

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ESTÂNCIA

DIRETORIA DE ENSINO

COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

FLÁVIO OLIVEIRA SANTANA

**DESENVOLVIMENTO DE MOLDE PARA CONFECÇÃO DE PLACAS DE
CONCRETO COM APLICAÇÃO EM PAVIMENTO INDUSTRIAL**

MONOGRAFIA

ESTÂNCIA

2020

FLÁVIO OLIVEIRA SANTANA

**DESENVOLVIMENTO DE MOLDE PARA CONFECÇÃO DE PLACAS DE
CONCRETO COM APLICAÇÃO EM PAVIMENTO INDUSTRIAL**

Monografia apresentada como requisito parcial
à obtenção do título de Bacharel, da
Coordenação do Curso de Engenharia Civil, do
Instituto Federal de Sergipe – Campus Estância.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Augustus Remacre
Munareto Lima

ESTÂNCIA

2020

Santana, Flávio Oliveira.
S231d Desenvolvimento de molde para confecção de placas de concreto com aplicação em pavimento industrial. / Flávio Oliveira Santana. – Estância, 2020.
66 f.; il.

Monografia (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Civil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – IFS, 2014.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Augustus Remacre Munareto Lima.

1. Concreto antifissurante. 2. Construção civil. 3. Fibras a base de poliéster. 4. Manufatura. 5. Reutilização. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe - IFS. II. Lima, Thiago Augustus Remacre Munareto. III. Título.

CDU: 624.012.3:666.972.16



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE
Av. Jorge Amado, 1551 — Loteamento Garcia, Bairro Jardins — CEP 49025-330 — Aracaju/SE
Fone: (79) 3711 1400 — E-mail: reitoria@ifs.edu.br

APÊNDICE 10 - TERMO DE APROVAÇÃO

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia Nº

TÍTULO DO PROJETO: DESENVOLVIMENTO DE MOLDE PARA CONFECÇÃO DE PLACAS DE CONCRETO COM APLICAÇÃO EM PAVIMENTO INDUSTRIAL

AUTOR: Flávio Oliveira Santana

Esta monografia foi apresentada às 15:00 horas do dia 04 de Dezembro de 2020 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Civil

O candidato foi arguido pela banca examinadora composta pelos examinadores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Angelina Maria de Almeida

Prof^a. Dra. Angelina Maria de Almeida

(IFS - Campus Estância)

Fernanda Martins Cavalcante de Melo

Prof^a. Ma. Fernanda Martins Cavalcante de Melo

(IFS - Campus Estância)

Prof. Dr. Thiago Augustus Remacre Munareto Lima

Prof. Dr. Thiago Augustus Remacre
Munareto Lima (IFS – Campus
estância)
Orientador(a)

Prof. Marcos Elan Alves de Araújo (IFS –
Campus Estância)
Coordenador(a) da COEC

Dedico este trabalho à minha amada vó, Josefa Costa de Oliveira, pelo amor e sua capacidade de proporcionar paz, que juntamente com meus pais me ensinaram a ser uma pessoa melhor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, pois, apesar das inúmeras dificuldades, me acompanhou em cada decisão e manteve fortalecida a minha vontade de encerrar mais uma etapa em minha vida, que é a realização de um sonho.

É importante reconhecer e agradecer a todos que em diversos momentos de minha vida acadêmica estiveram sempre ao meu lado, nos momentos de alegria e de frustração. Agradeço de coração a cada pessoa que esteve comigo.

Aos meus pais, Annelita Oliveira Santana e Givaldo Santos Santana agradeço pela determinação, acolhimento em momentos de dificuldade e toda confiança depositada em mim.

Agradeço a minha prima Síntique Tainah Costa Freire por sempre me incentivar no desenvolvimento acadêmico e acreditar no meu potencial.

A minha namorada Tainar Rodrigues dos Santos agradeço pelo companheirismo, amizade, pelas noites sem dormir e por sempre apoiar minhas decisões, muitas vezes ter parado o seu TCC para se preocupar e me ajudar.

Agradeço a meu orientador Prof. Dr. Thiago Augustus Remacre Munareto Lima, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória e mesmo tendo uma rotina de vida muito intensa, aceitou dividir um pouco do seu conhecimento que sem dúvidas foram valiosos.

A grupo de pesquisa intitulado Núcleo de Materiais Avançados, Compósitos e Componentes para Construção Civil, em especial a Nayara Bispo Barros pelo apoio incondicional e por toda ajuda, por muitas vezes ter deixado seus afazeres para se dedicar a nossa pesquisa, não importava o dia e nem o horário, sempre estávamos juntos no IFS para resolver problemas relacionados a nossa pesquisa.

Agradeço a Prof^a. Ma. Fernanda Martins Cavalcante de Melo e Prof. Me. Adysson André Fortuna de Souza, pela contribuição durante a realização desta pesquisa.

A minha banca examinadora Prof^a. Ma. Fernanda Martins Cavalcante de Melo e Prof^a. Dra. Angelina Maria de Almeida, por ter aceitado participar e agregar ainda mais valor ao meu TCC.

À técnica de laboratório Jucicléa Santos Alves e à assistente de laboratório Suellen Regina Araújo Batista Pereira por estarem sempre à disposição nos momentos de dúvidas e ajudar durante as fases experimentais desta pesquisa.

Ao Instituto Federal de Sergipe (IFS), pela estrutura disponibilizada, não só a estrutura física, mas principalmente o acolhimento que nós alunos recebemos.

Agradeço também a Indústria Têxtil Sergitex por ter fornecido as “rebarbas” e “expurgos” de fibras a base de poliéster para realizar minha pesquisa.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

No que se diz respeito ao empenho,
ao compromisso, ao esforço, à dedicação,
não existe meio termo.
Ou você faz uma coisa bem-feita ou não faz.
(SENNÁ, Ayrton, 1997)

RESUMO

SANTANA, Flávio Oliveira. **Desenvolvimento de molde para confecção de placas de concreto com aplicação em pavimento industrial**. 66 páginas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Estância. 2020.

Em virtude do grande uso do concreto no desenvolvimento da construção civil nos últimos anos, torna-se imprescindível garantir um bom desempenho das obras, para tal é necessário a realização de manutenções preventivas ou corretivas, durante sua vida útil, garantindo uma maior longevidade. Por ser um material suscetível a formação de fissuras, onde a sua propagação é fator predominante para a perda da durabilidade, há a necessidade de estudos que proporcione maior vida útil para as estruturas de concreto. Uma das soluções mais promissoras para melhorar seu desempenho, consiste na adição de fibras, logo o Concreto reforçado com fibra (CRF) vem alcançando patamares interessantes em linhas de pesquisa e na indústria da construção civil, sendo aplicados também em pisos industriais. Desta forma, o presente trabalho tem como finalidade a reutilização de fibras a base de poliéster, proveniente de resíduos gerados no processo de fabricação do jeans pela indústria têxtil Sergitex, localizada no município de Estância/SE, como adição na produção de placas de concreto, para piso elevado antifissurante, fazendo-se necessário a manufatura de um molde metálico que possibilite um processo eficiente de moldagem, desmoldagem e facilidade de manutenção. Assim sendo, foi desenvolvido um molde metálico considerado eficiente para atingir os objetivos da pesquisa. Já para a formulação do traço foram confeccionados corpos de prova cilíndricos nas formulações padrão e com adições de 0,075% e 0,1% de fibras a base de poliéster, sendo estes submetidos aos ensaios de absorção de água, índice de vazios, massa específica, resistência a compressão axial e tração por compressão diametral, após cura de 28 dias. Fundamentado no estudo das propriedades do CRF com adição de fibras a base de poliéster e com base nos resultados obtidos, verificou-se que, as variações de resistência à compressão axial e tração por compressão diametral não apresentaram modificações significativas, podendo este ser utilizado para fins estruturais. Constatou-se também que a absorção de água está relacionada diretamente ao índice de vazios, pois as amostras com maior número de vazios obtiveram maior percentual de absorção de água. Conclui-se que a reutilização das fibras a base de poliéster pode ser uma alternativa viável, mesmo que em pequenas porcentagens, sendo uma boa iniciativa do ponto de vista ambiental, em se tratando do reaproveitamento de um material que não possui finalidade específica.

Palavras-chave: Concreto antifissurante. Construção civil. Fibras a base de poliéster. Manufatura. Reutilização.

ABSTRACT

SANTANA, Flávio Oliveira. **Development of mold for making concrete slabs with application on industrial pavement.** 66 pages. Monograph (Bachelor of Civil Engineering) – Federal Institute of Education, Science and Technology of Sergipe – Campus Estância. 2020.

Because of the great use of concrete in the development of civil construction in recent years, it is essential to ensure a good performance of the works, for this it is necessary to carry out preventive or corrective maintenance, during its useful life, ensuring greater longevity. As it is a material susceptible to the formation of cracks, where its propagation is the predominant factor for losing durability, there is a need for studies that provide a longer useful life for concrete structures. One of the most promising solutions to improve its performance is the addition of fibers, so Fiber Reinforced Concrete (FRC) has been reaching interesting levels in research lines and in the construction industry, being also applied in industrial floors. Thus, the present work aims to reuse polyester-based fibers from residues generated in the jeans manufacturing process by the textile industry Sergitex, located in the municipality of Estância / SE, as an addition to the production of concrete slabs, for anti-cracking, raised floors, making it necessary to manufacture a metal mold that enables an efficient molding, unmoulding and ease of maintenance process. Therefore, a metallic mold was developed that is considered efficient to achieve the research objectives. For the trace formulation, cylindrical specimens were made in standard formulations and with additions of 0.075% and 0.1% polyester-based fibers, which were subjected to water absorption, void index, specific mass tests, resistance to axial compression and traction by diametrical compression, after curing for 28 days. Based on the study of the properties of the FRC with the addition of fibers based on polyester and based on the results obtained, it was found that the variations in resistance to axial compression and traction by diametrical compression did not show significant changes, which can be used for structural. It was also constated that water absorption is directly related to the void index, since samples with a greater number of voids obtained a higher percentage of water absorption. It is concluded that the reuse of fibers based on polyester can be a viable alternative, even in small percentages, being a good initiative from the environmental point of view, when it comes to the reuse of a material that does not have a specific purpose.

Keywords: Anti-cracking concrete. Civil Construction. Polyester-based fiber. Manufacture. Reuse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição do mercado brasileiro de fibras de aço por tipo de aplicação, no ano de 2009 e primeiro semestre de 2010.	26
Figura 2 – Distribuição do mercado brasileiro de macrofibras poliméricas, por tipo de aplicação, no primeiro semestre de 2010.	26
Figura 3 – Esquema de concentração de tensões para um concreto simples (a) e com reforço de fibras (b).	27
Figura 4 – Pisos pré-fabricados: A) Placas assentadas em material granular - sistema flutuante e B) Placas assentadas sobre argamassa - sistema aderido.	33
Figura 5 – Piso elevado.	34
Figura 6 – Piso suspenso em área interna.	34
Figura 7 – Fluxograma do programa experimental.	36
Figura 8 – Fibras a base de poliéster.	38
Figura 9 – Ensaio de absorção das fibras.	39
Figura 10 – Materiais para elaboração do traço.	40
Figura 11 – Etapas da mistura do concreto.	41
Figura 12 – Corpos de prova com plástico filme.	42
Figura 13 – Processo de cura no tanque.	42
Figura 14 – <i>Slump test</i>	43
Figura 15 – Nivelamento do corpo de prova com neoprene para rompimento.	44
Figura 16 – Nivelamento do corpo de prova com neoprene para rompimento.	45
Figura 17 – Procedimento de ensaio: A) corpos de prova na estufa; B) processo de saturação; C) ebulição.	45
Figura 18 – Procedimento de ensaio: A) corpos de prova na estufa; B) processo de saturação por capilaridade; C) pesar; D) rompimento por compressão diametral.	46
Figura 19 – Placa em processo de cura no tanque.	47
Figura 20 – Curva granulométrica do agregado miúdo.	49
Figura 21 – Resistência a compressão axial.	53
Figura 22 – Resistência a compressão axial x Absorção por imersão.	54
Figura 23 – Resistência a compressão axial x Absorção por capilaridade.	55
Figura 24 – Resistência a tração por compressão diametral.	55
Figura 25 – Protótipo “L”: A) desenho; B) confeccionado (40cmx40cm).	57
Figura 26 – Protótipo “Z”: A) desenho; B) confeccionado (40cmx40cm).	57
Figura 27 – Placa de concreto: A) protótipo “L”; B) protótipo “Z”.	58
Figura 28 – Placas moldadas com o protótipo “L”.	58

Figura 29 – Protótipo ideal em perspectiva.	59
Figura 30 – Vista lateral direita.	59
Figura 31 – Placa de concreto.	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais características das fibras.....	25
Quadro 2 – Tipos de concreto pré-moldados.	32
Quadro 3 – Ensaio realizado para a caracterização do cimento Portland.	37
Quadro 4 – Ensaio realizado para a caracterização do agregado miúdo.	37
Quadro 5 – Ensaio realizado para a caracterização do agregado graúdo.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Abertura permitida para fissuras segundo a norma americana.	22
Tabela 2 – Composição do traço base (kg/m ³).	40
Tabela 3 – Traço para um corpo de prova cilíndrico de 10cmx20cm.	40
Tabela 4 – Relatório dos ensaios físicos do cimento utilizado.	48
Tabela 5 – Análise granulométrica do agregado miúdo.	48
Tabela 6 – Relatório dos ensaios físicos do agregado miúdo.	49
Tabela 7 – Relatório dos ensaios físicos do agregado graúdo.	50
Tabela 8 – Ensaio de absorção de água.	50
Tabela 9 – Propriedades das fibras a base de poliéster.	50
Tabela 10 – Resultado da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica.	51
Tabela 11 – Resultado da absorção de água por capilaridade.	52

