

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ – FAG
RODRIGO DA SILVA PAIZ

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO COM
ADIÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE FIBRA

CASCABEL - PR
2016

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ – FAG
RODRIGO DA SILVA PAIZ

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO COM
ADIÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE FIBRA

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro universitário fundação Assis Gurgacz – FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Professora Orientadora: Engenheira Civil e Me.
Andréa Resende Souza

CASCADEL - PR
2016

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

RODRIGO DA SILVA PAIZ

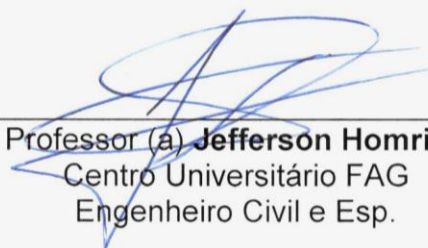
**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO COM
ADIÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE FIBRA**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação da Professora **Engenheira Civil e Me. Andréa Resende Souza**.

BANCA EXAMINADORA



Orientador (a) Prof^a. **Andréa Resende Souza**
Centro Universitário FAG
Engenheira Civil e Mestre.



Professor (a) **Jefferson Homrich**
Centro Universitário FAG
Engenheiro Civil e Esp.



Professor (a) **Maria Vânia N. N. Peres**
Centro Universitário FAG
Engenheira Civil e Mestre.

Cascavel, 10 de novembro de 2016.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada. Aos meus pais, Nelson e Sueleti, que sempre me apoiaram e não mediram esforços para que eu chagasse até esta etapa de minha vida. Ao meu irmão Ricardo que sempre acreditou no meu sonho e me ajudou a torná-lo possível.

Aos meus amigos, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas e por todo o incentivo constante. Com vocês as tristezas se vão e só me resta a felicidade.

Ao corpo docente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, e todas as pessoas com quem convivi nesses espaços ao longo desses anos. Sua dedicação e comprometimento foram a melhor experiência da minha formação acadêmica.

Em especial agradeço a professora Andréa, com quem partilhei o que no início era apenas uma ideia esboçada no papel e que com seu apoio e orientação veio a ser esse trabalho. Agradeço sua paciência, dedicação e colaboração para o alcance dos meus objetivos.

A todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

Se podemos sonhar, também podemos tornar
nossos sonhos realidade.

(Walt Disney)

RESUMO

Apresenta-se neste trabalho o estudo da avaliação do comportamento mecânico do concreto com adição de diferentes tipos de fibra. Entre as adições utilizadas para melhorar determinadas características do concreto, as fibras vem ganhando destaque, sendo o objeto de estudo deste trabalho. As fibras são utilizadas para minimizar o aparecimento de fissuras originadas pela retração plástica do concreto e na redução da taxa de armadura em algumas aplicações do concreto. Para a realização deste trabalho foram utilizadas fibras de aço e de polipropileno adicionadas ao concreto de cimento Portland, em teores referidos por fabricantes e bibliografias, sendo de 0,28% e 0,51% para fibras de polipropileno e de 3% para fibras de aço, aplicados em um concreto convencional de resistência de 25 MPa. Foram efetuadas amostras para ensaios de resistência mecânica à compressão e tração, efetuados 28 dias posteriores a confecção de cada amostra. Por conseguinte, a análise de resultados entre as fibras considerou que: Para fibras de polipropileno com teor de 0.28% do peso do cimento apresentaram melhores resultados enquanto que teores elevados de 0.51 demonstraram uma perda significativa na resistência. Para fibras de aço o teor de 3% demonstrou significativa melhora nos aspectos mecânicos do concreto.

Palavras chave: Concreto, Fibra de aço, Fibra de polipropileno.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Itaipu Binacional usina hidrelétrica localizada na fronteira entre Brasil e Paraguai	14
Figura 2 - Museu Oscar Niemeyer Curitiba-PR	14
Figura 3 - Arranha-céu Burj Khalifa em construção Emirados Árabes Unidos.....	15
Figura 4 - Museu do Amanhã Rio de Janeiro-RJ	15
Figura 5 - Fibras de aço tipo A-I.	24
Figura 6 - Fibras de polipropileno.	25
Figura 7 - Processo de remoção de água livre.	29
Figura 8 - Remoção do cone.....	30
Figura 9 - Abatimento do cone	37
Figura 10 - Aspecto visual do concreto sem fibras	38
Figura 11 - Aspecto visual do concreto com fibras de polipropileno.....	38
Figura 12 - Aspecto visual do concreto com fibras de aço.....	38
Figura 13 - Valor médio de resistências a compressão para concreto com adição de fibras....	39
Figura 14 - Valor médio de resistências à tração para concreto com adição de fibras.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de resistência do cimento	16
Tabela 2 - Classificação e geometria das fibras de aço para reforço de concreto.	20
Tabela 3 - Traço de referência.....	24
Tabela 4 - Relação de ensaios.....	27
Tabela 5 - Adensamento de corpos de prova.....	32

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	11
1.1 INTRODUÇÃO.....	11
1.2 OBJETIVO GERAL.....	12
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.4 JUSTIFICATIVA	12
1.5 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	13
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	13
CAPÍTULO 2.....	14
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.2 CONCRETO.....	14
2.3 MATERIAIS	15
2.3.1 Cimento Portland.....	15
2.3.2 Agregados.....	16
2.3.3 Aditivos	17
2.4 FIBRAS	18
2.4.1 Fibras de aço.....	18
2.4.2 Poliméricas	20
2.5 PROPRIEDADES DO CONCRETO FRESCO	21
CAPÍTULO 3.....	23
3.1 METODOLOGIA.....	23
3.2 TIPO DE ESTUDO E LOCAL DA PESQUISA	23
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	23
3.4 COLETA DE DADOS	26
3.5 PROCEDIMENTOS.....	27
3.5.1 Preparação dos materiais	27
3.5.2 Ensaio de agregados	28
3.5.3 Ensaio de umidade (<i>in loco</i>)	28
3.5.4 Ensaio de abatimento do cone	29
3.5.5 Corpos de prova.....	31
3.5.6 Cura	32
3.5.7 A preparação do concreto	33

3.5.8 A adição de fibras	33
3.6 ENSAIOS	34
3.6.1 Compressão axial (NBR 5739:2007).....	34
3.6.2 Ensaio de compressão diametral (NBR 7222:2011).....	34
3.7 ANÁLISE DOS DADOS	35
CAPÍTULO 4.....	36
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
4.2 RESULTADOS NO ESTADO FRESCO	36
4.3 RESULTADOS NO ESTADO ENDURECIDO.....	37
4.3.1 Resultados de compressão	39
4.3.2 Resultados de tração	40
CAPÍTULO 5.....	41
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
CAPÍTULO 6.....	42
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
APÊNDICE A: RESULTADOS DO ENSAIO DE ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE.	46
APÊNDICE B: RESULTADOS DO ENSAIO DE COMPRESSÃO.	47
APÊNDICE C: RESULTADOS DO ENSAIO DE TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL.....	48
APÊNDICE D: RESULTADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA CONJUNTA.....	49
APÊNDICE E: REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE PROCEDIMENTOS	51
ANEXO 1: RELATÓRIO DE ENSAIOS DE CIMENTO.....	57
ANEXO 2: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE FIBRAS MACCAFERRI	58

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil em todo o mundo e sua representatividade em obras civis de habitação, comércio e serviços, e obras de infraestrutura, pontes, túneis, portos e aeroportos é muito grande. Alguns dos fatores característicos do concreto como sua elevada resistência a carga, trabalhabilidade no estado fresco, incombustibilidade dos materiais e sua baixa reatividade, o tornam uma solução versátil e de fácil aplicação para a execução de obras em diferentes regiões.

O concreto é composto da mistura de cimento Portland, agregado miúdo, agregado graúdo e água, porém sua mistura frequentemente possui outros constituintes destinados a melhorar suas características ou atribuir propriedades especiais (PETRUCCI, 1998), entre estes constituintes destacam-se os aditivos químicos e adição de fibras.

Hoje o concreto pode ser caracterizado como um material compósito, ou seja, compostos por duas ou mais fases distintas: (concreto de cimento, agregados especiais e fibras), essa mistura de propriedades vêm se destacando no mercado da construção civil. Compósitos de fibras são produzidos com o objetivo de melhorar o desempenho mecânico da matriz de concreto, podendo atuar como um reforço da matriz (FIGUEIREDO, 2000).

Materiais como as Fibras metálicas eram originalmente usadas para o controle de fissuras. O aumento da resistência da mistura de concreto e fibras metálicas pode prevenir ou até minimizar a fissuração (BENTUR E MINDESS, 2007). O controle de fissuração atua como um aliado na prevenção de patologias que possam surgir na estrutura.

O reforço do concreto com a adição de fibras vem se destacando no mercado da construção civil, sua capacidade de melhoramento das propriedades mecânicas do concreto o qualifica como um sistema eficiente e de fácil aplicação (FIGUEIREDO, 2000).

Foram adicionadas fibras em um concreto de referência tendo como base bibliografias para a compreensão da influência sobre os fatores mecânicos do concreto de cimento Portland, com a análise dos resultados comparando o com uma referência sem adição.

1.2 OBJETIVO GERAL

Comparar as propriedades mecânicas no concreto com adição de fibras de aço e polipropileno, por meio de ensaios em laboratório comparando com o concreto convencional.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar os tipos de fibras disponíveis no mercado.
- Verificar o ganho de resistência à compressão de concretos com adição de fibra.
- Verificar o ganho de resistência à tração por compressão diametral de concretos com adição de fibra.
- Verificar o comportamento do concreto no estado fresco com diferentes teores e tipos de fibras.

1.4 JUSTIFICATIVA

O emprego de fibras é pouco difundido na indústria da construção civil e seu uso vem agregar mais qualidade aos processos já empregados na preparação do concreto. A sua facilidade de aplicação e suas vantagens a curto, médio e longo prazo o tornam um produto atrativo e vantajoso.

Sua contribuição incrementa as características já conhecidas do concreto, além de promover outras vantagens, como reduzir o índice de fissuras que podem vir a provocar patologias nas edificações causando danos aos proprietários e aos construtores (NEVILLE, 1997).

A determinação de sua influência nas características mecânicas tem grande valor para a criação de projetos cada vez mais eficientes e econômicos. Com este trabalho busca-se avaliar as condições de qualidade e certificação dos produtos disponíveis no mercado e sua real contribuição (MACCAFERRI, 2016).

1.5 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Qual a contribuição que a adição de diferentes tipos de fibras proporciona sobre as propriedades mecânicas do concreto?

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi limitada ao levantamento de dois tipos de fibras, uma de aço e outra de polipropileno disponíveis no mercado, abrangendo classes de diferentes características, adicionadas ao concreto de cimento Portland.

