



UTILIZAÇÃO DE VERGALHÕES DE PRFV NA CONSTRUÇÃO CIVIL

USE OF GFRP REBARS IN CIVIL CONSTRUCTION

Arthur Ferreira de ALMEIDA

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

Email: Arthur.dalmeida@hotmail.com

ORCID <https://orcid.org/0009-0001-8716-482X>

Luis Pereira Araujo JUNIOR

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

Email: luisjunior1002014@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8716-482X>

Indira Queiroz Macambira BEZERRA

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

Email: indiraqmb@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8716-482X>

RESUMO

A construção civil é uma indústria que continua a evoluir e a buscar alternativas mais eficientes e sustentáveis para atender às crescentes demandas por infraestrutura. Nesse contexto, a utilização de vergalhões de Polímero Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV) surge como uma inovação promissora. Este artigo destaca a relevância do uso de PRFV na construção civil. Os vergalhões de PRFV são materiais compostos por resina de polímero reforçada com fibras de vidro, caracterizando-se por sua leveza, alta resistência mecânica, durabilidade e resistência à corrosão. Essas propriedades tornam os vergalhões de PRFV uma opção atraente para substituir os vergalhões de aço tradicionais em diversas aplicações na construção civil. Em suma, o estudo sobre a utilização de vergalhões de PRFV na construção civil representa uma contribuição significativa para o setor, promovendo a adoção de soluções mais sustentáveis e eficazes. A pesquisa evidencia a importância de considerar esses materiais como uma alternativa viável e atraente, capaz de melhorar a qualidade e a durabilidade das construções, ao mesmo tempo em que reduz os impactos ambientais e os custos de manutenção.

Palavras-Chave: Construção. Vidro. Vergalhões.

ABSTRACT

Civil construction is an industry that continues to evolve and seek more efficient and sustainable alternatives to meet the growing demands for infrastructure. In this context, the use of Glass Fiber Reinforced Polymer (GRP) rebar appears as a promising innovation. This article highlights the relevance of using PRFV in civil construction. GRP rebars are materials composed of polymer resin reinforced with glass fibers, characterized by their lightness, high mechanical strength, durability and resistance to corrosion. These properties make FRP rebars an attractive option to replace traditional steel rebars in various construction applications. In short, the study on the use of FRP rebar in civil construction represents a significant contribution to the sector, promoting the adoption of more sustainable and effective solutions. The research highlights the importance of considering these materials as a viable and attractive alternative, capable of improving the quality and durability of buildings, while reducing environmental impacts and maintenance costs.

Keywords: Construction. Glass. Rebar.

INTRODUÇÃO

A construção civil está em constante desenvolvimento, as suas fases de composição implicam em diversos materiais dentre eles o concreto que é o segundo produto mais consumido no mundo, atrás somente da água, pois, em sua estruturação contem água.

A junção do concreto com armaduras feitas de aço trouxe grande ganho as estruturas sendo um complemento do outro, segundo BARRETO (2009) um material indispensável em obras é o vergalhão, que é utilizado na construção de armadura de concreto, tendo como principal função a resistência a tração em estruturas de concreto armado, tais como vigas, pilares e lajes, conferindo ainda a estes resistência à compressão, flexão, fissuração, dentre outros, porém seus altos valores de mercado e limitador do tempo útil das construções, tendo em vista que sofre muito com a corrosão, especialmente advinda da mudança de pH que ocorre devido a carbonatação

do componente principal do concreto a água, fez com que sua substituição por outro material seja avaliada.

Concreto armado é o nome do conjunto estrutural feito por massa de concreto onde se mistura com cimento, água e agregados miúdos e graúdos com vergalhos normalmente feitos de aço que trazem uma potência estrutural tendo o concreto uma boa resistência a compressão e o aço resistir bem a tração.

O aço vem sendo mais aplicado na fabricação de vergalhos para a construção civil, porem o polímero reforçado com fibra de vidro (PRFV) vem surgindo como grande potencial substituto do aço pois segundo Peruzi (2007), se tem uma boa resistência à corrosão mesmo em ambientes de extrema agressividade. Na Europa o uso de polímero de fibra de vidro vem sendo testado já na construção civil chegando a ter 3 vezes mais resistência que o aço comum.

O uso de materiais feitos com fibra vem se destacando em todo o mundo por se tratar de uma alternativa sustentável e inovadora e na construção civil os polímeros reforçados com fibras de vidro (PRFV) vem tendo uma relevante utilização por conta que é um material com uma boa resistência e durabilidade, tendo em vista que sua fabricação e vista com bons olhos em relação a preservação do meio ambiente pois a o alto consumo de recursos naturais e impacto ambiental causados nos últimos tempo pela construção civil e algo preocupante tendo em consideração que esse e um ramo crucial para desenvolvimento e progresso de todos países.

A fabricação dos PRFV é feita a partir de resinas poliméricas reforçadas com fibras de vidro que se trata de um material com alta resistência a corrosão e diferentemente das barras de aço que é a tradicionalmente mais usada nos vergalhões, as fibras de vidro se resulta em um material mais leve bem mais fácil de ser manuseado e transportado em diversos ambientes podendo até ser dobrado sem que perca ou cause grandes prejuízos as suas propriedades mecânicas e gerais.

