

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ÁUREO BENTO XAVIER JÚNIOR
MATHEUS AZARIAS DE QUEIROZ**

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO VISUAL E
MECÂNICO DO CONCRETO REFORÇADO
COM MANTA DE FIBRA DE VIDRO SOBRE
MOMENTO FLETOR**

ANÁPOLIS / GO

2018

**ÁUREO BENTO XAVIER JÚNIOR
MATHEUS AZARIAS DE QUEIROZ**

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO VISUAL E MECÂNICO
DO CONCRETO REFORÇADO COM MANTA DE FIBRA DE
VIDRO SOBRE MOMENTO FLETOR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADORA: WANESSA M. GODOI QUARESMA

ANÁPOLIS / GO: 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

XAVIER JÚNIOR, ÁUREO BENTO
QUEIROZ, MATHEUS AZARIAS DE

Estudo do Comportamento Visual e Mecânico do Concreto Reforçado com Manta de Fibra de Vidro sobre Momento Fletor

68P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2018).
TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Concreto Reforçado com Fibra

3. Fibra de Vidro

I. ENC/UNI

2. Ensaio de Flexão

4. Compressão

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

XAVIER JÚNIOR, Áureo Bento; QUEIROZ, Matheus Azarias de. Estudo do Comportamento Visual e Mecânico do Concreto Reforçado com Manta de Fibra de Vidro sobre Momento Fletor. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 66p. 2018.

CESSÃO DE DIREITOS

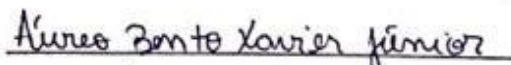
NOME DOS AUTORES: Áureo Bento Xavier Júnior e Matheus Azarias de Queiroz.

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo do Comportamento Visual e Mecânico do Concreto Reforçado com Manta de Fibra de Vidro sobre Momento Fletor.

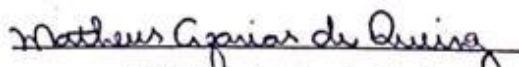
GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2018

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Áureo Bento Xavier Júnior
e-mail: aureo_junior@icloud.com



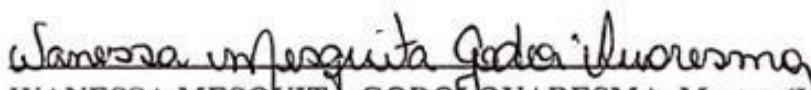
Matheus Azarias de Queiroz
e-mail: matheus_azarias@icloud.com

**ÁUREO BENTO XAVIER JÚNIOR
MATHEUS AZARIAS DE QUEIROZ**


**ESTUDO DO COMPORTAMENTO VISUAL E MECÂNICO
DO CONCRETO REFORÇADO COM MANTA DE FIBRA DE
VIDRO SOBRE MOMENTO FLETOR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:


WANESSA MESQUITA GODOI QUARESMA, Mestra (UniEvangélica)
(ORIENTADORA)


AGNALDO ANTONIO MOREIRA TEODORO DA SILVA, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)


EDUARDO DOURADO ARGOLO, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 26 de novembro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pela vida, pela oportunidade de estar fazendo esse curso e pela conclusão de mais essa etapa em minha vida, etapa essa que é tão importante para o meu futuro profissional; sou imensamente grato pelo Seu cuidado e proteção dispensados a mim todo esse tempo.

Ao meu pai Áureo, minha mãe Ilma e minha irmã Larissa, o meu imenso obrigado, pelo apoio em todo esse tempo, desde os momentos fáceis até os momentos mais difíceis me ajudando e nunca desistindo de me ajudar e incentivar na realização de um dos meus maiores sonhos, eu não tenho palavras pra descrever a gratidão e o amor que eu sinto por vocês.

Para a realização desse trabalho, tive o apoio de várias pessoas; agradeço imensamente minha orientadora, Wanessa Quaresma, que esteve disponível e disposta em todos os momentos para me ajudar no que era necessário para a realização e conclusão desse trabalho, Matheus Azarias, que esteve comigo nesses 5 anos de formação e principalmente nesse último ano e a Amanda Passos, Júlia Santos e Lara Silva, que também fizeram parte de todos esses anos, e se tornaram amizades que irei levar para o resto da minha vida.

Aos meus professores universitários, que dedicaram seu tempo para ensinar e me acompanhar em toda essa trajetória.

E por fim, ao restante dos meus familiares, amigos e colegas de classe, que de alguma forma contribuíram nesse processo de transformação acadêmica.

Áureo Bento Xavier Júnior

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado o dom da vida e ter me proporcionado a oportunidade de chegar até aqui. Aos meus pais Luciano e Kátia, ao meu irmão Thiago e toda minha família por me proporcionarem a chance de me graduar e de viver essa experiência maravilhosa que é a faculdade, me dando apoio e tudo que eu precisava. A minha orientadora Wanessa Quaresma por me ajudar sempre que necessário, com toda a disposição e me dando todo suporte necessário para que eu conclua mais essa etapa da minha vida e também ao restante dos professores que prestaram seus papéis de forma excelente. Ao meu parceiro Áureo Júnior, pois sem ele essa realização de sonho não seria possível. A segunda família que adquiri durante esse período de faculdade que foram meus amigos Amanda Passos, Lara Silva e Júlia Santos que dedicaram tudo que era possível para concluirmos o curso juntos, de forma harmoniosa e também todos que contribuíram diretamente ou indiretamente para a realização desse sonho.

Matheus Azarias de Queiroz

RESUMO

Sendo o concreto o material construtivo mais utilizado no mundo, o estudo de técnicas que tratam patologias decorrentes do uso e do tempo se tornam necessárias. Muitos materiais e técnicas são utilizadas para tratamento destas, dentre estes têm-se destaque para a manta de fibra de carbono, hoje o material mais utilizado. Porém, além de ser um material de alto custo é de difícil acesso. Portanto, este estudo tem como objetivo analisar o comportamento visual e mecânico do concreto reforçado com manta de fibra de vidro para fins de reforço estrutural. A metodologia consiste em um processo experimental qualitativo, simulando o executado em obra, no qual foram moldados quatro corpos de provas cilíndricos e quatro corpos de provas prismáticos, sendo dois corpos de provas cilíndricos e dois corpos de prova prismáticos reforçados com manta de fibra de vidro e dois corpos de provas cilíndricos e dois corpos de prova prismáticos com concreto simples em seguida, rompeu-se todos eles e comparou as características físicas e mecânicas, e comparou os resultados com trabalho já realizado, da mesma linha de pesquisa, com manta de fibra de carbono. Resultando um aumento significativo da resistência do concreto e provando que a utilização da manta de fibra de vidro é adequada em concreto; e verificou-se também as vantagens e as desvantagens do experimento, garantindo a integridade da estrutura e aumento da vida útil.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto. Fibra de Vidro. Reforço Estrutural. Fibra de Carbono. Comportamento Físico e Mecânico.

ABSTRACT

Concrete is the most used construction material in the world, the study of techniques that treat pathologies arising from use and time become necessary. Many materials and techniques are used to treat these, among them the carbon fiber blanket, today the most used material. However, besides being a high-cost material it is difficult to access. Therefore, this study aims to analyze the visual and mechanical behavior of reinforced concrete with fiber glass mantle for structural reinforcement purposes. The methodology consists of a qualitative experimental process, simulating the one executed on site, in which four cylindrical test bodies and four prismatic test bodies were molded, two cylindrical test bodies and two reinforced prismatic test bodies with fiberglass and two cylindrical test bodies and two prismatic concrete specimens with pure concrete, then all of them were broken down and the physical and mechanical characteristics were compared, and the results were compared with work already done, of the same research line, with fiber blanket of carbon. Resulting in a significant increase in the strength of the concrete and proving that the use of the fiberglass mat is suitable in concrete; and the advantages and disadvantages of the experiment were also verified, ensuring structure integrity and increased shelf life.

KEYWORDS: Concrete. Fiberglass. Structural Reinforcement. Carbon fiber. Physical and Mechanical Behavior.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Parthenon	17
Figura 2 -Cisterna de concreto em Kamiros, ilha de Rodas, Grécia	18
Figura 3 - Ponte Rio-Niterói.....	20
Figura 4 - Hotel Unique.....	21
Figura 5 - Cimento e água	22
Figura 6 - Agregados	24
Figura 7 - Comportamento tensão-extensão do PRFV com outros materiais estruturais.....	29
Figura 8 - Pilar reforçado com Perfil Metálico.....	30
Figura 9 - Relação de patologias	32
Figura 10 - Testes de Laboratório	33
Figura 11 - Formatos de Corpos de Prova.....	34
Figura 12 - Tração na flexão.....	35
Figura 13 - Compressão Diametral.....	36
Figura 14 - Centro Tecnológico da UniEVANGÉLICA.....	38
Figura 15 - Abatimento do concreto.....	41
Figura 16 – (a) Corpo de prova prismático finalizado e (b) corpos de prova cilíndricos finalizados.....	44
Figura 17 - (a) Catalisador MEK e Resina epóxi.....(b) Mistura de ambos	44
Figura 18 - Aplicação no (a) corpo de prova cilíndrico e no (b) corpo de prova prismático ...	45
Figura 19 - Finalização dos corpos de prova (a) cilíndricos e (b) prismáticos.....	45
Figura 20 - Especificações do corpo de prova no dispositivo.	47
Figura 21 - Corpos de prova cilíndricos na máquina para rompimento (a).....e rompidos (b) .	49
Figura 22 – Gráfico com as médias dos corpos de provas	50
Figura 23 - (a) Corpo de prova prismático na máquina e (b) corpo de prova prismático rompido.....	51
Figura 24 - Corpo de prova prismático rompido	51
Figura 25 – Gráfico com as médias dos corpos de provas	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Número de camadas para moldagem dos corpos de prova	43
--	----

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ARI	Alta Resistência Inicial
BC	Baixo Calor de Hidratação
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CP	Cimento Portland
CPB	Cimento Portland Branco
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
NBR	Norma Brasileira
PRFV	Polímero Reforçado com Fibra de Vidro
RS	Resistente a Sulfatos
SNIC	Sindicato Nacional da Indústria do Concreto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo geral	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
1.3 METODOLOGIA	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 CONCRETO	16
2.1.1 Descobrimento do Concreto	16
2.1.2 Concreto no Brasil.....	18
2.2 CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO	20
2.3 ASPECTOS FÍSICOS DO CONCRETO	21
2.3.1 Cimento e água	22
2.3.2 Agregados.....	23
2.3.3 Aditivos Químicos.....	25
2.4 PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO	25
2.5 REFORÇO ESTRUTURAL	26
2.5.1 Manta de Carbono.....	26
2.5.2 Manta de Vidro.....	27
2.5.3 Outros tipos de reforços.....	29
2.6 APLICAÇÃO DO REFORÇO DO ESTRUTURAL.....	31
2.7 TESTES MECÂNICOS	32
3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	38
3.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	39
3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS.....	40
3.2.1 Massa específica e unitária dos agregados	40
3.2.2 Granulometria dos agregados	40

3.2.3	Ensaio do abatimento do tronco de cone.....	41
3.3	REALIZAÇÃO DO TRAÇO.....	42
3.4	REALIZAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS E PRISMÁTICOS	42
3.5	REFORÇO COM MANTA DE FIBRA DE VIDRO	44
3.6	TESTES DE RESISTÊNCIA.....	46
3.6.1	Teste de resistência à compressão axial no concreto.....	46
3.6.2	Teste de resistência à tração na flexão em concreto.....	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	48
4.1	PRÉ EXPERIMENTAL.....	48
4.2	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL	48
4.3	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO	50
4.4	ESTUDO COMPARATIVO COM MANTA DE FIBRA DE CARBONO	52
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	55
	REFERÊNCIAS	56
	APÊNDICE A - Cálculo do traço do concreto pelo método da ABCP.....	59
	APÊNDICE B - Cálculo detalhado do traço do concreto de 25 MPa pelo método da ABCP.....	62
	ANEXO A - Ensaio de compressão axial nos corpos de prova cilíndricos.....	64
	ANEXO B - Ensaio de tração na flexão em apenas um corpo de prova prismático com a manta de fibra de vidro.....	65
	ANEXO C - Ensaio de tração na flexão em três corpos de prova prismáticos, sendo 2 com concreto simples e 1 reforçado com a manta de fibra de vidro.....	66

1 INTRODUÇÃO

Desde as primícias da coletividade, o homem vem criando formas para construção e maneiras para se adaptar no meio em que sobrevive. Vários materiais de construção como barro, pedra e água eram utilizados nas primeiras edificações da humanidade; porém, com o avanço dos anos, tais medidas construtivas entraram em desuso e com isso a necessidade do aprimoramento é constante, com a procura de materiais mais resistentes e ao mesmo tempo mais acessíveis.

O concreto é hoje o material construtivo mais utilizado no mundo, segundo a SNIC¹ (2018), as vendas acumuladas de cimento para produção de concreto nos últimos doze meses no Brasil (julho/17 a junho/18) atingiram 52,9 milhões de toneladas, com queda de 3,2 % sobre igual período anterior (julho/16 a junho/17). E ainda assim, com a queda de consumo devido à atual crise econômica, ele ainda persiste no mercado.

Os elementos estruturais confeccionados em concreto podem apresentar patologias oriundas do tempo, de falhas mecânicas e físicas ou de um conjunto delas em qualquer fase de sua vida útil. Sendo assim, o conhecimento de técnicas de reparação e reforço de estruturas são relevantes para manter a durabilidade e segurança (BASTOS, 2011).

Uma alternativa que pode resolver esses problemas são os reforços estruturais, que podem recompor a eficácia inicial e/ou propor novos padrões para o material. Existem vários tipos de reforços estruturais, podendo citar como exemplo as mantas de fibra de carbono e de vidro (PIANCASTELLI, 1997).

A manta de fibra de vidro é um material composto do ajuntamento de filamentos de vidro em sua forma mais fina, que não são rígidos e, altamente flexíveis. Quando juntado à resina poliéster (ou outro tipo de resina), transforma-se em um composto popularmente conhecido como fibra de vidro (TRG FIBER, 2018).

Dentre as suas vantagens, o Polímero Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV) tem alta resistência à flexão, alta resistência ao impacto e alta resistência à tração, por isso é uma ótima opção para reforço estrutural. É leve e não é condutor de elétrico, sendo utilizado também como isolante estrutural. Não enferruja e tem boa resistência a ambientes altamente agressivos aos materiais convencionais. Pode ser produzido em moldes de fácil trabalhabilidade, tornando possível o comércio de peças maiores e complexas, com produções em volumes menores.

¹ Sindicato Nacional da Indústria do Concreto.

Permite vasta versatilidade de projeto, permitindo a moldagem de peças complexas, pequenas ou grandes, sem reparos e com alto valor estético e funcional (BELART FIBRAS, 2016).

Embora o vidro seja visto como um material fraco, eles apresentam propriedades que podem suprir as necessidades empregadas na construção civil, tais como: resistência à vibração e à tração, grande alongamento na ruptura, baixo custo quando se compara com outras fibras flexíveis, baixo coeficiente de dilatação térmica, retenção das altas propriedades mecânicas a altas temperaturas, além de não serem passíveis de inalação. Deixando claro a necessidade de aprofundar estudos que demonstram o comportamento físico e mecânico como aditivo das estruturas de concreto (OLIVEIRA & AGOPYAN, 2000).

