

João Victor Fukami Inada

ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO CONCRETO NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO
COM A ADIÇÃO DE FIBRA DO COCO

Palmas – TO

2021

João Victor Fukami Inada

ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO CONCRETO NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO
COM A ADIÇÃO DE FIBRA DO COCO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dr. Roldão Pimentel de Araújo Júnior

Palmas – TO

2021

João Victor Fukami Inada

ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO CONCRETO NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO
COM A ADIÇÃO DE FIBRA DO COCO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dr. Roldão Pimentel de Araújo Júnior

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Roldão Pimentel de Araújo Júnior

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof.a Dra. Nome do Avaliador Interno

Nome da Instituição

Prof.a Dra. Nome do Avaliador Interno

Nome da Instituição

Palmas – TO

2021

AGRADECIMENTOS

Quero primeiro agradecer a Deus por essa jornada durante todo esse curso, me dando sabedoria e forças nas horas difíceis.

Aos meu pais, Jony Yuji Inada e Mary Fukami Inada pela paciência e compreensão para comigo durante todos esses anos, pelo apoio e incentivo para não me fazer desistir.

Aos meus familiares pelo apoio, principalmente ao meu tio Jonas Fukami e meu primo Rafael Fukami que me ajudaram em partes da realização deste trabalho na parte pratica, e não menos importante, meus avós, finado João Fukami e Setsuko Fukami que me incentivaram esses anos todos.

Aos meus amigos e colegas que adquiri no decorrer do curso, pelos momentos de estudos e festivos.

Ao meu orientador Roldão Pimentel de Araújo Júnior pela sabedoria, empenho, orientação para com meu trabalho.

Ao Tec. do Laboratório de engenharia do CEULP, Miller ajudando na realização do trabalho.

E aqueles que me ajudaram de alguma forma, direta ou indireta, no decorrer do curso, o meu obrigado.

RESUMO

INADA, João Victor Fukami. Análise da composição do concreto no estado fresco e endurecido com a adição de fibra do coco (2021). Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil). Centro Universitário Luterano de Palmas.

O presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade técnica do uso de fibra de coco na produção de concreto convencional. Esta escolha proporciona como vantagem o fato de ser um material renovável e de alta disponibilidade, tendo, assim, uma produção de baixo custo. Por exemplo a utilização de fibras naturais em elementos construtivos pode contribuir para diminuir a extração de recursos naturais necessários para a produção dos compósitos cimentícios. Foram estudadas as propriedades mecânicas de três tipos de traço de concreto. Para avaliação do comportamento do concreto, foram efetuados ensaios de abatimento do tronco de cone no estado fresco, e no estado endurecido, resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral e absorção de água por imersão. Foi observado que, para o teor de adição estudado, a variação do comprimento da fibra de coco provocou pequenas variações. Já em relação à resistência, verificou-se um acréscimo com a presença da fibra de coco em relação ao concreto de referência. O pequeno aumento de resistência se mostrou associado à própria fibra que foi preparada extraindo todo pó ficando apenas a lignina que é a pura fibra de coco. Os resultados conseguidos assinalam para a viabilidade técnica na utilização da fibra de coco em concreto convencional nas condições avaliadas. Além disso, a sua utilização em compósitos cimentícios diminui a extração de recursos naturais, destina adequadamente o resíduo produzido.

Palavras-chave: Fibra de coco; Concreto sustentável; Concreto convencional.

ABSTRACT

INADA, João Victor Fukami. Analysis of the composition of the concrete in the fresh and hardened state with the addition of coconut fiber (2021). Course conclusion work (Civil Engineering). Lutheran University Center of Palmas.

The present work aims to analyze the technical feasibility of using coconut fiber in the production of conventional concrete. This choice provides the advantage of being a renewable and highly available material, thus having a low cost production. The mechanical properties of three types of concrete mix were studied. To evaluate the behavior of the concrete, tests were made to lower the cone trunk in the fresh state, and in the hardened state, resistance to axial compression, resistance to traction by diametrical compression and water absorption by immersion. It was observed that, for the studied content of addition, the variation in the length of the coconut fiber caused small variations. Regarding strength, there was an increase with the presence of coconut fiber in relation to the reference concrete. The small increase in strength was associated with the absorption of water by immersing the concrete with the addition of coconut fiber. The results obtained point to the technical feasibility in the use of coconut fiber in conventional concrete under the evaluated conditions. In addition, its use in cementitious composites reduces the extraction of natural resources, appropriately destines the produced waste.

Keywords: Coconut fiber; Sustainable concrete; Conventional concrete.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Limites granulométricos do agregado miúdo (NBR – 7211 ABNT, 2005).	24
Tabela 2: Ensaio de caracterização dos agregados graúdos.	36
Tabela 3: Ensaio de caracterização dos agregados miúdos.....	37
Tabela 4: Ensaio de Caracterização da fibra de coco.....	40
Tabela 5: Ensaio massa específica do cimento Portland e Finura por meio da peneira n°200.	41
Tabela 6: Relação da quantidade de corpos de provas por traço de concreto.....	43
Tabela 7: Tolerância de tempo em função da idade para ensaio de compressão.	45
Tabela 8: Traços de concretos realizados.	48
Tabela 9: Traço utilizado para moldagem dos corpos-de-prova.	48
Tabela 10: Resultados de Slump test.	50
Tabela 11: Resultados dos ensaios de resistência à compressão dos CPs.	52
Tabela 12: Variação em porcentagem da média das resistências em relação ao traço referência.	53
Tabela 13: Resultados dos ensaios de resistência à tração por compressão diametral. .	54
Tabela 14: Resultados dos ensaios de absorção, massa específica seca e saturada.	55
Tabela 15: Diferença dos ensaios de absorção.....	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 : Coqueiros.	18
Figura 2: Corte longitudinal do coco.	19
Figura 3: Fibras sintéticas.	20
Figura 4: Fibra artificial.	20
Figura 5: Fibra vegetal.	20
Figura 6: Célula individual.	21
Figura 7: Concreto reforçado com fibras.	26
Figura 8: Trabalhabilidade do concreto.	27
Figura 9: Segregação do concreto.	28
Figura 10: Exsudação do concreto.	28
Figura 11: Preparação das fibras de coco.	31
Figura 12: Ensaio de Granulometria.	33
Figure 13: Apresenta as propriedades obtidas para os agregados ensaiados. ABNT NM 248:2003.	33
Figura 14: Gráfico da composição granulométrica do agregado miúdo.	34
Figure 15: Apresenta as propriedades obtidas para os agregados ensaiados. ABNT NM 248:2003.	35
Figura 16: Gráfico da composição granulométrica agregado graúdo.	36
Figura 17: Determinação da massa específica do agregado miúdo.	37
Figura 18: Determinação da massa unitária do agregado miúdo.	37
Figura 19: Determinação do material fino que passa através da peneira 75µm, por lavagem.	38
Figura 20: Determinação Da Massa Específica Da Fibra Do Coco.	38
Figura 21: Ensaio de absorção de água.	39
Figura 22: Ensaio de massa específica.	40
Figura 23: Determinação da finura por meio da peneira 75 µm.	41
Figura 24: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (Slump test).	43
Figura 25: Corpos de prova moldados.	44
Figura 26: Corpos-de-prova em cura úmida.	44
Figura 27: Ensaio de resistência à compressão.	46
Figura 28: Ensaio de Tração por compressão diametral.	46
Figura 29: Ensaio de Tração por compressão diametral.	46
Figura 30: Ensaio de absorção de água.	47

Figura 31: Traços: REF. - 25MM - 35MM - 35MM.....	49
Figura 32: Gráfico dos resultados Slump Test.....	51
Figura 33: Gráfico da resistência à Compressão em função da idade dos corpos-de-prova (MPa).....	53
Figura 34: Gráfico da resistência à tração por compressão diametral (MPa).	54
Figura 35: Gráfico da absorção de água nos traços dosados.	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
CP	Corpo de prova
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil

LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Centímetro
h	Horas
g/cm ³	Gramas por centímetro
m	Metro
mm	Milímetro
MPa	Mega pascal
μm	Micrómetro
%	Porcentagem
°C	Grau Celsius
ppm	Partes por milhão

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Objetivo Geral.....	17
1.1.2	Objetivos Específicos.....	17
1.2	JUSTIFICATIVA.....	17
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1	COQUEIRO.....	18
2.2	TIPOS DE FIBRAS	19
2.2.1	Fibra vegetal.....	20
2.3	CONCRETO	21
2.3.1	CONSTITUIÇÃO DO CONCRETO.....	22
2.3.2	MÉTODOS DE DOSAGEM DO CONCRETO	24
2.4	CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS	25
2.5	PROPRIEDADES DO CONCRETO FRESCO	26
2.5.1	Trabalhabilidade	26
2.5.2	Segregação	27
2.5.3	Exsudação.....	28
2.6	PROPRIEDADES DO CONCRETO ENDURECIDO.....	29
2.6.1	Resistência à compressão axial	29
2.6.2	Resistência à tração por compressão diametral	29
2.6.3	Durabilidade.....	29
3.	METODOLOGIA	31
3.1	LOCAL DE PESQUISA	31
3.2	ETAPAS PARA O BENEFICIAMENTO DA FIBRA DO COCO	31
3.2.1	Coleta e preparo dos materiais	31
3.3	CARACTERIZAÇÕES DOS MATERIAIS	32
3.3.1	Determinação da composição granulométrica de AGREGADOS MIÚDOS PARA CONCRETOS E ARGAMASSAS – NBR NM 248:2003.....	33
3.3.2	Determinação da composição granulométrica de AGREGADOS GRAÚDOS PARA CONCRETOS. – NBR NM 248:2003.	35
3.3.3	Determinação da massa específica DO AGREGADO MIUDO	36
3.3.4	Determinação da massa unitária	37

3.3.5	Determinação do material fino que passa através da peneira 75µm, por lavagem. ABNT NBR NM - 46:2003.....	38
3.3.6	Determinação da massa específica DA FIBRA DO COCO	38
3.3.7	Absorção de água da fibra	39
3.3.8	Determinação da massa específica do cimento Portland	40
3.3.9	Determinação da finura por meio da peneira 75 µm (nº 200) ABNT NBR11579: 2013.	41
3.4	DEFINIÇÃO DAS DOSAGENS.....	42
3.5	PRODUÇÃO DO CONCRETO	42
3.5.1	Ensaio de Abatimento – Slump test	42
3.5.2	Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (slump test) ABNT NBR 16889:2020	43
3.6	PRODUÇÃO DOS CORPOS DE PROVA.....	43
3.7	MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA	44
3.8	PROCESSO DE CURA.....	44
3.9	ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DE CORPO-DE-PROVA CILÍNDRICO (ABNT NBR 5739:2018).....	45
3.10	ENSAIO RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL	46
3.11	ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA	47
3.12	DESENVOLVIMENTO DOS TRAÇOS	48
3.13	PRODUÇÃO DO CONCRETO	48
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
4.1	RESULTADOS DOS ENSAIOS COM O CONCRETO NO ESTADO FRESCO... ..	50
4.2	RESULTADOS DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO DO CONCRETO	52
4.3	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL	54
4.4	ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	55
5.	CONCLUSÃO	57
6.	REFERÊNCIAS	58

1. INTRODUÇÃO

O homem sempre procurou aproveitar os recursos naturais encontrados na natureza, transformando-os, de tal modo, conforme as suas necessidades. Entretanto, têm-se utilizado esses recursos sem consciência, de forma devastadora e provocando alterações no meio ambiente.