O grande empecilho no momento para utilização desse material seria a regulamentação em órgãos de fiscalização e mais estudos para entender em quais ambientes seria o correto a ser utilizado e quais não seria apropriado, porem com as atuais pesquisas que servem como base para utilização desse material mostra que não a limitação e ele pode ser utilização substituindo as barras de aço sem grandes problemas. Ao longo deste trabalho será apresentado os benefícios e desvantagens

deste material e possíveis oportunidades e desafios que essa nova realidade na construção civil pode trazer.

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar as características dos vergalhões poliméricos reforçados com fibra de vidro e suas vantagens e desvantagens perante os vergalhões de aço.

Objetivos Específicos.

- Demonstrar a funcionalidade e aplicações dos vergalhões poliméricos reforçados com fibra de vidro;
- Analisar a durabilidade e resistência dos vergalhões poliméricos;
- Comparar com vergalhões de aço tradicional.

REFERENCIAL TEÓRICO

Concreto Armado

O Concreto armado se tornou o principal produto no dimensionamento de estruturas compostas com vigas, pilares, blocos e sapatas pois seu conjunto estrutural feito de barras de aço e concreto garantem uma boa resistência a esforços de tração por conta da ferragem e uma boa resistência a compressão por conta do concreto e esse sistema pode ser aplicado em diversas obras na construção civil como por exemplo em edificações, obras de saneamento, barragens, viadutos, pontes dentre outros.

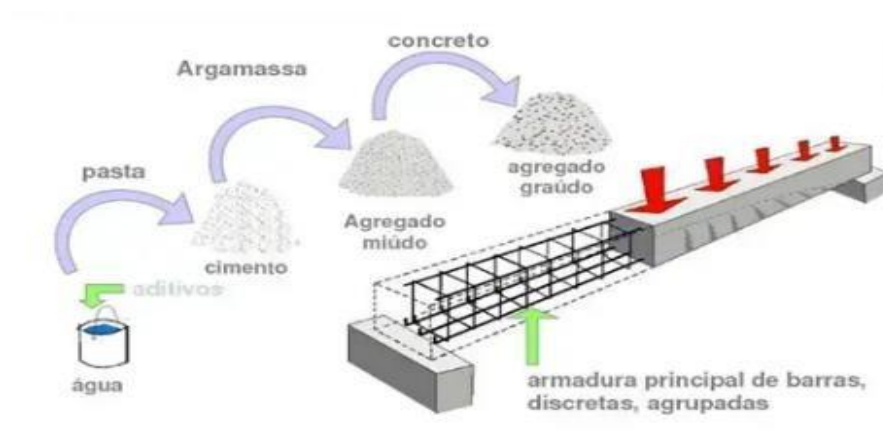
Fabricação do Concreto Armado

O concreto trata-se basicamente de uma mistura de cimento, água, agregado graúdo (brita) e agregado miúdo (areia). Para o concreto armado, adiciona-se armaduras longitudinais e transversais (estribos). A NBR 6118 de 2014 estabelece as normativas para os requisitos básicos exigíveis para projetos de estruturas de concreto, tanto o simples quanto o armado e o protendido. Seu principal objetivo é garantir a qualidade, a eficiência e a durabilidade das estruturas de acordo com os projetos. O processo de fabricação do concreto armado começa com a dosagem dos

materiais, popularmente chamada de “traço” que deve ser feita de forma precisa para garantir a qualidade e resistência do concreto.

Em seguida, o cimento, a areia e a pedra britada são misturadas com água em uma betoneira ou misturador de concreto até formar uma mistura homogênea. Antes da concretagem, é necessário posicionar as armaduras nos locais previstos do projeto estrutural, de acordo com as especificações do projeto. Após o posicionamento das armaduras, o concreto é lançado sobre elas e espalhado até preencher completamente a forma. Em seguida, é feito o adensamento da mistura para remover possíveis espaços vazios e garantir a aderência das armaduras ao concreto como mostra na figura 1.

Figura 1: Processo de fabricação concreto armado.



Fonte: vivadecora.com.br 2021.

Vergalhão de Aço

Os vergalhões de aço também conhecido como ferragem na construção civil têm seção circular com superfície lisa ou nervurada, são vendidas retas ou dobradas em barras de 12 metros também são fornecidas nas categorias CA-50, CA-25 E GG-50 como consta respectivamente nas figuras 2, 3 e 4

Figura 2: Vergalhão de aço CA-50



Fonte: fa-aco.com.br 2017.

Figura 3: Vergalhão de aço CA-25.



