

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
CENTRO UNIVERSITÁRIO DOCTUM DE TEÓFILO OTONI**

NICOLE QUINTAL PRATES

**ANALISE COMPARATIVA DA RESISTÊNCIA Á COMPRESSÃO AXIAL E
RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL ENTRE O
CONCRETO CONVENCIONAL E CONCRETO COM FIBRA DE COCO VERDE**

TEÓFILO OTONI

2019

NICOLE QUINTAL PRATES
CENTRO UNIVERSITÁRIO DOCTUM DE TEÓFILO OTONI

**ANALISE COMPARATIVA DA RESISTÊNCIA Á COMPRESSÃO AXIAL E
RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL ENTRE O
CONCRETO CONVENCIONAL E CONCRETO COM FIBRA DE COCO VERDE**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário Doctum de Teófilo
Otoni, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.**

**Área de Concentração: Materiais de
Construção.**

Orientador: Prof. Jouseberson M. Silva

TEÓFILO OTONI

2019

ANALISE COMPARATIVA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL E RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL ENTRE O CONCRETO CONVENCIONAL E CONCRETO COM FIBRA DE COCO VERDE.

Nicole Quintal Prates

Centro Universitário Doctum, Teófilo Otoni-MG, Brasil, nicolequintalp@gmail.com

RESUMO

A crescente utilização do concreto com o passar dos anos é resultado de vultosos investimentos de grandes potências econômicas em estudos para sua utilização. Os resultados dos estudos para aprimoramento do concreto criaram, a partir de diferentes proporções da mistura de cimento (aglomerante), agregado graúdo (brita), agregado miúdo (areia) e água. O estudo trata de um experimento dedicado a analisar a utilização da Fibra de Coco como adição ao concreto com intuito de identificar a influência desta nas propriedades de resistência a compressão axial do concreto e na resistência à tração por compressão diametral, de forma a expandir a sua utilização nas mais variadas atividades da construção civil. Através das análises de resistência, foi possível concluir que o traço utilizado na confecção do concreto de fck 30 MPa necessita de ajustes técnicos para melhorar os resultados que foram próximos ao esperado, contudo, foi possível obter um material sem alteração significativas dos requisitos técnicos do produto final.

Palavras-chave: Concreto, dosagem, traço, resistência, compressão.

ABSTRACT

The increasing use of concrete over the years results from large investments in large economic economies in studies for its use. The results of the studies for concrete improvement created from different proportions of the cement mixture (aggregate), coarse aggregate (gravel), fine aggregate (sand) and water. The present study deals with an experiment dedicated to analyzing the use of coconut fiber, such as adding to concrete in order to identify an influence on these characteristics of axial damage resistance of concrete and the resistance to use by diametral, in order to expand its use in various construction activities. Through the analysis of strength, it was possible to conclude that the tracking used in the manufacture of concrete fck 30 MPa results from results close to expected, it was possible to obtain a material without changing the technical requirements of the final product.

Keywords: concrete, dosage, trace, strength, compression.

1 INTRODUÇÃO

O concreto é uma substância simples que literalmente se tornou o bloco construtor da civilização, com intuito de substituir as rochas naturais mantendo uma resistência similar e permitindo uma modelagem em variadas formas e tamanhos. Idealizado a partir de uma mistura simples de água, cimento e agregados em seu estado convencional, suas propriedades finais tem como principal fator a sua ótima resistência à compressão, no entanto, deixando a desejar no quesito tração, flexão e resistência ao impacto.

A proporção destes materiais é conhecida como dosagem ou traço, sendo assim, pode-se obter concreto com características especiais, ao acrescentar à mistura, aditivos, isopor, fibras, ou outro tipo de materiais. Cada material utilizado na dosagem deve ser analisado previamente em laboratório conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), no intuito de verificar as características do material e para obter os dados necessários para o preparo do traço.

Existem vários tipos de fibras que podem ser utilizados como agregados miúdos, podendo se subdividir em do tipo naturais, tais como de origem vegetal, mineral e animal, e artificiais, denominadas polímeros naturais ou polímeros sintéticos (SALES, 2011).

Seibi e Al-Oraimi (1995, p. 170) confirmam que a aplicação de uma pequena porcentagem entre 0,05 a 0,15% (em proporção a massa total da mistura) de fibras vegetais potencializou as características mecânicas e a resistência ao impacto do concreto. Na mesma linha de raciocínio, Ali et al. (2012, p. 824) analisaram características estáticas e dinâmicas de concretos com proporções de fibra variando de 1 a 5%, em relação ao peso do cimento, com tamanhos de 2,5; 5,0; e 7,5 centímetros. O estudo comprovou que o comprimento de 5 cm, com o teor de 5%, representou os melhores resultados em sua pesquisa.

A Fibra de Coco, material orgânico, tem sua utilização no concreto, além de altas propriedades mecânicas específicas, biodegradabilidade, baixo custo em relação a outros aditivos disponíveis no mercado, ela também é resistente a fungos e podridão, é excelente isolante térmico e acústico, não absorve umidade, é a prova de traças, possui ação retardadoras de chamas e é a fibra mais dúctil entre todas as fibras naturais.

Por essas qualidades apresentadas pela Fibra de Coco (Coir), justifica sua escolha para a realização deste estudo, que visa a adição da mesma ao concreto para analisar de maneira comparativa a influência desta fibra nas propriedades de resistência a compressão axial do concreto e na resistência à tração por compressão diametral, de forma a expandir a sua utilização nas mais variadas atividades da construção civil.

1.1 Concreto

Segundo Carvalho e Figueiredo (2007), a NBR 6118, existe como referência para padronização a confecção de projetos estruturais a fim de se obter segurança e qualidade. Hoje em sua terceira edição, ela é reconhecida pela International Organization for Standardization (ISO), como uma das normas que atendem exigências internacionais, sendo umas das grandes referências para Projetos de Estruturas de Concreto.

