

PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS

Claudio Alcides Jacoski¹; Gustavo Guarnieri¹; Leonardo Tonet¹; Mateus Gehlen¹

¹Universidade Comunitária da Região de Chapecó, UNOCHAPECÓ, Chapecó, SC, Brasil. (claudio@unochapeco.edu.br)

Rec.: 06.07.2014. Ace.: 31.08.2014

RESUMO

Este artigo tem como abordagem o tema inovações na engenharia civil, visando um estudo de prospecção tecnológica da utilização de fibras ao concreto. Hoje em dia, há uma grande quantidade de mistura de diversos tipos de fibras para reforço do concreto, onde cada uma proporciona ao material melhorias em diferentes propriedades. São utilizadas desde fibras de aço para melhorar a ductilidade, microfibras poliméricas para aumentar a eficiência do concreto sob altas temperaturas e uma variação na forma e superfície para obtenção de melhores resultados. Para melhor analisar a evolução desta tecnologia, foi realizada uma pesquisa através de prospecção em bases de patentes, objetivando verificar a quantidade e diversidade de depósitos existentes. Houve a constatação de desenvolvimento deste setor em alguns países, em especial, os resultados mostram que a República da Coreia possui um forte investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&E) nesta área. Com o estudo é possível observar os demais países que se destacam, as tipologias de fibras mais utilizadas e a apropriação de informações derivadas da prospecção tecnológica sobre o tema.

Palavras chave: Prospecção Tecnológica. Fibras. Concreto. Patentes Tecnológicas.

ABSTRACT

This paper aims to approach the theme innovations in civil engineering, and a study of a technological prospective of addition of fibers to concrete. Nowadays, of several types of fibers are mixed with concrete aiming its reinforcement, and each material improves a specific properties, for instance, steel fibers are used to improve ductility, polymer microfibers to increase efficiency of concrete under high temperatures, and various shapes may yield specific results. To better analyze the evolution of this technology, a survey was carried out in bases of patents, in order to verify the quantity and diversity of existing documents. There was strong development in this sector in some countries, in particular, the results show that Republic of Korea has a strong investment in research and development (R&D) in this area. With this study, it is possible to observe the other countries that stand out, the types of fiber most commonly used, and the appropriation of information derived from technological forecasting on the topic.

Keywords: Technological Prospecction. Fibers. Concrete. Patent Technology.

Área Tecnológica: Construção Civil, Materiais.

INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica é de grande importância para a melhoria das condições de trabalho na construção civil sendo fundamental na criação e aperfeiçoamento de métodos para facilitar o desenvolvimento dos produtos neste setor.

Segundo Monteiro Filha (2010) o Brasil apresenta poucos avanços inovadores na cadeia da construção civil nos segmentos de materiais de construção, construção pesada e de edificações, onde as inovações tecnológicas são distinguidas como uma possibilidade de solução e avanço tecnológico para o setor.

Implementar inovações na fabricação, ou na reutilização de concreto são imprescindíveis para evolução do sistema convencional de construção que carece de apropriação tecnológica. A ideia principal na produção de qualquer concreto é a criação de um material com características próximas as rochas, mas com uma propriedade em especial: a vantagem de ser moldável. Portanto, idealizar a concepção de estruturas esbeltas e arrojadas apenas de concreto sem a utilização do aço convencional, é sem dúvida o ápice da eficiência do material.

Neste intuito de buscar um concreto mais dúctil, as fibras para concreto vêm aos poucos ocupando um espaço significativo como material componente do concreto, assim como os aditivos líquidos, e na concepção de Aoki (2010), tudo indica que sua utilização será quase obrigatória em poucos anos. A adição deste tipo de material melhora características estruturais e funcionais dos elementos de concreto armado, podendo se tornar uma tendência para o concreto industrializado.

Diversas pesquisas são desenvolvidas em tecnologia do concreto, com o objetivo de tornar o sistema cada vez mais eficiente, mas, no entanto as soluções encontradas são muito onerosas para serem absorvidas pelo mercado. Cabe então observar como encontra-se o estado da arte da geração de propriedade industrial ligada a este tema, para que se tenha uma concepção mais clara da evolução do processo de adições de fibras ao concreto, seja de forma estrutural ou construtiva, bem como verificar a localização mundial da evolução do emprego deste material.