Entre as atividades que o homem exerce sobre a terra, a construção civil é uma das que mais polui e que mais explora recursos minerais, hídricos e vegetais. Diante de toda essa preocupação de preservar o planeta é que os profissionais relacionados a esse setor começaram a desenvolver estudos de construção sustentável e materiais alternativos e, dentre esses, está a utilização de fibras vegetais.

Na construção civil, um material muito utilizado é o concreto. Uma das características mais importantes do concreto é a sua resistência à compressão. Apesar das vantagens do concreto como material de construção, o mesmo possui também algumas desvantagens. Tais desvantagens podem ser: é um material frágil, quebradiço, com uma baixa resistência à tração e uma baixa capacidade de alongamento na tração. Muitas pesquisas têm sido estudadas em busca de melhorar essas propriedades nos concretos. Estas pesquisas, está a de adição de fibras naturais, como a de coco, que constitui uma boa alternativa para uso como elemento de reforço de matrizes frágeis, devido à sua abundância, baixo custo e consumo de energia para sua produção (AGOPYAN, V; SAVASTANO JUNIOR, H.2007).

A utilização do concreto está ligada a casas, pontes, rodovias, edificações, saneamento básico, e outra coisa mais. A estimativa de utilização do concreto é de 11 bilhões de toneladas por ano, perdendo somente para o consumo de água (PEDROSO, 2009).

O concreto é usado em todo o mundo, de característica estrutural, é um tema de bastante exploração na área de construção. Devido as suas variáveis propriedades benéficas, tais como: grande resistência mecânica, agilidade na aplicação, de moldagem flexível e o barateamento do consumo, mas tem certos limites, tais como: menor praticidade para se deformar e estender o fissuramento rapidamente, perante esforços tracionados (FIGUEIREDO, 2011^a, p. 1902).

Ainda sobre Figueiredo, (2011^a), para diminuir esses limites no concreto, a aplicação de fibras teve muitos avanços nos últimos tempos. Apresentando menor propagação de fissuramento comparado ao concreto convencional.

Em países de primeiro mundo, a utilização de fibras no concreto como reforço, tornou-se famoso devido aos vários aprimoramentos do material usado, melhoramento na utilização da energia e custo de aplicação diminuindo (COUTTS e WARDEN, 1992).

Fibras de origem natural são encontradas em grandes quantidades e são usadas por conta de serem matérias renováveis, de fácil decomposição e de baixo valor. Em sua grande parte, as fibras não são usadas e também destinadas em lugares incorretos, acarretando um problema no meio ambiente (SILVA, et al., 2014).

As fibras do coco, retiradas do mesocarpo da fruta, tem sido foco de muitos estudos, porém com diferentes composições relacionadas à porcentagem e comprimento no concreto. Diante disso o trabalho propõe analisar as características do concreto no estado fresco e endurecido com adição de fibra do coco.

Quanto à condutibilidade térmica, Rodríguez et al. (2011, p. 1271) provaram que a intensidade da onda de calor, através do concreto, é significativamente reduzida com a utilização de fibra de coco como uma barreira térmica.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar as propriedades do concreto no estado fresco e endurecido com teor de 0,5% e diferentes tamanhos de fibras da casca do coco.

1.1.2 Objetivos Específicos

Analisar o concreto com o adicionamento de fibras do coco no estado fresco pelo método do Slump test e no estado endurecido quanto às resistências à compressão axial, à tração por meio da compressão diametral e absorção de água.

1.2 JUSTIFICATIVA

A fibra constitui cerca de 10% da massa do coco, e com o aumento de sua produção favorece para o uso de variáveis tipos de utilidade. Onde uma delas está relacionada com a adição na composição do concreto e tem sido foco de muitos estudos (Silva, et al., 2015, p. 671). O concreto com adição de fibras em sua composição é capaz de ocorrer melhorais em características mecânicas, como as resistências. Além do mais, muda sua atuação depois que ocorre o fissuramento, amenizando os impactos de um rompimento brusco no concreto (AGOPYAN e SAVASTANO JUNIOR, 2007, *apud* Silva, et al., 2012). Deste modo, o presente trabalho tem a intenção de realizar um estudo comparando o concreto convencional com o concreto reforçado com fibras do coco, com tamanhos distintos para averiguar seu desempenho no concreto em seus estados frescos e endurecido.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 COQUEIRO

O coco (*Cocos nucifera*, do gênero *Cocos*), é uma planta tropical, que necessita de clima quente e ensolarado. Fora desse ambiente é possível encontrar coqueiros, porém sua produção de frutos diminui conforme o dano da floração por causa do frio em certos meses. Há diversas espécies de coqueiro no Brasil, diferenciando as altas, podendo chegar até 40 metros de altura, e o coqueiro-anão, cujo tem rapidez na frutificação e crescimento lento.

O coqueiro requer um solo leve permeável silicoso ou silicoargiloso e com abundância de cálcio e fosforo.

O cultivo do coqueiro tem vários pontos positivos, tais como:

- Cresce na areia salgada da praia, sendo a única plantação economicamente possível.
- Facilidade na plantação.
- Produção dura muito tempo.

Figura 1 : Coqueiros.



Fonte: Globo Rural (2019).

De acordo com Esmeraldo (2006), o fruto do coqueiro é formado por uma parte lisa (exocarpo), uma camada grossa e fibrosa (mesocarpo) e uma casca rígida (endocarpo). Onde todas partes englobam a amêndoa. Conforme mostra a figura 2.

Figura 2: Corte longitudinal do coco.



Fonte: Ferraz (2011).

A casca fibrosa do coco é praticamente descartada no lixo no Brasil, entretanto sua fibra pode ser usada em várias aplicações industriais. O mesocarpo no estado maduro e seco produz fibra lenhosa e dura. Já o coco verde pode fornecer a melhor fibra celulósica.

2.2 TIPOS DE FIBRAS

Os tipos de fibras são especificados por sintética, artificiais e naturais.

- **Sintéticas:** são fibras feitas através do processo químico, tem menor custo e maior resistência, podendo ser originadas do vidro, aço, carbono, polipropileno, poliéster e nylon.
- **Artificiais:** são fibras obtidas através de materiais naturais, os polímeros orgânicos são retirados de matérias naturais brutos, após a retirada é tratada por processos químicos ou tendo uma modificação química.
- **Naturais:** são fibras retiradas da natureza, sendo de origem animal com cadeia proteica contendo carbono, nitrogênio, hidrogênio e oxigênio, e de origem vegetal é obtida a fibra de natureza celulósica e também tem por meio de minerais.

Figura 3: Fibras sintéticas.



Fonte: Cimento Itambé (2010).

Figura 4: Fibra artificial.



Fonte: Brasil Escola.

Figura 5: Fibra vegetal.



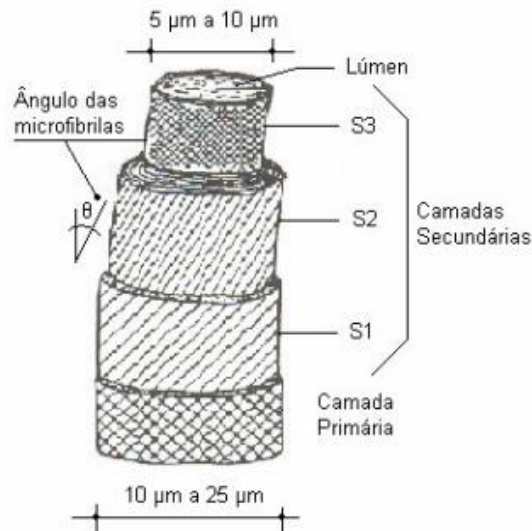
Fonte: MD Networking (2013).

2.2.1 Fibra vegetal

As fibras vegetais são compostas por células individuais que, integram-se de microfibrilas ordenadas em camadas de diversas inclinações e tamanho, essas microfibrilas têm grande concentração de celulose, polímero vegetal de cadeias longas, e ajuntadas por hemicelulose amorfa.

De acordo com Coutts (1992), são constituídas por quatro camadas de microfibrilas, que são: camada primaria, camada secundaria S1, camada secundaria S2 e camada secundaria S3. Ilustradas na figura 6.

Figura 6: Célula individual.



Fonte: Savastano (2000).

Segundo Picanço (2005), a parte do meio da fibra existe uma concavidade denominada de lúmen, cujo tem a função de grande absorção de água e aparentemente pequena massa específica. Essa parte central pode haver cristalização, e também em outros vazios da fibra, ocorrendo o enrijecimento da fibra e tornando frágil.

O uso da fibra do coco é praticado desde a antiguidade. Originado na Índia e Sri Lanka, a parte mesocarpo do coco teve início da sua utilização na Europa posteriormente a ida dos portugueses à Índia (VENKATARAMAN e RANGASWANY, 1988).

2.3 CONCRETO

O concreto é o segundo material mais utilizado no mundo, ficando atrás somente da água. Sendo utilizado em vários tipos de construção, tais como: rodovias, pontes, casas, edifícios, usinas de energia e nucleares.

Na formação do concreto, cimento Portland e água, cria-se uma pasta fluida de acordo com a quantidade de água na mistura. Tornando moldável nas primeiras horas e que depois essa pasta endurece não podendo mais reverter o formato moldado. Com o endurecimento o concreto obtém resistência mecânica tendo um excelente desempenho estrutural (HELENA e ANDREADE, 2010, p.920).

2.3.1 CONSTITUIÇÃO DO CONCRETO

2.3.1.1 Pasta de cimento

O gel de cimento é formado na reação química de cimento e água, este gel de proporções coloidais estabelece uma ligação muito forte entre os grãos. Para a completa hidratação é necessária uma quantidade de água de aproximadamente 38% do peso do cimento, porém apenas 25% dessa água seria suficiente para ocorrer à reação química, já os outros 13% conhecidos como água do gel, ficam incorporados como água evaporável e capaz de permear para o meio. Apesar dessa água do gel não reagir diretamente com o cimento ela é extremamente necessária, pois facilita a reação química através da formação de caminhos, se essa água evaporar a resistência do concreto diminui devido à formação de poros, já quando o fator água cimento é maior do que 38% a água do gel denominasse água capilar, sendo prejudicial ao concreto. Devido as grandes forças internas de coesão o volume de pasta de cimento se torna 4,5% menor que a soma dos volumes do cimento e da água, a compensação dessa perda se dá com o assentamento do concreto no início da cura, porém em elementos delgados ou fortemente armados não ocorre esse assentamento, gerando poros de ar (ANDRIOLO 1993).

Segundo Freitas (2001), os vazios têm uma importante influência nas propriedades da pasta e possuem diferentes tipos:

- Espaço interlamelar ou poros de gel podem variar de 5 a 25 Å, entretanto esse vazio é muito pequeno para interferir na resistência ou permeabilidade da pasta;
- Vazios capilares são definidos pela distância inicial entre as partículas de cimento, esses vazios são da ordem de 0,01 a 10µm esses poros capilares representam os espaços que os componentes sólidos da pasta não preenchem;
- Macroporos são vazios capilares da ordem de 50µm e são consideradas prejudiciais à resistência e a permeabilidade, quando esses vazios são menores que 50µm são chamados de micro poros e interferem na retração e na fluência.

