

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA PESQUISA EM REFORÇO COM FIBRAS NA ENGENHARIA CIVIL: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

Nathani Eduarda de Andrade Feldens¹, Camila Miotto da Silva Luvison²,
Adriano Ineia³, Luizmar da Silva Lopes Junior⁴

Resumo: O reforço com fibras é um método há muito conhecido e empregado pelo homem. Elas possuem potencial de melhoria dos compósitos, aumentando sua resistência à tração, além de aumentar a ductilidade do material. O objetivo do presente artigo é realizar um estudo bibliométrico acerca das principais pesquisas relacionadas ao tema de reforço de fibras na Engenharia Civil. Com esta análise evidencia-se a fibra mais utilizada que é a fibra mineral de carbono, partindo disto, o artigo traz um estudo bibliográfico desta com os estudos mais recentes, indicando um desempenho satisfatório na utilização deste material em reforço estrutural.

Palavras-chave: Reforço com fibras, Bibliometria, Fibra de Carbono, Fibras na Engenharia Civil

1 INTRODUÇÃO

A mistura de dois ou mais materiais diferentes é denominada de material compósito, neste, destacam-se os particulados e os fibrosos, em que há um material que possui função de matriz e o reforço é representado por elementos dispersos ou por fibras disseminadas no mesmo. No que tange os compósitos fibrosos, fatores como o teor de fibras presentes, comprimento das fibras, características, aderência entre matriz e reforço, bem como a orientação

1 Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, pela Universidade de Passo Fundo (UPF).

2 Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, pela Universidade de Passo Fundo (UPF).

3 Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, pela Universidade de Passo Fundo (UPF).

4 Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

das fibras na matriz, são essenciais para o desempenho deste compósito (COELHO, 2008).

O reforço com fibras é um método há muito conhecido e empregado pelo homem. Evidências do emprego desta técnica são encontrados em partes da Grande Muralha da China, bem como, em estradas construídas pelos Incas, no Peru, através do emprego de lã de lhama como reforço. A técnica de reforçar com fibras encontra-se inserida na tecnologia dos materiais compósitos. A fibra que já há muito é empregada pelo homem, tem sua utilização no Brasil no início dos anos 1970, em obras de reforço de solos e também em obras que envolviam aplicações em drenagem e filtração (CASAGRANDE, 2005; FERREIRA, 2010; PALMEIRA, 1992).

A definição de melhoria ou reforço é a utilização de processos físicos e/ou químicos que buscam aperfeiçoar as propriedades mecânicas, diminuindo a compressibilidade e permeabilidade. Através da estabilização, altera-se certas características tornando um material adequado para a utilização em obras (OLIVEIRA, 2017).

Estudos indicam que a utilização de fibras é relevante, pois seu emprego traz melhorias, como por exemplo, aumento da resistência à tração através do controle da propagação das fissuras. As fibras mantêm as interfaces das fissuras juntas, melhorando as propriedades mecânicas pós-fissuração, com isso, aumentando a ductilidade (CASAGRANDE, 2005; HANNANT, 1994; TAYLOR, 1994).

O objetivo do presente artigo é realizar um estudo bibliométrico acerca das principais evidências relacionadas ao tema de reforço de fibras na Engenharia Civil. Tendo conhecimento da fibra mais utilizada nos últimos anos, foi realizada uma revisão bibliográfica contendo as últimas pesquisas realizadas no ano de 2020.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A técnica utilizada no presente estudo é a pesquisa bibliográfica, que de acordo com Fonseca (2002 p. 32) “é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de websites.”

Dentre as diferentes metodologias de pesquisa bibliográfica validadas, este trabalho foi desenvolvido a partir de uma pesquisa bibliométrica de caráter quantitativo, tendo como objetivo central identificar e analisar as características das publicações científicas sobre a temática Reforço com Fibras. A bibliometria é uma técnica quantitativa e estatística de medição dos índices de produção e disseminação do conhecimento científico, que investiga e descreve uma série de padrões na produção sobre um assunto específico (ARAÚJO, 2006; GREGOLIN, 2005).

2.1 Definição Da Amostra

Os dados para a realização desta pesquisa foram coletados por meio da base *Web of Science do Institute for Scientific Information (ISI)*, uma base multidisciplinar com grande número de citações na *web*, cobrindo aproximadamente 12.000 periódicos, desde 1945 (CAPES, 2020). As publicações analisadas foram identificadas a partir do mecanismo de busca da *Web of Science*, utilizando-se como palavra-chave *Fibre reinforcement* (Reforço de Fibra), delimitando-se a busca para o período de 2016 a 2020 (5 anos) e somente para artigos escritos nos idiomas inglês, espanhol e português.