1.1 JUSTIFICATIVA

Já existem algumas pesquisas que foram feitas no Brasil a respeito de fibras, como por exemplo a fibra de carbono e até mesmo a fibra de vidro, porém ambas não são recentes, deixando uma carência sobre assunto em questão de como ser trabalhado. Inclusive, quase não se encontra estudos sobre o reforço com o revestimento de fibra de vidro, mesmo em outros países, ressaltando a necessidade deste estudo.

Com base em trabalhos já realizados com o concreto reforçado com fibra de carbono, que possui um custo bem mais elevado e é um material mais difícil de ser encontrado, será realizado um comparativo com uma fibra alternativa, neste caso a manta de fibra de vidro.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

A pesquisa tem como objetivo geral analisar o comportamento visual e mecânico do concreto reforçado com manta de fibra de vidro para fins de reforço estrutural.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar um estudo bibliográfico sobre o tema e confeccionar um traço experimental para o concreto;
- Confeccionar corpos de provas cilíndricos e prismáticos com concreto convencional e reforça-los com manta de fibra de vidro;

- Analisar as propriedades físicas e mecânicas do tratamento e compará-lo com o concreto convencional;
- Comparar os resultados obtidos com trabalhos anteriores da mesma linha de pesquisa que utilizaram como material de reforço estrutural a manta de fibra de carbono;
- Tabular os resultados e analisar as vantagens e desvantagens da utilização da manta de fibra de vidro em relação a manta de fibra de carbono.

1.3 METODOLOGIA

Com o objetivo de atingir os resultados esperados, foi montado o seguinte plano experimental: caracterização dos materiais, para qualificar a quantidade dos materiais que seriam usados na realização do concreto, o traço pelo método ABCP contendo a quantidade de cada material que seria usado no concreto, o ensaio de abatimento de tronco de cone para melhor análise da consistência do concreto e por último a montagem dos corpos de prova divididos da seguinte forma, 4 corpos de prova prismáticos e 4 corpos de provas cilíndricos onde 2 de cada modelo são apenas com concreto simples; e 2 são envoltos com a manta de fibra de vidro, onde os corpos de prova cilíndricos foram submetidos aos testes de compressão axial e os corpos de prova prismáticos foram submetidos a flexão na compressão para posterior análise de resultados e um comparativo com trabalhos na mesma linha de pesquisa, porém usando a manta de fibra de carbono como reforço estrutural.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O capítulo 1 contém a Introdução deste trabalho conforme mostrada acima, e no capítulo 2 encontra-se o referencial teórico, com todo o estudo sobre o tema. O procedimento experimental, com a metodologia e materiais é apresentado no capítulo 3, no capítulo 4, são apresentados os resultados e discussões obtidos por meio dos experimentos realizados. E por fim, o capítulo 5 apresenta as conclusões obtidas neste estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCRETO

2.1.1 Descobrimento do Concreto

O concreto é o material construtivo mais utilizado no mundo, sendo de grande importância o conhecimento das suas características e propriedades.

De acordo com a história da humanidade, os romanos foram os primeiros a usarem o concreto como assentamento para seus tijolos cerâmicos maciços, mas com a vinda da ruralização na Europa o concreto foi esquecido voltando a ser pesquisado e utilizado apenas no século XIX, chegando ao que é hoje. Devido ao grande crescimento do uso do concreto para finalidades de construção civil foi necessário estabelecer parâmetros para diversas aplicações do cimento. Em 1836 foi dado início aos primeiros ensaios de tração na flexão e resistência à compressão e, em 1849, as pesquisas químicas acuradas de cimento. Ambos foram realizados na Alemanha (BATTAGIN, 2011).

Segundo Cohen (1988) o primeiro material manejado pelo homem foi a argila, fazendo uma pedra que anteriormente não existia a partir de um material flexível, usando o mesmo na criação de materiais domésticos. Com essa descoberta, o ser humano percebeu que podia manipular os materiais, e passaram a descobrir então o gesso e o cal.

Civilizações antigas passaram então a misturar a cal com pedra, produzindo algo semelhante ao concreto e usado no revestimento de paredes e pisos, descobertos posteriormente por escavações realizadas no sudeste da Galileia, na cidade de Jericó, descritas por Malinowski (1991).

Existem registros de que na Grécia, as edificações e a arquitetura eram nobres, cortadas e executadas de modo fino e exato, feita na maioria das vezes com mármore branco. O exemplo clássico de uma estrutura é o Parthenon, mostrado na Figura 1, concluída no século V a.C.

Figura 1 - Parthenon

Fonte: THE IRISH TIMES, 2018.

Porém, haviam ilhas em que não havia o mármore branco, utilizava-se então uma mistura de terra vulcânica com cal, formando a cal hidráulica, para a construção de edifícios e estruturas. Em outras situações, ela era misturada a outro agregado vulcânico, produzindo então um concreto mais flexível usado principalmente em obras hidráulicas (ISAIA, 2008).

Aproximadamente por volta do século VII a.C., foi construída uma cisterna de concreto na Ilha de Kamiros, localizada na Grécia, estudada e relatada por Kouli e Ftikos (1998), na época usada para armazenamento de água da chuva para consumo dos habitantes da mesma. Mostrada na Figura 2, dá-se a entender que a cisterna se encontra em bom estado de conservação até hoje, diante da data em que ela foi construída. Confirma-se então, um avanço do uso e entendimento do concreto.

Figura 2 -Cisterna de concreto em Kamiros, ilha de Rodas, Grécia



Fonte: KOUI & FTIKOS, 1998.

A análise feita pelos autores descritos acima a partir de partes retiradas da estrutura revela a incrível qualidade do concreto, diante do século que foi construído e comparado ao concreto de hoje, apresentando bom comportamento físico e mecânico.

Temos então, na Roma, um avanço que afetou áreas como engenharia e arquitetura, graças ao descobrimento e uso do concreto, empregado em construções de grande escala e estudado por engenheiros e arquitetos da época, como Vitruvius² (I a.C.). Parte desse avanço se deu pelo fato de aglomerados e aditivos usados no concreto serem encontrados com fartura na Roma, aplicando então em obras em geral como pontes, edificações, rodovias e etc., expandindo por toda a Ásia, Europa e África (ISAIA, 2008).

2.1.2 Concreto no Brasil

Santos e Oliveira, (2008) dizem que o concreto é a peça chave na área da construção civil no mundo todo, e não é diferente aqui no Brasil. Todo o sistema construtivo,

² Marcus Vitruvius Pollio (séc I a. C.), arquiteto romano. (ARQUITETURAS CONTEMPORÂNEAS, 2013)

de uma forma geral, está dependente desse material de construção. Ele começou a ser introduzido no Brasil a partir do século XX, exportado por filiais estrangeiras. Posteriormente, após a construção de locais próprios para o cimento ser feito, inicia-se o processo de difusão do concreto, mais especificamente em meados de 1920. Já em 1940 as patentes já não são mais utilizadas e o país começa a estabelecer suas próprias regras em relação a execução do concreto, regidas pela Associação Brasileira de Normas e Técnicas – ABNT, e junto com ela, atribuições e regulamentações passam a ser regidas pelos CONFEAs e CREAs.

Os mesmos autores afirmam que o concreto então passa a ser aplicado abundantemente nas construções brasileiras, edificações, pontes, barragens, túneis e até mesmo nas conhecidas “obras de arte” da engenharia. Com o avanço e maior conhecimento dessa área, houve um grande aumento no número de profissionais no ramo da engenharia e arquitetura, projetistas e calculistas estruturais, firmando então a engenharia no Brasil, e passando a ser um ramo que influencia diretamente na economia do país, desempenhando um papel fundamental no sistema produtivo de uma forma geral, e se tornando até um meio de controlar crises no capitalismo brasileiro.

Com todo esse avanço econômico e tecnológico, grandes investimentos e obras foram e são executadas no Brasil. E dentre as várias existentes, cinco são destacadas pela INCOPRE (2016):

- Complexo Hidrelétrico de Itaipu, encontrado no Rio Paraná, foi construído a partir de um acordo entre Paraguai e Brasil e é uma das maiores barragens do mundo;
- Ponte Rio-Niterói, pode ser vista na Figura 3, está localizada na Baía de Guanabara, liga as cidades do Rio de Janeiro e Niterói, possui 13 km de extensão e foi concluída em 1974;
- Mirante do Vale, é um dos edifícios mais altos do mundo, localizado no Vale do Anhangabaú, em São Paulo. Foi construído em 6 anos e concluído em 1960, passando a ser o edifício mais alto do país durante 50 anos;
- Rodoanel de São Paulo, popularmente conhecido como Rodoanel Metropolitano de São Paulo, é um anel viário com aproximadamente 180 km na sua extensão, construídas ao redor do centro de São Paulo, facilitando o tráfego de uma forma geral;
- Transposição no Rio São Francisco, projeto que foi executado com o

objetivo de desviar parte das águas do Rio São Francisco, estimado em mais de 700 km de canais de concreto em dois eixos, por toda a extensão do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco (INCOPRE, 2016).

Figura 3 - Ponte Rio-Niterói



Fonte: Autoria Própria, 2018.

2.2 CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO

Além da boa resistência mecânica do concreto armado, são conhecidas outras características que ressaltam a excelência deste material estrutural. São elas:

- **Gasto:** sendo o material mais usado pelo homem, a sua demanda é alta, tornando seu custo mais acessível. Um dos fatores dessa grande procura está associado à qualidade e ao custo do produto;
- **Facilidade na execução:** tal material pode ser executado com mão-de-obra barata sem a utilização de técnicas elaboradas, tornando-o simples e prático;
- **Durabilidade:** quando bem planejado, calculado e realizado, o material apresenta melhor e mais adequada resistência a patologias. Apresenta também melhor comportamento quando submetido ao calor;
- **Versatilidade de moldagem:** devido em seu estado fresco apresentar características pastosas se torna um material de fácil manuseio, podendo

ser moldado em diferentes tamanhos e formas. O Hotel Unique, em São Paulo, representado na Figura 4, projetado por Ruy Ohtake³ mostra formas que fogem do padrão provando tal versatilidade;

- Disponibilidade: material composto por matéria-prima abundante no planeta, de fácil acesso e baixo custo (ISAIA, 2011).

Figura 4 - Hotel Unique



Fonte: HOTEL UNIQUE, SÃO PAULO, 2011.

2.3 ASPECTOS FÍSICOS DO CONCRETO

Concreto é uma mistura de água e cimento e agregados, sendo a água a responsável por estimular a reação química que deixa o cimento com uma textura pastosa. É necessário ter um cuidado pois existem dois extremos na trabalhabilidade do concreto, se for em pequena quantidade, não haverá reação por completo e se for em quantidade elevada, o valor da resistência será menor pois terá um aumento na quantidade de poros quando este excesso evaporar; sendo o cimento responsável por unir os agregados e finaliza-los, tornando-os concreto. Agora, aprofundando um pouco mais em cada material (MÉLO, 2018).

³ Arquiteto e designe, é um dos mais legítimos representantes da arquitetura brasileira. Projetou obras de renome como os Hotéis Unique e Renaissance em São Paulo. (ISAIA, 2011).

2.3.1 Cimento e água

Cimento é basicamente uma mistura de argila e calcário que é levada a uma temperatura de 1450°C onde se fundem e é transformada em um pó tênue com propriedades aglomerantes (TANGO, 2011).

A partir do momento que esse pó é misturado à água, acontecem várias reações químicas que a transforma em uma pasta que endurece. Essas reações químicas são responsáveis por endurecer a pasta e reduzir a quantidade de água que está fundida à pasta fazendo que o cimento possa até trincar sendo esse um dos motivos para que a composição do concreto peça outros materiais para a sua produção.

Como a mistura de água e cimento (Figura 5) é muito importante para a técnica do concreto, ela recebeu um nome que é “fator água cimento” (a/c) e essa mistura também faz parte de outras composições como por exemplo a de argamassa e de graute (grout) sendo sempre o fator a/c o mais baixo possível (BASTOS, 2011).

Figura 5 - Cimento e água



Fonte: NAVEGANTES, 2018.

Sabemos que o cimento é um dos intérpretes dentro da construção civil, utilizado em basicamente todo tipo de obra e para um bom desempenho do próprio, é fundamental conhecer as maneiras de sua utilização para qualquer tipo de projeto. O “cimento Portland” que foi descoberto pelo britânico Joseph Aspdin é o tipo de cimento mais utilizado hoje em dia. De acordo com a ABNT, são reconhecidos 11 tipos de cimento Portland, sendo eles:

1. CP III (Cimento Portland de alto forno): ampla durabilidade, sendo

utilizado para obras comuns ou para projetos que exige muito do cimento como viadutos, pistas de aeroportos, obras de litoral e etc.

2. RS (Cimento Portland resistente a sulfatos): é indicado para obras com grandes riscos de corrosão sobre outros cimentos.
3. CP II-Z (Cimento Portland composto com polozana): apropriado para obras subterrâneas ou que fiquem em permanente contato com a água.
4. CP II-E (Cimento Portland composto com escória): apresenta uma estrutura molecular com mais aditivos, além do gesso tendo o grau de escória entre 6% e 34% sendo usado em materiais que não liberam tanto calor.
5. CP I (Cimento Portland comum): é o mais simples, sendo usado para obras que não exigem muito do concreto.
6. CP IV (Cimento Portland pozolânico): tem grande taxa de resistência à compressão e utilizado para projetos que variam muito de temperatura.
7. CP V-ARI (Cimento Portland de alta resistência inicial): cimento básico, mas que apresenta grande resistência inicial.
8. CP II-F (Cimento Portland composto com fíler): Resistência varia em torno de 40 MPa.
9. BC (Cimento Portland com baixo calor de hidratação): cessa o aparecimento de fissuras.
10. CPB (Cimento Portland Branco): sua cor é mais clara que os cimentos comuns e é mais utilizado para rejuntas.
11. CP I-S (Cimento Portland comum com adição): possui em sua estrutura molecular uma baixa quantia de clínquer⁴ (MEHTA & MONTEIRO, 2014).

2.3.2 Agregados

Segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009) os agregados são materiais de distintos volumes que servem de enchimento na fabricação do concreto. Agregado para concreto

⁴ O clínquer é um material granular de 3 mm a 25 mm de diâmetro, resultante da calcinação de uma mistura de calcário, argila e de componentes químicos como o silício, alumínio e o ferro. (ECIVIL, 2018)

deve ser “composto por grãos de minerais duros, compactos, duráveis, estáveis, limpos e que não interfiram no endurecimento e hidratação do cimento e também na proteção contra corrosão da armadura”. Os benefícios de acrescentar o agregado na mistura do concreto são as seguintes: distribuição granulométrica, retração, tamanho, resistência à compressão, densidade, porosidade, absorção de água e etc. São fabricados através da moagem de rochas ou muitas das vezes obtidas de forma natural.

Existem alguns tipos de agregados para concreto, são eles:

- Agregado miúdo: areia que veio da natureza ou é resultado de britagem de rochas estáveis. Passam pela peneira de 4,8 mm e ficam retidas na peneira de 0,075 mm;
- Agregado graúdo: pedregulhos ou britas. Ficam retidos na peneira de 4,8 mm;
- Agregados artificiais ou naturais: areias e pedras que são conseguidas através da ação do homem, sendo por moagem ou britamento de rochas;
- Agregados leves, normais ou pesados: classificados através da massa específica podendo ser leves (vermiculita), normais (britas, areias e seixos) e pesados (hermatita) NBR 7211, (ABNT 2009).