Foram realizados testes mecânicos no laboratório quanto a resistência à compressão, tração, além da trabalhabilidade do concreto.

Para a análise, foram adicionadas fibras em teores referidos em bibliografias, para um concreto com traço de referência específico, foram efetuados cinco traços. Os materiais foram concedidos ao aluno pela construtora onde o estudo ocorreu.

Para a análise da resistência à compressão foram moldados três corpos de prova para a idade de 28 dias, para a análise da resistência à tração foram moldados três corpos de prova para a idade de 28 dias.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.2 CONCRETO

O concreto é um dos materiais mais utilizados no mundo, suas características únicas de resistência, trabalhabilidade e a facilidade de transporte são apenas alguns dos fatores que o tornam uma das principais soluções para a construção civil. Segundo Petrucci (1998, p. 1) “O concreto hidráulico é um material de construção constituído por mistura de um aglomerante com um ou mais materiais inertes e água”. A NBR 12655 (2015) define o concreto de cimento Portland:

Material formado pela mistura homogênea de cimento, agregados miúdo e graúdo e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos, pigmentos, metacaulim, sílica ativa e outros materiais pozzolânicos), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento (cimento e água). Para os efeitos desta Norma, o termo “concreto” se refere sempre a “concreto de cimento Portland” [...] (ABNT, 2015, p.3).

Sua versatilidade é reconhecida em todo o mundo, grandes projetos de arquitetura e engenharia (Figuras 1 a 4) ganham forma e continuam a modificar a paisagem e a interação entre o homem e a natureza.

Figura 1 - Itaipu Binacional usina hidrelétrica localizada na fronteira entre Brasil e Paraguai



Fonte: (ITAIPU, 2016).

Figura 2 - Museu Oscar Niemeyer Curitiba-PR



Fonte: (MON, 2016).

Figura 3 - Arranha-céu Burj Khalifa em construção
Emirados Árabes Unidos



Fonte: (BURJ KHALIFA, 2016).

Figura 4 - Museu do Amanhã Rio de Janeiro-RJ



Fonte: (PREFEITURA-RJ, 2016).

O concreto faz parte de nosso cotidiano e continuará a ser empregado por um longo período de tempo. O avanço de novas tecnologias permitirá a criação de novas estruturas que continuarão a nos ajudar e nos fascinar com sua magnitude.

2.3 MATERIAIS

2.3.1 Cimento Portland

O cimento pode ser definido como um material com propriedades adesivas e coesivas com capacidade de unir fragmentos de minerais entre si, formando um todo compacto (NEVILLE, 1997).

Cimento Portland é a designação dada devido às semelhanças de qualidade entre a pedra de Portland, um calcário encontrado no condado de Dorset – Reino Unido, e o resultado da mistura de materiais calcários e argilosos, ou sílica e alumina e óxidos de ferro para queima junto com o gesso (NEVILLE, 1997).

Existe uma variedade de cimentos normatizados pela ABNT, os cimentos seguem de uma base comum, o clínquer Portland definido pela NBR 5732 (1991) como um produto constituído de silicatos com propriedades hidráulicas. A partir da base do clínquer Portland pode-se haver adições que geram novas categorias com especificações distintas:

- CPB - Cimento Portland branco
- CP I - Cimento Portland comum
- CP II - Cimento Portland composto

- CP III - Cimento Portland de alto-forno
- CP IV - Cimento Portland pozolânico
- CP V-ARI - Cimento Portland de alta resistência inicial
- RS – cimentos Portland resistentes a sulfato

Os cimentos são caracterizados quanto a sua classe de resistência (Tabela 1), que é medida em Mega Pascal (MPa), essa medida de resistência deve ser alcançada em sua totalidade cem por cento na idade informada por sua respectiva norma.

Tabela 1 - Classes de resistência do cimento

CLASSES DE RESISTÊNCIA DO CIMENTO				
		RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 28 DIAS DE IDADE (MPa)		
CIMENTO	NORMA	CLASSE DE RESISTÊNCIA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
CPB - CIMENTO PORTLAND BRANCO	NBR 12989	25	25	42
CP I - CIMENTO PORTLAND COMUM	NBR 5732	32	32	49
CP II - CIMENTO PORTLAND COMPOSTO	NBR 11578	40	40	-
CP III - CIMENTO PORTLAND DE ALTO-FORNO	NBR 5735			
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 28 DIAS DE IDADE (MPa)				
CP IV - CIMENTO PORTLAND POZOLÂNICO	NBR 5736	25	25	42
		32	32	49
(1) RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 7 DIAS DE IDADE (MPa)				
(1) CP V-ARI - CIMENTO PORTLAND DE ALTA RESISTÊNCIA INICIAL	NBR 5733	34	34	-

Fonte: (AUTOR, 2016).

O cimento Portland é a base do concreto, sua escolha deve ser efetuada observando-se todas as necessidades da obra para que não ocorra problemas. Para isso, existe uma variedade de produtos disponíveis no mercado que podem ser empregados para atender as mais diversas necessidades.

2.3.2 Agregados

Agregados são materiais inertes naturais ou artificiais empregados na preparação do concreto ou argamassa. Segundo Neville (1997, p.125) “como pelo menos três quartas partes do volume do concreto são ocupadas pelos agregados não surpreende que sua qualidade seja de considerável importância”. A NBR 7211 (2009) cita que os agregados empregados no concreto devem ser compostos por grãos minerais, estáveis e duráveis. Não podem conter substâncias

que afetem a hidratação ou endurecimento do concreto, ou a proteção da armadura contra a corrosão.

São subdivididos quanto a suas dimensões em duas classes que englobam as dimensões aceitas para seu uso junto ao concreto.

- Agregado miúdo. Agregados cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha 4,75mm.
- Agregado graúdo. Agregados cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha 75mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha 4,75mm (NBR 7211, 2009 p.3).

Outra divisão é quanto a sua origem que pode ser definida como natural (Vermiculita, argila expandida, pedra Pome, Magnetita, Limonita, Barita, brita e areia) ou artificial (Granalha de aço, Pérolas de isopor, Raspa de Borracha (EVA)) (ITAMBÉ, 2014).

Os materiais constituintes definidos como agregados geram variações nos índices mecânicos e físicos do concreto fazendo-se necessário um controle tecnológicos destes materiais para que ocorram os resultados esperados no cálculo de dosagem.

2.3.3 Aditivos

Aditivos são produtos incorporados ao concreto no estado fresco com a função de melhorar suas características (regular tempo de cura e endurecimento, aumentar sua resistência, facilitar sua trabalhabilidade entre outros.). Comercialmente existe uma gama de produtos aditivos que trabalham para a melhoria das propriedades do concreto, e estão disponíveis para a confecção do concreto com as mais variadas características. Seu uso junto ao concreto em geral é inferior a 5% do peso do cimento (MONTTOYA; MESEGUER; CABRÉ, 2001).

Segundo Montoya *et al.* (2001, p. 40) “deve-se observar que os aditivos melhoram certas propriedades daqueles concretos que por si só foram bem dosados e preparados”. Os aditivos possuem algumas características base que atuam diretamente nas propriedades do concreto dentre essas características destacam-se:

- Aceleradores: Produtos empregados com a finalidade de acelerar o endurecimento do concreto, em grande parte são aplicados para reduzir o tempo de desmolde das formas de concreto o que é de grande importância para indústrias de pré-moldados. E também são utilizados na preparação de concreto em dias frios para combater o efeito retardador das baixas temperaturas, e conseguir atingir a resistência mais rapidamente.

- Retardadores: Retardam o tempo de pega do concreto, são formados por substâncias orgânicas que são consumidas pelo concreto, após o seu consumo é observado uma melhora na resistência do concreto, são de grande utilidade em tempos quentes onde a distância de transporte do concreto é grande.
- Plastificantes: Materiais a base de pó muito fino que completam a granulometria do cimento e facilitam o deslizamento dos grãos na argamassa, permitindo a criação de concreto mais trabalháveis, também influenciam na impermeabilização do concreto e por serem quimicamente inertes alteram pouco suas propriedades.
- Fluidificantes: Produto geralmente de origem orgânica possui moléculas largas e tensoativas parte hidrofílica e parte hidrofóbica, esta característica resulta em um efeito lubrificante no concreto fresco que é acompanhado de uma redução da quantidade de água.
- Incorporador de ar: Gera uma infinidade de bolhas de ar no concreto com dimensões entre 20µm a 200µm de diâmetro uniformemente distribuídas, quando as bolhas interceptam redes capilares do concreto melhoram suas características quando há geada e agentes agressivos.
- Impermeabilizantes: Atuam pela retração diminuindo a estrutura das redes capilares resultantes do processo de evaporação da água, são adicionados diretamente a massa do concreto e podem diminuir a resistência do concreto se o mesmo possuir incorporado de ar (MONTROYA *et al.*, 2001).

2.4 FIBRAS

2.4.1 Fibras de aço

Segundo Figueiredo (2000) as fibras de aço são elementos descontínuos produzidos com uma variada gama de formatos, dimensões e mesmo de tipos de aço.

Originalmente as fibras de aço eram utilizadas apenas para o controle de fissuração do concreto, redução da taxa de armadura secundária e frequentemente empregadas em lajes planas, pavimentos e linhas de túneis. Atualmente possuem os mesmos propósitos, porém seu uso vem ganhando mais utilização como incremento estrutural, sendo utilizadas para

substituição do reforço metálico convencional, ou agindo de forma complementar a ele (BENTUR; MINDESS, 2007).

O aumento da resistência devido a adição de fibras pode prevenir ou minimizar a fissuração devido às mudanças de temperatura ou umidade relativa do ar e aumentar a resistência ao carregamento dinâmico em estruturas decorrentes de impactos, explosões ou eventos sísmicos (BENTUR; MINDESS, 2007).

No Brasil a NBR 15530 (2007) “fibras de aço para concreto – especificação”, estabelece parâmetros de classificação para fibras de aço de baixo teor de carbono e define requisitos mínimos de forma geométrica. A norma classifica as fibras em três tipos básicos (Tabela 2) em função de sua conformação geométrica (FIGUEIREDO; CHAMA NETO; MACEDO FARIA 2008).

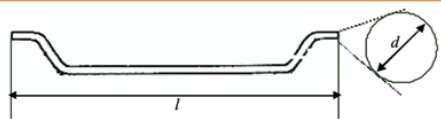
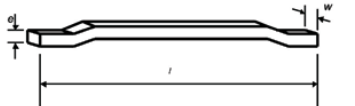
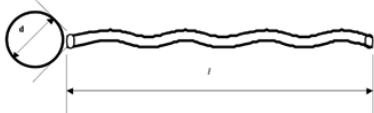
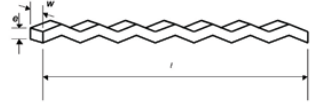
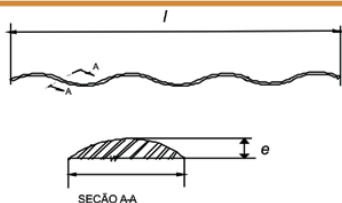
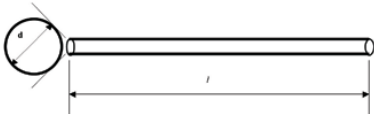
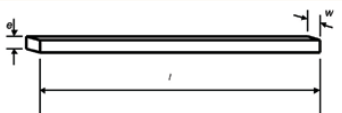
- Tipo A: fibra de aço com ancoragens nas extremidades;
- Tipo C: fibra de aço corrugada;
- Tipo R: fibra de aço reta.