Após a seleção dos artigos, foi utilizado o *software R*, onde utilizou-se o aplicativo *Bibliometrix* gerando uma tabela unificada com exclusão dos dados duplicados, esta tabela foi importada para o *Biblioshiny*, no qual foram gerados os gráficos e tabelas. A Figura 1 apresenta de modo esquematizado os passos para a obtenção dos dados.

Figura 1- Fluxograma de obtenção dos dados.



Fonte: Autores (2021)

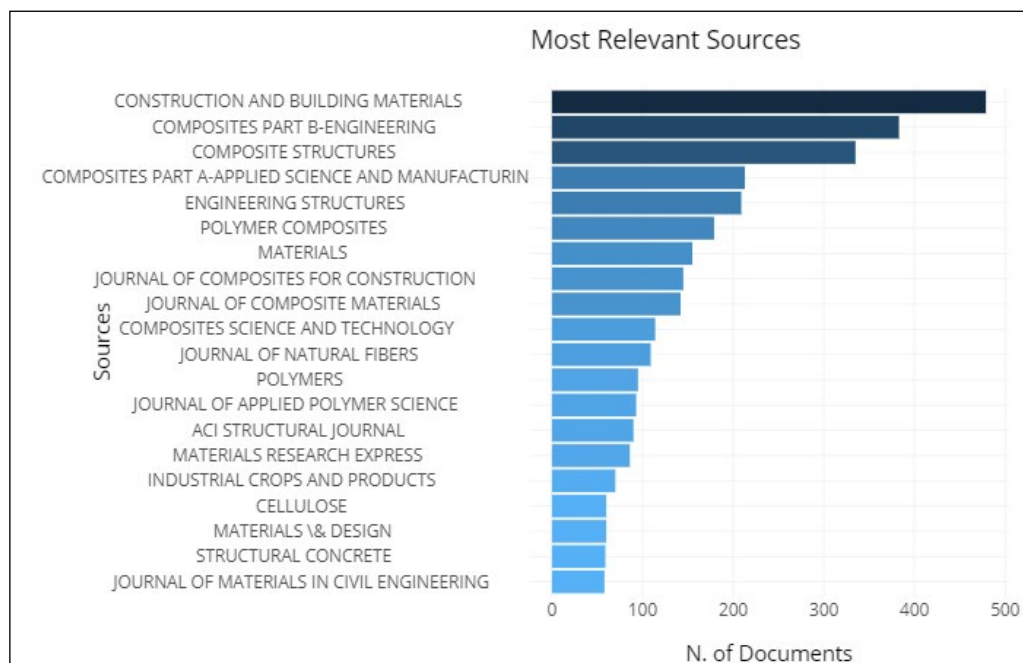
Foram coletadas 8.282 amostras, após a geração da tabela unificada e exclusão dos dados iguais, ficaram 7.766 documentos importados para o *Biblioshiny*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise Bibliométrica

Os resultados da pesquisa demonstraram as principais características da produção científica relacionada ao termo *fibre reinforcement*”. A partir das 7.766 publicações encontradas na busca, foram realizados levantamentos e análises de indicadores bibliométricos, procurando maior entendimento do tema abordado no estudo. As principais fontes desta temática da pesquisa podem ser visualizadas na Figura 2.

Figura 2- Fontes mais relevantes



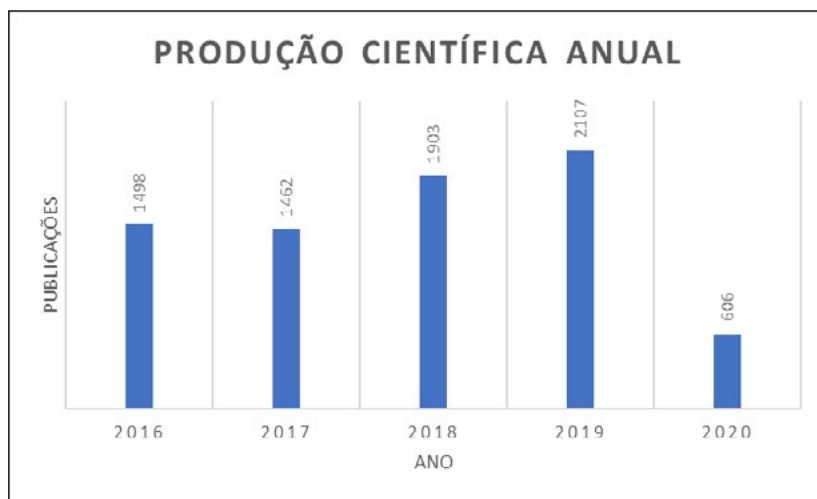
Fonte: Adaptado de ARIA; CUCCURULLO (2020)

