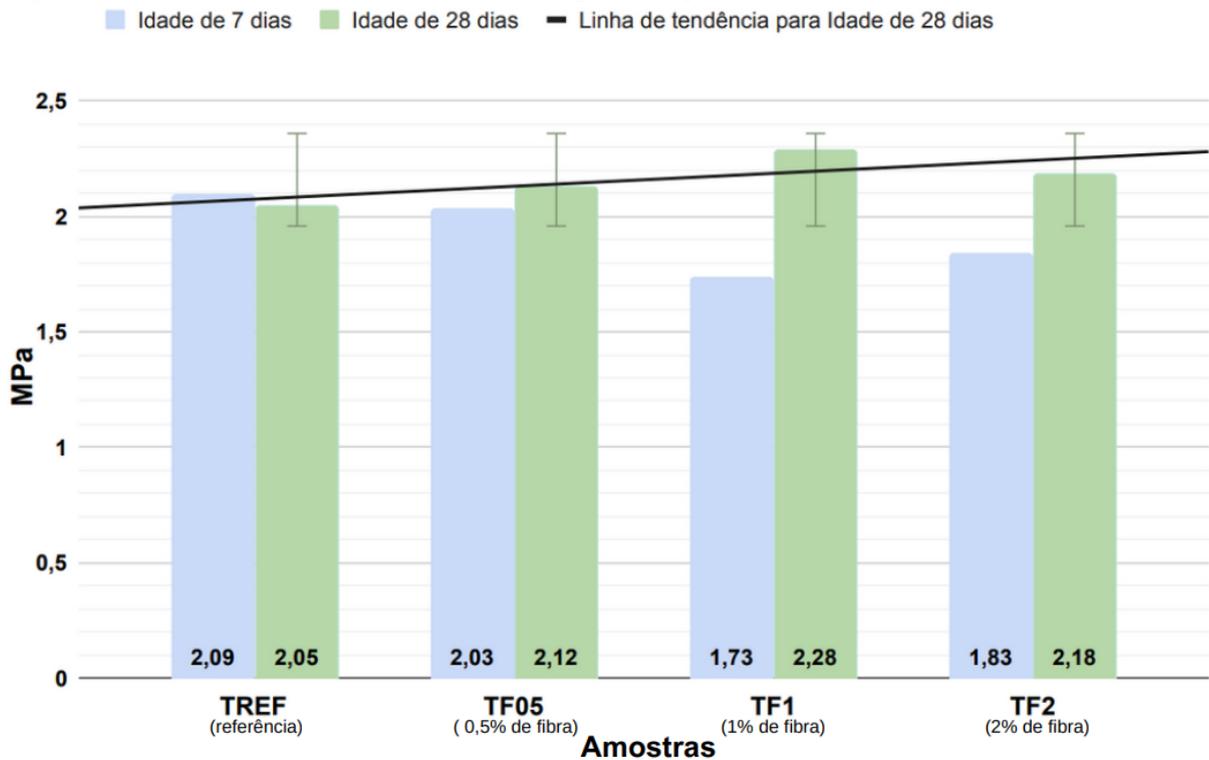


Fonte: Da autora (2023).

No que diz respeito ao ensaio de tração por compressão diametral, o melhor resultado obtido na idade de 28 dias foi no concreto com incorporação de 1% de fibra de

cana-de-açúcar, apresentando um acréscimo em torno de 10% em relação ao traço referência com rompimento na mesma idade.

Figura 30 - Resultado de resistência à tração por compressão diametral



Fonte: Da autora (2023).

Nota-se também que com o aumento da porcentagem de fibra as amostras demonstraram um ganho maior de resistência durante o período de cura, quando relacionado com os resultados da idade de 7 dias. O traço referência não apresentou uma variação significativa entre as duas idades, entretanto, os traços com incorporação apresentaram uma variação significativa, onde, o TF05 apresentou um ganho de 4,25%, o TF1 teve um aumento na resistência de 24,13% e o TF2 aumentou sua resistência em 16,05%.

Analisando os dados apresentados na Figura 30, constatou-se que os ensaios experimentais com a incorporação da fibra do bagaço de cana-de-açúcar no concreto convencional, permaneceram na mesma faixa de resistência à tração por compressão diametral, destacando-se o TF1 sendo o traço que demonstrou resistência superior aos outros.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou analisar o concreto com a adição da fibra do bagaço da cana-de-açúcar devido a alta produção desse resíduo. Os principais objetivos foram traçar uma metodologia para a preparação das fibras, estabelecer um traço de referência do concreto, a fim de comparar seu comportamento após a adição da fibra.

. A pesquisa se deu de forma preliminar, verificando a resistência mecânica do concreto convencional com a incorporação da fibra em porcentagem diferentes.

A fibra do bagaço da cana-de-açúcar apresentou um aumento significativo na consistência do concreto, atingindo 7cm de variação entre o traço sem fibra e com incorporação de 2%.