Cerutti e Santos (2015) admitem que a nova versão 2014 da NBR 6118 está no mesmo nível de conceituadas normas internacionais, o que demonstra o empenho da ABNT e da comunidade técnica brasileira em atingir “um elevado patamar de qualidade no projeto e construção das estruturas de concreto”.

Concreto é um composto de agregados, miúdo (areia) e agregados graúdos (pedra ou brita) misturados com cimento, água e ar. E ainda poderá conter outros materiais como: cinza volante, pozolanas, sílica ativa, etc. Bem como outros aditivos químicos com o objetivo de melhorar ou modificar suas propriedades básicas.

Para que se obtenha um concreto resistente, durável, econômico e de bom aspecto, deve-se estudar:

As propriedades de cada um dos materiais componentes; as propriedades e os fatores que podem alterá-las; A proporção correta e execução cuidadosa da mistura, o concreto deve ser transportado, lançados nas fôrmas e adensado corretamente; cura cuidadosa, a hidratação do cimento continua por um tempo bastante longo e é preciso que as condições ambientes favoreçam as reações que se processam. Desse modo, deve-se evitar a evaporação prematura da água necessária à hidratação do cimento. É o que se denomina cura do concreto; o modo de executar o controle do concreto durante a fabricação e após o endurecimento. (ALMEIDA, 2002, Pag. 87)

Segundo ABNT NBR 6118/2014, aplicam-se as seguintes definições de concreto estrutural:

Concreto estrutural: Termo que se refere ao espectro completo das aplicações do concreto como material estrutural. Elementos de concreto simples estrutural: Elementos estruturais elaborados com concreto que não possui qualquer tipo de armadura, ou que a possui em quantidade inferior ao mínimo exigido para o concreto armado. Elementos de concreto armado: Aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência. A resistência do concreto simples (convencional) varia de 5,0 em 5,0 MPa com valores entre 10,0 até 40,0 MPa e seu abatimento (Slump) varia de 40 a 70 mm.

Segundo Botelho (2006), o concreto simples é usado na fabricação de blocos de concreto; na construção de brocas de fundação; na construção de tubulações; no cimento de pisos etc.

1.2 A fibra de coco como aditivo no concreto não estrutural

Famoso por ser um país tropical, o coqueiro é protagonista do cenário brasileiro e mundial cultivado em cerca de 12 Milhões de hectares em 86 países do globo. No Brasil tem uma produção de aproximadamente 2,8 bilhões de toneladas, essa produção anual dada a abundância ao cultivo e consumo da água de coco chega a gerar 6,7 milhões de toneladas de cascas, entretanto grande parte desse descarte não é reaproveitada, se destacando nos litorais dos grandes centros urbanos cerca de 70% do lixo gerado é composto por cascas de coco verde, além da proliferação de doenças, agressão estética resultante da poluição visual em vias urbanas, sua decomposição dura em torno de oito anos.

Conhecida também como Coir, a fibra de coco se subdivide em três formas, esponjas, considerada fibras curtas, cerdas, destaca-se pelas fibras longas, e descaroçada, oferecendo fibras mistas, tendo diversos tipos de finalidade, são utilizadas em muitos setores da engenharia e indústria (METALICA, 2019).

Com o intuito de reaproveitar resíduos considerados vilões para o meio ambiente, a engenharia Civil vem utilizando esse material com fins cada vez mais específicos de estruturação do concreto. A fibra de coco está presente nas atividades de produção de mantas e telas para proteção do solo, produção de tijolos com o pó da fibra do coco e aditivos, além da matriz cimentícia, aumentando sua resistência e durabilidade.

A utilização de fibra vegetal, em particular fibra de coco, apresenta várias vantagens além de altas propriedades mecânicas específicas, é um material biodegradável, baixa densidade, não abrasividade, baixo consumo de energia, baixo custo e oferta de empregos rurais, como alguns pesquisadores afirmam, tais como de Silva (2014), Bonato (2014) e de Silva (1999).

Vários estudos foram realizados testando a funcionalidade da fibra em relação à matriz, obtendo resultados satisfatórios quanto à qualidade obtida durante o estudo. Assim como outras fibras, a fibra do coco oferece uma melhoria significativa como aditivo ao concreto contribuindo para redução de poluentes. Segundo Ali et al. (2012, p. 824) que a adição dos

percentuais de 1% a 5% da fibra de coco com concreto resultou no melhor desempenho nas três idades (7, 14 e 28 dias) do processo, além da absorção da água ser mais eficaz para hidratação do cimento, aumenta a energia distribuída ao longo do concreto obtendo maior resistência a compressão.

Toledo Filho (1997) constatou que após o rompimento dos corpos de prova houve um aumento significativo da resistência ao cisalhamento ocasionado pela inserção da fibra de coco alterando o formato de ruptura da matriz podendo-se observar a proliferação de fissuras por tração vertical, em outros casos, mesmo após a carga máxima ser atingida os CP's fortalecidos com fibras não representaram danos alarmantes ao desempenho mantendo seu corpo estrutural quase intacto. Com intuito de desacelerar a evaporação da água procedimento conhecido como processo de cura a adição da fibra de coco em suas funcionalidades permitem a hidratação do cimento por completo além de ajudar na adesão da matriz. Após observada a evaporação da água durante o período de 28 dias relacionado ao ensaio de absorção por imersão, nota-se uma redução no percentual de absorção da água no concreto quando inserida a fibra de coco, constatando o aumento da resistência a compressão ligadas a coesão e porosidade do concreto.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente zela pela supervisão do descarte ocasionada das construções civis se posicionando a favor da utilização de recursos redutores de riscos para o ecossistema, estabelecendo possíveis destinos finais de construção e demolição como prescrito na resolução nº307 (CONAMA, 2002).

