República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) (21) **PI 0601990-0 A**

(22) Data de Depósito: 10/05/2006
(43) Data de Publicação: 08/01/2008
(RPI 1931)

(51) *Int. Cl.:*
C04B 14/00 (2007.10)
C04B 16/00 (2007.10)

(54) Título: **APERFEIÇOAMENTO INTRODUZIDO EM MÉTODO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES, TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES PRODUZIDOS COM MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL E EQUIPAMENTO APERFEIÇOADO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES**

(71) Depositante(s): Universidade de São Paulo (BR/SP),
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (BR/SP)

(72) Inventor(es): Vanderley Moacyr John, Cleber Marcos Ribeiro
Dias

(74) Procurador: Tinoco Soares & Filho Ltda

(57) Resumo: APERFEIÇOAMENTO INTRODUZIDO EM MÉTODO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES, TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES PRODUZIDOS COM MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL E EQUIPAMENTO APERFEIÇOADO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES, sendo que o método em questão parte do Método Hatschek e compreende: uma primeira etapa onde ocorre a mistura dos materiais que irão formar o produto final (cimento, aditivos e água) gerando assim uma suspensão de tais materiais; uma segunda etapa onde a suspensão é distribuída em recipientes ("tamises"); uma terceira etapa onde, por impregnação, a suspensão é transferida por rolos presentes em cada "tamise" para um meio temporário de suporte definido como uma esteira de feltro; uma quarta etapa onde é aplicado vácuo ao material que está impregnado à esteira; uma quinta etapa onde ocorre a transferência do material impregnado na esteira para a superfície de uma prensa cilíndrica onde as sucessivas camadas de material são formadas através do giro controlado da prensa cilíndrica e da esteira de feltro, sendo o método em questão caracterizado pelo fato de prever uma sexta etapa que ocorre de forma simultânea com a quinta etapa, onde a manta de fibrocimento (F) formada é recebe a aplicação de material de reforço (MR) distribuído de forma ordenada e controlada; uma sétima etapa onde a manta de fibrocimento (F) já incorporando o material de reforço (MR) é cortada após atingir a espessura desejada, sendo então retirada da prensa cilíndrica; uma oitava etapa onde a manta de fibrocimento (F) devidamente complementada com material de reforço (MR) é submetida a uma estação de corte; e uma oitava etapa onde a manta de fibrocimento (F) já cortada é submetida a uma estação onde a mesma é ondulada obedecendo uma condição de posicionamento que faça coincidir as regiões que contam com material de reforço (MR) com as regiões (que estando o produto pronto e acabado), estão sujeitas a esforços de tração.

"APERFEIÇOAMENTO INTRODUZIDO
EM MÉTODO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO
FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E ARTIGOS
CONGÊNERES, TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES PRODUZIDOS COM
5 MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL E EQUIPAMENTO
APERFEIÇOADO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM
GRADAÇÃO FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E
ARTIGOS CONGÊNERES".

A presente Patente de
10 Privilégio de Invenção trata de aperfeiçoamento introduzido
em método para produzir mantas de fibrocimento com gradação
funcional, do tipo que é empregado na fabricação de telhas e
artigos congêneres, sendo que o método ora aperfeiçoado
parte de um método pertencente ao estado da técnica e que é
15 conhecido como Método Hatschek.

A presente Patente objetiva
aperfeiçoar o citado Método Hatschek de tal modo que o mesmo
possa, após devidamente modificado, ser utilizado para
produzir mantas de fibrocimento com composição e
20 propriedades que variam de forma controlada formando ou não
gradientes FGM (Functionally Graded Materials) dentro de
qualquer das direções de uma mesma manta gerando assim uma
grande melhoria do ponto de vista do desempenho mecânico dos
componentes resultantes (telhas e artigos congêneres), sem
25 proporcional aumento de custo.

A presente Patente de
Privilégio de Invenção trata também do produto que resulta
do método proposto, ou seja, as telhas de fibrocimento e

produtos congêneres obtidos com a manta de fibrocimento FGM produzida a partir do método em questão.

Finalmente a presente Patente de Privilégio de Invenção aborda também os aperfeiçoamentos introduzidos no equipamento normalmente utilizado para
5 viabilizar a execução do Método Hatschek, aperfeiçoamentos esses que consistem, essencialmente, na introdução de um dispositivo de administração localizada de material de reforço, dispositivo esse que opera de forma conjunta com a
10 prensa cilíndrica ao redor da qual a manta de fibrocimento é produzida.

Como é do conhecimento geral, as peças de fibrocimento empregam, em sua formulação, dentre outros materiais, aglomerantes minerais como o cimento e
15 pozolanas, filler, fibras como amianto, celulose ou sintéticas, polímeros, isoladamente ou em combinação.

