



Concreto têxtil: análises quanto ao custo dos insumos e de produção

Lucas Pereira de Almeida
lp3195@gmail.com
AEDB

Ana Paula da Silva Souza Costa
contatoanapaulacosta@outlook.com
AEDB

Lunara de Andrade Silva
lunara.andrades@gmail.com
AEDB

Pedro Marins Bedê
pedrombede@gmail.com
AEDB

Resumo: O novo material compósito, concreto têxtil, vem se desenvolvendo em termos de pesquisas e aplicações ao longo dos anos. Até então, suas características reológicas se igualam ou até mesmo superam as apresentadas no concreto armado convencional ou dos chamados ferrocimentos, quanto a resistência a cargas elevadas e a sua durabilidade. Entretanto, algumas vantagens também ficam evidentes, como a dispensabilidade das camadas de cobertura para proteção dos reforços, que permitem ao concreto têxtil dar origem a elementos de menor espessura, ocasionando menor peso próprio e afetando, de maneira positiva, diversos aspectos do orçamento de uma obra, como na redução de custos em insumos, na redução de custos quanto ao transporte no caso de peças pré-fabricadas, etc.

Palavras Chave: Resistência - vantagens - orçamento - têxtil - economia



1 Introdução

Entre os materiais de construção, o concreto é o mais utilizado em todo o mundo, comumente feito de uma mistura de cimento Portland com areia, pedra britada e água. Estimou-se no ano de 2006 um consumo anual da ordem de 11 bilhões de toneladas, muito mais que 40 anos antes, onde era estimado um consumo anual de 3 bilhões de toneladas. Suas três principais vantagens quando comparado a outros materiais de construção, como o aço, por exemplo, é a sua grande resistência à água, sua versatilidade de formas e tamanhos e seu desempenho econômico, sendo de fácil produção e de baixo custo. Além disso, também apresenta baixo custo de manutenção, boa resistência ao fogo e a cargas cíclicas, características que fazem do concreto um dos mais populares materiais de construção entre os engenheiros (adaptado e traduzido de MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J., 2006, p. 3-10).

No entanto, apesar das vantagens citadas, observa-se, também, uma grande desvantagem: a corrosão do reforço de aço. A matriz de concreto, por ser altamente alcalina modifica o potencial do aço de se oxidar no sentido de menor atividade, protegendo-o. Entretanto, substâncias externas podem penetrar através dos poros do concreto e baixar a alcalinidade ao longo do tempo, deixando o reforço mais suscetível à oxidação.

Em casos extremos, a oxidação pode levar ao deslocamento do concreto próximo as armaduras devido ao efeito expansivo desta reação, reduzindo a durabilidade da estrutura e levando à possíveis falhas estruturais (KULAS, C., 2015, p. 1). De modo a evitar estes efeitos indesejáveis, o revestimento das armaduras entra como uma componente extremamente importante no auxílio da proteção dos reforços. Geralmente possuem 3,5 cm de espessura para estruturas convencionais, de acordo com a norma brasileira ABNT NBR 6118/2014, o que impossibilita a produção de elementos mais esbeltos. Se o esforço de aço for substituído por reforços não-metálicos, uma espessura de apenas alguns milímetros seriam suficientes para assegurar durabilidade e forte aderência entre o concreto e o reforço.

Na busca de uma solução para os problemas historicamente comprovados do concreto armado convencional é que se iniciaram as pesquisas de novos materiais que pudessem ser utilizados como uma alternativa. Nos anos 1980 estudava-se a possibilidade de substituir barras de aço por fibras contínuas, sendo este método o que viria a ser denominado de concreto têxtil ao final dos anos 90 (NAAMAN, 2010, p. 3 apud DENARDI, 2016).

Apesar de não existir uma definição clara para o concreto têxtil, ao passo que diversas pesquisas e trabalhos eram desenvolvidos em seu âmbito, um compósito com características similares, o ferrocimento, já era conhecido e definido. “O ferrocimento é um tipo de concreto reforçado, de fina espessura, comumente constituído de argamassa de cimento hidráulico e camadas de arames de aberturas relativamente pequenas e espaçadas próximas umas às outras. A malha pode ser metálica ou de outro material adequado.” (tradução livre de NAAMAN, 2010, p. 4 apud DENARDI, 2016). Esta definição permite que o concreto têxtil seja enquadrado no contexto do ferrocimento. Além disso, suas feições geométricas são bastante similares, como pode ser visualizado na Figura 1.