Dentro de cada tipologia podem-se expandir três classes definidas segundo o aço que deu origem às mesmas (Tabela 2).

- Classe I: fibra oriunda de arame trefilado a frio;
- Classe II: fibra oriunda de chapa laminada cortada a frio;
- Classe III: fibra oriunda de arame trefilado e escarificado.

Obtém-se assim uma relação esquemática que pode ser descrita como na (Tabela 2) (FIGUEIREDO *et al.*, 2008).

Tabela 2 - Classificação e geometria das fibras de aço para reforço de concreto.

Tipo (geometria)	Classe da fibra	Geometria
A	I	
	II	
C	I	
	II	
	III	
R	I	
	II	

Fonte: (FIGUEIREDO *et al.*, 2008).

2.4.2 Poliméricas

A necessidade de novos produtos que agreguem qualidade e não comprometam o tempo de vida útil tornam o uso de fibras poliméricas como uma interessante solução industrial, seu uso é difundido na indústria, fibras longas e espessas são utilizadas como reforço estrutural em material compósito, fibras contínuas e delgadas em tecidos (vestuário) e não tecidos (embalagens, enchimentos) e fibras curtas e delgadas em aplicações especiais (elemento adesivo *hot melt*) (SALOMÃO *et al.*, 2003).

Fibras sintéticas como as de polipropileno são empregadas como reforço secundário no concreto, fazendo com que ocorra uma diminuição no aparecimento da fissuração. Com sua utilização ocorre uma distribuição das fissuras com espaçamento menor e aberturas pequenas.

Em grande maioria são empregadas como reforço secundário ou seja não possuem características estruturais e não podem ser utilizadas com o propósito de controle de fissuração por cargas externas ou como substitutas da armadura principal (TANESI; FIGUEIREDO, 1999).

Outras fibras tem sido empregadas para a confecção do cimento e concreto armado estas incluem Acrílico, Nylon, Poliéster, Polietileno e Poliolefinas (BENTUR; MINDESS, 2007).

A eficiência do reforço com fibras dependerá do teor de fibras, módulo de elasticidade das fibras, comprimento e da aderência matriz-fibra. O teor de fibras é um dos fatores que mais influenciam no controle de fissuração por retração, ou seja quanto maior o teor de fibras maior será o número de fibras para interceptar as microfissuras impedindo a propagação das mesma. As fibras atuam como pontes de transferência de tensão auxiliando o concreto na transição do estado fresco para o endurecido (TANESI; FIGUEIREDO, 1999).

2.5 PROPRIEDADES DO CONCRETO FRESCO

A preparação do concreto é influenciada por diversos fatores, e em sua fase fluída apresenta características específicas que influenciam o resultado final. Segundo Montoya *et al.* (2001, p.75) “O concreto fresco é um material essencialmente heterogêneo, visto que é constituído de três fases: sólida (agregados e cimento), líquida (água) e gasosa (ar aprisionado)”.

O principal fator que influencia o concreto no estado fresco é a trabalhabilidade que é de difícil conceptualização, visto que engloba uma série de propriedades como; consistência, textura, trabalhabilidade, integridade da massa entre outros. Outra dificuldade é que não se pode definir um valor relativo a trabalhabilidade, uma vez que está sujeita a fatores externos (condição da mistura, transporte, lançamento, adensamento do material, dimensões das formas e disposição das armaduras) (PETRUCCI, 1998).

A trabalhabilidade do concreto mesmo que não possa ser compreendida em sua totalidade, porém existem métodos e aparelhos idealizados para verificar a influência dos fatores internos do concreto (PETRUCCI, 1998). Os mais amplamente difundidos são:

- Ensaio de consistência pelo abatimento do cone;
- Ensaio de escorregamento sem limitações;
- Ensaio de escorregamento (*flow test*);

- Mesa de Graf;
- Ensaio de escorregamento com limitações;
- Ensaio de remoldagem (*remolding test de T. C. Powers*);
- Ensaio de remoldagem modificado;
- Ensaio Vebe;
- Ensaio de penetração;
- Ensaio de Graf;
- Ensaio de Irribarren;
- Ensaio de Kelly (Ball Penetration – ASTM C-360/75);
- Ensaio de Humm;
- Ensaio de compactação;

Estes métodos são baseados em pesquisas laboratoriais e investigativas, realizadas por estudiosos do assunto, cada método possui suas peculiaridades de aplicação e manuseio assim como seus resultados de referência.

Cada ensaio possui uma finalidade específica de aplicação sendo assim, não são aplicáveis para todo tipo de concreto, com isso torna-se necessário a investigação das características do concreto que se deseja avaliar antes da escolha do método.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.2 TIPO DE ESTUDO E LOCAL DA PESQUISA

O estudo trata-se de um levantamento qualitativo da influência gerada sobre fatores mecânicos de resistência do concreto com adição de fibras comparando o com concreto convencional. Para a realização do levantamento foram realizados testes em laboratório com o intuito de aferir a consistência e as propriedades mecânicas.

As informações técnicas foram obtidas através de normas, manuais técnicos disponibilizados por fabricantes e autores estudiosos do assunto.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A análise dos dados foi realizada nas dependências do laboratório de análise de qualidade da construtora concedente do equipamento e material para o estudo, localizada na cidade de Cascavel-PR. A primeira dosagem do concreto foi efetuada seguindo o traço de referência (Tabela 3) que foi executado para criar o parâmetro de controle. Foram efetuadas mais três amostras de concreto com os parâmetros do traço do concreto de referência, adicionando-se a cada respectiva amostra de concreto, fibras de polipropileno no teor de 0.28% e 0.51% e fibra de aço no teor de 3% do peso do cimento. Abrangendo duas tipologias distintas (Figuras 5 e 6). Estes valores foram adicionados por possuírem um parâmetro de comparação com literaturas, o que atuou como ferramenta de observação dos resultados.

Tabela 3 - Traço de referência

TRAÇO DE REFERÊNCIA – CONCRETO FCK 25MPA / 28DIAS		
Cimento Portland CP-40 Itambé	1	kg
Areia	2,678	kg
Pó de brita	0,912	kg
Pedrisco	1,248	kg
Brita 01	3,315	kg
Água	0,667	kg
Aditivo - Mira Set 200	7,053	g
1 : 2,678 : 0,912 : 1,248 : 3,315 : 0,667 : 0,007		

Fonte: (AUTOR, 2016).

Para a preparação do concreto com fibras de aço foi utilizada a fibra de aço Wirand-FF1 (Figura 5) produzida pela MACCAFERRI (2016). Estas fibras são produzidas a partir de fios de aços de baixo teor de carbono, e quando aplicadas em elementos estruturais atuam como uma armadura tridimensional, reduzindo o acúmulo de tensões nos elementos estruturais assim incrementando sua resistência (MACCAFERRI, 2016).

Entre outras vantagens o uso destas fibras pode reduzir a taxa de armadura convencional, seu uso junto ao concreto propicia uma redução de fissuras o que agrega mais qualidade e durabilidade a obra (MACCAFERRI, 2016).

Suas especificações estão em conformidade com a NBR 15530 (2007), sendo categorizada na tipologia (I-A) com fator de forma (Relação h/d) de 50, o que proporciona um parâmetro de controle de comparação entre as especificações do fabricante (ANEXO 2) e a normativa vigente.

Figura 5 - Fibras de aço tipo A-I.



Fonte: (AUTOR, 2016).

O concreto com adição de fibras de polipropileno foi preparado com a fibra FibroMac (Figura 6) produzida pela MACCAFERRI (2016). Estas fibras são formadas por filamento extremamente finos através de processo de extrusão, seu uso é recomendado na fabricação de concreto e argamassas (MACCAFERRI, 2016).

As Fibras poliméricas possuem características significativas sobre o concreto no estado fresco, sua dimensão não é regida por normas específicas, a escolha da fibra ocorreu com base em pesquisa bibliográfica, obtendo-se para este ensaio a fibra com 6mm comprimento e diâmetro de 18 μ m conforme especificações do fabricante (ANEXO 2).

Esta especificação de fibra foi escolhida por ser a que menos afeta resultados do concreto no estado fresco, uma vez que sua distribuição ocorre de forma mais uniforme sem a necessidade de aditivos especiais para tornar o concreto mais fluido o que acarretaria em um desvio do padrão de amostras.

Figura 6 - Fibras de polipropileno.



Fonte: (AUTOR, 2016).

A preparação do concreto recebeu agregados (brita e areia), oriundos de mineradoras instaladas na região. Água da Companhia de Saneamento do Estado do Paraná (SANEPAR) e demais materiais foram obtidos segundo a disponibilidade de distribuidores situados na região e que estejam de acordo com as normas vigentes (aditivos, fibras de aço, cimento Portland).

A confecção do concreto foi realizada conforme a NBR 7212 (2012), os materiais agregados que estiveram submetidos a variações climáticas e ambientais sendo aferidos quanto a seus índices físicos antes de serem empregados na confecção do concreto com ensaios realizados *in loco*, para a correção de valores. Foi retirada a quantidade de seis testemunhos (corpo de prova) de cada lote de concreto realizado. A realização dos corpos de prova seguiu os requisitos estabelecidos na NBR 5738 (2015).

A escolha do cimento CP II-40F foi em virtude de suas propriedades que propiciam uma maior trabalhabilidade do concreto devido a sua adição de Filler na fabricação. O aditivo polifuncional foi empregado para que a mistura obtivesse um incremento em sua trabalhabilidade, e não ocorresse a segregação de materiais quando adicionada as fibras.

A areia recebeu um tratamento individual pois durante os ensaios ocorreu grandes quantidades de chuva na região e este agregado não estava protegido, ensaios de umidade *in loco* foram realizados para aferir o teor de umidade. E ensaio de granulometria conjunta (APÊNDICE D) para aferir sua distribuição granulométrica.