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACI	American Concrete Institute
AFIPOL	Associação Brasileira dos Produtores de Fibras Polioefínicas
CADRFA	Concretos de Alto Desempenho Reforçados com Fibras de Aço
cm	Centímetro
CP II F	Cimento Portland composto com material carbonático
CRF	Concreto Reforçado com Fibra
CRFA	Concretos Reforçados com Fibras de Aço
ELS-F	Estado Limite de Formação de Fissuras
g	Grama
g/cm ³	Grama por centímetro cúbico
kg/m ³	Quilograma por metro cúbico
ml	mililitros
mm	Milímetro
MPa	Mega Pascal
NBR	Norma Brasileira
PET	Polietileno Tereftalato
PIBIC	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica
PROPEX	Pró-reitora de Pesquisa e Extensão
RILEM	Réunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	JUSTIFICATIVA	19
1.2	HIPÓTESE	19
1.3	OBJETIVOS	20
1.3.1	Objetivo Geral.....	20
1.3.2	Objetivos Específicos	20
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1	ESTADO DE FISSURAÇÃO DO CONCRETO	22
2.2	CONCRETO REFORÇADO COM FIBRA (CRF)	23
2.2.1	Propriedades do concreto reforçado com fibras.....	28
2.2.1.1	Trabalhabilidade.....	28
2.2.1.2	Durabilidade	28
2.2.1.3	Absorção de água, índice de vazios e massa específica real	28
2.2.1.4	Absorção de água por capilaridade	29
2.2.1.5	Resistência ao impacto	29
2.2.1.6	Resistência à compressão.....	29
2.2.1.7	Resistência à tração	30
2.2.1.8	Retração.....	30
2.2.1.9	Tenacidade	30
2.3	FÔRMAS	31
2.4	PLACAS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADA	32
2.4.1.1	Aplicação horizontal	32
2.5	PISO ELEVADO	33
3	MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1	CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	36
3.1.1	Cimento Portland	36
3.1.2	Agregado miúdo	37
3.1.3	Agregado graúdo.....	37
3.1.4	Água	38
3.1.5	Fibras a base de poliéster.....	38
3.2	ELABORAÇÃO DO TRAÇO	39
3.3	ELABORAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA.....	40
3.4	PROCESSO DE CURA DAS AMOSTRAS	42

3.5	ENSAIOS REALIZADOS	43
3.5.1	Determinação da consistência	43
3.5.2	Resistência à compressão axial	43
3.5.3	Resistência à compressão diametral	44
3.5.4	Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica....	45
3.5.5	Determinação da absorção da água por capilaridade	46
3.6	CONFECÇÃO DOS MOLDES	46
3.6.1	Moldagem e cura das placas	47
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1	PROPRIEDADES FÍSICAS DOS MATERIAIS	48
4.1.1	Cimento Portland	48
4.1.2	Agregado miúdo	48
4.1.3	Agregado graúdo	49
4.1.4	Fibras a base de poliéster	50
4.2	PROPRIEDADES DO CONCRETO DO ESTADO FRESCO	51
4.3	PROPRIEDADES DO CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO	51
4.3.1	Propriedades físicas	51
4.3.1.1	Absorção de água, índice de vazios e massa específica	51
4.3.2	Propriedades mecânicas	53
4.3.2.1	Resistência à compressão axial	53
4.3.2.2	Resistência à compressão diametral	55
4.4	CONFECÇÃO DO MOLDE	56
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	62
	REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é de suma importância para o desenvolvimento da humanidade. Segundo Grzymiski (2019), o concreto é um material composto que apresenta elevada resistência à compressão, mas tendo como desvantagem a baixa resistência à tração. Por consequência, surgem fissuras que se propagam em estruturas de concreto, levando assim a uma redução em sua durabilidade. Em virtude do grande uso do concreto, estes apresentam diversas manifestações patológicas que segundo Vieira (2016), podem ocorrer na fase de projeto, construção, utilização e manutenção, tendo diversas causas, como envelhecimento natural da edificação, acidentes, entre outras.

Em função dos problemas ocorridos pela falta de manutenção e até mesmo o custo elevado para se executar essas manutenções, há necessidade de estudos que proporcionem maior vida útil para as estruturas de concreto. Sendo assim, o concreto reforçado com fibra (CRF) vem alcançando patamares interessantes em linhas de pesquisa e na indústria da construção civil, onde são aplicados em peças pré-fabricadas, como tubos pluviais, sistema de contenção, como túneis e taludes, e também em elementos estruturais, como os pisos industriais (FIGUEIREDO, 2011).

Segundo Pereira (2017), as fibras oferecidas no mercado possuem uma gama enorme de formas e são fabricadas a partir de materiais distintos. Sendo as fibras de polipropileno e as fibras de aço as mais utilizadas como reforço secundário, ambas com a função de controlar a abertura e propagação de fissuras. Ainda segundo o autor, o mecanismo por trás da incorporação de fibras no concreto está na habilidade das mesmas em criar mecanismos capazes de controlarem a abertura e propagação das fissuras, e assim aumentar a tenacidade, as tensões residuais de tração e a rigidez à flexão. Sendo estas características fundamentais do sistema de piso elevado.

Para a NBR 15805 (ABNT, 2015), o piso elevado é formado por placas pré-fabricadas e modulares, podendo ser assentadas com juntas abertas e uniformes, sobre apoios contínuos ou isolados. Assim resultando em uma superfície regular que além de funcionar como circulação, possui como característica o fácil acesso em seu espaço entrepisso, podendo ser utilizado para passagem de instalações. Tecnologia essa que segundo Bernardes (2009), é muito versátil, com utilização desde o nível térreo até a cobertura em empreendimentos no Brasil.

1.1 JUSTIFICATIVA

O concreto é um material suscetível a formação de fissuras, onde a sua propagação é fator predominante para a perda da durabilidade, em que diversas literatura reportam a necessidade de aprimorar as características no estado endurecido para diminuir os efeitos da formação de fissuras. Para dirimir a extensão da abertura e propagação das fissuras, o American Concrete Institute - ACI 544.4R (2002) menciona que o CRF pode ser uma solução econômica, pois o concreto reforçado com aço e fibra sintética são utilizados no lugar do reforço de tela de arame soldado, e esta substituição apresenta resultados satisfatórios quanto ao controle do estado fissurado.

O estudo da inserção das fibras a base de poliéster no concreto é relevante: para criar mecanismos capazes de controlarem a abertura e propagação das fissuras em peças de concreto endurecido. Para isso, a parceria com a indústria SERGITEX possibilita a aquisição de fibras a base de poliéster, provenientes das “rebarbas” e “expurgos” do processo de fabricação de peças de Jeans, que antes seriam despejadas no meio ambiente sem o reaproveitamento adequado.

Com o uso das fibras a base de poliéster inseridas no traço do concreto, a pesquisa visa desenvolver placas de concreto para piso elevado, a partir da elaboração de um molde inovador, visando aprimorar as características do concreto convencional e, assim, surge a hipótese de que as fibras minimizem a abertura e propagação de fissuras, além de reaproveitar um material que não tem finalidade específica.

1.2 HIPÓTESE

O trabalho abrange a hipótese de desenvolver um traço de concreto reforçado com fibras a base de poliéster, para aprimorar a resistência ao fissuramento do concreto no estado endurecido, após 28 dias. As fibras agem como ponte de transferência de tensões, atuando como meio de dissipação e absorção de tensões superficiais e internas, e assim propicia um comportamento mais dúctil da peça de concreto endurecido (FIGUEIREDO, 2011).

De acordo com o Isaia (2017), a propagação de fissuras em elementos estruturais ocorre, por intensificação de tensões acima da resistência ao fraturamento

do material. As tensões responsáveis pelas fissuras, que, muitas vezes, levam ao colapso estrutural, podem ter origens em solicitações diretas, como a aplicação de carregamentos ao elemento estrutural, ou podem devido aos deslocamentos impostos, a exemplo dos recalques diferenciais ou, ainda, das deformações termo elásticas.

O emprego de fibras em concreto endurecido é de fundamental importância para que a autocicatrização ocorra em sua plenitude. Uma vez que, para o concreto desempenhar propriedades autocicatrizantes, segundo Neville (2016), é necessário que a abertura de fissuras seja restringida em até 2 mm. Dessa forma surge a hipótese principal deste trabalho de conclusão de curso, em utilizar as fibras a base de poliéster como meio de reduzir a propagação extensa na peça de concreto endurecido e restringir a abertura de fissuras. Este mecanismo de restrição do estado fissurado, torna possível a atuação da autocicatrização que será estudado em trabalhos futuros, onde a sinergia das fibras a base de poliéster e a autocura, contribuirão nos avanços científicos da Engenharia dos Materiais aplicados a Engenharia Civil.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver traço de concreto reforçado com fibras a base de poliéster e molde metálico, a fim de confeccionar placas de concreto para piso elevado, em aplicações indústrias, capazes de proporcionar maior encaixe, travamento e simplicidade no desmolde.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar ensaios de caracterização dos materiais de acordo com as normas pertinentes;
- Desenvolver traço de concreto reforçado com fibras a base de poliéster para aplicação em piso suspenso;
- Analisar a influência das fibras a base de poliéster no concreto em seu estado fresco e endurecido;
- Confeccionar molde metálico para fabricação de peças de piso suspenso.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta monografia encontra-se estruturada em 5 capítulos, além das referências. No capítulo dois é apresentado uma revisão sucinta da bibliografia sobre estado de fissuração do concreto, concreto reforçado com fibra, fôrmas, placas de concreto pré-moldado e piso elevado. Já no capítulo três é descrito os materiais e métodos, que descreve as propriedades e caracterização dos materiais utilizados neste estudo, incluindo a metodologia empregada no preparo dos corpos de prova, manufatura de molde e ensaios realizados. No capítulo quatro é apresentado e discutido os resultados obtidos e no capítulo cinco estão descritas as principais conclusões provenientes dos resultados e análises elaboradas no decorrer desse estudo. Além de algumas sugestões para trabalhos futuros, pesquisas estas necessárias para melhor compreender o processo de antifissuramento do concreto reforçado com fibras a base de poliéster.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ESTADO DE FISSURAÇÃO DO CONCRETO

A NBR 6118 (ABNT, 2014) trata da relação entre fissuração e durabilidade, onde propõe limites para a abertura de fissuras, como função da classe de agressividade do ambiente, tendo como característica o estado limite de fissuras (ELS-F), sendo o estado em que tem início a fissuração. Ele é alcançado quando a tensão de tração máxima da peça for igual ou superior à resistência do concreto à tração na flexão.

Dependendo da classe de agressividade, esses valores podem variar de 0,2 mm até 0,4 mm, para o concreto armado. Caso a abertura da fissura seja superior ao limite apresentado em norma, a avaliação da profundidade da fissura pode ser importante para determinar qual o cobrimento efetivo da armadura. Controlar o tamanho da fissura é muito importante, pois se a mesma for suficiente para o ingresso de agentes agressivos a armadura pode ser despassivada (SILVA FILHO; HELENE, 2011).

O ACI 224R (2001), adota valores máximos de fissuras entre 0,4 mm, ao considerar uma estrutura em clima seco ou protegido, e 0,1 mm, em reservatórios, conforme a Tabela 1. É saído que, a simples presença de fissuras não indica necessariamente que a capacidade ou a resistência mecânica das estruturas de concreto tem deficiência.

Tabela 1 – Abertura permitida para fissuras segundo a norma americana.

Condições de exposição	Abertura de fissura	
	(in)	(mm)
Clima seco ou peça protegida	0,016	0,41
Ambiente úmido. Peças em contato com o solo	0,012	0,3
Agressividade química	0,007	0,18
Ambiente marinho, molhado ou seco	0,006	0,15
Estruturas para retenção de líquidos	0,004	0,1

Fonte: ACI 224R (2001), adaptado

De acordo com Leonhardt (1988), para minimizar o aparecimento de fissuras durante o endurecimento do concreto, é necessário garantir uma diferença de temperatura o mais baixo possível, o que pode ser feito por uma ou mais das seguintes medidas:

- Escolha do cimento: deve ser selecionado um cimento com baixo calor inicial de hidratação. O teor de cimento do concreto deve ser mantido o mais baixo possível, com boa classificação dos agregados. O desenvolvimento de calor também pode ser reduzido pela adição de cinzas volantes ou pelo uso de cimento com escória.
- Cura: a evaporação de água deve ser evitada usando compostos de cura ou cobrindo o concreto com uma membrana. A evaporação rápida pode levar a rachaduras.
- Cura por isolamento térmico: deve ser evitado o resfriamento rápido da superfície. O grau de isolamento térmico depende não apenas do clima, mas também da espessura do elemento concreto e do tipo de cimento utilizado. A pulverização de água fria em concreto quente não é recomendada.
- Pré-resfriamento - esta é uma necessidade para grandes estruturas de concreto maciço, como barragens. Para estruturas mais usuais, nas quais o encurtamento após o resfriamento pode ocorrer sem criar forças de restrição significativas, o pré-resfriamento é caro e desnecessário. Neste caso, o isolamento térmico é preferível e também tem o benefício de acelerar o desenvolvimento da resistência do concreto. Uma exceção pode ser feita em climas muito quentes, pois o pré-resfriamento pode manter o concreto trabalhável por um período maior de tempo.

2.2 CONCRETO REFORÇADO COM FIBRA (CRF)

Os concretos com fibras são normalmente classificados como materiais compósitos. O termo compósito indica uma classe de materiais constituídos pela combinação de dois ou mais elementos, com propriedades físicas e químicas distintas, que atuam em conjunto, mas que ainda permanecem identificáveis (QUININO, 2015).

Para Lucena (2017), os componentes de um material compósito podem ser divididos em matriz e reforço. A matriz é o que confere estrutura ao material compósito, já os elementos de reforço são os que podem realçar as propriedades mecânicas do material compósito como um todo. Neste sentido, a fibra a base de poliéster é descrita como reforço, enquanto que o concreto no estado fresco é classificado como matriz.

Segundo os estudos apresentados na Rilem (2016), as fibras podem ser incorporadas no concreto em diversas aplicações, para melhorar a vida útil do CRF. O efeito total de reforço, proporcionado pelas fibras na matriz do cimento, depende do seu número e da sua orientação, em relação ao plano de fissura pela unidade de área. A característica das fibras na matriz de resistir ao arrancamento é determinada por sua relação comprimento/diâmetro, seu tipo e textura (PELISSER, 2002).

