

## ANÁLISE COMPARATIVA DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO ENTRE VERGALHÕES DE AÇO E DE FIBRA DE VIDRO APLICADOS NO CONCRETO

ALEX ZANDER DOS SANTOS SILVA<sup>1</sup>  
LETÍCIA REIS BATISTA ROSAS<sup>2</sup>

**RESUMO:** Tendo em vista que os materiais de construção estão em constante análise para adquirir propriedades melhores e apresentar melhor desempenho nas obras de engenharia civil, o presente estudo versa sobre um comparativo entre vergalhão CA – 50 e vergalhão de fibra de vidro a fim de comparar sua atuação sobre ensaio de tração na flexão, sendo o intuito do teste definir em condições de uso convencional qual dos protótipos tem melhor desempenho. Para tanto, foi escolhido moldar dois corpos de prova de cada material, sendo com vergalhão de fibra de vidro, vergalhão de aço CA-50 e por fim concreto sem adição de armaduras. Realizou-se, então, a definição dos materiais e cálculo do traço do concreto, diante do exposto através do ensaio de tração na flexão a quatro pontos, foi possível obter resultados satisfatórios em relação aos testes e pesquisas realizadas para área da construção civil. Os testes mostram que a fibra de vidro é mais resistente à tração na flexão que o aço, sugerindo seu uso viável em vigas de concreto. No entanto, desafios incluem o alto custo da fibra, falta de mão de obra qualificada e regulamentações. Resultados específicos requerem mais experimentos, incluindo protótipos e amostras adicionais. Portanto, esse estudo indica há viabilidade, mas enfatiza a necessidade de pesquisas complementares, sendo assim, a presente análise contribui para o avanço na construção civil, desde que obstáculos sejam superados e mais pesquisas sejam conduzidas.

**PALAVRAS-CHAVES:** Aço; Concreto; Ensaio de tração; Fibra de vidro.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF TENSILE STRENGTH IN FLEXURE BETWEEN STEEL AND FIBERGLASS REBAR APPLIED TO CONCRETE

**ABSTRACT:** Considering that construction materials are constantly being studied to acquire better properties and present better performance in civil engineering works, this study is about a comparison between CA – 50 rebar and fiberglass rebar in order to compare their performance. on flexural tensile testing, the purpose of the test being to define under conditions of conventional use which of the prototypes has better performance. To this end, it was chosen to mold two test bodies of each material, using fiberglass rebar, CA-50 steel rebar and finally concrete without adding reinforcement. The materials were then defined and the concrete mix was calculated. In view of what was exposed through the four-point bending tensile test, it was possible to obtain satisfactory results in relation to the tests and research carried out in the area of civil construction. Tests show that fiberglass is more resistant to flexural tension than steel, suggesting its viable use in concrete beams. However, challenges include the high cost of fiber, lack of skilled labor and regulations. Specific results require further experimentation, including

<sup>1</sup> Acadêmico de Graduação, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário - UNIFASIFE. Endereço eletrônico: alexzanderdossantos@gmail.com.

<sup>2</sup> Professora, Mestre em Engenharia Civil, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Fasipe – UNIFASIFE. Endereço Eletrônico: eng.leticiarosas@gmail.com.

additional prototypes and samples. Therefore, this study indicates feasibility, but emphasizes the need for additional research, therefore, the present analysis contributes to advancement in civil construction, as long as obstacles are overcome and more research is conducted.

**KEYWORDS:** Steel; Concrete; Fiberglass; Tensile test.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor de engenharia civil no Brasil experimentou um aumento na prestação de serviços, resultando em uma redução no desemprego. No entanto, a recessão da indústria afetou o PIB, incentivando esforços públicos e privados para inovar o mercado (TOLEDO, 2000).

A concorrência intensa no setor levou as empresas a buscar destaque, mas, às vezes, isso resulta em deficiências no sistema produtivo, como falta de qualificação e planejamento, causando problemas na vida útil das construções (CASSAR, 2018). Essa competição também impulsionou a busca por inovações, estimulando o desenvolvimento de técnicas construtivas mais eficientes e racionais (FERNANDES, 2019). É notável que, em meio a esse ambiente altamente competitivo, a adoção de materiais como o Polímero Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV) pode desempenhar um papel crucial na otimização das construções, oferecendo durabilidade e resistência à corrosão, fatores essenciais para a longevidade das estruturas (GENTIL, 2017). Portanto, a interseção entre competição, inovação e a escolha adequada de materiais é fundamental para a evolução da indústria da construção civil.