Naaman, 2010, sugere uma nova definição para o concreto têxtil: “é um tipo de concreto reforçado geralmente constituído de uma matriz de cimento hidráulica



reforçada com diversas camadas de têxteis bidimensionais espaçadas próximas umas as outras ou uma ou mais camadas de têxteis tridimensionais. No mínimo uma camada de têxtil deve ser colocada próxima às duas superfícies externas da estrutura resultante. Os têxteis podem ser polímeros, sintéticos, metálicos, orgânicos ou de outro material adequado. A granulometria do agregado da matriz de cimento e sua composição deve ser compatível com o sistema de armadura têxtil e esse deve ser envolvido por ela. A matriz pode também conter fibras descontínuas ou microfibras de dimensões apropriadas.” (Tradução livre de NAAMAN, 2010, p. 5 apud DENARDI, 2016).

A definição de ferrocimento, em contrapartida, apesar de mais amadurecida, não engloba a utilização de reforços tridimensionais e limita-se ao método construtivo de várias camadas juntamente espaçadas

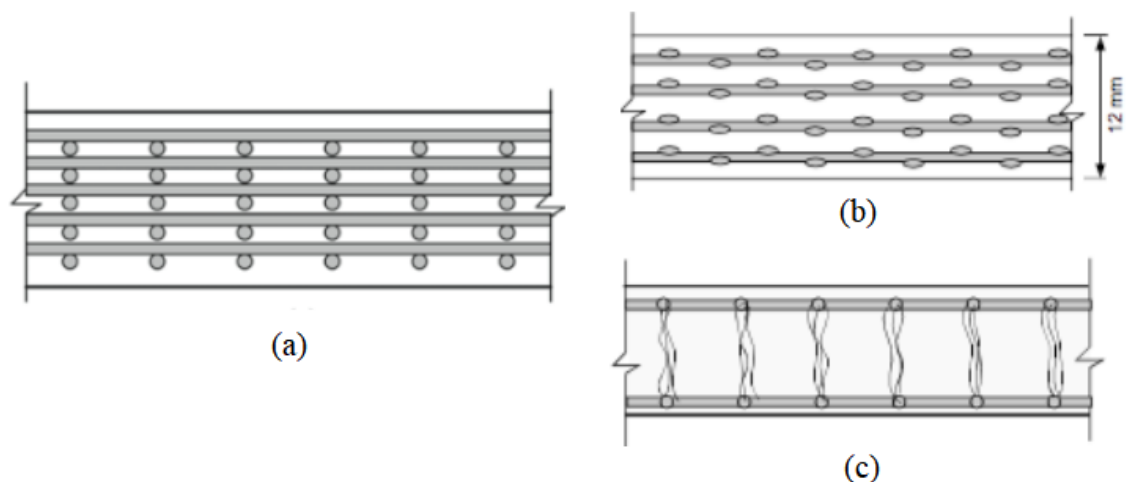


Figura 1 – (a) Seção típica do ferrocimento com diversas camadas de malha e seções típicas de concreto têxtil com (b) diversas camadas de reforços de têxteis bidimensionais, ou (c) uma camada de têxtil tridimensional

(Fonte: adaptado de NAAMAN, 2010, p. 5, 2010b, p. 20 apud DENARDI, 2016)

2 Revisão da Literatura

2.1 CONCRETO TÊXTIL

O concreto têxtil é composto de quatro materiais principais: cimento, água, agregado e têxtil, podendo conter aditivos e adições comumente utilizadas em concreto convencional de forma a adaptar suas características às necessidades de projeto, como as pozolana, adições minerais de finas granulometrias e aditivos plastificantes (DENARDI, 2016). Os têxteis podem ser principalmente os de fibra de vidro alcali-resistente (AR), os de carbono e os de aramida, que consistem de um número muito grande de filamentos que dão propriedades específicas ao compósito (RAUPACH et al., 2006, p. 77). O número de filamentos em um tramo pode ser calculado como uma função do diâmetro e da densidade por sua finura em g/km (tex).

Com base na sua propriedade não corrosiva, elementos de concreto têxtil podem ser produzidos com seções transversais muito mais finas (< 50 mm) do que aquelas de concreto convencional, possuindo ainda elevada capacidade de carregamento e maior durabilidade, isso graças ao uso de matrizes de fina granulometria que proporcionam baixa porosidade, visto que existe relação direta entre a porosidade e a resistência nos sólidos (MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J., 2006, p. 36). Já a elaboração de elementos



curvos de alta qualidade de acabamento é possível em elementos produzidos em concreto têxtil devido à inerente maleabilidade dos reforços utilizados em comparação ao reforço de aço convencional (KOCH et al., 2015, p. 419 apud DENARDI, 2016).