Em relação às propriedades mecânicas dos corpos de prova ensaiados, notou-se que a incorporação de 0,5% de fibra de cana-de-açúcar apresentou um aumento de 6,30% de resistência à compressão. Em relação à tração por compressão diametral, o traço com incorporação de 0,5% de fibra obteve um ganho de resistência de 10,08% em relação ao concreto sem adição.

Os ensaios mecânicos preliminares demonstraram que a utilização de fibras oriundas da cana-de-açúcar, para incorporação no concreto convencional, foram satisfatórias, baseando-se na análise dos resultados obtidos, entretanto, serão necessários outros estudos para garantir a eficiência desta aplicação para uso comercial.

REFERÊNCIAS

AMBROZEWICZ, Paulo Henrique Laporte. **Materiais de construção: normas, especificações, aplicação e ensaios de laboratório**. São Paulo: PINI, 2012.

NEVILLE, A.M.; BROOKS, J.J. **Tecnologia do Concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 448 p. Tradução: Ruy Alberto Cremonini.

CBIC. Agência. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Construção Civil confirma expectativas e cresce forte pelo segundo ano**. 2023. Disponível em: <https://cbic.org.br/construcao-civil-confirma-expectativas-e-cresce-forte-pelo-segundo-ano/>. Acesso em: 18 maio 2023.

MEHTA, P. Kumar; **MONTEIRO**, Paulo J. M.. **CONCRETO: microestrutura, propriedades e materiais**. 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2014. 782 p. Versão atualizada com base na quarta edição em Inglês - Tradutora da 1º edição, Cristina Borba. Coordenadora e Editora da segunda edição, Nicole Pagan Hasparyk.

BERNHARD, Carolina. **ESTUDO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO CONVENCIONAL COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE BENEFICIAMENTO DE ÁGATA EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO AGREGADO MIÚDO**. 2018. 98 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, **Universidade do Vale do Taquari**, Lajeado, 2018. Disponível em: <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/8283a9ec-3e82-4842-bbd2-885950299902/content>. Acesso em: 08 maio 2023.

ABESC (org.). **MANUAL DO CONCRETO DOSADO EM CENTRAL**. São Paulo: Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem do Brasil, 2007. 33 p. Disponível em: <https://www.abesc.org.br/assets/files/manual-cdc.pdf>. Acesso em: 02 out. 2022.

Revista de Engenharia Civil IMED, Passo Fundo, vol. 8, n. 2, p. 1-10, julho-dezembro, 2021 - ISSN 2358-6508 [Recebido: novembro 3, 2019; Aceito: novembro 27, 2020] DOI: <https://doi.org/10.18256/2358-6508.2021.v8i2.368>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. **NBR 7211:** Agregados para concreto - Especificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR 7222:** Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por 93 compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

_____. **NBR 9778:** Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR 9779:** Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____. **NBR NM 26:** Agregados – Amostragem. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR NM 67:** Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. **NBR NM 248:** Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ALVES, Lazaro Quintino; **FRANCO**, Petrus Narciso; **ZANETTI**, Willian Aparecido Leoti; **GÓES**, Bruno César. DESEMPENHO DA PRODUÇÃO DA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR NOS PRINCIPAIS ESTADOS PRODUTORES. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, [S.L.], v. 15, n. 2, p. 303-317, 13 out. 2021. Universidade Estadual Paulista - Campus de Tupa. <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2021v15n2p303-317>.

SRINIVAS, T.; CHANDANA, Srimanthula; **RAO, N V Ramana**. Studies on effect of sugarcane bagasse fibre on mechanical properties and workability of low calcium fly ash and slag based geopolymer concrete. **E3S Web Of Conferences**, [S.L.], v. 309, p. 01112, 2021. EDP Sciences. <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/202130901112>.

DISCHER, Marcos Gottschalg; **FORTES**, Adriano Silva; **ARAÚJO**, Marcio Luis Valença. A Utilização do Concreto Estrutural com Adição de Fibras não Metálicas na Construção Civil, uma Prospecção Tecnológica. **Cadernos de Prospecção**, [S.L.], v. 16, n. 3, p. 745-760, 1 abr. 2023. Universidade Federal da Bahia. <http://dx.doi.org/10.9771/cp.v16i3.50293>.

CEPED – CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO. **Utilização de Fibras vegetais no fibro-cimento e no concreto-fibra**. Rio de Janeiro, BNH/DEPEA, 72 p. 1982.

PALMA, Gustavo; **PRADO**, Gabriela; **GERALDO**, Rodrigo Henrique. PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ARGAMASSAS CONTENDO FIBRA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR. 2021. 8 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Facens, Sorocaba, Sp, Brasil, 2021.

LISBOA, Ederval S.; **ALVES**, Edir S.; **MELO**, Gustavo H. A. G. **Materiais de construção: concreto e argamassa**. [recurso eletrônico] / 2.ed. - Porto Alegre: SAGAH, 2017. E-book. ISBN 9788595020139. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595020139/>. Acesso em: 21 mai.2023.