Pesquisas relacionadas à adição de materiais de diferentes naturezas ao concreto são constantemente realizadas em todo o mundo, sempre com o intuito de melhorar alguma das características do material. Em relação às fibras, é possível observar que as mesmas já são utilizadas a algum tempo, porém, no passado seu emprego visava apenas evitar a retração ou reforçar a resistência mecânica.

Atualmente, muitas aplicações foram incorporadas para obtenção de resultados diversos. Segundo Aoki (2010), é possível utilizar fibras praticamente em qualquer tipo de concreto, inclusive combinadas, para atender simultaneamente a finalidades diferentes. Assim, pode-se utilizar a combinação de dois tipos de fibras para gerar resistência a altas temperaturas e um aumento do módulo de deformação ao mesmo tempo. Também se observa com outra finalidade:

um bom exemplo é o uso de fibras de polipropileno em concretos submetidos a altas temperaturas ou com grande risco de incêndio. Nesta situação, ocorre a extinção das fibras e em seu lugar surgem diversos canais interligados na massa de concreto, que aliviam a pressão interna gerada pelo vapor d'água e evitam o deslocamento (AOKI, 2010).

No processo de endurecimento do concreto, podem ocorrer diferentes fissuras, seja por retração, ação térmica, movimentação estrutural, ou outros motivos. Sendo que, recomenda-se para cada caso um tipo de fibra, ou seja, elas exercem funções diferentes. As fibras naturais ou sintéticas são empregadas principalmente para minimizar o aparecimento das fissuras originadas pela retração plástica do

concreto. Para evitar a retração plástica do concreto, também pode ser empregada a fibra de vidro. Já as fibras estruturais aumentam a resistência residual pós-fissuração do concreto, tornando-o mais dúctil. Estas podem ser de aço ou macrofibras poliméricas (TAMAKI, 2011).

De acordo com Thomaz (2009) “o concreto simples, não armado, é um material frágil, quebradiço, com uma baixa resistência à tração e uma baixa capacidade de alongamento na tração.” o papel das fibras é o de atravessar as fissuras, que se formam no concreto, seja quando sob a ação de cargas externas ou quando sujeito a mudanças na temperatura ou na umidade do meio ambiente, assim, as fibras provocam uma certa ductilidade após a fissuração. Elas ainda permitem ao concreto resistir a tensões de tração bem elevadas, com uma grande capacidade de deformação no estágio pós-fissuração.

De um modo geral, propriedade do uso das fibras: Não afetam muito a resistência à tração axial, embora, para grandes volumes de fibra, possa haver um aumento da resistência à tração de até 6%; Têm um grande efeito na resistência à tração na flexão. Há relatos de aumento de mais que 100% na resistência, para elevados teores de fibra; Têm pouco efeito na resistência à torção ou na resistência ao cisalhamento; Têm pouca influência na resistência à abrasão; São muito eficientes na melhoria das propriedades dinâmicas do concreto; Aumentam a resistência à fadiga do concreto; Melhoram as propriedades do concreto sob a ação de cargas de impacto; Melhoram as propriedades do concreto sob a ação de cargas de impacto.

Em estruturas de concreto armado contendo barras de aço e fibras, estas atuam de dois modos: As fibras permitem que a resistência à tração do Concreto Reforçado com Fibras (CRF) seja usada no projeto, visto que a matriz cimentícia não perderá sua capacidade de carga ao surgir a primeira fissura; As fibras melhoram a aderência entre a matriz cimentícia e as barras da armadura, após o início da fissuração, impedindo o crescimento das fissuras que surgem quando as barras se alongam.

Aoki (2010) complementa que:

As fibras, de maneira geral, podem melhorar de fato outras propriedades do concreto como a ductibilidade (capacidade de se deformar) ou a baixa permeabilidade, mas ainda não temos normas brasileiras para o concreto reforçado com fibras e os profissionais da construção civil, projetistas e construtores, precisam conhecer melhor as características destes materiais.