Para Quinino (2015), mesmo o concreto sendo um dos materiais utilizados no campo da construção civil, é possível identificar limitações em determinados usos, devido à expansão e retração térmica. Sendo assim, a incorporação de fibras no

concreto pode ser uma alternativa para tal. De acordo com Taylor (1994), as características das fibras empregada a matriz cimentícia irão influenciar diretamente no desempenho do CRF, onde:

- Quanto maior volume de fibras, maior a resistência pós-fissuração e consequentemente menor serrão as fissuras;
- Uma boa aderência entre a fibra e a matriz cimentícia reduz o tamanho das fissuras além de melhorar características de resistência, deformação e padrões de ruptura;
- Quanto maior o modulo de elasticidade maior a probabilidade de haver o arrancamento das fibras;
- Quanto maior a resistência das fibras empregadas, maior a ductilidade do compósito;
- Quanto maior o comprimento das fibras, menor a possibilidade de estas serem arrancadas

Segundo Romero (1995), as fibras sintéticas são produzidas a partir de resinas derivadas do petróleo. Onde pode ser citado o poliéster, o polipropileno, o nylon, o acrílico e os elastanos (Lycra), de características bastante peculiares. Sendo estas definidas como:

- Poliéster- Fibra sintética de maior consumo no setor têxtil, representa pouco mais de 50% da demanda total de fibras químicas, podendo ser utilizada pura ou em mistura com algodão, viscose, nylon, linho ou lã, em proporções variadas. Apresenta elevada resistência a umidade e aos agentes químicos (ácidos e álcalis), além de possuir grande resistência à tração.
- Polipropileno - Do ponto de vista da indústria têxtil para vestuário e uso doméstico, o polipropileno não é uma fibra importante, mas é muito utilizada na produção de sacarias, proporcionando excelente isolamento e proteção aos produtos assim acondicionados. Tem também aplicações em forrações de interiores e exteriores, na fabricação de feltros e de estofamentos.
- Nylon (ou Poliamida) - Primeira fibra sintética a ser produzida industrialmente. Entre outras qualidades, apresenta uma elevada resistência mecânica (cerca de 3,5 vezes superior ao algodão).
- Acrílico - Embora sendo a menos consumida dentre as fibras químicas têxteis, o acrílico, por suas características, ocupa espaço próprio no setor de confeccionados têxteis como o melhor substituto da lã. É um produto "quente" (bom isolante térmico) e leve, muito resistente a ação dos raios solares (radiação ultravioleta) e aos agentes químicos.
- Elastanos (Lycra) - A função destas fibras é conferir elasticidade aos tecidos convencionais (de malha ou planos), o que permite confeccionar peças de vestuário que aderem ao corpo. As fibras elastoméricas possuem grande elasticidade (podem atingir até cinco vezes seu tamanho normal sem se romperem) e sua utilização se faz sempre em combinação com outras fibras convencionais, em proporções que variam entre 5% e 20%. (ROMERO, 1995, p. 57)

De acordo com a Associação Brasileira dos Produtores de Fibras Poliolefinicas (AFIPOL, 2019), em seu manual prático de cordas, apresenta-se as características de diferentes tipos de fibras, como apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Principais características das fibras.

Características	Poliâmida (Nylon)	Poliéster	Polipropileno	Polietileno	Sisal
Absorção ao choque	Excelente	Bom	Muito bom	Razoável	Fraco
Resistência à abrasão	Muito bom	Excelente	Muito bom	Bom	Excelente
Resistência à fadiga	Bom	Excelente	Excelente	Bom	Fraco
Resistência à tração	Excelente	Excelente	Muito bom	Razoável	Fraco
Flutuabilidade	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Negativo
Raios UV	Muito bom	Excelente	Bom	Razoável	Bom
Alongamento	Médio	Baixo	Médio	Alto	baixo
Resistência Química					
Ácidos	Razoável	Bom	Excelente	Excelente	Fraco
Alcalinos	Muito bom	Razoável	Excelente	Excelente	Fraco
Solventes orgânicos	Muito bom	Bom	Muito bom	Muito bom	Fraco

Fonte: AFIPOL (2019), adaptado

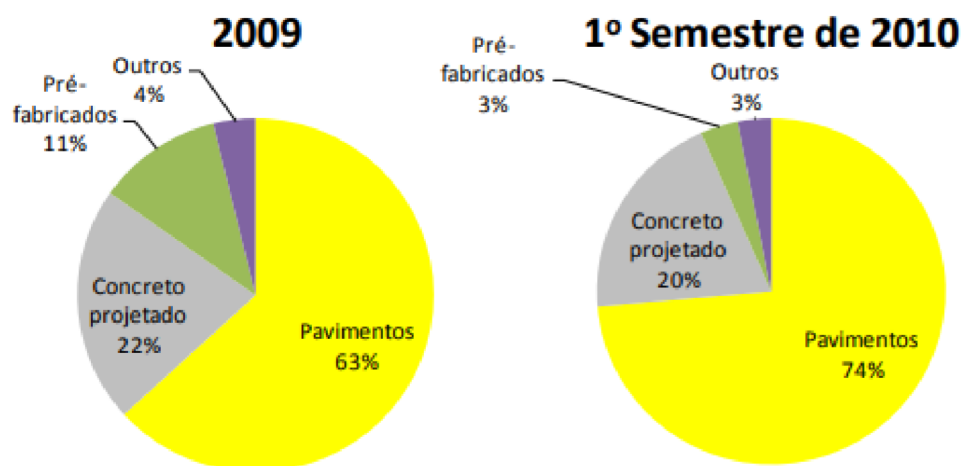
O concreto reforçado com fibras de aço é um material composto por uma matriz cimentícia e fibras de aço, aleatoriamente dispersas. Esta matriz pode ser representada por um concreto, uma argamassa ou uma pasta, contendo também materiais pozolânicos, aditivos químicos e fibras de um ou mais tipos. Após anos de estudos experimentais em concretos reforçados com fibras de aço (CRFA) e em concretos de alto desempenho reforçados com fibras de aço (CADRFA), foi possível alcançar incrementos significativos na resistência mecânica e tenacidade das misturas (PEREIRA, 2017).

Para Quinino (2015), o uso das fibras de aço no CRF proporciona um melhor comportamento dos elementos estruturais, devido à redução da formação de fissuras, resultando em uma melhor qualidade e maior durabilidade da obra. Ainda segundo o autor, outras vantagens em relação ao seu uso é que pode substituir, em algumas situações, a armadura convencional, podendo diminuir os custos com mão-de-obra para armação, sendo que praticamente não gera desperdício de material, não exigindo grandes investimentos para transporte e estocagem, além de ter um simples manuseio.

De acordo com Figueiredo (2011), o mercado brasileiro de fibras é centralizado em aplicações de baixo consumo e estruturas contínuas, como apresentado na Figura 1. Segundo o estudo realizado pelo autor junto aos principais fabricantes e representantes nacionais de fibras para reforço em concreto, as aplicações do

concreto reforçado com fibras (CRF) são muito concentradas, tendo sua principal aplicação em pavimentos industriais.

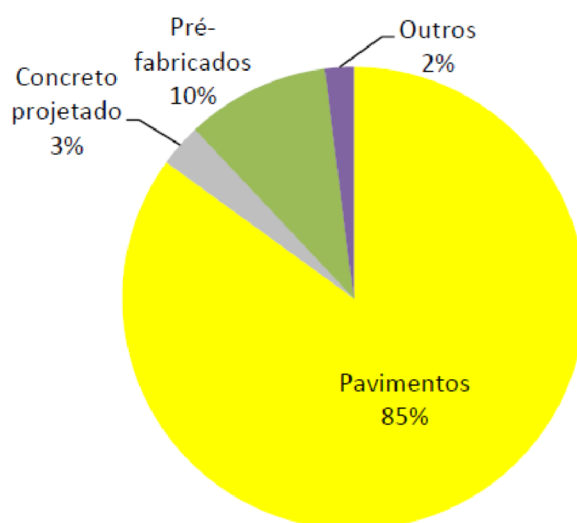
Figura 1 – Distribuição do mercado brasileiro de fibras de aço por tipo de aplicação, no ano de 2009 e primeiro semestre de 2010.



Fonte: Figueiredo (2011)

As macrofibras poliméricas têm seu mercado quase que restrito aos pavimentos industriais, como apresentado na Figura 2, o que pode ser apontada como a aplicação de CRF mais relevante no Brasil, em termos de volume (FIGUEIREDO, 2011).

Figura 2 – Distribuição do mercado brasileiro de macrofibras poliméricas, por tipo de aplicação, no primeiro semestre de 2010.



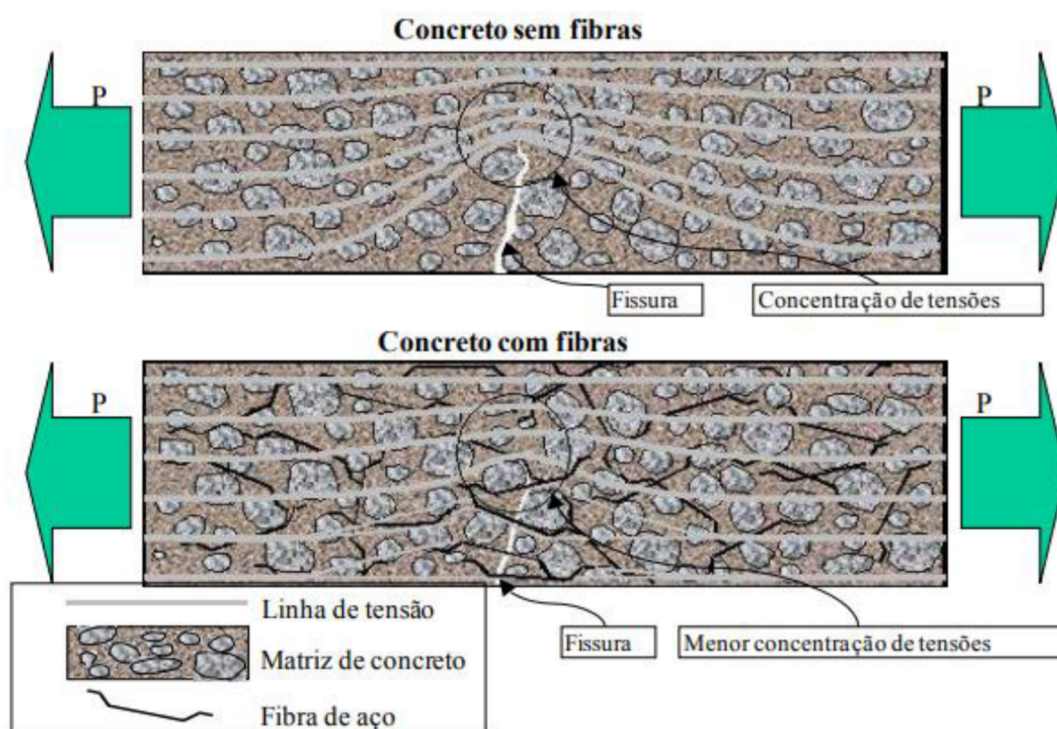
Fonte: Figueiredo (2011)

Ainda de acordo com Figueiredo (2011), a utilização do CRF no Brasil é uma atividade basicamente empírica, pois frequentemente se utilizam teores fixos de fibras

e há uma ausência de procedimentos de controle da qualidade do compósito, sendo estas múltiplos de 5 kg por metro cúbico. As pesquisas sobre o CRF são mundialmente lideradas pela Europa e Estados Unidos da América sendo estas direcionadas principalmente em aplicações mais sofisticadas, como uso de fibras no concreto auto adensável e de alta resistência, com resistência de 55 até 90MPa.

Para Figueiredo (2005), quando se adicionam fibras com resistência e módulo adequado ao concreto, num teor apropriado, esse deixa de ter o caráter marcadamente frágil. Isso ocorre, pois, as fibras servem como ponte de transferência de tensões nas extremidades da fissura, conforme apresentado na Figura 3. Obtendo uma redução significativa na velocidade de propagação das fissuras no material, que deixa de apresentar um comportamento frágil. Ou seja, o concreto reforçado com fibras apresenta certa capacidade resistente após a sua fissuração descaracterizando o comportamento frágil típico do material quando tracionado.

Figura 3 – Esquema de concentração de tensões para um concreto simples (a) e com reforço de fibras (b).



Fonte: Figueiredo (2005)

2.2.1 Propriedades do concreto reforçado com fibras

2.2.1.1 Trabalhabilidade

Segundo Figueiredo (2011), a adição de fibras altera a consistência e mobilidade da mistura de concreto e, conseqüentemente a sua trabalhabilidade. Onde essas alterações dependem de uma série de fatores, como o material que compõe as fibras, o teor utilizado e a sua geometria.

2.2.1.2 Durabilidade

A durabilidade é a capacidade que o material possui de conservar suas principais características, sob determinadas condições de exposição a longo prazo. Para o estudo da durabilidade do CRF, deve ser levado em consideração a exigência do seu uso, ou seja, as condições de exposição, os principais agentes de degradação e a delimitação do dano ocorrido (QUININO, 2015).

De acordo com Mehta (2008), a exposição do concreto em águas ácidas é fator prejudicial para a diminuição da durabilidade do material, pois a pasta de cimento hidratada é alcalina. Sendo preponderante em se tratando de durabilidade, o concreto apresenta características como a impermeabilidade, dificultando assim a passagem do fluido sob pressão na estrutura.

2.2.1.3 Absorção de água, índice de vazios e massa específica real

Segundo a NBR 9778 (ABNT,2009, p. 1), a absorção de água por imersão é o “processo pelo qual a água é conduzida e tende a ocupar os poros permeáveis de um copo sólido poroso”.

Segundo a NBR 9778 (ABNT,2009, p. 1), o índice de vazios é a “relação entre a massa do material seco e o volume total da amostra, incluindo os poros permeáveis e impermeáveis”. Para Rando Junior *et al.* (2019), o desempenho mecânico do concreto está interligado a sua microestrutura densa e ao baixo índice de vazios. A menor permeabilidade do concreto altera sua estabilidade dimensional, melhora seu desempenho, elevando a sua resistência à absorção, que por consequência ocorre o aumento a sua durabilidade.