Para Barreto (2009), a armadura é essencial na construção de concreto armado, principalmente o aço, que oferece resistência à tração em estruturas. No entanto, materiais alternativos, como o PRFV, estão ganhando espaço devido a vantagens como resistência à corrosão (CARVALHO, 2012). Essa mudança na preferência por materiais como o PRFV reflete a busca por soluções sustentáveis na construção civil, uma vez que esses materiais também são mais leves, o que pode reduzir o peso das estruturas e o consumo de recursos. Além disso, a aplicação do PRFV pode contribuir para a diminuição dos custos de manutenção ao longo da vida útil das construções, tornando-se uma alternativa cada vez mais viável e econômica (SANTOS, 2020).

Embora o PRFV ofereça inúmeras vantagens, como alta resistência à corrosão e leveza, sua adoção ainda não é generalizada. O constante desafio da corrosão em estruturas de aço resulta na perda de peças e falhas estruturais (BROWN et al., 2016). Portanto, a pesquisa contínua sobre o PRFV é crucial, especialmente no contexto brasileiro, onde a falta de normas específicas para esse material persiste. Ao promover a utilização do PRFV, é possível não apenas reduzir os custos associados à corrosão, mas também aprimorar a durabilidade e a eficiência das estruturas (GENTIL, 2017).

A pesquisa buscou avaliar, portanto, o desempenho de vigas de concreto com vergalhão de fibra de vidro em comparação com o aço, com foco na resistência à tração na flexão e propriedades mecânicas. O objetivo geral foi realizar uma comparação entre os dois materiais, enquanto os objetivos específicos incluem moldar corpos de prova, realizar ensaios de compressão e apontar os pontos positivos e negativos de cada material.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Concreto

Segundo Bastos (2006), concreto é um material complexo composto por cimento, água, agregados finos e graúdos, ar, adições minerais e aditivos químicos para aprimorar suas propriedades. É amplamente utilizado na construção devido à sua capacidade de resistir à água, tornando-o ideal para estruturas que lidam com água, como controle, armazenamento e transporte (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

A versatilidade na construção de membros estruturais em vários métodos e tamanhos a preços acessíveis também justifica a popularidade do concreto (MEHTA; MONTEIRO, 1994). Para obter concreto resistente, durável, econômico e esteticamente agradável, é necessário avaliar as propriedades dos materiais que o compõem, bem como os fatores que podem modificá-los. O processo de preparação e a mistura cuidadosa são cruciais. Além disso, o concreto deve ser adequadamente consolidado e curado para garantir que a reação química do cimento ocorra de maneira adequada. Evitar a evaporação prematura é fundamental para prevenir a retração do concreto. O controle do material durante a construção e após a cura é fundamental (ALMEIDA, 2002).

### 2.2 Estruturas de concreto armado

O concreto armado teve origem na Europa no século XIX como uma solução para os problemas enfrentados na época, como a baixa resistência à tração do concreto comum. Atualmente, é o material mais amplamente utilizado em estruturas de construção e em grandes projetos rodoviários, como pontes, viadutos e pavimentos. Sua aplicação é reconhecida globalmente, e uma estrutura de concreto armado pode durar até um século em ambientes não agressivos, com manutenção preventiva adequada (BOTELHO, 2006).

O concreto armado possui diversas vantagens como material de construção, incluindo disponibilidade de materiais baratos, facilidade de moldagem para diversas formas, uso de mão de obra não especializada, equipamentos simples, resistência a ações climáticas, durabilidade ao longo do tempo e eficiência econômica na construção de estruturas (ANDOLFATO, 2002).

No entanto, Andolfato (2002) também apresenta desvantagens, como seu peso elevado, menor resistência a altas temperaturas, dificuldade de reforma e demolição, necessidade de precisão na colocação de reforços, rachaduras inevitáveis e construção definitiva.

