

# O CONCRETO TÊXTIL – GENERALIDADES

## TEXTILE CONCRETE - GENERALITIES

Denise Ribeiro Sousa<sup>1</sup>  
Simone Perruci Galvão<sup>2</sup>

### RESUMO

As necessidades das sociedades devem ser supridas pela evolução e inovação de novos produtos para atendê-las adequadamente, levando-se em consideração os aspectos econômicos, sociais e ambientais, devendo seguir um fluxo contínuo de desenvolvimento. Na engenharia civil, a busca por novos materiais é fundamental, neste âmbito surge o concreto têxtil, um material onde os vergalhões de aço passam a ser substituídos por um compósito constituído por fibras contínuas bidirecionais, envolvidas por um material polimérico, distribuídas em formas de malhas, podendo estas serem dos tipos: vidro, carbono e aramida. Este material constitui-se um avanço para estruturação do concreto armado, devido à substituição total da armadura de aço, não existindo desta forma a probabilidade da corrosão da armadura – um grande problema atual - além de propiciar uma redução das sessões das peças de concreto e do peso próprio do mesmo, diante da não necessidade da camada de cobrimento. Este trabalho trata-se de uma revisão da literatura acerca do tema concreto têxtil, onde foi feita uma análise de textos científicos publicados na forma de livros, artigos, teses, dissertações, entre os anos de 2016-2022, visando caracterizar esse novo material. Apesar de ser um material novo e de estar em fase de desenvolvimento, vem se mostrando promissor no mercado, visto que, além de componentes não corrosivos e não magnéticos, tem apresentado desempenhos satisfatórios em relação à resistência à tração, durabilidade frente à ação de agentes agressivos como os íons cloretos, a carbonatação e a resistência à altas temperaturas - para certas condições de reforço- se transformando em uma nova alternativa para problemas enfrentados atualmente na estrutura de concreto armado.

**Palavras-chave:** concreto têxtil; material; construção civil.

### ABSTRACT

The needs of societies must be met by the evolution and innovation of new products to meet them adequately, taking into account the economic, social and environmental aspects, and should follow a continuous flow of development. In civil engineering, the search for new materials is fundamental. In this context, textile concrete arises, a material where steel rebar is replaced by a composite consisting of bidirectional continuous fibers, involved in a polymeric material, distributed in mesh shapes, of the following types: glass, carbon, and aramid. This material is an advance for the structuring of reinforced concrete, due to the total replacement of the steel reinforcement, thus not existing the probability of reinforcement corrosion - a major current problem - in addition to providing a reduction of the sessions of the concrete parts and the weight of the same, since there is no need for a cover layer. This paper is a literature review

---

<sup>1</sup> Bacharelanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho, 2022.

<sup>2</sup> Doutora em Engenharia dos Materiais, UFPE; Professora Adjunta da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho.

on the topic of textile concrete, where an analysis of scientific texts published as books, articles, theses, dissertations, between the years 2016-2022 was performed, aiming to characterize this new material. Although it is a new material and is under development, it has shown promise in the market, since, in addition to non-corrosive and non-magnetic components, it has shown satisfactory performance in relation to tensile strength, durability against the action of aggressive agents such as chloride ions, carbonation and resistance to high temperatures - for certain conditions of reinforcement - becoming a new alternative to problems currently faced in the reinforced concrete structure.

**Keywords:** concrete textile; material; civil construction.

## INTRODUÇÃO

O mundo vive em constante evolução. Historicamente o avanço das civilizações dependeu do aperfeiçoamento dos materiais com que se trabalha. O homem tem a capacidade de criar e modificar as propriedades dos materiais existentes transformando-os em novos produtos e sistemas, adequando-os as suas necessidades. O concreto utilizado hoje, por exemplo, é resultado do aperfeiçoamento de novos materiais, técnicas, teorias e necessidades de adequar-se as formas arquitetônicas.

Entre os materiais de construção, o concreto é o mais utilizado no mundo, decorrente da alta durabilidade, resistência e versatilidade de formas e tamanhos para os quais pode ser projetado (DENARDI, 2016).

Entretanto, seu desempenho e durabilidade podem ser influenciados negativamente quando exposto a ambientes agressivos e em contato com agentes nocivos. O grande desafio da tecnologia do concreto atual é aumentar a durabilidade das estruturas, recuperar estruturas danificadas e entender o complexo mecanismo químico e mecânico entre os materiais constituintes do concreto (SERRA, 2018). O aprimoramento do concreto, através de novas variações, como no caso do concreto têxtil (CT), é um caminho importante a ser estudado.

Este concreto é um material constituído por uma matriz cimentícia de baixa granulometria, que envolve uma ou mais camadas de tecido, composta por fibras de

alto desempenho, que são envolvidas em um material polimérico (ARAUJO, 2019). As fibras são constituídas, principalmente, por vidro, carbono e aramida, com capacidade de manter suas propriedades mesmo em meio alcalino (SERRA, 2018)

O concreto têxtil apresenta características não corrosivas, não magnéticas, de alta durabilidade em ambientes corrosivos, além da produção peças de menores seções. Porém, por ser um material novo, o estudo da sua composição e do material como um todo, faz-se necessário para comprovar e fundamentar a sua aplicação (DENARDI, 2016).

O objetivo deste trabalho consiste na análise bibliográfica referente ao concreto têxtil, descrevendo a sua origem, sua composição e características, analisando as suas propriedades no estado fresco e endurecido, assim como seus benefícios. Será realizada uma análise comparativa deste material em relação ao concreto armado, mostrando a sua aplicabilidade no contexto da construção civil.

## METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de um estudo de revisão bibliográfica acerca do tema: concreto têxtil. Os dados utilizados neste estudo foram escolhidos de forma criteriosa e a partir de fontes confiáveis, como as plataformas: Google Scholar e a Scielo, com pesquisa realizada entre os anos de 2016 à 2022.

Esta revisão foi obtida a partir de resultados de pesquisas disponíveis em base de dados,

como: artigos, teses, dissertações, buscando se realizar uma análise e discussão acerca das informações publicadas, contribuindo assim para futuras pesquisas a serem realizadas sobre o tema estudado.

Foram selecionados trabalhos na língua portuguesa e inglesa, com uma apuração considerável de artigos científico e revistas, descartados os trabalhos que não eram de interesse dessa revisão.

Realizou-se uma busca específica utilizando termos-chave e seus sinônimos, sendo eles:

- Concreto têxtil e suas propriedades
- Textile concrete and its properties;
- Composição do concreto têxtil;
- Composition of textile concrete;
- Concreto têxtil na construção civil;
- Textile concrete in civil construction.

Após realizar a pesquisa, procedeu-se da etapa de seleção dos conteúdos para extração dos dados utilizados neste trabalho. Este processo foi dividido em três etapas:

- Etapa I: análise criteriosa dos títulos e de seus resumos, selecionando os materiais relevantes a essa pesquisa;
- Etapa II: estudo do material selecionado a respeito da composição, propriedades e resultados obtidos, ponderando quais trabalhos condizem com temática dessa pesquisa.
- Etapa III: leitura minuciosa sobre as ideias principais e interpretação dos dados.

Além dos critérios de busca e seleção citados, determinou-se um critério de exclusão de pesquisas. Os artigos que focavam no concreto com reforço em fibras curtas, os que tinham uma abordagem que divergia do foco desse trabalho e os que possuíam informações muito limitadas sobre o concreto têxtil, foram descartados.

Vale ressaltar que o estudo priorizou a busca de artigos recentes, otimizando ainda

mais e melhorando a relevância desta revisão bibliográfica.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA**

A partir da década de 1960, materiais como têxteis e tecidos feitos de fibras de polímero de alta performance, estavam apenas disponíveis para a indústria aeroespacial. O desenvolvimento de compósitos para a matriz cimentícia só passou a ser considerado no final da década de 1980 e começo da década de 1990 (DENARDI, 2016).

O principal centro de pesquisa e desenvolvimento deste material foi na Alemanha, porém no Reino Unido, em Israel e no Japão também se desenvolveram diversos estudos sobre suas características e aplicações, que resultaram em um conhecimento significativo desse compósito inovador (OTT, 2018).