2.3.1.2 Agregados para concreto

Conforme Simões (2007) os agregados ocupam de 60 a 80% do volume total do concreto, por esse motivo deve-se dar a devida importância para obtermos um produto final de qualidade, os agregados influenciam o concreto, podendo afetar sua coesão no estado

fresco, sua consistência e trabalhabilidade, já no estado endurecido pode alterar a resistência a compressão, durabilidade, resistência a abrasão, estabilidade dimensional e o aspecto visual.

A NBR 7211 de 2005 estabelece parâmetros para a produção e recepção dos agregados destinados para uso no concreto, esta norma se refere à agregados de origem natural ou de reciclagem do próprio concreto, quando este se encontra no estado fresco, para materiais recuperados e não classificados não se deve usar mais do que 5% do total de agregados.

2.3.1.3 Granulometria dos agregados

Segundo Rüsç o percentual de vazios da mistura seca, de areia e cascalho, varia de acordo com a granulometria. A pasta de cimento deve envolver completamente o grão do agregado e preencher os vazios da mistura, dessa maneira evita-se à presença de poros prejudiciais a resistência. Esse é o motivo pelo qual é almejada a menor porcentagem de vazios na mistura dos agregados. A granulometria também está ligada a compacidade do concreto fresco, onde os grãos menores facilitam a transição entre os tamanhos dos agregados. Fuller analisou pela primeira vez uma composição de uma granulometria ideal, esse estudo gerou algumas curvas granulométricas, conhecidas como parábola de Fuller. O autor também analisa que um conjunto de grãos de mesma origem e tamanho, possuem uma porcentagem de vazios da ordem de 40%, mas se ao invés de formas irregulares transformar esses grãos em esferas perfeitas, de mesmo diâmetro em relação ao anterior, tem-se um índice de vazios 14% menor, ou seja, de 26%.

A NBR 9355:1977 trata da terminologia dos agregados, segundo essa norma o agregado miúdo é um material granular, com no mínimo 95% de massa passante pela peneira 4,8mm. Conhecido como areia, podendo ser tanto natural como artificial, obtida através da desintegração de rochas ou outros processos industriais, se for de origem natural ela é o resultado da ação de agentes naturais e se for obtida a partir de britagem ou outros, é artificial. Observa-se os limites das granulometrias da areia na Tabela 1.

Tabela 1: Limites granulométricos do agregado miúdo (NBR – 7211 ABNT, 2005).

Peneira NBR NM ISO 3310-1	Porcentagem em massa retida acumulada			
	Limites Inferiores		Limites Superiores	
	Zona Utilizável ¹	Zona Ótima ¹	Zona Ótima ¹	Zona Utilizável ²
9.5mm	0	0	0	0
6.3mm	0	0	0	7
4.75mm	0	0	5	10
2.36mm	0	10	20	25
1.18mm	5	20	30	50
600µm	15	35	55	70
300µm	50	65	85	95
150µm	85	90	95	100

Notas:

- (1) Módulo de finura de zona ótima varia entre 2,2 e 2,9
- (2) Módulo de finura de zona utilizável inferior varia entre 1,55 e 2,2
- (3) Módulo de finura de zona utilizável superior varia entre 2,90 e 3,50

A NBR 9935:1987 também define o agregado graúdo como sendo retido no mínimo de 95% na peneira 4,8mm, a esses agregados se dá o nome de brita 17 quando sofrem algum tipo de processo industrial, no caso a britagem.

2.3.2 MÉTODOS DE DOSAGEM DO CONCRETO

2.3.2.1 Método ACI/ABCP

É o método do American Concrete Institute que leva em consideração várias tabelas e gráficos, tem como vantagens a economia de areia, abranger concretos de 15 a 40 MPa e fatores água cimento de 0,39 a 0,79. Porém, sua desvantagem é devido a essas tabelas não compreenderem todos os materiais existentes.

Esta dosagem visa de forma econômica e eficiente o proporcionalmente apropriado dos materiais, para atingir a resistência necessária em cada projeto é necessário saber a classe do cimento que será utilizado, o fck do projeto estrutural e o abatimento necessário para atender o lançamento e a trabalhabilidade (TUTIKIAN. HELENE, 2011).

2.3.2.2 Método de Vitervo O'Reilly Díaz

É um método de dosagem para concretos de elevado desempenho, porém pode ser usado para qualquer resistência, baseado em experiências de empacotamento de partículas, onde tende a diminuir o consumo de cimento, isso melhora a mistura seca. A desvantagem é a difícil aplicação desse método, pois necessita de uma grande base experimental (O'REILLY DÍAZ, 1998).

2.3.2.3 Método de Larrard

François de Larrard é um pesquisador francês e seu método também é baseado no empacotamento das partículas, a ideia principal é semelhante ao método de Díaz, diminuir o consumo de cimento visando a melhor compacidade possível, tem como vantagem a diminuição do risco de segregação devido uma mistura mais seca. Porém esse método não é muito usual, pois necessita de programas computacionais e experiências difíceis (TUTIKIAN, 2007).

2.4 CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS

A aplicação de fibras para reforçar o concreto na construção civil é um método usado há mais de 3000 anos atrás. Na Bíblia, relatava o uso de palha para reforçar os tijolos de barro pela civilização egípcia, e utilizavam também da crina do cavalo na composição de material cimentado (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Muitas das utilizações do concreto reforçado com fibras são relacionados em construções de alta demanda social. Um exemplo dessa demanda são as obras de infraestruturas, nas áreas de saneamento básico e transporte (FIGUEIREDO, 2011).

Estudo feito por Ali et al. (2012), com a adição de fibra do coco com percentuais entre 1% e 5%, de acordo com a massa do cimento, e comprimentos de 25mm, 50mm e 75mm. Tendo como melhor resultado com fibras de comprimento de 50mm e 5%.

Silva et al. (2014), fez um estudo com resistência a compressão de argamassa com adição da fibra do coco, com comprimento de 12,5mm, 25mm, 37,5mm, 50mm, 62,5mm e 75mm com teor de 0,3%, de acordo com o volume do compósito. Obtendo como resultado mais satisfatório as fibras próximas a 25mm.

Outro estudo feito por Silva et al. (2015), com a utilização de fibra do coco em experimento com concreto e com argamassa, onde utilizou 0,1% relacionado com a massa do concreto, sem tamanho definido das fibras, e 0,09% relacionado com massa da argamassa, com tamanhos de 25mm, 50mm. Com o comprimento de 25mm como melhor resultado ao fissuramento da argamassa e na parte do concreto teve um resultado melhor comparado com o concreto comum.

O concreto com adicionamento de fibras tem uma melhoria nas características de tração e flexão, havendo alterações nas características do concreto fresco, tendo a fissuração controlada e maior ductilidade.

Figura 7: Concreto reforçado com fibras.



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2012).

A utilização de fibras, no território brasileiro, teve início no comércio na década de 90. Sendo vendidas de diversos formatos, comprimentos, larguras e materiais, por exemplo: aço, vidro, natural e plástico.

Muitos trabalhos comprovando a eficiência da fibra vegetal para reforçar o concreto, porém sua usualidade ainda é pouca, podendo ser pelo grande custo na conciliação com o processo produtivo, e pela falta de informação da acessibilidade das fibras vegetais para o comércio na área de construção civil (SAVASTANO, 2000).

2.5 PROPRIEDADES DO CONCRETO FRESCO

A consistência e a trabalhabilidade do concreto fresco são de grande importância para que o mesmo seja transportado, lançado, adensado e acabado de forma facilitada, sem haver segregação, o que pode prejudicar o adensamento (NEVILLE e BROOKS, 2013, p.78).

2.5.1 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade pode ser definida como a quantidade de trabalho interno útil necessário à obtenção do adensamento total. O trabalho interno útil é uma propriedade física inerente do concreto e é o trabalho ou energia exigida para vencer o atrito interno entre as partículas individuais do concreto. Entretanto, na prática é necessária energia adicional para vencer o atrito superficial entre o concreto e as fôrmas ou armaduras. Também é desperdiçada energia pela vibração das fôrmas e pela vibração de concreto já adensado. Portanto, na prática é difícil medir a trabalhabilidade conforme a definição e o que se avalia são a trabalhabilidade resultante do método específico adotado (NEVILLE E BROOKS, 2013, p.78).

O autor citado acima, também afirma, que quanto maior a trabalhabilidade, maior o grau de adensamento total e menor o grau de índice de vazios do concreto, isso faz com que melhore a massa específica e a sua resistência.

Figura 8: Trabalhabilidade do concreto.



Fonte: APL engenharia (2018).

2.5.2 Segregação

A definição para segregação é a separação dos componentes de uma mistura homogênea, sendo assim distribuída de forma não uniforme. No que diz respeito no concreto, as diferentes formas dos agregados e entre as massas específicas são os principais fatores que causam a segregação, podendo controlar escolhendo o tamanho dos grãos adequados e sendo manuseado cuidadosamente (NEVILLE, 2016).

Existem duas formas de segregação. Na primeira, as partículas maiores tendem a se separar em virtude de suas tendências de se deslocar em superfícies inclinadas e de se assentar mais do que partículas mais finas. A segunda forma de segregação ocorre principalmente em misturas com excesso de água e é manifestada pela separação da pasta (cimento e água) da mistura. Com algumas granulometrias, quando uma mistura pobre é utilizada, o primeiro tipo de segregação pode ocorrer se a mistura for muito seca – adicionar água pode melhorar a coesão da mistura, mas, quando a mistura se torna muito úmida, pode ocorrer a segunda forma de segregação (NEVILLE, 2016).

Figura 9: Segregação do concreto.



Fonte: ECivil (2017)

Na figura acima ilustrada, houve uma mistura heterogênea. Podendo ser devido ao lançamento de uma altura elevada ou também pelo excesso de vibração no momento de adensamento.

2.5.3 Exsudação

De acordo com Neville (2016), a exsudação é um tipo de segregação, onde a água da mistura em sua maioria fica na parte superior da concretagem lançada inicialmente. Incapacitando os componentes sólidos do concreto contém toda a água de amassamento no momento que se estruturam na parte do fundo, devido a água ter massa específica inferior aos demais componentes do concreto.

A exsudação é devida as propriedades do cimento, podendo diminuir este ocorrido com o acréscimo da finura do cimento, por causa da rápida hidratação em menores fragmentos. Isso ocorre com menos frequência em cimentos com grandes quantidades de álcalis, aluminato de tricalcio e acrescentamento de cloreto de cálcio (NEVILLE, 1997).

Figura 10: Exsudação do concreto.



Fonte: Clube do Concreto (2015).

De acordo com a figura acima, pode-se notar o aparecimento de água na superfície o lançamento e adensamento do concreto.

2.6 PROPRIEDADES DO CONCRETO ENDURECIDO

Para Mehta e Monteiro (2008), a propriedade mais importante analisada de um material envolvendo cargas é a resistência, relacionada a tensão-deformação para as várias formas de tensões que são: compressão, tensão, flexão, cisalhamento e torção. Onde a compressão é mais importante ser analisada, por ser o material que mais suporta carregamento.

2.6.1 Resistência à compressão axial

A resistência à compressão é o ensaio mais usual pela facilidade de obter vários resultados que deseja do concreto no que diz respeito a qualidade do material (NEVILLE, 1997).