2.2.1.4 Absorção de água por capilaridade

Os vazios capilares ocorrem quando os espaços não são ocupados por nenhum componente sólido da pasta de cimento hidratada. O tamanho desses vazios será estabelecido de acordo com a relação água/cimento ou com os diferentes graus de hidratação. Em situações onde o corpo está bem hidratado com baixa relação água/cimento, os vazios podem variar de 10 a 50 nm. Já para as pastas em que apresentam alta relação água/cimento nas primeiras idades de hidratação, esses vazios podem ser maiores, variando entre 3 a 5 μm (MEHTA; MONTEIRO, 2008.).

2.2.1.5 Resistência ao impacto

De acordo com Quinino (2015), dentre as propriedades mecânica do concreto reforçado com fibra, a resistência ao impacto, se destaca por ser identificada como sendo a energia consumida no rompimento de um corpo de prova padrão, onde é verificado a quantidade de golpes necessários para alcançar um nível e tamanho pré-definido de dano na estrutura. As solicitações ao longo do tempo devem ser destacadas, pois, esses esforços cíclicos geram uma fadiga, que se dá no nível de tensão inferior ao previsto no ensaio estático.

Os elementos de concreto são submetidos a cargas de impacto, no entanto, a adição de fibras ao concreto pode diminuir a criação e propagação de fissuras no CRF, elevando sua resistência ao impacto, quanto a tenacidade (ou energia de fratura) do compósito, em comparação com o comportamento do concreto sem adição de fibras, sob condições de carga semelhantes (PLIZZARI; MINDESS, 2019).

2.2.1.6 Resistência à compressão

De acordo com o ACI 544.4R (2002), em geral, pode-se afirmar que a resistência à compressão de um compósito sofre pouca ou nenhuma influência decorrente da adição de fibras, as pequenas diferenças apresentadas foram previstas. Eles também podem ocorrer devido a variações no conteúdo real de ar do concreto endurecido e às diferenças em seu peso unitário.

Já de acordo com Figueiredo (2000), mesmo não promovendo ganhos significativos de resistência à compressão ao concreto, as fibras atuam como pontes de transferência de tensões pelas fissuras, que proporciona um aumento de tenacidade, podendo assim absorver uma quantidade maior de energia após

comprovada a fissuração. O estudo de Santos (2018), aponta para um incremento nesta propriedade, ao adicionar fibras de coco ao concreto.

2.2.1.7 Resistência à tração

De acordo com Lee (2017), diferente da resistência à compressão, a resistência à tração dos materiais a base de cimento corresponde apenas a aproximadamente 10% da sua resistência à compressão. Sendo esta consideravelmente aprimorada pela adição de fibras nas matrizes de base cimentícia, levando em conta, sobretudo, o volume de fibra empregado e o alinhamento destas na direção das tensões principais de tração (QUININO, 2015).

De acordo com o ACI 544.4R (2002), o concreto sem adição de fibras possui uma baixa resistência à tração e baixa capacidade de deformação na região fissurada, essa deficiência é superada ao utilizar o concreto armado ou até mesmo fazendo uso do concreto protendido.

2.2.1.8 Retração

Para Senisse (2015), a retração é um fenômeno inerente às matrizes cimentícias, caracterizada pela variação volumétrica da pasta, sendo relacionada aos processos físicos e químicos, que ocorrem internamente no material.

De acordo com o ACI 544.4R (2002), as fibras de poliéster têm sido usadas no concreto para controlar fissuras provenientes da retração plástica. Por mais que seja adicionado um teor relativamente baixo, que é de aproximadamente 0,1% em volume para esse fim, o concreto com adição de fibra de poliéster apresenta eficiência na diminuição da retração.

2.2.1.9 Tenacidade

De acordo com Quinino (2015), a tenacidade é definida como a propriedade que delimita a medida de capacidade de absorção de energia, empregada geralmente da resistência à fratura, quando submetida a deformações seja elas estáticas ou dinâmicas ou em carregamento de impacto. Para Pimentel (2016), o CRF não apresenta um rompimento brusco ao se comparar com as matrizes de argamassa de referência, pois as fibras continuam suportando a carga mesmo após o rompimento da matriz, apresentando assim ductilidade aos compósitos.

Já Pelisser (2002) avaliou o desempenho do concreto reforçado com fibras de polietileno tereftalato (PET), levando em consideração as seguintes variáveis: teor de fibras adicionada, o comprimento e a idade do concreto. Após essa análise o autor concluiu que, aos 35 dias de idade, a tenacidade e a resistência ao impacto tiveram um acréscimo significativo, principalmente nos corpos de prova com adição de 0,30% de fibras em relação ao volume de concreto e com comprimento de 20 milímetros.

2.3 FÔRMAS

A NBR 15696 (ABNT, 2009) define as fôrmas como estruturas provisórias que tem a finalidade de moldar o concreto no estado fresco, podendo assim resistir a todas as ações provenientes do processo de lançamento, até que o concreto se torne autoportante. As fôrmas devem adaptar-se ao formato e às dimensões das peças da estrutura projetada, sendo estanque, de modo a impedir a perda de pasta de cimento (NBR 14931, 2004).

Para Nazar (2007), existem diversos materiais que são utilizados na confecção de fôrmas, onde a sua utilização vai de acordo com a sua aplicação específica, buscando maior eficiência. De acordo com o Manual SH (2008), as fôrmas metálicas estão em constante expansão no mercado, onde os prazos de execução apertados, a necessidade de maior produtividade, menor mão-de-obra para execução, facilidade no gerenciamento das fôrmas, serviços associados de projeto e orientação de montagem que as empresas oferecem e a economia obtida, são fundamentais para a grande escolha desse sistema. Podendo ser de aço, alumínio ou mistas (NAZAR,2007).

Segundo o Manual da SH (2008), o aço carbono SAE 1020 é um dos aços mais utilizado e dependendo da quantidade de carbono e porcentagem de outras ligas, o aço pode apresentar valores diferentes de resistência para os esforços mecânicos solicitados. Para a elaboração dos cálculos é tomado como base o limite de ruptura, limite de elasticidade, módulo de elasticidade e tensão admissível. Já o alumínio tem como característica principal diversas formas de aplicação, assim se tornando um dos materiais mais utilizados por ser leve, durável e apresentar um ótimo acabamento, tendo excelente performance e propriedades superiores na maioria das suas aplicações.

2.4 PLACAS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADA

As placas são classificadas como elementos planos bidimensionais, ou seja, são elementos que apresentam largura e comprimento com mesma ordem de grandeza, e ambos muito maiores que a terceira dimensão, a espessura, que pode assumir a nomenclatura de elementos de superfície ou lajes. As cargas são comumente perpendiculares ao seu plano (BASTOS, 2015).

A NBR 15805 (ABNT, 2015, p. 1) define placa pré-fabricada de concreto como: “componente pré-fabricado resultante da mistura de cimento Portland, água, agregados e eventuais aditivos, com reforço estrutural”. Os elementos pré-moldados podem ser classificados de diferentes formas, como por exemplo, quanto à seção transversal, processo de execução, e função estrutural da peça, conforme mostrado no Quadro 2 (EL DEBS, 2000).

Quadro 2 – Tipos de concreto pré-moldados.

Classificação	Tipos de concreto pré-moldado	
Quanto ao local de produção dos elementos	Pré-moldado de fábrica	Pré-moldado de canteiro
Quanto à incorporação de material para ampliar a seção resistente no local de utilização definitivo	Pré-moldado de seção completa	Pré-moldado de seção parcial
Quanto à categoria do peso dos elementos	Pré-moldado "pesado"	Pré-moldado "leve"
Quanto ao papel desempenhado pela aparência	Pré-moldado normal	Pré-moldado arquitetônico

Fonte: El Debs (2000), adaptado

Ainda segundo os estudos de El Debs (2000), os pré-moldados de fábrica são executados em instalações permanentes distante da obra, no qual a sua capacidade de produção depende dos investimentos em fôrmas e equipamentos. As placas de seção completa são executadas totalmente na fábrica, e posteriormente ocorre o emprego de concreto moldado *in loco*, para fazer ligações entre placas, ou para regularização, mas não visa ampliar a seção existente.

2.4.1.1 Aplicação horizontal

Para a Associação Brasileira de Cimento Portland – (ABCP, 2009), placa plana de concreto é o produto que resulta da mistura de cimento Portland, água, agregados, eventuais aditivos com ou sem reforço de fibras, telas ou armaduras ativas ou passivas. Onde podem ser assentadas sobre uma camada de apoio, funcionando como revestimento de pavimento. A camada de apoio pode ser de material granular

(sistema flutuante) ou de argamassa (sistema aderido), conforme apresentado na Figura 4, que são definidos na ABCP (2009, p. 10) como:

- Sistema elevado: indicado para tráfego de pedestres. Placas assentadas sobre camada de materiais granulares. Podem ser retiradas facilmente utilizando uma “saca placas”.
- Sistema aderido: para tráfego de pedestres e veículos leves. As placas são assentadas com argamassa de cimento Portland sobre um contrapiso. No caso de tráfego de veículos leves, deve ser utilizada uma armadura de aço na base, conforme especificação do projeto.

Figura 4 – Pisos pré-fabricados: A) Placas assentadas em material granular - sistema flutuante e B) Placas assentadas sobre argamassa - sistema aderido.



Fonte: ABCP (2009, p.10).

2.5 PISO ELEVADO

Segundo Bernardes (2009), o conceito de sistemas de piso elevado (Figura 5), é bastante antigo, afirmando que a sua primeira aplicação foi realizada na antiga cidade inglesa de Bath, durante o império Romano, aonde os chamados West Baths e East Baths possuíam ambientes onde o aquecimento era proporcionado por insuflamento do ar aquecido sob uma camada de piso suspenso. Essas placas eram suspensas com o uso de lajotas empilhadas.

Figura 5 – Piso elevado.

Fonte: Autor (2020)

O sistema de piso suspenso aplicado em áreas externas teve suas primeiras aplicações na década de 1950, sendo na sua versão inicial compostas por placas de revestimento de piso suspenso, apoiadas em argamassa, disposta diretamente sobre a camada de proteção de impermeabilização, formando um espaço entrepiso. Em 1990, iniciou-se o uso de peças pré-fabricadas e blocos cerâmicos como apoio (BERNARDES, 2009).

Ainda segundo o autor, o sistema de apoios incorporou a possibilidade de regulação de altura por telescopagem, (Figura 6), algo que há pouco tempo não era reconhecido por alguns pesquisadores. Em 1990, pesquisadores afirmaram que para ser criado uma superfície nivelada do piso elevado, a acomodação da declividade do substrato ocorreria com a utilização de diferentes alturas de apoios e com a utilização de sistemas de calços, sem indicar a possibilidade de regulação dos apoios por telescopagem.

Figura 6 – Piso suspenso em área interna.

Fonte: Remaster (2018)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa tem como principal objetivo desenvolver molde metálico a fim de confeccionar placas de concreto para piso suspenso, capazes de proporcionar maior encaixe, travamento e com maior facilidade para desmoldar, posteriormente elaborar um traço de concreto com adição de fibras a base de poliéster nas porcentagens de 0,10% e 0,075% em relação ao volume de concreto, para avaliar a capacidade que as fibras tem de servir como ponte de transferência de tensões e restringir a abertura e propagação das fissuras.

O traço base utilizado neste trabalho foi elaborado a partir dos ensaios realizados durante o projeto de pesquisa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC intitulado como “Desenvolvimento de placas em concreto para pavimento suspenso em indústria com adição de fibras em poliéster e catalisador cristalino”, concedido pela Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão - PROPEX, do Instituto Federal de Sergipe, entre os anos de 2018 e 2019, foi necessário aprofundar ainda mais o estudo sobre o tema.

Para obter os resultados da pesquisa, foi utilizado o laboratório do Instituto Federal de Sergipe, onde foram realizadas as moldagens dos corpos de prova cilíndricos e quadrados (Placas), seguindo a normas NBR 5738 (ABNT, 2016) Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos. Na Figura 7 é apresentado o esquema para a separação adequada das etapas da pesquisa, a caracterização dos materiais, elaboração do traço base, a dosagem adequada dos insumos, moldagem dos corpos de prova, os ensaios de resistência à compressão axial e diametral, além da absorção de água, índice de vazios, massa específica e absorção de água por capilaridade.

Figura 7 – Fluxograma do programa experimental.



Fonte: Autor (2019)

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

3.1.1 Cimento Portland

O cimento Portland é um material usualmente conhecido na construção civil, se encontra no estado de pó fino e tem propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, e que, endurece em contato com a água. Para o andamento da pesquisa foi utilizado o cimento Portland CP II F 32 (Cimento Portland Composto com material carbonático), devido à facilidade de obtenção do material no mercado sergipano, mesmo tendo diversos tipos de cimento produzidos no Brasil listados pela NBR 16697 (ABNT, 2018).

O CP II F 32 possui em sua formação cerca de 75% a 89% de clínquer mais sulfatos de cálcio, e entre 11% e 25% de material carbonático. Ainda de acordo com a norma, materiais carbonáticos são aqueles que possuem em sua pluralidade,

carbonato de cálcio. Para realizar a caracterização foi utilizado as normas e ensaios apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Ensaios realizados para a caracterização do cimentos Portland.

Ensaios	Normas utilizadas
Consistência normal	NBR 16606:2018 - Cimento Portland - Determinação da pasta de consistência normal
Tempo de pega	NBR 16607:2018 - Cimento Portland - Determinação dos tempos de pega
Índice de finura	NBR 11579:2013 - Cimento Portland - Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200)
Massa específica	ABNT NBR 16605:2017 - Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica

Fonte: Autor (2019)

3.1.2 Agregado miúdo

Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na malha de 150 µm, de acordo com ensaios realizados pela ABNT NBR NM 248, e peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1, NBR 7211 (ABNT, 2019). A realização da caracterização do agregado miúdo utilizado se deu a partir da utilização das normas e ensaios apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Ensaios realizados para a caracterização do agregado miúdo.