Em 2003, foi criado o Comitê Técnico RILEM 201-TRC, reunindo diversos pesquisadores acerca do assunto. Esse comitê foi responsável por publicar diversos documentos técnicos que servem até hoje como referência para o estudo do concreto têxtil (OTT, 2018).

O primeiro livro sobre o concreto têxtil foi publicado recentemente; em 2016, o livro intitulado: *Textile Fibre Composites in Civil Engineering*, editado por Thanasis Triantafillou, tem em seu conteúdo uma revisão dos trabalhos publicados por principais especialistas sobre o tema, contendo informações sobre o uso de compósitos com fibras, analisando materiais, tecnologias de produção, propriedades fundamentais, ensaios, aspectos de design, aplicações e orientações para futuras pesquisas e desenvolvimentos. (TRIANTAFILLOU, 2016).

## O CONCRETO TÊXTIL

O concreto têxtil é composto, basicamente, por: matriz cimentícia (cimento, água e agregados) e malha têxtil bidimensional ou tridimensional; podendo ainda ser utilizado para melhorar as propriedades da matriz cimentícia, os aditivos químicos e adições minerais, comumente utilizados no concreto armado tradicional (SILVA, 2018).

As propriedades mecânicas e de durabilidade são indicadas, devendo ser compatíveis com a do concreto produzido. Sendo assim, a indicação da melhor matriz cimentícia em relação ao tipo de tecido geométrico e processo produtivo que satisfaçam ao projeto estrutural torna-se primordial (SILVA, 2018).

A utilização de reforço têxtil ao invés de barras de aço em estruturas de concreto seria a solução mais adequada, pois nesse tipo de reforço, a forma e a distribuição das fibras proporcionam sua orientação de acordo com as tensões solicitadas (SERRA, 2018).

Além de apresentar estruturas muito esbeltas, por não precisar de uma grande espessura de cobrimento do concreto; o concreto com têxtil ainda apresenta propriedades como resistência à compressão e à tração satisfatórias a uma dada aplicação estrutural (HALIK; SINGH; MARTÍNEZ, 2021).

O concreto têxtil embora seja um material novo, já proporciona resultados incentivadores para pesquisas contínuas para seu aprimoramento, é utilizado em diferentes projetos, como: passarelas, painéis de fachada para edificações, painéis sanduíches, material de reparos e reforços estruturais (DENARDI, 2016).

A seguir serão expostas as principais camadas do concreto têxtil.

## Têxtil

O têxtil possui como unidade de matéria prima a fibra. As propriedades, quantidade e arranjo desse material fibroso está diretamente ligado com o comportamento do concreto têxtil (LEUCK, 2018). Estas podem ser confeccionadas de materiais poliméricos, sintéticos, orgânicos ou outro material adequado (SERRA, 2018).

Alguns requisitos da fibra devem ser cumpridos para o bom desempenho do compósito, como por exemplo, para que a estrutura mantenha a rigidez quando ocorre o processo de fissuração; o módulo de elasticidade deve ser maior do que o da matriz do concreto. Deve também possuir aderência com a matriz de concreto, ser resistente ao meio alcalino, ter baixo custo e um processo de fabricação simplificado (SILVA, 2020).

Na Tabela 1, podemos observar as propriedades de diferentes tipos de fibras.

Tabela 1 - Propriedades mecânicas de diferentes tipos de fibras.

Tipo de fibra	Resistência à tração (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)	Deformação última (%)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
Vidro (AR)	2500	70	3,6	2,78
Carbono	3500 - 6000	230 - 600	1,5 - 2,0	1,60 - 1,95
Aramida	3000	60 - 130	2,1 - 4,0	1,4
Poliétileno	250	1,4 - 2,2	10 - 15	0,95
Polipropileno	140 - 690	3 - 5	25	0,90 - 0,95
PVA	880 - 1900	25 - 41	6 - 10	1,3
Basalto	3000 - 4840	79,3 - 93,1	3,1	2,7
Sisal	600 - 700	38	2 - 3	1,33
Metálica	1200	200	3 - 4	7,85

Fonte: Peled, Bentur e Mobasher (2017), apud Ott (2018).

As fibras, no entanto, são normalmente constituídas de fibras de vidro, fibras de carbono ou fibras de aramida (SERRA, 2018). Pode-se destacar entre elas as seguintes características:

Fibras de Vidro AR (álcali resistente): possui a sílica (SiO<sub>2</sub>) como ingrediente principal e 15% zircônio incorporado em sua massa. Sua alta resistência específica é

uma das principais vantagens da utilização, é uma das mais empregadas para reforço do CT pois possui uma boa aderência com matrizes a base de cimento, tem custo acessível, proporcionando uma boa relação custo/benefício (SERRA, 2018).

**Fibras de Carbono:** o material principal para sua fabricação é a fibra de poliacrilonitrila (PAN). Não possui uma alta aderência ao material cimentício, porém os filamentos de carbono possuem uma elevada resistência a solventes ácidos, alcalinos e orgânicos, resistência às vibrações, boa condutividade elétrica, altíssimos valores de resistência à tração, módulo de elasticidade e tenacidade, no entanto apresentam um custo elevado (LEUCK, 2018).

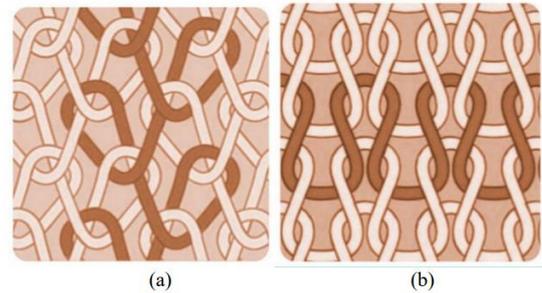
**Fibras de Aramida:** poucos são os estudos referentes às fibras de aramida no campo da engenharia estrutural. Essas fibras são confeccionadas por policondensação de dicloranidridos, de ácidos aromático de dicarbono, com diaminas aromáticas. Possuem uma excelente resistência à tração e módulo de elasticidade, porém apresenta desvantagens como uma baixa resistência a soluções alcalinas e a expansão quando sofre ações de calor, provocando tensões na interface com a matriz cimentícia (SERRA, 2018).

A malha têxtil é constituída por um conjunto de fibras elementares, denominadas filamentos. Um fio pode ser composto por milhares de filamentos longos e agrupados de diferentes maneiras, com um diâmetro entre 5 a 30  $\mu\text{m}$  (LEUCK, 2018).

Destaca-se a terminologia do urdume e da trama, que são os conjuntos de fios dispostos na direção longitudinal e transversal do tecido têxtil, respectivamente, de acordo com a Figura 1. O entrelaçamento de fios de trama ou de

urdume dependerá do tipo de geometria desejável (DALAZEN, 2021)

Figura 1: (a) Trama e (b) Urdume.

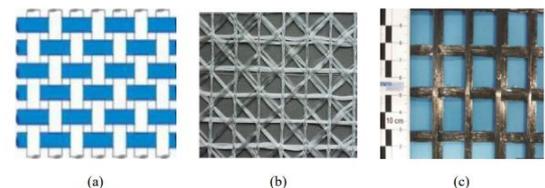


Fonte: disponível em : <http://adina.com.br>, apud Dalazen (2021).

Os fios da trama são colocados na direção de tensão principal do composto, o que é mais eficiente do que usar fibras curtas aleatoriamente; os fios de urdume não suporta a mesma força de tensão, mas proporciona estabilidade ao têxtil (DENARDI, 2016).

Dependendo de como os fios são combinados, podem ser produzidos tecidos com diferentes geometrias. As formas geométricas mais comuns são: tecido entrelaçado, tela ou malha como pode ser observado na Figura 2 (SILVA, 2018).

Figura 2: Tipos de reforços têxtil: (a) tecido; (b) tela; (c) malha.

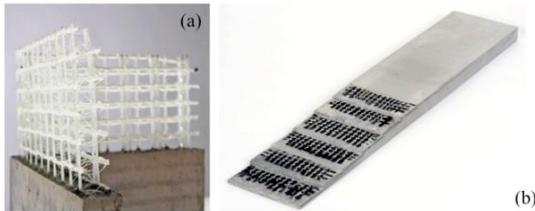


Fonte: (a) Paaxa (2016); (b) Gries et al (2006); (c) Kulas (2013), apud Araújo (2019).