O fator água/cimento interfere predominantemente na resistência do concreto. Numa relação a/c baixa, o concreto obterá uma boa resistência, devido à baixa quantidade de vazios, tendo pouca porosidade. Já numa relação a/c alta, pode ocorrer o inverso, pois haverá um aumento na porosidade do concreto, diminuindo assim sua resistência (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Para realizar o ensaio laboratorial para mensurar a resistência à compressão do concreto deve-se seguir a NBR 5739:2018, na qual terá um aumento gradativo na carga, rompendo o corpo-de-prova entre 2-3 minutos.

2.6.2 Resistência à tração por compressão diametral

Para realizar o ensaio laboratorial para mensurar a resistência à tração do concreto deve-se seguir a NBR 7222:2011, na qual é submetido a carga contínua de compressão em duas linhas axiais opostas, onde a carga tem uma velocidade constante entre 0,7 a 1,3 MPa até o momento de rompimento.

2.6.3 Durabilidade

A durabilidade do concreto é o quanto o material/componente de uma construção tem diante à degradação e deterioração. Um concreto de boa durabilidade, não quer dizer que ele tem uma alta resistência, mas quer dizer que tem uma estrutura compacta, deixando assim sua vida útil inabalada perante aos agentes externos (SOKOLOVICZ, 2013, p. 164).

Conforme a NBR 15575:2013, deve ser exigida pelo usuário a durabilidade de uma edificação e dos sistemas, por estar ligada ao custo do bem imóvel. Um item perde sua durabilidade quando deixa de realizar seu trabalho atribuído. A vida útil de uma estrutura pode ser prorrogada se houver manutenção.

3. METODOLOGIA

Neste tópico, apresenta-se a metodologia aplicada para realização do trabalho, que é caracterizado como pesquisa básica, exploratória, experimental e laboratorial.

Tendo como base para o estudo o método de dosagem de concreto convencional definido nos parâmetros do método do ACI 211.1-91.

Para atingir os objetivos propostos, a metodologia empregada no presente trabalho foi desenvolvida de acordo com as etapas a seguir.

3.1 LOCAL DE PESQUISA

Todos os ensaios foram realizados no laboratório de materiais para construção civil e no laboratório de minas do departamento acadêmico de Engenharia do Centro Universitário do CEULP/ULBRA.

3.2 ETAPAS PARA O BENEFICIAMENTO DA FIBRA DO COCO

O processo foi totalmente manual, foi feito o corte e após a limpeza e pesagem das fibras.

3.2.1 Coleta e preparo dos materiais

A fibra de coco utilizada nos ensaios foi proveniente da chácara Sideral da Cidade de Guaraí – TO. Sendo que este material foi escolhido devido a sua abundância e por não possuir uma destinação adequada segundo o proprietário. Foram coletados 70 cocos.

Figura 11: Preparação das fibras de coco.



Fonte: Autor, 2021.

O material foi preparado para os teores de 0,5% para cada traço deste trabalho. A escolha de 0,5%, de teor para este estudo foi fundamentada em outros estudos realizados com adições de 0,3%, 1% até 5%. Silva et al. (2014), fez um estudo com resistência a compressão de argamassa com adição da fibra do coco, com comprimento de 12,5mm, 25mm, 37,5mm, 50mm, 62,5mm e 75mm com teor de 0,3%, de acordo com o volume do compósito. Obtendo como resultado mais satisfatório as fibras próximas a 25mm.

Fundamentado no estudo de Silva foi usado o teor de 0,5% com o comprimento de 25mm, 35mm e 50mm em relação ao peso total da mistura.

Segundo, Al-Oraimi e Seibi (1995, p. 170) afirmam que o uso de uma baixa porcentagem (entre 0,05 a 0,15% em relação ao peso total da mistura) de fibras vegetais melhorou as propriedades mecânicas e a resistência ao impacto do concreto. Além disso, também obtiveram desempenho semelhante quando comparado ao concreto com adição de fibra sintética.

Nesta etapa foram caracterizados os agregados graúdos (Brita) e os agregados miúdos (Areia natural) para utilização na fabricação do concreto de acordo com as normas específicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

- Composição granulométrica dos agregados (ABNT NBR NM 248:2003)
- Determinação do teor de material pulverulento (ABNT NBR NM 46:2003)
- Determinação da massa unitária e volume de vazios (ABNT NBR NM 45:2006)
- Determinação da massa específica aparente e absorção do agregado graúdo (ABNT NBR NM 53:2009).

As características do aglomerante (cimento) foram extraídas dos ensaios realizados em laboratório.

3.3 CARACTERIZAÇÕES DOS MATERIAIS

Nesta etapa foram caracterizados os agregados (graúdos, miúdos) para fabricação do concreto conforme as normas exclusivas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, as propriedades do aglomerante (cimento) foram extraídas através de ensaios. Foram realizados os ensaios para determinação da massa específica e a composição granulometria.

Foram realizados ensaios da areia natural classificada como média de procedência da draga Capital localizada em Palmas - TO. A caracterização deste material também se deu pela ABNT NM 248:2003.

3.3.1 Determinação da composição granulométrica de AGREGADOS MIÚDOS PARA CONCRETOS E ARGAMASSAS – NBR NM 248:2003.

Figura 12: Ensaio de Granulometria.



Fonte: Autor, 2021.

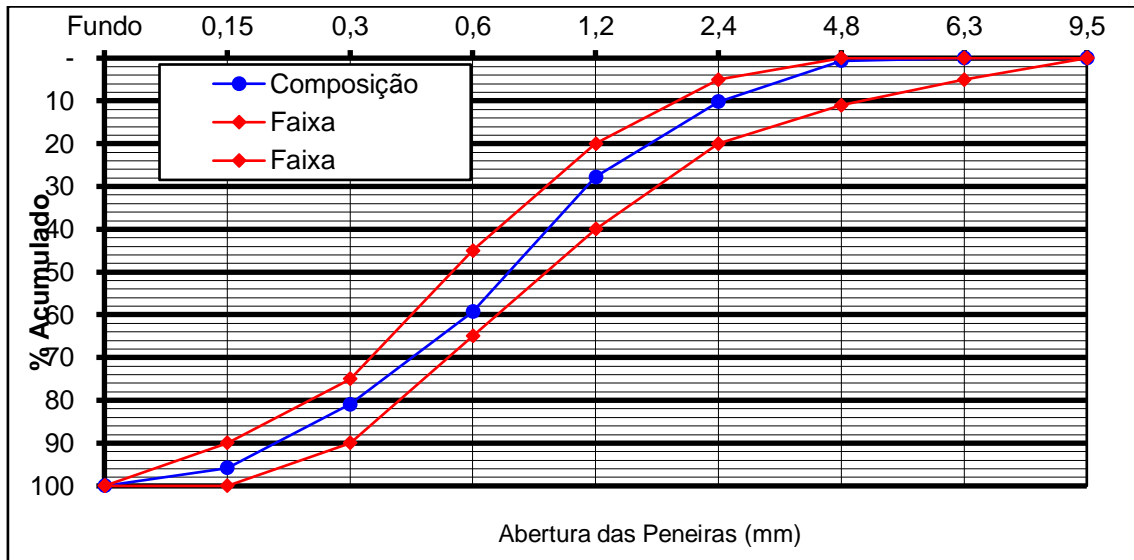
Foram realizados de acordo com a NBR NM 248:2003 série normal e série intermediária compreende um conjunto de peneiras sucessivas, que atendam às normas NM-ISO 3310-1 ou 2, com as aberturas de malha estabelecidas.

Figure 13: Apresenta as propriedades obtidas para os agregados ensaiados. ABNT NM 248:2003.

Obra:		Palmas - TO								Material: Areia			
PENEIRAS		1ª DETERMINAÇÃO			2ª DETERMINAÇÃO			MÉDIA % RETIDA		FAIXAS GRANULOMÉTRICAS-NBR 7211 AGR P/CONCRETO			
		MASSA	% RETIDA		MASSA	% RETIDA				ZONA-1	ZONA-2	ZONA-3	ZONA-4
Pol / Nº	(mm)	RETIDA (g)	Simples	Acumul.	RETIDA (g)	Simples	Acumul.	Simples	Acumul.	MUITO FINA	FINA	MÉDIA	GROSSA
3/8	9,5		-	-		-	-	-	-	0	0	0	0
1/4	6,3		-	-		-	-	-	-	0 - 3	0 - 7	0 - 5	0 - 7
4	4,8	3,20	0,64	0,64	3,20	0,64	0,64	0,64	0,64	0 - 5	0 - 10	0 - 11	0 - 12
8	2,4	47,80	9,56	10,20	47,80	9,56	10,20	9,56	10,20	0 - 5	0 - 10	5 - 20	5 - 40
16	1,2	88,30	17,66	27,86	87,80	17,56	27,76	17,61	27,81	0 - 10	0 - 15	20 - 40	30 - 70
30	0,6	157,30	31,46	59,32	157,80	31,56	59,32	31,51	59,32	0 - 20	21 - 40	45 - 65	66 - 85
50	0,3	108,10	21,62	80,94	108,10	21,62	80,94	21,62	80,94	50 - 85	60 - 80	75 - 90	80 - 95
100	0,15	74,30	14,86	95,80	74,30	14,86	95,80	14,86	95,80	85 - 100	90 - 100	90 - 100	90 - 100
FUNDO		21,00	4,20	100,00	21,00	4,20	100,00	4,20	100,00	100	100	100	100
TOTAL		500,00	100,00		500,00	100,00		100,00		FAIXA GRANULOMÉTRICA			
TOTAL DA AMOSTRA		500,00	100,00		500,00	100,00		100,00		DETERMINE A ZONA: 3 Areia Média			
DIF. DA AMOSTRA		-	-		-	-		-					
MÓDULO DE FINURA		2,75			2,75			2,75					
DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:		4,8			-								

Fonte: Autor, 2021.

Figura 13: Gráfico da composição granulométrica do agregado miúdo.



Fonte: Autor, 2021.

O gráfico acima apresenta as curvas granulométricas do agregado miúdo natural (areia) estudado, as cores vermelhas representam o limite inferior e superior da zona ótima utilizável, na cor azul esta curva granulométrica está dentro da zona ótima de utilização.

3.3.2 Determinação da composição granulométrica de AGREGADOS GRAÚDOS PARA CONCRETOS. – NBR NM 248:2003.

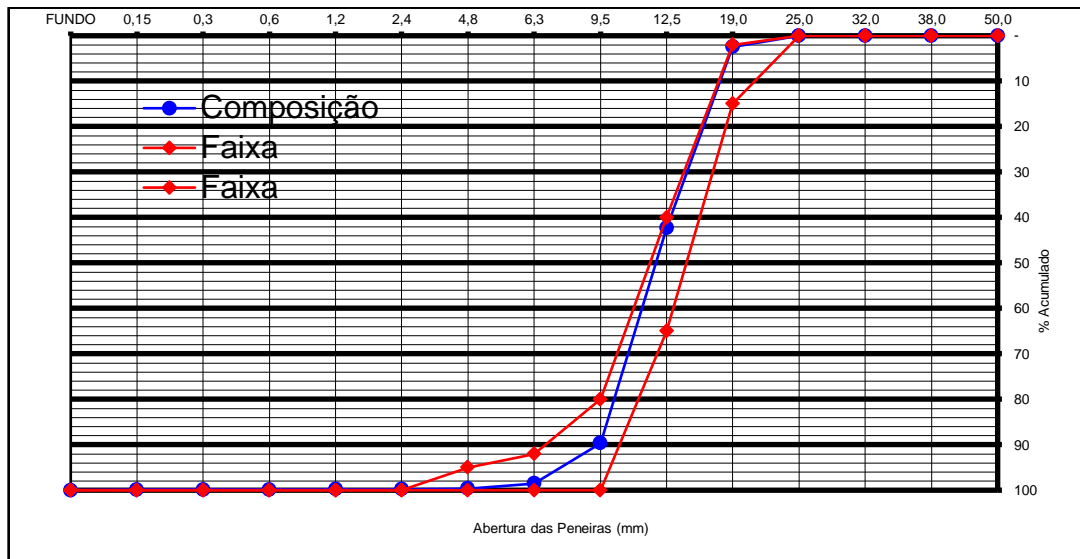
Figure 14: Apresenta as propriedades obtidas para os agregados ensaiados. ABNT NM 248:2003.