Figura 6 - Agregados



Fonte: CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2011.

2.3.3 Aditivos Químicos

Os aditivos podem ser usados em argamassas, cimento e/ou até no concreto já pronto. O emprego do mesmo já era utilizado mesmo antigamente, chegando a ter praticamente a mesma idade do próprio cimento.

Nas primeiras misturas de concreto e argamassa os romanos utilizavam clara de ovo, banha, sangue ou leite para que a trabalhabilidade das misturas melhora. Com o descobrimento do cimento Portland no final do século XIX o avanço dos aditivos se tornou necessário e atualmente praticamente todas as misturas cimentícias contêm algum tipo de aditivo (HARTMANN, 2011).

No Brasil, de acordo com a NBR 11768 (ABNT, 2011), “aditivos químicos são produtos que, adicionados em pequena quantidade a concretos de cimento Portland modificam algumas de suas propriedades, no sentido de melhor adequá-las a determinadas condições.”

É possível classificar os aditivos de acordo com as funções que os mesmos exercem, como: redutores de água, retardadores de pega, incorporadores de ar, inibidores de corrosão, modificadores de reologia, redutores de retração, pigmentos, inibidores de reação álcali-sílica⁵, redutores de permeabilidade. Existem outros com diferentes funções, como por exemplo: agentes de formação de gás, agentes de adesão e coesão, agentes espumantes e agentes para bombeamento. O uso de aditivos é recorrente nas estruturas sendo então usado neste trabalho com objetivo de aproximar da realidade (BENINI, 2011).

2.4 PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO

A definição da quantidade de materiais para a fabricação do concreto é denominada dosagem ou traço sendo que podemos obter concretos com melhores características, ao acrescentarmos à mistura isopor, aditivos, pigmentos, fibras ou outros tipos de adições. Cada um deles, previamente, terão que passar por uma análise laboratorial que são regidos através das NBR 5738 (ABNT, 2015) e NBR 5739 (ABNT, 2007), a fim de analisar qualitativamente cada material para se obter os dados necessários à elaboração do traço.

Existem diferentes tipos de concreto no mercado e cada um tem uma finalidade

⁵ É uma reação química que ocorre entre os íons alcalinos liberados durante a hidratação do cimento e determinados minerais reativos pertencentes ao agregado (ANDRADE, 2016).

diferente; como o concreto autoadensável, concreto leve, concreto pós-reativo, concreto translúcido, concreto colorido, concreto com fibras, que são utilizados de acordo com necessidades específicas de cada projeto. O concreto é um material extensamente utilizado na construção civil, pois possui mecanismos que o tornam muito mais praticável em relação a outros materiais como o aço (QUARESMA, 2016).

Muitas propriedades do concreto são conectadas a resistência, que é basicamente a capacidade de um material de resistir à alguma tensão sem se romper. A forma de identificar a ruptura é através da aparição de falhas ou lascas. Contudo, o concreto já é um material que apresenta fissuras finas na sua microestrutura mesmo antes de ser submetido a tensões externas. Então a tensão submetida à amostra de concreto é chamada de tensão máxima que é o tanto máximo que a amostra pode aguentar. A diferença entre os ensaios de compressão e de tração é que para o corpo estar rompido, ele precisa estar fraturado, já no de compressão o corpo já é considerado rompido, mesmo sem traços visíveis de fratura (MEHTA & MONTEIRO, 2014).

Os autores citados acima afirmam que as propriedades mecânicas do concreto que são indispensáveis são: resistência à compressão e à tração e também o módulo de elasticidade. Ambas as propriedades são estabelecidas através de ensaios.

2.5 REFORÇO ESTRUTURAL

O reforço estrutural consiste em aumentar o fator resistência da estrutura; e se tratando de concreto, pode ser um pilar, uma viga, um muro ou algum outro elemento que contenha o concreto na sua execução, e que haja o interesse em aumentar a resistência do mesmo, fazendo com que ele suporte/resista uma carga maior. Normalmente, são pensados nesses detalhes quando há algum problema ou alguma falha na execução do projeto; pra tentar solucionar problemas anteriores, mas que agora podem ser revertidos; por algum desgaste da obra, seja ele natural ou mesmo um problema estrutural interno; mudança na forma do propósito da obra estipulado no início do projeto; vários fatores que trazem à tona a necessidade em pensar em algum tipo de reforço estrutural.

2.5.1 Manta de Carbono

A fibra de carbono tem na sua constituição vários filamentos contendo na maior parte deles (cerca de 91% do material) o carbono, ou materiais provenientes do mesmo,

feitos através da pirólise⁶. E pensando nas vantagens em que esse material proporciona, como densidade baixa e alta resistência, ele é utilizado na construção civil como reforço estrutural. Uma outra característica que não foi citada anteriormente é que a fibra de carbono não sofre corrosão, por ser um material plástico, uma vez que os materiais constituídos por aço sofrem oxidação, atrapalhando o rendimento da peça (SANTOS, 2009).

Os primeiros estudos relacionados a fibras foram realizados no ano de 1950, foi quando o rayon⁷(ou raiom) veio à tona, uma seda artificial composta por fibra de celulose. Porém, após vários estudos foi concluído que tal material produzia pouco carbono, e desde então, tais estudos foram aprimorados, expandido o campo de pesquisa e descobrindo os materiais que temos hoje: piche de petróleo, poliacrilonitrila⁸, dentre outros exemplos (LEBRÃO, 2008).

O processo de fabricação pode variar entre dois tipos: carbonização do material em altas temperaturas (entre 1500°C e 2000°C) ou oxidação do material, que acontece em torno dos 250°C (SANTOS, 2009).

Tais fibras de carbono tem como principais objetivos dar rigidez e maior resistência ao elemento em que está recebendo. E podem ser utilizados em alvenaria estrutural, lajes, pilares, para reforço de vigas à flexão e à força cortante, com o principal objetivo de diminuir a quantidade de deformações no local onde a mesma está sendo usada.

2.5.2 Manta de Vidro

A fibra de vidro (como é chamada popularmente) é composta por minúsculos filamentos de vidro que não são rígidos e apresentam alta flexibilidade, são cobertos por resina (usualmente poliéster) e endurecidos através de um catalizador de polimerização. Sua composição química é um conjunto de sílica com diversos outros óxidos como, por exemplo, óxidos de cálcio, de sódio, de boro e de ferro com temperatura de fusão se aproximando dos 1260°C. É um material que apresenta alta resistência à tração, flexão e impacto, é de fácil modelagem e baixa densidade tendo várias aplicações práticas, é também um material leve que não conduz corrente elétrica tornando-o aplicável para trabalhos

⁶ É uma decomposição em função da temperatura sem oxigenação (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2018).

⁷ Raiom ou rayon é o nome da seda artificial, fibra da celulose regenerada normalmente (HISTÓRIA DO BRASIL E DO MUNDO, 2018).

⁸ Um dos componentes da manta de carbono (HAMANN, 2015).

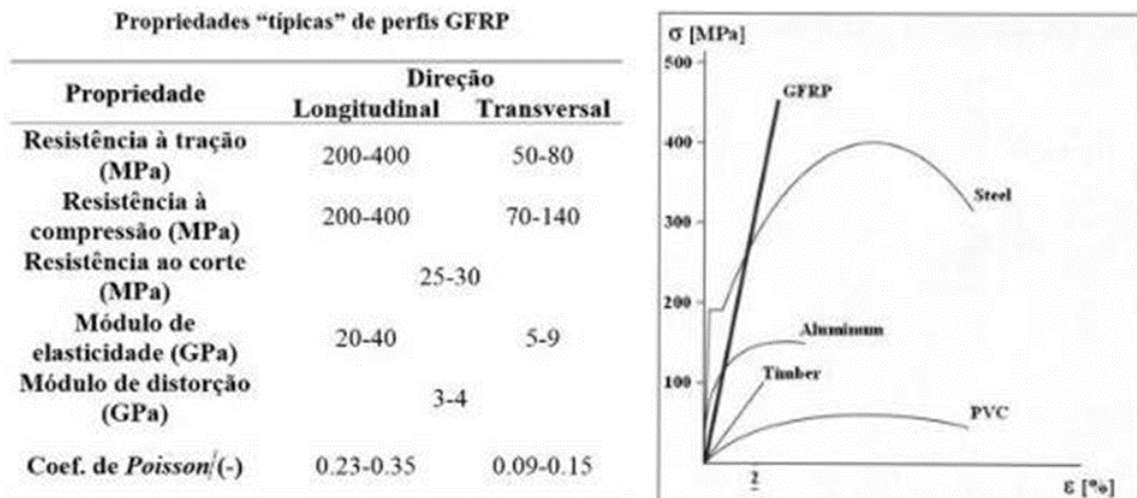
estruturais e também para isolante estrutural. “Fibra de vidro” é apenas o nome usual, a nomenclatura completa é Polímero Reforçado com Fibra de Vidro (PRVF), sendo utilizado como matéria-prima para aumentar a durabilidade do material. O PRFV é disponibilizado para vendas em forma de mantas prensadas, tecidos trançados, fitas ou cordéis, não enferruja e tem grande resistência ambientes altamente agressivos. Pode ser produzido também em moldes simples e baratos para melhor comercialização (TRG FIBER, 2018).

A manta de fibra de vidro, por ser um material resistente e com ótimas propriedades mecânicas e químicas oferece várias vantagens:

- Leveza: por conter plástico em sua estrutura, o material fica 30% mais leve e com as mesmas propriedades do aço;
- Alta resistência: apresenta maior resistência que alguns materiais, como por exemplo, o aço;
- Não apodrece: por sua estrutura ser feita de vidro e plástico, não há perspectiva de corrosão e nem danos deterioradores;
- Baixa condutividade térmica: o PRFV apresenta um valor térmico de 0,046 em uma temperatura de 27°C;
- Isolamento elétrico: vidro e plástico, que são os materiais compostos da fibra, apresentam características isolantes;
- Incombustibilidade: a fibra de vidro é inatingível em questão de chamas e também não libera gases tóxicos;
- Higiênico: material de fácil limpeza por não acumular sujeira;
- Reciclável: pensando no melhor para o mundo, o vidro é um material sustentável que pode ser reciclado o submetendo em uma certa temperatura, podendo derretê-lo e molda-lo de outra forma;
- Flexibilidade: alta variedade de fabricação;
- Versatilidade: pode ser empregado em diversos casos, podendo ser amador ou industrial (SERCEL, 2015).

A Figura 7 mostra as propriedades comuns dos perfis com a utilização do PRFV e logo em seguida uma ilustração que compara o comportamento tensão-extensão do PRFV com outros materiais estruturais.

Figura 7 - Comportamento tensão-extensão do PRFV com outros materiais estruturais



Fonte: STIN ENGINEERING, 2008.

Falando agora em aplicações do PRFV na construção civil pode-se citar o edifício Eye Catcher em Basileia, na Suíça, que foi construído com estruturas inteiramente em perfis pultruídos⁹ de fibra de vidro e desde então a utilização do material só vem aumentando. (STIN ENGINEERING, 2008)

2.5.3 Outros tipos de reforços

Entendendo a necessidade e grande demanda do reforço estrutural para as edificações e com estudos avançados, foram descobertos outros materiais que ajudam no aumento da resistência das estruturas, além da fibra de carbono e de vidro; temos por exemplo, as fibras de aramida, conhecida popularmente por Kevlar, possuem principalmente resistência a abrasão¹⁰ protegendo consequentemente a superfície do laminado (ROCHA, 2000).

São bastante usados em infraestruturas, construções, objetos que recebem algum tipo de carga pontual, como por exemplo os cintos de segurança, procedimentos de blindagem, evitando com que algum tipo de objeto que tenha ponta perfure o material que

⁹ Pultruído, algo que foi obtido por pultrusão (processo de fabricação de perfis de fibras contínuas) (ALPINA EQUIPAMENTOS, 2018).

¹⁰ Resistência de um material ao desgaste superficial gerado pela ação de outro material ou fluido (ENGENHARIA CIVIL, 2018).

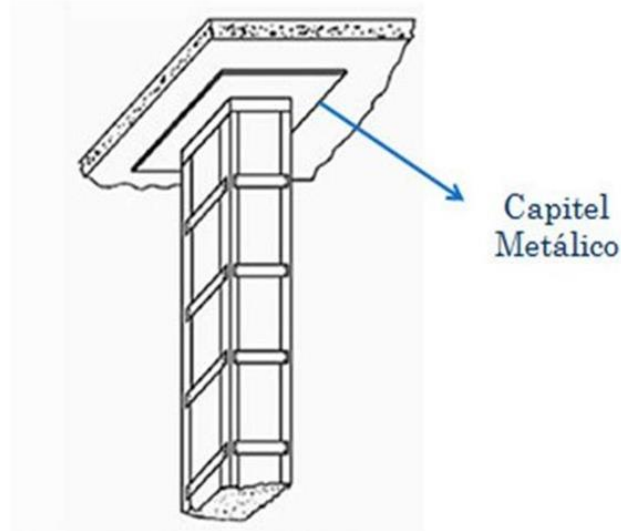
está reforçado. Trazendo para a engenharia civil, tal reforço; vendido comercialmente em rolos de largura 500, 300 e 100 mm, traz benefícios como não condução de eletricidade no caso de aplicação em estruturas que envolvam água (pontes), e é a única opção que consegue trazer os reforços rente à linha de comunicação/transmissão (ROCHA, 2000).

E se tratando de vantagens químicas, é um composto que não corrói na presença de produtos químicos, combustíveis, detergentes e quando imerso na água do mar. Traz um aumento na capacidade de carga da estrutura, deformação limitada, aumento na ductilidade e retarda o fogo trazendo alta performance à acidentes (ROCHA, 2000).

Temos também os reforços com perfis metálicos, utilizados na forma de chapa, perfis, barras ou vigas metálicas e foi um dos primeiros reforços estruturais descobertos e usados na engenharia civil; apresentando vantagens como gasto menor do tempo na reforma ou na própria execução, um canteiro de obras mais organizado e higienizado, um processo construtivo mais garantido e preciso, trazendo uma maior vida útil a edificação se for usado de forma correta e diminuindo reformas futuras (GUIMARÃES, 2017).

A Figura 8 mostra um exemplo de um pilar reforçado com perfil metálico, não esquecendo de atentar a detalhes na execução e colocação das chapas metálicas. Para evitar a troca de pilares que apresentam desgaste evidente por perfis metálicos por inteiro, uma outra opção é denominada encamisamento¹¹ (SOUZA & RIPPER, 1998).

Figura 8 - Pilar reforçado com Perfil Metálico



Fonte: SOUZA & RIPPER, 1998.

¹¹ Instalação de um pilar metálico revestindo todo o pilar de concreto deteriorado (SOUZA & RIPPER, 1998).

Barras de aço também podem ser “coladas” por epóxi no concreto, reforçando o elemento estrutural; porém, deve ser analisada as condições que a estrutura irá se submeter, pois o epóxi perde suas propriedades colantes quando está submetido a uma temperatura de 60°C. No Brasil, os primeiros trabalhos relacionados a reforço estrutural com colamento de barras de aço foram realizados em 1997, provenientes de estudos previamente realizados na Inglaterra, Espanha e Austrália (SOUZA & RIPPER, 1998).

