

Uso de vergalhão de fibra de vidro em concreto estrutural para fabricação de pisos industriais

Brenda Santos de Souza 823131309; Camila Sousa Martins 820144434; Icaro Rodrigues Farias 823218922; Pedro Henrique Taino de Sá 822230224
Orientador: Prof. Dimas Alan Strauss Rambo

Resumo: Este estudo apresenta uma revisão bibliográfica com foco nas características do vergalhão de fibra de vidro, do vergalhão de aço e da estrutura básica de piso industrial apoiado sob o solo. Ele se justifica pela carência de estudos sobre o uso do vergalhão de fibra de vidro nessa aplicação. O estudo teve como base dados de trabalhos científicos, práticas recomendadas para projeto de estruturas de concreto armado com barras de FRP (Fiber Reinforced Polymer), visita a fabricantes, dados de obras realizadas disponibilizadas pelos fabricantes e consulta a especialistas. O trabalho aborda também pesquisa de preço, realizada diretamente com os fabricantes, com intuito de verificar possíveis vantagens econômicas com o uso do vergalhão de fibra de vidro. Para o comparativo de custo foram considerados o valor no mercado nacional do vergalhão de aço e de fibra de vidro, quantidade de material por área de piso industrial construído e o desperdício de material na construção dos pisos industriais. O estudo analisou preços recentes para esse comparativo.

Palavras-chave: Concreto armado, Vergalhão de aço, Vergalhão de Fibra de Vidro, Piso de Industrial apoiando sob o solo.

Use of fiberglass rebar in structural concrete for manufacturing industrial floors.

Abstract: *This study presents a literature review focusing on the characteristics of fiberglass rebar, steel rebar and the basic structure of industrial flooring supported under the ground. It is justified by the lack of studies on the use of fiberglass rebar in this application. The study was based on data from scientific works, recommended practices for the design of reinforced concrete structures with FRP bars (Fiber Reinforced Polymer), visit to manufacturers, data on works carried out made available by manufacturers and consultation with experts. The work also addresses price research, carried out directly with manufacturers, with the aim of verifying possible economic advantages with the use of fiberglass rebar. For the cost comparison, the value on the national market of steel and fiberglass rebar, the amount of material per area of industrial floor built and the waste of material in the construction of industrial floors were considered. The study analyzed recent prices for this comparison.*

Keywords: *Reinforced concrete. Steel rebar. Fiberglass Rebar. Industrial floor supporting under the ground.*

1. Introdução

Os vergalhões são produtos utilizados em larga escala na construção civil brasileira e mundial, proporcionando resistência ao concreto e sendo comumente utilizados como armadura de pilares, vigas e lajes de concreto, conferindo a estes, resistência à tração, compressão, flexão, fissuração, dentre outros. Eles são muito utilizados, por exemplo, para construção de casas, conjuntos habitacionais, edifícios comerciais e residenciais, supermercados, shoppings, galpões, pré-fabricados, viadutos, pontes, barragens, obras de saneamento dentre outros (BARRETO, 2009).

Diante de problemas com a durabilidade do aço no concreto armado houve a procura por materiais alternativos e viáveis. O uso de FRP na construção civil iniciou-se em meados dos anos 50. Nas décadas de 60 e 70 foram feitas pesquisas nos EUA, Japão e na Europa, mas foi no final dos anos 80 que as pesquisas sobre a utilização do material começaram a atrair investidores e pesquisadores mundialmente devido ao problema de corrosão em armaduras de aço (TAVARES, 2006).

Aqui no Brasil, o GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) é utilizado na forma de vergalhão de fibra de vidro, malha pop ou tela, uma das principais aplicações é em piso industrial e radier. As aplicações do GFRP estão em crescimento devido a diversas vantagens relativamente aos materiais tradicionais, tais como: o baixo peso específico; a elevada relação entre a resistência e o seu peso; a facilidade de montagem e transporte; os baixos custos de manutenção ou mesmo a transparência eletromagnética (ESTEVÃO, 2017).

O impacto da globalização na indústria da construção civil brasileira proporcionou a importação de novas tecnologias em máquinas e equipamentos, mas não se pode dizer o mesmo em relação aos materiais. Isso pode ser justificado pela necessidade de desenvolvimento de normas técnicas nacionais e adequação do mercado interno da construção. Um exemplo disso é o uso do vergalhão de fibra de vidro, também chamado de barra de polímero reforçado de fibra de vidro, malhas pop e telas de fibra de vidro, que aguarda a conclusão do comitê técnico do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON) para a conclusão da Norma Brasileira para seu uso (FERREIRA ET AL., 2024).

Esse estudo tem o objetivo de contribuir com os profissionais ligados à projetos e à construção de pisos industriais apresentando o comportamento desse novo material em relação ao concreto, o preço e a sua disponibilidade no mercado.

1.1 Justificativa

Este artigo destaca a importância do uso de fibra de vidro no piso industrial por várias razões fundamentais. Em primeiro lugar, o GFRP representa uma alternativa inovadora e promissora ao aço convencional, oferecendo benefícios significativos em termos de durabilidade e resistência. A investigação detalhada de sua aplicação específica em pisos industriais é crucial para preencher lacunas de conhecimento nesse campo.

O estudo também contribui para a promoção da sustentabilidade na indústria da construção civil, uma vez que o GFRP é fabricado a partir de materiais reciclados e que não sofre corrosão com as armaduras tradicionais. Ao demonstrar suas vantagens ambientais e econômicas, incentiva-se sua adoção em projetos futuros, resultando em benefícios tanto para as empresas quanto para o meio ambiente.

Portanto, ao explorar o potencial da fibra de vidro no piso industrial, este artigo amplia o conhecimento e impulsiona a inovação e a sustentabilidade no setor da construção civil.

1.2 Objetivos (Geral e específico)

Ampliar o conhecimento sobre o uso da barra de Polímero Reforçado com Fibra de Vidro (GFRP) em suas formas de comercialização – Vergalhão de Fibra de Vidro, malha pop ou tela de fibra de vidro em aplicações ligadas a pisos industriais.

Apresentar o desenvolvimento da norma técnica brasileira pelo IBRACON/ABECE e a influência das normas internacionais.

Apresentar uma comparação de custo entre o uso do vergalhão/tela de aço, caso haja a substituição da armadura superior pelo vergalhão de fibra de vidro, na construção de piso industrial em concreto armado.

2.0 Revisão Bibliográfica

2.1 Utilização do aço na construção civil

A utilização de ferro na construção civil teve seu início a partir da segunda metade do século XVIII na Inglaterra com a construção de uma ponte em estrutura metálica feita de ferro fundido, marcando o início de uma revolução na produção do ferro industrial e nos métodos construtivos (KÜHL, 1998).

Por outro lado, a história do concreto armado é um pouco mais recente:

“Em meados do século XIX, foram adotadas pela primeira vez, na França, armaduras de aço em peças de concreto: em 1855, J. L. Lambot construiu um barco com argamassa de cimento reforçado com ferro em 1861 J. Monier construiu um vaso de flores de concreto com armadura de arame (concreto Monier), em 1861 F. Coignet publicou os princípios básicos para as construções em concreto armado, e apresentou na Exposição Internacional de Paris, em 1867, vigas e tubos de concreto armado” (LEONHARDT e MONNIG, 1977, p.1)

No Brasil, o uso do concreto armado impulsionou o ramo da construção e trouxe grandes transformações socioeconômicas já nos meados do século XIX. No entanto, foi apenas a partir de 1946 que o uso do aço nas construções nacionais se tornou mais acessível, tornando-se um fator-chave para a redução do tempo de obra, aumento da produtividade e mão de obra. Isso se deu com o início das atividades da primeira siderúrgica brasileira, a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), que possibilitou a substituição do aço estrangeiro. (RIBEIRO, 2011)

O concreto armado é uma estrutura que utiliza barras de aço, conhecidas como vergalhões de aço, para compensar a baixa resistência aos esforços de tração do concreto (RIBEIRO, 2011).

2.2 O uso da fibra de vidro na construção Civil

A introdução e adoção dos compósitos poliméricos reforçados com fibra na construção civil ocorreram de maneira variada ao redor do mundo. No Japão, foram pioneiros nesse uso, seguidos pela China, onde foram amplamente empregados na construção de tabuleiros de pontes e obras subterrâneas. Na Europa, a Alemanha deu início ao uso das armaduras de FRP com a construção de uma ponte rodoviária protendida em 1986, acompanhada por um extenso programa de pesquisa. No Canadá, diversas pontes e passarelas foram construídas no final da década de 1990, impulsionando o desenvolvimento de normas como a CSA S807, além das normas americanas (ACI 440 1R, 2003) e (ASTM D4475, 1996), entre outras. (OLIVEIRA, 2018).