2.2 APLICAÇÕES DO CONCRETO TÊXTIL

Como um compósito jovem em termos de pesquisas e aplicações no Brasil, o concreto têxtil ainda não possui normatização nacional ou internacional que tratem do dimensionamento de estruturas, sendo necessária uma análise mais detalhada para cada tipo de aplicação.

Uma das grandes vantagens deste compósito é a sua capacidade de se adaptar a mais diversas formas. As vantagens dominam ainda nos campos de aplicações onde elementos estruturais finos necessitam suportar grande capacidade de carregamento (RAUPACH et al., 2006, p. 77). Reforços de alto desempenho, como os oferecidos pelo concreto têxtil, são adequados quando a conservação dos produtos armazenados na construção é uma preocupação, já que os padrões de durabilidade são mais altos, ou para elementos de construção onde há uma alta exposição a ataques agressivos, como em áreas costeiras, estruturas marítimas, garagens subterrâneas e passarelas de pedestres, etc. No campo não estrutural, a construção de mobília é outro campo de aplicação para o concreto têxtil (KULAS, C., 2015, p. 5). Os campos de aplicação já explorados são: sistemas ventilados de fachadas; paredes sanduíches; garagens, estações de transformadores; unidades de estocagem; pontes (novas e manutenções); lajes de sacadas e varandas; elementos de construção com exposição à cloretos, etc. (KULAS, C., 2015, p. 4).

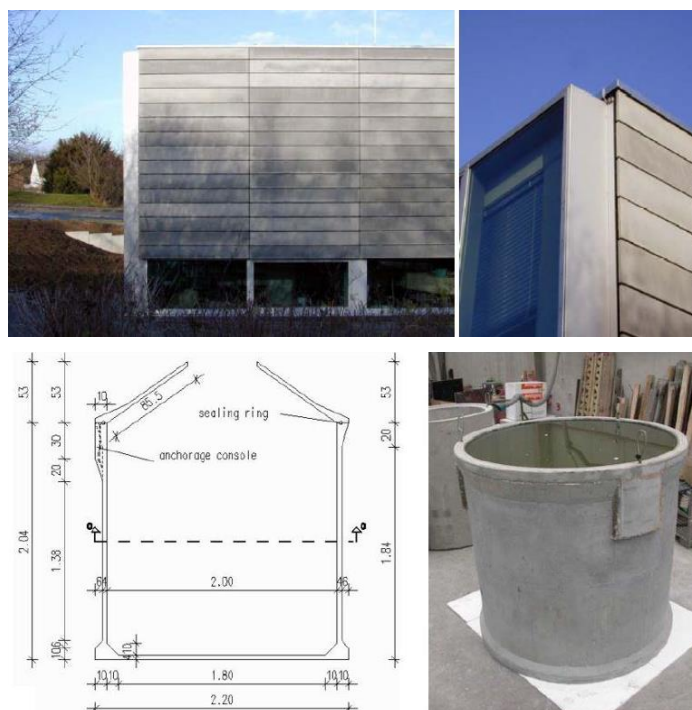


Figura 2 – Elementos de fachada e tanque para estação de tratamento de efluentes em concreto têxtil

(Fonte: adaptado de HEGGER et al, 2006 apud MORASSUTTI)



3 Metodologia

3.1 ANÁLISE QUANTO AO CUSTO DO REFORÇO

Naaman, 2010, relata uma extensa pesquisa ao comparar os custos de placas de micro concreto reforçadas com diversos tipos de malhas sob as mesmas condições de flexão de carregamento. Ele chamou de preço disponível de pagamento o preço máximo que alguém estaria disposto a pagar para utilizar tal malha. Os detalhes do estudo encontram-se em Naaman, 2005, “Thin cement composites: performance comparison between steel and textile reinforcements”, e refletem os preços para as malhas no ano de 2004 dados em dólares.

Para os resultados serem mais úteis em relação ao período e localização geográfica, a unidade de preço de 1 unidade é tomada como sendo o preço de um quilo de malha de arame de aço galvanizado do tipo utilizado em aplicações típicas de ferrocimento (NAAMAN, 2010, p. 9 apud DENARDI, 2016). A Tabela 1 apresenta a competitividade dos materiais frente ao aço para o ano de 2004.