3.4 COLETA DE DADOS

Conforme mencionado no item anterior, o concreto foi realizado em central, e transportado para um laboratório de ensaios, ambiente abrigado do sol e protegido de intempéries e com temperatura pouco variável. A adição e mistura das fibras ocorreu com o auxílio de equipamento mecânico (betoneira). Previamente à introdução dos materiais, foi realizada a limpeza do equipamento com uma mistura de água e brita para remoção de materiais que pudessem contaminar a amostra. Após o processo de limpeza do equipamento e secagem do mesmo, deu-se sequência com o processo de adição de materiais em intervalos intercalados para que ocorra a completa mistura dos materiais (agregados, água, materiais cimentícios, aditivos químicos, fibras).

Após a mistura dos materiais, que passa a ser denominado como concreto, foi realizado o ensaio de abatimento do cone. Para cada lote de concreto foram realizados cinco corpos de prova que serão submetidos aos ensaios representados pela (Tabela 4).

Tabela 4 - Relação de ensaios.

RELAÇÃO DE ENSAIOS					
ENSAIOS	CONCRETO				
	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	AMOSTRA 04	AMOSTRA 05
Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos NBR 5739 (2007).	X	X	X	X	X
Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone NM 67 (1998).	X	X	X	X	X
Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos NBR 7222 (2011).	X	X	X	X	X

Fonte: (AUTOR, 2016).

3.5 PROCEDIMENTOS

3.5.1 Preparação dos materiais

Os materiais empregados na construção civil estão propensos a alterações de qualidade uma vez que o processo de produção tem como base a transformação de matéria prima extraída da natureza (minerais, óleos e madeira). As características destes materiais sofrem consideráveis alterações devido a variações geográficas e geológicas das regiões onde se originam.

Características dos materiais devem ser previamente estudadas antes da preparação do concreto. Os materiais armazenados no local de fabricação necessitam de estudos *in loco*, este processo torna-se necessário uma vez que as condições de estocagem dos materiais não obedecem um controle rigoroso de condições climáticas e ambientais, fatores estes que influenciam diretamente na dosagem do concreto e que não possuem um valor fixo para estudo.

Materiais como brita e areia são normalmente estocados em baias de agregados expostos a intempéries climáticas (calor, chuva e vento), essas variações provocadas pelo ambiente geram diferenças na dosagem do concreto e devem ser corrigidas antes de sua preparação.

O cimento, fibras e aditivos necessitam de armazenagem em local seco e abrigado de intempéries uma vez que quando expostos a variações climáticas desencadeiam processos físicos químicos como endurecimento, oxirredução (ferrugem), ou alteração das características químicas.

Segundo a NBR 12821 “os materiais devem ser mantidos em ambiente com temperatura uniforme e controlada, por um período de 24h antes da mistura para estabilização da temperatura.” (ABNT, 2009).

3.5.2 Ensaio de agregados

Ensaaios de agregados tornam-se necessários para que ocorra uma correta distribuição dos materiais que constituem o concreto, valores de umidade e granulometria devem ser constantemente atualizados pois estes podem sofrer grandes variações.

As areias sofrem com as ações climáticas pois absorvem a umidade facilmente, enquanto brita pode sofrer variações devido as características da rocha matriz ou da diferença entre equipamentos de britagem disponíveis no mercado.

3.5.3 Ensaio de umidade (*in loco*)

O ensaio de umidade *in loco*, foi realizado em areias para corrigir valores de água que foi adicionado a mistura do concreto. Este ensaio deve ser realizado no máximo uma hora antes do início da preparação do concreto, e foi constituído das seguintes etapas:

- Mistura da areia que está na baia de agregado afim de homogeneizar a amostra. Este processo foi efetuado com auxílio de pá carregadeiras devido à grande quantidade de material armazenado nas baias.
- Retirada de uma amostra do material para análise e, com auxílio de uma balança, foi anotado o peso desta amostra.
- Com auxílio de uma bandeja metálica e um fogareiro (Figura 7) foi despejado a areia sob a bandeja e realizando-se movimentos com uma espátula para que toda a areia seja igualmente aquecida e ocorra a evaporação da água

Figura 7 - Processo de remoção de água livre.



Fonte: (AUTOR, 2016)

- Após observação visual de que a areia não apresenta mais pequenos “torrões” desliga-se a chama, aguarda-se o resfriamento da amostra.
- A mistura retorna a balança para uma nova pesagem e com a nova medida obtém-se a relação de umidade pelas equações:

$$Pa = P - Ps$$

$$W = \frac{Pa}{Ps} * 100$$

Onde:

P – Peso da amostra coletada *in loco* (Kg)

Ps – Peso da amostra seca (Kg)

Pa – peso da água (Kg)

W – teor de umidade *in loco* (%)

3.5.4 Ensaio de abatimento do cone

Para determinar a consistência do concreto utiliza-se o ensaio de abatimento do cone NM 67 (1998) também conhecido como Slump Test. Este ensaio gera parâmetros importantes sobre a trabalhabilidade e coesão da mistura do concreto em seu estado fresco. Com estes dados foi possível prever características específicas para a sua aplicação como: fluidez, plasticidade da mistura e a possibilidade de segregação dos materiais.

O Slump Test é o ensaio mais importante uma vez que este é realizado in loco momentos antes do início do serviço de concretagem, e, é padrão de aceitação ou recusa do concreto sobrepondo-se ao romaneio uma vez que este teste é o único que pode determinar as características no momento da aplicação. O procedimento de ensaio segue as normas do Mercosul (NM67:1998 Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone). Para a realização do ensaio deve-se seguir os seguintes processos:

- Em uma superfície plana foi colocada uma chapa de apoio maior que a base inferior do cone, o cone e a chapa foram umedecidos para que não ocorresse aderência do concreto com o metal.
- O cone possui a dimensão de $(200\text{mm} \pm 2\text{mm})$ na sua base inferior, $(100\text{mm} \pm 2\text{mm})$ na base superior e altura de $(300\text{mm} \pm 2\text{mm})$ ser provido de uma superfície lisa em seu interior e com duas aletas laterais para apoio e fixação temporária.
- Posicionou o cone sobre o centro da chapa, o operador posicionou com os pés sobre suas aletas de forma a mantê-lo estável. Encheu-se rapidamente o molde com o concreto coletado em três camadas, cada uma com aproximadamente um terço da altura do molde compactado.
- Completando cada camada com 25 golpes, e posicionando a haste em ângulo nas primeiras camadas para que todas fossem compactadas uniformemente. Após a compactação das camadas nivelou-se a superfície superior uniformemente e retirou-se o cone (Figura 8) com velocidade constante não ultrapassando o intervalo 5 a 10 segundos. O procedimento inteiro de formação de preenchimento do cone e remoção não extrapolou 150 segundos (NM 67, 1998).

Figura 8 - Remoção do cone.



Fonte: (AUTOR, 2016).

- Imediatamente após a retirada do cone mediu-se o abatimento do concreto que foi definido pela diferença entre a altura do concreto e a altura do cone, podendo ser arredondado o valor para o 5 mm mais próximos.

3.5.5 Corpos de prova

A retirada dos corpos de prova foi realizada após a aceitação do *slump test*. A moldagem dos corpos de prova corre em recipientes metálicos revestidos com desmoldante químico para que pudesse ser desenformado posteriormente.

A confecção foi regida pela NBR5738 (2015) que estabeleceu os parâmetros para preparação dos corpos de prova dentre eles destacam-se:

- Dimensões dos corpos de prova: Para a realização dos corpos de prova a norma cita que os mesmos devem ser no mínimo quatro vezes maiores que a dimensão nominal do agregado graúdo do concreto, partículas maiores que forem encontradas devem ser removidas dos corpos de prova.
- Moldagem dos corpos de prova: Efetuar uma mistura para garantir a uniformidade da amostra e adicionar aos corpos de prova em camada e distribuindo uniformemente o material.
- Adensamento: com auxílio de uma haste metálica adicionar concreto até formar uma camada que ocupe metade da altura do corpo de prova e efetuar o adensamento manual golpeando-o com auxílio de uma haste metálica conforme NBR 5738 (2015) após o adensamento da primeira camada completar o corpo de prova e efetuar novo adensamento manual com atenção para que a haste metálica não ultrapasse a camada entrando em contato com a camada já anteriormente adensada. Para o adensamento manual com haste os parâmetros de execução são definidos pela (Tabela 5).

Tabela 5 - Adensamento de corpos de prova

TIPO DE CORPO-DE-PROVA	DIMENSÃO BÁSICA (d) mm	NÚMERO DE CAMADAS EM FUNÇÃO DO TIPO DE ADENSAMENTO		NÚMERO DE GOLPES PARA ADENSAMENTO MANUAL
		MECÂNICO	MANUAL	
Cilíndrico	100	1	2	12
	150	2	3	25
	200	2	4	50
	250	3	5	75
	300	3	6	100
	450	5	9	225
Prismático	150	1	2	75
	250	2	3	200
	450	3	-	-
1) Para concretos com abatimento superior a 160 mm, a quantidade de camadas deve ser reduzida à metade da estabelecida nesta tabela. Caso o número de camadas resulte fracionário, arredondar para o inteiro superior mais próximo.				

Fonte: (AUTOR, 2016).

Após o adensamento removeu-se o material excedente e regularizou-se a superfície.

3.5.6 Cura

O tempo de cura do concreto foi definido como um período onde ocorrerão todas as reações físico-químicas que transformarão o concreto fresco no produto final, ou seja, o concreto com as especificações mecânicas solicitadas.

Para a realização da cura do concreto foram retirados do canteiro os corpos moldados conforme o item anterior levados a um local abrigado do sol com uma superfície plana, onde permaneceram por 24h conforme procedimento da NBR 5738 (2015) para corpos cilíndricos, posterior a este período foram retirados dos recipientes metálico e transportados para um tanque de imersão.

Para os corpos de prova que foram ensaiados após 28 dias devem permanecer imersos por no mínimo 21 dias, demais idades, devem permanecer no tanque de imersão pelo menos durante três quartas partes da idade de ensaio que se deseja realizar (NBR 5738, 2015).

Decorrido o período de cura as amostras foram retiradas do tanque e suas bases passaram por um processo de regularização. Este processo foi necessário para adequá-las a realização dos ensaios de compressão axial. Para a regularização foi utilizado o processo de retificação que consiste na remoção de uma fina camada com auxílio de um equipamento mecânico que proporcionou uma superfície lisa e livre de ondulações e abaulamentos.

3.5.7 A preparação do concreto

O concreto utilizado para este trabalho foi fabricado em uma empresa prestadora de serviços de concretagem, este concreto também é conhecido como: Concreto Dosado em Central ou (CDC). A empresa possui o controle quantitativo que define a especificação dos diversos produtos que fabrica, Concreto convencional, concreto auto adensável, argamassa estabilizada entre outros.

Para a realização deste trabalho foi utilizado como base o Produto: Concreto usinado convencional com resistência de 25MPa na idade de 28 dias. O Acadêmico foi convidado a vivenciar e participar de todas as etapas com a liberdade de coletar dados e resultados para a aplicação neste trabalho. O processo de usinagem mecanizado gerou um relatório de consumo de materiais que foi utilizado como base de todo este trabalho para cálculos de quantidade volumes entre outros.