Em relação a aplicação do concreto com fibras, Tamaki (2011) apresenta que o seu uso está evidente nas telhas de fibrocimento, painéis de vedação vertical, concretos refratários e placas de argamassa ou plástico reforçadas com fibras de vidro. As fibras estruturais estão presentes principalmente nos pisos industriais, pavimentos rígidos e também em estruturas de concreto de túneis; e, como já citado, as microfibras (poliméricas), por sua vez, têm uma aplicação específica peculiar: proteção do concreto em caso de incêndio.

Com o objetivo de conhecer alguns dos exemplares de maior ocorrência na produção de concreto com fibras, nos casos específicos do aço e de polímeros, e também algumas propostas inovadoras, como o emprego de fibras cerâmicas, apresentam-se individualmente os principais fatores característicos que distinguem e identificam as seguintes fibras: Fibras de aço, fibras sintéticas, fibras cerâmicas.

As fibras de aço são elementos descontínuos quando relacionadas a formatos, dimensões e tipos de aço. De acordo com Figueiredo (2000) existem três tipos mais comuns de fibras de aço disponíveis no mercado: O primeiro tipo é produzido a partir do fio chato que sobra da produção de lã de aço, que a princípio seria um rejeito industrial. Este fio é cortado no comprimento desejado e posteriormente é

corrugado longitudinalmente com o objetivo de melhorar a aderência com o concreto; O segundo tipo trata-se de uma fibra de aço com ancoragem em gancho e seção retangular, este material é produzido a partir de chapas de aço que são cortadas na largura da fibra e, simultaneamente, conformadas de modo a se obter o formato desejado da ancoragem em gancho.

O formato de gancho foi introduzido com o objetivo específico de atuar como reforço do concreto; O terceiro tipo de fibras de aço é fundamentado no mesmo princípio do segundo, porém, com seção transversal circular. Sua produção se dá através de fios trefilados progressivamente até se chegar ao diâmetro desejado.

Este tipo de fibra surgiu como uma alternativa para substituição de telas metálicas para pisos de concreto, também com o objetivo de diminuir as fissuras de retração no concreto (TANESI; FIGUEIREDO, 1999). As fibras sintéticas podem derivar de diversos compostos, tais como: poliéster, polipropileno e nylon. As propriedades físicas deste tipo de fibra, relacionadas por Tamaki (2011), são: retilíneas com comprimento de 4 à 6 *cm*, e diâmetro menor que 0,3 *mm*.

Trata-se de uma invenção brasileira, criada por Márcia da Silva Ferreira Fernandes em 2005, que diz respeito a capacidade de isolamento térmico do material, devido ao poder refratário da fibra.

A patente, sob o número registro PI0502990-2, descreve a composição como sílica-aluminosa de baixa densidade.

De acordo com a autora este material tem a capacidade baixa condutividade térmica, podendo ser aplicado a locais com altas temperaturas, no caso de alto fornos, com temperatura máxima de uso em torno de 1250 °C.

Para destacar o atual desenvolvimento e reconhecer os potenciais da produção futura deste tipo de tecnologia foram utilizados, como ferramenta de análise, os dados relativos à Propriedade Industrial associada a adição de fibra ao concreto.

A busca por patentes foi realizada nas seguintes bases: A base brasileira do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), na base europeia – *European Patent Office* (ESPACENET) e a base norte americana – *United States Patent and Trademark Office* (USPTO).

Inicialmente foi constituído um grupo de palavras-chave para serem utilizadas nas buscas utilizando o mesmo termo em língua portuguesa e em língua inglesa.

A busca inicialmente se deu na base do INPI pois o mesmo apresenta a facilidade de obter rapidamente a informação da Classificação Internacional de Patentes (IPC).

Na sequencia, de posse dos códigos de Classificação IPC, se apoiou nestas informações para auxiliar nas buscas realizadas tanto na Espacenet, como na USPTO.

Após a organização das patentes encontradas, uma análise individualizada foi realizada com o intuito de associar características comuns e também buscar estruturar as respostas que haviam sido elaboradas quando da definição da pesquisa.