Nos Estados Unidos, o uso de armaduras não metálicas em pontes começou nos anos 90, resultando na divulgação do Código Normativo do Instituto Americano de Concreto (ACI) em 1991, que destacou o estado da arte dos Compósitos de Fibra de Vidro (ACI 440 R, 1996). Em 2003, foi publicado o código normativo que define o dimensionamento de elementos estruturais de concreto armado com barras de fibra de vidro (ACI 440 1R, 2003), seguido, em 2004, pelo código normativo que estabelece os procedimentos de ensaio de estruturas de concreto armado com barras de fibra de vidro (ACI 440 3R, 2004).

No Brasil, em publicação de dissertação de mestrado na Escola de Engenharia de São Carlos, Tavares (2006) apresentou: “Análise Teórica e Experimental de Vigas de Concreto Armadas com Barras Não-Metálicas de Polímeros Reforçados com Fibra De Vidro” onde ensaiou seis vigas à flexão (com dimensões de 15 cm x 30 cm x 305 cm), sendo uma armada longitudinalmente e transversalmente com aço e as demais armadas longitudinalmente com barras de GFRP e transversalmente com aço. Foram utilizadas armaduras importadas, do tipo ASLAM 100, da marca americana Hughes Brothers. Esse trabalho estudou basicamente o comportamento dos modelos experimentais à flexão, tanto em serviço, quanto em relação à capacidade última. A autora apontou as dificuldades na realização dos ensaios de caracterização e no processo de armação das vigas, devido à sua flexibilidade (OLIVEIRA, 2018).

O emprego de barras de GFRP é viável, desde que siga as recomendações para uma ancoragem de comprimento maior em comparação com as barras de aço, visando o comportamento adequado da estrutura.

No exterior as Normas utilizadas para o uso da fibra de vidro para construção civil são: ACI 440; ASTM F3059; GOST 31938; ISO 10406-1:2015.

2.3 Telas soldadas nervuradas de aço comercializadas

No Brasil, o conjunto de normas e regras técnicas que regem sobre a utilização das malhas de aço são definidas pela NBR 7481 (1989), NBR 5916 (1990) e NBR 7480 (2007) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Em suma, a NBR 7481 estabelece os requisitos para telas de aço soldadas nervuradas para armadura de concreto. Já a NBR 5916 prescreve o método de determinação da resistência ao cisalhamento das juntas de telas de aço soldadas, para armaduras de concreto enquanto a NBR 7480 estabelece os requisitos exigidos para encomenda, fabricação e fornecimento de barras e fios de aço destinados a armaduras para estruturas de concreto armado, com ou sem revestimento superficial.

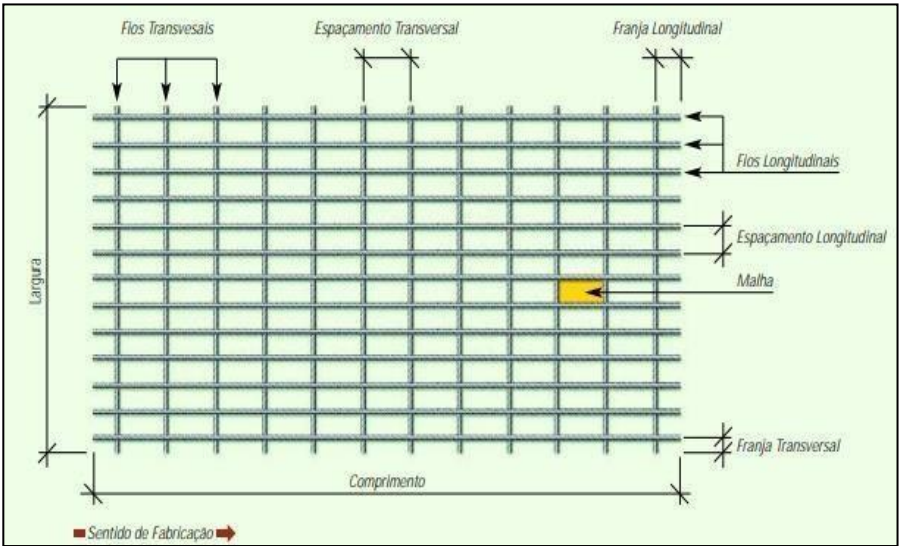
De acordo com as especificações da empresa Gerdau, as malhas de aço são produzidas em aço CA-60 e possuem quatro variações, podendo ser do tipo leve, média, reforçada e pesada, as variações na construção de cada tipo de malha são dadas pelo distanciamento entre os fios, conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela 1 - Tipos de telas de aço

TIPO	MALHA	BITOLA DOS FIOS	PESO PAINEL
			2,00 x 3,00m
	cm	m m	kg
Leve	20 x 20	3,4	4,28
Médio	15 x 15	3,4	5,84
Reforçado	10 x 10	4,2	8,92
Pesado	15 x 15	4,2	13,05

Fonte: Gerdau (2024)

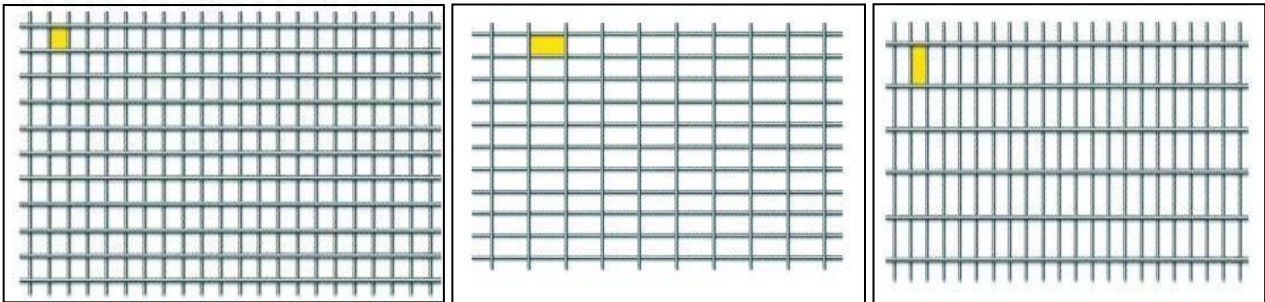
Figura 1 - Elementos da tela soldada



Fonte: IBTS (2024)

A nomenclatura das telas obedece a uma combinação de uma letra que representa a proporção entre a área de aço nas direções longitudinal e transversal da tela e um número representa a área de aço da tela, em mm² por metro, na direção com maior taxa de aço (SANT’ANNA, 2018), resultando nos tipos: Q, R, M, L e T.

Figura A, B e C - Tela soldada tipo Q, R, M, L e T



Fonte: IBTS (2024)

Uma tela Q92, por exemplo, tem a malha quadrada e tem uma área de aço de 92 mm²/m. Já a tela com uma seção longitudinal 1,38 cm²/m de aço é chamada de L138.”

2.4 Telas soldadas pesadas para estruturas de concreto armado

A tela do tipo pesada é geralmente aplicada em construções de Pisos industriais com elevadas cargas fixas e móveis. Como exemplo desta aplicação tem-se os galpões industriais, postos de combustíveis, indústrias, estacionamentos, depósitos/armazéns, pátios de carga e descarga, entre outros.

Na Tabela 2 apresentam-se as características das telas soldadas pesadas para estruturas de concreto armado.

Tabela 2 - Telas soldadas pesadas para estruturas de concreto armado

AÇO CA60		Espaçamento entre fios (cm)		Diâmetro (mm)		Seções (cm ² /m)		Apresentação		Comprimento (m)	Peso	
Série	Designação	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal				kg/m ²	kg/peça
138	Q 138	10	10	4,2	4,2	1,38	1,38	ROLO	2,45	60	2,2	323,4
	Q 138	10	10	4,2	4,2	1,38	1,38	PAINEL	2,45	6	2,2	32,3
	R 138	10	15	4,2	4,2	1,38	0,92	PAINEL	2,45	6	1,83	26,9
	M 138	10	20	4,2	4,2	1,38	0,69	PAINEL	2,45	6	1,65	24,3
	L 138	10	30	4,2	4,2	1,38	0,46	ROLO	2,45	60	1,47	216,1
	T 138	30	10	4,2	4,2	0,46	1,38	ROLO	2,45	60	1,49	219

Fonte: Adaptado IBTS (2024)

2.5 Pisos Industriais

Em entrevista a AECweb o engenheiro Wagner Edson Gasparetto, diretor técnico de piso de concreto da Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho ANAPRE, por uma questão mercadológica “convencionou-se denominar o piso industrial como o piso de concreto executado sobre subleito e sub-base, que serve de substrato para o revestimento. Já o sistema composto pelo piso industrial e seu revestimento é o piso de alto desempenho”

Devido a sua importância e integração com o processo produtivo e com a circulação de pessoas e equipamentos e à evolução dos métodos construtivos, o piso industrial passou a ser produzido no Brasil, na maioria das obras, por empresas especializadas.