A concreteira efetuou a preparação do concreto em central em duas datas e disponibilizou para o acadêmico uma amostra para que o mesmo efetuasse seus estudos. A amostra foi mantida em duas betoneiras com volume conhecido que previamente foram umedecidas e abrigadas do sol para que não ocorresse a perda de água do concreto no estado fresco.

3.5.8 A adição de fibras

De posse do Romaneio concedido pela concreteira foi realizado o cálculo de volume de materiais (fibras de polipropileno e fibras de aço) que foi necessário a adição com base no volume da amostra disponível.

As fibras de polipropileno foram adicionadas conforme a instrução do fabricante Maccaferri (2016) com o teor de (0,28%) para uma primeira amostra. Devido a sobra de material foi efetuada uma terceira amostra com valores superiores (0,51%) a fim de comparar com resultados bibliográficos mencionados na bibliografia de Bentur (2007).

A adição de fibras de aço seguiu o padrão de dosagem referido por Bentur (2007) de (3,00%) do peso do cimento.

3.6 ENSAIOS

3.6.1 Compressão axial (NBR 5739:2007)

O ensaio de compressão axial afere a resistência do concreto, sua aferição foi baseada em uma amostra que pode ser obtida através de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos, ou extração de testemunho caso não ocorra a moldagem dos corpos de prova na hora da concretagem. O procedimento de ensaio para todos se resume em:

- Retirada dos corpos de prova do local de cura no tempo mais próximo a realização do ensaio.
- Capeamento e regularização das extremidades para que ocorra correta distribuição da força do equipamento. As dimensões finais do corpo de prova devem obedecer a relação:

$$\frac{b}{h} \leq 2,02$$

*Para corpos de prova com relação inferior a 2,02 empregar o fator de correção na equação

- Posicionar o corpo de prova concêntrico com os pratos do equipamento, configurar para aplicação de carga continua com velocidade de $(0,45 \pm 0,15)$ MPa/s
- Cessar o carregamento quando observado a ruptura do corpo de prova. Com os dados do equipamento calcula-se a resistência a compressão pela equação:

$$f_c = \frac{4F}{\pi * D^2}$$

ONDE:

f_c = Resistência a compressão (MPa)

F = Força máxima aplicada (N)

D = Diâmetro do corpo de prova (mm)

3.6.2 Ensaio de compressão diametral (NBR 7222:2011)

Ensaio de compressão diametral foram realizados para a determinação da resistência à tração de concretos e argamassas. Para a realização do ensaio, os corpos de prova devem

obedecer às mesmas características físicas e geométricas especificadas na (NBR 5739 – ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos). Procedimento de ensaio:

- Os corpos de prova devem estar posicionados entre os pratos da máquina de ensaio, caso estes pratos possuam dimensões menores que o corpo de prova placas de aço devem ser posicionadas para que ocorra a correta distribuição da força aplicada pelo equipamento em toda a extensão do corpo de prova. O uso de finas chapas de madeira ou aglomerado são permitidas para manter na posição do corpo de prova caso a superfície não esteja totalmente nivelada.
- O equipamento deve ser configurado para aplicação de carga uniforme a uma velocidade de $(0,05 \pm 0,02)$ MPa/s até a ruptura do corpo de prova.
- A resistência à tração por compressão diametral deve ser calculada pela equação:

$$f_{ct,sp} = \frac{2 F}{\pi d l}$$

Onde:

$f_{ct,sp}$ = Resistencia à tração por compressão diametral (MPa)

F = Força máxima obtida no ensaio (N)

d = Diâmetro do corpo de prova (mm)

l = comprimento do corpo de prova (mm)

3.7 ANÁLISE DOS DADOS

Todos os dados obtidos durante os ensaios foram salvos em planilhas eletrônicas e processados em formato de planilhas e gráficos, para a compreensão visual e analítica, da influência gerada pela adição de fibras no concreto.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados foram coletados em duas etapas, a primeira coleta ocorreu durante a execução do concreto onde foram coletados dados referentes ao consumo de materiais (APÊNDICE E) e propriedades do estado fresco (APÊNDICE A). A segunda coleta ocorreu após o tempo de cura do concreto, que conforme parâmetros estabelecidos pelo fabricante (ANEXO 1) ocorreu na idade de 28 dias posteriores a moldagem dos corpos de prova, onde foram submetidos aos ensaios de compressão axial NBR 5739 (2007), compressão diametral NBR 7222 (2011), para obtenção dos parâmetros de: Resistência à tração por compressão diametral; Resistência à compressão.

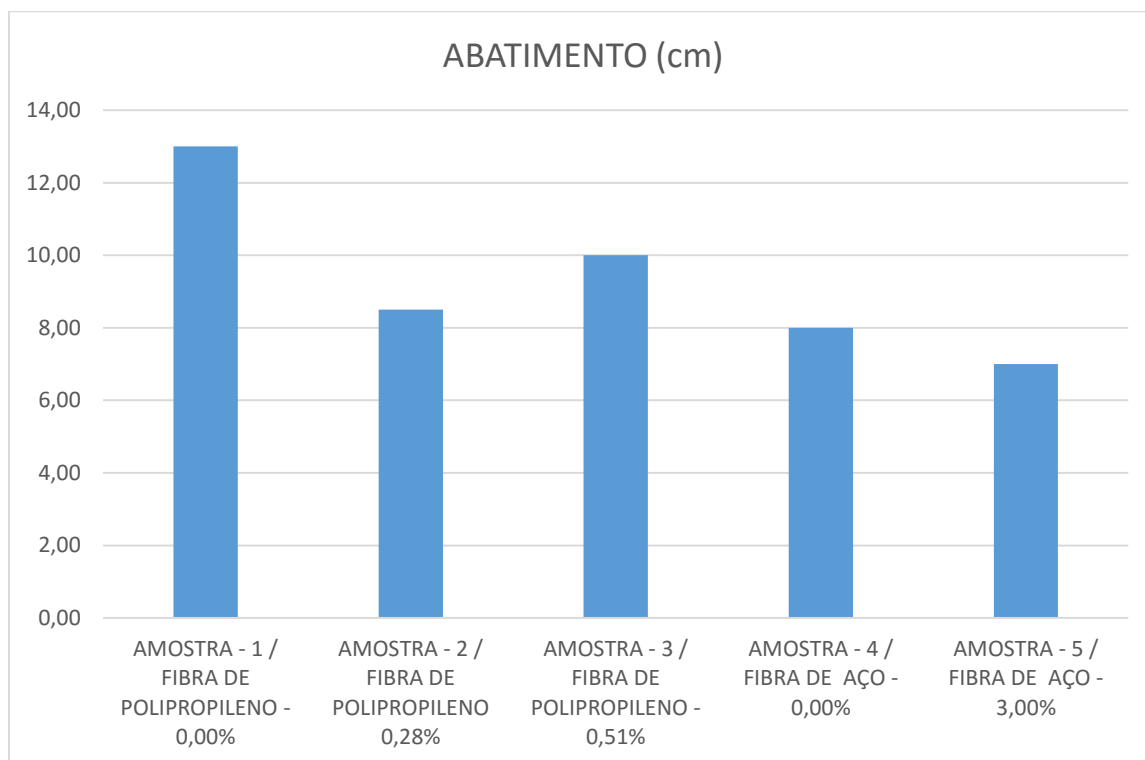
Os dados obtidos durante o processo foram anotados pelo acadêmico e compilados em planilhas eletrônicas para apresentação dos resultados.

Os dados extraídos no decorrer dos procedimentos de ensaio foram analisados conforme estabelecido nas respectivas normas e literaturas, os valores numéricos obtiveram tratamento de cálculo em planilha eletrônica com precisão de dois dígitos após a virgula. Dados obtidos *in loco* como a tomada de medidas com régua, trena ou equipamentos similares tiveram seus valores ajustados conforme previsto em norma.

4.2 RESULTADOS NO ESTADO FRESCO

Observou-se na Figura 9 que, no estado fresco, a adição de fibras gera uma redução do abatimento. Essa variação é mais significativa na adição de fibras de polipropileno onde a maior variação foi de 4,5cm. E esta variação do abatimento se demonstrou menor no concreto com adição de fibras de aço onde a variação foi de 1,0cm.

Figura 9 - Abatimento do cone



Fonte: (AUTOR, 2016)

Observou-se que o concreto estava em uma condição mais fluída dentro da betoneira minutos antes da adição das fibras. Após sua adição seu aspecto era mais pastoso formando uma mistura mais consistente.

O concreto com adição de fibras de polipropileno em quantidades superiores a informada pelo fabricante apresentou um comportamento atípico. Conforme pode-se observar, seu abatimento foi menor do que a amostra dosada com as referências do fabricante (amostra-2) podendo-se constatar que o teor de fibras interfere nas características de trabalhabilidade do concreto.

4.3 RESULTADOS NO ESTADO ENDURECIDO

Após a cura do concreto, uma observação visual demonstrou que os corpos de prova não sofreram mudanças na sua estrutura de acabamento. Todas as amostras possuíam uma mesma textura (Figuras 10 a 12) e não foi observado segregação ou formação de bolhas de ar devido a adição de nenhuma das fibras.