Ensaios	Normas utilizadas
Massa unitária	NBR NM 45:2006 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios
Análise granulométrica	NBR NM 248:2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica
Massa específica	NBR NM 52:2009- Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente

Fonte: Autor (2019)

3.1.3 Agregado graúdo

Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na malha de 4,75 mm, de acordo com ensaios realizados pela ABNT NBR NM 248, e peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1, NBR 7211 (ABNT, 2019). A realização da caracterização do agregado graúdo utilizado se deu a partir da utilização das normas e ensaios apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 – Ensaios realizados para a caracterização do agregado graúdo.

Ensaios	Normas utilizadas
Massa unitária	NBR NM 45:2006 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios
Análise granulométrica	NBR NM 248:2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica

Fonte: Autor (2019)

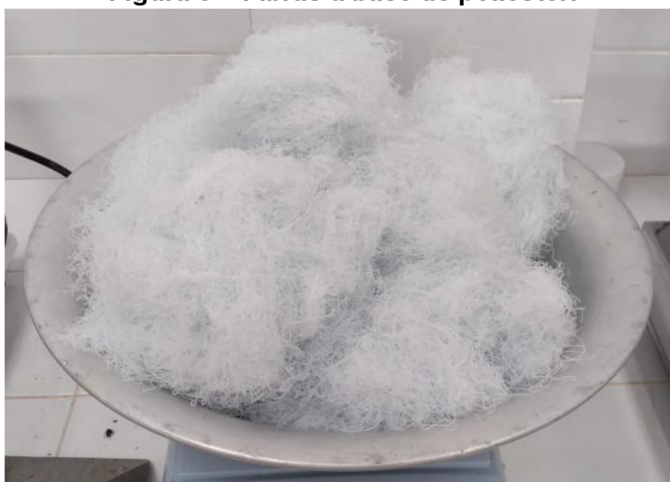
3.1.4 Água

A água utilizada nesse estudo para a moldagem dos corpos de prova foi disponibilizada pela rede pública de abastecimento, proveniente do Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE. A NBR 15900-1 (ABNT, 2009) instrui que a água de abastecimento público é considerada adequada para uso em concreto e não necessita a realização de ensaios.

3.1.5 Fibras a base de poliéster

A parceria realizada com a empresa SERGITEX Indústria Têxtil Ltda., localizada na cidade de Estância/SE, tornou possível adquirir as fibras a base de poliéster (Figura 8). Fibras essas que de acordo com a SERGITEX, é constituída de 92% de poliéster e 8% de elastano, sendo proveniente do refugo do processo de tecelagem de tecidos jeans, processo industrial de fabricação dos fios.

Figura 8 – Fibras a base de poliéster.



Fonte: Autor (2019)

Com o objetivo de verificar o efeito do teor de fibras a base de poliéster no CRF. A porcentagem e o comprimento das fibras, são importantes para essas análises de perda de resistência e principalmente trabalhabilidade.

Para evitar que as fibras usadas no decorrer da pesquisa absorvam a água de amassamento do concreto, foi necessário que estas fossem entumecidas anteriormente, esse processo faz com que o fator água-cimento (a/c) do traço não seja alterado. A fim de obter o tempo ideal ao qual as fibras alcançam o seu máximo de absorção de água, e determinar o tempo correto para inserir as fibras no concreto,

houve a necessidade da realização do ensaio de absorção da mesma como apresentado na Figura 9.

Foram separadas 6 amostras, cada uma contendo 1g de fibras a base de poliéster, ao mesmo tempo foi adicionado 150 ml de água em todos os recipientes, utilizou-se um relógio para aferir o tempo em que as amostras permaneceram submersas em água, até que fossem realizadas as devidas pesagens. As 6 amostras foram pesadas ao fim das 4, 8, 12, 16, 20 e 24 horas, respectivamente.

Para iniciar o ensaio foi escolhido o laboratório de materiais do Instituto Federal de Sergipe, com o intuito de ter as mesmas características durante todo o processo, assim sendo realizado à temperatura ambiente, a partir daí foi definido o tempo de 24 horas para o fim do ensaio, sendo realizado em intervalos de 4 horas.

Figura 9 – Ensaio de absorção das fibras.



Fonte: Autor (2019)

3.2 ELABORAÇÃO DO TRAÇO

Com os dados dos ensaios pertinentes aos materiais utilizados, foi possível, com o método elaborado por Rodrigues (2016), a elaboração do traço apresentado na Tabela 2, com intuito de obter um concreto com resistência característica do concreto – f_{ck} de 18 MPa. Foi adotado um fator a/c de 0,59 e abatimento, requerido no ensaio de tronco de cone definido, (100 ± 20) mm para todas as misturas de concreto.

Tabela 2 – Composição do traço base (kg/m³).

Material	Consumo por m³
Água	230
Cimento CP II F 32	389,8
Agregado miúdo	587,5
Agregado graúdo	1108,8
Traço em massa	1:1,51:2,84:0,59

Fonte: Autor (2019)

Na Tabela 3 será apresentado os traços propostos para desenvolver e estudar a restrição quanto a propagação e abertura de fissuras com uso das fibras a base poliéster. Foi adotado a nomenclatura de CP10F para os corpos de prova com adição de 0,1% de fibras e CP075F para os corpos de prova com adição de 0,075% de fibras a base de poliéster.

Tabela 3 – Traço para um corpo de prova cilíndrico de 10cmx20cm.

Descrição	Cimento (Kg)	Areia (Kg)	Brita 0 (Kg)	Água (l)	Fibra (Kg)	
Padrão	0,704	1,061	2,003	0,415	%	Kg
CP075F	0,704	1,061	2,003	0,415	0,075%	0,003
CP10F	0,704	1,061	2,003	0,415	0,10%	0,004

Fonte: Autor (2019)

3.3 ELABORAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

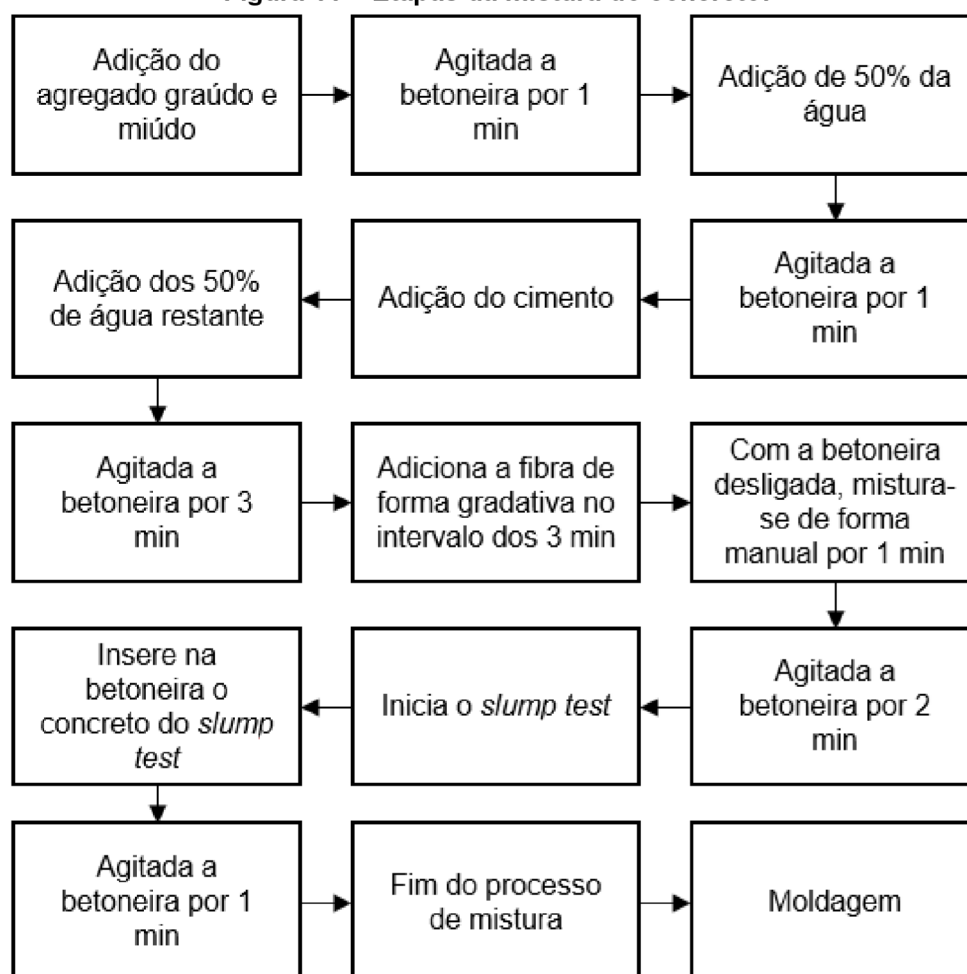
Com o traço já calculado, foi iniciado o processo de moldagem e adensamento dos corpos de prova, utilizando os materiais apresentados na Figura 10, onde a moldagem e cura dos corpos de prova se dá com base na padronização da NBR 5738 (ABNT, 2016).

Figura 10 – Materiais para elaboração do traço.

Fonte: Autor (2019)

Para moldagem dos corpos de prova cilíndricos inicialmente pesa-se, em balança de precisão as quantidades de material necessárias, em seguida esses materiais foram colocados na betoneira. Importante salientar que a disposição destes na betoneira não é normatizada, ficando a cargo da experiência do profissional encarregado por tal função. A escolha da disposição na betoneira seguiu a seguinte sequência apresentada na Figura 11.

Figura 11 – Etapas da mistura do concreto.



Fonte: Autor (2019)

Após a mistura dos materiais, o concreto é colocado nos moldes de corpos de prova cilíndrico, onde os mesmos já foram previamente tratados com desmoldante, sendo moldados em três camadas e adensadas com 12 golpes de uma haste metálica. Ao término das três camadas foi realizado arrasamento do concreto, com o intuito de se obter uma superfície plana, facilitando a posterior retificação.

3.4 PROCESSO DE CURA DAS AMOSTRAS

A cura é um processo que influencia diretamente na resistência do concreto, pois garante a vedação do concreto. Nesta etapa, a água de amassamento será mantida no seu interior, evitando a retração e o transporte de substâncias indesejadas capazes de interferir na hidratação (DINIZ, H. A. A. et al, 2015).

Após a moldagem, os corpos de prova foram dispostos em um ambiente livre de vibrações e intempéries, onde permaneceram por 24 horas como mostra a Figura 12. Passado esse tempo, denominado de cura inicial, os corpos de prova foram desmoldados e levados para o tanque como indica a Figura 13, os quais foram depositados e permaneceram submersos a uma coluna d'água contínua de 45 cm por 7 e 28 dias, NBR 5738 (ABNT, 2016).

Figura 12 – Corpos de prova com plástico filme.



Fonte: Autor (2019)

Figura 13 – Processo de cura no tanque.



Fonte: Autor (2019)

3.5 ENSAIOS REALIZADOS

3.5.1 Determinação da consistência

O processo de avaliar as características do concreto em seu estado fresco se dá com a realização do teste de consistência do concreto, sendo o mesmo normatizado segundo a NBR NM 67 (ABNT, 1998): Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, e tendo o intuito de certificar que o concreto no estado fresco tem as características especificadas no projeto.

Após 8 minutos de início do processo de mistura, é retirado uma fração deste concreto para a realização do *Slump test*, ensaio este que verifica o abatimento no troco de cone, como mostra a Figura 14. O ensaio foi realizado para o concreto padrão e com adições de fibras a base de poliéster, podendo assim avaliar a influência do CRF na trabalhabilidade.

Figura 14 – *Slump test*.



Fonte: Autor (2020)

3.5.2 Resistência à compressão axial

Após a confecção e cura dos corpos de prova cilíndrico, os mesmos foram retirados do tanque, nivelados com o auxílio de moldes de neoprene, para assim serem submetidos ao ensaio de resistência e compressão axial, como mostra a Figura

15, sendo o mesmo normatizado pela NBR 5739 (ABNT,2018) - Ensaio de compressão em corpos de prova cilíndricos, e sendo possível por meio deste determinar a capacidade de carga do concreto.

Utilizou-se 24 corpos de prova cilíndricos, divididos em 8 para cada formulação, com diâmetro de 10 cm e altura de 20 cm, com idade de 7 e 28 dias. As amostras foram rompidas por compressão axial em uma prensa hidráulica de acionamento elétrico da marca CONTENCO, modelo HD-200T, com capacidade de carga de 200 KN.

Figura 15 – Nivelamento do corpo de prova com neoprene para rompimento.



Fonte: Autor (2020)

3.5.3 Resistência à compressão diametral

Para o ensaio de tração por compressão diametral foi moldado 24 corpos de prova cilíndricos, divididos em 8 para cada formulação, como mostra a Figura 16, e utilizado a NBR 7222 (ABNT, 2011) - Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.

Utilizou-se corpos de prova com diâmetro de 10 cm e altura de 20 cm, com idade de 7 e 28 dias. As amostras foram rompidas por compressão diametral em uma prensa hidráulica de acionamento elétrico da marca CONTENCO, modelo HD-200T, com capacidade de carga de 200 KN.

Figura 16 – Nivelamento do corpo de prova com neoprene para rompimento.



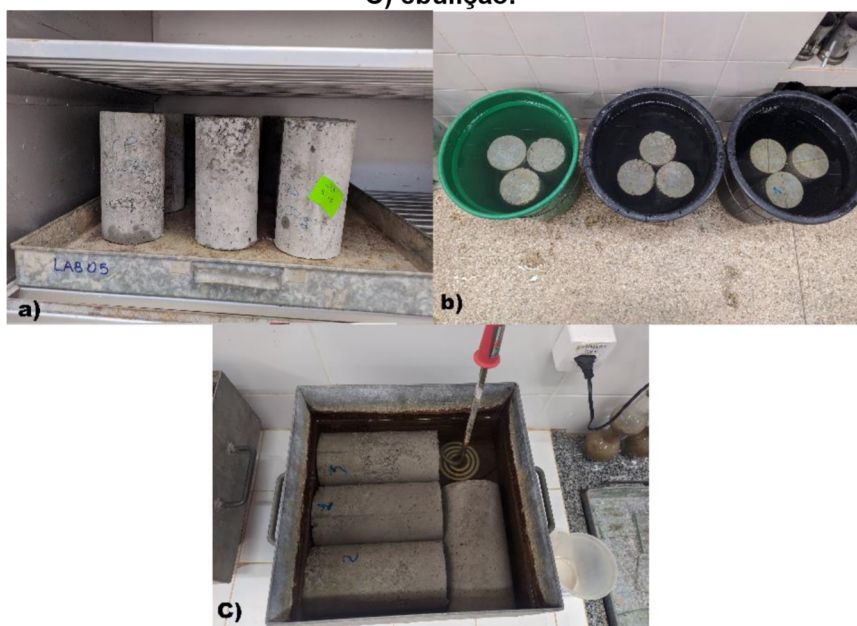
Fonte: Autor (2020)

3.5.4 Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica

Com auxílio da NBR 9778 (ABNT, 2009) - Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica, após o período de 28 dias de cura dos corpos de prova padrão e com adição, como mostra a Figura 17.