Os benefícios técnicos apresentados em relação à emissão de CO₂ trazem uma reflexão dado a alta produção de concreto no país, equivalente ao volume de aproximadamente trinta milhões emitindo cerca de oito bilhões kg de dióxido de carbono anualmente. Pesquisas realizadas pelo cientista Lima (2010) supõe que se todo concreto fabricado no Brasil utilizasse como aditivo a fibra de coco reduziria aproximadamente sete milhões de toneladas de CO₂ diminuindo os índices que favorecem o aquecimento global.

Lima (2010) afirma que a emissão de CO₂ no Brasil, ocasionada pela produção de concreto, é da ordem de 225+/-43 kg CO₂ / m³. Ainda segundo o autor, considerando a produção (anual) de aproximadamente 30 milhões de m³ de concreto no Brasil, podem ser gerados cerca de 8 bilhões kg de CO₂ ao ano devido à produção de concreto. A partir dessas informações, pode-se inferir que, se todo o concreto produzido no país utilizasse o teor de adição apresentado no presente trabalho (2,4 kg/m³), levaria a uma redução de aproximadamente 7 milhões de toneladas de CO₂ lançado na atmosfera ao ano.

Portanto propor a adição de materiais como a fibra de coco no concreto pode resultar em menos agressão ao meio ambiente, aumento das propriedades mecânicas como a resistência a compressão e redução de fissuras, além da economia de materiais como água e cimento, tendo como resultado o maior desempenho durante o processo, e em seu estado final, apontando efeitos que corroboram para seu maior desempenho, e um novo objeto de estudo que tem por fim proporcionar o enriquecimento acadêmico, em que o discente irá se familiarizar com os ensaios de caracterização e confecção do concreto. Todavia, para confirmação destes benefícios, fazem-se testes laboratoriais, para que assim possamos buscar praticas alternativas na construção civil e enriquecer técnicas utilizadas há muito tempo, proporcionando novos dados e ferramentas de estudo.

1.3 Propriedades Mecânicas do Concreto

Sabemos que o concreto de Cimento Portland é um objeto proveniente da mistura de um aglomerante, em específica quantidade. Em sua linha de produção estão presentes em suma maioria a utilização da areia lavada e brita, definidos como agregados miúdos e graúdos respectivamente, contando também com a adição de água e cimento que formam uma pasta responsável por unir as partículas dos compósitos, dependendo da finalidade e necessidade de

aplicação pode-se fazer uso do auxílio de aditivos. Obtendo as mesmas peculiaridades encontradas em rocha após seu endurecimento se destaca por sua resistência mecânica de acordo com o seu processo de cura, se subdividindo em três fatores básicos: resistência do agregado, da pasta e da relação entre o agregado e a pasta. Entretanto para que ele obtenha essas especificações é necessário excelência durante a execução e controle de seu procedimento apresentando a necessidade da dosagem e mistura dos materiais, condução até o destino de aplicação, lançamento, adensamento e cura em sua idade inicial ou em seu estado fresco, podendo ser aplicada em diversas construções de acordo a sua versatilidade.

Um concreto de boa qualidade deve passar por todos esses estágios, quando não executado de maneira correta podendo acarretar adversidades se distanciando do resultado almejado, tendo como princípios básicos conhecer as propriedades transitórias do concreto em seu estado fresco, para o uso apropriado dos processos de fabricação, a proporção correta de materiais influencia diretamente em seu resultado final após seu endurecimento.

- I. Características do concreto fresco: Na idade inicial ou estado fresco do concreto, observa-se a compreensão de uma mistura que tem como característica a facilidade de transporte, lançamento e aderência sem a ocorrência de afastamento dos seus compósitos. Permanecendo em seu estado fresco até que aconteçam as reações químicas, se solidificando devido ao contato com a água no final do seu processo de preparo, tendo facilidade de modelagem até o início da “pega” (estado endurecido). Possui como propriedades significativas no que diz respeito à mobilidade da massa, a sua consistência, plasticidade, trabalhabilidade e a capacidade de retenção da água.
- II. Consistência do concreto: Como observado nos livros de Materiais de Construção tem como definição de consistência a variação dos níveis de fluidez da massa fresca, sendo o percentual de umidade no concreto a relação entre o volume dos materiais e volume de água o principal fator interfere na consistência, quando seco ou úmido, plástico ou fluido sendo classificado em três estados. O ensaio de abatimento mais utilizado para determinar a consistência da matriz, conhecido como Slump Test, consiste no posicionamento de um tronco metálico em formato de cone sobre uma chapa também metálica, molhado internamente, sendo preenchido com três camadas de concreto sendo compactados com auxílio de uma barra de ferro recebendo 25 golpes por camada, posteriormente retirado de forma cautelosa para observação da altura da massa em relação à altura do cone.
- III. Características do concreto endurecido: Resultante da relação água/cimento, o concreto quando em seu estado endurecido deve possuir características específicas em sua forma, melhorando consideravelmente seus resultados quando levadas em consideração, quando em serviço é testada a sua capacidade de resistir a variáveis esforços, relevante em situações de carregamento, denominados de resistência a compressão, a tração, à flexão e ao cisalhamento após o seu processo de cura, realizando ensaios que sugerem melhorias no controle de qualidade e atendimento as especificações.

Os fatores que contribuem para melhor estruturação do concreto são:

- a) Resistências mecânicas de compressão: Considerado o processo mais importante a resistência à compressão simples (f_c) segundo a NBR 5739 – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos de concreto (ABNT, ANO). Os C_p 's utilizados em ensaios realizados em território nacional têm como dimensões 30 cm de altura e 15 cm de diâmetro, sendo observados a idade de 28 dias, onde é possível a obtenção de 75% a 90% da sua resistência mecânica final, tendo associação direta com a resistência da pasta obtida de acordo a escolha do cimento utilizado, podendo se estabelecer cálculos característicos (f_{ck}) acerca de sua resistência.