Conforme Pesquisa realizada pela Associação Nacional Pisos Revestimentos Alto Desempenho (O mercado de Pisos industriais no Brasil – ago. 2012, pág. 15)

“O piso industrial passou a ser valorizado enquanto solução, tanto por sua funcionalidade estética como por suas propriedades e desempenho, determinantes ao longo da vida útil das edificações. Consequentemente, a alta exigência técnica passou a ser fator determinante na relação com clientes, o que, por consequência natural, elevou o reconhecimento do projeto de piso”

O mercado brasileiro de pisos industriais começou a evoluir de forma mais expressiva a partir dos anos 2000, em pesquisa mercadológica realizada no ano de 2012, referente ao ano de 2011, apresentou-se o consumo de 42 milhões de metros quadrados de piso. Atualmente nova pesquisa está sendo encomendada pela ANAPRE.

O projeto de execução de um piso industrial deve considerar em sua especificação as seguintes propriedades:

— Mecânicas a garantir a resistência a carregamentos, prevenindo patologias como

desgaste por abrasão, fissuração e outras.

- Químicas para resistir à agressividade química do ambiente, chuva ácida, queda de produtos manipulados, tratamentos químicos realizados etc.;
- Físicas para atender às necessidades de variações de temperatura, parâmetros de resistência elétrica e condutância.

Os tipos de pisos de concreto são determinados conforme: as cargas atuantes na estrutura (cargas móveis, uniformemente distribuídas, pontuais e lineares), a proximidade dos carregamentos, as características da fundação, local de concretagem, tipo de instalação e outros.

Os pisos industriais devem atender às variadas situações de carregamentos a que são impostos, podendo ser executados sobre diferentes aspectos estruturais e funcionais (BALIEIRO, 2015)

Houve uma grande evolução no processo de produção de piso industrial com o uso de maquinários, abaixo pode-se ver a contribuição desses maquinários para a execução do piso industrial, um serviço que poderia demorar horas ou até dias dependendo do tamanho da área a ser executada sendo feito rapidamente e com maior facilidade (Figura 5).

Figura 5 – Execução do piso industrial com uso de maquinários



Fonte: Site empresa Alphapiso (2024)

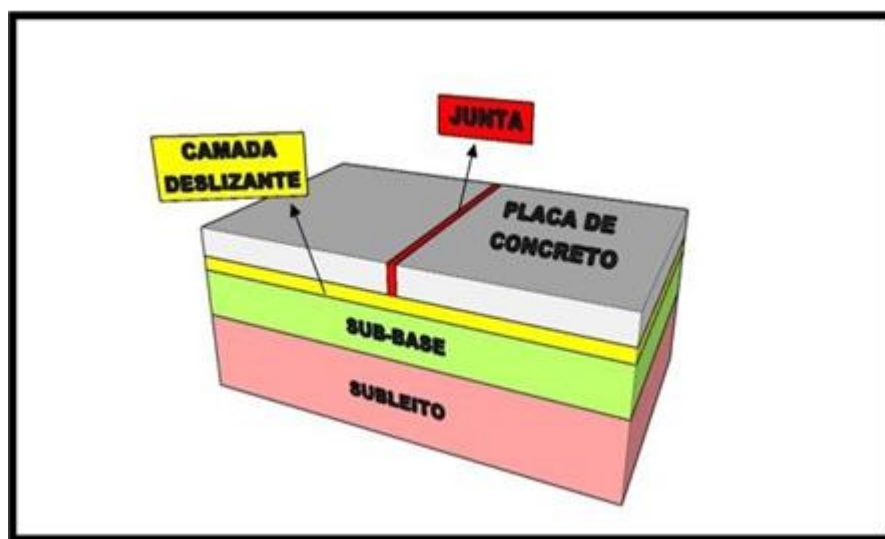
2.6 Estrutura básica de piso industrial apoiado sobre o solo

Os pisos industriais de concreto são elementos estruturais que têm a finalidade de resistir e distribuir ao subleito esforços verticais provenientes dos carregamentos. É sobre eles que as atividades de movimentação de cargas e de equipamentos se realizam. Por isso, a correta execução é fundamental para garantir seu desempenho (BALIEIRO, 2015)

Esse tipo de piso tem na sua composição uma camada de sub-base que tem a função de isolamento restringindo a ascensão de umidade, muitas vezes sendo executado com o próprio solo natural, material do subleito. A barreira de vapor por sua vez é a camada deslizante, e também responsável por evitar a ascensão da umidade para o piso de concreto, normalmente o material utilizado é a lona plástica. Por fim vem a camada de concreto e as juntas, essa por sua vez segue as definições da NBR 6118, desde a execução das formas e armação até o momento do lançamento, espalhamento, adensamento e nivelamento do concreto. Logo, uma representação da distribuição das

camadas deste tipo de piso na Figura 6.

Figura 6 - Estrutura básica do piso em concreto

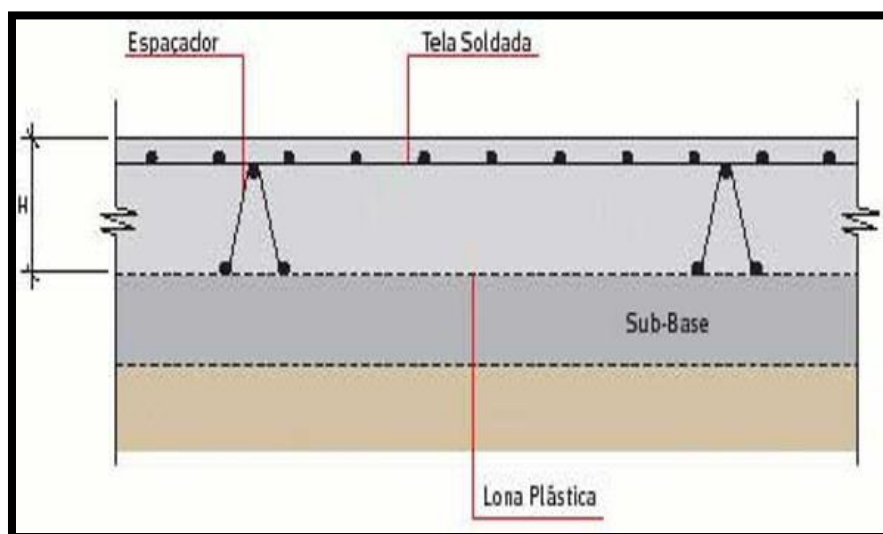


Fonte: Autor (2024)

2.7 Pisos de concreto com armadura distribuída ou simples

Os pisos de concreto com armadura distribuída ou simples possuem uma armadura, geralmente uma tela soldada, no terço superior da placa de concreto. Isso ajuda a combater tensões de retração e permite movimentos horizontais para dissipar cargas verticais (CRISTELLI, 2010). Além disso, controlam momentos negativos e fissuras, sendo comuns em locais com cargas leves, como estacionamentos e calçadas. Abaixo pode-se verificar um exemplo de como é executado e onde são alocadas as armaduras para a execução do serviço em questão (Figura 7).

Figura 7 - Pisos/pavimento com armadura distribuída ou simples



Fonte: Site empresa Alphapiso (2024)

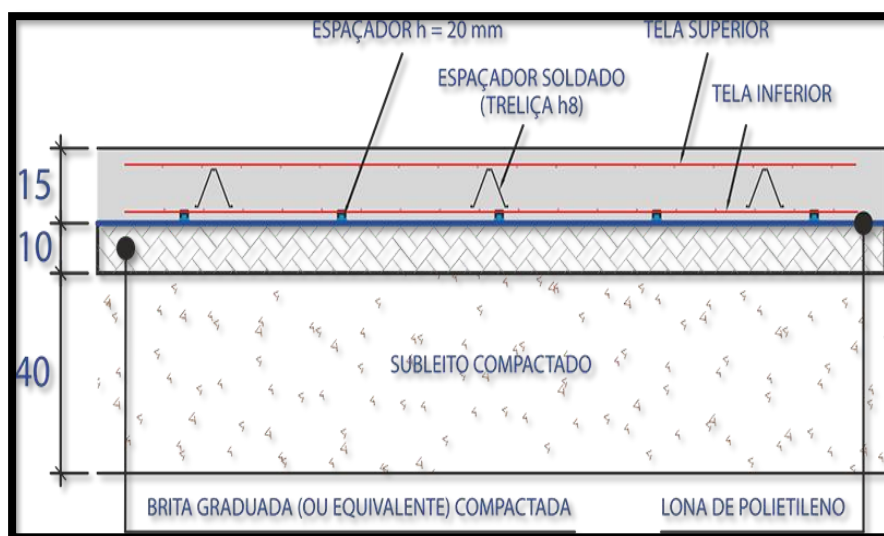
O aço da armadura superior pode ser substituído pelo vergalhão e fibra de vidro, malha pop ou tela de fibra de vidro conforme considerações a serem apresentadas no item 2.9.

2.8 Pisos de concreto armado com armadura dupla

Os pisos que utilizam esse método construtivo são caracterizados pela presença de armaduras positivas nas partes inferiores, responsáveis por combater os esforços de tração gerados pelos carregamentos e armaduras nos terços superiores das placas que irão controlar as fissuras e empenamentos provocados por tensões causadas pela retração.