O concreto armado é um material estrutural que combina concreto simples com barras de aço, unindo-os de forma que juntos resistam às cargas a que são submetidos, com aderência perfeita entre os dois materiais (BASTOS, 2006). A utilização de barras de aço em conjunto com concreto é viável devido à adesão entre esses materiais, ao coeficiente de dilatação térmica semelhante e à capacidade do concreto de proteger o aço da oxidação, garantindo a durabilidade da estrutura (SOUZA; JÚNIOR, 2003).

### 2.3 Vergalhões de aço

Na produção em escala industrial de vergalhões de aço, o processo começa com a laminação a quente (DAROIT, 2012). Os tarugos são aquecidos em um forno a 1200°C, seguido de laminação em três etapas: desbaste, intermediária e acabamento, com cerca de 22 passos, na descrição de Daroit (2012). O vergalhão pode ser feito como hastes retas ou bobinas, cortadas a frio para o comprimento desejado. Há também a opção de enrolar o vergalhão em bobinas usando equipamentos automatizados após a laminação (ARCELOR; MITTAL, 2016).

Nicolaou e Papadimitriou (2004) descrevem três métodos de produção de vergalhões. O primeiro envolve barras de aço resfriadas a ar com elementos de liga, comprometendo a soldabilidade. O segundo método aumenta a resistência por meio do encruamento, reduzindo a maleabilidade. O terceiro método é o endurecimento por tratamento térmico, utilizando processos como o Thermex ou Tempcore, com jatos de água para endurecer a superfície e manter um núcleo de perlita e ferrita, garantindo tenacidade.

#### 2.4 Classificação dos vergalhões e histórico dos polímeros

As normas brasileiras, como a ABNT NBR 7480 (2007), estabelecem requisitos para todos os reforços usados na construção civil no Brasil. Barras de aço com diâmetro igual ou superior a 6 mm são produzidas por laminação a quente. Já os fios de aço com até 10 mm de diâmetro são produzidos por conformação mecânica a frio (DAROIT, 2012). A norma também classifica as barras de reforço em três categorias com base na resistência ao escoamento: CA-25 (250 MPa), CA-50 (500 MPa) e CA-60 (600 MPa) (ABNT NBR 7480, 2007).

O uso de materiais compósitos de Fibra de Vidro Reforçada (FRP) na construção civil começou a se expandir após a Segunda Guerra Mundial, com destaque para a indústria aeroespacial. Sua aplicação se deve às vantagens, como alta resistência à tração, menor peso e resistência à corrosão. Na década de 50, nos EUA, a necessidade de manutenção de estradas e a corrosão de armaduras de aço em pontes levaram a estudos sobre soluções, incluindo barras de FRP.

Embora a cobertura com epóxi tenha sido inicialmente preferida, as barras de FRP começaram a ser consideradas como uma alternativa viável a partir da década de 70. Na década de 80, as barras não metálicas começaram a ser amplamente usadas, incluindo em ambientes de ressonância magnética. Na década de 90, o Japão liderou em aplicações de FRP. Nos EUA, o comitê ACI 440 iniciou trabalhos na década de 90, resultando em normas para dimensionamento e ensaios de estruturas de concreto armado com FRP (ABEDINI et al., 2017).

Na China, o uso de barras de FRP cresceu nos anos 2000, abrangendo pontes e obras subterrâneas. Na Europa, as barras de FRP foram utilizadas desde 1986, com a Alemanha construindo uma ponte rodoviária. A FIB (Fédération Internationale du béton) publicou uma norma técnica para estruturas de concreto armado com barras de FRP em 2007. No Brasil, estudos sobre barras de FRP datam da década de 90 em Fortaleza. Artigos sobre o assunto foram apresentados em 1998 durante um congresso de engenharia civil em Juiz de Fora (ALVES; CASTRO; RAYOL; MELO, 1998).

#### 2.6 Fibra de vidro

As fibras de vidro são obtidas por meio da mistura de óxidos de silício, alumínio, boro, cálcio e magnésio. Elas são frequentemente usadas como reforços em termoplásticos devido ao baixo custo (OTA, 2004).