- b) Durabilidade e impermeabilidade: Caracteriza-se pela capacidade do concreto de resistir após seu estado de endurecimento a quaisquer tipos de deterioração, tanto físicas quanto químicas, incluindo a ação do tempo, abrasão ou erosão entre outros, tendo como precaução analisar minuciosamente a escolha dos materiais e proporção deles na mistura, à durabilidade está ligada diretamente a resistência do concreto, no que diz respeito à impermeabilidade o objetivo é impedir a interferência de agentes agressivos no concreto, sendo relacionada diretamente com o conceito de durabilidade.

Sendo os principais fatores que interferem na impermeabilidade e durabilidade do concreto:

- i. A porosidade da pasta que está relacionada diretamente com a impermeabilidade do concreto, quanto menos porosa dado ao ajuntamento mais próximo dos grãos de cimento, maior índice de impermeabilidade de acordo a idade do concreto, e aumento na evolução de sua hidratação.
- ii. Retração Hidráulica, devido à movimentação da água sofre alteração em seu volume, criando rupturas decorrentes do fenômeno de retração, expondo seu interior a agressões de agentes externos. Sendo influenciado por diversos percalços decorrentes do fator água/cimento tendo seus danos acometidos somente na pasta.
- iii. Agressão Química, devido à reação de duas substancias presentes na composição do cimento, as agressões provenientes de sulfatos apresentam problemas com as peças depois de endurecidas, como o aumento significativo do volume dos sólidos resultando em fissuras resultando na deterioração da peça por inteiro, é aconselhável utilizar como valor da relação água/cimento os cimentos que possuem como característica a resistência a sulfatos, 0,45 e 0,50 respectivamente, conforme é recomendado pela American Concrete Institute (ACI).

A NBR 12655 (ABNT, 1996) recomenda a aplicação do fator água/cimento quanto à classe de agressividade como mostra a Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Classe de Agressividade. (Fonte: NBR12655 – ABNT 1996)

Concreto	Tipo	Classe de Agressividade			
		I	II	III	IV
Relação a/c	Armado	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	Protendido	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe do concreto	Armado	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	Protendido	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O presente projeto apresenta em seu corpo uma pesquisa quantitativa de caráter experimental, onde foram realizados ensaios no laboratório de corpos de prova cilíndricos com a finalidade de criar um tipo de concreto com a presença de aditivos naturais com o intuito de analisar os benefícios da fibra de coco verde como adicional ao concreto em união aos demais materiais convencionais.

O trabalho consiste em duas fases: a primeira se refere à pesquisa bibliográfica por meio de estudos específicos em livros e artigos acadêmicos com conteúdos relacionados ao concreto, materiais de construção e fibras vegetais como utilização na construção civil, e em específico

sobre a fibra de coco. Com o propósito de elaborar um tipo de concreto que melhore suas propriedades mecânicas relacionadas à resistência à tração e que tenha um custo benefício interessante.

No segundo passo se estabelece uma pesquisa experimental: Para a produção dos traços do concreto primeiramente foram realizados os ensaios de caracterização dos materiais utilizados na elaboração do concreto onde os agregados miúdos e graúdos foram submetidos aos ensaios de:

- NBR NM 248 – Agregados - Determinação de Composição Granulométrica (ABNT, 2003);
- NBR NM 45 – Agregados - Determinação de massa unitária (ABNT, 2006);
- NBR NM 30 – Agregado Miúdo - Determinação de absorção de umidade (ABNT, 2001);
- NBR 52 – Agregado Miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente (ABNT, 2009);
- NBR NM 53 – Agregado Graúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente (ABNT, 2003);

Os agregados miúdos e graúdos foram adquiridos na Concreteira Mix Mattar, que está localizada na Av. Minas Gerais, 1760 - São Cristóvão, Teófilo Otoni – MG. A fibra de coco verde desidratada que foi utilizada pode ser encontrada na loja Agricol situada na Rua Antônio Alves Benjamin, 338 – Centro, o cimento utilizado foi Portland CPIII 40 RS – Cauê obtido nas lojas de materiais de construção da região. No quadro 1 a seguir constam os materiais utilizados para a produção dos traços de concreto:

Quadro 1 - Materiais utilizados para confecção do concreto. (Autor, 2019)

	Cimento	Agregado Miúdo	Agregado Graúdo	Aditivo
MATERIAIS	CP III 40	Areia Artificial provenientes das jazidas de Teófilo Otoni.	Brita 01, provenientes das jazidas de Teófilo Otoni.	Fibra de Coco, provenientes do coco verde.

Para a determinação das propriedades do concreto foi utilizado o método de dosagem experimental da Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP desenvolvido com base no método ACI, adaptado para as condições brasileiras, que necessita da caracterização de cada material utilizado no traço do concreto incluindo seu custo. Foi dimensionado um concreto com a trabalhabilidade medida através do com abatimento do tronco de cone (*Slump-test*) médio de 80mm e concreto com resistência de 30 MPa. O método tem como fundamento determinar a resistência normal a compressão do concreto aos 28 dias de cura, sendo indispensável à caracterização físico-química dos materiais componentes do concreto. Para tal foi definido o fator água cimento com base no tipo de cimento usado e a resistência característica desejada, posteriormente o consumo de água, cimento, brita, areia, seguindo essa ordem cronológica. Após a determinação de cada material, tem-se o traço aproximado de concreto, sendo recomendado testar o mesmo e se necessário fazer os ajustes no traço.

Em seguida, foram moldados 90 corpos de provas submersos em água para cura no período de 7, 14 e 28 dias, conforme a NBR 5738 – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova (ABNT, 2015), desenvolvida no Laboratório de Materiais de Construção do Centro Universitário Doctum de Teófilo Otoni-MG. Os corpos de provas foram confeccionados

e subdivididos em três traços, sendo: 30 cp's moldados com 0% de fibra, no caso o concreto convencional, chamado de Traço N1; 30 cp's moldados com adição de 3% da fibra de coco, chamado de Traço N3; e 30 cp's moldados com 5% de fibra de coco verde, nomeado Traço N5.