Esse tipo de piso tem elevada capacidade resistente e são empregados na presença de cargas elevadas, como hangares de aeronaves, pátio de contêineres, áreas de depósito com cargas pontuais, etc.

Figura 8 - Estrutura de piso armado com tela dupla

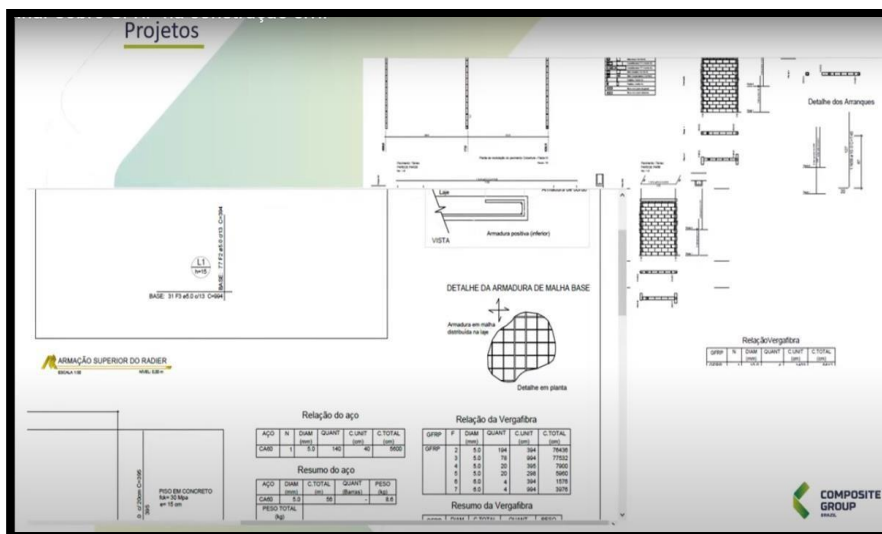


Fonte: Empresa Alphapiso (2024)

2.9 Uso de vergalhão de fibra de vidro em concreto estrutural para fabricação de pisos industriais

O vergalhão de fibra de vidro é uma inovação na construção civil brasileira, é amplamente utilizado em pisos industriais e radier. Em projetos de radier, adota-se um sistema misto, combinando vergalhões e malhas pop de fibra de vidro com aço onde necessário. (BRENNER, 2022)

Figura 9- Exemplo de projeto para a execução de radier – uso misto de malha pop de fibra de vidro e aço para os dobramentos



Fonte: Webinar da Composite Group Brasil (2021)

Figura 10 - Uso do vergalhão de fibra de vidro em obra de radier



Fonte: Webinar da Composite Group Brasil (2021)

Figura 11 - Armazenamento na obra



Fonte: Webinar da *Composite Group* Brasil (2021)

O vergalhão de fibra de vidro traz benefícios significativos à construção civil, como a redução do desperdício e transpasse em pisos industriais e radier. Seu transporte é facilitado e mais econômico, podendo ser feito com caminhões baú devido a sua menor densidade (geralmente 2000 kg/m^3) em relação ao aço (tipicamente 7860 kg/m^3). Além disso, oferece vantagens em pisos industriais e radier no Brasil devido ao clima tropical por ser um material que se mostra muito eficiente se tratando de resistência à corrosão, tornando-se uma escolha mais vantajosa em comparação com as telas de aço após a normatização. (SIMIONATO, 2023)

2.10 Influências internacionais sobre o uso de GFRP

A ACI 440.1R-15 é amplamente utilizada por projetistas no Brasil e serve como referência global. A *Composite Group* enviou representantes para a Rússia em 2017 para explorar o uso do GFRP na construção civil. A Rússia é pioneira na aplicação do GFRP, comumente encontrado em vergalhões de fibra de vidro revestidos com areia (Figura 12), com obras datando de mais de 50 anos e normas técnicas regulando seu uso. Sites de venda mencionam uma redução de custos em torno de 60% com o material com fibra de vidro em comparação ao uso do vergalhão de aço comum.

Figura 12 - Vergalhão de fibra de vidro com revestimento de areia comercializado na Rússia

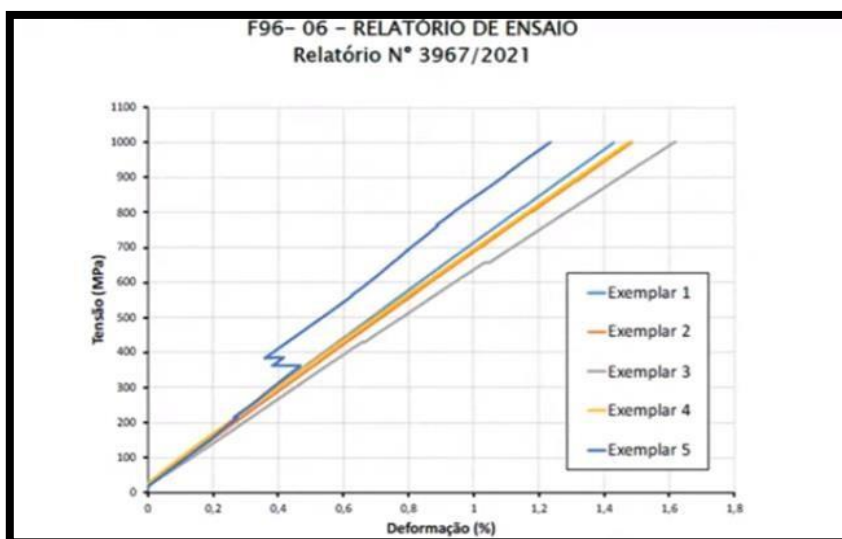


Fonte: Peskon (2024)

2.11 Atuações dos fabricantes nacionais

Fabricantes brasileiros de vergalhões de fibra de vidro conduzem ensaios para garantir a qualidade do produto, muitas vezes em laboratórios universitários. A empresa *Composite Group* apresentou dois desses ensaios em um webinar. Um deles, realizado em cinco exemplares, analisou o comportamento do vergalhão em relação à tração e ao módulo de elasticidade em uma estrutura, fornecendo dados importantes sobre suas propriedades mecânicas.

Figura 13 – Resultado de ensaio realizado com vergalhão de fibra de vidro comercializado pela *Composite Group*



Fonte: Webinar da Composite Group Brazil (2021)

No webinar, um ensaio comparativo entre uma laje de concreto armada com vergalhão de fibra de vidro e outra com armadura de aço foi realizado. A laje com vergalhão de fibra de vidro suportou uma carga de 43 kN sem colapso, apresentando apenas fissuras a partir de 30 cm de deslocamento, enquanto a laje com armadura de aço colapsou sob uma carga de 36 kN. O compósito com vergalhão de fibra de vidro mostrou capacidade de recuperação após a carga, ao contrário do compósito com vergalhão de aço.

Figura 14 – Ensaio com laje armada com Vergalhão de Fibra de Vidro – Situação com a aplicação da carga



Fonte: Webinar da *Composite Group* Brasil (2021)

Figura 15 – Ensaio com laje armada com Vergalhão de Fibra de Vidro – Situação com alívio da carga



Fonte: Webinar da *Composite Group* Brasil (2021)

Fabricantes de vergalhões de fibra de vidro, como Vergraf e *Composite Group*, certificam seus produtos para elaboração de laudos técnicos em universidades credenciadas pelo MEC e pela ABMACO (Sociedade Brasileira de Composite) sendo elas: *UNIFEI*, *UNISINOS*, *ITT Performance*, *Newtech*. Laboratórios privados como o PROLAB – Engenharia de construção¹ também realizam estes tipos de testes, contando inclusive com extensômetros a laser para medida de deformações dos vergalhões de fibra de vidro. Um complemento útil para os ensaios seria o uso de ultrassom para verificar a integridade pós-carga. O objetivo dos ensaios é determinar resistência à tração, módulo de elasticidade e diâmetro efetivo conforme normas internacionais (ASTM, ACI, GOST, ISO).

¹ <https://www.prolab.eng.br/>

2.12 A comercialização do vergalhão e malha pop de fibra de vidro

Fabricantes nacionais como Vergraf e Composite Verga Fibra recomendam o uso do vergalhão de fibra de vidro em instalações civis, industriais e comerciais. Ambas as empresas utilizam resina epóxi e nano componentes em seus produtos, sendo que a Vergraf incorpora grafeno em sua composição. A especificação do nano componente pela *Composite Group* não foi fornecida.

Quadro 1 – Recomendações para o uso do vergalhão de fibra de vidro

Onde utilizar o vergalhão de fibra de vidro?
Pisos industriais, residenciais e comerciais
Calçadas
Radier
Infraestrutura
Muros
Paredes de concreto
Vergas e contra-vergas
Vigas de amarração (cintas)
Artefatos de cimento
Capas de lajes (armaduras secundárias de distribuição)

Fonte: Composite Verga Fibra (2024)

As Indústrias da construção estão cada vez mais interessadas na normatização do vergalhão de fibra de vidro no Brasil devido à sua rápida fabricação e montagem pelo método de pultrusão. O material já está disponível em diversas formas e dimensões, como barras de 4 a 25,4 mm e malhas pop de 10x10, 15x15 e 20x20 cm.