Os tecidos são formados a partir de fios entrelaçados sem espaçamento entre eles. Uma tela é a superposição em diferentes direções para formar uma malha de arame, a malha tem propriedades semelhantes as telas, mas a superposição dos fios ocorre apenas de forma perpendicular (ARAÚJO, 2019).

Os têxteis podem ter diferentes configurações, dependendo de como são produzidos. Os mais comuns são os biaxiais e multiaxiais (Figura 3), pois oferecem grande flexibilidade de diversos usos (NORA, 2018).

Figura 3 – Estruturas de concreto têxtil: (a) cantoneira com camada biaxial (b) elemento com camada multiaxial.

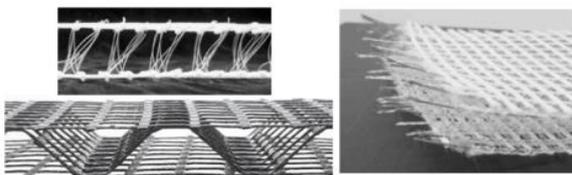


Fonte: Tetracon (2016), apud Silva (2020); Triantafillo (2016).

Os têxteis bidimensionais, têm os fios dispostos no plano e são capazes de sustentar cargas em uma ou mais direções. Podem ser utilizados para reforço de compósitos, devido a sua facilidade de aplicação (LEUCK, 2018).

Os têxteis tridimensionais (Figura 4) atende cada projeto de forma individual, além de simplificar o processo de construção e diminuir o custo do trabalho. Podem ser aplicados como reforço, auxiliando no suporte da estrutura já existente ou suportando as tensões de cisalhamento da estrutura (OTT, 2018).

Figura 4 – Têxteis tridimensionais

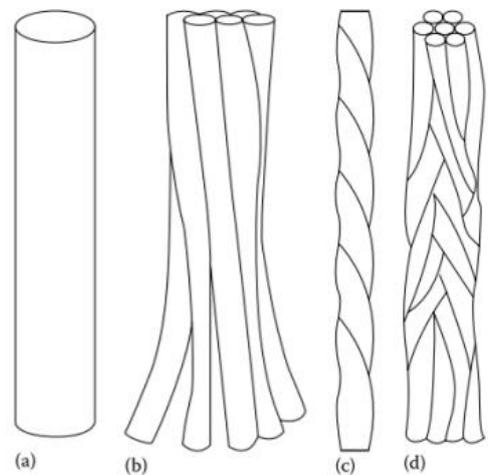


Fonte: Naaman (2010), apud Denardi (2016).

Os encontros dos tecidos, da estrutura, o número de filamentos em um fio e o processo de produção do composto irão influenciar na penetrabilidade da matriz dentro do tecido, como também, entre filamentos (DENARDI, 2016).

Para que o reforço têxtil alcance sua alta eficiência é necessário que seus fios estejam perfeitamente retos e alinhados. (SERRA, 2018). A adesão irá depender da finura e do método de fabricação do fio, esta pode acontecer das diferentes formas: fios de filamentos, fios empacotados ou fios torcidos (Figura 5) (OTT, 2018)

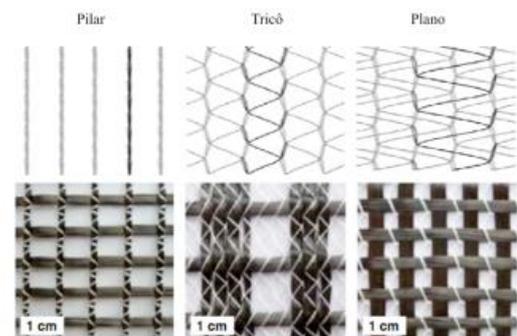
Figura 5 – Tipos de fios: (a) monofilamento, (b) multifilamento, (c) torcidos e (d) torcidos agrupados



Fonte: Peled; Bentur, Mobasher (2017) apud Leuck (2018).

Na Figura 6, observa-se diferentes padrões de ponto de costura (pilar, tricô, plano). Estes padrões irão influenciar na rigidez à flexão, resistência ao deslocamento e aderência, como pode ser visto na Figura 7.

Figura 6 – Padrões de pontos de costura: pilar, tricô e plano.



Fonte: Koch et al (2015), apud Denardi (2016).

Figura 7 – Influência do padrão de ponto de costura nas propriedades do concreto têxtil.

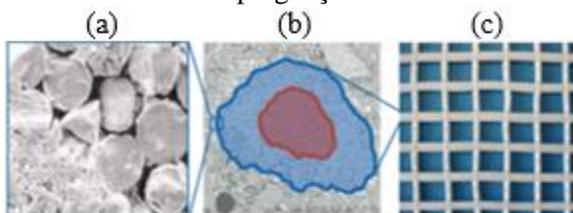
Padrão de ponto de costura	Pilar	Tricô	Comum
Geometria de seção transversal dos feixes de urdidura			
Propriedades de aderência com respeito a matriz de concreto	baixa	média	boa
Rigidez a flexão	alta	média	baixa
Resistência ao deslocamento	alta	média	baixa

Fonte: Koch et al (2015) apud Denardi (2016).

É inevitável que parte dos filamentos do fio não tenha contato com a matriz cimentícia. Para solucionar esse problema, desenvolveu-se o processo de impregnação do têxtil, com a finalidade de estabilizar estruturalmente estes reforços (DENARDI, 2016).

Na Figura 8, pode ser observado, através da análise por microscopia o fio de um tecido têxtil sem impregnação (8-c), vemos que a aderência entre o têxtil e a matriz é dada apenas pelos filamentos externos, área em azul (8-b), e o núcleo do fio, área em vermelho (8-b), não aderem a matriz, resultando em pouco atrito entre os filamentos localizados no núcleo do fio (8-a) (DENARDI, 2016).

Figura 8 – (a) filamentos com pouco atrito; (b) filamento externos, em azul, filamentos de núcleo, em vermelho. (c) tecido têxtil sem impregnação.



Fonte: Kulas; Gmbh (2015), apud Denardi (2016).

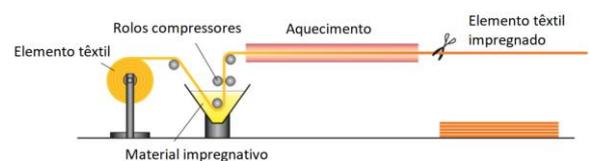
Devido a essa configuração, apenas os filamentos aderidos à matriz absorvem o carregamento, de modo que apenas cerca de

30 a 35% dos filamentos são ativados (GIESE, 2019).

Através da impregnação, de acordo com Denardi (2016), é possível ativar os filamentos de núcleo do feixe, fazendo com que eles sejam aderidos à matriz, o ocasionando na distribuição da carga de forma igualitária por todo o filamento.

O processo de impregnação tanto individualizado dos fios e da malha têxtil como um todo são idênticos. A primeira etapa consiste na passagem da malha ou do fio por meio de um reservatório repleto de líquido polimérico. Em seguida, ocorre a retirada do excesso de material líquido por meio da pressão exercida por rolos. A última etapa ocorre com a cura da malha a 160°C de temperatura, como demonstrado na Figura 9 (ARAUJO, 2019).

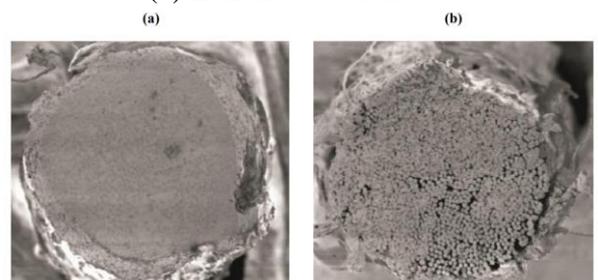
Figura 9 – Processo de impregnação.



Fonte: Kulas (2013) apud Araujo (2019).

Normalmente o líquido polimérico utilizado é composto por resina epóxi ou borracha de estireno-butadieno, que por serem materiais mais fino que o concreto consegue impregnar todo o reforço têxtil, obtendo resultados próximos a completa adesão dos filamentos internos e externos, conforme observado na Figura 10 (KULAS, 2015 apud HALIK; SINGH; MARTÍNEZ, 2021).

Figura 10 – Fios impregnados com: (a) Epóxi; (b) Estireno-butadieno.