E por último, reforço com o próprio concreto armado, que é basicamente uma reforma direta no local onde a estrutura se encontra desgastada, no caso de pequenas fissuras. E o uso dos reforços depende das condições da estrutura e do estudo da viabilidade e necessidade para ser feita então a escolha do material mais compatível com a necessidade, fazendo com que a estrutura suporte o carregamento que foi definido. (ZUCCHI, 2015).

2.6 APLICAÇÃO DO REFORÇO DO ESTRUTURAL

A partir do século XVIII com a Revolução Industrial é certo que as pessoas começaram a abandonar os campos e se concentraram nas cidades, fazendo com que existam cada vez mais metrópoles e polos urbanos, sendo assim, já no século XX mais de 10% da população mundial já viviam nas cidades e no século XXI esse número extrapolou sendo que 50% da população mundial viviam nas cidades (dados adquiridos pelas Nações Unidas), criando vários municípios que são denominados de regiões metropolitanas (FREITAS, 2008).

Com esse crescimento significativo, o mundo requer investimentos e desenvolvimento de obras de infraestrutura e habitacionais, de sistemas viários, de sistemas de água e esgoto sanitário e tendo até que verticalizar estruturas para que as pessoas se concentrem em conjuntos habitacionais mais pertos e que não seja preciso a perda de tempo para irem a lugares comerciais, por exemplo.

Como foi citado acima, o avanço das regiões metropolitanas necessitou de um material que seja mais durável do que os materiais encontrados na época, então no final do século XIX foi desenvolvida uma mistura de calcário e argila que elevadas em alta temperatura foi transformada na primeira composição do que chamamos hoje em dia de cimento Portland que com a ação da água obtêm resistência mecânica e boa estabilidade e com isso possibilita a criação de estruturas de diversas formas e tamanho (AZEVEDO, 2008).

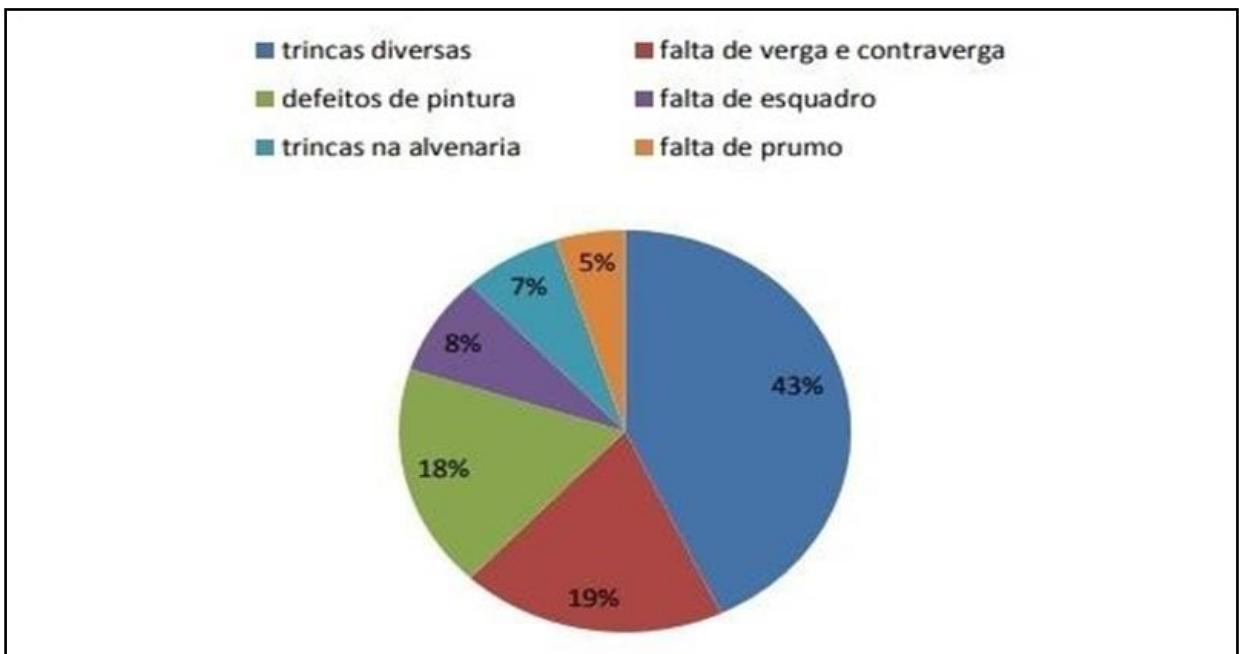
Mesmo com todo esse desenvolvimento ainda existem defeitos que são

relacionados com o comportamento estrutural e da mesma forma, podem existir danos aplicados no concreto que podem comprometer toda a edificação. Esses danos são chamados de manifestações patológicas que se manifestam de muitas formas, dependendo da edificação (LAPA, 2008).

As patologias podem se manifestar de várias formas em uma edificação, sendo as principais: em instalações hidráulicas, em alvenaria, em esquadrias, em sistemas de impermeabilização, em instalações elétricas, em revestimento de gesso e em revestimentos cerâmicos (LIMA, 2015).

Aprofundando um pouco mais em alvenarias, a principal patologia encontrada é a de fissuras, mas podendo também haver outros tipos de manifestações como por exemplo o desnivelamento de superfícies, manchas, eflorescência, corrosão, entre outras. Segundo Brandão (2007), mostrado na Figura 9, 69% das manifestações são através de fissuras e 22% é verificado na etapa executiva da parede.

Figura 9 - Relação de patologias



Fonte: adaptado de BRANDÃO, 2007.

2.7 TESTES MECÂNICOS

Antes de executar os procedimentos padrões de adaptação do reforço nas estruturas, devem ser feitos testes para saber se realmente compensa e é viável a reforma da estrutura. E existem vários tipos de testes para saber se a resistência realmente aumenta e se

suporta o carregamento que será destinado para a estrutura, testes de resistência a tração e compressão, ensaios de durabilidade, de caracterização, que podem ser divididos basicamente em ensaios destrutivos e não destrutivos.

A resistência à compressão é uma das maiores qualidades do concreto, sendo então um teste que deve ser executado para análise do ganho ou não de resistência com a adição das fibras. Realizado da seguinte maneira: após feitos os corpos de prova com a classe de resistência desejada, eles são levados ao laboratório onde são acondicionados em uma câmara úmida por um tempo indeterminado, dependendo do pedido do cliente, mas lembrando que o concreto alcança sua resistência característica no 28º dia. Após esse processo, os corpos de prova são levados para outro setor onde passam por um nivelamento das regiões que serão colocadas na máquina que irá realizar o ensaio para que haja o encaixe perfeito. Seguindo para a última fase, que é chamada de rompimento. É a fase onde a máquina exerce uma força gradual de compressão sobre os corpos de prova, até que eles venham a se romper (INCOPRE, 2015).

O mesmo autor diz que com esse ensaio foi possível que a engenharia pudesse fabricar concretos mais precisos e que podem chegar a até 100 MPa, o que antigamente era praticamente impossível, mas sempre seguindo os padrões indicados pela ABNT.

Figura 10 - Testes de Laboratório



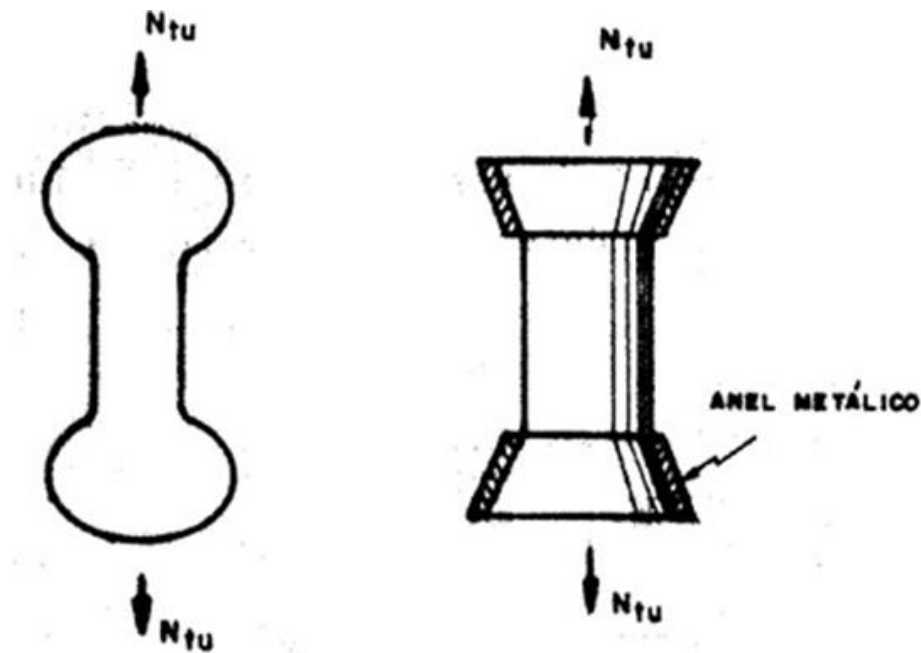
Fonte: MARTINS, 2007.

A resistência a tração quando comparada com a resistência a compressão, obtém-se que a resistência à tração é menor e a relação entre ambas é de 10%. Esses dados podem variar através do traço, ainda mais se for usado fibras ou algum tipo de aditivo. Temos que quanto menor o fator água cimento, ou seja, quanto mais denso o concreto for, maior será o

grau de resistência a tração. Temos também que quanto mais velho é o concreto, menor será a percentagem atingida pela resistência à tração (ALMEIDA, 2002).

Tal resistência depende de inúmeros fatores, e de acordo com os métodos de ensaio, encontra-se valores diferentes para os tipos de tração, que podem ser axiais, tração na flexão e tração por compressão diametral. A tração axial é o de maior difícil execução porque o procedimento na máquina de ensaio depende dos valores encontrados. E normalmente os corpos de prova podem ter formatos diversos, alguns exemplos podem ser vistos na Figura 11 (ALMEIDA, 2002).

Figura 11 - Formatos de Corpos de Prova



Fonte: ALMEIDA, 2002.

A fórmula para obter resistência à tração é adquirida por:

$$f_t = \frac{N_{tu}}{A_c} \quad (1)$$

Onde:

f_t = resistência à tração;

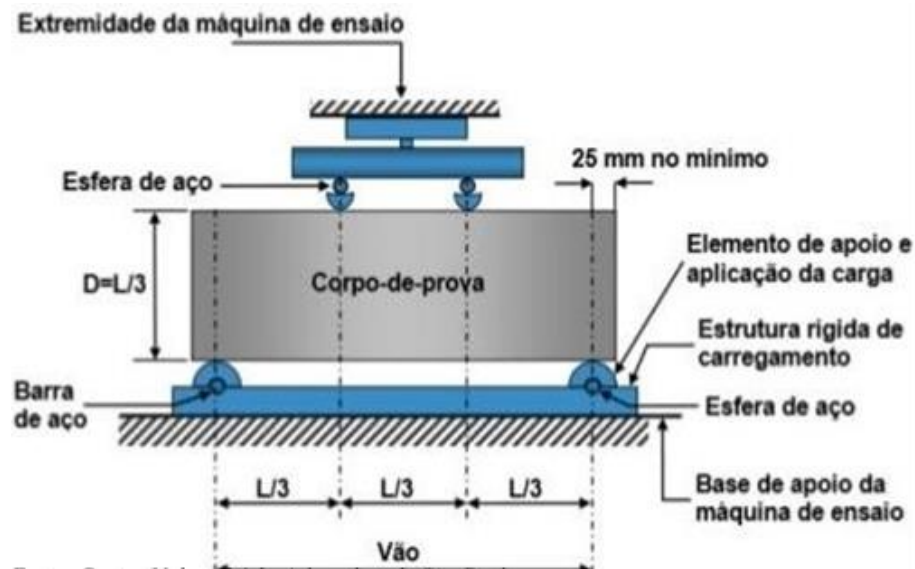
N_{tu} = força de tração de ruptura de corpo de prova;

A_c = Área de seção transversal do corpo de prova.

A tração à flexão vem sendo mais estudado por ser uma forma mais fácil e melhor de ser executada, pois é feito com corpos de provas de concreto simples, prismático, de

seção circular ou seção quadrada apoiados, com o emprego de cargas iguais e simétricas dispostas em relação ao meio do vão, como demonstrado na Figura 12 (ALMEIDA, 2002).

Figura 12 - Tração na flexão



Fonte: MEHTA & MONTEIRO, 2008.

Conhecida também por módulo de ruptura, pode ser analisada pelas equações:

$$f_t = \frac{Pl}{bh^2} \quad (2)$$

$$f_t = \frac{3Pa}{bh^2} \quad (3)$$

Onde:

f_t = resistência à flexão;

Pl = ruptura no terço médio;

Pa = ruptura à uma distância $a \geq 0,28l$;

b = medida da base do corpo de prova;

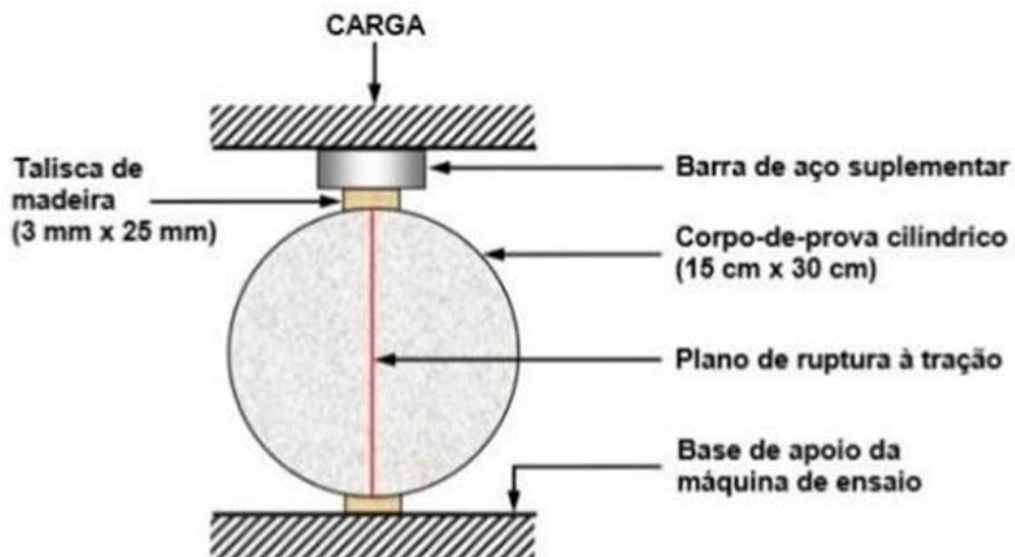
h = medida da altura do corpo de prova;

Porém, a distribuição da tensão não é linear, conseqüentemente, a tensão que ocorre de fato na fibra mais distante da linha neutra da peça que recebe a flexão, no exato momento da ruptura, é menor do que a calculada com as equações anteriores; então, quando a resistência do concreto é determinada por esse método, usa-se, na prática, a seguinte equação: (ALMEIDA, 2002):

$$f_t = \frac{f_t \text{ na flexão}}{2} \quad (4)$$

E por último, a resistência à tração por compressão diametral é feito também com corpos de prova, com 30 cm de altura e 15 cm de diâmetro, e carregando os cilindros a cargas de compressão linearmente distribuídos e diametralmente opostos; irá surgir tensões de tração no mesmo sentido do plano de carregamento, sendo que a repartição de tais tensões localizada na maioria das vezes na região central, visto na Figura 13. (ALMEIDA, 2002)

Figura 13 - Compressão Diametral



Fonte: Adaptado, MEHTA & MONTEIRO, 2008.