Tabela 3 - Peso/metro do Vergalhão de Fibra de Vidro em rolos

Diâmetro Nominal	Peso/Metro	Rolos (m)
4 mm	0,020 kg/m	200
5 mm	0,035 kg/m	200
6 mm	0,045 kg/m	200
8 mm	0,080 kg/m	200
10 mm	0,125 kg/m	100
12 mm	0,185 kg/m	50
16 mm	0,350 kg/m	-

Fonte: Composite Group (2024)

Barras de GFRP não podem ser dobradas no canteiro de obras; curvas devem ser feitas durante a fabricação. O material é comercializado em rolo e mantém sua retidão após ser desenrolado.

Figura 15 – Vergalhão de fibra de vidro em rolo



Fonte: Composite Group (2024)

2.13 Atuações das entidades técnicas para a normalização brasileira

O IBRACON aplicou os testes de cisalhamento, tensão, compressão, no material para o comitê de elaboração da NBR.

O IBRACON/ABECE criou 5 grupos de trabalho para o CT 303 - Uso de Materiais não convencionais para Estruturas de Concreto, Fibras e Concreto Reforçado com Fibras, com início em janeiro de 2020, com os seguintes objetivos:

- Desenvolver trabalhos técnicos visando auxiliar na Normalização Brasileira sobre os três temas (reforço estrutural, armaduras não metálicas e concreto reforçado com fibras).
- Fortalecer a representação brasileira em trabalhos internacionais de normalização, especialmente no âmbito do ISO/TC71/SC6
- Elaboração de Práticas Recomendadas para serem publicadas pelo IBRACON e pela ABECE, visando promover uma constante atualização técnica dos profissionais da área de estruturas de concreto.

O CT 303 - Comitê Técnico IBRACON/ABECE trabalhou no desenvolvimento de um documento com Práticas Recomendadas sobre Estruturas de Concreto Armado com Barras de Polímero Reforçado com Fibras (FRP), incluindo Projeto e Especificação das Barras de FRP com o objetivo de difundir boas práticas de engenharia e estabelecer bases para futuros trabalhos de normalização técnica.

As características e condições elencadas nas práticas recomendadas pelo IBRACON são:

- Barras de FRP são produzidas industrialmente com diferentes configurações e materiais, como polímeros termofixos e fibras de vidro, aramida, carbono ou basalto. Podem ter superfícies variadas, como entalhes ou revestimento de epóxi e areia. As

barras lisas são usadas em aplicações não estruturais ou construtivas.

- Estruturas com armaduras passivas, ou seja, não protendidas;
- Concretos estruturais com características e classes de resistência definidos na NBR 8953;
- Armaduras compostas pela combinação de barras metálicas e não metálicas para fins de ductilidade e comportamento em condições extremas. As barras de metálicas devem aos requisitos da NBR 7480;
- Para situações em que a armadura estiver exposta a temperaturas de, no máximo, 60°C. As recomendações nesse documento jamais devem ser utilizadas para estruturas em condições de incêndio onde não houver sistema de proteção adequado e para os casos em que as barras podem atingir temperaturas superiores à temperatura de transição vítrea (Tg) do polímero que a compõem.

O dimensionamento de elementos estruturais armados com barras de FRP, apesar de apresentar similaridades com o dimensionamento de elementos de concreto armado convencional, deve ser feito de forma cuidadosa diante do comportamento frágil das barras de FRP.

3. Estudo de caso

Neste item é apresentado um comparativo realizando-se a substituição direta das telas de aço por telas de compósitos de polímeros reforçados com fibra de vidro a fim de realizar um levantamento da viabilidade econômica e operacional da utilização deste tipo de material.

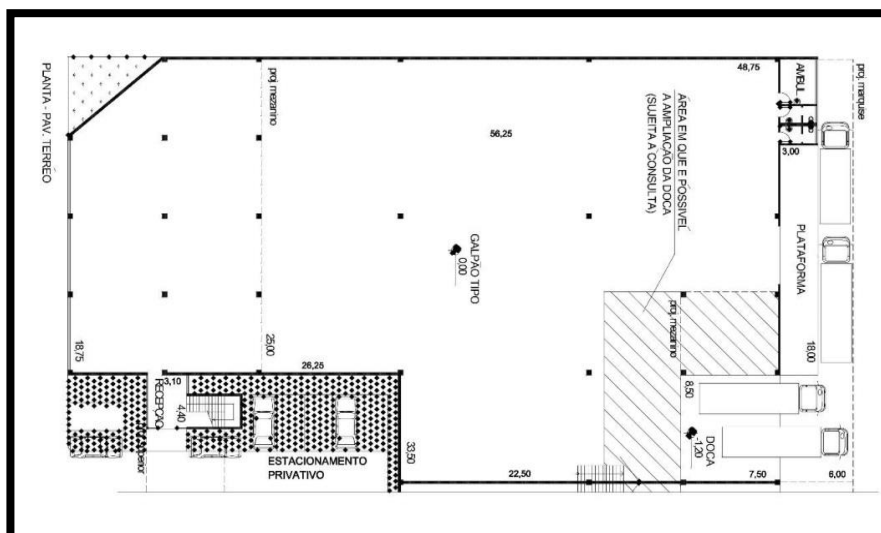
A referência de projeto utilizado é o empreendimento Business Center Tamboré, localizado na cidade de Barueri-SP, que se trata de um condomínio empresarial composto de galpões industriais e escritórios.

Para o presente estudo será utilizado como base uma planta de um galpão modular de 2400 m², sendo 1900 m² de piso livre.

3.1 Coleta de dados

Os dados sobre o empreendimento foram obtidos com base em material publicado pela incorporadora. Foi disponibilizado o arquivo para acesso aos desenhos da planta baixa em formato *DWG* para a melhor visualização dos detalhes para realização do levantamento de informações (Figura 16).

Figura 16 - Planta baixa para estudo de caso



Fonte: BC Tamboré (2024)

Figura 17 - Vista interior do estudo de caso



Fonte: BC Tamboré (2024)

3.2 Características Técnicas

Projetos de engenharia requerem estudos aprofundados de vários elementos com base nas especificações da obra.

Os levantamentos dos dados técnicos dependem de análises minuciosas que começam desde as necessidades que atendem o cliente, impactos ambientais e caracterização do solo, assim como, projetos estruturais, hidrossanitários e elétricos entre outros detalhes que permitam a execução da obra atendendo todas as normas estipuladas.

A fim de realizar comparativo, direcionado à proposta da substituição direta de único elemento que compõe o sistema construtivo, levou-se em consideração a utilização dos demais materiais utilizados na composição do piso industrial sem os devidos estudos aprofundados, apresentando desta forma um levantamento hipotético sem o conveniente embasamento técnico das escolhas realizadas sobre esses demais materiais.

3.3 Caracterização do tipo de piso

O estudo define o elemento estrutural como um piso industrial de concreto armado para uma empresa logística, projetado para suportar cargas pontuais e distribuídas, incluindo porta-paletes e cargas móveis como empilhadeiras e veículos leves comuns nesse ambiente.

Para auxiliar no dimensionamento, levantamento qualitativo e quantitativo das telas de aço, foi utilizado o Software Belgo Pavimentos, desenvolvido pela empresa Trelisoft Consultoria e Sistemas Ltda e cedido pela empresa ArcelorMittal S.A.

Figura 18 - Software disponibilizado para auxiliar no dimensionamento e levantamento para utilização no projeto



Fonte: Programa Belgos Pavimentos (2024)

Os dados utilizados na interface do programa correspondem às Figuras 19, 20 e 21:

Figura 19 - Inserção de dados Pavimento

Fonte: Programa Belgos Pavimentos (2024)

Figura 20 - Inserção de dados Fundação

Características da Placa de Concreto

Características do Pavimento | Características da Fundação | Dimensões do Pav., Barras de Transferência e Espaçadores

Camada Deslizante : Lona Plástica

Granular : K do sistema = 0,027 N/mm²

Sub-Leito CBR > 3 % S

10

Carregamentos

Veículos | Cargas Pontuais | Carga Distribuída e Linear

Rodagem Simples | Rodagem Dupla

Carga / Roda (KN) : 14,1

FS (carga) : 1,4

Pressão do Pneu (MPa) : 0,7

Fator Dinâmico : 1

Pontos de Aplicação

☒ Interior da Placa ☒ Junta c/ Barra

☒ Borda da Placa ☐ Junta s/ Barra

☒ Canto da Placa

Exo Simples

1,15 m

Proj. Exist. | Área | Zerar Carga

Gravar Dados

Resumo Geral

Relatório

Fechar

Controle de Retração e Variação de Temperatura

Acabamento Superficial

Polido

Ambiente

Interno

Fonte: Programa Belgos Pavimentos (2024)

Figura 21 - Inserção de dados complementares

Características da Placa de Concreto

Características do Pavimento | Características da Fundação | Dimensões do Pav., Barras de Transferência e Espaçadores