Fonte: varejodoferro.com.br 2019

Figura 4: Vergalhão de aço GG-50



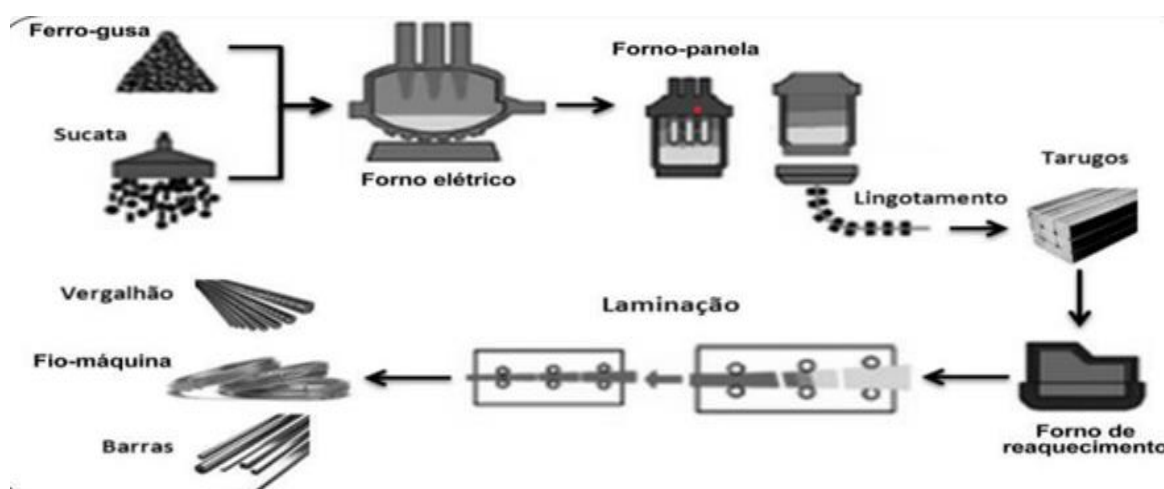
Fonte: casadoserralheiro.com.br 2018.

A principal diferença entre os três tipos é a sua aplicação no qual o de superfície nervurada é utilizado em obras da construção civil por conta da sua aderência enquanto o de superfície lisa e para indústria de pré-moldados e o GG 50 se diferencia dos outros dois por conta dos benefícios como capacidade de solda a topo e são fornecidos em barras de comprimentos definidos com um rigoroso controle dos diâmetros.

Fabricação dos Vergalhões de Aço

A NBR 7480 de 2007 estabelece as normativas para fabricação de barras de aço no Brasil, mostra que pode ocorrer de 2 formas essa produção sendo elas de forma integrada com três fases básicas que são; redução, refino e laminação e através do modo semi-integrada onde ocorre o refino e laminação sendo os dois modos utilizando como matéria prima a sucata metálica, ferro-gusa ou ferro esponja tendo as usinas siderúrgicas como local de produção, na figura 5 ira mostrar processo de fabricação do vergalhão.

Figura 5: Processo de produção do vergalhão.



Fonte: Carvalho, Mesquita e Araújo, 2015.

Segundo Peruzzi (2007) o aço tem uma boa ductilidade, tenacidade e uma alta resistência a tração, é um material muito versátil, pois pode ser utilizado em variadas formas. Com a adição de barras nervuradas ao concreto, temos o concreto armado, o qual o concreto tem a função de resistir a compressão e o aço a tração.

Polímero de Fibra de Vidro.

Os vergalhões, como mencionado anteriormente, tem a função de resistir a tração solicitada nas estruturas de concreto armado, o material mais utilizado para isso é o aço, mas como ele acaba se tornando um limitante da vida útil de uma construção, estamos sempre em busca de materiais alternativos e uma dessas alternativas são os vergalhões de PFRP (polímero reforçado com fibras). São exemplo de PFRP o GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer), CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer), AFRP (Aramida Fiber Reinforced Polymer) e o BFRP (Basalto Fiber Reinforced Polymer) os quais tem sua classificação baseada no tipo de resina utilizada, a fibra e superfície como mostrara as figuras 7, 8 e 9. Neste estudo falaremos especificamente sobre o GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) ou polímero reforçado com fibra de vidro como mostrado na figura

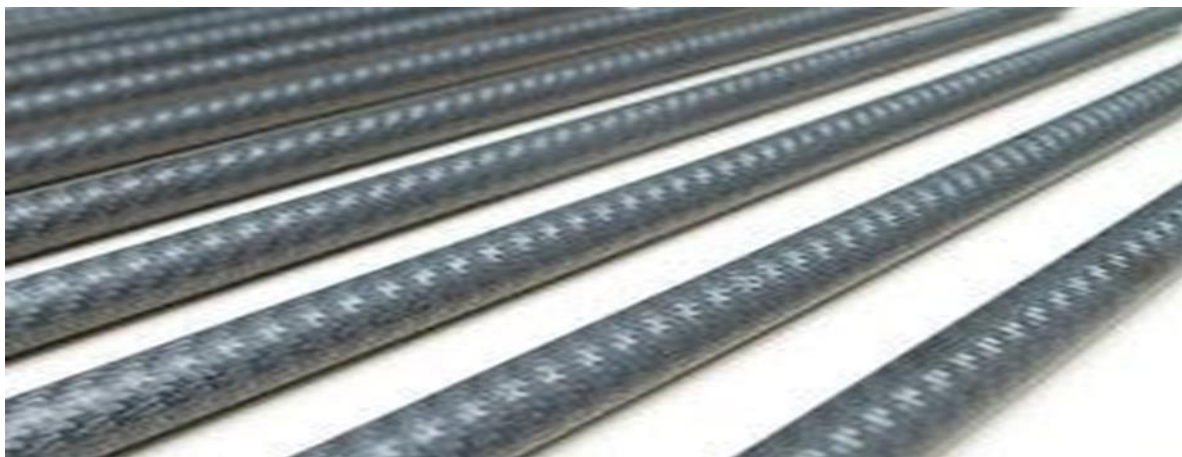
Ele vem sendo cada vez mais utilizado na construção civil, devido a sua relação qualidade/preço, MOURA (2021). Mesmo sem possuir ainda uma norma brasileira regulamentadora o polímero reforçado com fibra de vidro já vem sendo utilizado na fabricação de vergalhões para construção civil com a mesma finalidade do vergalhão de aço, mesmo tendo características distintas terá a função de dar suporte a estrutura de concreto armado e resistir a esforços de tração.