Para a realização desses experimentos mecânicos de compressão axial e tração por compressão diametral dos corpos de prova foram consideradas as seguintes normas técnicas da ABNT:

- Trabalhabilidade: NBR 67 - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (ABNT, 1998);
- Ensaio de compressão axial: NBR 5739 - Ensaio de compressão axial de corpos de prova cilíndricos (ABNT, 2007);
- Ensaio de compressão diametral: NBR 7222 - Concreto e argamassa – determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos (ABNT, 2010).

A regularização da superfície dos corpos de prova e os ensaios mecânicos de compressão axial e tração por compressão diametral foram realizados no Laboratório da Pedreira Mattar, localizada na Avenida Minas Gerais, 1760 – São Cristóvão, Teófilo Otoni – MG. Depois de efetuados todos os testes através da máquina universal de ensaios com capacidade de carga de vinte toneladas, os resultados foram computados para posterior análise estatística e conclusão dos resultados, tendo seus resultados tabulados e apresentados através de gráficos e planilhas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As soluções desenvolvidas para análise compõem o conjunto de três amostras ensaiadas, todas estabelecidas pelos mesmos crivos técnicos, foi desenvolvida com a seguinte sequência de avaliação:

- AMOSTRA 1: Concreto convencional, sem adição;
- AMOSTRA 2: Concreto com adição de 3% de fibra de coco na produção do concreto;
- AMOSTRA 3: Concreto com adição de 5% de fibra de coco na produção do concreto.

A elaboração do traço do concreto, adaptada aos objetivos desta pesquisa, fundamentou-se na caracterização dos materiais utilizados que o compõe, apresentando o diâmetro Máximo característico, massa específica, massa unitária compactada e solta, módulo de finura, percentual de absorção de água, assim como a caracterização do cimento Portland usado, como mostra a Tabela 3 abaixo.

Tabela 3 – Caracterização dos agregados do concreto. (Autor, 2019)

CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS DO CONCRETO				
Propriedades	Resultados			Unidade
	Areia	Brita	Fibra de Coco	Cimento CPIV

Modulo de finura	1,96	-	-	-	-
Peso específico	2650	2569	70	2950	kg/m ³
Massa unitária compactada	-	1512	-	-	kg/m ³
Massa unitária solta	1401	1406	-	-	kg/m ³
Absorção	0,2	0,27	-	-	%
Diâmetro máximo	-	19	-	-	mm

A massa unitária em seu estado solto é utilizada para a realização da proporção do volume e agregados no decorrer da elaboração do concreto, segundo Perdiz (2009). A massa específica é indispensável na dosagem do concreto.

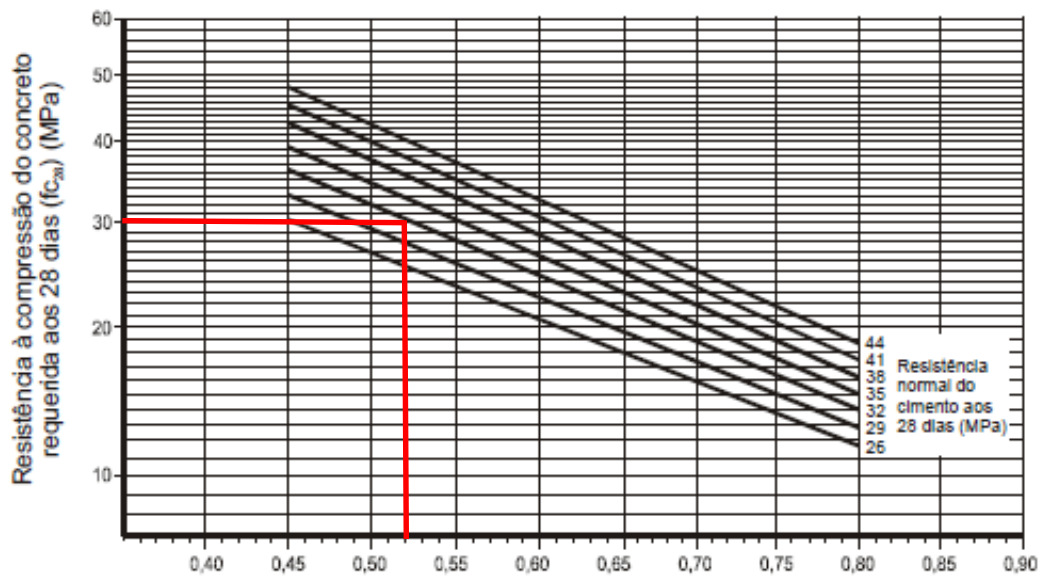
Fundamentando o emprego adequado dos agregados considerando suas propriedades físicas embasadas nos critérios da NBR NM 248 (2003) e NBR 7211 (2009), a qual estabelece parâmetros da composição granulométrica de agregados miúdo e graúdo para concreto na seguinte sequência de malhas: 4.75, 2.36, 1.18, 0.6, 0.15mm e fundo, através deste ensaio pôde-se conhecer a dimensão máxima característica dos elementos para obtenção de seu módulo de finura equivalente, sendo este de grande influência dentre as variáveis para determinar a proporção entre agregado graúdo e miúdo na produção dos traços de concreto e manutenção do valor de teste de abatimento e resistência do projeto (RODRIGUES, 1998).

O método de dosagem adotado para o procedimento foi adaptado do método ABCP de dosagem apresentado através do Estudo Técnico – 67 (ET-67). Os resultados obtidos considerando o peso dos materiais estão descritos a seguir.

Paralelo a metodologia de dosagem da ABCP para um concreto de 30 Mpa, foi considerado o traço desenvolvido para amostras, o qual apresentou a seguinte proporção: 1: 1,61: 2,95: 0,52.