Pode-se perceber pelo gráfico, que as três principais fontes dos trabalhos são os *journals Construction and Building Materials* (479 documentos), *Composites Part B: Engineering* (383 documentos) e *Composite Structures* (335 documentos). A primeira revista aborda sobre os materiais de construção e tecnologia incluindo materiais como: cimento, reforço de concreto, tijolos e argamassas, aditivos, tecnologia de corrosão, cerâmica, madeira, aço, polímeros, fibras de vidro, materiais reciclados, bambu, terra batida, materiais de construção não convencionais, materiais betuminosos e aplicações de material ferroviário. Já, a segunda possui ênfase em tópicos atuais como os aspectos relacionados à fabricação, design, validação, caracterização/teste, desempenho, aplicação

e sustentabilidade de materiais compósitos, incluindo materiais compostos funcionais e inteligentes, novos conceitos de materiais compostos e também biomiméticos e compósitos de base biológica. A terceira, por sua vez, publica artigos que tratam de projetos, estudos de pesquisa e desenvolvimento, investigações experimentais, análise teórica e técnicas de fabricação relevantes para a aplicação de compósitos em componentes de suporte de carga para montagens, variando de componentes individuais, como chapas e cascas, até estruturas completas de compósitos.

A produção científica anual teve uma variação relevante durante os anos, como pode-se ver na Figura 3. O ano de 2019 apresentou o maior número de publicações dentre os 5 anos analisados, já em 2020 podemos observar uma baixa significativa. A quantidade de publicações através dos anos mostra a importância do assunto.

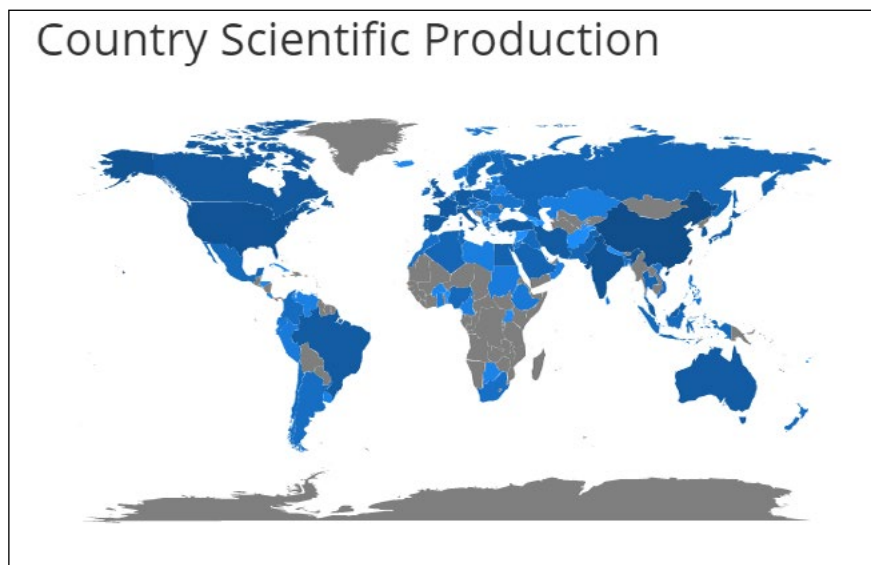
Figura 3 - Produção Científica Anual.



Fonte: Adaptado de ARIA; CUCCURULLO (2020)

Quando analisamos a produção científica por país (Figura 4), podemos observar que a China e os Estados Unidos são os maiores pesquisadores neste assunto, o Brasil fica na 8ª posição, dispondo de uma expressiva quantidade de artigos. Os países que mais colaboram entre si nestes estudos são a China-Estados Unidos e a China-Austrália, possuindo uma frequência de publicações maior do que 100.