O método (e respectivo equipamento) retratado na figura 1 (Método Hatschek) é ainda o mais empregado na produção de chapas planas e telhas de
20 fibrocimento para a construção civil. Este método consiste em produzir mantas (chapas) de fibrocimento compostas de diferentes camadas, conforme descrito por BENTUR e MINDESS (1990), que posteriormente, ainda no estado fresco, podem ser conformadas para produzir telhas onduladas e acessórios
25 para a construção civil.

O Método Hatschek compreende em essência: uma primeira etapa onde ocorre a mistura dos materiais que irão formar o produto final (cimento, amianto,

aditivos e água) gerando assim uma suspensão de tais materiais; uma segunda etapa onde a suspensão é distribuída em recipientes ("tamises"); uma terceira etapa onde, por impregnação, a suspensão é transferida por rolos presentes em cada "tamise" para um meio temporário de suporte definido como uma esteira de feltro; uma quarta etapa onde é aplicado vácuo ao material que está impregnado à esteira; uma quinta etapa onde ocorre a transferência do material impregnado na esteira para a superfície de uma prensa cilíndrica onde as sucessivas camadas de material são formadas através do giro controlado da prensa cilíndrica e da esteira de feltro; uma sexta etapa, onde a manta formada é cortada após atingir a espessura desejada, sendo então retirada da prensa cilíndrica; uma sétima etapa onde a manta é submetida a uma estação de corte; uma oitava etapa onde a manta já cortada é submetida a uma estação onde a mesma é ondulada.

O método acima descrito pode ser mais bem entendido através da ilustração esquemática do equipamento utilizado no mesmo, tal como o retratado na já citada figura 1, onde pode ser visualizada uma estação de preparo do amianto; uma estação de mistura onde o amianto é misturado com cimento e outros aditivos na presença de água; os "tamises", que são tanques onde operam roletes que executam a transferência (por impregnação) da suspensão para uma esteira contínua produzida em feltro; a esteira de feltro propriamente dita, a qual está montada acima dos "tamises" e em contato direto com os citados roletes dos mesmos; um estágio onde é administrado vácuo imediatamente

antes do contato da esteira com uma prensa cilíndrica; a prensa cilíndrica propriamente dita, que é, em essência, um grande cilindro para o qual as sucessivas camadas de material são transferidas a partir da esteira de feltro; 5 uma esteira transportadora através da qual a manta de fibrocimento formada ao redor da prensa cilíndrica (e após ser retirada da mesma) é envidada para uma estação de corte; a estação de corte propriamente dita (retratada esquematicamente); e uma máquina onduladora (também 10 retratada esquematicamente), posicionada após a estação de corte.

Particularidades do método Hatschek o tornam seletivo, pois as fibras precisam atender a diversas variáveis do processo de produção, tais como: a) 15 não sedimentar ou aglomerar quando misturadas com o cimento e adições em suspensão aquosa; b) ser capazes de reter finos durante a etapa de filtragem; c) não danificar o feltro que forma a esteira (parte integrante do equipamento); (d) propriedades mecânicas em longo prazo e flexibilidade 20 adequadas aos requerimentos do produto e do processo. Além disso, as fibras devem permitir a produção de componentes com desempenho mecânico e durabilidade adequados.

Algumas indústrias no Brasil já utilizam uma nova tecnologia na produção de componentes 25 de fibrocimento. Esta nova tecnologia utiliza o processo Hatschek com adaptações necessárias no equipamento para que seja possível empregar novas matérias-primas tais como as fibras sintéticas de polivinil-álcool (PVA) e de

polipropileno (PP), dentre outras e associadas a fibras de celulose.

Os produtos comerciais atualmente existentes (produzidos sem amianto) possuem menor desempenho mecânico, maior deformabilidade e maior tenacidade quando comparados aos fibrocimentos convencionais fabricados com fibras de amianto (DIAS, 2005).

Segundo a tecnologia atualmente empregada, as propriedades mecânicas dos produtos obtidos somente podem ser melhoradas através da elevação dos teores de fibras sintéticas, celulose, amianto, aglomerantes minerais variados e/ou polímeros; introdução de processos como a prensagem, em toda a área das peças produzidas, resultando sempre um material homogêneo. Porém este aumento das propriedades em quase todo o material implica em uma conseqüente elevação do custo final do produto e/ou na redução da processabilidade nas máquinas Hatschek convencionais.

Os componentes fabricados pelo Método Hatschek têm, como uma de suas características marcantes, composição e propriedades mecânicas essencialmente homogêneas em cada uma das direções principais, ou seja, na direção longitudinal (paralela à direção de moldagem), na direção transversal (perpendicular à direção de moldagem) e ao longo da espessura da peça. No entanto as tensões as quais os componentes estão submetidos durante o uso são variáveis ponto a ponto em qualquer das direções de acordo com o estado de carregamento e fixação da

peça.