Tabela 1 – Relações de preços em 2004 para preços disponíveis de pagamento (assumindo preço da malha de aço galvanizado convencional como 1 unidade por quilo)

Material	Unidade de preço, 2004, unidade/kg	Relação de preço disponível de pagamento	Observação
Malha de arame galvanizado convencional	7	1	Referência base para comparação
Manto de aço de resistência muito alto (com microfibras)	2,25	3 - 3,4	Competitivo
Vidro AR, 2500 tex, 2500 g/m ²	2,25	2,25 - 4,5	Competitivo
Carbono, 1700 tex, 320 g/m ²	7,8	6,75 - 11,5	Competitivo
Aramida, 1288 tex, 260 g/m ²	17,25	13 - 14	Não competitivo
Vidro AR, 2500 tex, 500 g/m ² , impregnado com epóxi	5	2,25 - 4,5	Quase competitivo
Carbono, 1700 tex, 333 g/m ² , impregnado com epóxi	11,6	6,75 - 11,5	Competitivo
Aramida, 1288 tex, 260 g/m ² , impregnado com epóxi	22,5	13 - 14	Não competitivo

(Fonte: adaptado de NAAMAN, 2010, p. 12 apud DENARDI, 2016)

3.2 ANÁLISES QUANTO À ECONOMIAS NA PRODUÇÃO

Devido à menor necessidade de utilizar camadas de cobertura para proteger o reforço de agentes externos, o concreto têxtil é capaz de reduzir a massa de concreto requerida em até 80%, o que ocasiona impacto direto nos custos de transporte para componentes pré-fabricados, segundo Kulas, C. (2015, p. 1-2).

Um exemplo de estrutura de médio porte que pode ser realizada com concreto têxtil são as passarelas. A primeira passarela feita deste material compósito foi concluída em 2006, na cidade de Oschatz, Alemanha, com o objetivo de minimizar o peso e a quantidade de material empregado.



O vão da passarela é de 8,60 m, o peso é de 6 toneladas e sua seção transversal em formato de “U” possui uma largura de aproximadamente 2,60 m e espessura de apenas 30 mm. Na Figura 3 é possível visualizar os croquis da vista lateral da passarela e da seção transversal.

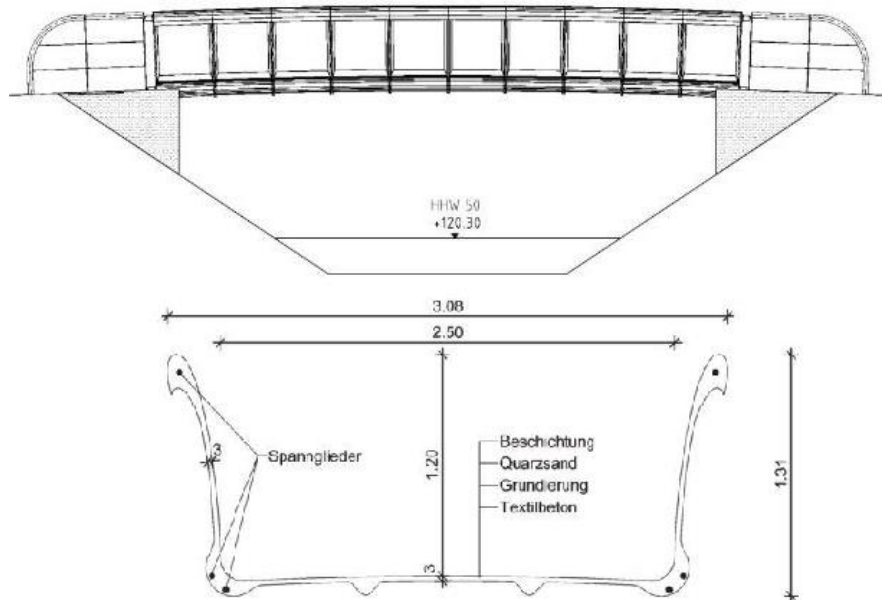


Figura 3 – Vista lateral da passarela de concreto têxtil e sua seção transversal

(Fonte: adaptado de HEGGER et al, 2006; EHLIG et al, 2012 apud MORASSUTTI, 2016)

Um estudo nacional realizado por Morassutti (2016) propôs realizar uma comparação entre uma passarela que viria a ser realizada em concreto armado convencional com as possibilidades de executá-la em concreto têxtil.

Morassutti (2016) constatou que na comparação da passarela calculada, quando utilizado o concreto têxtil, foi possível utilizar uma espessura de tabuleiro da ordem de 1/3 da espessura da passarela de concreto armado devido principalmente a alta capacidade de resistência do compósito e da dispensabilidade do cobrimento, assim como já havia sido constatado por Kulas, C. (2015, p. 1-2), e do uso de vigas para acomodar as armaduras.