Figura 4- Produção Científica por País

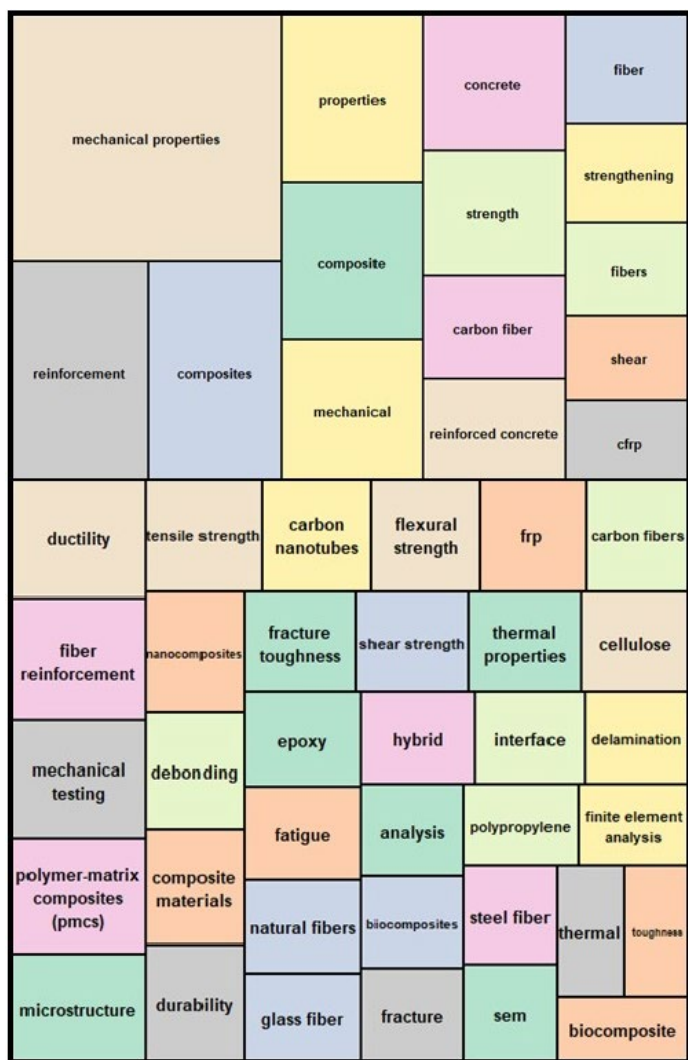


Fonte: Adaptado de ARIA; CUCCURULLO (2020)

A análise permitiu acompanhar a evolução das tendências das publicações ao longo do tempo, bem como identificar termos de maior relevância e agrupamentos de termos. Essa análise é essencial para determinar a tendência da pesquisa, identificar lacunas na discussão sobre o assunto e identificar os campos que podem ser interessantes como áreas de pesquisa. Na Figura 5 observa-se o mapa com as principais palavras-chave utilizadas pelos autores.

Pelo mapa é possível perceber que as três principais palavras são “propriedades mecânicas”, “reforço” e “compósitos”. Quando se busca por tipos específicos de fibra, nota-se que a fibra de carbono se destaca aparecendo em diversos artigos, por este fim, decidiu-se fazer uma pesquisa bibliográfica mais focada neste material, trazendo então, os estudos mais recentes no assunto.

Figura 5 - Mapa das Palavras-Chave



Fonte: Adaptado de ARIA; CUCCURULLO (2020)

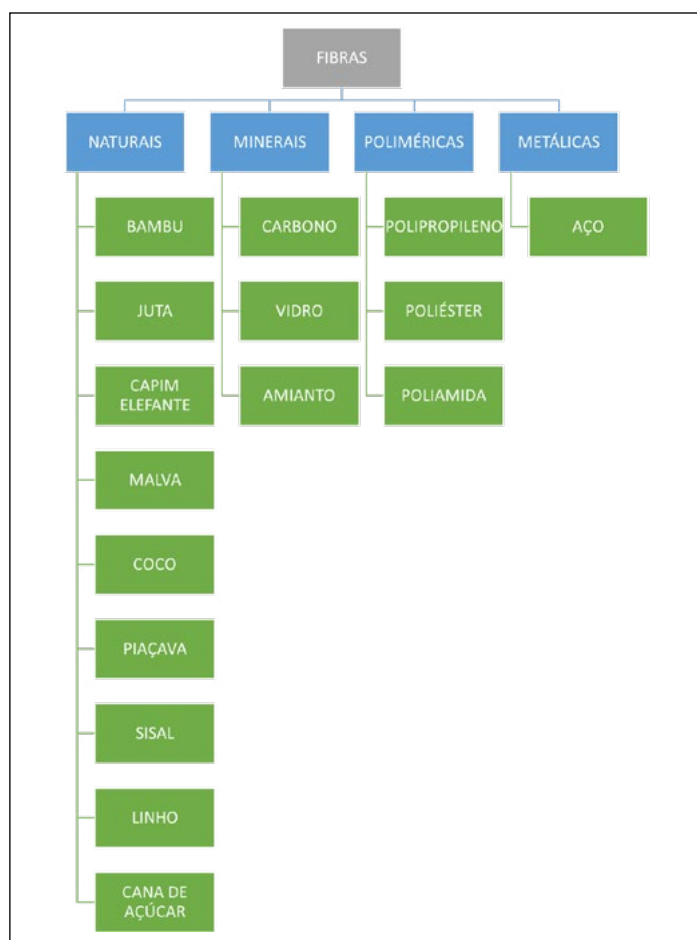
3.2 TIPOS DE FIBRA

As fibras são amplamente utilizadas na engenharia civil, além da utilização das mesmas para reforço, novos materiais alternativos têm sido desenvolvidos, geralmente de base composta por materiais tradicionais em associação à elementos de reforço. É fundamental um estudo aprofundado das propriedades mecânicas, químicas e físicas dos materiais, bem como de suas características, fazendo assim uma análise das possíveis combinações para objeto de pesquisa.

Compósitos fibrosos abrangem uma ampla gama de fibras utilizadas, o comportamento é afetado por suas propriedades químicas, físicas e mecânicas, estas, estando amplamente relacionadas ao material do qual são compostas, bem como seu processo de fabricação. O entendimento do mecanismo de interação matriz-reforço e da fração de contribuição de cada uma das fases no comportamento do material como um todo, é indispensável na definição do tipo de fibra a ser empregado (CASAGRANDE, 2005).