Pavimento

Área (m²) : 1900

Junta Serrada (m) : 160

Junta Construtiva (m) : 160

Barras de Transferência

Tipo : BTB 20 1067 Pças

Comprimento (cm) : 50

Espaçamento (cm) : 30

Espaçadores de Tela

Tipo : BE 7

Quant. de Peças : 880

Compr. da Peça (m) : 2

Espaçadores de Barra

Tipo : BE 6

Quant. de Peças : 480

Compr. da Peça (m) : 2

☐ Considerar espaçador com junta construtiva

Carregamentos

Veículos | Cargas Pontuais | Carga Distribuída e Linear

Rodagem Simples | Rodagem Dupla

Carga / Roda (KN) : 14,1

FS (carga) : 1,4

Pressão do Pneu (MPa) : 0,7

Fator Dinâmico : 1

Pontos de Aplicação

☒ Interior da Placa ☒ Junta c/ Barra

☒ Borda da Placa ☐ Junta s/ Barra

☒ Canto da Placa

Exo Simples

1,15 m

Proj. Exist. | Área | Zerar Carga

Gravar Dados

Resumo Geral

Relatório

Fechar

Controle de Retração e Variação de Temperatura

Acabamento Superficial

Polido

Ambiente

Interno

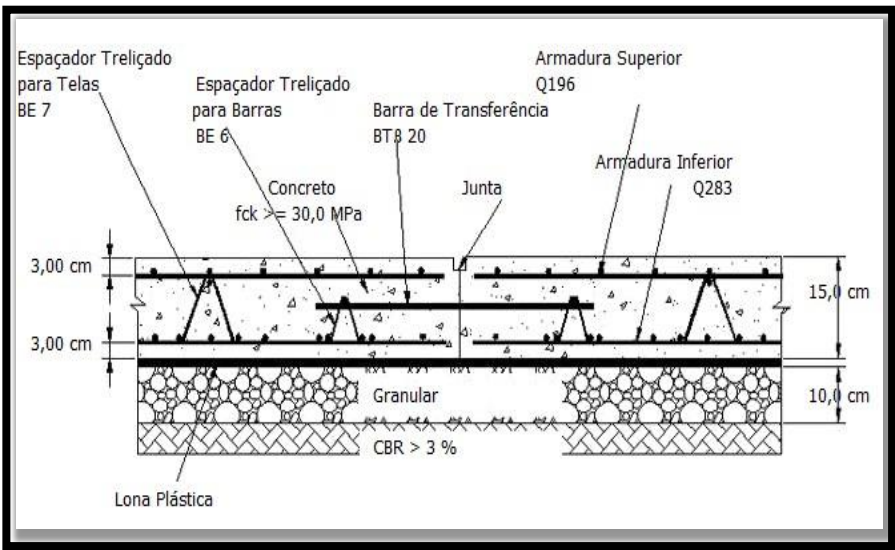
Fonte: Programa Belgos Pavimentos (2024)

3.4 Levantamento das telas necessárias para execução do piso

Com base nas informações inseridas, o programa sugeriu soluções a serem utilizadas

com informações apresentadas na própria interface e na formação de relatórios, assim como a representação gráfica do corte (Figura 22).

Figura 22 - Vista da seção gerado



Fonte: Programa Belgos Pavimentos (2024)

Para o estudo comparativo foi proposta a substituição apenas das telas superiores que foram definidas como telas soldadas tipo Q196 em painéis de 2,45 x 6,00m, dados esses que também foram utilizados no Software Pavimentos, para o cálculo de esforços (Tabela 4).

Tabela 4 - Estimativa de projeto

SOLUÇÕES	REFERÊNCIA	PESO
Espessura Mínima de Concreto	15,0 cm	-
Telas Soldadas Superior	155 painéis	7.083,50 kg
Tipo : Q196	(2,45 m X 6,00 m)	
Telas Soldadas Inferior	155 painéis	10.214,50 kg
Tipo : Q283	(2,45 m X 6,00 m)	
Tamanho Máximo das Placas	8,00 m X 8,00 m	-
Índice de Juntas Construtivas	0,084 m/m²	-
Índice de Juntas Serradas	0,084 m/m²	-
Índice de Junta Encontro	0,084 m/m²	-
Barra de Transferência	1.067 barras de 50,00 cm	1.315,61 kg

Fonte: Programa Belgos Pavimentos (2024)

3.5 Orçamento de telas de aço

Foi realizado um levantamento em lojas virtuais com base no preço à vista para o consumo. Para uma melhor aproximação dos valores praticados pelo mercado foi realizada a cotação em três empresas distintas. A cotação ocorreu no período da primeira quinzena do mês de abril do ano de 2024 (Tabela 5).

Tabela 5 - Orçamento de telas de aço

Produto	Tipo	Empresa	Preço Unitário	Média de Preços	Total peças projeto	Valor Total
Tela Soldada Nervurada Q196	Painel 2,45 x 6,00m	A	R\$ 446,79	R\$ 486,78	155	R\$ 75.450,38
		B	R\$ 550,02			
		C	R\$ 463,52			

Fonte: O autor (2024)

3.6 Equivalência de substituição por telas GFRP

Para a análise comparativa da viabilidade de substituição dos materiais, visto a inexistência de uma Norma brasileira, foram seguidas as orientações dos próprios fornecedores com embasamento na publicação das práticas recomendadas IBRACON e nas características próprias dos produtos que podem variar de acordo com as fabricantes. A Tabela 6 informa a equivalência das telas, de acordo com a fabricante Composite Group.

Tabela 6 - Equivalência de Telas aço x GFRP

TELA DE AÇO CA-60					VS	TELA GFRP				
ORDEM	TIPO	DIÂMETRO	MALHA (cm)	PESO (kg/painel)		ORDEM	TIPO	DIÂMETRO	MALHA (cm)	PESO (kg/painel)
1	Q61	Ø 3,40 mm	15 x 15	14,26		1	G42	Ø 4,00 mm	30 x 30	2,55
2	Q75	Ø 3,80 mm	15 x 15	17,79		2	G52		25 x 25	2,95
3	Q92	Ø 4,20 mm	15 x 15	21,76		3	G65		20 x 20	3,76
4	Q113	Ø 3,80 mm	10 x 10	26,46		4	G65	Ø 5,00 mm	30 x 30	4,16
							G84		25 x 25	4,8
							G91	Ø 4,00 mm	15 x 15	4,81
5	Q138	Ø 4,20 mm	10 x 10	32,34		5	G105	Ø 5,00 mm	20 x 20	6,12
6	Q159	Ø 4,50 mm	10 x 10	37		6			15 x 15	7,84
7	Q196	Ø 5,00 mm	10 x 10	45,7		7	G147			
8	Q246	Ø 6,00 mm	10 x 10	57,5		8	G161	Ø 6,00 mm	15 x 15	11,4

Fonte: Composite Group (2024)

3.7 Orçamento de telas GFRP

Por se tratar de um produto específico com pouca oferta, os orçamentos das telas de GFRP foram realizados diretamente com duas fabricantes nacionais.

A empresa Vergraf, situada na região sul do Brasil, concedeu uma tabela de referência para composição de preço através das medidas lineares dos materiais a serem utilizados na fabricação das telas (Figura 23).

Figura 23 - Preços Fornecedora GFRP

POLITICA DE PREÇOS									
Vergraf		PEDIDO MINIMO		R\$ 15.000,00		R\$ 100.000,00			
		R\$ 300,00		Desconto		Desconto			
		Valor Base		12,25%		14,90%			
Diametro	BARRAS	Valor	BARRAS	Valor	BARRAS	Valor	BARRAS	Valor	
EXTERNO mm	12 metros	Varejo	12 metros	Construtoras	12 metros	Grandes Contas			
4 - 3/16	R\$ 17,10	R\$ 1,43	R\$ 15,00	R\$ 1,25	R\$ 14,55	R\$ 1,21			
5	R\$ 25,99	R\$ 2,17	R\$ 22,80	R\$ 1,90	R\$ 22,12	R\$ 1,84			
6 - 1/4	R\$ 36,25	R\$ 3,02	R\$ 31,80	R\$ 2,65	R\$ 30,85	R\$ 2,57			
8 - 5/16	R\$ 50,89	R\$ 4,24	R\$ 44,64	R\$ 3,72	R\$ 43,30	R\$ 3,61			
10 - 3/8	R\$ 82,35	R\$ 6,86	R\$ 72,24	R\$ 6,02	R\$ 70,07	R\$ 5,84			
12 - 1/2	R\$ 121,48	R\$ 10,12	R\$ 106,56	R\$ 8,88	R\$ 103,36	R\$ 8,61			
16 - 5/8	R\$ 216,14	R\$ 18,01	R\$ 189,60	R\$ 15,80	R\$ 183,91	R\$ 15,33			