Essas fibras apresentam diversas vantagens, como alta resistência mecânica, resistência à tração superior à maioria dos metais, resistência significativa ao impacto, baixa absorção de água, resistência química à maioria dos microrganismos, baixo coeficiente de expansão térmica, excelentes propriedades elétricas, não combustibilidade e a capacidade de criar materiais translúcidos. Elas consistem em finos fios de vidro agregados por meio de resinas, silicones, fenóis e outros compostos solúveis em solventes orgânicos (SOARES, 2007).

A sílica é o material-chave na produção dessas fibras, e elas são criadas aquecendo o vidro e girando-o a partir de um mandril de platina. Em geral, as fibras de vidro têm diâmetros entre 5 e 20 microns e possuem superfícies que podem irritar a pele humana (MATTHEWS; RAWLINGS, 1994).

Recentemente, foram desenvolvidos vergalhões de fibra de vidro com excelentes propriedades mecânicas, adequados para várias aplicações na construção civil. O manuseio desses materiais requer cuidado, e eles devem ser armazenados longe do solo para evitar contaminação por resíduos. Além disso, o manejo deve ser realizado por profissionais especializados com o uso de equipamentos de proteção individual, como luvas, para evitar lesões na pele das mãos (WAMBUA et al., 2003).

A fibra de vidro é especialmente útil em locais altamente corrosivos, como por exemplo, a Praia do Futuro em Baluarte, Ceará, que é uma das áreas mais afetadas pela poluição do ar salgado e sal no mundo. Devido à sua excelente resistência química, a fibra de vidro é uma opção viável para enfrentar essas adversidades, evitando danos causados pela corrosão em estruturas de construção civil (MUNIZ, 2020).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A investigação no empenho de avaliar e comparar a resistência à tração na flexão e propriedades mecânicas de vigas de concreto com vergalhão e fibra de vidro, utilizou-se da pesquisa de campo de caráter quantitativo.

Para buscar fontes de pesquisa para fundamentação teórica do estudo, foram usados os descritores "vergalhões de fibra de vidro", "polímeros", "concreto" e "aço" no Google Acadêmico, bem como normas brasileiras e americanas. Além disso, o método quantitativo foi empregado para realizar ensaios de flexão, comparando vergalhões de aço e vergalhões de fibra de vidro para avaliar qual material tem melhor desempenho estrutural no concreto armado.

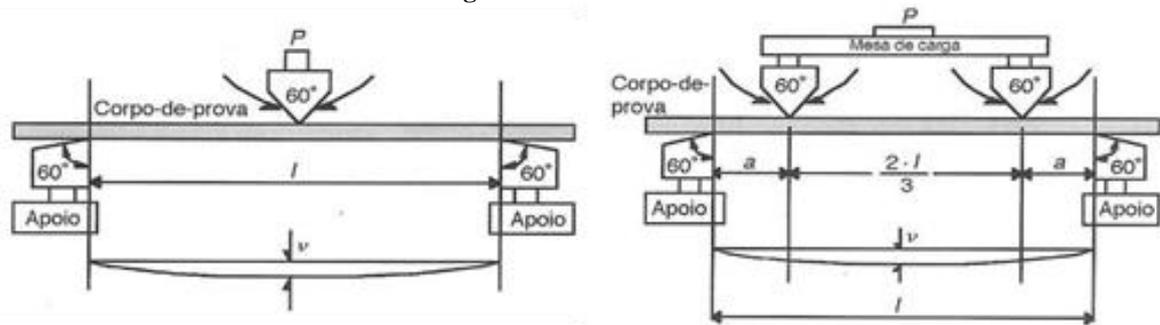
As atividades práticas da pesquisa ocorreram no laboratório de Materiais de Construção da instituição de ensino, Centro Educacional Fasipe – UNIFASIFE, onde os protótipos foram confeccionados. Ensaios mecânicos, incluindo ensaios de flexão, também foram realizados no laboratório.