Resultado da pesquisa nas bases, foi possível avaliar que a principal base com patentes A amostra de dados obtidos totaliza 16 patentes, o resultado pode ser observado no Figura 1.

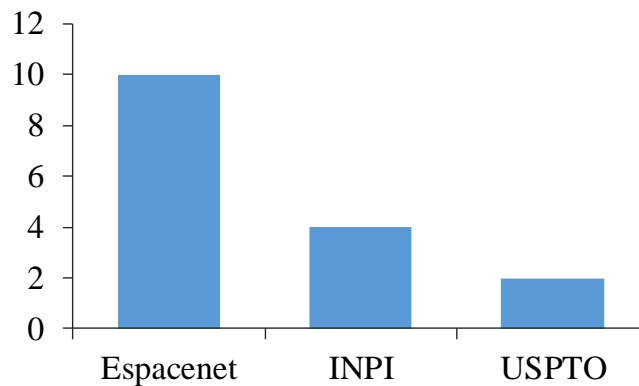
Dentre as patentes selecionadas uma das características identificadoras era a presença de fibras no concreto.

A composição de concretos possui diversas ramificações, pois uma mudança no traço dotado de uma nova adição significa um novo produto, desde que modifique suas características, sejam elas mecânicas

ou estéticas.

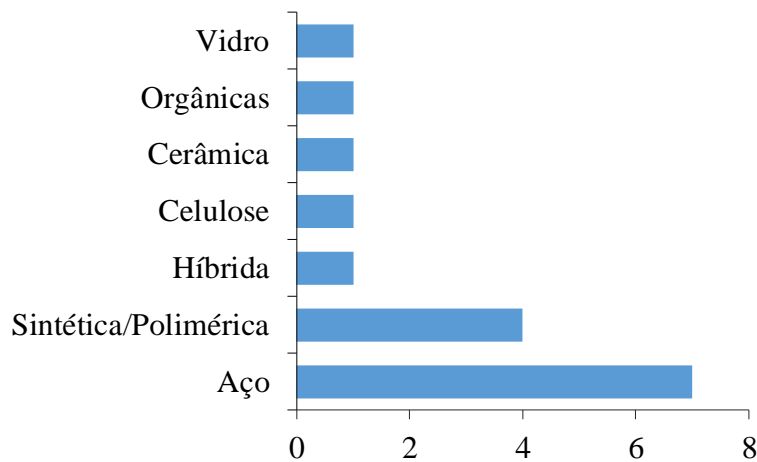
Portanto, é comum encontrar adições diversas de fibras em composições de concreto, buscando propriedades específicas para cada situação, sendo que apenas um dos materiais pesquisados não tem função estrutural, a fibra cerâmica. As tipologias de fibras encontradas estão relacionadas no Figura 2, ou seja, híbrida, aço, celulose, cerâmica, orgânicas, sintética e também as fibras de vidro.

Figura 1 - Amostra de patentes respectivas a adição de fibras em concreto



Fonte: A autoria própria, 2013.

Figura 2 - Tipos de fibras abordadas nas patentes



Fonte: A autoria própria, 2013.

Nota-se que a adição de fibra de aço é mais difundida do que as demais, dentro das mesmas destaca-se a patente com o registro CN101781110, onde a inovação neste novo conceito de concreto incide na adição de fibras de aço para produção de concreto de pós reativos, cuja propriedade intelectual pertence aos inventores: Baoyue An; Qiuyi Li; Yuming Shangguan; Pengkun Wu; Yingjie Zhang.

Esta patente utiliza as seguintes classes: C04B 28/00; C04B 14/06; C04B 14/48; C04B 18/12 (Classificação Internacional de Patentes – IPC).

Esta adição de fibras de concreto é considerada a mais promissora, segundo Vanderlei e Giongo (2006), porque permite ao concreto atingir capacidade de suporte superior a 200MPa (Mega Pascals), otimizando sua resistência de tração na flexão.