TELAS AÇO					Valor Correspondente em metros das telas				
2,45 X 6	espaçamento	metros	Valor metro	Valor Tela					
Q 92 - 4 mm	15 X 15	200	R\$ 1,25	R\$ 250,00					
Q138 - 4 mm	10 X 10	297	R\$ 1,25	R\$ 371,25					
Q196 - 5 mm	10 X 10	297	R\$ 1,90	R\$ 564,30					
Q283 - 6 mm	10 X 10	297	R\$ 2,65	R\$ 787,05					
Q335 - 8 mm	15 X 15	200	R\$ 3,72	R\$ 744,01					
Q503 - 8 mm	10 X 10	297	R\$ 3,72	R\$ 1.104,85					

TELAS AÇO					Valor Correspondente em metros das telas				
2 X 3	espaçamento	metros	Valor metro	Valor Tela					
EQ092 - 4 mm	15 X 15	82	R\$ 1,25	R\$ 102,50					
EQ138 - 4 mm	10 X 10	123	R\$ 1,25	R\$ 153,75					
EQ196 - 5 mm	10 X 10	123	R\$ 1,90	R\$ 233,70					
EQ283 - 6 mm	10 X 10	123	R\$ 2,65	R\$ 325,95					
EQ335 - 8 mm	15 X 15	82	R\$ 3,72	R\$ 305,04					
EQ503 - 8 mm	10 X 10	123	R\$ 3,72	R\$ 457,56					
8 mm	20 X 20	63	R\$ 3,72	R\$ 234,36					

Fonte: Comercial Vergraf (2024)

A empresa informa que a equivalência para a substituição da tela de aço para utilização do seu produto deve ser realizada levando em consideração uma bitola de barra imediatamente inferior ao projeto com aço.

Desta forma pode-se verificar a substituição das telas, conforme orientação da fabricante (Tabela 7)

Tabela 7 - Orçamento de tela GFRP

PROJETO BASE		COMPRIMENTO LINEAR (m)	TELA EQUIVALENTE			
TELA EM AÇO	MALHA (cm)		VERGALHÃO GFRP	CUSTO VAREJO	PESO/TELA	TOTAL/TELA
Q196 - 5mm	10 X 10	297	4mm	R\$1,43/metro	Não informado	R\$ 424,71

Fonte: Comercial Vergraf (2024)

A segunda fabricante consultada foi a empresa Composite, também situada na região sul do Brasil. Através do contato direto com um representante comercial, foi enviado a proposta para elaboração de um orçamento (Figura 24).

Figura 24 – Orçamento de tela pronta GFRP

		COTAÇÃO Nº 001570		PROPOSTA DE FORNECIMENTO					
		VALIDADE: 29/10/22							
		IMPRESSO EM: 19/10/22							
		COMPOSITE BRAZIL - INDÚSTRIA DE FIBRA DE VIDRO LTDA. CNPJ: 32.051.237/0001-03 ENDEREÇO: RUA PARALELA BR202, N. 850, BAIRRO RUA ALTA, PONTE SERRADA - SC, CEP: 89681-000							
Cliente:				Segmento:					
Endereço:									
CNPJ:				Insc. Estadual:					
Representante:		GUILHERME AUGUSTO BONAN		Cond. Pagto.:		VENDA 01 X - A VISTA			
Ordem de Compra:				Prev. Entrega:		19/10/22			
End. Entrega:									
Contato:				e-Mail:		Fone:			
MATERIAIS									
Item	Descrição	Quant. (m)	Peso (kg)	VI Unitário	Tot. Sem IPI	VL IPI	Tot. Com IPI		
1	G147 Malha GFRP 5mm (2.45x6) 15x15	155	1.215,200	311,0400	48.211,20	3.133,73	51.344,93		
IPI: 6,5%		Valor Sem IPI:		48.211,20		Valor Final:		51.344,93	
		Metragem total:		155		Peso total (kg):		1.215,200	
Observações:		OS PRAZOS DE ATENDIMENTO SÃO VÁLIDOS SOMENTE PARA A DATA ATUAL, SE A CONFIRMAÇÃO ACONTECER EM OUTRA DATA OS PRAZOS DE ATENDIMENTO SERÃO MEDIANTE A DISPONIBILIDADE DE ESTOQUE, O CLIENTE ACEITA ANTECIPAÇÃO DE FORNECIMENTO. OS VALORES CONTIDOS NESTA COTAÇÃO TEM VALIDADE DE 10 DIAS A CONTAR DA DATA DE EMISSÃO DA MESMA. O CLIENTE DEVERÁ TER RESPONSÁVEL TÉCNICO PARA USO DO PRODUTO. FRETE - FOB - Valor frete, transportadora - R\$ 0,00							
		De acordo com o cliente, liberado para fornecimento.							
REPRESENTANTE		CLIENTE		GESTOR COMERCIAL					

Fonte: Comercial Composite Group (2024)

Desta forma, pode-se verificar a substituição das telas, conforme instruções da fabricante.

Tabela 8 - Equivalência de telas

PROJETO BASE		TELA EQUIVALENTE			
TELA EM AÇO	MALHA (cm)	TELA GFRP	MALHA (cm)	PESO/TELA	Valor Unitário
Q196 - 5mm	10 X 10	G147	15 X 15	7,84kg	R\$ 311,04

Fonte: Comercial Composite Group (2024)

3.8 Comparativo das Substituições

A Tabela 9 realiza a tabulação dos dados levantados, trazendo as principais características inerentes a cada material assim como os custos, a fim de facilitar a visualização comparativa. Resaltando que na composição do custo não está considerado o valor do frete que será utilizado para transporte do material até o local que será utilizado.

Tabela 9 - Comparativo Geral aço e GFRP

TIPO DE TELA SOLDADA			
CARACTERÍSTICAS DO PROJETO	AÇO	GFRP ¹	GFRP ²
Área de Piso Livre	1900m ²	1900m ²	1900m ²
Tipo de Tela	Q136	Q138	G147
Bitola dos Fios	5mm	4mm	5mm
Espaçamento	10 cm x 10 cm	10 cm x 10 cm	15 cm x 15 cm
Disposição	painel	painel	painel
Medidas	2,45m x 6,00m	2,45m x 6,00m	2,45m x 6,00m
Quantidade de Peças	155 unidades	155 unidades	155 unidades
Peso Unitário	45,70kg	Não informado	7,84kg
Valor Unitário	R\$486,78	R\$424,71	R\$311,04
Peso Total	7083,50kg	Não informado	1215,20kg
Valor Total	R\$75.480,38	R\$65.830,05	R\$51.344,93
Redução de Peso	-	Não informado	82,84%
Redução de Custo	-	12,78%	31,97%

Fonte: GFRP ¹ - Vergraf e GFRP ² - Composite Group (2024)

4.0 Resultado do estudo de caso

Durante a pesquisa para embasar este estudo foi notável a abundância de literatura sobre o uso do aço na construção civil. Suas propriedades mecânicas o tornam adequado para o concreto estrutural, especialmente na fabricação de pisos industriais, sem restrições. A disponibilidade comercial do aço em todo o país confere uma grande vantagem sobre outros materiais.

Quanto ao uso do vergalhão de fibra de vidro na construção civil há vasta literatura técnica estrangeira, especialmente voltada para aplicações em climas temperados do hemisfério norte. Com base em estudos nacionais e na tradução da ACI 440.1R15, foi possível reunir informações sobre as propriedades mecânicas do GFRP. Estas propriedades são adequadas para uso em concreto estrutural na fabricação de pisos industriais, porém com algumas restrições relacionadas ao projeto, dimensionamento e tipo de vergalhão de fibra de vidro disponível comercialmente.

Observou-se que o vergalhão de fibra de vidro comercializado possui diferentes nano aditivos, dependendo do fabricante, e que a resina aplicada à fibra de vidro exerce grande influência em suas propriedades mecânicas. Apesar dos esforços dos fabricantes em fornecer materiais adequados, a falta de normatização na fabricação e uso do vergalhão de fibra de vidro nas estruturas de concreto armado é evidente.

No desenvolvimento do estudo de caso constatou-se uma escassez de oferta de vergalhões e telas de GFRP, dificultando a localização de obras para visita na Região Metropolitana de São Paulo ou cidades próximas. Para contornar essa dificuldade, foram

utilizados dados presumidos para uma análise comparativa, seguindo as orientações dos fabricantes consultados.

Para um piso industrial de concreto armado, foi definido, através de simulação, o uso de painéis de aço em sua armadura superior. Em outra simulação, utilizando barras GFRP de diferentes fabricantes, foram apresentadas alternativas com reduções significativas de custo em comparação ao aço, além de redução de peso do material compósito. Contudo, é importante ressaltar que não foram considerados procedimentos como transporte e manuseio neste estudo.

5.0 Conclusão

Com base nos objetivos propostos, destacou-se a importância da investigação sobre o uso da barra de Polímero Reforçado com Fibra de Vidro (GFRP) em suas diversas formas de comercialização para aplicação em pisos industriais. Ao examinar o desenvolvimento da norma técnica brasileira pelo IBRACON/ABECE e sua relação com as normas internacionais, é possível observar a relevância da padronização e segurança nesse campo.