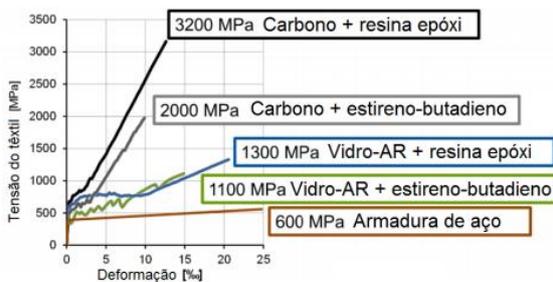


Fonte: Schleser (2008), apud Araújo (2019).

Apesar da resina epóxi ser mais eficiente que o estireno-butadieno, só permite ser utilizado em estruturas planas, enquanto que os reforços impregnado com estireno-butadieno são mais flexíveis, permitindo uma diversidade maior de geometrias (OTT, 2018).

O Gráfico 1 destaca a resposta de tensão versus deformação dos materiais têxteis impregnados mais comuns quando submetidos ao ensaio de tração. Nota-se que os têxteis podem alcançar tensões de ruptura na tração 5 vezes maiores que o concreto armado com aço (NORA, 2018).

Gráfico 1 - Tensão e deformação de têxteis impregnados.



Fonte: Kulas (2015), apud Nora (2018).

Na Figura 11 vemos as principais características dos reforços com diversos materiais de fibra e de impregnação, sendo estes: fibras de vidro álcali resistentes com impregnação de butadieno-estireno (ARG/SBR); fibras de vidro álcali resistentes com impregnação de resina epóxi (ARG/EP); fibras de carbono com impregnação de estireno-butadieno (CAR/SBR); fibras de carbono com impregnação de resina epóxi (CAR/EP) (KULAS 2015, apud DENARDI 2016).

Figura 11 - Principais características de reforços com diferentes fibras e materiais de impregnação

Característica	ARG/SBR	ARG/EP	CAR/SBR	CAR/EP
Tensão à tração	o	+	++	+++
Comportamento de aderência ao concreto	o	+++	o	++
Manuseio	Em rolos	Molda-do	Em rolos	Molda-do

Estabilidade quando do lançamento do concreto	-	++	-	++
Adequado a componentes pré-fabricados	o	+++	o	+++
Adequado para reforços	+++	++	+++	++
Custo por m2	+++	o	++	o

- (não aplicável); o (mediano); (+ bom); (++) muito bom); (+++ ótimo).

Fonte: Kulas (2015), apud Denardi (2016).

## Matriz

As matrizes utilizadas para o concreto têxtil demandam diferentes propriedades mecânicas e de durabilidade e, dependendo do seu uso, devem ser adaptadas ao tipo de tecido, geometria e processo de produção utilizado. Geralmente consistem em cimento, agregados finos, aditivos e adições minerais (NORA, 2018).

A matriz é feita de concreto de agregado fino, com o tamanho máximo de partículas de areia menor que 2 mm, para que o grão seja capaz de se infiltrar no tecido. A relação água/aglomerante utilizada, fica na faixa de 0,40 a 0,45, e a resistência à compressão e a flexão a que chega é de 82-100 MPa e 30 Mpa, respectivamente (OTT, 2018).

Em compósitos com reforço de tecido mais denso, é necessária uma matriz mais fluída. A fluidez no estado fresco deve ser ajustada de acordo com a geometria do têxtil utilizado e o processo de produção, utilizando aditivos plastificantes e superplastificantes, geralmente na faixa de 0,5% a 2,5%, em relação à massa do material (LEUCK, 2018).

O uso de adições minerais em matrizes de concreto têxtil é muito comum. Além de reduzir o custo e o impacto ambiental do cimento, também ajuda a reduzir a alcalinidade da matriz. Isto é muito importante porque os álcalis podem reagir

com o reforço e danificá-lo a longo prazo (OTT, 2018). As principais adições utilizadas nas matrizes são a sílica ativa, cinza volante e metacaulim.

Devido as adições serem materiais muito finos e serem pozolânicos, atuam melhorando a microestrutura da matriz, refinando o tamanho de poros e de grãos, melhorando a resistência mecânica e ao ataque químico. Pela reação pozolânica, há criação de mais silicato de cálcio hidratado e menos hidróxido de cálcio na matriz, reduzindo a alcalinidades do meio e, desta forma, protegendo o têxtil desta ação (LEUCK, 2018).

A sílica ativa diminui a exsudação, aumenta a coesão, melhora a aderência pasta/armaduras e pasta/agregados e reduz o consumo de cimento (OTT, 2018). A substituição de parte do cimento por cinza volante melhora a trabalhabilidade da matriz, devido à baixa demanda de água deste material (LEUCK, 2018).

Já a combinação de metacaulim e cinza volante, em teores adequados, proporciona um bom comportamento a longo prazo e não afeta o desempenho mecânico do compósito (LEUCK, 2018). A Tabela 2 apresenta um resumo de alguns estudos e dos traços utilizados em matrizes para fins de produção do concreto têxtil.

Tabela 2 – composição da matriz cimentícia, em massa kg por m<sup>3</sup> de concreto

Referência	Cimento	Cinza volante	Sílica ativa	Agregado miúdo	Superplastificante (%)	Água
Colombo et al.	600	500	-	957	4 a 5,09	209
Butler; Mechtcherine; Hempel	861	-	-	1148	-	287
Butler; Mechtcherine; Hempel	557	251	56	1114	-	251
Butler; Mechtcherine; Hempel	550	248	55	1101	-	248
Triantafillou 1	839	-	-	1469	2,1 a 2,2	277
Triantafillou 2	700	210	70	970	-	256
Triantafillou 3	781	167	167	671	-	314
Peled; Bentur; Mobasher	480	154	41	1380	2,5	211

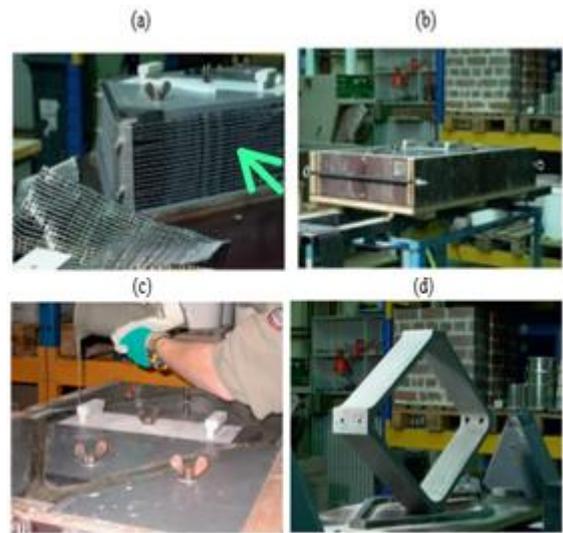
Fonte: Colombo et al. (2013); Butler; Mechtcherine; Hempel (2010); Triantafillou (2016); Peled; Bentur; Mobasher (2017); apud Ott (2018).

## PROCESSO DE PRODUÇÃO DO CONCRETO

Seguem-se quatro métodos de fabricação possíveis para componentes do Concreto têxtil: moldagem, laminação, pulverização e fiação. Estes métodos têm em comum a produção por lotes, caracterizam-se pelo fluxo de trabalho ser, na sua maioria, menos complicado e ainda mais econômico (TRIANAFILLOU, 2016). A seguir, as descrições de cada método.

**Moldagem:** na técnica de moldagem, o reforço têxtil pode ser fixado no molde ou inserido alternadamente de forma solta, e depois é fundido com a matriz que deve apresentar uma consistência muito fluida, sendo o uso de espaçadores necessários na maioria casos. O processo é mostrado na Figura 12 (TRIANAFILLOU, 2016).

Figura 12 – Processo de moldagem. (a) colocação do reforço têxtil; (b) Execução do elemento de forma; (c) Vista superior do elemento de forma; (d) Elemento de concreto têxtil.



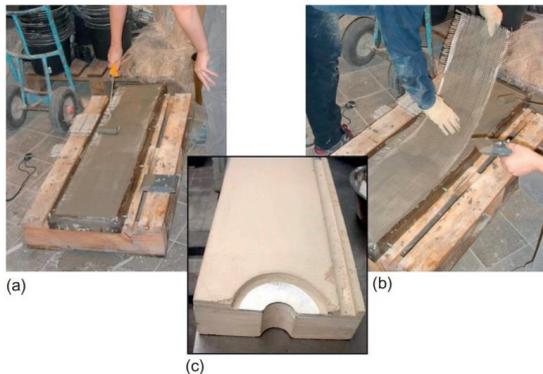
Fonte: Triantafillou (2016).