O interesse no desenvolvimento deste novo material é notável em diversas partes do mundo, com ênfase a produção tecnológica de países como o Brasil e a República da Coreia, onde ambas detêm 4 patentes, somando 50% das patentes pesquisadas.

Observa-se que após a fibra de aço, a segunda fibra mais encontrada foi a sintética que também tem uma importância técnica de grande importância, principalmente no que diz respeito a redução da presença de fissuras no concreto.

Na sequência outros tipos de fibras também foram encontradas, como fibras orgânicas, de cerâmica, de celulose, híbrida e de vidro.

Todas essas de pequena incidência o que denota-se que ainda não possuem mercado suficiente para a expansão das pesquisas com sua utilização.

A seguir, a análise pautou-se por identificar os países mais inovadores em relação a adição de fibras ao concreto e como nos últimos anos se comportou o número de patentes envolvendo a geração de soluções a base de fibras no concreto.

É possível afirmar que o produto em questão trate-se de uma inovação contemporânea do mercado mundial, pois está presente desde a década de 90 no setor da construção civil.

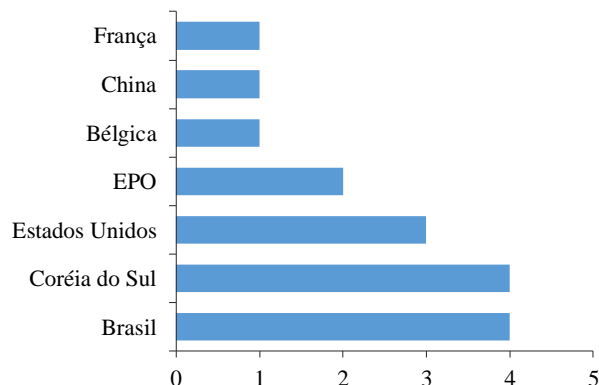
Uma análise criteriosa demonstra uma particularidade da República da Coreia em relação aos demais países, a respeito do depósito de patentes, o país revela o investimento em tecnologia no setor, através da adição de fibras de aço e sintéticas.

Isto distorce a análise realizada a partir do Figura 3, pois enquanto o Brasil demonstra tradição no ramo, produzindo tecnologia desde 1998, seu último invento registrado foi em 2005, o que pode representar uma defasagem do setor, sendo que a República da Coreia desponta em um cenário atual de inovação no setor.

Outra análise realizada pautou-se em coletar informações a respeito da evolução da P&D em uso de fibras adicionadas ao concreto, como mostra a Figura 5.

Na Figura 4 é possível observar em detalhes a análise da prospecção de depósitos de patentes realizada.

Figura 3 - Países inovadores na adição de fibras ao concreto



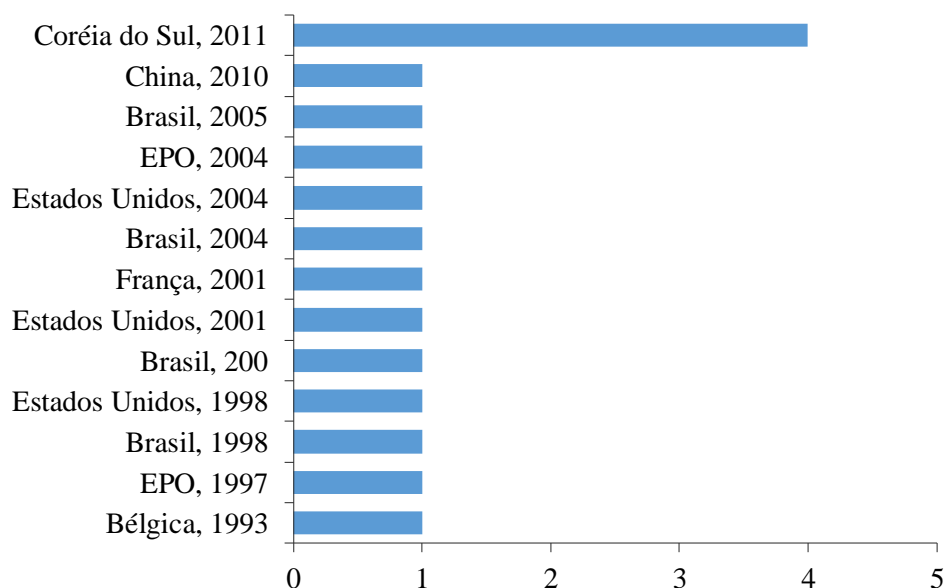
Fonte: Autoria própria, 2013.