As fibras podem ser classificadas em quatro grandes grupos, sendo eles: naturais, poliméricas, minerais e metálicas, conforme o esquema da Figura 6. Algumas delas possuem desvantagens relevantes, como por exemplo, a fibra vegetal que é de fácil degradação pela adição de fungos e microrganismos e a fibra mineral de amianto, que libera toxinas e é proibida em diversos países por este problema (CASAGRANDE, 2005).

Figura 6 - Classificação das Fibras



Fonte: Adaptado de Picanço (2005)

O Quadro 1 apresenta alguns tipos de fibra partes desses grupos, suas aplicabilidades, vantagens e desvantagens encontradas por alguns autores.

Quadro 1 - Fibras e suas aplicações

FIBRAS	APLICAÇÕES	VANTAGENS	DESVANTAGENS	AUTORES
FIBRA DE POLIPROPILENO	BASE DE FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS; REFORÇO EM SOLO PARA PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA.	GRANDE FLEXIBILIDADE E TENACIDADE; ELEVADA RESISTÊNCIA AO ATAQUE DE VÁRIAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS E AOS ÁLCALIS.	MÓDULO DE ELASTICIDADE BAIXO.	TAYLOR (1994); CASAGRANDE (2001); LIMA NETO (2016)
FIBRA DE VIDRO	BASE E/OU SUB-BASES DE PAVIMENTOS.	BAIXO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA, RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E À VIBRAÇÃO, RETENÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS A ALTAS TEMPERATURAS, GRANDE ALONGAMENTO NA RUPTURA, FACILIDADE DE PROCESSAMENTO E BAIXO CUSTO.	CONHECIMENTO INSUFICIENTE DAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DO VIDRO RECICLADO.	DISFANI (2011); ARULRAJAH ET AL. (2012); PERUZZI (2002)
FIBRAS NATURAIS (COCO)	ADIÇÃO DA FIBRA EM CONCRETO NÃO ESTRUTURAL, USO DA FIBRA EM COMPÓSITOS, ADIÇÃO DA FIBRA EM MISTURAS ASFÁLTICAS.	ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL QUE AJUDA A REDUZIR NO IMPACTO AMBIENTAL.	BAIXA RESISTÊNCIA, QUANDO COMPARADA COM DEMAIS FIBRAS.	FRANÇA, ET AL. (2017)
FIBRAS DE POLIETILENO TEREFLATADO (PET)	REFORÇO DE SOLOS PARA ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO E EM CAMADAS ESTRUTURAIS DE PAVIMENTOS.	ALTA TENACIDADE; ALTO MÓDULO DE ELASTICIDADE; BAIXA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA.	NÃO SÃO ESTÁVEIS NOS AMBIENTES COM ALTO PH.	TAYLOR (1994); LUCARRELI (2018)

Fonte: Autores (2021).

3.3 FIBRA DE CARBONO

Chataigner *et al.* (2020) avaliaram a eficiência da utilização de *Carbon fiber-reinforced polymer* (CFRP) para reforço ou reparo em estruturas de aço. O material utilizado é mais caro quando comparado às chapas de aço, porém, apresentam maior eficiência em relação à fadiga. A Ponte Jarama, em Madri,

Espanha, foi o objeto de estudo dos autores, na ponte havia evidências de corrosão, justificando a escolha da mesma para o estudo. Foi utilizada a metodologia de avaliação de fadiga *FASSTbridge* para estimar a resistência à fadiga e a vida restante à fadiga das vigas. Foram avaliadas três configurações diferentes de reforço de CFRP com números variáveis de placas de CFRP, número de camadas e comprimentos. Essas três configurações diferentes de reforço obtiveram eficiência no sistema, ocasionando uma redução de tensão de 20% a 30%, resultando um aumento na vida útil restante para o recurso mais crítico. Além disso, a medição de deformação no local resultou em deformações de CFRP muito menores do que as deformações de projeto determinadas por meio de investigações laboratoriais preliminares.