A pesquisa foi dividida em várias etapas, incluindo a definição dos materiais a serem usados, a seleção da armadura, a concretagem e a realização dos ensaios de flexão. Foram produzidas amostras de concreto com vergalhões de 6 mm e 8 mm de fibra de vidro, bem como de aço CA-50. Além disso, uma amostra de concreto sem vergalhões foi preparada. Dois corpos de prova (CP) foram moldados para cada tipo de vergalhão, com dimensões de 400 mm de comprimento, 100 mm de largura e 100 mm de espessura. Posteriormente a moldagem, os CPs foram avaliados após 28 dias, seguindo a ABNT NBR 12142:2015, para determinar a resistência à tração na flexão.

A pesquisa seguiu as normas brasileiras para concreto armado, especificamente a ABNT NBR 6118:2014. Como não existe uma norma brasileira vigente para estruturas de concreto armado com polímeros reforçados com fibra de vidro, as recomendações da *American Concrete Institute* (ACI 440:2015) foram levadas em consideração, com ajustes para as propriedades do material.

O ensaio de flexão das vigas foi realizado, permitindo a observação do comportamento das vigas sob flexão pura. O ensaio empregou a aplicação de carga em quatro pontos. A Figura 1 ilustra o ensaio de flexão.

**Figura 1:** Ensaio de flexão



**Fonte:** Universidade Estadual Paulista aula 03 modulo 4 professor Claudio Tavares damasceno (2010)

O controle dos materiais utilizados na pesquisa é fundamental para garantir a legitimidade dos ensaios. Os materiais empregados na pesquisa incluíram agregado graúdo (brita 1), agregado miúdo, aglomerante (CP-II F 32), água, aço de 6,3 mm e 8 mm e fibra de vidro de 6 mm e 8 mm.

Para preparar o concreto, foram lubrificadas as fôrmas com óleo vegetal. A mistura dos materiais envolveu a lavagem da betoneira, seguida pela adição de brita, metade do volume total de água, cimento, areia e a adição final de água. O concreto foi então colocado nas fôrmas, seguido pela inserção dos vergalhões, deixando uma cobertura de 3 cm nas laterais e no fundo. Finalmente, moldando os corpos de prova como demonstrado na Figura 2.

**Figura 2:** Corpos de prova



**Fonte:** Própria (2023)

Os corpos de prova foram desmoldados após 2 dias e submersos em água por 28 dias para ganhar resistência. Em seguida, foram submetidos a uma prensa hidráulica, como mostrado na Figura 3.



**Figura 3:** Mesa de carga e prensa hidráulica



Fonte: Própria (2023)

A Figura 4 demonstra o formato da ruptura pelo ensaio de tração na flexão do corpo de prova, sendo esse CP da fibra de vidro. Onde foi demonstrado pelo corpo de prova o rompimento desse material.

**Figura 4:** Ruptura por flexão



Fonte: Própria (2023)

Os resultados foram registrados em uma tabela para análise comparativa, permitindo determinar qual dos materiais apresentou melhor desempenho mecânico nas condições normais de uso na construção civil.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como demonstrado no Tabela 1, segue a organização dos resultados obtidos do ensaio de resistência a tração na flexão dos corpos de prova 1 e 2, contendo também a média dos resultados em Mpa separando os materiais em ordem de bitola dos vergalhões.

**Tabela 1:** Resultados dos corpos de prova por material

Corpos de prova	8 mm	8 mm	6 mm	6 mm	Concreto sem uso de vergalhões
Materiais	Vergalhão de fibra de vidro	Vergalhão de aço CA - 50	Vergalhão de fibra de vidro	Vergalhão de aço CA - 50	
CP - 01	18,24 MPa	13,89 MPa	13,90 MPa	8,06 MPa	3,90 MPa
CP - 02	17,65 MPa	11,95 MPa	14,71 MPa	9,71 MPa	3,20 MPa
Média	17,95 MPa	12,92 MPa	14,31 MPa	8,89 MPa	3,55 MPa

Fonte: Própria (2023)

Os resultados obtidos na pesquisa indicam que a fibra de vidro apresentou um desempenho favorável em relação ao aço CA-50 no ensaio de tração na flexão. Esse desempenho positivo não se limita à resistência à flexão, mas também está relacionado à leveza do material, sendo três vezes mais leve que o aço, de acordo com Vergasul (2023).