A relação do fator água/cimento esta compreendida pelo Gráfico 1 a seguir, o qual apresenta a proporção de água a ser adicionada em função da resistência almejada para 28 dias, através do gráfico é notório que para o tipo cimento adotado atingir resistência de 30 Mpa é necessário adicionar água em uma proporção 0,52.

Gráfico 1- Relação água cimento. Rodrigues (1998)



Realizada a dosagem do concreto conforme método mencionado, fez-se necessário avaliar sua consistência através do ensaio de abatimento de tronco de cone, para este ensaio foram tomadas as orientações dispostas na norma NBR NM 67 (ABNT, 1998), tal procedimento foi inicialmente desenvolvido através do umedecimento do molde e sua placa de base, sequencialmente foi adicionado o concreto confeccionado em três parcelas separadas, compondo aproximadamente um terço da altura do molde, cada uma destas camadas foram compactadas uniformemente com 25 golpes da haste de adensamento, após o preenchimento o molde foi removido cuidadosamente na direção vertical evitando movimentos de torção lateral, efetuada a remoção, de imediato é aferido abatimento do concreto com o auxílio de trena. O abatimento obtido para cada amostra esta detalhado a seguir:

- AMOSTRA 1: 80 mm;
- AMOSTRA 2: 60 mm;
- AMOSTRA 3: 50 mm.

Através deste ensaio pode-se notar que a adição da fibra de coco aumentou a consistência do concreto tomando-se como parâmetro a amostra de referência, cujo preparo não houve adição da fibra.

Posterior ao ensaio de abatimento de tronco de cone foi desempenhada a moldagem dos corpos-de-prova com objetivo de mensurar a resistência a compressão do concreto conforme instrução da norma NBR 5738 (ABNT, 2015).

Os moldes de corpos-de-prova utilizados apresentaram dimensões de 100mm x 200 mm, foram previamente untados de modo a facilitar o processo de desmoldagem, posteriormente foram preenchidos com concreto em duas camadas, cada uma compactada com 12 golpes da haste de adensamento, seguido o adensamento da última camada foi efetuado o rasamento da superfície com régua metálica.

Finalizado o procedimento de moldagem dos corpos-de-prova, os moldes foram acomodados em superfície horizontal inflexível livre de vibrações e intemperes pelo período de 24 horas, encerrada esta etapa, os corpos-de prova foram direcionados para um reservatório preenchido com água de admissível qualidade visual e posteriormente submetidos ao ensaio de resistência a compressão axial com intervalos de 3, 7 e 28 dias. A Figura 1 a seguir apresenta os corpos-de-prova já confeccionados e submersos.

Figura 1 – Corpos-de-prova executados. Autor (2019)

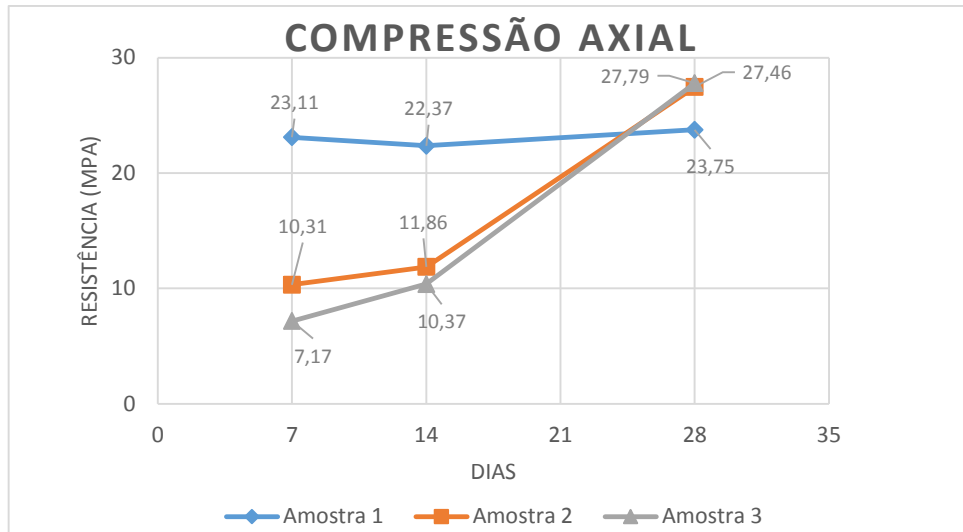


3.1 Ensaio de Resistência a Compressão Axial

Os resultados obtidos através da avaliação de resistência a compressão axial dos concretos estão fundamentados em conforme NBR 5739 (ABNT, 2007). Foram sintetizados em forma de gráfico para melhor compreensão dos dados obtidos, nesta etapa do trabalho observou-se relevante aproveitamento no que tange as resistências desenvolvidas quando comparadas ao concreto convencional, os modelos sugeridos com adição da fibra de coco apresentaram comportamento razoável. Através do gráfico 2 apresentada a seguir pode-se observar o comportamento em termos de resistência relativo as amostras submetidas ao ensaio de compressão axial nas respectivas idades de 7, 14 e 28 dias.

É importante salientar que o desenvolvimento deste ensaio se deu em diferentes laboratórios devido a logística e disponibilidade dos mesmos, para a Amostra 1 composta apenas pelo concreto convencional, o ensaios de 7 e 28 dias de idade foram realizados na Concreteira Mix Mattar e o ensaio relativo ao 14 dia foi realizado na Doctum. Para as Amostras 2 e 3 os ensaios realizados com 7 e 14 dias de idade foram realizados na Doctum e o ensaio de 28 dias na Concreteira Mix Mattar. Ainda referente aos ensaios de compressão axial é importante salientar que os ensaios realizados na Doctum foram desenvolvidos sem o procedimento de regularização das superfícies, impactando negativamente nos dados obtidos.