A comparação de custos entre o uso do vergalhão/tela de aço e o vergalhão de fibra de vidro nos mostrou insights valiosos para as decisões de materiais na construção de pisos industriais em concreto armado. Essa análise econômica foi crucial para garantir não apenas a eficácia técnica, mas também a viabilidade financeira dos projetos.

Ao expandir o conhecimento sobre o uso do GFRP em pisos industriais, buscou-se não apenas promover a inovação e eficiência na construção civil, mas também contribuir para a adoção de práticas mais sustentáveis e ambientalmente conscientes. Espera-se que os resultados e discussões apresentados inspirem avanços significativos no setor, beneficiando tanto os profissionais quanto o meio ambiente.

Por fim, conclui-se que, devido à escassez de mão de obra especializada na fabricação e à ausência de normas técnicas específicas, a viabilidade da utilização da fibra de vidro em pisos industriais pode ser comprometida atualmente. No entanto, à medida que um maior número de empresas fabricantes da fibra se estabelecerem por todo o país e as normas brasileiras forem finalizadas, o produto poderá emergir como um substancial substituto do aço.

6.0 Referências bibliográficas

ABREU, J. V.; MEZZALIRA, F. A.; CRUZ, L. O. M. Normas tecnológicas de cimentos para aplicações especiais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, 46., 2004, Florianópolis, SC. Anais... Florianópolis: IBRACON, 2004.

AECWEB. Piso industrial pede projeto e execução primorosos. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/piso-industrial-pede-projeto-e-execucao-primorosos/22638>. Acesso em: 19 abr. 2024.

ALPHA PISOS. Piso de Concreto Armado. Disponível em: <http://alphapiso.com.br/armado>. Acesso em: 09 abr. 2024.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 440.1R-15 – Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Bars. 2015.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 440 F – 2000. Guidelines for the selection, design and installation of fiber reinforced polymer (FRP) systems for external strengthening of concrete structures. 97p., USA, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7481:1989 - Tela de aço soldada - Armadura para concreto. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5916:1990 - Junta de tela de aço soldada para armadura de concreto - Ensaio de resistência ao cisalhamento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118:2014 - Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014. 238 p.

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

BAKIS, C. E.; UPPULURI, V. S.; NANNI, A.; BOOTHBY, T. E. Analysis of bonding mechanisms of smooth and lugged FRP rods embedded in concrete. Composites Science and Technology, v. 58, p.1307-1319, 1998.

BAKIS, C. E. et al. Fiber reinforced polymer composites for construction — State-of-the-art review. Journal of Composites for Construction, v. 6, n. 2, p. 73-87, 2002.

BC TAMBORÉ. Galpão Modular. Disponível em: <<https://bctambore.com.br/property/galpao-modular-2400m-1>>. Acesso em: 27 abr. 2024.

BALIEIRO, L. D. O. Soluções para Pisos Industriais em Concreto Armado. Belo Horizonte, 2015. 60 p. Monografia (Especialização) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2015

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. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/ISMS-837LJQ>>. Acesso em: 29 abr. 2024.

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. Materials Science and Engineering: An Introduction. [S.l.]: John Wiley & Sons New York, 2007. v. 7.

CARVALHO, Marcos Dutra de; PITTA, Marcio Rocha. Pisos Industriais de Concreto. Parte 1, 2 ed. rev. Anual. São Paulo: ABCP, 1989. (ET-52).

COMPOSITE GROUP BRAZIL. Webinar sobre GFRP na construção civil. YouTube, 11 de maio de 2021. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=KirJ-AhrZNk>>. Acesso em: 15 mar. 2024.

COMPOSITE GROUP BRAZIL. Verga Fibra Em quais tipos de obra ela pode ser aplicada. Disponível em: <<https://compositegroup.com.br/blog/verga-fibra-em-quais-tipos-de-obras-ele-pode-ser-aplicado/>>. Acesso em: 15 mar. 2024.

COMPOSITE GROUP BRAZIL. Verga Fibra. Disponível em: <<https://compositegroup.com.br/vergafibra/>>. Acesso em: 15 mar. 2024.

COMPOSITE GROUP BRAZIL. Primeira concretagem de verga fibra no Brasil. Disponível em: <<https://compositegroup.com.br/blog/primeira-concretagem-do-verga-fibra-no-brasil/>>. Acesso em: 15 mar. 2024.

COUTO, I. Análise teórica e experimental do comportamento da aderência entre o concreto e barras de fibra de vidro impregnada por polímero. Dissertação de Mestrado, USP-São Carlos, 2007.

CRISTELLI, Rafael. Pisos industriais de concreto - análise do sistema construtivo. Disponível em: Zenodo. Publicado em: 2010. Acesso em: 15 de mai. 2024.

ESTÊVÃO, M. M. Durabilidade de varões de GFRP para reforço de elementos de betão armado. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, Portugal, 2017.

GERDAU. Catálogo Construção Civil. Disponível em: <<https://www2.gerdau.com.br/catalogos-e-manuais>>. Acesso em: 15 mar. 2024.

IBRACON/ABECE. Estruturas de concreto armado com barras de polímero reforçado com fibras (FRP). 1ª edição. Prática Recomendada CT 303 IBRACON/ABECE, 2021.

IBTS - INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. Pisos em Concreto Armado. Disponível em: <<http://www.ibts.org.br/pdfs/pisos.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2024.

MAGGI, P. L. O. Comportamento de pavimentos de concreto estruturalmente armados sob carregamentos estáticos e repetidos. São Carlos, 2004. 205 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MATIAS, P. H. P. Comparativo entre o uso de barras de aço e barras de polímero reforçado de fibra de vidro em estruturas de concreto armado. In: Coletânea de Estudos em Engenharia Civil Uningá, Maringá, 2020, p. 166-184.

MATTOS, Maria Luiza. Pisos Industriais de Concreto. Revista Técnica, 89ª ed. PINI, São Paulo, 2004.

OLIVEIRA, L. O. S. B.; SOUZA, R. H. F.; TEIXEIRA, B. A. C. Utilização de armaduras não metálicas no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, 10., Rio de Janeiro. Anais eletrônicos [...]. Rio de Janeiro: UERJ – Departamento de Estruturas e Fundações, 2018.

PESKON. Tipo de vergalhão de fibra de vidro com revestimento de areia. Disponível em: <<https://setka-rf.ru/shop/armadura/armadura-s-peskom-gost>>. Acesso em: 03 mar. 2024.

PINHEIRO, B. A. O. Pisos industriais de concreto reforçados com fibras de aço: estado da arte. Recife, 2009. 125 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Pernambuco.

QUINTO, Marcelo Toledo. Pisos de Concreto com Fibras de Aço. Revista Concreto & Construções, 81ª ed. IBRACON, São Paulo, 2016.

QUINTO, Marcelo Toledo. Pisos de Concreto com Fibras de Aço. Revista Técnica, 107ª ed. PINI, São Paulo, 2006.

REDAÇÃO AECweb. Piso industrial pede projeto e execução primorosos. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/piso-industrial-pede-projeto-e-execucao-primorosos/22638>>. Acesso em: 17 mar. 2024.

REVISTA Techne. Normas de desempenho; Requisitos estruturais comentados; Concrete SHOW 2013 Produtos para Sistemas Construtivos a Base de Cimento. Edição 197, ano 21, agosto de 2013. Editora PINI.

SANT'ANNA, P. Como especificar telas de aço. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://www.acad.eng.br/telas-aco/>>. Acesso em: 15 mar. 2024

SANTOS, Diego Brenner Freire; ALMEIDA, Igor Gabriel da Silva; CRUZ, Cláudia Patrícia Torres. Estudo comparativo entre os vergalhões de aço e polímero reforçado com fibra de vidro. Disponível em <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/items/405d5d30-e23a-4b4b-bf8c-41baa107a455>> Publicado em: 2022. Acesso em: 15 mar. 2024.

SILVA SARMENTO, M. R.; SILVA FERREIRA, A. B.; SILVA, C. M. A.; SILVA OLIVEIRA, R. Desenvolvimento mecânico e sustentável: A usabilidade do vergalhão de fibras de vidro na construção civil. Disponível em: <<https://zenodo.org/records/10999582>>. Acesso em: 15 mai. 2024.

SIMIONATO, A.; FERRONATO, A.; CORADI, C. A inserção do vergalhão de fibra de vidro na construção civil em Xanxerê/SC. Recuperado em 16 de maio de 2024, de <https://periodicos.unoesc.edu.br/siepe/article/view/33472>.

TAVARES, D. H. Análise teórica e experimental de vigas de concreto armadas com barras não metálicas de GFRP. Dissertação de mestrado, USP – EESC, São Carlos, 2006.

UOMOTO, T. et al. Use of fiber reinforced polymer composites as reinforcing material for concrete. Journal of Materials in Civil Engineering, v. 14, n. 3, p. 191-209, 2002.

VERGRAF. Vergraf Soluções com grafeno na construção civil. Disponível em: <<https://vergraf.com.br/>>. Acesso em: 03 abr. 2024.