E é obtido pela seguinte equação:

$$f_t = \frac{2P}{\pi dl} \quad (5)$$

Sendo:

P = carga total aplicada diametralmente (pl);

d = diâmetro do corpo de prova cilíndrico;

l = comprimento do corpo de prova cilíndrico (ALMEIDA, 2002).

Outros testes que podem ser usados e mais conhecidos são a ultrassonografia, esclerometria, pacometria. Alguns desses testes são feitos antes da adição do reforço estrutural,

para identificação das falhas. No caso deste trabalho, vamos realizar o rompimento dos corpos de prova em uma prensa hidráulica. O concreto autoadensável pode ser utilizado tanto moldado in loco como na indústria de pré-fabricados, dosado no canteiro de obras ou em centrais de concreto e transportado por caminhão betoneira para as construções. Pode ser lançado com bombas de concreto, guias ou simplesmente espalhado (TUTIKIAN & MOLIN, 2015).

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

No período entre 19 de agosto e 25 de setembro, foi realizado o programa experimental qualitativo, simulando o que ocorre em obra, referente a esse trabalho no CT (Centro Tecnológico) do Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA (Figura 14).

Figura 14 - Centro Tecnológico da UniEVANGÉLICA



Fonte: Autoria Própria, 2018.

O experimento tem como finalidade comparar o comportamento mecânico à compressão e à flexão e visual dos corpos de prova revestidos com a manta de fibra de vidro em comparação com os corpos de prova sem a manta. A ideia do estudo é associar os pilares representados pelos corpos de prova cilíndricos e vigas representadas pelos corpos de prova prismáticos, causando uma associação com a aplicabilidade prática das estruturas.

Para a realização do experimento em questão foram moldados 4 corpos de prova cilíndricos e 4 corpos de prova prismáticos, sendo 2 de cada tratamento revestidos com a manta de fibra de vidro e os outros 2 com concreto convencional.

O experimento foi embasado nas NBR 5738 (ABNT, 2007), NBR 5739 (ABNT, 2007) e NBR 12142 (ABNT, 2010) que tratam, respectivamente, sobre moldagem e cura do corpo de prova cilíndrico e prismático, ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos

e determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos.

Tabela 1 - Quantidade de corpos de prova

Quantidade corpos de prova	Não reforçados	Reforçados com uma camada de manta
Cilíndricos	2	2
Prismáticos	2	2

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Como foi citado anteriormente o traço foi realizado de acordo com as especificações da NBR 5739 (ABNT, 2007) através do procedimento de cálculo da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

3.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Os equipamentos utilizados foram os seguintes:

- Balança;
- Balde;
- Bandejas metálicas;
- Betoneira;
- Câmara fria;
- Carrinho de mão;
- Concha;
- Dispositivo para rompimento à flexão;
- Forma de corpo de prova cilíndrico 10x20 cm;
- Forma de corpo de prova prismático 50x15x15 cm;
- Haste reta de aço (1,6 cm de diâmetro e 60 cm de comprimento);
- Molde tronco de cone com diâmetro inferior a 20 cm e superior a 10 cm;
- Pá;
- Picnômetro;
- Placa de base com dimensão de 50cm;
- Pincel;

- Prensa de compressão axial da marca Contenco;
- Recipiente cilíndrico metálico com alças;

3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

3.2.1 Massa específica e unitária dos agregados

Tais valores foram previamente calculados pela técnica do Centro Tecnológico seguindo as especificações das NBR NM 52 (ABNT, 2009), NBR NM 53 (ABNT, 2009) e NBR NM 45 (ABNT, 2006), que tratam, respectivamente, da determinação das massas específicas da areia, determinação da massa específica da brita 0 e determinação das massas unitárias e do volume de vazios.

Tabela 2 - Massa específica e unitária dos agregados

Material	Massa específica (Kg/m³)	Massa unitária (Kg/m³)
Areia	2580	1510
Brita 0	2810	1530

Fonte: Autoria Própria, 2018.

3.2.2 Granulometria dos agregados

O ensaio de granulometria do módulo de finura areia e do diâmetro máximo brita 0 também foram previamente realizados pela técnica do Centro Tecnológico seguindo os critérios da NBR NM 248 (ABNT, 2003). Os resultados foram:

Tabela 3 - Granulometria dos agregados

Material	Granulometria
Areia (módulo de finura)	2,62
Brita 0 (diâmetro máximo)	9,5 mm

Fonte: Autoria Própria, 2018.

3.2.3 Ensaio do abatimento do tronco de cone

Depois do concreto pronto, tal ensaio foi executado de acordo com a NBR NM 67 (ABNT, 1998). Durante o procedimento, usou-se um molde de tronco de cone oco com as seguintes dimensões: 30 cm de altura, 20 cm de diâmetro de base inferior e 10 cm de diâmetro de base superior; para o apoio, foi usada uma base metálica plana de 50x50 cm e espessura de $\pm 0,3$ cm. Para a realização dos golpes foi usada uma haste metálica de seção circular, reta, com diâmetro de 1,6 cm, comprimento de 60 cm e com seus extremos arredondados.

O ensaio é realizado da seguinte maneira:

- 1) Molha-se o molde de tronco de cone, a base e a haste;
- 2) Preenche-se um terço da altura do molde com o concreto enquanto os pés estão nas alças firmando o tronco para que o mesmo não se mova;
- 3) Aplicar 25 golpes nesta camada;
- 4) Repetir esses procedimentos até completar o tronco de cone e tirar o excesso da base superior;
- 5) Retirar o molde cuidadosamente levantando-o na direção vertical;
- 6) Medir a distância entre o limite do abatimento e o limite do tronco cônico representado na Figura 15.

Figura 15 - Abatimento do concreto



Fonte: Autorial Própria, 2018.

Para efeitos de cálculo do traço, foi usado um abatimento de 100 ± 10 mm; e o abatimento encontrado foi de 90 mm, alcançando a trabalhabilidade desejada.

3.3 REALIZAÇÃO DO TRAÇO

Logo após a caracterização dos agregados, foi feita a realização do traço segundo as normas da ABCP (Apêndice A). Seguindo os padrões da norma, os critérios necessários para a realização do mesmo são: desvio padrão, f_{cd} e o abatimento. E os valores calculados foram, respectivamente, 5,5 MPa, 34,075 MPa e 100 ± 10 mm, adotando uma resistência de 25 MPa.

O concreto foi produzido em duas etapas, na primeira etapa foi feito o traço para 4 corpos de prova cilíndricos e 1 corpo de prova prismático e na segunda etapa foi feito o traço para os 3 corpos de prova prismáticos restantes. O traço encontrado na primeira etapa foi de 1 : 2,22 : 2,23 : 0,59; já na segunda etapa foi de 1 : 2,22 : 2,20 : 0,59 (cimento : areia : brita : água). Para a produção do concreto, foi usado o cimento CP II Z 32.

A elaboração dos corpos de prova ocorreu no Centro Tecnológico da UniEVANGÉLICA nos dias 21 e 23 de agosto de 2018. Em ambos os dias o concreto foi produzido numa betoneira CSM de 120 litros. Primeiramente, a quantidade necessária dos materiais foi pesada numa balança e depois colocada dentro da betoneira para o processamento. O processo é da seguinte forma: é colocado todo o agregado graúdo dentro da betoneira, depois parte da água, em seguida os agregados miúdos e o cimento e por último o restante da água. Foi necessário a adição de aditivo na composição do traço para adquirir a consistência necessária para a confecção dos corpos de prova.

3.4 REALIZAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS E PRISMÁTICOS

Como já foi citado anteriormente, a NBR que regula a confecção dos corpos de prova cilíndrico ou prismático é a NBR 5738 (ABNT, 2015). Define-se que as laterais e a base do molde devem ser de aço ou de outro material não absorvente, desde que não haja reação com o cimento Portland e que consiga suportar a moldagem. A base do molde deve ser nivelada e enrijecida e ter dimensões coerentes para manter a estabilidade.

Foi utilizado para o experimento quatro corpos de prova com 10 x 20 cm (cilíndricos) e quatro de 15 x 15 x 50 cm (prismáticos). Na parte prática, primeiramente revestiu-se todos os corpos de prova com uma camada fina de óleo para que não houvesse

problemas com a desmoldagem dos mesmos. Seguindo a NBR, deve-se:

“Ao introduzir o concreto, deslocar a concha ao redor da borda do molde, de forma a assegurar uma distribuição simétrica e, imediatamente, com a haste em movimento circular, nivelar o concreto antes de iniciar seu adensamento.”

Quanto ao abatimento, a norma também regula o número de golpes que devem ser aplicados na mistura do corpo de prova, devendo seguir os padrões do Quadro 1, mostrado abaixo:

Quadro 1 - Número de camadas para moldagem dos corpos de prova

Tipo de corpo de prova	Dimensão básica (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	-	-
Prismático	100	1	1	75
	150	1	2	75
	250	2	3	100
	450	3	-	-

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Como apresentado em negrito foi escolhido para os corpos de prova cilíndricos 12 golpes e para os prismáticos 75 golpes. Esses valores foram escolhidos devido as dimensões dos corpos de prova.

Logo após a finalização do adensamento foi feito o “rasamento” da superfície com a borda do molde com o auxílio de uma espátula.

Feita a moldagem, os corpos de prova permaneceram no laboratório para a secagem por um período de 24 horas, depois disso foram colocados na câmara úmida para a prática da cura durante um intervalo de 28 dias.

Figura 16 – (a) Corpo de prova prismático finalizado e (b) corpos de prova cilíndricos finalizados

(a)

(b)



Fonte: Autoria Própria, 2018.

3.5 REFORÇO COM MANTA DE FIBRA DE VIDRO

No primeiro passo foram feitas as retiradas dos corpos de prova da câmara umida nos dias 18 e 20 de setembro cumprindo os 28 dias necessários para a cura do concreto. Com os corpos de prova secos foi feita aplicação da manta de fibra de vidro da seguinte maneira: misturou-se a resina epóxi com o catalisador, ambos da marca MEK, com uma proporção de 9 gramas de catalisador para 500 ml de resina.

Figura 17 - (a) Catalisador MEK e Resina epóxi

(b) Mistura de ambos

(a)

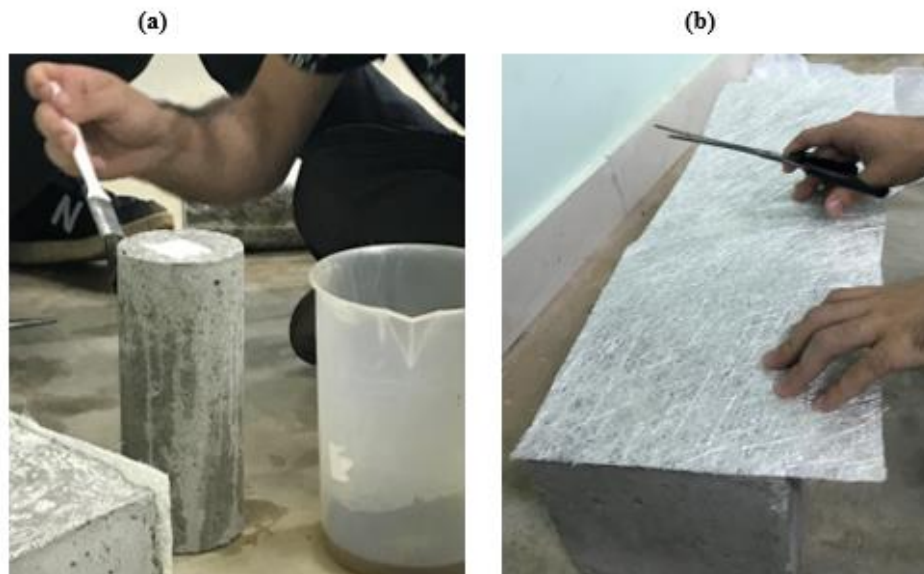
(b)



Fonte: Autoria Própria, 2018.

Com o auxílio de um pincel, foi aplicado a mistura nos arredores dos corpos de prova cilíndricos e nas superfícies inferiores e superiores dos corpos de prova prismáticos e com a manta de fibra de vidro já cortada nas devidas dimensões foi feita a aplicação da mesma nos locais citados. Esperou-se em torno de 24 horas para a secagem da cola antes dos rompimentos.

Figura 18 - Aplicação no (a) corpo de prova cilíndrico e no (b) corpo de prova prismático



Fonte: Autoria Própria, 2018.

Após a colagem da manta num prazo de 24 horas, com o corpo de prova completamente seco, foram realizados os rompimentos no Centro Tecnológico da UniEVANGÉLICA.

Figura 19 - Finalização dos corpos de prova (a) cilíndricos e (b) prismáticos



Fonte: Autoria Própria, 2018.

3.6 TESTES DE RESISTÊNCIA

3.6.1 Teste de resistência à compressão axial no concreto

A norma que rege os ensaios de compressão axial no concreto é a NBR 5739 (ABNT, 2007), deixando claro todas as técnicas necessárias para a realização dos procedimentos. Como os testes foram realizados em laboratório, a máquina de ensaio foi de classe 1; o centroide do corpo de prova cilíndrico deve estar no mesmo alinhamento do centroide da máquina, fazendo com que a resultante da força passe pelo centro e houve uma aplicação de força contínua, preenchendo os requisitos que a norma determina.

Esse tipo de teste é efetuado no intuito de indicar variações da qualidade e vida útil de um concreto além de verificar a resistência real do traço e do reforço produzido. Existem vários fatores que podem colocar sua resistência e desempenho em risco pois a estrutura é submetida a variações químicas e climáticas que se mostram a necessidade dos ensaios em laboratório.

Os corpos de prova com concreto simples foram mantidos na câmara úmida até a conclusão da cura, durante 28 dias e logo após a secagem os mesmos foram rompidos. Os corpos de prova reforçados com a manta de fibra de vidro, também permaneceram os 28 dias na câmara, porém, foram rompidos um dia depois, devido a secagem da mistura usada para fixar o reforço.

Na execução da compressão, foi aplicada uma carga contínua e sem choques com velocidade de carregamento variando entre 0,3 MPa/s e 0,8 MPa/s. Todos os resultados e gráficos foram contabilizados e fornecidos pelo programa do computador.

3.6.2 Teste de resistência à tração na flexão em concreto

A norma que regulariza os ensaios de tração na flexão no concreto é a NBR 12142 (ABNT, 2010), deixando claro todas as técnicas necessárias para a realização dos procedimentos.