PENEIRAS		1ª DETERMINAÇÃO			2ª DETERMINAÇÃO			MÉDIA % RETIDA		FAIXAS GRANULOMÉTRICAS-NBR 7211 AGR P/CONCRETO								
Pol / N°	(mm)	MASSA		% RETIDA	MASSA		% RETIDA	Simples	Acumul.	GRADUAÇÃO								
		RETIDA (g)	Simple	Acumul.	RETIDA (g)	Simple	Acumul.			0	1	2	3					
2	50,00	-	-	-		-	-	-	-	0	-	0	-	0	-	0	-	5
11/2	38,00	-	-	-		-	-	-	-	0	-	0	-	0	-	0	-	30
11/4	32,00	-	-	-		-	-	-	-	0	-	0	-	0	-	5	-	75
	25,00	-	-	-		-	-	-	-	0	-	0	-	0	-	5	-	87
	19,00	110,90	2,22	2,22	128,90	2,58	2,58	2,40	2,40	0	-	0	-	2	-	15	-	95
	12,50	1.995,70	39,91	39,91	1.996,50	39,93	42,51	39,92	42,32	0	-	5	-	40	-	65	-	100
	3,50	2.374,40	47,49	87,40	2.358,80	47,18	89,68	47,33	89,65	2	-	15	-	80	-	100	-	100
	6,30	444,40	8,89	96,29	442,50	8,85	98,53	8,87	98,52	40	-	65	-	92	-	100	-	100
	4,80	55,20	1,10	97,39	57,70	1,15	99,69	1,13	99,65	80	-	100	-	100	-	100	-	100
	2,40	6,50	0,13	97,52	4,80	0,10	99,78	0,11	99,76	95	-	100	-	100	-	100	-	100
	1,20	2,00	0,04	97,56	2,00	0,04	99,82	0,04	99,80	100	-	100	-	100	-	100	-	100
	0,60	1,90	0,04	97,60	1,80	0,04	99,86	0,04	99,84	100	-	100	-	100	-	100	-	100
	0,30	1,00	0,02	97,62	1,00	0,02	99,88	0,02	99,86	100	-	100	-	100	-	100	-	100
	0,15	1,00	0,02	97,64	1,00	0,02	99,90	0,02	99,88	100	-	100	-	100	-	100	-	100
FUNDO		7,00	0,14	97,76	5,00	0,10	100,00	0,12	100,00	100	-	100	-	100	-	100	-	100
TOTAL		5.000,00	100,00		5.000,00	100,00		100,00		FAIXA GRANULOMÉTRICA								
TOTAL DA AMOSTRA		5.000,00	100,00		5.000,00	100,00		100,00		DETERMINE GRADUAÇÃO:								
DIF. DA AMOSTRA		-	-		-	-		-		1								
MÓDULO DE FINURA				6,75			6,91		6,83	Brita								
DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:		19,0																

Fonte: Autor, 2021.

Em relação ao material do ensaio, a granulometria do agregado graúdo (diâmetro máximo das partículas igual a 19 mm) está dentro dos limites da zona utilizável. Para a mesma amostra encontrou-se um módulo de finura 6,05 sendo classificado de acordo com NBR NM 248 o agregado é tipo 01 (19 mm). Sendo ótimo para dosar concreto segundo a NBR 12654 - Controle tecnológico de materiais componentes do concreto.

Figura 15: Gráfico da composição granulométrica agregado graúdo.



Fonte: Autor, 2021.

O gráfico acima mostra que o agregado graúdo utilizado está dentro do limite possuindo um diâmetro máximo de 19 mm e o módulo de finura 6,83 conforme tabela 3.

Ainda de acordo com o gráfico pode-se observar que o agregado graúdo não possui valor de materiais finos passantes na peneira de 4,75mm acima do sugerido para essa zona granulométrica.

Tabela 2: Ensaios de caracterização dos agregados graúdos.

Determinação da massa unitária do agregado graúdo (ABNT NBR NM 45:2006)		
Massa unitária	1,383	kg/dm ³
Determinação da massa específica do agregado graúdo (ABNT NBR NM 53:2009).		
Massa específica		2,672 g/cm ³
Diâmetro máximo característico (ABNT NBR NM-48:2003)	19 mm	
Módulo de finura da brita (NBR NM- 248:2003)	6,83%	

Fonte: Autor, 2021.

3.3.3 Determinação da massa específica DO AGREGADO MIUDO

Esse passo foi realizado de acordo com a ABNT NBR NM 52/2009, a norma estabelece o método de determinação da massa específica e da massa específica aparente dos agregados miúdos utilizados na produção do concreto, já os agregados graúdos foram normalizados pela ABNT NBR NM 53/2009.

Figura 16: Determinação da massa específica do agregado miúdo.



Fonte: Autor, 2021.

3.3.4 Determinação da massa unitária

Esse passo foi realizado de acordo com a ABNT NBR NM 45/2006. A norma estabelece o método para a determinação da densidade a granel e do volume de vazios de agregados miúdos, graúdos ou de mistura dos dois, em estado compactado ou solto.

Table 3: Ensaios de caracterizados os agregados miúdos.

Massa unitária	1,506	g/cm ³
Determinação da massa específica do agregado miúdo (ABNT NBR NM 53:2009).		
Massa específica	2,637	g/cm ³
Teor de material pulverulento (ABNT NBR NM 46:2003)		
Teor de material pulverulento (%)	0,82%	
Diâmetro da areia	4,8mm	
Modulo de finura da areia	2,7	

Fonte: Autor, 2021.

Figura 17: Determinação da massa unitária do agregado miúdo.



Fonte: Autor, 2021.

3.3.5 Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μ m, por lavagem. ABNT NBR NM - 46:2003

O método permite determinar, por lavagem, a quantidade de material mais fino que a abertura da malha da peneira de 0,075 mm presente nos agregados graúdos ou miúdos. O excesso deste material prejudica a aderência entre a pasta de cimento e a argamassa, aumenta o consumo de água devido à alta superfície específica, acarretando retração e diminuição da resistência de concretos e argamassa.

Figura 18: Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μ m, por lavagem.



Fonte: Autor, 2021.

3.3.6 Determinação da massa específica DA FIBRA DO COCO

Inicialmente deverá colocar uma quantidade de fibras do coco em um tanque com água por um período de 24 horas, em seguida pesada, determinando sua massa saturada. Após isso, colocar as fibras em uma proveta graduada, com volume inicial de 500 ml de água, para determinar o volume inicial e final. Por último, colocar as fibras saturadas na estufa com duração de 24 horas a 105°C e fazendo a pesagem obtendo a massa seca da amostra.

Figura 19: Determinação Da Massa Especifica Da Fibra Do Coco.



Fonte: Autor, 2021.

Equação da massa específica real:

$$P_{real} = \frac{M_s}{(V_f - V_i) - \frac{M_{sat} - M_s}{P_{\text{água}}}}$$

Onde:

P esp real: massa específica real (g/cm³)

M_s: massa seca (g)

M_{sat}: massa saturada (g)

V_f: volume final (cm³)

V_i: volume inicial (cm³)

P água: massa específica da água (g/cm³)

3.3.7 Absorção de água da fibra

As fibras do coco deverão ser introduzidas na estufa a 60°C de temperatura por 24 horas.

Figura 20: Ensaio de absorção de água.



Fonte: Autor, 2021.

A fórmula para saber a percentagem absorvida é:

$$A = ((M_{ut} - M_s) \div M_s) \times 100$$

Onde:

A = percentagem de água absorvida pela fibra

M_s = massa seca da fibra

M_{ut} = massa úmida da fibra no tempo t

Tabela 4: Ensaio de Caracterização da fibra de coco.

Propriedades físicas da fibra de coco		
Determinação da massa específica	1,212	g/cm ³
Determinação da absorção de água		
Absorção	92,2	%

Fonte: Autor, 2021.

Segundo Silva et al. (2014), em seu estudo a massa específica varia entre 1,20 a 1,28 g/cm³ e absorção maior que 90%.

3.3.8 Determinação da massa específica do cimento Portland

Determinar a massa específica do cimento Portland, por meio do frasco Le Chatelier; ABNT NBR 16605:2017.

Foram realizados com um frasco volumétrico de Le Chatelier (Figura 18), de vidro de borossilicato com capacidade de 250 cm³ até a marca zero da escala. O recipiente tem graduação que permite leituras de 0,05 cm³.

Figura 21: Ensaio de massa específica.



Fonte: Autor, 2021.

Em seguida, foi introduzida uma massa do material suficiente para provocar um deslocamento do líquido utilizado até a marca acima de 18 cm³. Após a inserção do material no frasco, foram realizados movimentos giratórios com o frasco para retirar as bolhas de ar e deixou-se em banho termorregulador novamente. Após 30 minutos, realizou-se nova leitura (V2).

Foram obtidos através da Equação 1, sendo representado pela média de duas determinações que não diferiram mais do que 0,01 g/cm³ entre si.

$$P_{real} = \frac{Ms}{(V2 - V1)}$$

Onde:

P real: massa específica do material ensaiado (g/cm³);

Ms: massa do material que foram introduzidas no frasco (g);

V1: primeira leitura realizada (cm³);

V2: Segunda leitura realizada (cm³).

Tabela 5: Ensaios massa específica do cimento Portland e Finura por meio da peneira n°200.

Determinar a massa específica do cimento Portland. ABNT NBR 16605:2017.		
Determinar a massa específica do cimento	3,100	g/cm ³
Determinação da Finura Por Meio da Peneira n°200	0,98	%

Fonte: Autor, 2021.

O valor da massa específica está dentro do limite permitido pela ABNT NBR 11579/2013, sendo que de 2,90 a 3,20.

O valor da finura Por Meio da Peneira n°200 está dentro do limite permitido sendo a NBR 11579 mb3432: 2013, que é ≤ 12 .

3.3.9 Determinação da finura por meio da peneira 75 μm (n° 200) ABNT NBR11579: 2013.

Esta norma prescreve o método de ensaio para a determinação da finura de cimento Portland com o emprego da peneira 75 μm (n° 200), pelo procedimento manual e mecânico.

Figura 22: Determinação da finura por meio da peneira 75 μm .



Fonte: Autor, 2021.

São determinadas a porcentagens, em massa, de cimento cujas dimensões de grãos são superiores a 75 μm (fração retida).