Figura 10 - Aspecto visual do concreto sem fibras



Fonte: (AUTOR, 2016)

Figura 11 - Aspecto visual do concreto com fibras de polipropileno



Fonte: (AUTOR, 2016)

Figura 12 - Aspecto visual do concreto com fibras de aço



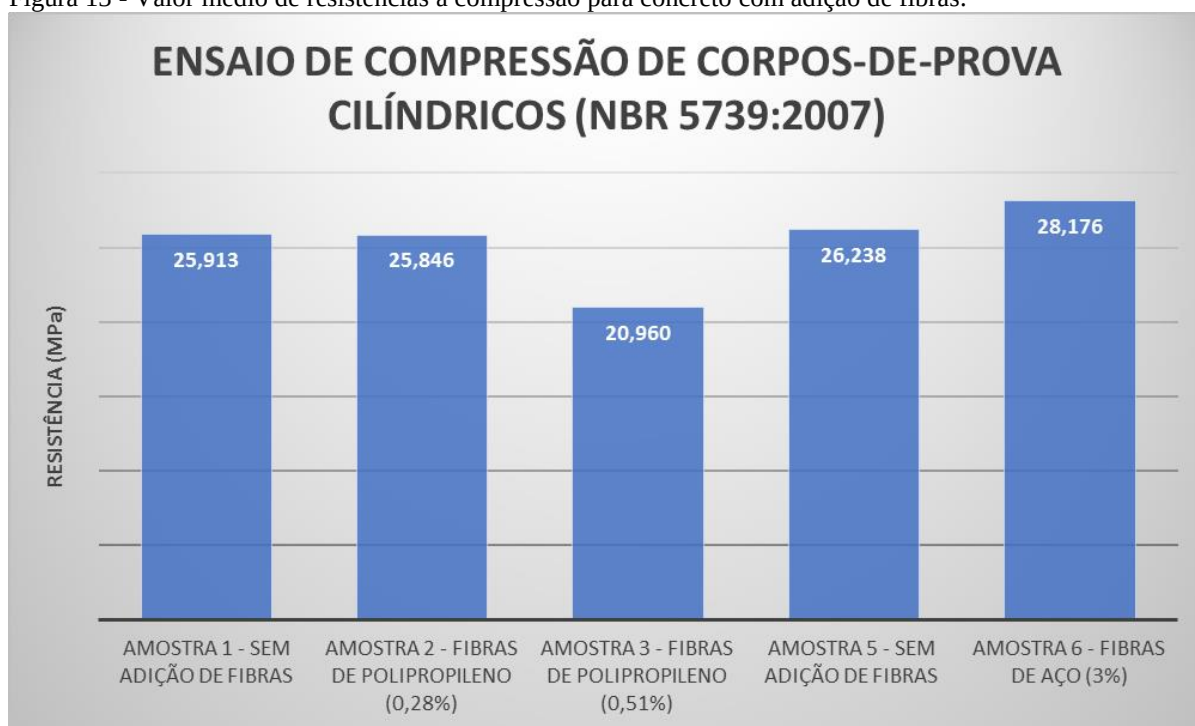
Fonte: (AUTOR, 2016)

A regularização em equipamento de retífica não sofreu problemas. Mesmo com a utilização de fibras o equipamento efetuou o corte (APÊNDICE E) sem dificuldades e não foram observadas fissuras na região onde o equipamento cortou as fibras.

4.3.1 Resultados de compressão

Os resultados do ensaio de compressão axial (APÊNDICE B) foram tratados por média simples para análise global do ensaio conforme demonstra as (Figura 13).

Figura 13 - Valor médio de resistências a compressão para concreto com adição de fibras.



Fonte: (AUTOR, 2016)

Para os concretos com adição de fibras de polipropileno pode-se observar uma redução na resistência à compressão de 0,285% para a amostra que obedeceu a dosagem segundo indicações do fabricante (teor de 0,28%). Para a amostra que seguiu parâmetros de pesquisas bibliográficas a redução aos esforços de compressão foi significativa, 19,114% em comparação com a amostra de referência (amostra 1), demonstrando assim a sua pouca eficácia para solicitações de esforços de compressão.

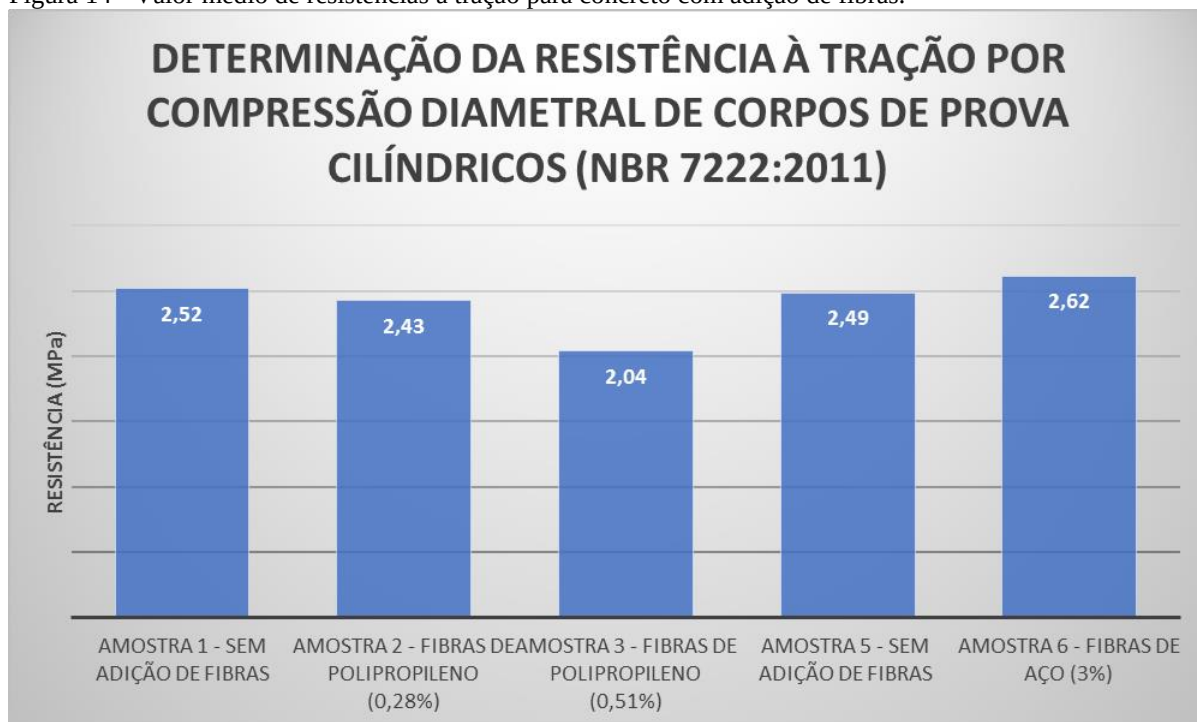
Os concreto com adição de fibras de aço apresentaram uma melhora em seus resultados quando submetidos a esforços de compressão. Como resultado, observou-se um

ganho de resistência de 7,386% quando comparado com a amostra de referência (amostra 5). Esta diferença ocorre por que as fibras de aço atuam com uma armadura em três dimensões distribuindo mais uniformemente as cargas recebidas.

4.3.2 Resultados de tração

Ensaio de resistência a tração por compressão diametral dos corpos de prova obtiveram valores (APÊNDICE C) que foram trabalhados com média simples para análise média dos resultados (Figura 14).

Figura 14 - Valor médio de resistências à tração para concreto com adição de fibras.



Fonte: (AUTOR, 2016).

Pode-se observar que a adição de fibras de polipropileno não aumenta a resistência a tração de concretos no estado endurecido e pode-se observar uma perda de resistência de 3,571% para a amostra 2 e de 19,047% para a amostra 3 quando comparados a amostra sem fibras.

Para os esforços de tração pode-se observar um ganho significativo quando observamos que a adição de 3% de fibras de aço é o mínimo indicado pela bibliografia de Bentur (2007) para que obtenha-se resultados práticos. O ganho de resistência foi 5,220% na média, o que demonstra a eficiência das fibras de aço sobre o concreto endurecido.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este estudo foi possível observar que a utilização de novos materiais para complementar as características de resistência do concreto é uma demanda constante, entretanto a aceitação destes materiais compósitos, ou seja, que possuem suas características independentes, e de posse destas características vem melhorar as propriedades da matriz do concreto, sofre grande oposição do mercado da construção civil, mesmo a execução deste trabalho sendo em uma região com mercado da construção civil em alta. Durante o período de busca pelos materiais, foi encontrado dificuldade em obtê-los, e de obras que estivessem utilizando o mesmo.

A produção de material (estudos e artigos) também se demonstrou pouco difundida no meio científico. Grande parte deste trabalho se baseou em referências estrangeiras onde o uso de fibras é considerado “comum” e o acervo bibliográfico é mais amplo e diversificado.

A utilização de fibras de aço para incremento das características mecânicas do concreto é um salto de qualidade e acredito que será mais difundido na indústria nos próximos anos à medida que novos produtos são criados. A necessidade latente de um melhor controle de qualidade de obras de engenharia no geral vem ganhando mais importância no cenário nacional como controle de fissuras, patologias, novas normas de desempenho. Estas servirão para impulsionar o aprimoramento na construção civil.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para a continuidade deste trabalho sugiro a aplicação deste conceito em um elementos estruturais de grandes dimensões como pisos industriais e a análise do comportamento quando submetido a esforços de flexão e de cargas ocasionais pontuais uma vez que este segmento da indústria necessita de novas tecnologias que suportem o uso intenso destes carregamentos e que possua uma vida útil maior do que a ofertada pelos sistemas convencionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

_____.**NBR 5732**: Cimento Portland comum. Rio de Janeiro, 1991

_____.**NBR 5736**: Cimento Portland pozolânico. Rio de Janeiro, 1991

_____.**NBR 5737**: Cimentos Portland resistentes a sulfatos. Rio de Janeiro, 1992

_____.**NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015

_____.**NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2015

_____.**NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009

_____.**NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996

_____.**NBR 9935**: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro, 2011

_____.**NBR 11578**: Cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991

_____.**NBR 12989**: Cimento Portland branco. Rio de Janeiro, 1993

BENTUR, ARNON e MINDESS, SIDNEY. **Fibre Reinforced Cementitious Composites**. 2.ed., Reino Unido: Taylor & Francis, 2007.

BURJ KHALIFA. **Burj Khalifa tower**. Emirados Árabes Unidos, 2016 (Imagens de divulgação).

Disponível em: <http://www.burjkhalifa.ae/>

Acessado em: 06/06/2016 as 17:00h

FIGUEIREDO, ANTÔNIO DOMINGUES DE; CHAMA NETO, PEDRO JORGE; MACEDO FARIA, HERNANDO. A nova normalização brasileira sobre fibras de aço. **Revista CONCRETO & Construções**, São Paulo, IBRACON, a.36, n.56, p.67-76, Abr. • Mai. • Jun .2008.

FIGUEIREDO, ANTÔNIO DOMINGUES DE. **Concreto com fibras de aço**. 1.ed., São Paulo: EPUSP, 2000 (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/260).

ITAIPU. **Itaipu Binacional**. Paraná, 2016 (Imagens de divulgação).

Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/>

Acessado em: 05/06/2016 as 17:45h

ITAMBÉ, CIMENTO. **Concreto com Cimento Portland**. Paraná, 2014 (Apresentação em PDF).

Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/concreto-com-cimento-portland/>

Acessado em: 05/06/2016 as 16:28h

MON. **Museu Oscar Niemeyer**. Paraná, 2016 (Imagens de divulgação).

Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/concreto-com-cimento-portland/>

Acessado em: 05/06/2016 as 17:18h

MONTOYA, PEDRO JIMÉNEZ; MESEGUER, ÁLVARO GARCÍA; CABRÉ, FRANCISCO MORÁN. **Hormigón armado**. 14.ed. 2ª tirada, Barcelona – Espanha: TECFOTO, 2001.

MACCAFERRI. **MACCAFERRI américa latina**.

Disponível em: [http:// http://www.maccaferri.com/br/](http://http://www.maccaferri.com/br/)

Acessado em: 30/10/2016 as 17:18h

NEVILLE, ADAM M. **Propriedades do concreto**. 2.ed., São Paulo: Pini, 1997.

PETRUCCI, ELADIO G. R. **Concreto de cimento Portland**. 13.ed., São Paulo: Globo, 1998.