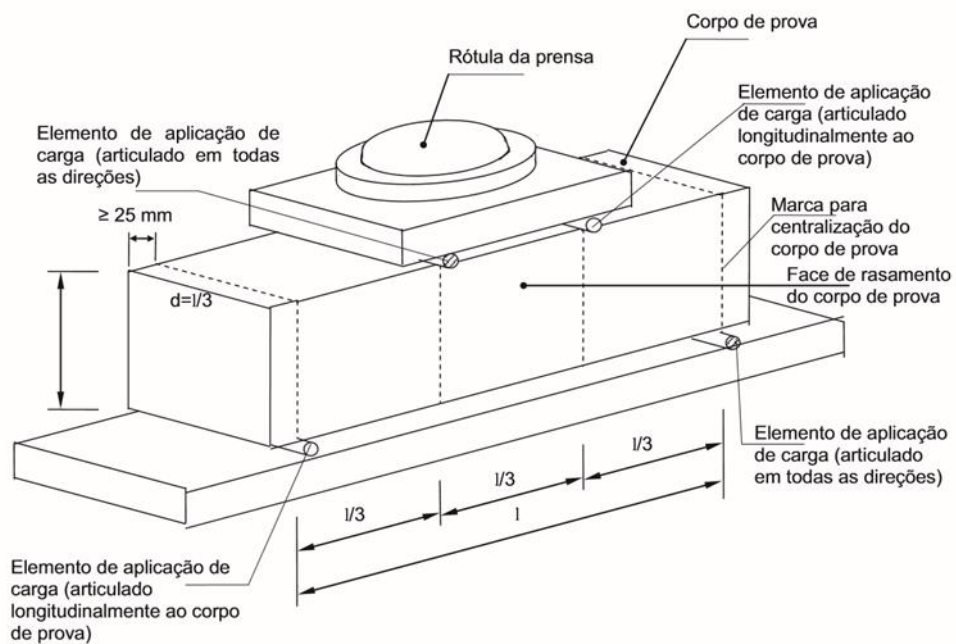
São detalhadas algumas características da aparelhagem nos ensaios como a distância entre os apoios, a continuidade no momento da aplicação da força evitando choques sendo elas paralelas à direção das reações.

O dispositivo para realização do ensaio segue o seguinte parâmetro da NBR 12142

(ABNT, 2010): “A máquina de ensaio deve ser equipada com um dispositivo de flexão que assegure a aplicação da força perpendicularmente às faces superior e inferior do corpo de prova, sem excentricidades.”

Os corpos de prova prismáticos são comparados a vigas simplesmente apoiadas submetidas a duas forças concentradas nos terços dos vãos como apresentado na Figura 20:

Figura 20 - Especificações do corpo de prova no dispositivo



Fonte: NBR 12142, 2010.

Na execução da tração na flexão, foi aplicada uma carga contínua e sem choques com velocidade de carregamento variando entre 0,9 MPa/min e 1,2 MPa/min. Todos os resultados e gráficos foram contabilizados e fornecidos pelo programa do computador.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a realização dos procedimentos experimentais e mediante os objetivos desejados obteve-se os seguintes resultados e discussões listados a seguir:

4.1 PRÉ EXPERIMENTAL

A manta de fibra de vidro não é um material usual na construção civil em contrapartida é um material de fácil acesso na cidade de Anápolis. A empresa FIBROTEC, que é localizada na Avenida Universitária, número 866, no bairro Jardim Bandeirante, possui tanto o tecido quanto a manta de fibra de vidro disponíveis para a venda. A aquisição do produto vem juntamente com a resina epóxi e o catalisador da MEK.

A própria empresa se mantém disponível para qualquer informação necessária para a aplicação da manta em qualquer local desejado. O funcionário solucionou todas as dúvidas referentes a aplicação da manta nos corpos de prova; tanto na quantidade de catalisador quanto na de resina. Devido a secagem da mesma ser de forma rápida foi designado que o processo deve ser feito com agilidade. Consequentemente por ser um processo de fácil manutenção e a manta de fácil manuseio conclui-se que não é necessário mão-de-obra especializada quando se trata da aplicação. Referente ao estudo da resina que será relatado mais a frente, é necessário conhecimento de proporções e medidas para a correta dosagem da mistura.

4.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

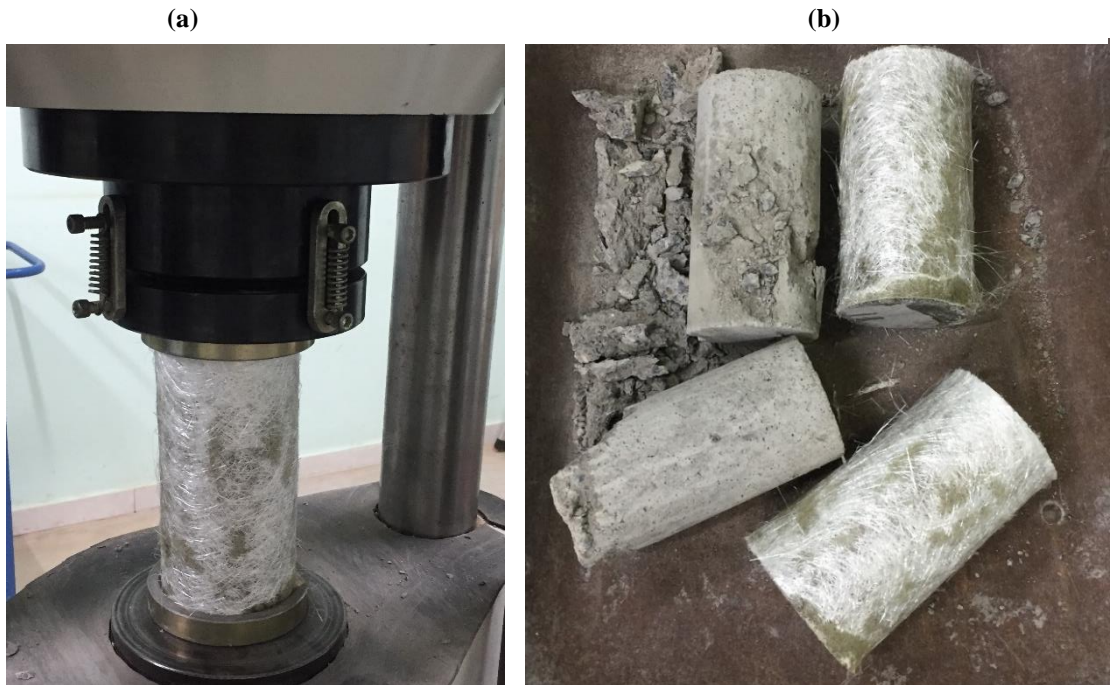
Os resultados obtidos referentes ao teste de compressão axial são apresentados na Tabela 4 e após a análise dos mesmos foi identificado um aumento em média de 20% na resistência dos corpos de prova revestidos com a manta de fibra de vidro quando comparados com os corpos de prova sem a manta. Assim sendo, pode-se afirmar que o uso da manta de fibra de vidro convém ser utilizada em pilares pensando em ganho de resistência.

Tabela 4 – Resistência à compressão dos corpos cilíndricos

Média de corpos de prova cilíndricos	Resistência à compressão
Corpo de prova simples	25,3 (MPa)
Corpo de prova com camada de manta	30,2 (MPa)

Fonte: Aatoria Própria, 2018.

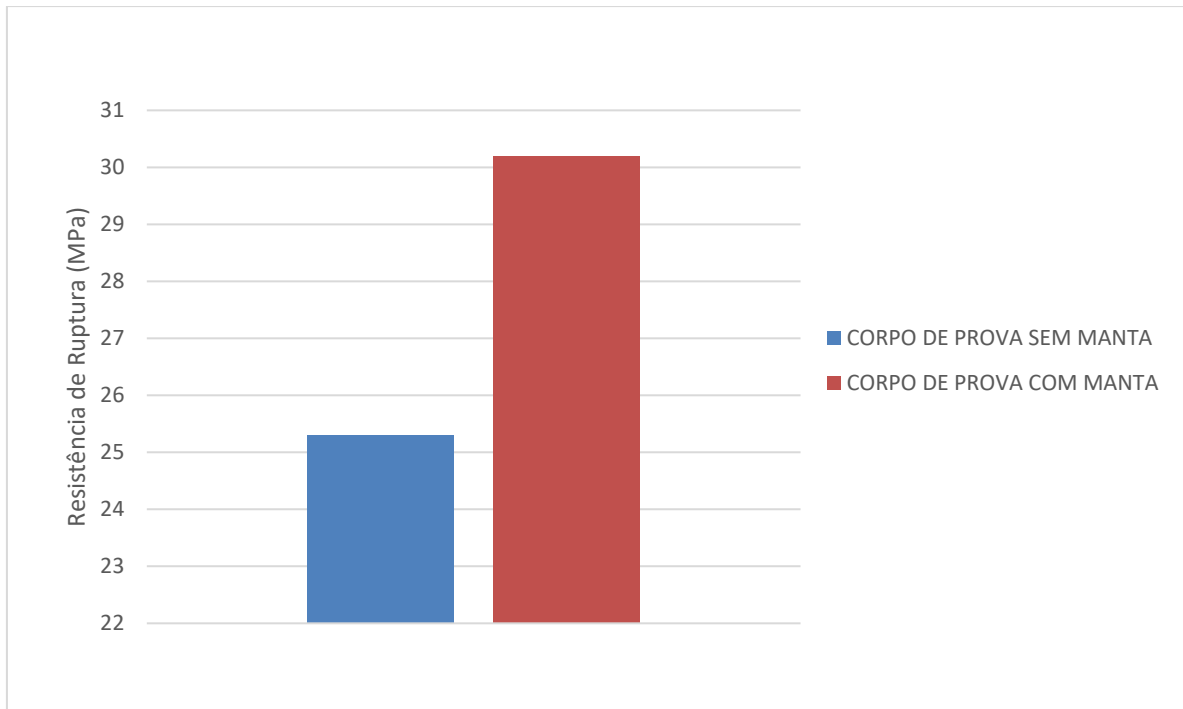
Na Figura 21 (a) pode-se observar o corpo de prova envolto com manta de fibra e vidro na máquina de compressão, antes do ensaio começar a ser executado; e na Figura 21 (b) os corpos de prova, tanto os simples quanto os reforçados, rompidos.

Figura 21 - Corpos de prova cilíndricos na máquina para rompimento (a) e rompidos (b)

Fonte: Aatoria Própria, 2018.

Figura 22 representa um gráfico mostrando o aumento da resistência nos corpos de prova que contém a manta de fibra de vidro.

Figura 22 – Gráfico com as médias dos corpos de provas



Fonte: Autorial Própria, 2018.

4.3 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

A Tabela 5 apresenta os resultados do teste de ensaio de tração na flexão. Houve um aumento de aproximadamente 10% dos corpos de prova com manta quando comparado com os corpos de prova sem manta, apresentando que apesar de um ganho relativamente menor em flexão o uso da manta apresenta ainda um ganho de resistência na peça final.

Tabela 5 - Resistência à tração na flexão dos corpos prismáticos

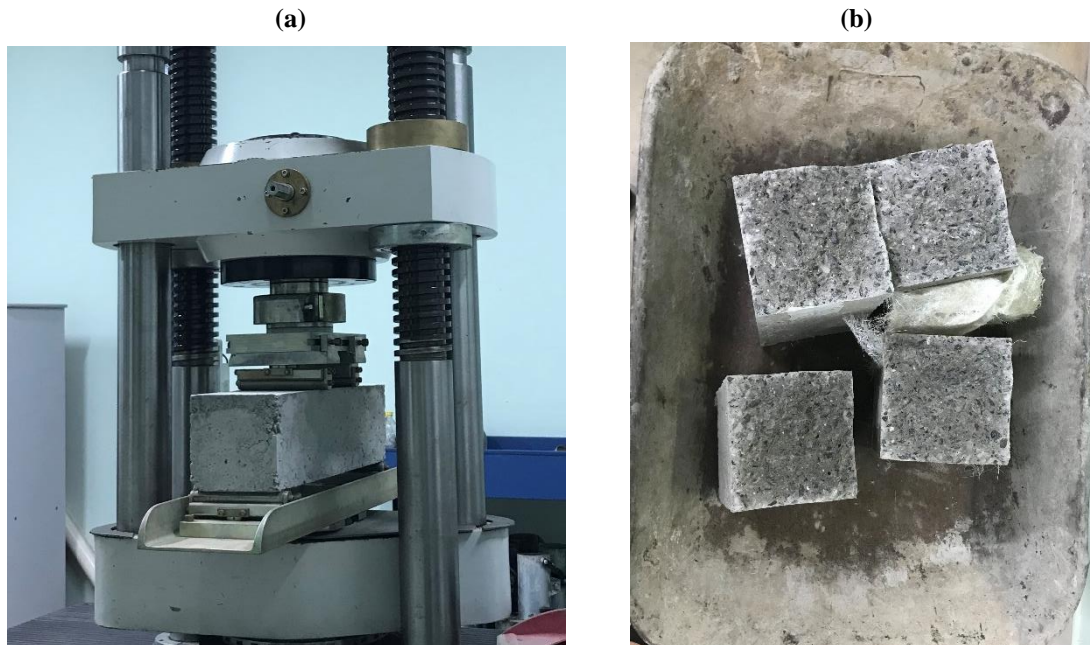
Média de corpos de prova prismáticos	Resistência à compressão
Corpo de prova simples	2.735 (Kgf)
Corpo de prova com camada de manta	2.965 (Kgf)

Fonte: Autorial Própria, 2018.

Na Figura 23 (a) pode-se observar o corpo de prova prismático com manta de fibra de vidro na máquina de tração, antes do ensaio ser executado; e na Figura 23 (b) os corpos de prova, tanto os simples quanto os reforçados, rompidos. Foi colocado uma figura a parte (Figura 24) para observar com mais clareza que a manta que estava na parte superior do corpo

de prova permaneceu intacta e a que estava na parte inferior foi rasgada, confirmando que a resina não é própria para a execução deste trabalho.

Figura 23 - (a) Corpo de prova prismático na máquina e (b) corpo de prova prismático rompido



Fonte: Autoria Própria, 2018.

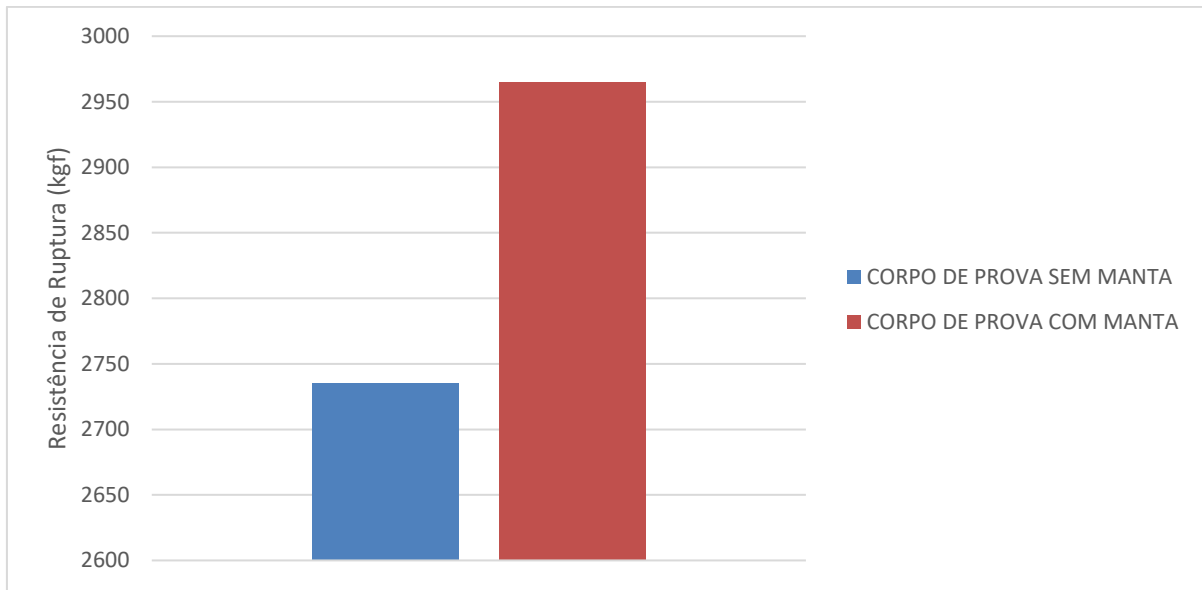
Figura 24 - Corpo de prova prismático rompido



Fonte: Autoria Própria, 2018.