3.4 DEFINIÇÃO DAS DOSAGENS

As dosagens dos concretos utilizados nesta pesquisa foram feitas através do método do ACI 211.1-91 (American Concrete Institute). Na elaboração do traço foram utilizados o cimento CP II F – 32, com peso específico (3100 kg/m^3), foi determinado como traço de projeto o F_{ck} (30 MPa), com o abatimento de $100 \pm 20 \text{ mm}$, com SD de 4,0 MPa. Utilizando areia com módulo de finura de 2,75 mm com peso específico ($2,637 \text{ kg/m}^3$), brita utilizada para elaboração do traço, foi com brita com diâmetro máximo de 19 mm, com o peso específico ($2,672 \text{ kg/m}^3$).

Após ter sido realizado o traço referência e três novos traços com adição da fibra do coco, foram adicionados 0,5% referente à massa do concreto de fibras de coco com os comprimentos de 25 mm, 35 mm e 50 mm. Para o traço referência se utilizou um $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ com desvio padrão de 4.0 Mpa, sendo o $f_{c28} = 36,6 \text{ MPa}$ e abatimento de 100 ± 20 .

3.5 PRODUÇÃO DO CONCRETO

As produções do concreto partiram da pesagem do material. Após a determinação do traço, foram utilizadas várias quantidades de materiais suficiente para o preenchimento do tronco de cone, para a determinação do abatimento, e posteriormente a moldagem. A mistura e o preparo do concreto foram feitos em uma betoneira de 350 litros comum eixo horizontal. Após a mistura foram realizados ensaios de consistência e as moldagens dos corpos-de-prova.

3.5.1 Ensaio de Abatimento – Slump test

As consistências do concreto foram determinadas pelo ensaio de abatimento do tronco de cone (Slump Test), conforme a ABNT. Para esta pesquisa foram feitos ensaios de caracterização do concreto no estado fresco para o concreto de referência e os concretos com adição de fibra de coco.

3.5.2 Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (slump test) ABNT

Figura 23: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (Slump test).



Fonte: Autor, 2021.

O ensaio de Slump test (abatimento de tronco de cone) que é realizado tanto em laboratório quanto no canteiro de obras, a fim de verificar a fluidez do concreto para ser lançado na estrutura, o procedimento usado para este ensaio é relativamente simples. Consiste em uma haste de ferro de 16 mm de diâmetro por 60 cm de comprimento e um tronco de cone, de 30 cm de altura, 20 cm de diâmetro de base e 10 cm de diâmetro no topo. O tronco de cone é preenchido com concreto em três camadas iguais, intercaladas por 25 golpes com a haste de metal por camada, depois, o tronco de cone é lentamente suspenso. O concreto, sem apoio, abate-se sobre seu próprio peso, a medida do decréscimo entre a altura final e a altura do tronco de cone nota-se o abatimento do concreto.

3.6 PRODUÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

As produções dos corpos-de-prova foram realizadas de acordo com a ABNT NBR 5739:2018 específica de concreto convencional, onde foram confeccionados corpos-de-prova para todas as idades, segundo as porcentagens de cimento com o objetivo de representar estatisticamente os resultados que foram alcançados dentro das seguintes idades, 07, 14 e 28 dias.

Tabela 6: Relação da quantidade de corpos de provas por traço de concreto.

Ensaio	Normas	Idades	Nº de CP's / Idade	Total de Cp's
Compressão axial	NBR 5739/2018	07, 14, 28 dias	03	36
Absorção de Água	NBR 8522/2017	28 dias	03	12
Tração por Comp. Diametral	NBR 7222/2011	28 dias	02	08
			Total de CP's/Traço	56

Fonte: Autor, 2021.

Para a moldagem dos CPs foram utilizados os moldes cilíndricos de dimensões 100 mm x 200 mm segundo a ABNT NBR 5738:2016 que prescreve o procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova de concreto utilizados nos ensaios de compressão e de tração por compressão, neste caso, a moldagem com o vibrador de agulha 19 mm e após as curas determinadas, aconteceram os rompimentos dos CPs curado nas idades requeridas.

3.7 MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova foram moldados em fôrmas metálicas de dimensões precisas conforme definido pela ABNT NBR 5738:2016 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.

Figura 24: Corpos de prova moldados.



Fonte: Autor, 2021.

3.8 PROCESSO DE CURA

Após a moldagem, os moldes foram colocados sobre uma superfície plana, livre de qualquer outra causa que possa perturbar o concreto. Durante as primeiras 24h, todos os corpos-de-prova foram armazenados em local resguardado de intempéries, sendo devidamente cobertos com material não reativo e não absorvente, com a finalidade de evitar perda de água do concreto. Por fim, os corpos-de-prova foram desmoldados e identificados, e em seguida, submersos em água, seguindo a recomendação da ABNT NBR 5738:2016. Até o momento do ensaio de resistência a compressão.

Figura 25: Corpos-de-prova em cura úmida.



Fonte: Autor, 2021.

3.9 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DE CORPO-DE-PROVA CILÍNDRICO (ABNT NBR 5739:2018)

O ensaio de compressão de corpo-de-prova cilíndrico é regido pela ABNT NBR-5739: 2018. Até a idade de ensaio os corpos de prova foram mantidos em processo de cura úmida ou saturados nas condições preconizadas.

Existe também uma tolerância para o tempo de ensaio em função da idade de cura conforme tabela abaixo.

Tabela 7: Tolerância de tempo em função da idade para ensaio de compressão.

Idade de ensaio	Tolerância permitida %
24h	± 30min ou 2,1
3 d	± 2h ou 2,8
7 d	± 6h ou 3,6
14 d	± 20h ou 3,0
60 d	± 36h ou 2,5
90 d	± 2d ou 2,2

Fonte: Autor, 2021.

A carga de ensaio deve ser aplicada continuamente e sem choques, com velocidade de carregamento de 0.3MPa/s a 0.8MPa/s, nenhum ajuste deve ser efetuado no equipamento enquanto o corpo de prova estiver sendo ensaiado.

A resistência à compressão é obtida dividindo a carga da ruptura pela área da seção transversal do corpo de prova.

Todos os traços foram submetidos aos ensaios de compressão conforme disposto pela ABNT NBR 5739: 2007 – Concreto - Ensaio de resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. No conjunto de prensas EMIC PC-200, do laboratório de Materiais e estudos do CEULP/ULBRA.

Para cada traço foram confeccionados e rompidos 2 (dois) corpos de prova por intervalo de idade, tal quantidade de rupturas possibilitará o cálculo das resistências médias com uma boa precisão e também a determinação do desvio padrão para as médias das resistências. Os ensaios ocorreram nos intervalos de 7, 14 e 28 dias. Foram produzidos 48 (quarenta e oito) corpos de prova (dose por traço) para a realização de todo o projeto de pesquisa, sendo que apenas 24 (vinte e quatro) foram submetidos aos ensaios de resistência à compressão.

Figura 26: Ensaio de resistência à compressão.

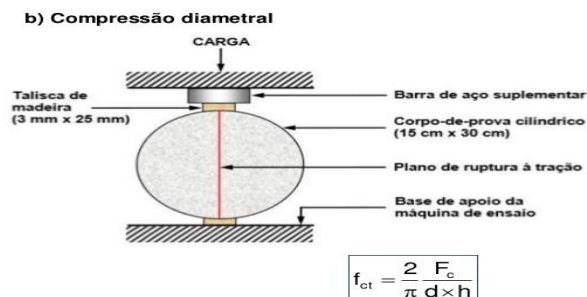


Fonte: Autor, 2021.

3.10 ENSAIO RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Na realização do ensaio de resistência à tração por compressão diametral seguiram as especificações da ABNT NBR 7222:2011. Os corpos de prova permaneceram submersos em água até a idade de 28 dias prevista para os ensaios. Submersos em água, seguindo a recomendação da ABNT NBR 5738:2015. Até o momento do ensaio de resistência a compressão.

Figura 27: Ensaio de Tração por compressão diametral.



Fonte: ABCP.

Na realização do ensaio de resistência à tração por compressão diametral seguiram as especificações da ABNT NBR 7222:2011. Os corpos de prova permaneceram submersos em água até a idade de 28 dias prevista para os ensaios.

Figura 28: Ensaio de Tração por compressão diametral



Fonte: Autor, 2021.

3.11 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

O ensaio de absorção de corpo de prova de concreto é normatizado pela ABNT NBR 9778/2009. O ensaio mede a porcentagem de absorção de água pelo concreto, é importante, pois este tem uma relação que é diretamente ligado à durabilidade do concreto, quanto menos permeável o concreto menor a possibilidade de deterioração por agentes externos como: cloretos e outros materiais agressivos.

Os procedimentos para o ensaio são:

- Secar a amostra em estufa na temperatura de 100°C a 110°C por no mínimo 3 dias.
- Resfriar ao ar até a temperatura ambiente e determinar a massa.
- A amostra deve ser mantida com 1/3 de seu volume imerso em água durante 4 horas, 2/3 por mais 4 horas e completamente imerso por mais 64 horas, totalizando 72 horas (3 dias) de imersão.
- Secar a superfície da mostra com um pano e pesar.
- Determinar a massa da amostra imersa em água após a saturação utilizando a balança hidrostática.
- Colocar a amostra em um recipiente e ferver por 5 horas. Deixar esfriar por no mínimo 14 horas até a temperatura ambiente.
- Secar a superfície da amostra com um pano e pesar.
- Determinar a massa da amostra imersa em água após saturação e fervura utilizando a balança hidrostática.

O ensaio foi realizado de acordo com a ABNT NBR 9778/2009, com idade de 28 dias e foram moldados 03 corpos de prova para cada traço. O ensaio tem como objetivo medir a porcentagem de absorção de água no concreto, pois é uma relação que à durabilidade do concreto.

Resultados dos ensaios de absorção de água, e massa específica seca e saturada normatizado pela ABNT NBR-9778:2009 em função da substituição do agregado miúdo.

Figura 29: Ensaios de absorção de água.



Fonte: Autor, 2021.

3.12 DESENVOLVIMENTO DOS TRAÇOS

Os traços foram desenvolvidos pelo o método do ACI211.1-91.

DOSAGEM DE 30 MPa SLUMP 100 ± 20

Fck 30 MPa para estimativa de desvio padrão de 4,0 Mpa $f_{c28} = 36,6$ com abatimento de 100 ± 20 .

Cimento	375 kg	3,10	ou	121,0	
Areia Natural	795 kg	2,637	ou	301,5	m ³
Brita	992 kg	2,672	ou	371,2	m ³
Água	192 Litros	1,00		192,2	
AR Aprisionado				15,0	
		Total		1000	m ³

Tabela 8: Traços de concretos realizados.

Traços	Cimento	Areia	Brita	a/c
Traço em Massa	1	2,121	2,645	0,52
Traço em Volume	1	1,453	1,707	0,52

Fonte: Autor, 2021.

Com este traço que foi utilizado para o desenvolvimento do trabalho e as análises das propriedades e viabilidades técnicas.

3.13 PRODUÇÃO DO CONCRETO

Foram pesadas umas quantidades de material, para o traço utilizado conforme tabela 6 a mistura e o prepara do concreto foram feitos em uma betoneira de 350 litros comum eixo horizontal.

Tabela 9: Traço utilizado para moldagem dos corpos-de-prova.

Materiais	Kg
Cimento	11,00
Areia	23,00
Brita	29,00
Água	5,700
Concreto	68,700

Fonte: Autor, 2021.

Após a mistura, foram adicionados nos três traços com adição de 0,5% de acordo com a massa do concreto (68,700) que corresponde 343g de fibra de coco com comprimento de 25 mm, 35 mm e 50 mm de fibra de coco.

A seguir foram realizados ensaios de consistência e as moldagens dos corpos-de-prova.