Figura 4 - Detalhes da análise da prospecção de depósitos de patentes realizada

ANÁLISE DE PATENTES PARA ADIÇÃO DE FIBRAS NO CONCRETO										
ID. PATENTE	CARACTERÍSTICA SINGULAR	NATUREZA DA FIBRA	AUTOR	PAÍS	CONTINENTE	BASE DE PAT.	APLICAÇÃO	ANO		
BR 9807869 (A)	FIBRA PARA REFORÇO DE CONCRETO	AÇO	Ann Lambrechts	ORGANIZAÇÃO EUROPEIA DE PATENTES	EUROPEU	ESPACENET	ESTRUTURAL	1997		
BR 9305513 (A)	CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO	AÇO	Dirk Nemegeer / Yves Vancraeynest	BÉLGICA	AMERICANO	ESPACENET	ESTRUTURAL	1993		
BR P10502990 (A)	CONCRETO DE FIBRA CERÂMICA	CERÂMICA	Márcia da Silva Ferreira Fernandes	BRASIL	AMERICANO	INPI	CONSTRUTIVA	2005		
BR MU8403220U (U)	CONCRETO COM POLÍMEROS E BARRAS DE FIBRA DE VIDRO	SINTÉTICA/POLÍMERA	Lélio Teodósio Rodrigues	BRASIL	AMERICANO	INPI	ESTRUTURAL	2004		
BR 8001227 (U)	CONCRETO COM FIBRA DE VIDRO	VIDRO	Paulo Quinta Serrano	BRASIL	AMERICANO	INPI	ESTRUTURAL	2000		
BR 7802631 (U)	CONCRETO ARMADO COM FIBRA PLÁSTICA	SINTÉTICA/POLÍMERA	Marcel Riedo	BRASIL	AMERICANO	INPI	ESTRUTURAL	1998		
BR 0313982 (A)	CONCRETO REFORÇADO COM FIBRA DE CELULOSE	CELULOSE	Jeffrey Todd Cook / Howard Leon Schoggen / Robert Irvin Bell / David Jay Smith / Gerald Hunt Morton	ESTADOS UNIDOS	AMERICANO	USPTO	ESTRUTURAL	2004		
BR 9914859 (A)	CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS HÍBRIDAS PARA AUMENTO DE SUA DUCTILIDADE E TENACIDADE	AÇO	Klaus Alexander Rieder / Neal S. Berke	ESTADOS UNIDOS	AMERICANO	ESPACENET	ESTRUTURAL	2001		
BR 0108266 (A)	CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO COM FIBRAS ORGÂNICAS	ORGÂNICAS	Gilles Orange / Evelyne Prat / André Pascal Casanova / Mouloud Behloul	FRANÇA	EUROPEU	ESPACENET	ESTRUTURAL	2001		
BR P10417713 (A)	CONCRETO DE FIBRAS METÁLICAS	AÇO	Xavier Destree	ORGANIZAÇÃO EUROPEIA DE PATENTES	EUROPEU	ESPACENET	ESTRUTURAL	2004		
CN101781110	CONCRETO DE PÓS REATIVOS COM FIBRA DE AÇO	AÇO	Zhiqiang Cao; Jianghai Jia; Donghong Liu; Shian Liu; Xianming Lu; Huamei Meng; Yuchi Wang; Baojun Xu	CHINA	ASIÁTICO	ESPACENET	ESTRUTURAL	2010		
KR 101043809	CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS DE POLÍMEROS	SINTÉTICA/POLÍMERA	Kim Jung Tae; Jang Gye Ho; Hwang Geum Sik	REPÚBLICA DA COREIA	ASIÁTICO	ESPACENET	ESTRUTURAL	2011		
KR 20110052103 (A)	CONCRETO ARMADO REFORÇADO COM ESFERAS DE AÇO	AÇO	Cho Keun Hee; Park Sung Yong; Kim Sung Tae; Cho Jeong Rae; Kim Byung Suk	REPÚBLICA DA COREIA	ASIÁTICO	ESPACENET	ESTRUTURAL	2011		
KR 20110051914 (A)	CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO	AÇO	Ryu Gum Sung; Koh Kyung Taek [K]; Kang Su Tae; Park Jung Jun; Kim Sung Wook; Kang Hyun Jin	REPÚBLICA DA COREIA	ASIÁTICO	ESPACENET	ESTRUTURAL	2011		
KR 20110049184 (A)	CONCRETO REFORÇADO COM FIBRA SINTÉTICA	SINTÉTICA/POLÍMERA	Lee Cha Don; Won Jong Pil	REPÚBLICA DA COREIA	ASIÁTICO	ESPACENET	ESTRUTURAL	2011		
P19914859-5 B1	CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS HÍBRIDAS	HÍBRIDA	Klaus Alexander Rieder / Neal S. Berke	ESTADOS UNIDOS	AMERICANO	USPTO	ESTRUTURAL	1998		