O método de moldagem é adequado para fabricação de lajes 2D, laje simples 3D e de elementos (TRIANAFILLOU, 2016).

**Laminação:** o processo de laminação ocorre em camadas horizontais, sendo intercalada

uma camada de concreto e outra de reforço têxtil até que se alcance a geometria desejada do componente (SCHEERER et al., 2015, apud DENARDI, 2018). Vale ressaltar que a espessura entre as camadas individuais de tecido não deve possuir menos de 3 mm. O processo está demonstrado na Figura 13 (TRIANTAFILLOU, 2016).

Figura 13 – Processo de laminação. (a) compactação reforço têxtil e matriz; (b) inserção de um tecido, e (c) vista lateral do fundo do primeiro elemento.

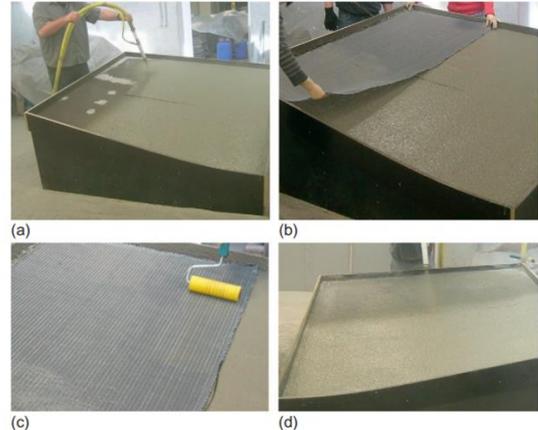


Fonte: Triantafillou (2016).

O método de laminação é adequado para fabricação de placas 2D e simples 3D, bem como de estruturas simples de conchas, sendo aplicado em fachadas e lajes (TRIANTAFILLOU, 2016).

**Pulverização:** baseia-se na aplicação da matriz cimentícia com um sistema de baixa pressão, até 8 bar. O procedimento, demonstrado na Figura 14, é muito semelhante ao da laminação, pois a matriz e o tecido são alternadamente aplicados em camadas. Para assegurar uma boa penetração e um bom comportamento de ligação utiliza-se um rolo no tecido a cada camada. O método de pulverização é adequado para fabricação de placas 2D e 3D, utilizadas em lajes na horizontal e elementos no formato concha (TRIANTAFILLOU, 2016).

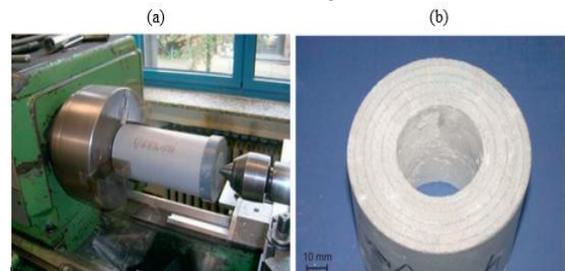
Figura 14 – Processo de pulverização. (a) aplicação da matriz (b) aplicação do reforço têxtil (c) aplicação do rolo para aderência (d) produto final.



Fonte: Triantafillou (2016).

**Fiação:** o método de fiação é um procedimento em que o material do concreto têxtil é compactado por rotação rápida em torno do eixo de moldagem. No qual a matriz bastante fluida é colocada no equipamento, após atingir a espessura desejada da camada paralisa-se o equipamento, insere-se o tecido, e só assim retoma-se a compactação, demonstrado na Figura 15. São fabricados principalmente tubos, postes e colunas aplicando este método (TRIANTAFILLOU, 2016).

Figura 15 – Processo de fiação. (a) Tubo grampeado; (b) Tubo fiado com quatro camadas de reforços têxteis.



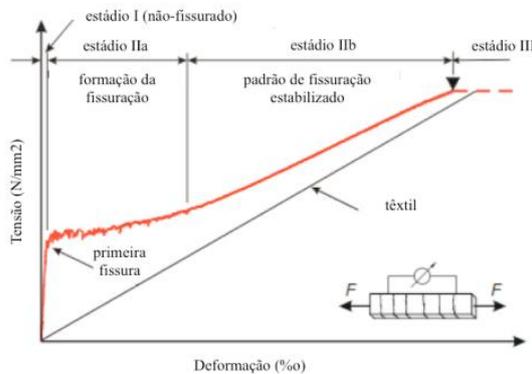
Fonte: Triantafillou (2016).

## PROPRIEDADES

### Comportamento mecânico

O Concreto Têxtil, em relação ao comportamento de tensão-deformação, se divide em estágios (Figura 16):

Figura 16 – Diagrama de tensão-deformação do concreto têxtil sob carregamento uniaxial de tração.



Fonte: Jesse et al. (2005), apud Denardi (2018).

Estágio 1: possui um comportamento semelhante ao concreto armado, nessa fase inicial do carregamento não ocorre fissuração, sendo somente a matriz cimentícia solicitada;

Estádio II-a: ocorre o surgimento de fissuras, pois a resistência a tração do concreto é excedida e o têxtil também passa a ser solicitado;

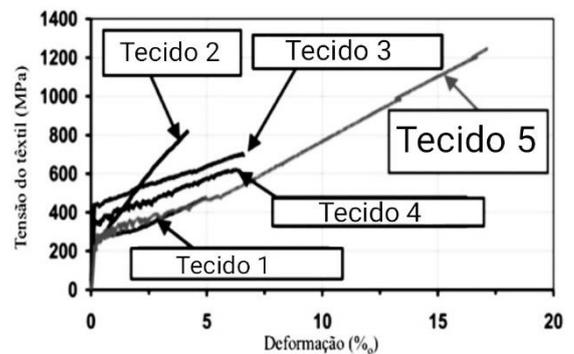
Estádio II-b: o padrão de fissuração estabiliza e a relação tensão-deformação passa a ser linear até a ruptura, nesse estágio o desempenho estrutural é exercido pelo têxtil (HALIK; SINGH; MARTÍNEZ, 2021).

Nota-se através de estudos que a resistência do compósito depende em grande parte do material fibroso e que a resistência última média do reforço aumenta com a diminuição do peso do fio. Além disso, os componentes com têxteis impregnados têm uma capacidade de carga de tração mais alta do que os componentes não impregnados. Este comportamento é demonstrado na Figura 17 (RAUPACH et al., 2006, HEGGER; VOSS; 2008 e KULAS; GMBH, 2015; apud DENARDI, 2016).

Na Figura 17, observamos o diagrama tensão-deformação à tração dos concretos reforçados com têxteis. Sendo o tecido 1 –

vidro AR, ponto corrente, quantidade de filamento de 2400 tex; tecido 2 – carbono, ponto corrente, quantidade de filamento de 1600 tex; tecido 3 – vidro AR, ponto tricô, quantidade de filamento de 1200 tex; tecido 4 – vidro AR, ponto corrente, quantidade de filamento de 1200 tex; tecido 5 – vidro AR impregnado com epóxi, ponto corrente, quantidade de filamento de 2400 tex.

Figura 17 – Diagrama tensão-deformação à tração dos concretos reforçados com têxteis.



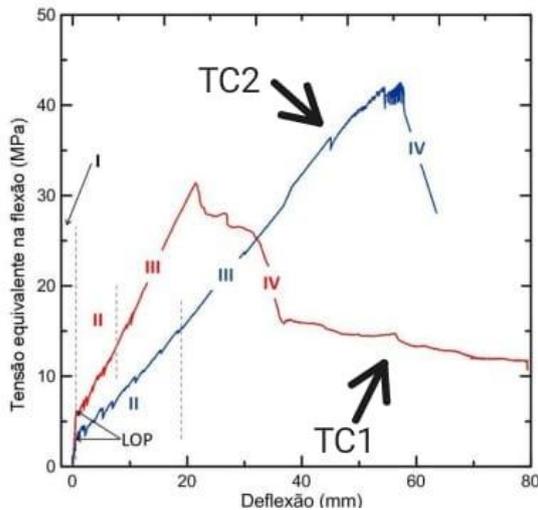
Fonte: Hegger; Voss (2008), apud Denardi (2016).