Figura 30: Traços: REF. - 25MM - 35MM - 35MM.



Fonte Autor, 2021.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Abaixo foram apresentados os resultados dos ensaios do concreto no estado fluido e endurecido.

4.1 RESULTADOS DOS ENSAIOS COM O CONCRETO NO ESTADO FRESCO

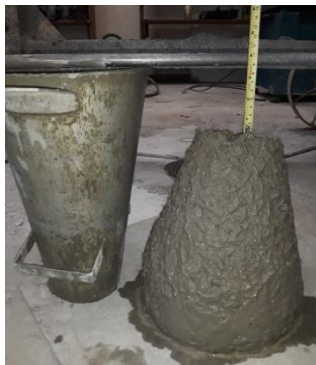
Após a confecção dos traços e a obtenção dos resultados, foram então analisados os dados referentes aos ensaios no estado fresco e no estado endurecido do traço referência e dos traços com adição de fibra de coco, nas proporções de 25mm, 35mm, e 50mm conforme a seguir:

Tabela 10: Resultados de Slump test.

Traço	Slump test
Traço Referência	98mm
Traço: 25mm	97mm
Traço : 35mm	98mm
Traço : 50mm	96mm

Fonte: Autor, 2021.

Figura 1 – Ensaio de Slump test traço ref.



Fonte: Autor, 2021.

Figura 2 – Ensaio de Slump test traço25mm.



Fonte: Autor, 2021.

Figura 3: Ensaio de Slump test traço35mm.



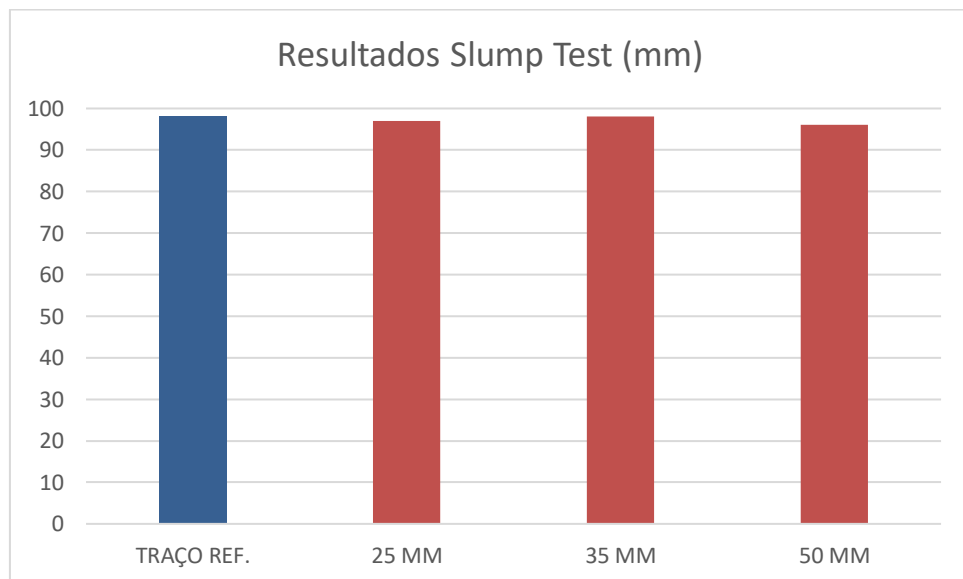
Fonte: Autor, 2021.

Figura 4: Ensaio de Slump test traço50mm.



Fonte: Autor, 2021.

Figura 31: Gráfico dos resultados Slump Test.



Fonte: Autor, 2021.

Os ensaios do concreto no estado fresco se mostraram coerentes com o sugerido no traço do concreto referência os resultados dos testes de Slump test, revelaram um concreto com boa fluidez e boa resistência à segregação.

Esta coerência é devida de os traços com adições serem o mesmo, possivelmente pela a quantidade de fibra de coco não apresentou absorção de agua no tempo de fabricação do concreto. Por isso que os abatimentos ficaram coerentes com o traço referência.

Segundo, Esmeraldo (2006), o mesocarpo do fruto é constituído por aproximadamente 30% de fibra e 70% de pó, os quais consistem basicamente de lignina e celulose, de lenta biodegradação.

Para este estudo o pó foi descartado ficando somente a fibra totalmente limpa permanecendo apenas a lignina (polímero orgânico).

Conforme, o mesmo autor o pó que fica aderente a fibra é mais permeável, por isso é importante que a mesma fica completamente limpa.

Observou-se que durante o tempo de mistura do concreto que foi realizado segundo a ABNT NBR 7212:2021 que varia entre 4 a 6 minutos, observamos que não houve mudança com relação ao abatimento.

4.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO DO CONCRETO

As tabelas a seguir apresentam os resultados obtidos nos ensaios de resistência a compressão axial realizados nos corpos de provas dos traços estudados.

Tabela 11: Resultados dos ensaios de resistência à compressão dos CPs.

CP	07 dias (MPa)	Media (MPa)	14 dias (MPa)	Media (MPa)	28 dias (MPa)	Media (Mpa)
T. Ref.	23,1	23,9	28,7	29,5	31,6	31,3
	23,8		30,1		32,0	
	24,9		29,8		30,4	
T.25 mm	22,3	22,7	30,5	29,8	31,7	32,1
	22,1		28,3		31,5	
	22,6		30,6		33,0	
T.35 mm	20,7	22,3	30,1	29,1	33,3	31,8
	20,7		28,3		30,1	
	22,1		28,9		32,1	
T.50 mm	22,7	22,7	28,3	28,8	30,3	31,9
	23,3		29,0		32,3	
	22,2		29,2		33,0	

Fonte: Autor, 2021.

Na tabela 11 apresenta os valores dos corpos de provas e as médias para todas as idades submetidas ao ensaio de resistência a compressão. Em relação à adição de fibras de coco no concreto, observa-se que houve um pequeno acréscimo nas resistências das adições de (25 mm, 35 mm e 50 mm), de fibra de coco.

Tabela 12: Variação em porcentagem da média das resistências em relação ao traço referência.

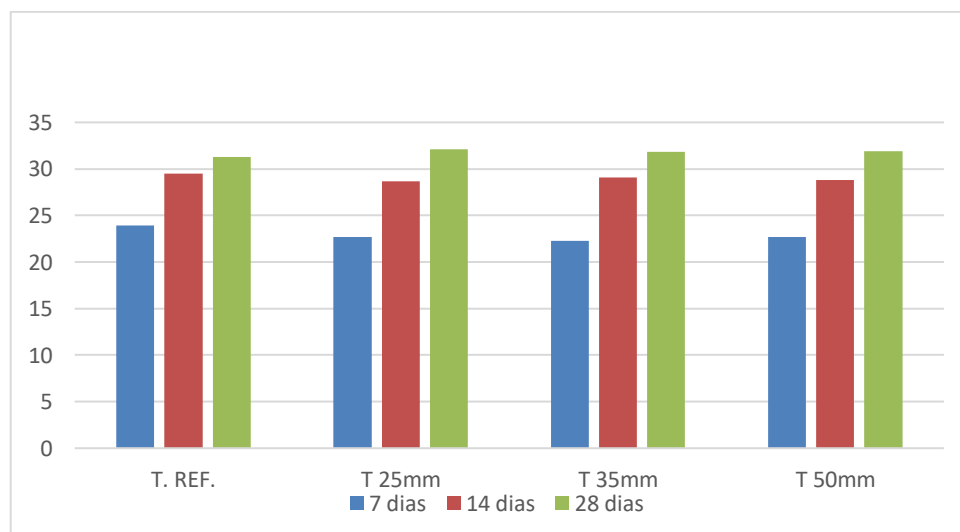
CP	07 dias (MPa)	Variação (%)	14 dias (MPa)	Variação (%)	28 dias (MPa)	Variação (%)
T. Ref.	23,9	-	29,5	-	31,3	-
T.25mm	22,7	-5,02	28,7	-2,71	32,1	2,56
T.35 mm	22,3	-6,69	29,1	-1,36	31,8	1,60
T.50 mm	22,7	-5,02	28,8	-2,37	31,9	1,92

Fonte: Autor, 2021.

A tabela 12 mostra os valores referentes às médias dos traços referência e com a adição, e as variações para todas as idades submetidas às mesmas condições de ensaio. Em relação à adição de fibra do coco no concreto para todos os traços com adição tiveram um pequeno acréscimo aos 28 dias, principalmente o traço de 25 mm que ocasionou um pequeno acréscimo na resistência para a mesma idade.

A probabilidade que pode justificar o melhor desempenho é a rugosidade superficial das fibras de coco; particularmente, as saliências dispostas como fileiras de pequenos nódulos, que ajudam na adesão da matriz durante o processo de cura e, assim, melhoram a tensão interfacial, acarretando melhor resistência mecânica do compósito (MONTEIRO et al., 2006).

Figura 32: Gráfico da resistência à Compressão em função da idade dos corpos-de-prova (MPa).



Fonte: Autor, 2021.

Nota-se nesta comparação que, as resistências à compressão dos concretos com adição de fibra de coco com relação ao traço referência foram diminuindo conforme as idades.

4.3 RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

A resistência à tração por compressão diametral dos concretos foi verificada por meio de corpos de prova cilíndricos com dimensões de 15 cm x 30 cm, com 02 Cp's. Os ensaios para a determinação das resistências a tração por compressão diametral foram realizados com a idade de 28 dias, a partir da moldagem, conforme a ABNT NBR 7222/2011. Com o corpo de prova devidamente ajustado e aplicou uma carga em Mpa até a sua ruptura.

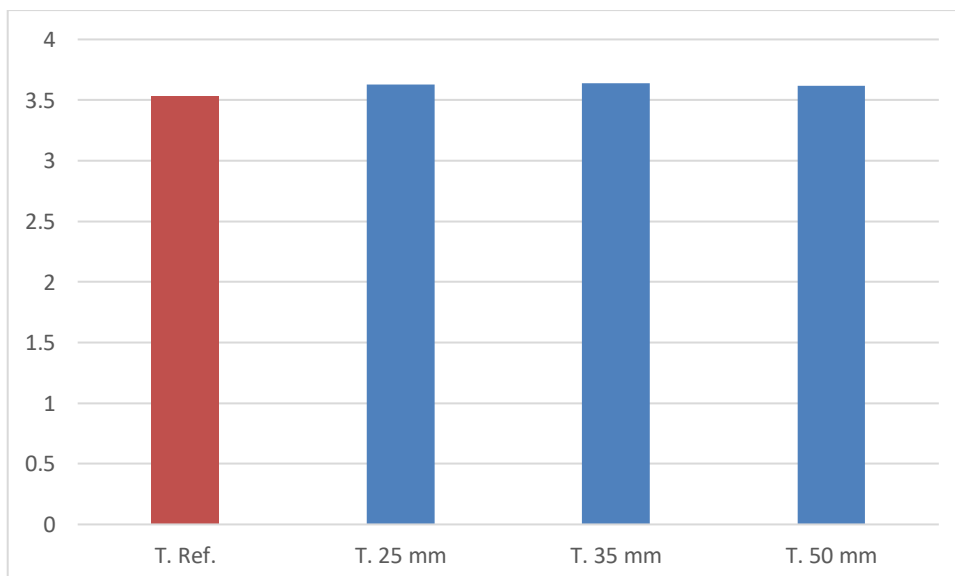
Table 13: Resultados dos ensaios de resistência à tração por compressão diametral.