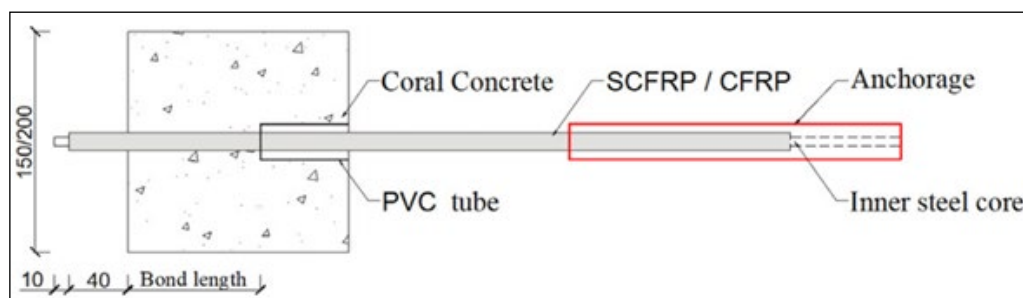
Bai *et al.* (2020) estudaram sobre o efeito da fibra de carbono na corrosão do concreto armado. O concreto reforçado com fibra de carbono possui resistência à flexão, resistência ao desgaste e impermeabilidade. Porém, como a fibra de carbono é um bom condutor, pode comprometer a durabilidade das estruturas de concreto armado se entrar em contato com barras de aço no concreto, permitindo, assim, a formação de um par galvânico. O estudo realizou ensaios eletroquímicos e experimentos de ausência de peso por corrosão em um fluido poroso de concreto com um pH de 12,5. A fibra de carbono usada no experimento é a fibra de carbono CCF303K. A amostra de aço carbono usada no experimento eletroquímico é o reforço de aço carbono Q235, que é processado em uma amostra com um diâmetro de 1,0 cm e um comprimento de 1 cm. Foi feita uma análise XPS que confirmou os resultados das experiências eletroquímicas. O potencial do aço carbono após o acoplamento com fibra de carbono alterou positivamente, e o potencial misto estável foi entre a fibra de carbono e o aço carbono.

Saljoughian e Mostofinejad (2020) investigaram o comportamento de *square reinforced concrete columns retrofitted* (RC) adaptadas usando *Carbon fiber-reinforced polymer* (CFRP) sob carga sísmica simulada. O experimento utilizou sete colunas idênticas com uma seção transversal quadrada de 250 × 250 mm, comprimento de 1.500 mm e fundação de 1.000 × 500 × 500 mm em dimensões. Três colunas foram longitudinalmente fortalecidas pelos métodos EBRIG (*externally bonded reinforcement in grooves*), EBROG (*the externally bonded reinforcement on grooves*) e EBR (*externally bonded reinforcement*): três foram confinados usando a técnica CSB (*corner strip-batten*) e reforçados com tiras longitudinais de CFRP, e uma usada como amostra de referência que não possuía nenhum tipo de reforço. As técnicas EBRIG e EBROG melhoraram a ductilidade e resistência média nas direções negativa e positiva. O C-EBROG apresentou incrementos de 42 e 60%, em sua força lateral e ductilidade, respectivamente, quando comparado à amostra de referência. Já o C-EBRIG-CSB apresentou melhorias de 77 e 109%, respectivamente, em sua força lateral e ductilidade em relação às do RC. Os diferentes métodos de adaptação

avaliados foram capazes de melhorar em grande parte o índice de rigidez e amortecimento cumulativo das amostras.

Afim de minimizar deficiências de ductilidade e baixa rigidez dos elementos de concreto armado, Wang *et al.* (2020) avaliaram o desempenho da ligação entre as barras SCFRP (*Steel-Carbon Fiber Reinforced Polymer*) e o concreto coral. Essas barras de SCFRP apresentam uma excelente durabilidade devido à existência de núcleo de aço interno, além de resolver o problema de durabilidade causado pela corrosão do aço. O autor realizou 39 testes de tração do concreto coral reforçado com SCFRP, com o método de *pull-out* (método clássico para estudar o desempenho das ligações entre barra de aço e concreto). As amostras tinham dimensões de 150 x 150 x 150 mm, 200 x 200 x 150 mm. Os parâmetros foram tipo de barra de aço, diâmetro e comprimento da ligação. A Figura 7 ilustra a mostra o diagrama esquemático das amostras que foram utilizadas para a realização dos testes.

Figura 7 - Diagrama esquemático das amostras [23]



Fonte: Wang (2020)