Gráfico 2 - Resistencia a compressão axial das Amostras 1, 2 e 3. Autor (2019)



Como observado no gráfico 2 apresentado acima, o concreto convencional representado pela Amostra 1 apresentou no tempo de 7 dias resistência de 23, 11 MPa, no 14^a dia de cura houve remoto aumento de resistência que apresentou 23,37 MPa e ao final do período de cura desenvolveu resistência a compressão axial inferior a proposta de 30 Mpa, alcançando 23,75 MPa, o que representa 79,17% da totalidade esperada para esta amostra. Tomando esta prerrogativa fica evidente a necessidade de ajustes no traço.

Acerca dos dados produzidos pela Amostra 2, nota-se que na primeira idade analisada a resistência obtida foi de 10,31 MPa, no tempo de 14 dias foi encontrado na amostra a resistência de 11,86 MPa. Apesar de que nos dois primeiros intervalos de idade analisados ocorreu uma variabilidade irrelevante no que tange o aumento da capacidade de resistência a compressão axial, no final da cura ocorreu significativo salto com uma média de 27,62 Mpa, o que representa 92,02 % do valor almejado inicialmente. Em relação a Amostra 1 composta pela mistura convencional de concreto, a Amostra 2 apresentou relevante capacidade de resistência, superando a primeira no resultado final.

A Amostra 3 apresentou menor resistência na primeira idade analisada com 7,17 MPa, no 14^a dia de idade foi encontrado na amostra a resistência de 10,37 MPa. Com comportamento muito semelhante a amostra anterior, onde, durante a idade de 7 e 14 dias o concreto com adição da fibra de coco não apresentou um crescimento significativo em termos de resistência, contudo no final do período de cura esta amostra alcançou 27,79 MPa, o que resulta em 92,63 % do valor inicialmente proposto para sua capacidade de resistência a compressão axial, se saindo melhor que a amostra 1 e 2 quando comparadas, é relevante ressaltar que segundo Perdiz (2009), as características físico-químicas do concreto estão diretamente relacionadas a sua capacidade de resistência e tais variações incomuns das resistências apresentadas podem ser explicado pela influência das características físicas do agregado, contudo o ajuste adequado para a dosagem pode desenvolver melhores resistências e melhor trabalhabilidade simultaneamente.

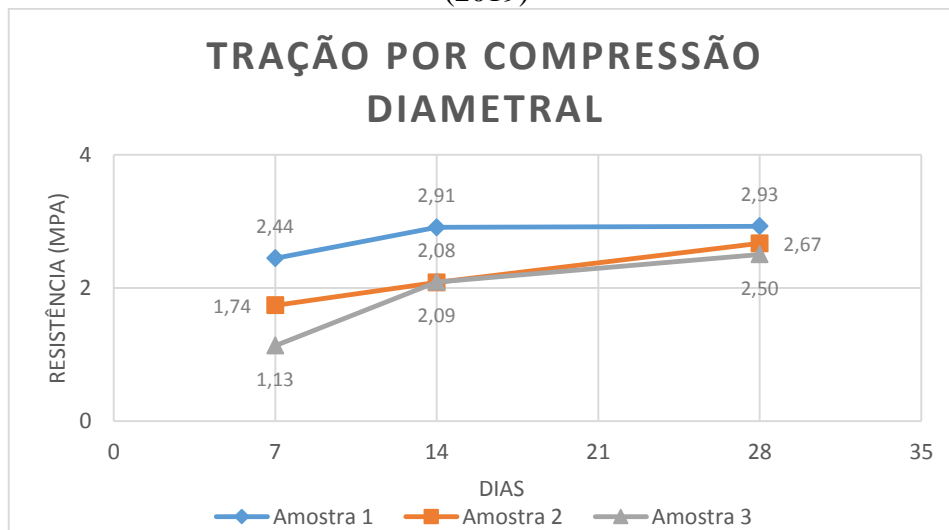
Comparativamente, entre as amostras 1, 2 e 3, na idade de 7 a Amostra 1 apresentou melhor desempenho com resistência pelo menos duas vezes maior que a das outras amostras desenvolvidas. Na idade de 14 dias a Amostra 1 novamente apresentou capacidade 2 vezes maior que as outras amostras. Na idade de 28 dias o cenário mudou e tanto a Amostra 2 como a Amostra 3 desenvolveram capacidade de resistência superior a Amostra 1, que manteve uma regularidade na variação de resistência entre todas as idades avaliadas.

3.2 Ensaio de tração por compressão diametral

Os resultados obtidos através da avaliação de resistência a compressão diametral dos concretos foram sintetizados em forma de gráfico para melhor compreensão dos dados obtidos, através da perspectiva gerada pela ilustração gráfica observou-se que o aproveitamento no que tange as resistências desenvolvidas quando comparadas ao concreto convencional não foram superiores, contudo os modelos sugeridos com adição da fibra de coco apresentaram comportamento razoável. Através do gráfico 3 apresentado a seguir pode-se observar o comportamento em termos de resistência relativo as amostras submetidas ao ensaio de compressão diametral nas respectivas idades de 7, 14 e 28 dias.

Assim como na análise anteriormente apresentada é importante salientar que o desenvolvimento deste ensaio se deu em diferentes laboratórios devido a logística e disponibilidade dos mesmos, para a Amostra 1 composta apenas pelo concreto convencional, o ensaios de 7 e 28 dias de idade foram realizados na Concreteira Mix Mattar e o ensaio relativo ao 14 dia foi realizado na Doctum. Para as Amostras 2 e 3 os ensaios realizados com 7 e 14 dias de idade foram realizados na Doctum e o ensaio de 28 dias na Concreteira Mix Mattar.

Gráfico 3 - Resistencia de tração por compressão diametral das Amostras 1, 2 e 3. Autor (2019)



Considerando a análise do gráfico 3 em questão, as amostras 3 e 2 apresentaram respectivamente menor capacidade de resistência em todos os períodos avaliados, ou seja, em 7, 14 e 28 dias de cura. É nítido que a adição da fibra de coco afetou a resistência das amostras 2 e 3, com finalidade de reajustar tal fragilidade apresentada pela adição da fibra de coco, um ajuste de dosagem pode condicionar a uma maior capacidade de resistência, contudo fica esclarecido que em termos de tração por compressão diametral, tal adição deixa uma abertura para novas análises pertinentes ao melhoramento desse comportamento que está estritamente relacionado a dosagem desenvolvida para o estudo. Em outras palavras, é necessário reaver a dosagem para as amostras 2 e 3 obterem um comportamento mais satisfatório.