Corpos-de-Prova	CP 28Dias MPa	Media 28 Dias MPa
T. Ref.	3,51	3,53
	3,56	
T. 25 mm	3,52	3,63
	3,67	
T. 35 mm	3,70	3,64
	3,57	
T. 50 mm	3,59	3,62
	3,66	

Fonte: Autor

Na tabela 13, apresentam-se valores teóricos das tensões decorrentes da compressão diametral. Observa-se que, os valores de resistência por compressão diametral que foram obtidos por esse ensaio ficaram corretos alcançando acima dos 10%, comparado com a média da resistência à compressão axial.

Figura 33: Gráfico da resistência à tração por compressão diametral (MPa).



Fonte: Autor, 2021.

Os resultados obtidos confirmam o que SAVASTANO Jr. H. (2000), assegura sobre a adição de fibras, tanto dos vegetais como da fibra de aço, influencia positivamente na resistência à tração do concreto. Uma vez que as fibras atuam como pontes de transferência de tensões, elas são capazes de “amarrar” as fissuras internas e retardar a ruptura. A energia dos esforços solicitantes é direcionada para a fibra.

4.4 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

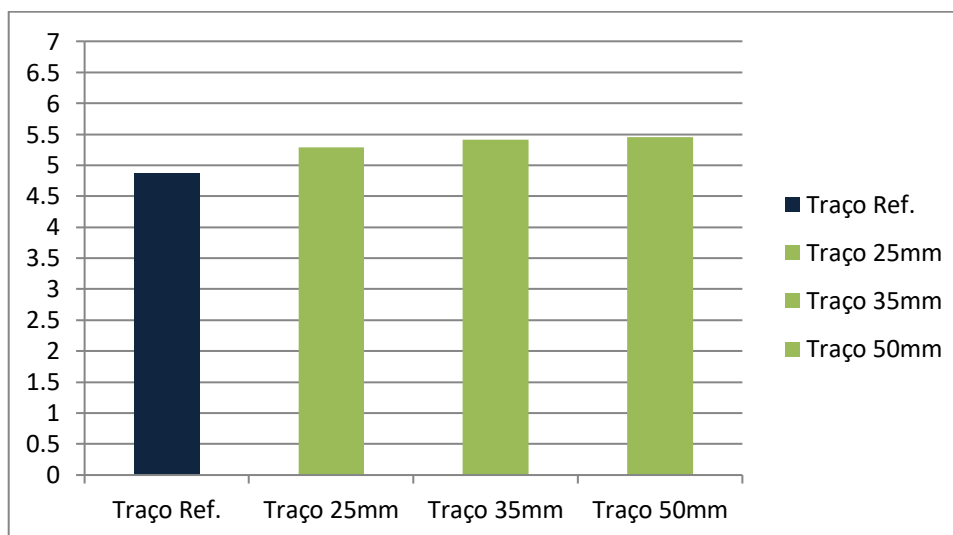
Resultados dos ensaios de absorção de água, e massa específica seca e saturada normalizado pela NBR-9778 ABNT, 2009.

Tabela 14: Resultados dos ensaios de absorção, massa específica seca e saturada.

Traço	Absorção de Água (%)	Massa específica Seca g/cm ³	Massa específica Saturada g/cm ³	Massa específica Real g/cm ³
Ref.	4,87	2,288	2,443	2,655
25mm	5,29	2,276	2,452	2,675
35mm	5,41	2,262	2,455	2,682
50mm	5,45	2,256	2,460	2,680

Fonte: Autor, 2021.

Figura 34: Gráfico da absorção de água nos traços dosados.



Fonte: Autor, 2021.

Os ensaios de absorção dos corpos-de-prova com a adição de fibra de coco mostraram um acréscimo na média de 0,51% na absorção do concreto, tendo em seu resultado mais significativo um aumento de 0,58 % na absorção de água no concreto com adição de 50 mm

em relação ao concreto de referência, tiveram absorções menores que os dosados com adição de 25 mm e 35 mm, observam que as absorções do concreto com a adição de fibras de coco apresentaram uma pequena retenção de água.

Observa-se (Gráfico 3) um pequeno acréscimo da porcentagem de absorção de água no concreto que foi adicionado a fibra de coco. Pois não foi suficiente para diminuir a resistência à compressão na mesma idade de ensaio, visto que ambas as propriedades estão ligadas à coesão e à porosidade do concreto.

Para comparação da absorção de água entre o traço referência e os traços com adições na avaliação da propriedade na fibra de coco, observam-se as Tabelas 15.

Tabela 15: Diferença dos ensaios de absorção.

Traço	Absorção de Água (%)	Diferença em (%)
Ref.	4,87	0
25mm	5,29	0,42
35mm	5,41	0,54
50mm	5,45	0,58

Fonte: Autor, 2021.

A partir desses resultados, constata-se que a utilização da fibra de coco nessas condições, para a produção de concreto, pode atender a resolução nº 307, do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Essa resolução define, classifica e estabelece os possíveis destinos finais dos resíduos de construção e demolição, atribuindo responsabilidades para o poder municipal e, também, para os geradores de resíduos no que se refere a sua destinação.

5. CONCLUSÃO

Com a finalização do trabalho, conclui-se que houve o objetivo da finalidade inicialmente sugerida, visto que a adição de fibras de coco em corpos de prova de concreto procede a satisfatório, com a resistência elevada em relação ao traço de referência sem fibras.

Quando analisada a resistência à compressão, foi possível obter um acréscimo de até 2,56% com os traços de fibra de coco em relação ao referencial, sem que se prejudicassem outras propriedades como trabalhabilidade.

Conforme ROSSI, (2001) é provável que a presença da fibra esteja contribuindo para melhorar a maneira como a energia seja descarregada ao longo do concreto. Além disso, a água absorvida pela fibra pode diminuir a relação água/aglomerante disponível para a mistura e, posteriormente, fornecê-la para a continuação das reações de hidratação do cimento.

A resistência à tração por compressão diametral apresentou acréscimo nos traços de adição de fibra, segundo Savastano Jr. H. (2000), isso ocorrem positivamente na resistência à tração do concreto, uma vez que as fibras agem como pontes de transferência de tensões.

Concluem-se que as adições de fibras de coco no concreto foram positivas obtendo ganho de resistências a compressão axial e a resistência à tração por compressão diametral nas adições de (25 mm, 35 mm e 50 mm), de fibra de coco.

Dessa forma, os resultados assinalam uma probabilidade provável no reaproveitamento da fibra residual da casca do coco no concreto que não necessitem de altas resistências à compressão.

É conveniente lembrar que o estudo das fibras vegetais, em especial a de coco, ainda está num estágio inicial, apesar disso, com base nos resultados obtidos neste trabalho e relacionados ao uso deste tipo de fibra, tem-se uma grande possibilidade de uso na produção de concretos.

Nada obstante, que o uso da própria se torne um fato, e logico que há a necessidade de mais estudos mecânicos para um completo conhecimento da influência deste tipo de fibras nas propriedades do concreto. Mais à frente, tem-se a necessidade de fornecer a esta fibra uma ampliação da sua durabilidade perante o meio alcalino com um tratamento e um processamento apropriado.

6. REFERÊNCIAS

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

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16697 – **Cimento Portland - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2018.

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

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

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

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575 – **Desempenho de edificações habitacionais**. Rio de Janeiro, 2013.

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

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

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9778 – **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro, 2009.

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.

ALI, M.; LIU, A; SOU, H.; Chouw, N. **Mechanical and dynamic properties of coconut fibre reinforced concrete**. Construction and Building Materials, v.30, p.814-825, 2012
BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção. 5 ed.** Rio de Janeiro: LTC, 2008.

COUTTS R.S.P. Banana fibres as reinforcement for building products. **Journal of Materials Science Letters**, v.9, p.1235-6, 1990.

COUTTS, R. S. P.; WARDEN, P. G. Sisal pulp reinforced cement mortar. **Cement & Concrete Composites**, v.14, p.17-21, 1992.

ESMERALDO, M. A. (2006) Preparação de Novos Compósitos Suportados em Matriz de Fibra Vegetal/ Natural. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Química Orgânica, UFC, Fortaleza/CE - Brasil.

FIGUEIREDO, A. D. **Concreto com fibras**. Concreto: ciência e tecnologia. Instituto Brasileiro de Concreto (IBRACON), 2011^a, p. 1902.

FIGUEIREDO, A.D. **Concreto Reforçado com Fibras**. Universidade de São Paulo, 2011. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/3/tde-18052012-112833/publico//TeseLivreDocenciaAntonioFigueiredo2011.pdf>>, acesso em 11 de out. de 2020.

HELENE, Paulo; ANDRADE, T. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. IBRACON, 2010. Disponível em: <<http://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc48.pdf>>, acesso em 10 de out. 2020.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto. Microestrutura, Propriedades e Materiais**. Revisores e Coordenadores. Nicole Pagan Hasparyk, Paulo Helene & Vladimir Antonio Paulon. São Paulo: IBRACON, 2008. 674 p.

MONTEIRO, S. N.; TERRONES, L. A. H.; CARVALHO, E. A.; ALMEIDA, J. R. M. Efeito da interface fibra/matriz sobre a resistência de compósitos poliméricos reforçados com fibras de coco. **Revista Matéria**, v.11, p. 395-402, 2006.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016. 888 p. Tradução: Ruy Alberto Cremonini.

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

NEVILLE, A. M., BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto - 2ª Ed.** Bookman, 2013.

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

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

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

SILVA, E.; MARQUES, M.; FORNARI JUNIOR, C. **Aplicação de fibra de coco em matriz cimentícios**. Instituição Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, 2012. Disponível em <file:///D:/ARQUIVOS%20DO%20USUARIO/Downloads/6096-33763-2-PB.pdf>, acesso em 19 de out. de 2020.

SILVA, E.; MARQUES, M.; FORNARI JUNIOR, C.; VELASCO, F. **Análise técnica para o reaproveitamento da fibra de coco na construção civil**. 2015. Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Everton_Silva12/publication/285546869_Technical_analysis_for_the_reuse_of_coconut_fiber_in_construction_industry/links/5665bc9708ae192bbf925fec.pdf>, acesso em 20 de out de 2020.

SILVA, E.; SILVA, P. D.; MARQUES, M. L.; FORNARI JUNIOR, C. C. M.; GARCIA, F. C.; LUZARDO, F. H. M. **Resistência à compressão de argamassas em função da adição de fibra de coco.** 2014. Disponível, <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n12/a10v18n12.pdf>>, acesso em 20 de out. de 2020.

SOKOLOVICZ, Bóris Casanova. **Microestrutura e Durabilidade a Cloretos de Protótipos com Cinza de Casca de Arroz com e sem Moagem Prévia.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SAVASTANO JÚNIOR, H. **Materiais a base de cimento reforçados com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo.** (Tese Livre docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. 152 p

TUTIKIAN, Bernardo F.; HELENE, Paulo. **Dosagem dos Concretos de Cimento Portland.** 2011. São Paulo-SP, IBRACON, 2011. Disponível em: <<http://www.concretophd.com.br/imgs/files/DosagemCap12Concreto2011.pdf>>. Acesso em: 5 Dez.2013.

VENKATARAMAN, M. V.; RANGASWANY, V. S. (1988) “Utilisation of coir pith and coconut shell”. Indian Coconut Journal, no 5, vol. 19.