O gráfico a seguir mostra os resultados obtidos no ensaio de tração na flexão realizado nos corpos prismáticos:

Figura 25 – Gráfico com as médias dos corpos de provas



Fonte: Aatoria Própria, 2018.

4.4 ESTUDO COMPARATIVO COM MANTA DE FIBRA DE CARBONO

Como já dito, tópico 2.5, existem outros tipos de reforços estruturais além da manta de fibra de vidro; e o mais comumente de ser usado é a manta de fibra de carbono, com o objetivo de trazer um ganho de resistência para a estrutura.

Cunha & Fontes (2017) estudaram as propriedades físicas e mecânicas dos compósitos de fibra de carbono, e a aplicação do mesmo como um reforço estrutural usado na construção civil. A pesquisa das autoras serviu de base para esse trabalho, partindo da hipótese da dificuldade em adquirir a fibra de carbono procurar então fibras alternativas que apresentasse resultados similares. Para isso, as autoras realizaram um plano experimental com 4 corpos de prova cilíndricos sendo 2 não reforçados, 1 reforçado com uma camada de manta de carbono e 1 reforçado com duas camadas de manta de carbono; e 4 corpos de prova prismáticos, sendo 2 não reforçados, 1 reforçado com uma camada de manta de carbono e 1 reforçado com duas camadas de manta de carbono para a realização de ensaios de compressão e tração.

Após a execução dos ensaios de compressão axial e de tração na flexão realizados respectivamente em corpos de prova cilíndricos e prismáticos, constatou um ganho de resistência como previsto. Nas tabelas a seguir, estão listados os resultados dos ensaios:

Tabela 6 - Resistência a compressão dos corpos cilíndricos

Arranjo dos corpos de prova cilíndricos	Resistência à compressão
Concreto simples	33,35 (MPa)
Concreto com 1 camada de manta	42,4 (MPa)
Concreto com 2 camadas de manta	52,2 (MPa)

Fonte: CUNHA & FONTES, 2017.

Tabela 7 - Resistência à tração na flexão nos corpos de prova prismáticos

Arranjo dos corpos de prova prismáticos	Carga de Ruptura
Concreto simples	2470 Kgf
Concreto com 1 camada de manta	5110 Kgf
Concreto com 2 camadas de manta	5110 Kgf

Fonte: CUNHA & FONTES, 2017.

Após a comparação dos resultados encontrados em ambos os trabalhos, é clara a percepção de que a resistência dos corpos de prova com a manta de carbono é maior do que a resistência dos corpos de prova envoltos com a manta de vidro. Em relação aos corpos de prova cilíndricos, houve um aumento de resistência de 28,77% nos corpos de prova com uma camada de manta de carbono, e de 51,89% nos corpos de prova com duas camadas de manta de carbono quando comparado a resistência dos corpos de prova com manta de fibra de vidro.

Em relação aos corpos de prova prismáticos, houve um aumento de 58,02% de resistência nos corpos de prova com manta de fibra carbono em relação aos corpos de prova revestidos com a manta de fibra de vidro. Não houve diferença na resistência dos corpos de prova prismáticos com apenas uma camada comparado com o corpo de prova com duas camadas; o valor foi o mesmo.

Pode se concluir então que o ganho de resistência foi maior nos corpos de prova com a manta de carbono, sendo então o reforço estrutural mais recomendado para o ganho de resistência. Porém, a manta de carbono é de difícil acesso, não é comum de ser encontrada em estabelecimentos, e com um custo benefício mais alto comparado com a manta de vidro, que é encontrada com mais facilidade. Foi adquirido o kit da manta de fibra de vidro contendo ½ kg de resina mais 1 m² de manta e o catalisador no valor de R\$ 45,00, enquanto os valores da manta de carbono na internet são por volta de R\$ 200,00 o m², junto com o

catalisador e a resina, mas sem o valor do frete comprovando então a economia.

Consequentemente, deve ser feito um estudo de viabilidade quando houver necessidade de usar reforço estrutural, analisando os parâmetros como quantidade necessária para ganho de resistência e se existem lugares disponíveis para aquisição do material de interesse do reforço estrutural antes da aplicação dos mesmos em pilares ou em vigas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no pouco material científico sobre o tema abordado e nenhuma norma que regulariza sua utilização, considera-se necessário o desenvolvimento de pesquisas nessa área, pois o reforço estrutural é um assunto atual e necessário na construção civil.

Como foi previamente proposto, foi feita a análise das propriedades mecânicas e físicas dos compósitos de fibra de vidro submetendo-os a ensaios de compressão axial e de tração na flexão para que comprovasse o aumento da resistência utilizando a fibra sendo que, para a execução de tal serviço, não é necessário uma mão-de-obra mais especializada.

A manta de fibra de vidro é um material de fácil acesso e baixo custo em comparação com outros reforços estruturais, como por exemplo, a manta de fibra de carbono que além do difícil acesso, seu custo é bem mais elevado, porém o ganho de resistência da manta de fibra de vidro é 28,77% menor à compressão axial e 58,14% menor à flexão, cabendo ao analista decidir qual melhor se aplica ao seu projeto.

Uma ressalta é o uso da resina, tendo seu uso para reservatórios e não para concreto, devido a isso a manta de fibra de vidro permaneceu intacta após o rompimento dos corpos de prova; provando que deve ser usada uma resina mais qualificada para o reforço estrutural em concreto.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Existem temas que não foram abordados e que servem como possíveis sugestões para solução do problema encontrado, nesse caso, o estudo da resina que é própria para reservatório que traz uma quebra na resistência aderida na junção da manta de fibra de vidro com o corpo de prova. A adesão de uma resina que seja própria para concreto e também a realização de picotes no corpo de prova, pequenas marcas e perfurações, traria ainda mais resistência e aderência.

Vale ressaltar que a empresa em que a fibra de vidro foi adquirida desenvolve também o tecido com filamentos de vidro, sendo um material que pode ser usado como estudo para reforço estrutural. Seria válido também, análises como quantitativa e numérica, que podem ser realizadas, juntamente com teste de patologias nas estruturas procurando solucionar tais problemas.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento: NBR 6118**. 2014

_____. **NBR 12142**: Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 5738**: concreto – corpo de prova. São Paulo, 2015.

_____. **NBR 5739**: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. 2. ed. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 7211**: Agregados para Concreto - Especificação. Rio de Janeiro 2009.

_____. **NBR NM-ISO 3310-1**: Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação - Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 11768**: Aditivos para Concreto de Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro 2011.

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

_____. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo -Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 53**: Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.

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

ALMEIDA, L. C. **AU414 – Estruturas IV – Concreto armado**. 2002. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Departamento de Estruturas. São Paulo, 2002.

ALPINA EQUIPAMENTOS. **O que é pultrusão**. 2018. Disponível em: <<http://www.alpinaequipamentos.com.br/artigos/5/o-que-e-pultrusao>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

ANDRADE, S. **Reação Álcali-Sílica**. 2016. Disponível em: < <http://sasolucoes.com.br/2457-2/>>. Acesso em: 03 set. 2018.

ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA. **Vitruvius**. 2013. Disponível em: <<https://arquiteturascontemporaneas.wordpress.com/2013/05/21/vitruvius/>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

AZEVEDO, M. T. **Patologia das Estruturas de Concreto**. Concreto: Ciência e Tecnologia, 1.ed. São Paulo, IBRACOM, p. 1096 2011. 2v.

BASTOS, P. S. S. **Estruturas de Concreto I: Fundamentos do concreto armado**. [s.e.]. Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2011. [s.v.]. 92 p.

BATTAGIN, I. L. S. **Concreto: Ciência e Tecnologia vol I**. Ibracon.

BELART FIBRAS. **Fibra de Vidro – Conheça seus benefícios**. 2016. Disponível em: <<https://www.belartfibras.com.br/fibra-de-vidro-conheca-seus-beneficios/>>. Acesso em: 31 de outubro de 2018.

BENINI, H.; & HARTMANN, C. **Concreto: Ciência e Tecnologia vol I**. Ibracon.

BRANDÃO, R. M. L. **Levantamento das manifestações patológicas nas edificações, com até cinco anos de idade, executadas no Estado de Goiás**. 2007. 196 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

CUNHA, L. L.; FONTES, G. A. **Estudo do Ganho de Resistência da Aplicação de Manta de Fibras de Carbono em Vigas de Concreto Simples**. 2017. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA, Anápolis, 2017.

COHEN, M. **Ciência e Engenharia de Materiais: sua evolução, prática e perspectivas**. Parte I: Materiais na história da sociedade. Trad. José R. Silva. São Carlos: UFSCar, 1988.

ECIVIL. **Clinquer**. 2018. Disponível em: <https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-clinquer.html>. Acesso em: 01 de novembro de 2018.

ENGENHARIA CIVIL. **Resistência à abrasão**. 2018. Disponível em: <<https://www.engenhariacivil.com/dicionario/resistencia-a-abrasao>>. Acesso em: 01 de novembro de 2018.

FREITAS, E. **"Primeira Revolução Industrial"**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/primeira-revolucao-industrial.htm>>. Acesso em: 22 mai. 2018.

GUIMARÃES, J. M. Senna. **Reforço Estrutural Utilizando Elementos Metálicos**. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/refor%C3%A7o-estrutural-utilizando-elementos-met%C3%A1licos-m-senna-guimar%C3%A3es>>. Acesso em: 22 de maio de 2018.

HAMANN, R. **Fibra de carbono: como é feito e como funciona este material incrível**. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/quimica/76017-fibra-carbono-feito-funciona-material-incrivel.htm>>. Acesso em: 03 nov. 2018.

HISTÓRIA DO BRASIL E DO MUNDO. **Raiom**. Disponível em: <<http://historia-do-brasil-e-do-mundo.hi7.co/raiom-56c53515839d8.html>>. Acesso em: 03 nov. 2018.

HOTEL UNIQUE SÃO PAULO. Disponível em: <<http://www.bing.com/images/search?q=hotel+unique+s%C3%A3o+paulo+fotos&qpv=hotel+unique+s%C3%A3o+paulo+fotos&FORM=IGRE>>. Acesso em: 03 set. 2018.

INCOPRE. **5 grandes obras construídas no Brasil.** 2016. Disponível em: <<http://incopre.com.br/index.php/5-grandes-obras-construidas-no-brasil/>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

INCOPRE. **Como é feito o teste de resistência do concreto?** 2015. Disponível em: <<http://incopre.com.br/index.php/como-e-feito-o-teste-de-resistencia-do-concreto/>>. Acesso em: 30 mai. 2018.

ISAIA, G. C. **Concreto: Ciência e Tecnologia vol I.** Ibracon.

ISAIA, G. C. **Concreto: Ciência e Tecnologia vol II.** Ibracon.

KOUI, M. & FTIKOS, C. The ancient Kamirian water storage tank: a proof of concrete technology and durability for three millennium. **Materials and Structures**, Cachan, RILEM. V. 31, n.213, p. 623-627, 1998.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto.** 2008. 56 f. Monografia. Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LEBRÃO, G.W. **Fibra de Carbono.** Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – 2008 – Revista Plástico Sul.

LIMA, B. S. **Principais Manifestações Patológicas em Edificações Multifamiliares.** 2015. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Cap. 2. Acesso em: 29 mai. 2018.

MALINOWSKI, R. Pre-history of concrete. **Concrete International.** Detroit, American Concrete Institute, v. 13, n. 3, p. 62-68, 1991.

MARTINS, A. **Novas regras para o ensaio de compressão do concreto.** 2007. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/novas-regras-para-o-ensaio-de-compressao-do-concreto/>>. Acesso em: 30 de mai. 2018.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto Microestrutura, Propriedade e Materiais.** 2014. 2ª ed. Ed.: IBRACON. ISBN.:978-85-98576213. Português, p. 751.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais.** 2008. São Paulo: IBRACON, 3ª.ed., 674p.

MÉLO, M. **Fabricação do Concreto.** 2018. 24 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Ufpe, Recife, 2018. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAA7NIAH/fabricacao-concreto>>. Acesso em: 5 jun. 2018.

NAVEGANTES. **A substituição do concreto por brita.** 2018. Disponível em: <<http://www.portasnavegantes.com.br/a-substituicao-do-cimento-por-brita/>>. Acesso em: 03 set. 2018.

OLIVEIRA, C.T.A. & AGOPYAN, V. **Estudo da água do poro de pastas de cimento de escória pelo método da água de equilíbrio.** Boletim técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2000.

PIANCASTELLI, É. M. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado.** Ed. Departamento de Estruturas da EEUFMG – 1997.

PORTAL SÃO FRANCISCO. **Pirólise.** 2018. Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/quimica/pirolise>> Acesso em: 03 nov. 2018.

QUARESMA, W. M. G. **Contribuição ao estudo do comportamento mecânico do concreto utilizando diferentes modelagens em elementos finitos na escala mesoscópica.** 2016. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

ROCHA, C. C. **A Fibra de Aramida.** Disponível em: <<http://www.casadagua.com/dicas/a-fibra-de-aramida/>>. Acesso em: 21 mai. 2018.

SANTOS, L. R. **Fibra de Carbono.** 2006. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/quimica/fibra-de-carbono/>>. Acesso em: 24 abr. 2018.

SANTOS, R. E. & OLIVEIRA, B. J. **A armação do concreto no brasil: história da difusão da tecnologia do concreto armado.** 2008. 15 v. Artigo - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Puc Minas, Belo Horizonte, 2008.

SERCEL. **Fibra de vidro: O que é e para que serve.** 2015. Disponível em: <<http://www.sercel.com.br/blog/fibra-de-vidro-blog/fibra-de-vidro-o-que-e-e-para-que-serve.html>>. Acesso em: 30 mai. 2018.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (SNIC). **Números: Resultados Preliminares.** Rio de Janeiro, 2018, 1p. Disponível em: <<http://snic.org.br/numeros-resultados-preliminares-ver.php?id=26¬icia=Resultados%20Preliminares%20de%20Junho%202018>>. Acesso em 06 agosto de 2018.

SOUZA, V. C. M., RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto.** 1.ed. São Paulo: Pini, 1998.