Observa-se que o tecido que apresentou o melhor desempenho foi o que possuía impregnação – Tecido 5, suportando as maiores tensões e deformações. Dentre os tecidos não impregnados, o com reforço de carbono atingiu maiores tensões, porém em relação as deformações apresentaram um desempenho inferior aos tecidos de vidro AR. Outro fator que vale ressaltar é o tipo de ponto, o tricô suportou tensões maiores que o corrente (para o caso da fibra de vidro). A quantidade de filamentos também irá influenciar; observa-se que o Tecido 1 possui uma configuração semelhante ao Tecido 4, a diferença estar no número de filamentos, logo, quanto maior a quantidade de filamentos menor será a tensão inicial.

O comportamento à flexão, apresenta características muito similares aos estágios da tração. Pode-se observar esses estágios através da Figura 18, que mostra a curva tensão equivalente à flexão versus deflexão do CT reforçado com uma camada de tecido de carbono impregnado com resina epóxi

(TC1) e do CT reforçado com duas camadas de tecido de carbono impregnado com resina epóxi (TC2). Em que, o estágio I – corresponde ao região elástico-linear, onde não há fissuras; estágio II – surgimento de fissuras; estágio III – estabilização das fissuras e estágio IV – ocorre a ruptura (SILVA, 2018).

Figura 18 – Esquema do comportamento característico à flexão, Tensão equivalente na flexão x deflexão.

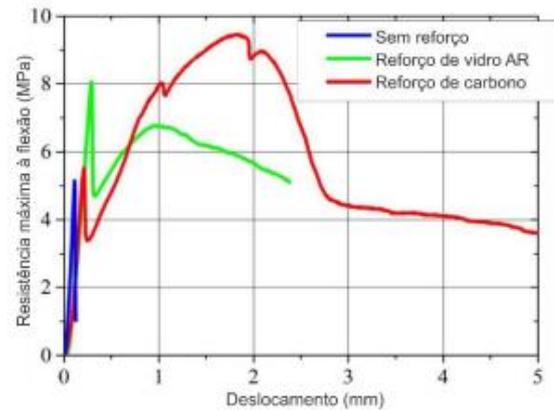


Fonte: Silva (2018).

Nota-se a influência no número de camadas de reforço têxtil, em que o TC2 com duas camadas de tecido, atinge tensões mais elevadas e apresenta um aumento na deflexão, em relação ao TC1, que só possui uma camada de tecido.

Em um estudo realizado por Volkova et al. (2016), verificou experimentalmente o comportamento de flexão do concreto não armado, concreto têxtil com tecido de vidro AR, com quantidade de filamento de 2400tex e sem impregnação (CTAR) e o concreto têxtil com tecido de carbono, com quantidade de filamento de 1600tex, sem impregnação (CTC), os quais estão apresentados na Figura 19.

Figura 19 – Resistência à flexão de compósitos reforçados com vidro AR e carbono.



Fonte: Volkova et al. (2016).

A partir da figura vemos que o comportamento dos corpos de provas reforçados e não reforçados é diferente. O concreto sem reforço apresenta a resistência à flexão em torno de 5 Mpa, e uma deflexão de 0,3 mm, já com a utilização dos reforços, vemos um aumento significativo da resistência e deflexão. O reforço de vidro AR possui uma resistência de 8 Mpa, atingida no estágio inicial e uma deflexão de 2,5 mm, já o reforço de carbono apresenta uma resistência de 9,5 Mpa, atingida no estágio III e uma deflexão de 5 mm.

Em um estudo realizado na França por Truong, Bui, Limam, Si Larbi, Le Nguyen e Michel, em 2017, investigou-se experimentalmente vigas de concreto armado reparadas/reforçadas com concreto têxtil, sendo ensaiadas à flexão pelo ensaio de quatro pontos (NORA, 2018).

O estudo foi desenvolvido para reforço de tanques de água, em que a matriz do CT é composta por cimento aluminato de cálcio, com tamanho máximo de agregado de 300 micrômetros e o tecido escolhido foi uma fibra de vidro bidirecional, com a quantidade de filamentos de 300tex, disposta em três camadas. Para as vigas, foi utilizado concreto de resistência à compressão média e uma malha de diâmetro de 8 milímetros e espaçamento de 10 centímetros nas duas direções (NORA, 2018)

Os resultados dos ensaios mostram que as vigas que utilizaram o CT como reforço obtiveram um aumento da capacidade de carga em relação à viga testemunho, conforme demonstrado na Figura 20. Em que NPC – é a viga testemunho, NPC-TRC-A – viga com reforço de CT, mantida em ar, ambiente aberto e NPC-TRC-W – viga com reforço de CT, mantida submersa.

Figura 20 – Resultados dos ensaios à flexão das vigas.

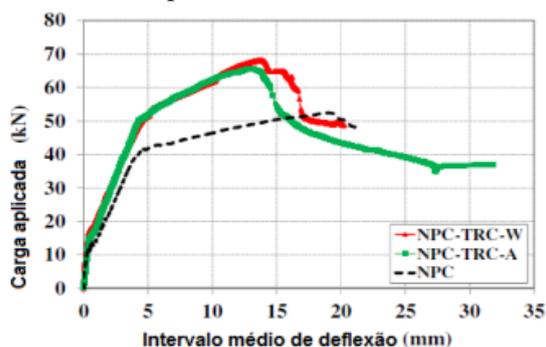
Viga	Carga na 1 <sup>o</sup> fissura (KN)	Aumento de carga na 1 <sup>o</sup> fissura (%)	Carga de ruptura (KN)	Aumento de carga de ruptura (%)
NPC	10,62	-	53,66	-
NPC-TRC-W	17,56	65,35	66,06	23,11
NPC-TRC-A	14,19	36,62	63,42	18,18

Fonte: Truong et al. (2017), apud Nora (2018).

Observa-se que as vigas que possuem o CT como reforço apresentam resultados com 20% de aumento da capacidade de carga, sendo que na situação que a viga é mantida submersa, ela apresenta os melhores resultados tanto para carga da 1<sup>o</sup> fissura como o para carga de ruptura.

Na Figura 21 é possível observar os resultados da carga aplicada x deflexão do estudo citado acima.

Figura 21 – Resultados dos ensaios da carga aplicada x deflexão.



Fonte: Truong et al. (2017), apud Nora (2018).

Nota-se um aumento na rigidez das vigas que possuem o CT como reforço, em relação a viga testemunho. Observa-se que, na situação NPC-TRC-A a viga apresenta um elevado aumento em relação à deflexão.

### Durabilidade

Por se tratar de um material relativamente novo, o concreto têxtil ainda carece de informações reais e comprovadas acerca de sua durabilidade em longos períodos.

Contudo, em ambientes de agressividade baixa e média, o CT é considerado um compósito durável, devido também a qualidade do concreto – produzido com uma baixa relação água/cimento e com a introdução de adições minerais, que melhoram a durabilidade através da redução da permeabilidade, maior empacotamento da matriz cimentícia e também por conta da fissuração controlada (LEUCK, 2018).

Entretanto, a performance do concreto ao longo dos anos em ambientes de alta agressividade deve ser um fator a ser considerado, uma vez que a perda de resistência e da tenacidade do compósito pode ocorrer devido aos mecanismos de o ataque químico no concreto e também da característica microestrutural do material. (PELED; BENTUR; MOBASHER, 2017, apud LEUCK, 2018).

Em relação ao ataque químico, os têxteis destacam-se por sua resistência a ambientes alcalinos. Embora sejam álcali resistentes, não são imunes a ataques químicos. Existem abordagens que propiciam o aumento da durabilidade do CT, como, por exemplo, a melhoria da resistência das fibras ao ataque químico em relação aos íons cloretos, através de adições de elementos como o zircônio nas fibras de vidro ou a utilização de matrizes cimentícias modificadas com adições minerais, que reduzem a alcalinidade do

meio, sendo menos hostis a alcalinidade do concreto (LEUCK, 2018).

Já o mecanismo de deterioração microestrutural, os processos de envelhecimento e de hidratação do concreto podem acarretar em alterações no desempenho mecânico do CT. A consequência disso seria a modificação da pasta ligante endurecida, da microestrutura e das propriedades da ligação fibra-matriz (SERRA, 2018).