Foram moldados 3 corpos de prova cilíndricos de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, para cada formulação (controle, 0,075% e 0,10% de fibras a base de poliéster).

Figura 17 – Procedimento de ensaio: A) corpos de prova na estufa; B) processo de saturação; C) ebulição.

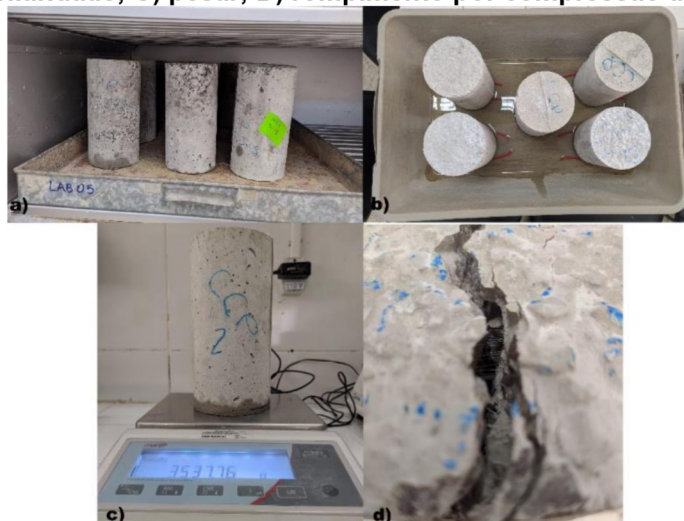


Fonte: Autor (2020)

3.5.5 Determinação da absorção da água por capilaridade

Com auxílio da NBR 9779 (ABNT, 2013) – Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade, após o período de 28 dias de cura dos corpos de prova padrão e com adição, como mostra a Figura 18. Foram moldados 3 corpos de prova cilíndricos de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, para cada formulação (controle, 0,075% e 0,10% de fibras a base de poliéster).

Figura 18 – Procedimento de ensaio: A) corpos de prova na estufa; B) processo de saturação por capilaridade; C) pesar; D) rompimento por compressão diametral.



Fonte: Autor (2020)

3.6 CONFECÇÃO DOS MOLDES

De acordo com El Debs (2000), as etapas envolvidas na produção dependem do tipo de concreto pré-moldado empregado. Em relação ao pré-moldado de fábrica a sua produção envolve as seguintes etapas: execução do elemento, transporte da fábrica à obra, montagem e realização das ligações. Quando se deseja executar os pré-moldados no próprio canteiro, podem ser divididos entre dois casos. O primeiro corresponde à execução dos elementos *in loco*, ou seja, no local do uso e o segundo é aquele que a execução é feita em local apropriado, que ao se comparar ao pré-moldado de fábrica, apenas não se inclui a etapa de transporte da fábrica à obra.

A partir da aplicação do concreto reforçado com fibras a base poliéster, e a fabricação de peças de piso suspenso, constatou-se a necessidade de manufaturar

um molde metálico que possibilite um processo eficiente de moldagem e desmoldagem, facilidade de manutenção e de instalação das peças com sistema de travamento otimizado, que garantirá maior durabilidade ao piso suspenso.

Para a elaboração do desenho das fôrmas metálicas, foi utilizado o programa AutoCAD 2018 (versão estudantil) e o programa Sketchup 2018, (versão estudantil), posteriormente a esse processo foi manufaturado os moldes metálicos com dimensões de 40cm x 40cm. Constituído de chapa de aço 2mm, lisa e preta, SAE 1020, tampa e alça de mesmo material, porcas metálicas de aço com diâmetro de 3/8", dobradiças galvanizadas simples com 2" de comprimento, parafusos metálicos de aço 1", com diâmetro de 1/4" e parafusos metálicos de aço 2", com diâmetro de 3/8".

3.6.1 Moldagem e cura das placas

O processo de moldagem se deu, de acordo com o procedimento já apresentado na Figura 11. Após a mistura dos materiais, o concreto é colocado no molde metálico de 40cm x 40cm, onde o mesmo já foi previamente tratado com desmoldante, sendo moldado e adensado. Ao término da moldagem é feito o fechamento da fôrma com o uso de sua tampa, com o intuito de se obter uma superfície plana.

Após a concretagem das placas, essas foram envelopadas com plástico filme e permaneceu em seu processo de cura inicial por três dias, passado este tempo foi desmoldada e colocados em um tanque com água, como mostra a Figura 19.

Figura 19 – Placa em processo de cura no tanque.



Fonte: Autor (2019)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PROPRIEDADES FÍSICAS DOS MATERIAIS

4.1.1 Cimento Portland

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos através dos ensaios referentes a caracterização do cimento.

Tabela 4 – Relatório dos ensaios físicos do cimento utilizado.

Caracterização		Resultado	Limite da norma
Água para a consistência normal	(%)	29,5	-
Início de pega	(min)	140	≥ 60
Fim de pega	(min)	230	≤ 600
Índice de finura	(%)	1,48	< 12
Massa específica	(kg/m³)	3100	-

Fonte: Autor (2019)

Analisando os resultados da Tabela 4, o cimento utilizado está de acordo com os parâmetros estabelecidos pela NBR 16697 (ABNT, 2018), onde determina que o valor do índice de finura deve ser menor ou igual a 12%, assim como para o ensaio de tempo de pega, sendo determinado por norma, valor menor ou igual a 60 min para o início do tempo de pega e de 600 min para o final do tempo de pega.

4.1.2 Agregado miúdo

Segundo estabelecido na NBR NM 248 (ABNT, 2003), a determinação da análise granulométrica do agregado é feita a partir do peneiramento nas malhas da série normal, como observado na Tabela 5.

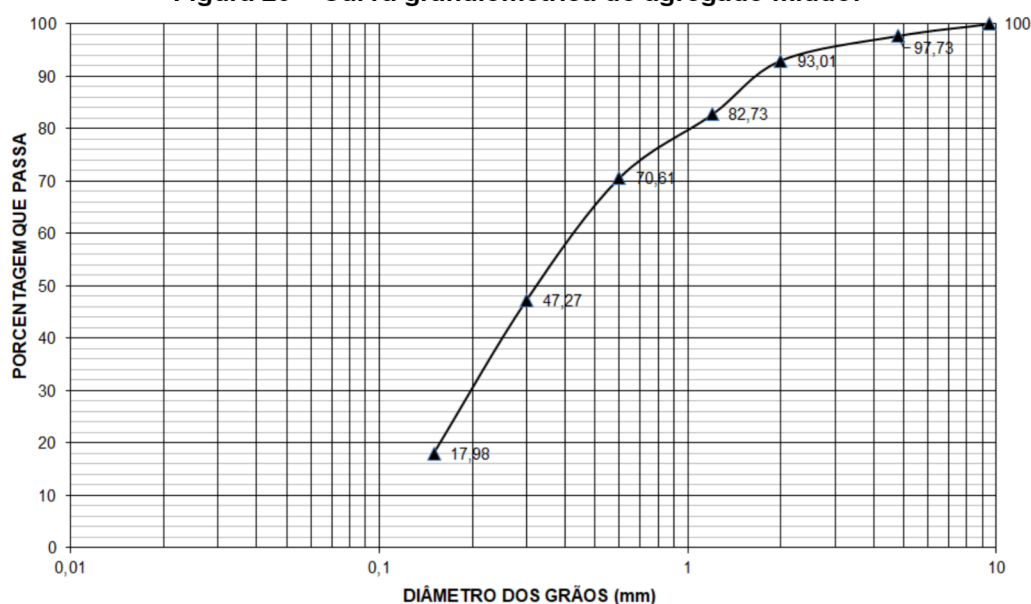
Tabela 5 – Análise granulométrica do agregado miúdo.

PENEIRA	RETIDO (%)	RETIDO ACUMULADO (%)	PASSANTE
4,75 mm	2,27	2,27	97,73
2,36 mm	4,72	6,99	93,01
1,18 mm	10,28	17,27	82,73
600 µm	12,12	29,39	70,61
300 µm	23,34	52,73	47,27
150 µm	33,29	86,02	17,98
Fundo	13,72	99,74	0,26
Total	100	100	0,00

Fonte: Autor (2019)

A Figura 20, mostra a curva granulométrica do agregado miúdo, segundo as prescrições da NBR NM 248 (ABNT, 2003).

Figura 20 – Curva granulométrica do agregado miúdo.



Fonte: Autor (2019)

A Tabela 6 apresenta a análise granulométrica do agregado com os resultados obtidos através dos ensaios referentes a caracterização do agregado miúdo.

Tabela 6 – Relatório dos ensaios físicos do agregado miúdo.

Caracterização		Resultado
Módulo de finura		1,95
Massa unitária	(kg/dm ³)	2,08
Massa específica	(g/cm ³)	2,595
Diâmetro máximo	(mm)	4,75

Fonte: Autor (2019)

Conforme apresentado na Tabela 6, o agregado miúdo possui um módulo de finura de 1,95 se enquadra na zona utilizável inferior, que de acordo com NBR 7211 (ABNT, 2009), possui uma variação entre 1,55 a 2,20.

A NBR 7215 (ABNT, 2019) classifica os limites de frações de tamanho dos grãos de agregado miúdo como: areia grossa (de 2,4 mm a 1,2 mm), areia média grossa (de 1,2 mm a 0,6 mm) areia média fina (de 0,6 mm a 0,3 mm) e areia fina (de 0,3 mm a 0,15 mm). De acordo com a distribuição granulométrica, a maior fração retida acumulada encontra-se na peneira de abertura 0,3 mm e 0,15 mm, então, esta areia se classifica como fina.

4.1.3 Agregado graúdo

A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos através dos ensaios referentes a caracterização do agregado graúdo.

Tabela 7 – Relatório dos ensaios físicos do agregado graúdo.

Abertura de malha (mm)	Massa retida acumulada (%)
75	0
37,5	0
19	0
9,5	12,47
4,76	76,31
Fundo	100
Caracterização	Resultado
Massa unitária (kg/dm ³)	1,695
Diâmetro máximo (mm)	9,5

Fonte: Autor (2019)

De acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2019), os limites da composição granulométrica do agregado graúdo, são divididos de acordo com a sua composição. Analisando a Tabela 7, o agregado utilizado se encontra na zona granulométrica de 4,75/12,5 (nº0).

4.1.4 Fibras a base de poliéster

Através dos dados apresentados na Tabela 8, foi possível observar que no período de 8 às 20 horas, as fibras a base de poliéster apresentaram pouca variação na absorção de água em temperatura média de 25° e sob pressão atmosférica, passado esse tempo, as mesmas voltam a absorver água com mais intensidade.

Tabela 8 – Ensaio de absorção de água.

Amostra	Tempo (h)	Peso total (g)	Absorção (g)
1	4	7,1	6,10
2	8	10,34	9,34
3	12	10,08	9,08
4	16	10,03	9,03
5	20	10,88	9,88
6	24	12,09	11,09

Fonte: Autor (2019)

Com a falta de equipamento para realizar alguns ensaios como tenacidade, alongamento e módulo de elasticidade para as fibras a base de poliéster, foram aferidos os dados apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Propriedades das fibras a base de poliéster.

Caracterização	Resultado
Diâmetro médio (mm)	0,0946
Comprimento médio (mm)	98,7951

Fonte: Autor (2019)

4.2 PROPRIEDADES DO CONCRETO DO ESTADO FRESCO

Quando elaborado o concreto considerado padrão, notou-se um abatimento de (100 ± 20) mm para um fator a/c constante de 0,59 de acordo com o esperado, tratando-se dos concretos com adição de fibras a base de poliéster, CP075F e CP10F, observou-se um abatimento médio de 10mm, comprovando assim que o CRF apresenta abatimento abaixo do calculado.

Para Quinino (2015), a adição de fibras provoca alterações em diferentes estágios da produtividade do concreto. Apesar do ganho de desempenho decorrente da incorporação de fibras, principalmente em se tratando da propagação de trincas no concreto em seu estado endurecido, a consistência do concreto fica comprometida, visto que modifica as condições de trabalhabilidade do concreto.

4.3 PROPRIEDADES DO CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO

4.3.1 Propriedades físicas

4.3.1.1 Absorção de água, índice de vazios e massa específica

Segundo os procedimentos da NBR 9778 (ABNT,2009), a Tabela 10 representa a média de três valores encontrados nos ensaios com os respectivos desvios padrão.

Tabela 10 – Resultado da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica.

Formulação	Absorção de água (%)	Índice de vazios (%)	Massa específica (g/m³)
Padrão	$6,56 \pm 0,052$	$14,49 \pm 0,118$	$2,58 \pm 0,014$
CP075F	$6,69 \pm 0,223$	$14,59 \pm 0,309$	$2,55 \pm 0,032$
CP10F	$6,96 \pm 0,244$	$15,10 \pm 0,518$	$2,56 \pm 0,014$

Fonte: Autor (2020)

Por meio da análise dos resultados da Tabela 10, houve um acréscimo de 1,90% de absorção de água nos corpos de prova CP075F e 5,99% nos CP10F, em comparação ao concreto de referência. Já para o índice de vazios observou-se acréscimos de 0,64% nos corpos de prova CP075F e de 4,20% nos CP10F quando comparado ao concreto de referência.