Ao analisar as médias dos corpos de prova, observa-se que a fibra de vidro obteve uma diferença média de 5 MPa em relação ao aço. Especificamente, para materiais com bitolas de 6 mm, a fibra de vidro demonstrou uma resistência mecânica à compressão 90% maior do que o aço convencional. Ao comparar a fibra de vidro de 6 mm com o aço convencional de 8 mm, os resultados são semelhantes, e com bitolas de 8 mm, a diferença ainda é significativa, atingindo 49% com uma diferença de 5 MPa. Em relação ao concreto simples, a diferença pode chegar a 80%, com uma diferença de 14,40 MPa.

Além da vantagem de maior resistência, a fibra de vidro também permite a redução da seção transversal da estrutura devido à sua maior eficiência, além de ser mais leve. Isso resulta em construções mais leves e resistentes.

No que diz respeito à corrosão, o aço convencional exige maiores espessuras de revestimento em ambientes corrosivos. Em contrapartida, a fibra de vidro poderia reduzir essa necessidade, potencialmente aumentando a vida útil das estruturas e diminuindo os custos com reparos e manutenção. Devido à resistência à corrosão, a fibra de vidro pode ser aplicada com sucesso em ambientes extremamente agressivos, como áreas costeiras. Além disso, a possibilidade de utilização da fibra de vidro em sistemas de pretensão pode ser considerada no futuro.

#### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os testes realizados indicam que o material de fibra de vidro, além de ser mais leve, apresenta uma resistência à tração na flexão superior à do aço, como demonstrado nos ensaios de flexão. Isso sugere que o uso da fibra de vidro em vigas de concreto pode ser viável e resultar em um desempenho estrutural favorável. No entanto, há considerações importantes a serem feitas.

Primeiramente, o preço da fibra de vidro é um fator relevante a ser considerado, pois pode ser mais alto em comparação com o aço. Além disso, a falta de mão de obra especializada e as limitações de normativas brasileiras são desafios que precisam ser superados para a adoção

em larga escala desse material em obras convencionais.

É fundamental destacar que os resultados desta pesquisa devem ser considerados sob as condições específicas analisadas. Para uma comprovação mais sólida e um potencial uso generalizado, seria necessário realizar experimentos e ensaios mais elaborados, incluindo o dimensionamento de protótipos, bem como aumentar o número de amostras para os ensaios. Este estudo aponta para a viabilidade do uso de vergalhões de fibra de vidro em vigas de concreto, mas ressalta a necessidade de pesquisas complementares para uma avaliação abrangente.

Em última análise, o comparativo realizado nos testes contribui para o aprimoramento e a consolidação do estudo sobre como esse material inovador pode impulsionar avanços na área da construção civil, desde que os obstáculos mencionados sejam superados e mais pesquisas sejam conduzidas.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação**. São Paulo, SP: Atlas, 2010.

ARCELOR MITTAL. **Manual do Processo de Fabricação de CA50S, CA25 e CA60 Nervurado**. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480**: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação. Rio de Janeiro, 2007.

ARAÚJO, Igor Saraiva DE. **PRODUÇÃO BRASILEIRA DE AÇO E A COMPETITIVIDADE DO BRASIL NO PERÍODO DE 2016 A 2018**. 2021. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Relações Internacionais, Escola de Direito e Relações Internacionais da Pontifícia, Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2021.

ARAÚJO, Marcos León. **Estudo Experimental da Aderência entre o Concreto e Barras de Aço, de Compósito de Fibras de Vidro e de Compósito de Fibras de Carbono**. 2017. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.

ANDOLFATO, RES P. **Controle Tecnológico Básico do Concreto**. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista, 2002, p. 02-0.

ALMEIDA, L. C. **Concreto**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2002, p. 03.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 440.1R-15**: Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars. Farmington Hills, 2015.

ASTM D790 **standard test methods for flexural Properties of unreinforced and reinforced**, 2017.

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

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994, p. 01-02.

BROWN, T. L. et al. **Química: a ciência central**. 13. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

BENMOKRANE, Brahim et al. **Durability Gap Analysis for Fiber-Reinforced Polymer Composites in Civil Infrastructure**. *Jornal Of Composites For Construction*. Gaithersburg, p. 237-247. ago. 2003.

BASTOS, P.S. **Fundamentos do concreto armado**. Bauru: UNESP, 2006.