Logo, a hidratação continuada da matriz deve ser considerada, pois a disponibilidade contínua de água tende a densificar a interface entre a matriz e as fibras. Com o envelhecimento da matriz, os produtos de hidratação preenchem os espaços na zona interfacial, reduzindo a porosidade e aumentando a dureza e a resistência. Com isso, a fissura provavelmente percorrerá a fibra ao invés de contorná-la (SERRA, 2018).

### Temperatura

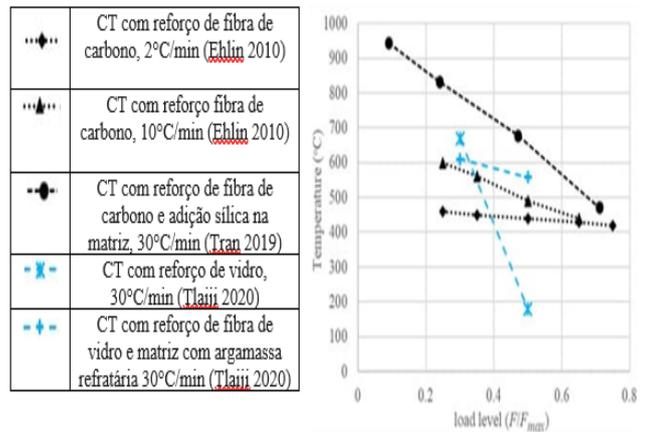
Existe uma dificuldade de investigar o desempenho do CT em condições termodinâmicas, pelo fato de não haver um método de teste padrão, correspondendo a condições que simulam uma situação de incêndio real, além de existir em poucos estudos sobre esse tema (KAPSALIS; TYSMANS; VAN HEMELRIJCK; TRIANTAFILLOU, 2021).

Porém, uma vez que os componentes do CT possuem camadas de cobertura de concreto relativamente finas, oferece uma proteção fraca em altas temperaturas (DENARDI, 2018).

A taxa de aquecimento dos elementos quando o incêndio está totalmente desenvolvido é muito alta. A situação mais real acerca do carregamento térmico de um elemento estrutural devido a ação fogo, é o aquecimento enquanto suporta uma carga

constante. Na Figura 22, observa-se a taxa de aquecimento e o nível de carga, de compósitos constituídos por argamassas à base de cimento reforçadas com fibras de vidro e de carbono (KAPSALIS; TYSMANS; VAN HEMELRIJCK; TRIANTAFILLOU, 2021).

Figura 22 – Temperaturas de falha em relação ao nível de carga de tração para corpos de prova TRC aquecidos em carga constante.



Fonte: Kapsalis; Tysmans; Van Hemelrijck; Triantafillou (2021).

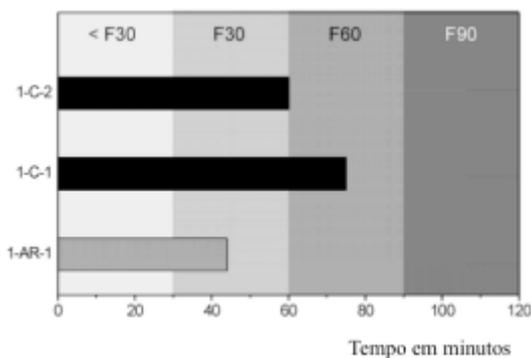
Para altos níveis de tensão, quando a taxa de aquecimento é lenta (2 °C/min), levam a falhas em temperaturas em torno de 400 °C–450 °C, independentemente do nível de carga. Para baixos níveis de tensão, quando as taxas de aquecimento são rápidas (10 °C/min e superiores), há um aumento nas temperaturas de falha cerca de 600 °C–900 °C, dependendo da composição.

Em uma situação de incêndio real a temperatura atinge acima de 600°C. Logo, para altos níveis de tensão o CT não apresenta uma boa proteção para altas temperaturas. O fato de a ligação têxtil-matriz não ser bem compreendida, se deve ao fato de existir poucos estudos relevantes acerca deste assunto, se restringindo as possíveis soluções para reduzir o efeito do aumento da temperatura (KAPSALIS; TYSMANS; VAN HEMELRIJCK; TRIANTAFILLOU, 2021).

O estudo de Büttner et al. (2014), apud Denardi (2016), avaliou o desempenho de concretos com têxteis de vidro álcali resistente com impregnação e sem impregnação e com têxteis de carbono sem impregnação sob baixas temperaturas. Observou-se que o corpo de prova com os têxteis de carbono suportou um tempo maior até a falha em relação aos têxteis de vidro AR.

Na Figura 23, vemos copos de provas submetidos a 1/3 do carregamento de ruptura. Pela nomenclatura utilizada pelo autor o corpo-de-prova 1-C-1 – refere-se aos têxteis de carbono com matrizes de cimentos aluminatos; já os 1-C-2 refere-se ao corpo de prova de carbono com uma matriz de cimento portland comum e o 1-AR-1 ao corpo de prova com têxteis de vidro AR sem impregnação.

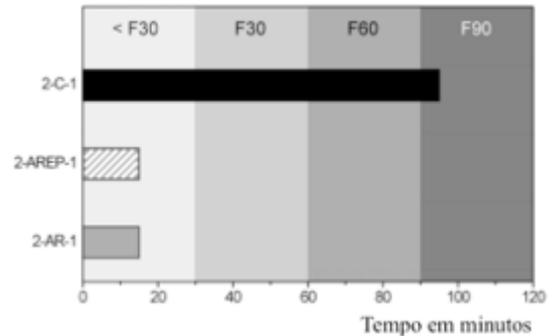
Figura 23 – Tempo em minutos até a falha de corpos de prova com têxteis de carbono e de vidro AR em 1/3 do carregamento de ruptura.



Fonte: Büttner (2014), apud Denardi (2016).

Na Figura 24, temos copos de provas submetidos a 1/2 do carregamento de ruptura. Em que 2-C-1 refere-se a nomenclatura dada para o corpo de prova com têxteis de carbono com matrizes de cimentos aluminatos; 2AREP-1 – refere-se ao corpo de prova com têxtil de vidro AR com impregnação de resina epóxi e 2-AR – corpo de prova com têxtil de vidro AR sem impregnação.

Figura 24 – Tempo em minutos até a falha de corpos de prova de carbono (2-C-1) e de vidro AR (2-AREP-1 e 2-AR-1) em 1/2 do carregamento de ruptura.



Fonte: Büttner (2014), apud Denardi (2016).

Após esse ensaio vemos que o as fibras de carbono suportam o mínimo requerido pela norma alemã, que é de 60 minutos, e o aumento de sua carga não diminui o seu tempo de suporte. Ao contrário da fibra de vidro que só conseguiu suportar o aumento da temperatura por um pouco menos de 45 minutos. Mostrando que o reforço de carbono possui melhores resultados frente às temperaturas e que o reforço de vidro AR não tem bons desempenhos em relação ao mesmo. Em relação a impregnação, foi analisado os CT de vidro AR, em que não se notou uma diferença nos resultados com o uso da mesma.

## VANTAGENS DESADVANTAGENS

E

### Vantagens

A principal vantagem do concreto armado têxtil comparado ao concreto armado convencional é sua resistência a ambientes alcalinos e as menores dimensões dos elementos estruturais que reduz a quantidade dos materiais, economizando até 80% de concreto e resultando em estruturas leves (ASCHEBROCK, 2022).

Eles também oferecem vantagens na simplificação do processo de construção, devido a leveza e menores dimensões,

possui facilidade de transportar e instalar peças pré-fabricadas. Por serem flexíveis, podem ser adaptados para o desempenho estrutural, estático e de impacto. A moldagem in loco é mais rápida comparada com a do concreto armado, que apresenta uma maior complexidade na etapa de corte e dobra da armadura. Por essas razões é possível diminuir o número de funcionários e o tempo para executar o serviço em obra, otimizando os projetos (SERRA, 2018).

Apresenta boas propriedades mecânicas, necessárias em elementos estruturais, como também um bom desempenho nas propriedades físicas (SILVA, 2020.).

Os elementos construídos com CT possuem uma vida útil maior do que o concreto armado convencional. O concreto têxtil é utilizado como reforço estrutural, oferecendo a possibilidade de prolongar a vida útil das estruturas existentes (SERRA, 2018).