STIN ENGEENERING. **Utilização de polímeros reforçados com fibras na construção de estruturas.** 2014. Disponível em: <<https://www.engenhariacivil.com/polimeros-reforcados-fibras-construcao-estruturas>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

TANGO, C. E. S. **De que é feito o cimento? Porque é misturado com areia nas construções?** 2011. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/de-que-e-feito-o-cimento-por-que-e-misturado-com-areia-nas-construcoes/>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

THE IRISH TIMES. **Optical Refinements at the Parthenon**. 2018. Disponível em: <<https://www.irishtimes.com/news/science/optical-refinements-at-the-parthenon-1.3531800>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

TRG FIBER. **O que é PRFV / Fibra de Vidro**. TGR FIBER Tecnologia em Fibra de Vidro. 2018. Disponível em: <<http://www.trgfiber.com.br/produtos/o-que-e-prfv-fibra-de-vidro/>>. Acesso em: 31 maio. 2018.

TUTIKIAN, B. F.; DAL MOLIN, D. C. **Concreto autoadensável**. 2.ed. São Paulo: PINI, 2015.

ZUCCHI, F. L. **Técnicas Para O Reforço De Elementos Estruturais**. 2015. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Camobi, 2015.

APÊNDICE A – Cálculo do traço do concreto pelo método da ABCP

O primeiro passo é o cálculo da resistência média aos 28 dias – F_{cj} – a partir do desvio padrão.

$$F_{cj} = F_{ck} + 1,65 \cdot S_d \quad (1)$$

Em que:

F_{cj} = resistência média do concreto à compressão a j dias de idade, em MPa;

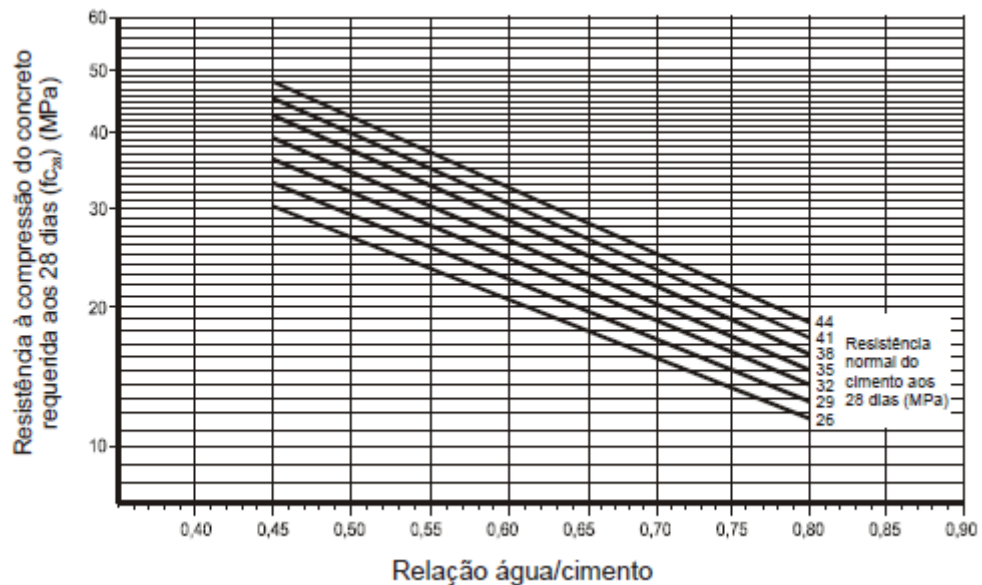
F_{ck} = resistência característica do concreto à compressão, em MPa;

S_d = desvio-padrão da dosagem em função do grau de controle na produção do concreto, em MPa;

- $S_d = 4,0$ MPa, controle rigoroso.
- $S_d = 5,5$ MPa, controle razoável.
- $S_d = 7,0$ MPa, controle regular.

No segundo passo fixa-se a relação água/cimento (a/c). O seu valor é estimado com base na curva de Abrams na qual, utiliza-se o tipo de cimento e a resistência do concreto aos 28 dias.

Figura 1 - Gráfico para determinação da relação água cimento (a/c) em função da resistência do concreto e do cimento aos 28 dias de idade.



Fonte: Assunção, 2002.

Considerando a dificuldade de expressar o consumo de água na mistura por meio de uma lei matemática, Rodrigues, 1990 apresenta como estimativa inicial do consumo de água por metro cúbico de concreto, os valores constantes na Tabela 1.

Tabela 1 - Estimativa do consumo de água por metro cúbico de concreto em função do diâmetro máximo característico do agregado e do abatimento da mistura.

Abatimento do tronco de cone	Dimensão máxima característica do agregado				
	9,5mm	19mm	25mm	32mm	38mm
40 a 60 mm	220 l/m ³	195 l/m ³	190 l/m ³	185 l/m ³	180 l/m ³
60 a 80 mm	225 l/m ³	200 l/m ³	195 l/m ³	190 l/m ³	185 l/m ³
80 a 100 mm	230 l/m ³	205 l/m ³	200 l/m ³	200 l/m ³	190 l/m ³

Fonte: Assunção, 2002.

O terceiro passo é a estimativa do consumo de cimento. O fator água/cimento nada mais é do que uma fração, que divide o peso da água pelo peso do cimento, conforme abaixo:

$$A/C = \frac{C_a}{C_c} \quad (2)$$

No quarto passo é feito a estimativa de consumo de agregados.

A Tabela 2, cujos valores foram determinados experimentalmente pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), apresenta os volumes compactados a seco de agregado graúdo, por metro cúbico de concreto, em função do diâmetro máximo característico do agregado graúdo ($\phi_{\text{máx.}}$) e do módulo de finura (MF) do agregado miúdo.

Tabela 2 - Volume compactado seco (V_{pc}) do agregado graúdo por metro cubico de concreto.

Módulo de finura da areia	Dimensão máxima característica do agregado graúdo ($\phi_{\text{máx.}}$)				
	9,5 mm	19 mm	25 mm	32 mm	38 mm
1,8	0,645	0,770	0,795	0,820	0,845
2,0	0,625	0,750	0,775	0,800	0,825
2,2	0,605	0,730	0,755	0,780	0,805
2,4	0,585	0,710	0,735	0,760	0,785
2,6	0,565	0,690	0,715	0,740	0,765
2,8	0,545	0,670	0,695	0,720	0,745
3,0	0,525	0,650	0,675	0,700	0,725
3,2	0,505	0,630	0,655	0,680	0,705

3,4	0,485	0,610	0,635	0,660	0,685
3,6	0,465	0,590	0,615	0,640	0,665

Fonte: Assunção, 2002.

Através da equação 3 obtém-se o consumo de agregado graúdo.

$$MU = \frac{P(kg)}{V(m^3)} \quad (3)$$

O quinto passo é a estimativa do consumo de agregado miúdo, para 1,0 metro cúbico de concreto. O volume do agregado é dado pela equação abaixo:

$$V_m = 1 - \left(\frac{P_c}{\gamma_c} + \frac{P_{ag}}{\gamma_{ag}} + \frac{P_a}{\gamma_a} \right) \quad (4)$$

$$\gamma = \frac{P(kg)}{V(m^3)} \quad (5)$$

A escrita do traço é feita na sequência:

Cimento:Areia:Brita:Água (Kg)

APÊNDICE B – Cálculo detalhado do traço do concreto de 25 MPa pelo método da ABCP

Para a resistência de 25 MPa o traço foi calculado da seguinte maneira:

Concreto:

- $F_{ck} = 25 \text{ MPa}$
- Abatimento = $100 \pm 10 \text{ mm}$

Cimento:

- CP II Z 32 (Ciplan)
- $\gamma = 3,10 \text{ g/cm}^3$ (NM 23:2001)

Agregado miúdo – Areia 0% umidade:

- Módulo de finura = 1,8
- $\gamma = 2,58 \text{ g/cm}^3$
- $MU = 1,51 \text{ g/cm}^3$

Agregado graúdo – Brita 0:

- Diâmetro máximo: 9,5mm
- $\gamma = 2,81 \text{ g/cm}^3$
- $MU = 1,53 \text{ g/cm}^3$

Água:

- $\gamma = 1,0 \text{ g/cm}^3$

- Primeiro passo:

Pela Equação 1 do Apêndice A, calcula-se o F_{cj} :

$$F_{cj} = 25 + 1,65 \cdot 5,5 = 34,075 \text{ MPa}$$

- Segundo passo:

Pela Figura 1 do Apêndice A obtém-se a relação água/cimento:

$$a/c = 0,59$$

O consumo de água é dado pelo Tabela 1, do Apêndice A:

$$\text{Consumo de água} = 230 \text{ l/m}^3$$

- Terceiro passo:

Através da Equação 2 do Apêndice A obtém-se o consumo de cimento:

$$C_c = \frac{230}{0,59}$$

$$C_c = 390 \text{ Kg}$$

- Quarto passo:

O volume do agregado (V_{pc}) é dado pela Tabela 2 e o seu consumo (P) é calculado pela Equação 3, ambos disponíveis no Apêndice A:

$$V_{pc} = 0,565 \text{ m}^3$$

$$MU = \frac{P(kg)}{V(m^3)}$$

$$1530 = \frac{P(kg)}{0,565}$$

$$P = 864,45 \text{ kg}$$

- Quinto passo:

O volume do agregado miúdo é dado pela Equação 4 e seu consumo pela Equação 5, ambas do Apêndice A.

$$V_m = 1 - \left(\frac{390}{3100} + \frac{864,45}{2810} + \frac{230}{1000} \right)$$

$$V_m = 0,336 \text{ m}^3$$

$$2580 = \frac{P(kg)}{0,336}$$

$$P = 868,33 \text{ kg}$$

A escrita do traço é feita na sequência:

Cimento:Areia:Brita:Água (Kg)

20 : 44,44 : 44,27 : 11,8 (Kg)

1 : 2,22 : 2,21 : 0,59(Kg)

ANEXO A - Ensaio de compressão axial nos corpos de prova cilíndricos



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos

Dados Cadastrais da Amostra

Amostra: cp Matheus
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente:
 Responsável:
 Data de Moldagem: 21/08/2018

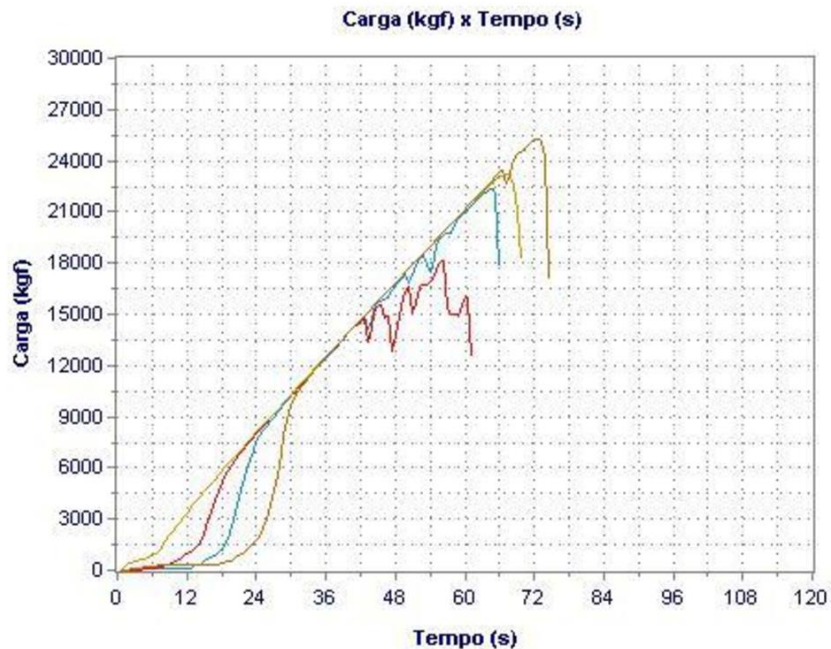
Dados Complementares

Tensão ruptura prevista:
 Distância fixação extensômetros:

Dados dos Corpos de Prova

Id. CP	Idade	Tensão Ruptura	Carga Ruptura	Tipo
cp 1	29	27,9 (MPa)	22.370 (kgf)	
cp 2	29	22,7 (MPa)	18.150 (kgf)	
cp manta de vidro	29	28,9 (MPa)	23.170 (kgf)	
cp manta de vidro	29	31,5 (MPa)	25.200 (kgf)	

Gráfico dos Ensaios



ANEXO B - Ensaio de tração na flexão em apenas um corpo de prova prismático com a manta de fibra de vidro



NBR 12142 - Determinação da resistência à tração na flexão em cp prismático

Dados Cadastrais da Amostra

Amostra: Cp prismático
 Tipo de ensaio: Tração na Flexão - Prismático
 Cliente:
 Responsável:
 Data de Moldagem: 21/08/2018

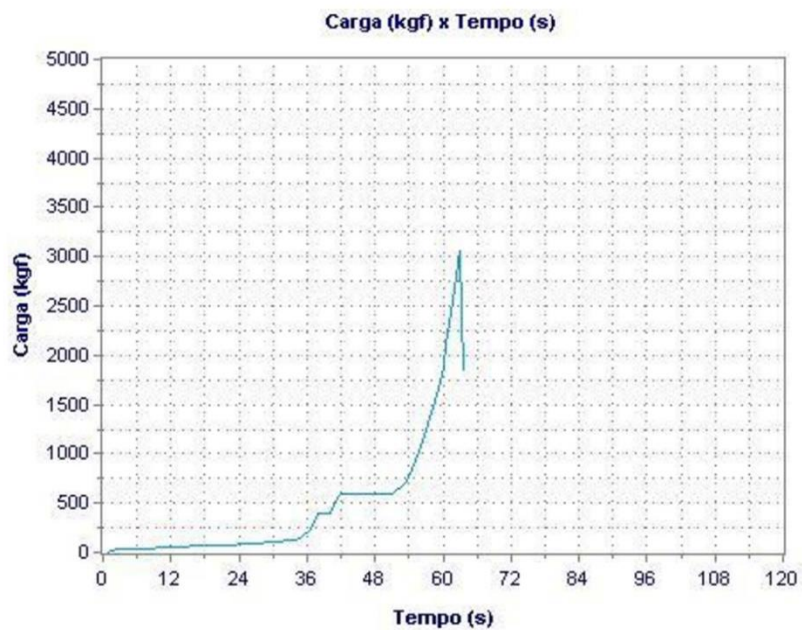
Dados Complementares

Tensão ruptura prevista:
 Distância fixação extensômetros:

Dados dos Corpos de Prova

Id. CP	Idade	Tensão Ruptura	Carga Ruptura	Tipo
cp prismático	29	0,5 (MPa)	3.160 (kgf)	

Gráfico dos Ensaíos



ANEXO C - Ensaio de tração na flexão em três corpos de prova prismáticos, sendo 2 com concreto simples e 1 reforçado com a manta de fibra de vidro



NBR 12142 - Determinação da resistência à tração na flexão em cp prismático

Dados Cadastrais da Amostra

Amostra: Prisma 2
 Tipo de ensaio: Tração na Flexão - Prismático
 Cliente:
 Responsável:
 Data de Moldagem: 23/08/2018

Dados Complementares

Tensão ruptura prevista:
 Distância fixação extensômetros:

Dados dos Corpos de Prova

Id. CP	Idade	Tensão Ruptura	Carga Ruptura	Tipo
Cp sem manta	28	1,1 (MPa)	2.550 (kgf)	
Cp com manta de	28	1,2 (MPa)	2.770 (kgf)	
Cp sem manta	28	1,3 (MPa)	2.920 (kgf)	

Gráfico dos Ensaiois