Mesmo obtendo valores geralmente superiores para o concreto com adição de fibras a base de poliéster, é inconclusivo que as adições das fibras influenciam na absorção e no índice de vazios, visto que, ao aplicar o desvio padrão, esses valores podem ser considerados iguais.

Segundo Mehta e Monteiro (2008), os corpos de prova com índice de vazios inferior a 15% são considerados concretos de baixa porosidade, na faixa de 15 a 30% concretos de porosidade ideal, portanto, os corpos de prova padrão e CP075F apresentaram baixa porosidade, já o CP10F, apresentou porosidade ideal.

A pesquisa de Borges et al. (2019), aponta que tanto a absorção quanto o índice de vazios, apresentaram aumento com a adição de fibras, em diferentes formulações, já o concreto com adição de 0,25% de fibras de polipropileno, apresentou um decréscimo de 10,53% em relação ao concreto referência.

Conclui-se que, a adição das fibras a base de poliéster, resultou em uma redução nos valores de massa específica, de 1,10% nos corpos de prova CP075F e 0,99% nos CP10F em comparação ao concreto de referência, porém, o decréscimo foi insignificativo ao analisar cada formulação adotada e aplicando o desvio padrão.

Segundo os procedimentos da NBR 9779 (ABNT, 2013). Onde a Tabela 11 representa uma média de três corpos de prova encontrados nos ensaios com os respectivos desvios padrão.

Tabela 11 – Resultado da absorção de água por capilaridade.

Formulação	Absorção de água (g/cm ³)				
	3h	6h	24h	48h	72h
Padrão	3,69 ± 0,269	5,02 ± 0,373	10,08 ± 0,460	13,58 ± 0,265	15,85 ± 0,095
CP10F	3,23 ± 0,363	4,42 ± 0,499	8,36 ± 1,051	10,65 ± 1,338	11,90 ± 1,437
CP075F	2,48 ± 0,845	3,53 ± 1,051	7,77 ± 1,359	10,42 ± 1,323	11,99 ± 1,272

Fonte: Autor (2020)

Com os dados apresentados na Tabela 11, notou-se o aumento de absorção com o passar do tempo, além de apresentar, que nas 3 horas iniciais houve um decréscimo na absorção de 23% nos corpos de prova com adição de fibras a base de poliéster, em comparação ao concreto de referência.

Aplicando o comparativo para as 6 horas de ensaio, observou-se um decréscimo de aproximadamente 21% nos corpos de prova com adição de fibras. Já para 24 horas, o decréscimo foi de aproximadamente 20%, para 48 horas a diferença foi de aproximadamente 22% e para 72 horas de ensaio, foi observado um decréscimo de 24% nos corpos de prova com adição de fibras, em comparação ao concreto de referência.

Já para Dawood e Ramli (2011), essa condição resulta também no elevado volume de ar retido no concreto, podendo resultar na redução de sua resistência mecânica e consequentemente na durabilidade do CRF.

A pesquisa de Borges et al. (2019), afirma que ao contrário da absorção por imersão, o concreto referência apresentou maior absorção por capilaridade. Observando também que em teores menores, ocorreu uma diminuição da absorção capilar. O concreto com adição de 0,5% de fibras rami apresentou absorção capilar 32,90% menor em relação ao concreto de referência.

Com a presença das fibras na matriz cimentícia, pode ter ocorrido uma diminuição da porosidade e da absorção relativa, podendo consequentemente ter reduzido a interconexão entre os poros, ocasionando na redução da absorção de água por capilaridade.

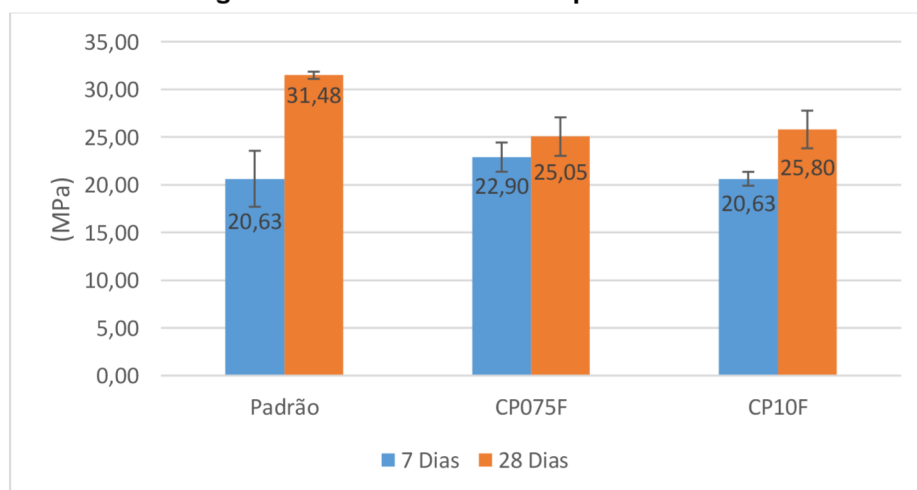
4.3.2 Propriedades mecânicas

4.3.2.1 Resistência à compressão axial

Após a realização dos ensaios de resistência à compressão axial, com a finalidade de confirmar o traço, este apresentou um f_{cj} de $31,48 \pm 0,38$ MPa. E a partir das moldagens dos corpos de prova CP075F e CP10F, estes apresentaram valores de resistência à compressão axial média de $25,80 \pm 1,97$ MPa e $25,05 \pm 2,02$ MPa, respectivamente, como disposto na Figura 21.

Após feita a análise apresentada na Figura 21, foi possível constatar que houve uma diminuição da resistência à compressão do concreto CP075F e CP10F. Porém ao compararmos suas respectivas resistências com o traço padrão, constatasse, que mesmo havendo essa redução na resistência a compressão aos 28 dias, ambas se mantiveram próximas ao f_{cj} esperado de 25Mpa conforme traço descrito na seção materiais e métodos.

Figura 21 – Resistência a compressão axial.



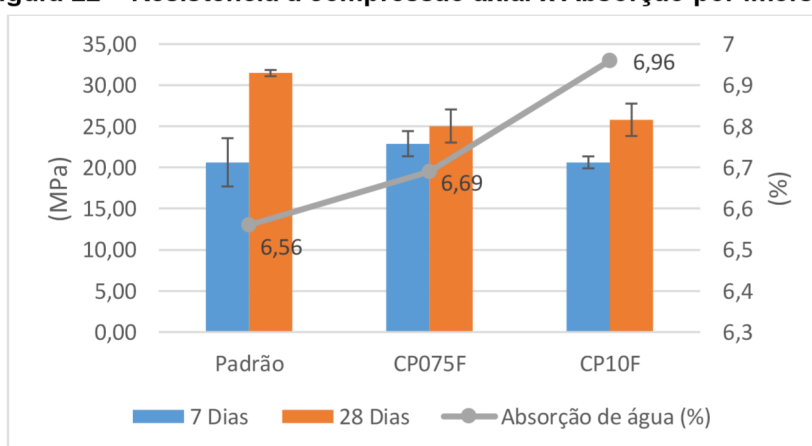
Fonte: Autor (2020)

O ganho de resistência mecânica dos 7 aos 28 dias para os CRFs fica evidenciado em ambas as amostras. Onde, o concreto CP10F apresentou ganho de 20%, o concreto CP075F apresentou ganho de 8,58% e o concreto padrão apresentou ganho de 34,47%.

Comparando as amostras com 28 dias, podemos observar um decréscimo de aproximadamente 20% nos corpos de prova com adição de fibras, em comparação ao concreto padrão. No estudo de Pelisser (2002), a adição de fibras nas porcentagens de 0,05%, 0,18% e 0,30% de polietileno tereftalato (PET) não promoveu uma diferença significativa no valor da resistência à compressão, quando comparado ao concreto sem adição de fibras.

Após correlacionar a resistência com a absorção por imersão, apresentado na Figura 22, nota-se que o concreto com adição de fibra apresenta menor resistência a compressão axial e consequentemente maior absorção de água relativa, em comparação ao concreto padrão.

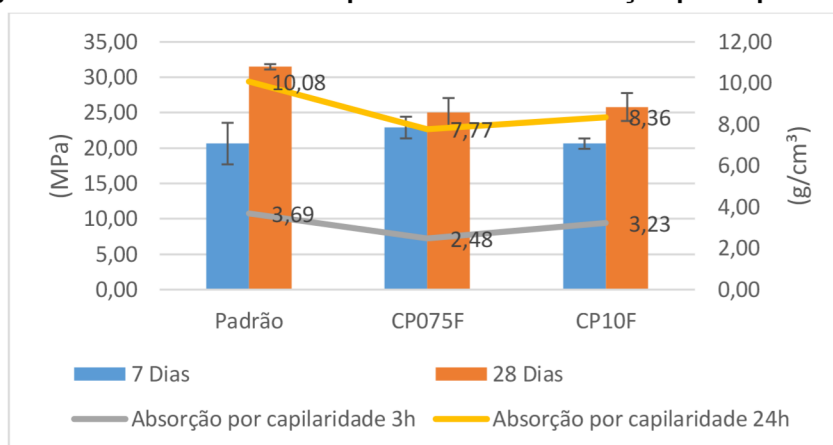
Figura 22 – Resistência a compressão axial x Absorção por imersão.



Fonte: Autor (2020)

Após análise da resistência a compressão axial com a absorção por capilaridade no período de 4h e 24h, apresentado na Figura 23. Podemos observar que o concreto com adição de fibra apresenta resistência a compressão axial inferior e também uma menor absorção de água por capilaridade, quando comparado ao concreto padrão.

Figura 23 – Resistência a compressão axial x Absorção por capilaridade.

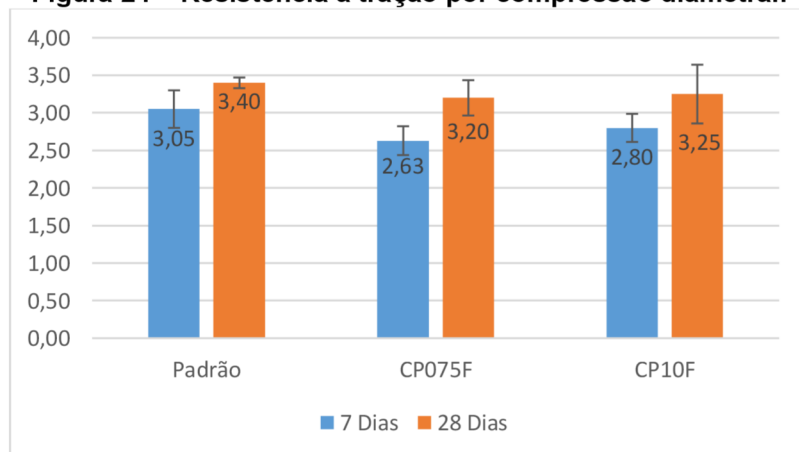


Fonte: Autor (2020)

4.3.2.2 Resistência à compressão diametral

Já para os ensaios de tração por compressão diametral, a resistência esperada era de 2,5 MPa e a obtida a partir de novas moldagens, foi de $3,40 \pm 0,07$ MPa. E para os corpos de prova CP075F e CP10F, estes apresentaram valores de resistência média de $3,25 \pm 0,39$ MPa e $3,20 \pm 0,23$ MPa, respectivamente, como está disposto na Figura 24.

Figura 24 – Resistência a tração por compressão diametral.



Fonte: Autor (2020)

Após analisar a Figura 24, constatou-se que houve uma diminuição da resistência à tração do concreto CP075F e CP10F. Porém é importante ressaltarmos que essa diminuição não afetou na resistência de projeto calculada previamente. Apesar do decréscimo, as resistências mantem-se acima de 2,5MPa, como esperado. Visto que para Lee (2017), a resistência a tração corresponde a aproximadamente 10% de sua resistência à compressão.

O ganho de resistência mecânica dos 7 aos 28 dias para os CRFs é mais evidenciado na amostra CP075F, com ganho de aproximadamente 22%. Enquanto que, o concreto CP10F apresentou ganho de 17% e o concreto padrão apresentou ganho de aproximadamente 12%. Já comparando as amostras com 28 dias, podemos observar um decréscimo de aproximadamente 5% nos corpos de prova com adição de fibras, em comparação ao concreto padrão.

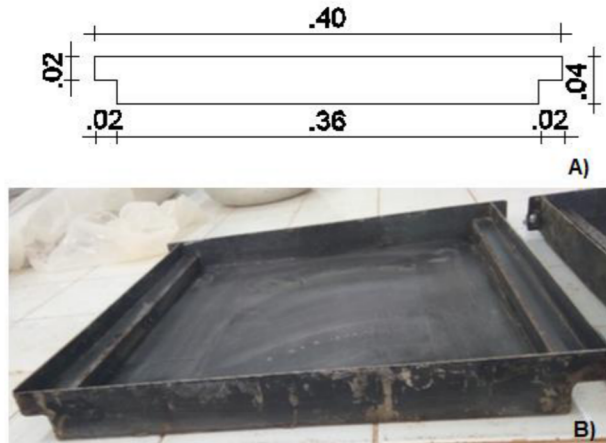
Na próxima seção serão abordadas informações referente ao traço desenvolvido com fibras a base de poliéster, que ocasionaram a necessidade da confecção de um molde metálico, com a finalidade de adequação às especificidades do traço desenvolvido, visando a sua aplicação em piso suspenso de concreto reforçada com a fibras a base de poliéster.

4.4 CONFECÇÃO DO MOLDE

O molde foi desenvolvido baseado em alguns critérios como: a melhoria no processo de moldagem e desmoldagem dos corpos de prova com adição de fibras a base de poliéster, a disposição uniforme das fibras, maior encaixe entre as placas, melhor acabamento superficial, travamento facilitado e tornar o processo recorrente com um molde durável.