Fonte: Autoria própria, 2013.

Figura 5 - Relação ao longo do tempo da adição de fibras para concreto



Fonte: Autoria própria, 2013.

CONCLUSÃO

Com base na análise estatística de patentes voltadas a inovação no uso de fibras em concreto, é possível afirmar o interesse na produção de novos materiais com o propósito de melhorar as características do concreto, seja de um modo estrutural, onde diversos tipos de fibras metálicas são empregadas, ou até de maneira preventiva, em locais sujeitos a altas temperaturas, como no caso de fibras de polipropileno.

Neste contexto, a adição de fibras ao concreto mostrou-se como uma tecnologia emergente para o setor, com variação na sua funcionalidade e características esperadas, apresentando-se como um nicho de mercado a ser explorado. O setor apresenta evolução sensível e pode-se considerar que a incorporação de fibras ao concreto tem contribuído na melhoria do produto concreto, a partir da ampliação das propriedades físicas. A investigação em bases de patentes, mostra um destaque por parte da Coréia em relação aos demais países, principalmente no que tange a temporalidade, pois os pesquisas naquele país apontam para depósitos e publicações mais recentes.

REFERÊNCIAS

AOKI, J. **Fibras para concreto**. Cimento Itambé, 2010. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/fibras-para-concreto>>. Acesso em: 11 jun. 2014.

CHINA RAILWAY 17 BUREAU GROUP (Suíça). An Baoyue; Li Qiuyi; Shangguan Yuming. Reactive powder concrete for cable trough cover boards of railways. CN20101123681. 10 fev. 2010.

FIGUEIREDO, A. D. **Concreto com fibras de aço**. PUC USP. São Paulo: 2000. Disponível em:

<<http://www.allquimica.com.br/arquivos/websites/artigos/A-000222006526153128.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2011.

MONTEIRO FILHA, D. C.; COSTA, A. C. R.; ROCHA, E. R. P. **Perspectivas e desafios para inovar na construção civil**. BNDES Setorial 31, p. 353-410, 2010. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3110.pdf>. Acesso em: 15 set. 2013.

TAMAKI, L. **Reforço de Fibra**. Revista Técnica, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/170/artigo215441-3.asp>>. Acesso em: 09 out. 2012.

TANESI, J.; FIGUEIREDO, A. D. **Fissuração por retração em concretos reforçados com fibras de polipropileno (CRFP)**. Disponível em: <<http://publicacoes.pcc.usp.br/PDFs%20novos/Bt239.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2011.

THOMAZ, E. C. S. **CRF - Concreto Reforçado Com Fibras - Mito e Realidade**. Notas de aula, 2009. Disponível em: <<http://www.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/crf.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2011.

VANDERLEI, R. D.; GIONGO, J. S. **Análise experimental do concreto de pós reativos: dosagem e propriedades mecânicas**. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/cadernos/pdf/cee33_115.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2014.