### **Desvantagens**

Há uma falta de literatura abrangente de dados sobre o assunto, como também, de normas regulamentadoras, o que inibe a sua utilização. A dosagem do concreto é um ponto que merece atenção, uma vez que deve ser assegurada uma concretagem adequada, com mistura que permite fluidez e trabalhabilidade compatível com as características do têxteis e fibras utilizados (ASCHEBROCK, 2022).

Outro ponto que se deve levar em consideração é quanto a uma situação de incêndio, pois o CT possui proteção fracas à altas temperaturas.

### **APLICABILIDADE**

A utilização do concreto têxtil no Brasil ainda é pouco usual. Possuindo, em termos de pesquisa, poucos trabalhos desenvolvidos. Usualmente está sendo

comercializados apenas para serviços de reparos e execução de elementos com funções de acabamento e reforço estrutural (GIESE, 2019).

No Brasil, o caso mais famoso de utilização de concreto têxtil como reforço estrutural ocorreu no Estádio Maracanã, no Rio de Janeiro, em 2013. Neste, os pilares (Figura 25) e arquibancadas tiveram que ser reforçados com duas camadas de tecido de fibra de carbono e uma camada de concreto com 10 mm, utilizando o método de pulverização (LEUCK, 2018).

Figura 25 – Reforço de pilares no Estádio Maracanã.



Fonte: Bournas (2016), apud Leuck (2018).

Apesar de ser um material novo e não possuir estudos tão abrangentes como de outros tipos de concreto, possui uma ampla área de utilização, podendo destacar: elementos de fachadas (Figura 26); paredes sanduíches; módulos de garagens e estações de transformadores; unidades de estocagem; pontes e passarelas (Figura 27), superfícies de forma livres; estruturas de cascas de sustentação (Figura 28); lajes de sacadas/varandas; elementos de construção com exposição à cloretos; elementos de edifícios marítimos (DENARDI, 2018).

Figura 26 – Fachadas de concreto têxtil.



Fonte: Hegger (2006), apud Nora (2018).

Figura 27 – Construção de passarelas.



Fonte: Hegger (2006), apud Nora (2018).

Figura 28 – Casca feita de concreto têxtil.



Fonte: Hegger; Voss (2008); apud Denardi (2016).

## CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

O concreto têxtil surgiu da necessidade de melhorar as propriedades mecânicas e químicas do concreto, visto que é o material mais utilizado no mundo. Desde sua origem, o estudo do concreto como um todo se tornou algo essencial para o seu aperfeiçoamento.

Como observado nesse trabalho, o concreto têxtil possui uma ampla capacidade de aplicação, devido as suas características não corrosivas, não magnéticas, de alta durabilidade em ambiente corrosivo, além de possuir seções menores. Porém para cada aplicabilidade do composto existe um tipo de têxtil e uma configuração da matriz, e a determinação mais apropriada para determinado uso só foi possível por conta

dos minuciosos estudos de cada componente do CT.

No estudo do reforço têxtil, nota-se que é possível formas diversos tipos de têxtis, características e propriedades distintas, a partir da escolha do tipo de fibras, do tipo e arranjo dos fios, padrões de pontos e da impregnação de polímeros.

O mesmo acontece na matriz, que dependendo da dosagem, apresentará diferentes propriedades. Além do fato que a ligação da fibra com a matriz, também irá influenciar no composto têxtil, pois a mesma necessita ter uma boa aderência, para garantir o bom desempenho.

Visto que, apesar de ser um material novo e possuir uma certa carência de literatura abrangente, no sentido de produção e de projeto adaptado ao compósito. Foi possível desenvolver diversos usos para o concreto têxtil e a partir do avanço de estudos do mesmo, pode-se dizer que este material ganhará importância e notoriedade no cenários da engenharia civil.

## REFERÊNCIAS

- ARAUJO, Marcelo Ferreira de Souza Bezerra. **Simulação pelo método dos elementos finitos de peças em concreto têxtil**. 2019. 220 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/198287/001099133.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 21 ago. 2022.
- ASCHEBROCK, Giovanna Caroline. **Concreto Armado Têxtil: uma Revisão**. Disponível em: <https://incbac.com/pdf/UNIGOU%20Remo%20-%20Publication%202022%20->

%20Giovanna%20Caroline%20Aschebrock.pdf. Acesso em: 20 ago. 2022.

DALAZEN, Carolina dal Agnol. **Reforço à flexão de vigas em concreto armado com a utilização de argamassa reforçada com têxteis de carbono e de vidro.** 2021. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/234937/001136502.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 21 ago. 2022.

DENARDI, Aline. **Concreto têxtil: uma revisão bibliográfica sobre desenvolvimentos, aplicações e perspectivas de estudos e empregos no Brasil.** 2016. 108 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/148755/001002106.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 ago. 2022.

GIESE, Andressa Cristine Hamilko. **Utilização de argamassa reforçada com têxtil de fibra de vidro alcali resistente para reforço à flexão de vigas de concreto armado.** 2019. 190 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/204081/001109513.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 ago. 2022.

HALIK, Nasser Mohamad Rezek et al. Novas tecnologias em concreto: análise da viabilidade de uso do concreto têxtil no município de Boa Vista-RR, sob ponto de vista de engenheiros locais. **Brazilian**

**Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 11325-11344, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/>. Acesso em: 15 ago. 2022.

KAPSALIS, Panagiotis et al. Revisão do Estado da Arte em Investigações Experimentais de Concreto Armado Têxtil Exposto a Altas Temperaturas. **Journal of Composites Science**, v. 5, n. 11, pág. 290, 2021. See More. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/jcs5110290>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2504-477X/5/11/290>. Acesso em: 06 set. 2022.

LEUCK, Pedro Henrique. **Estudo da influência de diferentes têxteis de fibra de vidro no comportamento mecânico do concreto têxtil.** 2018. 110 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/11380/Pedro%20Henrique%20Leuck.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 ago. 2022.

NORA, Juliana Berteli. **Análise experimental do Concreto Têxtil como reforço à flexão de vigas de concreto armado.** 2018. 118 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/184689/001079323.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 ago. 2022.

OTT, Maira Janaina. **Estudo do comportamento mecânico e da durabilidade de matriz de concreto têxtil através de ensaios.** 2018. 92 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstr>

eam/handle/UNISINOS/11377/Maira%20Janaina%20Ott.pdf?sequence=1. Acesso em: 20 ago. 2022.

SERRA, Bruna Adriane. **Concreto têxtil e concreto armado convencional: comparativo entre metodologias de dimensionamento de uma passarela**. 2018. 74 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/11329/Bruna%20Adriane%20Serra.pdf?sequence=1>. Acesso em: 14 ago. 2022.

SILVA, Katriéli Tamara da. **Concreto têxtil: estudo do comportamento da resistência à tração na flexão de painéis para fachadas**. 2020. 70 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade de Santa Cruz do Sul –, Santa Cruz do Sul, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unisc.br/jspui/bitstream/11624/3047/1/Katri%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2022.

SILVA, Rebecca Mansur de Castro. **Comportamento mecânico de concretos têxteis reforçados com tecido de carbono: aspectos materiais e estruturais**. 2018. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Puc-Rio, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/51902/51902.PDF>. Acesso em: 20 ago. 2022.

TRIANAFILLOU, Thanasis. **Textile Fibre Composites in Civil Engineering**. Usa: Elsevier, 2016. 472 p. Disponível em: <https://engineeringbookspdf.com/file-vector/textile-fibre-composites-in-civil-engineering-pdf.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2022.

VOLKOVA, Anna et al. Flexural Behavior of Textile-Reinforced Concrete. **MATEC Web of Conferences**, v. 53, n. 01016, 15 abr. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20165301016>. Disponível em: [https://www.mateconferences.org/articles/mateconf/pdf/2016/16/mateconf\\_spbwosce2016\\_01016.pdf](https://www.mateconferences.org/articles/mateconf/pdf/2016/16/mateconf_spbwosce2016_01016.pdf). Acesso em: 20 ago. 2022.

## AGRADECIMENTOS

Dedico esse trabalho ao meus pais, Velto e Maria, que não mediram esforços e sempre me deram apoio na busca pelos meus sonhos e objetivos.