PREFEITURA-RJ. **Museu do Amanhã**. Rio de Janeiro, 2016 (Imagens de divulgação)

Disponível em: <http://www.museudoamanha.org.br/>

Acessado em: 05/06/2016 as 12:00h

SALOMÃO, R.; CARDOSO, F.A.; INNOCENTINI M.D.M.; BITTENCOURT L. R. M.; PANDOLFELLI, V. C. **Efeito de fibras poliméricas na permeabilidade de concretos refratários**. São Paulo: Universidade Federal de São Carlos – UFScar, 2003.

TANESI, JUSSARA; FIGUEIREDO, ANTÔNIO DOMINGUES DE. **Fissuração por retração em concretos reforçados com fibras de polipropileno (CRFP)**. 1.ed., São Paulo: EPUSP, 1999 (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/239).

APÊNDICE A: RESULTADOS DO ENSAIO DE ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE.

 CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ CURSO DE ENGENHARIA CIVIL - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC) ACADÊMICO: RODRIGO DA SILVA PAIZ RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS			
DETERMINAÇÃO DA CONSISTÊNCIA PELO ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE – SLUMP TEST NORMA MERCOSUL (NM 67:1998)			
IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	DATA DO ENSAIO	ABATIMENTO	OBSERVAÇÕES
597-1 ; 597-2 ; 597-3 ; 597-4 ; 597-5	15/09/2016	13cm ± 5mm	Concreto com especificação de resistência $\geq 25\text{Mpa}$ na idade de 28 dias e adição de aditivo químico
598-1 ; 598-2 ; 598-3 ; 598-4 ; 598-5 ; 598-6	15/09/2016	8,5cm ± 5mm	Concreto com especificação de resistência $\geq 25\text{Mpa}$ na idade de 28 dias e adição de aditivo químico e fibra de polipropileno no teor de 0,28%
599-1 ; 599-2 ; 599-3 ; 599-4 ; 599-5 ; 599-6	15/09/2016	10 cm ± 5mm	Concreto com especificação de resistência $\geq 25\text{Mpa}$ na idade de 28 dias e adição de aditivo químico e fibra de polipropileno no teor de 0,51%
606-1 ; 606-2 ; 606-3 ; 606-4 ; 606-5 ; 606-6	28/09/2016	8,0 cm ± 5mm	Concreto com especificação de resistência $\geq 25\text{Mpa}$ na idade de 28 dias
607-1 ; 607-2 ; 607-3 ; 607-4 ; 607-5 ; 607-6	28/09/2016	7,0 cm ± 5mm	Concreto com especificação de resistência $\geq 25\text{Mpa}$ na idade de 28 dias e adição de fibra de aço no teor de 3,1%
NOTAS 1- OS TEORES DE FIBRAS SÃO CALCULADOS COM BASE NO CONSUMO DE CIMENTO			

APÊNDICE B: RESULTADOS DO ENSAIO DE COMPRESSÃO.

APÊNDICE C: RESULTADOS DO ENSAIO DE TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL



ENGENHARIA CIVIL
CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)
ACADÊMICO: RODRIGO DA SILVA PAIZ
RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS
(NBR 7222:2011)

NÚMERO DO CORPO DE PROVA	DATA DA MOLDAGEM	DATA DO ENSAIO	DIMENSÕES		RESULTADO MÁXIMA FORÇA (N)	RESISTÊNCIA
			DIÂMETRO (mm)	ALTURA (mm)		(MPa) 28 DIAS
597-4	15/09/2016	13/10/2016	100	195	88652,12	2,89
597-5	15/09/2016	13/10/2016	100	190	63939,36	2,14
598-4	15/09/2016	13/10/2016	100	195	83552,66	2,73
598-5	15/09/2016	13/10/2016	100	195	74432,47	2,43
598-6	15/09/2016	13/10/2016	100	197	65900,69	2,13
599-4	15/09/2016	13/10/2016	100	195	76295,74	2,49
599-5	15/09/2016	13/10/2016	100	195	58153,43	1,90
599-6	15/09/2016	13/10/2016	100	195	53053,98	1,73
606-4	28/09/2016	26/10/2016	100	198	74138,27	2,38
606-5	28/09/2016	26/10/2016	100	198	91397,98	2,94
606-6	28/09/2016	26/10/2016	100	197	66096,82	2,14
607-4	28/09/2016	26/10/2016	100	199	87279,19	2,79
607-5	28/09/2016	26/10/2016	100	198	78355,13	2,52
607-6	28/09/2016	26/10/2016	100	198	78845,47	2,54

ANOTAÇÕES:

1 - PROCEDÊNCIA DOS CORPOS DE PROVA: CARAVAGGIO CONSTRUTORA LTDA - RUA APOLÔNIA VEDANA S/N - FLORESTA - CASCAVEL –PR
2- CONSTANTE DE GRAVITAÇÃO UNIVERSAL
3- ESTIMATIVA DO (fct,m) (NBR 6118:2014)

9,80665 m/s²
2,56 MPa

APÊNDICE D: RESULTADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA CONJUNTA

ANÁLISE GRANULOMETRICA CONJUNTA

Contratante: **Rodrigo da Silva Paiz**Amostra: **Deformac**Local: **Cascavel**

Profundidade:

Data: **15/09/2016**Peso Esp. Solidos (γ_s): **2,670 g/cm³**

Amostra Granulometria	
Secagem	Em Estufa
Estado	Estado Seco
Mt (g)	100,31 g
Mw (g)	0,00 g
Ms (g)	100,31 g
Defloculante	Hexametáfosfato de Sódio

Teor de Umidade (w)			
Capsula Nº	1		
Mt (g)			
Ms (g)			
Mw (g)	0,00	0,00	0,00
W (%)	0,00%	0,00%	0,00%
W _{médio} (%)	0,00%		

Peneiramento Grosso			
# abertura (mm)	M _{s, ret} (g)	M _{s, ret., acum} (g)	% P _{acum.} (g)
50,00	0,00	0,00	100,00%
38,00	0,00	0,00	100,00%
25,00	0,00	0,00	100,00%
19,00	0,00	0,00	100,00%
9,50	0,00	0,00	100,00%
4,80	2,55	2,55	97,46%
2,00	1,29	3,84	96,17%

Peneiramento Fino			
# abertura (mm)	M _{s, ret} (g)	M _{s, ret., acum} (g)	% P _{acum.} (g)
1,19	12,98	12,98	87,06%
0,60	13,58	26,56	73,52%
0,42	10,72	37,28	62,84%
0,30	9,17	46,45	53,69%
0,15	10,78	57,23	42,95%
0,075	11,84	69,07	31,14%
FUNDO	12,45	81,52	18,73%

Ensaio de Sedimentação								
ΔT (segundos)	T (°C)	L _i	T _{corrig.}	Viscosidade g.s/cm ²	Altura Queda	L _c	D (mm)	P _{sed.} (%)
30	23	1,013	1,0046	9,52383	17,64	1,0125	0,0777	31,14%
60	23	1,008	1,0046	9,52383	18,51	1,0075	0,0563	23,21%
120	23	1,008	1,0046	9,52383	18,51	1,0075	0,0398	23,21%
240	23	1,007	1,0046	9,52383	18,03	1,0065	0,0278	21,62%
480	23	1,005	1,0046	9,52383	18,36	1,0046	0,0198	18,60%
900	23	1,005	1,0046	9,52383	18,36	1,0046	0,0145	18,60%
1800	23,5	1,005	1,0046	9,40576	18,36	1,0046	0,0102	18,60%
3600	23,5	1,003	1,0046	9,40576	18,71	1,0026	0,0073	15,43%
7200	23,5	1,003	1,0046	9,40576	18,80	1,0021	0,0051	14,63%
10800	24	1,001	1,0046	9,28964	19,06	1,0006	0,0042	12,25%
28800	25	1,001	1,0046	9,06325	19,06	1,0006	0,0025	12,26%
86400	23	1,000	1,0046	9,52383	19,23	0,9996	0,0015	10,66%

APÊNDICE D: RESULTADOS ANÁLISE GRANULOMÉTRICA CONJUNTA
(CONTINUAÇÃO)

CURVA GRANULOMÉTRICA

Contratante: **Rodrigo da Silva Paiz**

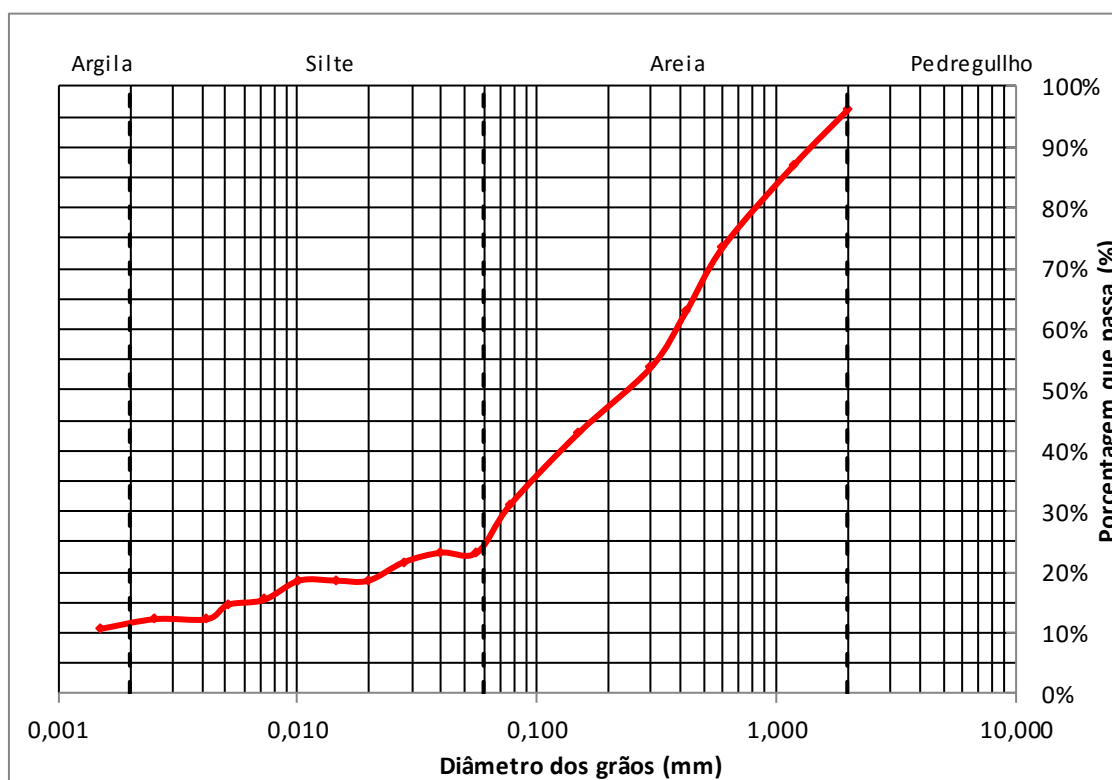
Amostra: **Deformada**

Local: **Cascavel**

Profundidade:

Data: **15/09/2016**

Peso Esp. Sólidos (γ_s): **2,670 g/cm³**



Porcentagens:

Argila: 11,4 %

Silte: 13,2 %

Areia: 71,6 %

Pedregulho: 1,3 %

Composição Granulométrica: **Areia Silto Argilosa**

APÊNDICE E: REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE PROCEDIMENTOS

DATA: 15/09/2016

LOCAL: CARAVAGGIO CONSTRUTORA LTDA – RUA APOLÔNIA VEDANA
S/N – FLORESTA – CASCAVEL/PR



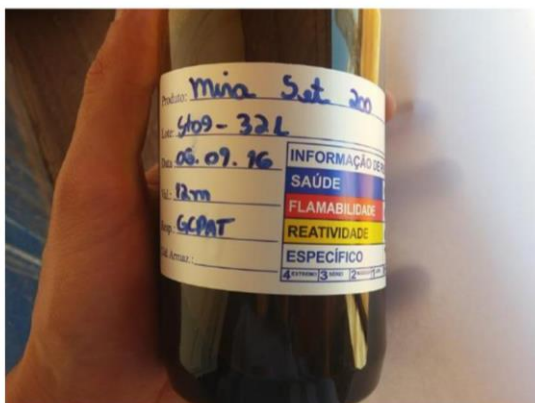
Embalagem de armazenagem e estocagem das fibras de polipropileno.



Baia de estabilização de pó de pedra/brita



Baia de estabilização de areia/pedrisco.



Aditivo plastificante poli funcional mira set 200.

APÊNDICE E: REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE PROCEDIMENTOS
(CONTINUAÇÃO)

DATA: 15/09/2016

LOCAL: CARAVAGGIO CONSTRUTORA LTDA – RUA APOLÔNIA VEDANA S/N
– FLORESTA – CASCAVEL/PR



Retirada do concreto após adição de fibras e mistura em betoneira.



Regularização da superfície.



Adensamento de camadas com haste metálica.



Remoção do cone.



Remoção do material excedente.

APÊNDICE E: REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE PROCEDIMENTOS
(CONTINUAÇÃO)

DATA: 15/09/2016

LOCAL: CARAVAGGIO CONSTRUTORA LTDA – RUA APOLÔNIA VEDANA S/N
– FLORESTA – CASCAVEL/PR



Medição do abatimento.



Corpos de prova moldados.

APÊNDICE E: REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE PROCEDIMENTOS
(CONTINUAÇÃO)

DATA: 28/09/2016

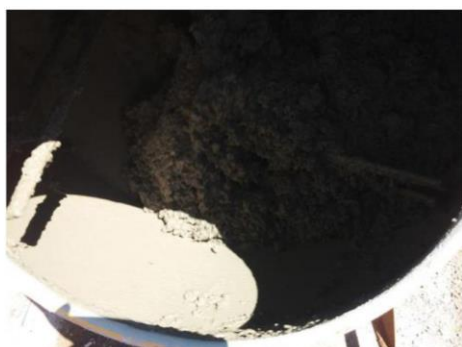
LOCAL: CARAVAGGIO CONSTRUTORA LTDA – RUA APOLÔNIA VEDANA S/N
– FLORESTA – CASCAVEL/PR



Pesagem da amostra de fibra de aço.



Concreto fresco com adição.



Mistura em betoneira com a adição de fibras.



Moldagem dos corpos de prova.

APÊNDICE E: REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE PROCEDIMENTOS
(CONTINUAÇÃO)

DATA: 13/10/2016

LOCAL: CARAVAGGIO CONSTRUTORA LTDA – RUA APOLÔNIA VEDANA

S/N – FLORESTA – CASCAVEL/PR



Corpos de prova após capeamento por retifica.



Corpo de prova posicionado para ensaio de compressão axial

APÊNDICE E: REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE PROCEDIMENTOS
(CONTINUAÇÃO)

DATA: 26/10/2016

LOCAL: CARAVAGGIO CONSTRUTORA LTDA – RUA APOLÔNIA VEDANA
S/N – FLORESTA – CASCAVEL/PR



Quadro de comando da prensa hidráulica.



Equipamento de retifica de corpos de prova.



Equipamento de ensaios.



Detalhe da fibra de aço após o processo de retifica

ANEXO 1: RELATÓRIO DE ENSAIOS DE CIMENTO



0800 41 9002
Ligue Cimento
Itambé



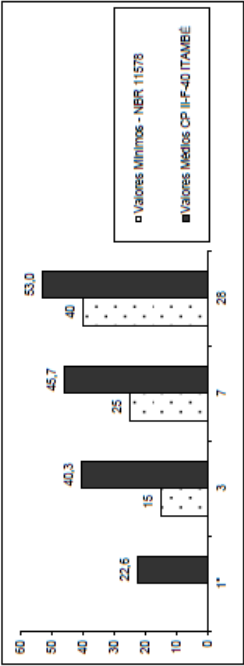
TIPO / CLASSE :
CP II-F-40

PERÍODO :
set/16
EMISSÃO :
17/10/19

RELATÓRIO DE ENSAIOS DE CIMENTO

Data	Químicos										Físicos										
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Perda Fogo	CaO Livre	Resid. Insol.	Equiv. Alcal.	Exp. Quente	Tempo de Pega		Cons. Normal	Blaine	# 200	# 325	Resistência à Compressão			
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		h : min	h : min					1 dia	3 dias	7 dias	28 dias
02	4,27	18,54	2,71	61,00	4,19	3,02	4,91	0,64	1,44	0,68	0,50	03:15	04:00	30,1	4.360	0,01	0,20	21,3	40,0	45,7	54,1
06	4,29	18,50	2,62	60,92	4,16	3,03	5,20	0,62	1,12	0,69	0,00	03:10	04:00	29,9	4.480	0,04	0,30	21,8	39,3	45,7	54,3
09	4,08	18,52	2,58	61,21	3,21	3,01	5,07	0,62	1,41	0,69	0,00	03:20	04:00	30,0	4.420	0,05	0,20	22,3	40,0	45,4	52,3
13	4,19	18,60	2,69	61,39	3,50	2,99	5,16	0,64	1,39	0,71	0,00	03:30	04:00	30,2	4.460	0,05	0,30	22,1	40,4	44,4	52,1
15	4,15	18,59	2,56	60,80	3,62	2,96	4,96	0,64	1,46	0,68	0,50	04:00	04:30	29,8	4.430	0,04	0,20	22,0	41,0	46,0	52,4
19	4,13	18,62	2,62	60,91	4,01	3,06	4,70	0,62	1,30	0,70	0,00	03:35	04:15	30,0	4.370	0,03	0,30	23,2	41,5	46,6	-
21	4,13	18,51	2,62	60,82	4,13	3,02	5,45	0,48	1,62	0,73	0,00	03:35	04:15	30,0	4.390	0,05	0,30	23,4	40,9	46,1	-
23	4,18	18,73	2,61	60,96	3,70	2,96	4,70	0,59	1,69	0,72	0,00	03:40	04:15	29,8	4.410	0,06	0,30	22,4	40,8	45,4	-
27	4,21	18,89	2,82	61,79	3,93	3,01	4,81	0,62	1,30	0,74	0,50	03:50	04:30	29,8	4.420	0,02	0,20	23,9	39,5	46,1	-
29	4,15	18,71	2,61	61,03	3,58	2,98	4,85	0,62	1,40	0,73	1,00	03:50	04:30	30,0	4.460	0,05	0,30	23,2	39,8	46,1	-
Media	4,18	18,65	2,64	61,04	3,79	3,00	4,98	0,61	1,41	0,71	0,25	03:35	04:14	30,0	4.424	0,04	0,27	22,6	40,3	45,7	53,0
Sd	0,06	0,15	0,08	0,35	0,33	0,03	0,24	0,05	0,16	0,02	0,35	00:16	00:13	0,1	37,18	0,02	0,05	0,8	0,7	0,6	1,1
Min	4,08	18,50	2,56	60,60	3,21	2,95	4,70	0,48	1,12	0,68	0,00	03:10	04:00	29,8	4.370	0,01	0,20	21,3	39,3	44,4	52,1
Max	4,29	18,90	2,82	61,79	4,19	3,06	5,45	0,64	1,69	0,74	1,00	04:00	04:30	30,2	4.490	0,06	0,30	23,9	41,5	46,6	54,3

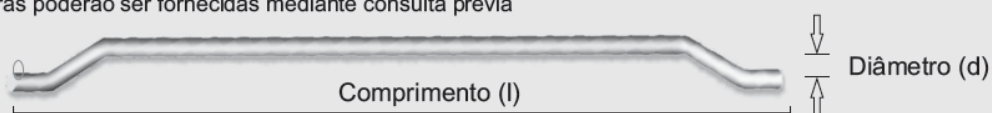
Obs.: A Norma da ABNT não prevê a determinação da Resistência à Compressão a um dia para o CP II-F-40.
A massa específica média do CP II-F-40 ITAMBÉ é 3,08 g/cm³ (NBR NM 23).
As datas do relatório se referem ao dia de expedição do cimento.



ANEXO 2: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE FIBRAS MACCAFERRI

Tipo	Diâmetro (d) [mm]	Comprimento (l) [mm]	Fator de forma (Relação l/d)	Aplicação	Peso da embalagem [kg]	Nº de fibras por kg
Wirand FF1	1,00	50	50	Pisos, pavimentos e pré- fabricados	20	3244
Wirand® FF3	0,75	50	67	Pisos, pavimentos e pré- fabricados	20	5767
Wirand® FF4	0,75	60	80	Pisos, pavimentos e pré- fabricados	20	4806
Wirand® FS3N	0,75	33	44	Concreto projetado	20	8738

*Outros tipos de fibras poderão ser fornecidas mediante consulta prévia



Tipo	Diâmetro (d) [mm]	Comprimento [mm]	Área superficial específica [m²/kg]	Peso do pacote [g]	Frequência [milhões de fibras/kg]
FibroMac®	18	6	244	600 / 100	720
FibroMac®	18	12	244	600	360
FibroMac®	18	24	244	600	180

FibroMac® 12

Fibras para Reforço do Concreto

Características técnicas

FibroMac® 12 é uma fibra de polipropileno produzida a partir de multifilamentos indicada para o reforço de concretos e argamassas com a finalidade de gerar um composto homogêneo e controlar a fissuração por retração.



Propriedades Físicas		
Diâmetro	µm	18
Seção		Circular
Comprimento	mm	12
Alongamento	%	80
Matéria-prima		polipropileno
Peso Específico	g/cm³	0.91