Figura 6: Vergalhão de polímero reforçado com fibra de vidro.



Fonte Composite Group, 2020

Figura 7: Vergalhão de polímero reforçado com fibra de carbono.



Fonte: Aeron Composite, 2020

Figura 8: Vergalhão de polímero reforçado com aramida.



Fonte Aeron Composite, 2020.

Figura 9: Vergalhão de polímero reforçado com basalto.



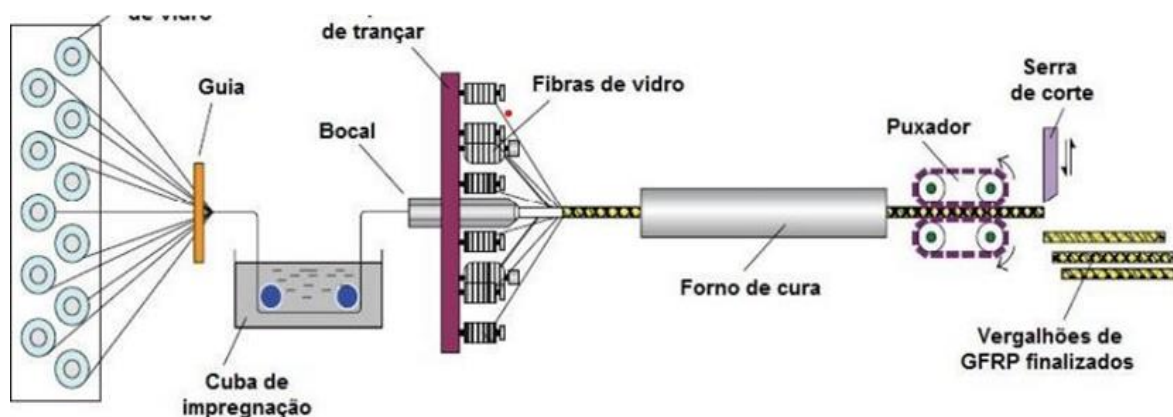
Fonte: Made in China, 2023.

Vários outros materiais foram testados como reforço junto as fibras além de naturais e sintéticas como animais, vegetais e minerais porem nenhum outro trouxe grandes vantagem a construção civil porem podem ser de grande utilidade nas indústrias de carbono, aramida e vidro.

Produção do Vergalhão Revestido com Polímero de Fibra de Vidro

O processo de fabricação dos vergalhões de polímero de fibra de vidro se dá atrás do método de pultrusão.

Figura 10: Fabricação dos Vergalhões de PFRV com nervuras.



Fonte: Moura 2021

Segundo MOURA (2021), a fabricação se inicia com o tensionamento das fibras de vidro utilizando – se uma máquina e logo em seguida vai em direção a uma cuba de impregnação onde uma resina líquida (termorrígida) se impregna nas fibras de vidro, em seguida essa combinação passa por um molde circular onde irá adquirir a forma do vergalhão. Nos casos dos vergalhões nervurados ocorre também a adição de fibra na sua superfície, através de um mecanismo giratório, onde o vergalhão ainda liso passa por ele e assim efetuando o enrolamento de uma ou mais fibras, constituindo – se assim as nervuras, em seguida o vergalhão é aquecido e assim ocorre a reticulação da resina polimérica como podemos ver na figura 10.

Classificação dos Vergalhões Revestidos com Polímero de Fibra de Vidro

Os vergalhões de PRFV tem sua classificação de acordo com o seu diâmetro nominal e também a área da seção transversal, conforme a tabela 1 e 2 feita ASTM D7957 (American Society for Testing and Materials)

Tabela 1. Classificação dos vergalhões de GFRP.

| Bar Designation No. | Nominal Dimensions | |
|---------------------|----------------------|---|
| | Diameter Mm (in.) | Cross-Sectional Area mm ² [in. ²] |
| M6 [2] | 6.3 [0.250] | 32 [0.049] |
| M10 [3] | 9.5 [0.375] | 71 [0.11] |
| M13 [5] | 12.7 [0.500] | 129 [0.20] |
| M16 [5] | 15.9 [0.625] | 199 [0.31] |
| M 19 [6] | 19.1 [0.750] | 284 [0.44] |
| M 22 [7] | 22.2 [0.875] | 387 [0.60] |
| M 25 [8] | 25.4 [1.000] | 510 [0.79] |
| M 29 [9] | 28.7 [1.128] | 645 [1.00] |
| M 32 [10] | 32.3 [1.270] | 819 [1.27] |

Fonte: ASTM D7957, 2007.