COELHO, Karolina V. de S.; **SANTANA**, Jackson Cesar Lopes de; **BASTOS**, Daniele Cruz; **LÍBANO**, Elaine Vidal Dias Gomes; **PEREIRA**, Patricia Soares da Costa. **COMPÓSITOS PEAD/BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR: INFLUÊNCIA DO PROCESSAMENTO E FONTE DE PEAD**. Univap, São José dos Campos-Sp-Brasil, v. 26, n. 51, p. 130-144, dez. 2019.

BRITA: Materioteca Sustentável. Materioteca Sustentável. Desenvolvida pela **Universidade Federal de Santa Catarina**. Disponível em: <https://materioteca.paginas.ufsc.br/brita/>. Acesso em: 28 maio 2023.

ÁGUA de coco: conheça os principais benefícios e como consumir. 2023. **Diário do Nordeste**. Disponível em:

<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ser-saude/agua-de-coco-conheca-principais-beneficios-e-como-consumir-1.3368141>. Acesso em: 29 maio 2023.

FIBRA de coco. Disponível em: <https://www.jardineiros.net/fibra-de-coco-50-litros->. Acesso em: 29 maio 2023.

A PRODUÇÃO brasileira do sisal se concentra no nordeste. 2016. Elaborado por Redação Nordeste Rural. Disponível em: <https://nordesterural.com.br/a-producao-brasileira-do-sisal-se-concentra-no-nordeste/>. Acesso em: 29 maio 2023.

FIBRA de Sisal. Disponível em: <https://www.casadascordasrs.com.br/fibra-de-sisal-natural-meada-pacote/pacote-1kg>. Acesso em: 29 maio 2023.

FIBRA de Bambu. Disponível em: <http://bambuzhu.com/tecnologia-textil-fibras-artificiais-viscose-obtida-partir-da-fibra-de-bambu/>. Acesso em: 29 maio 2023.

BAMBU. Disponível em: https://s2.glbimg.com/mrwvBoptZzM_ihgrFz6pliGurg0=/e.glbimg.com/og/ed/f/original/2018/12/05/c_.jpg. Acesso em: 29 maio 2023.

CANA-DE-AÇÚCAR: uma cultura de fácil condução. Disponível em: <https://rehagro.com.br/blog/cana-de-acucar-cultura-de-facil-conducao/>. Acesso em: 29 maio 2023.

FIBRA de cana-de-açúcar. Disponível em: <https://www.elo7.com.br/fibras-de-bagaco-de-cana-de-acucar-pacote-de-12kilos/dp/1922977>. Acesso em: 29 maio 2023.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -. **Produção de Cana-de-açúcar.** 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cana-de-acucar/br>. Acesso em: 10 maio 2023.

CROPLIFE. Cana-de-açúcar: uma cultura de sucesso para a economia brasileira. uma cultura de sucesso para a economia brasileira. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/conceitos/cana-de-acucar-uma-cultura-de-sucesso-para-a-economia-brasileira/>. Acesso em: 21 maio 2023.

SILVA, Janaina Fernandes e. Propriedades físicas e mecânicas de argamassa reforçada com fibras do bagaço de cana-de-açúcar (FBC). 2010. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Estruturas e Materiais de Construção, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Produção de cana chega a 610,1 milhões de toneladas na safra 2022/23 com melhora na produtividade nas lavouras. 2023. Publicado no dia 20 de abril. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4977-producao-de-cana-chega-a-610-1-milhoes-de-toneladas-na-safra-2022-23-com-melhora-na-productividade-nas-lavouras>. Acesso em: 07 out. 2023.

Yara, Brasil. Quem São os Maiores Produtores de Cana-de-Açúcar? Conheça o maior produtor de cana-de açúcar. 2023. Publicação feita no mês de julho: Yara Brasil S.A. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/conteudo-agronomico/blog/producao-mundial-de-cana-de-acucar/>. Acesso em: 07 out. 2023.

SOUZA, Jenifer Tais de. AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE DIFERENTES TEORES E COMPRIMENTOS DE FIBRAS DE PET RECICLADO. 2021. 91 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas e Engenharia, Universidade do Vale do Taquari (Univates), Lajeado, 2021. Cap. 5.

ARAÚJO, Ana Lídia Alves de; ARAÚJO, Danielle Gouveia de; NÓBREGA, Felipe Alves da; SILVA, José Araújo; CARLOS, Mary Williany Alves dos Santos. **ANÁLISE DA ARGAMASSA COM ADIÇÃO DE BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO SEMIÁRIDO PARAIBANO.** In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMINÁRIO, 2., 2017, Campina Grande. Anais [...] . Campina Grande: Realize, 2017. p.

1-10. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/33093>.

Acesso em: 10 ago. 2023.



UNIVATES

R. Avelino Talini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil
CEP 95914.014 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000
www.univates.br | 0800 7 07 08 09