BARRETO, Matheus de Faria e Oliveira. **Características Mecânicas de Vergalhões de Aço Auto-Revenido**. 2009. 129 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Construção Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

BOTELHO, M. H. C. **Concreto armado, eu te amo, para arquitetos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006, p. 34.

CASSAR, B. C. **Análise comparativa de sistemas construtivos para empreendimentos habitacionais: alvenaria convencional x Light Steel Frame**. 2018. 108f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

CANEVAROLO JUNIOR, S. V. **Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. 2. ed. São Paulo: Artliber Editora, 2002.

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CARVALHO, A. **Compósitos para uso industrial**. Passos: 2012.

CÉSAR JÚNIOR, K. M. L.; VERÍSSIMO, G. S. **Concreto Protendido: Fundamentos Básicos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1. ed, 1998, não paginado.

DAROIT, M. **Estudo de aço microligado ao vanádio para a produção de barra nervurada para concreto armado com característica de soldabilidade segundo a norma ABNT NBR 8695:1985**. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FERNANDES, P. H. T.; RAMOS, D. V.; ALVES, G. M. O aspecto econômico nos sistemas construtivos convencionais e em Wood Frame. In: GONZALEZ, E. F. (Org.). **Engenharia Civil: a teoria e a prática**. Maringá: Uniedusul, 2019. p. 387-405.

GENTIL, V. **Corrosão e compósitos**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. Formato PDF.

MATTHEWS, F.L, Rawlings, R.D (1994). **Composite Materials: Engineering And Science**. Chapman and Hall, UK.

MUNIZ, Carlos Magno Rosa. **Análise das manifestações patológicas e valorização imobiliária em edifícios da Praia do Futuro em Fortaleza**. 2020. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Unichristus. Fortaleza, 2020.

NIKOLAOU, J.; PAPADIMITRIOU, G. D. Microstructures and mechanical properties after heating of reinforcing 500MPa class weldable steels produced by various processes (Tempcore, microalloyed with vanadium and work-hardened). **Construction and Building Materials**, v. 18, p. 243-254, 2004.

NUNES, L.P. e LOBO, A.C.O. **Pintura industrial na proteção anticorrosiva**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1990.

OTA, W.N. (2004). **Análise de compósitos de polipropileno e fibras de vidro utilizados pela indústria automotiva nacional**. Dissertação (Pós graduação em Engenharia), Universidade Federal do Paraná, PR.

PACHECO, Jéssika et al. **Considerações Sobre o Módulo de Elasticidade do Concreto**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 56., 2014, Natal. Congresso Brasileiro do Concreto. 2014: Ibracon, 2014. p. 1-14.

PERUZZI, Antônio de Paulo. **Estudo das Alternativas de Uso da Fibra de Vidra Sem Características Álcali Resistente em Elementos Construtivos de Cimento Portland**. 2007. 182 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e 16 Urbanismo, Escola de Engenharia de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de aço: dimensionamento prático**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

SCHEFFER, Daniel kashiwamura et al. **Avaliação de Resultados de Ensaios à Tração de Vergalhões de Fibra de Vidro e de Aço para o Uso no Grampeamento da Frente de Escavação de Túneis em Maciços Terrosos**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MECÂNICA DAS ROCHAS, 07., 2016, Belo Horizonte. Conferência. São Caetano do Sul: [S.N.], 2016.

SOUZA JÚNIOR, T. F. **Estruturas de Concreto Armado**. Universidade Federal de Lavras. s.n.t.

SOARES, R.R. et al (2007). **Influência do Tipo de Fibra nas Propriedades de Compósitos Processados por Moldagem por Transferência de Resina**. Departamento de Engenharia Química da Universidade de Caxias do Sul, RS, Anais do 9º Congresso Brasileiro de Polímeros.

SWAPAN, M. A. **Shear properties and durability of GFRP reinforcement bar aged in seawater**. Polymer Testing, 2019.

TOLEDO, R.; Abreu, A.F.; jungles, A.E. **Adifusão de inovações tecnológicas na indústria da construção civil**. In: encontro nacional de tecnologia do ambiente construído ,8., 2000, Bahia. Anais... Bahia: ANTAC, 2000.