Tabela 2. Classificação dos vergalhões de GFRP.

Measured Cross-Sectional Area Limits mm² [in.²]

| Minimum | Maximum |
|-------------|-------------|
| 30 [0.046] | 55 [0.085] |
| 67 [0.104] | 104 [0.161] |
| 119 [0.185] | 169 [0.263] |
| 186 [0.288] | 251 [0.388] |
| 268 [0.415] | 347 [0.539] |
| 365 [0.565] | 460 [0.713] |
| 476 [0.738] | 589 [0.913] |
| 603 [0.934] | 733 [1.137] |
| 744 [1.154] | 894 [1.385] |

Fonte: ASTM D7957, 2007.

METODOLOGIA

Considerando como início o propósito deste projeto de pesquisa – sendo substituir o aço das ferragens do concreto armado por vergalhões feitos de fibra de vidro com intuito de aumentar a vida útil da armadura, optou-se pela utilização da

metodologia qualitativa através de pesquisas de condição de revisão bibliográfica, onde foi analisada a mais oportuna para o tema de estudo a ser analisado para o desenvolvimento do estudo. Segundo Creswell (2007) deve ser analisado imagens e texto com itens específicos na pesquisa de informações empregando técnicas com mais oportunidades de análise.

Os trabalhos analisados para o presente estudo foram “Barras de fibra de vidro, uma alternativa inovadora e suas potencialidades: revisão bibliográfica” Adriano Ineia, William de Oliveira Pol, Julia Catiane Arenhardt Braun, Luizmar da Silva Lopes Junior (2021) no qual foi publicado na revista tecnológica, e “Estudo Comparativo Entre os Vergalhões de Aço e Polímero Reforçado com Fibra de Vidro” Diego Brenner Freire Santos Igor Gabriel da Silva Almeida Cláudia Patrícia Torres Cruz (2022), sendo esse artigo apresentado ao final do curso a graduação de engenharia na Universidade Potiguar.

Diante disto, foram estudados os seguintes tópicos através de suas literaturas.

- Comportamento a tração;
- Resistência a compressão;
- Reações ao longo do tempo;
- Fadiga;
- Durabilidade;
- Aderência da Barra de Fibra de Vidro ao Concreto.

Comportamento a Tração

Ineia et. al. (2021) realizou a elaboração deste artigo através de pesquisas já existentes onde dados foram analisados e criados diversos perfis para que outros estudos fomentassem a ideia da criação de mais materiais feitos de fibra de vidro para que possam substituir outros materiais já existentes que tenham alguma culminância negativa. O escopo deste artigo é desenvolver uma norma brasileira de dimensionamento de concreto armado com fibra de vidro onde pesquisas foram realizadas comparando o aço que é o material mais aplicado hoje em dia com o PRFV, visando os seguintes resultados, tensão de escoamento, resistência à tração, módulo de elasticidade, deformação no escoamento, deformação na ruptura com isso em mãos

foram realizados as análises e conclusões sobre qual é o melhor material a resistir a esforços de tração.

Resistência a Compressão

Com os mesmos dados obtidos através do estudo para entender o comportamento a tração do PRFV Ineia et. al., (2021) conseguiu montar o perfil para analisar a resistência a compressão do material, porém uma análise mais minuciosa na armadura disposta na transversal e longitudinal teve de ser elaborada visando diminuir o risco de falhas por conta do dimensionamento das mesmas.

326

Reações ao Longo do Tempo

O desgaste nas estruturas ao longo do tempo é algo a ser analisado de forma detalhada pois altos investimentos são feitos para que a vida útil das mesmas seja alta pois as vezes mesmo com manutenção constante alguns materiais não se adaptam da forma esperada. Nos PRFV no concreto armado para entender sua reação ao longo do tempo é necessário a análise da fadiga na armadura e sua durabilidade.

Fadiga

Tendo em vista que o PRFV é um material que provém do vidro tem que ser analisado alguns itens com mais cuidado como a umidade que o concreto estará na hora da aplicação e entender também sobre as soluções ácidas e alcalinas presentes nele pois isso afeta diretamente nas fadigas que a armadura terá ao longo do tempo e também na hora do enchimento do concreto. Ineia et. Al, (2021) fez uso de dados do próprio vidro onde esses dados foram obtidos através de estudos em laboratórios por pesquisadores internacionais visando entender como o vidro reage em contato com soluções ácidas e alcalinas e o comportamento do vidro ao longo do tempo em diversas estações do ano.

Durabilidade

Vários fatores têm que ser considerado ao tentar determinar a durabilidade do sistema PRFV dentre eles a ser avaliados temos que levar em considerações os principais que são as ações intempéricas como temperatura elevada, soluções químicas

e umidade pois tudo isso influencia na redução das propriedades mecânicas do material. A cura da resina e o tempo de exposição das fibras antes de ser lançada na estrutura já pronta são fatores secundários, mas que devem ser considerados também isso os pesquisadores optaram por entender o comportamento de forma geral do sistema PRFV, não analisando de forma distintas cada material existente como foi feito para entender as fadigas no vidro.