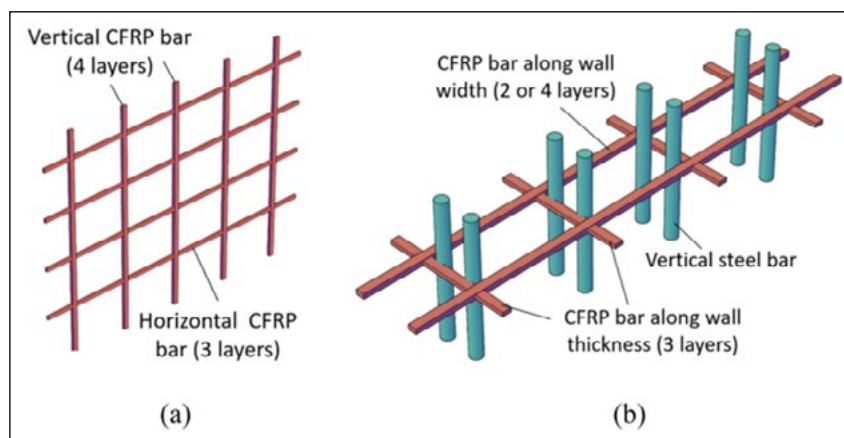
Os detritos de coral selecionados nesta pesquisa são originários da limpeza de produtos do mar da China Meridional. O cimento é um cimento Portland de 42,5 graus. Os fatores que afetam o desempenho da ligação da barra SCFRP e o concreto coral são similares ao concreto de barra FRP. Com o aumento do diâmetro da barra SCFRP, a resistência de união entre a barra SCFRP e o concreto coral diminuiu. A força de união da amostra com diâmetro de 16 mm diminuiu 26,3% em relação ao de amostra com diâmetro de 12 mm. Aumentando o comprimento, a resistência de união entre a barra SCFRP com um diâmetro de 12 mm e o concreto coral aumenta de 24,3 kN em 5 dias, em 12 dias passa para 36,85 kN, porém, a força de união média diminuiu em 36,8%. Os coeficientes de deslizamento antes e após os rendimentos do núcleo de aço foram de 0,86 e 1,0, respectivamente, o que resulta em um comportamento do deslizamento da ligação entre SCFRP e concreto com mais precisão.

Huang (2020), avaliaram seis paredes de cisalhamento de concreto, onde, uma a parede era reforçada com aço, e as outras cinco, as paredes foram reforçadas com grades de CFRP em duas configurações de reforço (dispostas

vertical ou horizontalmente, conforme Figura 8). O objetivo era investigar o desempenho de cisalhamento sob carga cíclica. O *Carbon fiber-reinforced polymer* (CFRP) é ideal para uso em novas construções em função de seu peso leve e alta propriedade de resistência e elasticidade linear. Já a grade de CFRP, é uma forma comum de reforço que pode melhorar a integridade estrutural dos componentes.

Os parâmetros para avaliação foram: configuração de reforço; taxa horizontal de reforço e proporção. Com o intuito de garantir uma comparação precisa com a parede de cisalhamento, os vergalhões de aço foram substituídos parcial ou totalmente por grades de CFRP, mantendo constante a taxa de reforço total. Os autores concluíram que a configuração do reforço com grades CFRP dispostas horizontalmente apresentou melhor desempenho em resistência à carga e deformação lateral. Os valores teóricos foram inferiores aos resultados experimentais, o que garantiu a segurança do projeto. As taxas de desvio lateral das amostras com grades de CFRP foram superiores à parede de cisalhamento (14,3% e 78,6%, respectivamente) na mesma proporção de reforço horizontal.

Figura 8 - Configurações de substituição de reforço de aço por grades de CFRP: (a) substituição vertical; (b) substituição horizontal



Fonte: Huang (2020)

4 CONCLUSÃO

A temática de reforço com fibras é estudada há muito tempo, a maioria das pesquisas publicadas nos últimos cinco anos, são desenvolvidas, majoritariamente, nos Estados Unidos e na China e publicadas em periódicos de língua inglesa. As pesquisas abordam principalmente sobre as propriedades mecânicas destes compósitos, que como já visto, é de extrema importância para saber a empregabilidade da fibra.

Como supracitado, pode-se dividir as fibras em quatro grandes grupos: naturais, minerais, poliméricas e metálicas. Com a bibliometria constatou-se que a fibra mais estudada nos últimos cinco anos, foi a fibra de carbono, uma fibra de origem mineral, ela é amplamente utilizada no campo estrutural, tendo um desempenho satisfatório.

O Brasil é o oitavo país em publicações nessa temática, revelando um interesse em relação ao tema em questão e também um campo para pesquisas futuras. O mercado brasileiro de fibras é centralizado em aplicações de baixo consumo de fibras e estruturas contínuas. Nos últimos anos, após pesquisas sobre as fibras na construção civil, se fez necessário desenvolver fibras que atendessem diferentes necessidades.

Nos últimos anos, os materiais compósitos de fibra de carbono têm sido amplamente utilizados devido às suas vantagens de alta resistência, leveza e fácil manuseio, reduzindo assim o tempo de trabalho. (Gudonis et al; 2013). Ela tem sido comumente utilizada no reforço de estruturas e poucos são os estudos de sua aplicabilidade em outros tipos de infraestrutura.

Como sugestão para trabalhos correlatos a esse tema, sugere-se o desenvolvimento de pesquisas focadas nas aplicabilidades das fibras e análise dos novos materiais alternativos desenvolvidos que auxiliem na redução do impacto ambiental causado pela construção civil e contribuam com os objetivos de desenvolvimento sustentável.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a CAPES/CNPq e Fundação UPF pelas bolsas de mestrado.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, C. A. "Bibliometria: evolução histórica e questões atuais", **Em Questão**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11- 32, 2006.