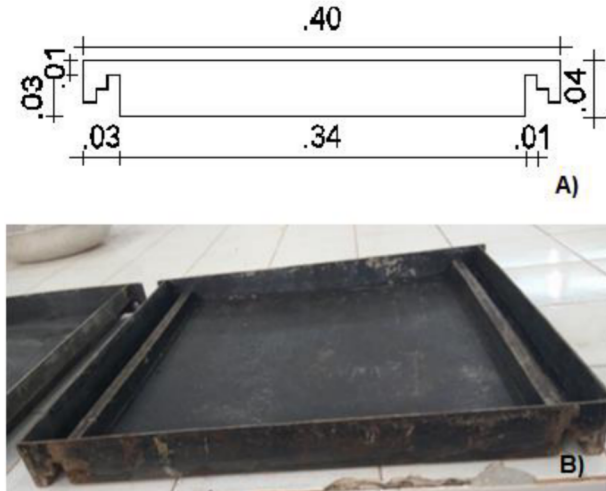
Os protótipos iniciais foram moldados utilizando dois modelos diferentes, onde o primeiro apresentava bordas mais simples em “L”, não tendo travamento entre as placas, apresentado na Figura 25. Já o segundo molde com bordas em “Z”, foi elaborado pensando em proporcionar maior travamento ao se comparar com o primeiro, e para tal foi utilizado bordas mais elaboradas, sendo possível realizar o encaixe entre uma placa e outra, como mostra na Figura 26.

Figura 25 – Protótipo “L”: A) desenho; B) confeccionado (40cmx40cm).



Fonte: Autor (2019)

Figura 26 – Protótipo “Z”: A) desenho; B) confeccionado (40cmx40cm).



Fonte: Autor (2019)

Após as moldagens dos protótipos, ambos foram avaliados como ineficientes, pois, o primeiro modelo com bordas em “L” precisava de um travamento melhor e o segundo modelo com bordas em “Z” apresentou fragilidade nas bordas, dificultando também o processo de moldagem e desforma, apresentado na Figura 27.

Figura 27 – Placa de concreto: A) protótipo “L”; B) protótipo “Z”.



Fonte: Autor (2019)

Com a ineficiência dos moldes anteriores, foi realizado o estudo para aprimorar os pontos de falhas e confeccionar outro protótipo mais eficiente. Na Figura 28 é apresentado duas placas confeccionadas com o molde de bordas em “L”, com encaixe unidirecional.

Figura 28 – Placas moldadas com o protótipo “L”.



Fonte: Autor (2019)

Como pode ser observado na Figura 28, a placa apresentou uma superfície bem-acabada em relação a face que ficou em contato com o molde e uma superfície mais rugosa, na face superior do molde. Foi observado que o protótipo com bordas em “L” é mais eficiente ao se comparar com o de encaixe em “Z”, visto que as bordas mais finas apresentaram fragilidade ao fendilhamento.

Após a análise foi efetuado uma reformulação no protótipo com bordas em “L”, com a finalidade de sanar os pontos negativos. Foram adicionadas dobradiças em suas extremidades, possibilitando a abertura destas, foi adicionado também o encaixe

bidirecional, para maior travamento e uma tampa com o intuito de dar um melhor acabamento, como apresentado da Figura 29.

Figura 29 – Protótipo ideal em perspectiva.



Fonte: Autor (2020)

A Figura 30 apresenta a vista lateral detalhando o sistema adotado com dobradiças e parafusos, para facilitar o processo de desmoldagem e limpeza dos moldes, apresentando também as porcas soldadas do molde que servirão como travamento.

Figura 30 – Vista lateral direita.



Fonte: Autor (2020)

Como pode ser observado na Figura 31, a placa apresentou uma superfície bem-acabada, sanando assim o problema de rugosidade apresentado no molde inicial. Sendo também mais eficiente na moldagem e desmoldagem, obtendo encaixe

bidirecional e travamento eficiente, além de ser durável para proporcionar maior reutilização.

Figura 31 – Placa de concreto.



Fonte: Autor (2020)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo investigou o comportamento inicial de um concreto reforçado com fibras – CRF, incorporando fibras a base de poliéster nas porcentagens de 0,1 e 0,075, além da elaboração de um molde metálico para a confecção de placas utilizada como piso suspenso.

Por meio dos resultados experimentais obtidos neste trabalho conclui-se que:

As fibras a base de poliéster quando incorporadas ao concreto, não apresentou mudanças significativas em sua resistência mecânica, no entanto notou-se uma alteração desfavorável na consistência, afetando a trabalhabilidade.

Constatou-se que os CRFs apresentaram maior absorção de água por imersão, maior índice de vazios e menor massa específica ao se comparar com o concreto padrão. A absorção de água está relacionada diretamente ao índice de vazios, pois as amostras com maior número de vazios obtiveram maior percentual de absorção de água.

Já para a absorção por capilaridade, notou-se que as amostras com adição de fibras a base de poliéster apresentaram menor absorção para todos os tempos avaliados em comparação com o concreto padrão.

Para confecção das placas de concreto, com aplicação em sistema de piso suspenso, foi necessário a manufatura de um molde metálico quadrado, adicionando um sistema de dobradiças em suas extremidades com a finalidade executar a abertura destas, obtendo assim um melhor desmolde. Foi adicionado uma tampa ao molde para garantir melhor acabamento em ambas as superfícies e para sanar os problemas de travamento entre as placas. Foram inseridos parafusos nas extremidades, que após a concretagem do molde, que resulta em um espaço utilizado como travamento entre as placas.

Conclui-se que a reutilização das fibras a base de poliéster na confecção do CRF pode ser uma alternativa viável, mesmo que em pequenas porcentagens. Dando assim, uma destinação adequada para as “rebarbas” e “expurgos” da indústria têxtil. Pode-se evidenciar o engajamento ambiental do projeto, uma vez que há o reaproveitamento de um material que não tem destinação adequada.

No estudo das propriedades do CRF com adição de fibras a base de poliéster, com base nos resultados obtidos, verificou-se que, as variações de resistência à compressão axial e tração por compressão diametral apresentaram modificações

insignificativa, podendo este ser utilizado para fins estruturais, reduzindo assim os custos com manutenção preventiva e corretiva nas edificações.

No entanto, a adição de CP075F de fibras apresentou melhor resultado ao problema proposto inicialmente, que foi o de comprovar a eficiência das fibras a base de poliéster a restringir a abertura e propagação de fissuras. Porém se necessários a realização de outros ensaios, como o de corpo duro e flexão 3 pontos, para maiores comprovações, sendo este proposto como trabalhos futuros.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Confeccionar placas de concreto para avaliar a capacidade das fibras a base de poliéster em restringir a abertura e propagação de fissuras com os ensaios de corpo duro da NBR 15575-3 (ABNT,2013) e ensaios da NBR 15805 (ABNT, 2015);
- Analisar a durabilidade das fibras a base de poliéster através de imersão em soluções agressivas, simulando características da matriz cimentícia;
- Moldar corpo de prova cilíndrico e placas de concreto com adição de catalisador cristalino para avaliar a possível cicatrização autógena;
- Fazer uma microanálise química por dispersão de energia para verificar o comportamento na estrutura interna do concreto com adição de fibras a base de poliéster.

REFERÊNCIAS

ACKER, V. A, FERREIRA M. de A. **Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto**, 2002. Disponível em: <<http://www.ceset.unicamp.br/~cicolin/ST%20725%20A/mpf.pdf>> Acesso em: 18 ago. 2019.

AGÊNCIA Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI. **Manual da Construção Industrializada**: Conceitos e etapas. Brasília, 2015. 208 f.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI-224R-01: Control of cracking in concrete Structures, Committee 224**. Farmington Hills: ACI, 2001.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI-544.4R-96: Report on fiber reinforced concrete, Committee 544**. Farmington Hills: ACI, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **Manual de placas de concreto: Passeio público**. São Paulo, 2009. 32 f.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2019.

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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11579**: Cimento Portland - determinação do índice de finura por meio da peneira 75 um (nº200). Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15805**: Piso elevado de placa de concreto – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900**: Água para amassamento do concreto Parte 1 – Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16605**: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16606**: Cimento Portland – Determinação da pasta de consistência normal. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16607**: Cimento Portland – Determinação dos tempos de pega. Rio de Janeiro, 2018.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

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

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FIBRAS POLIOEFÍNICAS – AFIPO. **Manual Prático de Cordas**, 2019. Disponível em: <http://www.afipol.org.br/manual_de_cordas.php>. Acesso em: 17 nov de 2019.

BASTOS, P. S. dos S.; **Lajes de Concreto**. Bauru. Universidade Estadual Paulista - Campus de Bauru/SP, 2015.

BERNARDES, M. **Tecnologia Construtiva de Piso Elevado para Áreas Externas de Edifícios**. 2009. 221 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade de São Paulo Escola Politécnica, São Paulo, 2009.

BORGES, A. P. S. N. et al. Estudo das propriedades de concretos com adição de fibras vegetais e de polipropileno para uso em paredes estruturais. **Revista Matéria**. v. 24, n. 2, jan. 2019.

CHASTRE, C.; LÚCIO, V. **Estruturas pré-moldadas no mundo** - aplicações e comportamento estrutural. São Paulo: Parma, 2012.

DAWOOD, E. T. RAMLI, M. Contribution of hybrid fibers on the properties of high strength concrete having high workability. **Procedia Engineering**. v. 14, p. 814-820, out. 2011.

DINIZ, H. A. A. et al. influência da cura por imersão em concretos convencionais. Revista tecnologia e Informação. **Revista tecnológica e inovação**. v. 33, n. 3, p. 17-27, jul/out. 2015.

EL DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado: Fundamentos e Aplicações**. 1. Ed. São Paulo: São Carlos, 2000.

FIGUEIREDO, A. D. d. **Concreto Reforçado com Fibras de Aço**. São Paulo: EPUSP – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

FIGUEIREDO, A. D. d. **Concreto com Fibra**. In: Isaia, Geraldo Cechella. (Org.) Concreto. Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo: IBRACON, 2005. V. 2, Capítulo 39, 1195 – 1225 f, 2005.

FIGUEIREDO, A. D. d. **Concreto Reforçado com Fibras**. 2011 248 f. Tese (Livre-Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

GRZYMSKI, F.; MUSIAL M.; TRAPKO, T. *Mechanical properties of fibre reinforced concrete with recycled fibres*. **Construction and Building Materials**, v. 198, p. 323–331, fev. 2019.

ISAIA, G. C. **Materiais de Construção Civil e Princípios da Ciência e engenharia dos Materiais**. IBRACON. 3. Ed. São Paulo, 2017.

LEE, J. H. Influence of concrete strength combined with fiber content in the residual flexural strengths of fiber reinforced concrete, **Composite Structures**. v. 168, p. 216-225, jul. 2017.

LEONHARDT, F. Cracks and Crack Control in Concrete Structures. **PCI Journal**. v. 33, n. 4, p. 124-145, jul. 1988.

LUCENA, J. C. d. T. **Concreto reforçado com fibras de polipropileno: estudo de caso para aplicação em painel alveolar de parede fina**. 2017. 83 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-graduação em Engenharia Civil (Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo. São Carlos. 2017.

MEHTA, P. K. MONTEIRO, P. J. M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. 3. ed. São Paulo: Arte Interativa, 2008.

NEVILLE, Adam Matthew. **Propriedades do concreto**. 5. ed. São Paulo: Pini, 2016.

PELISSER, F. **Avaliação do desempenho de concreto reforçado com fibras de polietileno tereftalato (PET)**. 2002. 127 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2002.

PEREIRA, E. V. **Influência de fibras de aço no comportamento mecânico e nos mecanismos de fissuração de concretos autoadensáveis**. 2017. 170f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2017.

PIMENTEL, M. G. *et al*, Resposta à flexão e análise de tenacidade de argamassas reforçadas com fibra de Curauá. **Revista Matéria**. v. 21, n. 1, p. 18-26. 2016.

PLIZZARI, G. MINDESS, S, Fiber-reinforced concrete. **Developments in the Formulation and Reinforcement of Concrete (Second Edition)**. ed. S. Mindess. Canadá, p. 257-287, jul. 2019.

QUININO, U. C. de M. **Investigação experimental das propriedades mecânicas de compósitos de concreto com adições híbridas de fibras**. 2015. 243 f. Dissertação (Doutorado) – Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul. 2015.

RANDO JUNIOR, A. M. *et al*, Interferência da adição de fibras de polipropileno e finos de basalto na resistência mecânica de micro-concreto. **Ciências Exatas e Tecnológicas**. v. 40, n. 1, p. 55-62, jan/jun. 2019.

REMASTER TECNOLOGIA. **Piso elevado interiores**. Copyright Remaster Tecnologia, 2018. Disponível em: <<https://www.remaster.com.br/piso-elevado-interno>>. Acesso em: 02 out de 2020.

RILEM. **Creep behavior in cracked sections of fiber reinforced concrete**. Valencia: Spain, v. 14, 2016.

RODRIGUES, P. P. F. **Parâmetros de Dosagem Racional do Concreto**, ABCP 2016. Disponível em: <<https://abcp.org.br/download/parametros-da-dosagem-racional-do-concreto/>> Acesso em: 12 ago. 2019.

ROMERO, L. L. *et al*. Fibras artificiais e sintéticas. Relato Setorial. Rio de Janeiro: BNDES, p. 55-66, jun. 1995.

SANTOS, Ana Paula dos. **Análise da resistência mecânica do concreto reforçado com fibras naturais e sintéticas**. Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <even3.blob.core.windows.net/anais/85705.pdf>. Acesso em: 14 set. 2020.

SENISSE, Juliana A. de L. **Estudo do efeito do agregado cerâmico com diferentes porosidades no comportamento mecânico e de retração livre e restringida de concreto, visando o uso de resíduos de construção e demolição como agente de cura interna**. 2015. 295 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015.

SILVA FILHO, L. C. P.; HELENE, P. R. L. **Análise de Estruturas de Concreto com Problemas de Resistência e Fissuração**. São Paulo: IBRACON, 2011.

SILVA, Bruno B. G. **Indústria têxtil no Nordeste: A experiência de Alagoas e Sergipe**. 2019. 184 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2019.

TAYLOR, G. D. **Materials in Construction**. London: Longman Scientific & Technical, 2 ed, 1994, 284p.

VIEIRA, Matheus Assis. Patologias construtivas: conceito, origens e métodos de tratamento. **Revista Especialize On-line IPOG**. Uberlândia (MG), v.01/2016, n. 12, p. 1-15, dez. 2016.