“Além da seção transversal do reforço têxtil ser consideravelmente menor que a do aço, não é necessário usar cobrimento para proteção à corrosão. Utiliza-se apenas um pequeno cobrimento (~ 1,5 cm) para proteção contra abrasão em locais onde haverá desgaste superficial.” (MORASSUTTI, 2016).

4 Resultados

Apesar dos resultados das análises preliminares referentes ao custo do reforço inferirem que os têxteis podem ocasionar custo inicial elevado, estes podem oferecer grandes vantagens. Isto porque diferentemente das malhas de arame de aço, eles podem ser ajustados a requerimentos específicos por pouco custo extra, podendo ser entregues em qualquer comprimento, além de serem leves e permitiram facilidade quando ajustados às formas requeridas. É então provável que os desenvolvimentos e aplicações



futuras farão dos têxteis cada vez mais competitivos quanto ao custo, especialmente quando uma análise do custo de mão-de-obra e do ciclo de vida são consideradas (NAAMAN, 2010, p. 12 apud DENARDI, 2016).

Outro fator a ser considerado é que o custo da matriz em um compósito de micro concreto reforçado é muito pequeno (5%) comparado com o custo do reforço e da mão-de-obra, os quais nos países mais desenvolvidos são da mesma ordem. Consequentemente, a redução do custo é dependente principalmente do custo do material e do custo da mão-de-obra. Por isso o uso de têxteis 3D pode ter um impacto significativo na redução do custo da mão-de-obra, já que facilitam o processo de montagem (NAAMAN, 2010, p. 19 apud DENARDI, 2016).

Já em relação aos custos na produção, a primeira grande diferença observada no dimensionamento de estruturas de concreto armado convencional e de concreto têxtil se encontra na concepção estrutural. O concreto têxtil permite o emprego de elementos muito mais esbeltos e como consequência, sua estrutura acaba apresentando um peso próprio muito menor do que a estrutura em concreto armado. No caso específico estudado por Morassutti (2016), esta redução foi de 77,5%. Este fato tem influência direta no custo de produção, no custo de transporte e no custo das fundações da estrutura, que receberão cargas bem menores. Verifica-se, também, uma considerável influência nas solicitações da estrutura, as quais tiveram seus valores máximos reduzidos em 42,3%.

O comparativo realizado por Morassutti (2016) durante o dimensionamento para o momento fletor pode ser visualizado na Tabela 2.

Tabela 2 – Comparativo entre o dimensionamento para o momento fletor

Parâmetro	Concreto Armado	Concreto Têxtil	Diferença (%)
Peso próprio	16,87 kN/m	3,80 kN/m	77,50%
Solicitações	803 kNm	463 kNm	42,30%
Espessura	12 cm	4 cm	66,00%

(Fonte: adaptado de MORASSUTTI, 2016)

5 Conclusão

Os benefícios trazidos pelo concreto têxtil ao contexto de sua produção fica evidente quando comprovada a diminuição que este sistema construtivo proporciona em massa de concreto, o que ocasiona também diminuição de custo de transporte, diminuição de custos com maquinário para posicionamento de peças pré-moldadas, visto que são bem mais leves, diminuição de custos com manutenção e possível diminuição de custos com mão-de-obra nos casos em que são utilizados reforços têxteis tridimensionais. Estas vantagens fazem do novo compósito uma opção mais sustentável para locais onde ele é considerado como uma solução estrutural possível.

Visto que a tendência do mercado atual é a de empregar materiais eco amigáveis, mais estudos avaliando a sustentabilidade deste material seriam bastante pertinentes. Além disso, é necessário considerar que os custos para a produção de um reforço de aço são muito mais elevados que os de um reforço têxtil, isso sem considerar os efeitos danosos de sua produção industrial ao meio ambiente.



6 Referências

ABNT. NBR 6.118: projeto de estruturas de concreto - procedimento. 2003.

DENARDI, A. Concreto têxtil: uma revisão bibliográfica sobre desenvolvimentos, aplicações e perspectivas de estudos e empregos no Brasil. UFRGS, Porto Alegre, 2016.

KULAS, C. Actual applications and potential of textile-reinforced concrete. Em: GRCA CONGRESS, 2015.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concrete: microstructure, properties, and materials. 3ª Edição. McGraw-Hill, 2006.

MORASSUTTI, D. S. Passarela em concreto armado e concreto têxtil: comparativo entre metodologias de dimensionamento. UFRGS, Porto Alegre, 2016.

RAUPACH, M.; ORLOWSKY, J.; DILTHEY, U.; SCHLESER, M. Epoxy-impregnated textiles in concrete – load bearing capacity and durability. 2006.