Aderência da Barra de Fibra de Vidro ao Concreto

Analisando o artigo “Estudo Comparativo Entre os Vergalhões de Aço e Polímero Reforçado com Fibra de Vidro” (Brenner & Silva 2022) e sempre se atentando ao fato de que em uma estrutura os principais esforços a ser combatidos são de tração e compressão e que o concreto já resiste bem as forças que comprimem a estrutura, busca-se se um material que vá combater as forças de tração e o aço no momento e o material que é mais aplicado. O PRFV é o material que mais se aproxima de ter características compatível para fazer parte do concreto armado mais para ser utilizado e importante entender como funciona sua aderência junto ao concreto e o ensaio de arrancamento direto é o mais utilizado.

Um estudo realizado por Araújo (2017) foi feito o ensaio de arrancamento com nove corpo de prova de três materiais diferente sendo eles o vergalhão de fibra de carbono, fibra de vidro e aço com intuito de ver como cada material reage, suas ligações junto ao concreto. Tendo em vista que esse estudo visa somente avaliar a fibra de vidro não irá se aprofundar sobre o outro material presente na pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente estudo mostrou as propriedades de ambos os vergalhões, como também sua fabricação e aplicação. A Tabela 3 apresenta as vantagens e desvantagens do vergalhão de vidro.

Tabela 3. Vantagens e desvantagens PRFV.

| Vantagens | Desvantagens |
|---------------------------------------|---|
| É um material mais leve. | Maior custo-benefício. |
| Oferece segurança elétrica e térmica. | Possui um módulo de elasticidade 4x inferior |

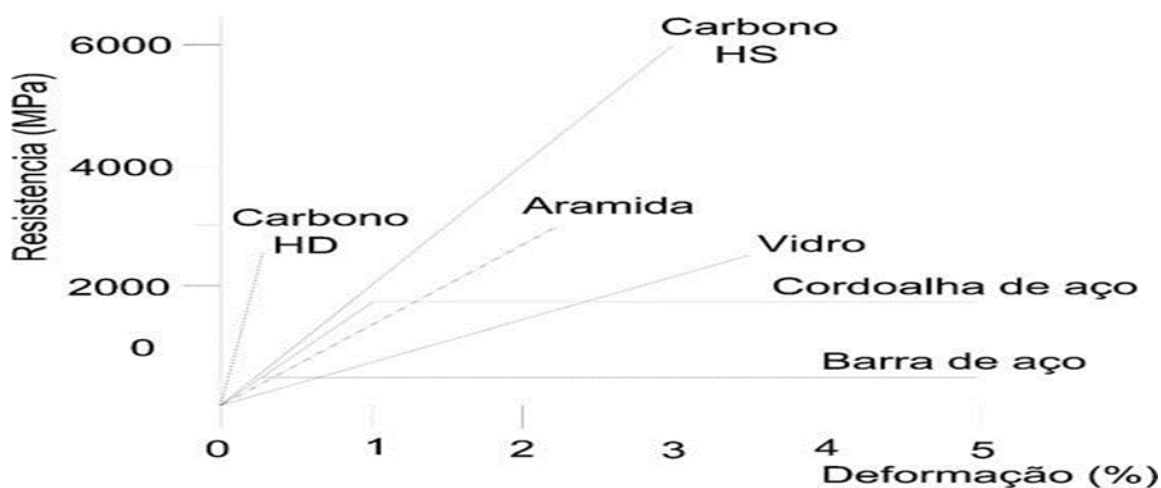
| | |
|---|--|
| Possui alta resistência e maior durabilidade. | Ausência de normais nacionais. |
| Ajusta-se melhor à expansão do concreto. | Tem que ser levado diretamente para local onde vai ser instalado |

Fonte: Adaptado de (Diego Brenner Freire Santos, Igor Gabriel da Silva Almeida, Cláudia Patrícia Torres Cruz.)

Em geral, as barras de vidro apresentam maior resistência à tração e menor módulo de elasticidade do que as convencionalmente utilizadas como reforço em concreto armado. Propriedades de tração mecânica de hastes de PRFV, aço e outras fibras. Quando submetidas a cargas, as hastes de PRFV não levam em conta o comportamento plástico (escoamento) até a falha.

Este comportamento de tração das hastes de PRFV é caracterizado por uma relação elástica linear da tensão de formação à falha. A Figura 11 mostra diagramas específicos de tensões e deformações para barras de aço e PRFV, onde pode ser observado o comportamento das barras de PRFV em relação a outras barras. Deve-se notar que enquanto o aço tem um comportamento elastoplástico (dúctil), as hastes de PRFV e outros materiais têm um comportamento elasto-frágil.

Figura 11: Diagrama tensão x deformação.



Fonte: Adaptado de ACI Committee 440.

A resistência à tração e a rigidez podem ser afetadas por vários fatores. Como a resina tem menos resistência do que as fibras, a fração de volume das fibras junto com o volume total afeta muito a atratividade do bastão. A taxa de endurecimento, controle de qualidade e processo de fabricação também afetam as propriedades mecânicas das

barras. Deve-se observar que a resistência à tração de uma barra de PRFV depende do diâmetro da barra, portanto, barras mais finas correspondem a uma resistência maior.