Comparativamente, a Amostra 1 apresentou resistência superior as Amostras 2 e 3 durante todas as idades analisadas, além deste dado obtido a Amostra 2 apresentou resultados melhores que a Amostra 3, o que evidencia que a adição de fibras de coco em grandes quantidades ocasionam redução da capacidade resistente do concreto.

4 CONCLUSÃO

Este estudo explorou fundamentalmente analisar a utilização da fibra de coco na dosagem do concreto, apresentando êxito no tange a totalidade dos objetivos inicialmente propostos, o que sistematicamente sugere a viabilidade de utilização da fibra de coco como adição.

É relevante discorrer que a aplicação da fibra de coco traz resultados técnicos positivos na vertente sustentável visto a reutilização dos resíduos proporcionam benefícios de ordem social, econômica e ambiental.

O subsidio técnico guarnecido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas e a Associação Brasileira de Cimento Portland contribuiu categoricamente para êxito na identificação das características produzidas, em termos de resistência, pelo material proposto. Nesta toada, no que tange aos resultados finais de resistência a compressão axial do concreto para um Fck de 30 MPa, os valores apresentados não foram exatamente satisfatórios, contudo pode-se afirmar que a adição de fibra de coco é uma possibilidade palpável para produção de concreto de cimento Portland, trata-se de um material sem alteração significativas dos requisitos técnicos do produto final, ressaltando a importância da dosagem do concreto tanto em seu viés prático como teórico são expressivos no que compete a obtenção de um comportamento mecânico satisfatório.

Sintetizando os dados obtidos de modo comparativo entre as amostras desenvolvidas no trabalho, o concreto convencional desenvolveu resistências superiores ao concreto adicionado de fibra de coco. A incorporação da fibra de coco como adição ao concreto se manifestou como uma viável possibilidade, contudo o trabalho deixa a sugestão da realização de algumas análises mais aprofundadas como a influência da fibra de coco no que diz respeito a corrosão de armaduras no concreto armado, outro aspecto interessante é a análise de concretos compostos com teores inferiores a 5% com fito de desenvolver um refinamento da aplicação da fibra, seja para fins de resistência mecânica, durabilidade ou aspectos econômicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5739: Concreto: Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994. 9p.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 248: Agregados - Determinação da Composição Granulométrica Rio de Janeiro, 2003. 8p

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118: Projetos de Estrutura de Concreto - Procedimentos . 3 Ed. Rio de Janeiro, 2014.

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 NM 30. – Agregado miúdo – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 7222 – Concreto e Argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5738: Moldagem: Procedimento de moldagem e cura de corpo de prova. Rio de Janeiro, 2015.

AHMAD, M. H.; LOON, L. Y.; OMAR, R. C.; MALEK, M. A.; NOOR, N. M.; THIRUSEVAN, S. Mix Design of Styrofoam Concrete. ICCBT 2008 - A - (26) - pp285 – 296. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, MALAYSIA. 2014.

BITENCOURT, D. V., e PEDROTTI A., 2008 - Usos da Casca de Coco: Estudo das Viabilidades de Implantação de Usina de Beneficiamento de Fibra de Coco em Sergipe - Revista da Fapese, v.4, n. 2, p. 113-122, jul./dez. 2019.

BONATO, M. M. et al., 2013 - Argamassas fotocatalíticas e concretos com adição de fibras de coco e sisal para a redução de impactos ambientais de gases poluentes, Rel. Técnico de Pesquisa LACTEC/COELBA/ANEEL, Curitiba, PR.

NARESI, LUIZ ANTONIO JUNIOR. Como devemos proceder se, após 28 dias, os ensaios de resistência do concreto estrutural de uma obra de contenção ficam abaixo do valor definido no projeto estrutural e geotécnico?. **Fundações e geotécnica**, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://sites.google.com/site/naresifundacoesgeotecnias/106-fck-o-que-aconteceu-que-nao-deu>. Acesso em: 16/11/2019

SILVA, E. et al. Análise técnica para o reaproveitamento da fibra de coco na construção civil. Acesso em: 10 de abril de 2018.

SILVA, E J. et al., 2014 - Resistência à compressão de argamassas em função da adição de fibra de coco, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, n.12, p.1268–1273.

SOUZA, E.S.et al., 2015 - APLICAÇÃO DA FIBRA DE COCO NO PROCESSO DE ISOLAMENTO TERMO ACÚSTICO, R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.233-245, dez. 2019.

FIGUEIREDO, Carvalho *et al.* Padronização para confecção de projetos estruturais. **Nrb 6118**, [S. l.], ano 2007, p. 150, 25 dez. 2019.

SANTOS, Cerutti *et al.* Sobre a nbr 6118 ser a referencia das normas. **NBR 6118**, [S. l.], ano 2015, p. 199, 25 dez. 2015

ALMEIDA, ALMEIDA *et al.* O modo de executar o controle do concreto durante a fabricação e apos o endurecimento. **Cura do concreto**, [S. l.], ano 2002, p. 87, 25 dez. 2002.

BONATO, SILVA *et al.* A utilização da fibra vegetal. **Cura do concreto**, [S. l.], ano 1999, p. 99, 25 dez. 2014.

FILHO, TOLEDO *et al.* Rompimento de corpos de prova com fibra de coco. **Cura do concreto**, [S. l.], ano 1997, p. 101, 25 dez. 1997.

LIMA, LIMA *et al.* A emissao de CO2 no Brasil. **Ocasionada pela produção do concreto**, [S. l.], ano 2010, p. 200, 25 dez. 2010.