ARIA, M. & CUCCURULLO, C. (2017) "Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis", **Journal of Informetrics**, 11(4), pp 959-975, Elsevier.

ARULRAJAH, A., *et al.*, "Suitability of using recycled glass-crushed rock blends for pavement subbase applications", In: GEO-FRONTIERS CONGRESS, 2011, Dallas, Proceedings... Reston: ASCE, pp. 1325 – 1334, 2012.

BAI, C., *et al.*, "Electrochemical Behavior of Carbon Fiber-Coupled Steel in Concrete Environment", **Int. J. Electrochem. Sci**, v. 15, pp. 4660-4670, 2020.

CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, **Acervo**, https://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_pcollection&mn=70&smn=79&cid=81, acessado em julho 2020.

CASAGRANDE, M. D. T., “Estudo do comportamento de um solo reforçado com fibras de polipropileno visando o uso como base de fundações superficiais”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul- UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 2001.

CASAGRANDE, M. D. T., “Comportamento de solos reforçados com fibras submetidos a grandes deformações”, Tese de Doutorado, UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 2005.

CHATAIGNER, S., *et al.*, “Fatigue Strengthening of Steel Bridges with Adhesively Bonded CFRP Laminates: Case Study”, **Journal of Composites for Construction**, v. 24, n. 3, pp. 05020002, 2020.

COELHO, E. F. F., “Estudo do comportamento mecânico de rejeitos de minério de ferro reforçados com fibras sintéticas”, Dissertação (Mestrado em Geotecnia), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

DISFANI, M. M., *et al.*, “Recycled crushed glass in road work applications, **Waste Management**, v. 31(11), pp. 2341 – 2351, 2011.

FONSECA, J. J. S., “Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza”, UEC, 2002, p.32. Apostila.

FRANÇA, R. A. B., *et al.*, “Extração de fibras de coco para aplicação em materiais de engenharia”, **Revista Univap**, v. 22, n. 40, pp. 610, 2017.

FERREIRA, Cristiane Arantes, “Estudo do Comportamento Mecânico de Solos Reforçados com Fibras através do Método de Elementos Discretos”, Tese de Doutorado. PUC-Rio, Rio de Janeiro, Brasil, 2010.

GREGOLIN, J. A. R. *et al.* “Análise da produção científica a partir de indicadores bibliométricos”, **FAPESP. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo**. São Paulo: Fapesp, 2005.

GUDONIS, Eugenijus.; TIMINSKAS, Edgaras.; GRIBNIAK, Viktor.; KAKLAUSKAS, Gintaris.; ARNAUTOV, Aleksandr K.; TAMULÉNAS, Vytautas. FRP Reinforcement for concrete structures: state-of-the-art review of application and design. **Engineering Structures and Technologies**, v. 5, n.4, p.147-158, 2013. Disponível em < <https://journals.vgtu.lt/index.php/EST/article/view/4030> >. Acesso em: 25 de janeiro de 2022.

HANNANT, L., “Polymers and polymers composites”, In: **J.M Illston, Construction materials: their nature and behavior**, 2ed, London: J.M. Illston/E & FN Spon, pp. 359-403, 1994.

HUANG, Z., *et al.*, “Shear behavior of concrete shear walls with CFRP grids under lateral cyclic loading”, **Engineering Structures**, v. 211, pp. 110422, 2020.

LIMA NETO, P. S, "Utilização de fibras de polipropileno como reforço em solo para pavimentação rodoviária", Trabalho de conclusão de curso, Universidade de Fortaleza. Fortaleza, 2016.

LUCARRELI, D. C, "Estudo do comportamento mecânico de solos reforçados com fibras de polietileno tereftalado (PET) de distribuição aleatória", Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

OLIVEIRA, F. L., "Melhoramento de solos através da incorporação de fibras recicladas: fibra cerâmica e fibra promex", Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS, Brasília, 2017.

PALMEIRA, E.M, "Geossintéticos: tipos e evolução nos últimos anos", In: **Seminário Sobre Aplicações De Geossintéticos Em Geotecnia**, Geossintéticos 92, Brasília, Brasil, p.1-12, 1992.

PERUZZI, A. P, "Comportamento das fibras de vidro convencionais em matriz de cimento Portland modificada com látex e adição de sílica ativa", Dissertação (Mestrado em Arquitetura), Escola de Engenharia da São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

SALJOUGHIAN, A, MOSTOFINEJAD, D, "Using grooving and corner strip-batten techniques for seismic strengthening of square reinforced concrete columns with fiber-reinforced polymer composites", **Structural Concrete**, 2020.

TAYLOR, G. D, "Materials in Construction", **London: Longman Scientific & Technical**, 2ed, pp 284, 1994.

WANG, L., *et al.*, "Bond performance of Steel-CFRP bar reinforced coral concrete beams, **Construction and Building Materials**, v. 245, pp. 118456, 2020.