As hastes de PRFV não podem ser dobradas após a fabricação, a menos que contenham termoplásticos. No entanto, há exceções que podem ser feitas com flexão onde a resistência à tração pode ser reduzida em 40% a 50% em comparação com a barra reta devido à concentração de flexão e tensão da fibra.

Em termos de resistência à compressão, o comportamento das barras de PRFV é inferior à sua resistência à tração. Mallick e Wu (2015), descobriram experimentalmente que a resistência à compressão do PRFV é de cerca de 55%, 78% e 20%. Portanto, o uso de barras de PRFV para resistir à compressão não é recomendado. No caso de compressão longitudinal, pode ocorrer dano por tração transversal, micro fratura da fibra ou fratura por cisalhamento. Portanto, o padrão de falha depende do tipo de fibra, fração de volume de fibra.

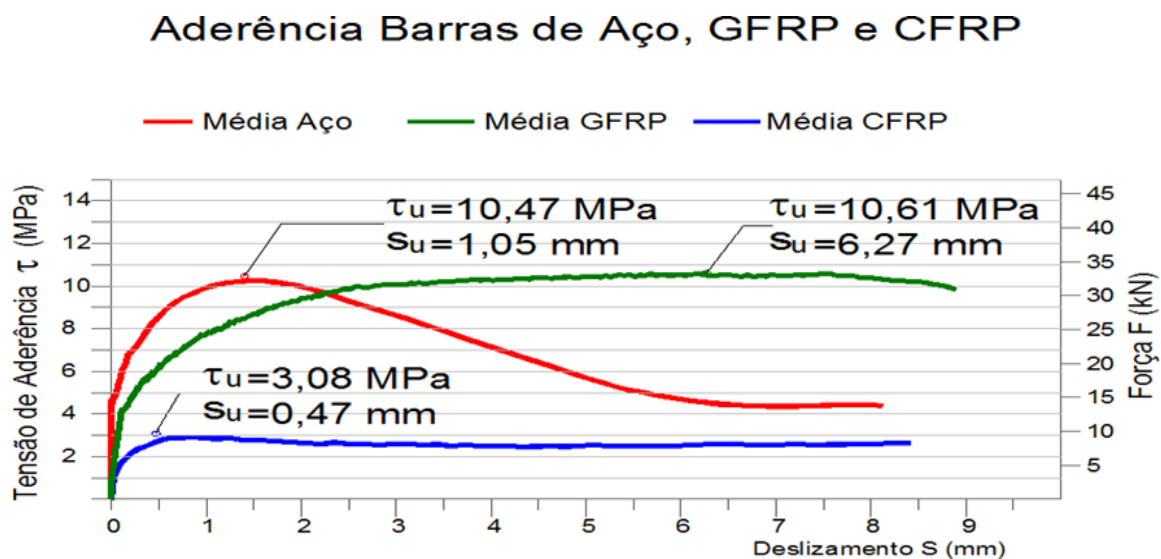
Como resultado, tais barras têm um módulo de compressão menor em comparação com o módulo de tração. Um estudo desenvolvido por Mallick e Ehsani (2015), mostrou que o módulo de compressão das hastes PRFV é cerca de 80% do módulo de tração.

As estruturas de concreto armado com barras de PRFV apresentam desgaste menor em sua condição que as estruturas convencionalmente usadas, pois não se desgasta tanto por conta da água do concreto.

Por conta da umidade e soluções ácidas e alcalinas presente a determinação de um limite de fadiga das fibras de vidro se torna um pouco mais difícil tendo em vistas que dependendo do nível de agressividade da obra e a forma como as fibras são dispostas aumenta ainda mais a determinação desse limite.

Vários fatores têm que ser considerado ao tentar determinar a durabilidade do sistema PRFV, dentre eles a ser avaliados temos que levar em considerações os principais que são as ações intempéricas como temperatura elevada, soluções químicas e umidade pois tudo isso influencia na redução das propriedades mecânicas do material. A cura da resina e o tempo de exposição das fibras antes de ser lançada na estrutura já pronta são fatores secundários mais que devem ser considerados também como mostra a figura 12.

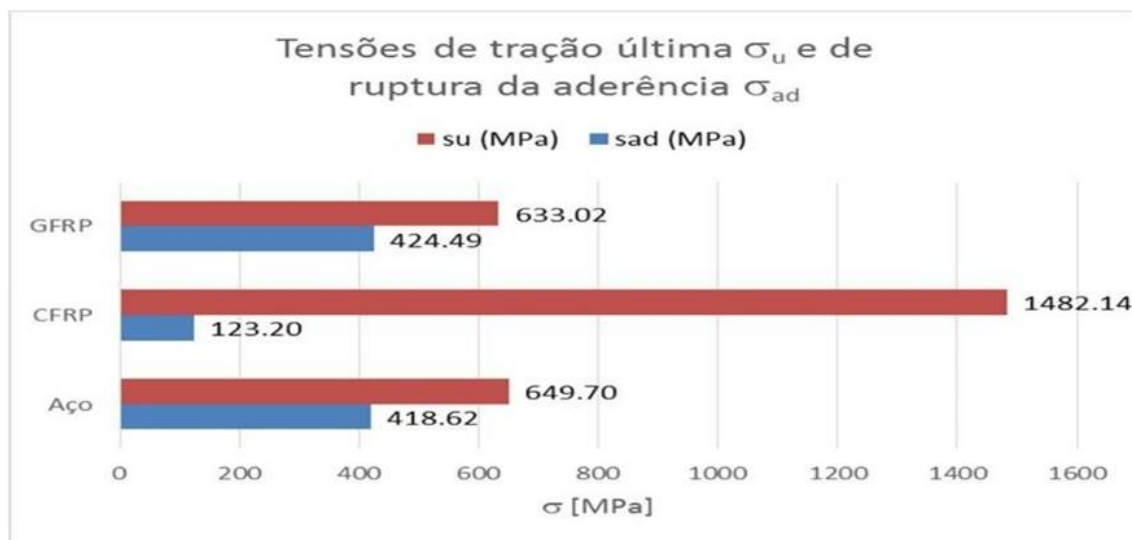
Figura 12: Tensão da aderência versus deslizamento entre os três tipos de barras: Aço, PRFV e PRFC.



Fonte: ARAÚJO, 2017.

Em outro estudo realizado por Araújo, (2017) ele obteve valores próximo ao anterior, porém dessa vez analisando a tensão de ruptura dos materiais com a tensão de ruptura de arrancamento como mostra a figura 13.

Figura 13: Tensões de tração na barra, ruptura da barra versus ruptura da aderência.



Fonte: ARAÚJO, 2017.

Esse resultado obtido nessa pesquisa indica que os materiais apresentados principalmente o de fibra de vidro pode ocorrer que a ruptura por tração aconteça antes que haja uma ruptura de aderência com valores próximos ao de aço.

CONCLUSÃO

Tendo em vista os dados obtidos através de pesquisas em condições bibliográficas assim como análises feitas por estudiosos da área e publicado em revistas, é possível concluir que a utilização da fibra de vidro é de fato viável para substituição do aço na armadura do concreto armado.

Porém a realização de mais estudos e pesquisa sobre esse material se faz necessário para conhecer melhor seu desempenho mecânico e geral para criação de normas regulamentadoras para utilização desse tipo de material na construção civil tendo em vista os riscos que uma possível falha desse tipo de material pode trazer caso seja mal dimensionada ou no seu processo de fabricação haja algum tipo de problema.

Por fim, realizando uma análise geral sobre o trabalho pode-se concluir que se faz possível a utilização desses dados para criação de outros materiais feitos de polímeros para utilizar em outras áreas considerando a boa durabilidade das fibras feita de polímero sendo ela reforçada com fibra de vidro ou outro material sustentável, pois toda iniciativa de se usar materiais recicláveis e de boa qualidade é bem-vinda independente da área que ela seja aplicada.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro: Abnt, 2014. 238 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480**: aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado. Rio de Janeiro: Abnt, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 16398**: Concreto reforçado com fibras Controle da qualidade. Rio de Janeiro, ABNT 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 15530**: Fibras de aço para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, ABNT 2007.

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. Disponível em:

https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/ISMS837LJQ/1/disserta_o_matheus_de_fari_2009.pdf.

Arthur Ferreira de ALMEIDA; Luis Pereira Araujo JUNIOR; Indira Queiroz Macambira BEZERRA. UTILIZAÇÃO DE VERGALHÕES DE PRFV NA CONSTRUÇÃO CIVIL. JNT Facit Business and Technology Journal. QUALIS B1. 2023. FLUXO CONTÍNUO - MÊS DE NOVEMBRO. Ed. 47. VOL. 01. Págs. 314-332. ISSN: 2526-4281 <http://revistas.faculdefacit.edu.br>. E-mail: jnt@faculdefacit.edu.br.

BUENO, C. F. H. Tecnologia de materiais de construções. 2000. Disponível em: <http://arquivo.ufv.br/dea/ambiagro/arquivos/materiais_contrucao.pdf>. Acesso em: 14 setembro 2023

CEBRACE. **Os tipos de vidro**. 2015. Disponível em: <https://www.cebrace.com.br/#!/enciclopedia/interna/os-tipos-de-vidro>. Acesso em: 15 setembro. 2023

CRESWELL, JW (2007). **Desenho de pesquisa**: Abordagens qualitativas, quantitativas e de métodos mistos (2ª ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

MOURA, Ruan Carlos de Araújo. **Análise da Durabilidade de Armaduras Poliméricas Reforçadas com Fibra de Vidro Submetidas ao Ambiente Alcalino e a Elevadas Temperaturas**. 2021. 176 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2021. Disponível em: https://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UFBA-2_146bd87cf7da2c0d90c8ecc463026e04. Acesso em: 16 setembro 2023.

PERUZZI, Antônio de Paulo. **Estudo das alternativas de uso da fibra de vidro sem características álcali resistente em elementos construtivos de cimento Portland**. 2007. Tese (Doutorado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. doi: 10.11606/T.18.2007.tde-09022008-103643. Acesso em: 2023-05-23