Em uma simulação através do método dos elementos finitos, feita pelos ora Requerentes, foi observado que numa telha ondulada bi-apoiada submetida à flexão com carregamento central, as tensões máximas de tração encontram-se nas ondas de cava, na região central. Na abordagem tradicional toda a chapa apresenta resistência mecânica igual ou superior à máxima tensão esperada no componente. Assim, em alguns pontos do componente o material (compósito) tem propriedades muito acima das realmente necessárias para atender as necessidades dos usuários, caracterizando-se esse excedente de material utilizado como uma inerente ineficiência deste tipo de método. Em outras palavras, pela metodologia convencional, para que os pontos mais sujeitos à tração possam suportar o esforço esperado, toda a estrutura da telha deve ser homogeneamente reforçada em um nível além do efetivamente necessário. Este raciocínio também se aplica a outros produtos, como, mas não exclusivamente, chapas planas.

A figura 2 retrata esquematicamente uma seção transversal de uma telha de fibrocimento típica, onde estão indicados, nos ápices (onda de crista) e através da letra "A", as regiões que sofrem compressão numa situação de flexão onde a telha está bi-apoiada e, enquanto que nos vales das ondas (ondas de cava), indicados através da letra "B", ocorrem esforços de tração.

O estado da técnica atual compreende ainda, em alguns casos, o emprego de fitas

dispostas entre as camadas do fibrocimento em especial no que diz respeito à produção de telhas onduladas. Tal prática de incorporação de fitas em meio às camadas de fibrocimento tem como objetivo de promover um incremento na segurança
5 frente a cargas anormais durante a fase de uso dos telhados.

Dentro desse contexto a presente Patente de Privilégio de Invenção propõe um aperfeiçoamento em método para produzir mantas de fibrocimento com gradação funcional, as quais são
10 normalmente empregadas na fabricação de telhas e artigos congêneres.

A Patente em questão trata também do produto final obtido com o método ora aperfeiçoado, ou seja, as telhas e outros artigos produzidos
15 com as mantas de fibrocimento com gradação funcional assim obtidos, os quais apresentam um desempenho de resistência superior sem que seja necessário incrementar de modo desnecessário as propriedades de todo o material empregado.

Finalmente a presente Patente
20 de Privilégio de Invenção trata também, e de forma correlata, dos aperfeiçoamentos introduzidos no equipamento que é utilizado para viabilizar a implementação do método proposto, aperfeiçoamentos esses que são introduzidos no equipamento usualmente utilizado com o Método Hatschek
25 convencional.

Esta Invenção tem grande potencial de aplicação nas indústrias de fibrocimento para o aperfeiçoamento, melhoria do desempenho de produtos

existentes e também o desenvolvimento de produtos para a construção civil tais como: telhas onduladas; chapas planas e acessórios diversos, com melhores desempenhos mecânicos, sem onerar de forma desnecessária o custo produção destes
5 componentes.

Segundo o método proposto, é previsto que sobre a prensa cilíndrica integra o equipamento seja acoplado um dispositivo de administração localizada de material de reforço, o qual, de forma controlada e seletiva,
10 permite a aplicação de um material de reforço MR (preferivelmente um gênero de resina epoxi, acrílica ou outra que se mostra adequada, ou ainda uma composição de resina e alguma variedade de fibra), sendo que tal aplicação ocorre segundo uma distribuição controlada que irá
15 coincidir, no produto final já acabado, com as regiões mais sujeitas a esforços de tração.

A presente patente de Privilégio de Invenção será pormenorizadamente descrita com referência aos desenhos abaixo relacionados, nos quais:
20 a figura 1 ilustra uma vista esquemática que reproduz um diagrama básico do equipamento que viabiliza a realização do Método Hatschek, convencionalmente utilizado para a produção de chapas planas e telhas de fibrocimento (modificado de COUTTS
25 (1988));
a figura 2 ilustra esquematicamente uma seção transversal de uma telha de fibrocimento típica, onde estão indicados, nos ápices das ondas (ondas de

crista), as regiões que sofrem compressão, enquanto que nos vales das ondas (ondas de cava), ocorre o efeito de tração;

5 a figura 3 ilustra uma vista esquemática que reproduz um diagrama básico do equipamento e do Método Hatschek ora aperfeiçoado, com o qual é possível a produção de chapas planas e telhas de fibrocimento sem a utilização de amianto;

10 a figura 3A ilustra, esquematicamente, um detalhe ampliado que é tomado da figura 3, onde é retratada, isoladamente, a prensa cilíndrica e o dispositivo de administração localizada de material de reforço que opera sobre a mesma;

15 a figura 3B ilustra uma vista também esquemática que é tomada da figura 3A, tal como o indicado pela seta "A";

20 a figura 4 ilustra um gráfico que reproduz curvas típicas de tensão x flecha de corpos-de-prova não envelhecidos extraídos de telhas comercializadas em São Paulo (DIAS, 2005);

25 a figura 5 ilustra uma micrografia da seção transversal do vale da onda (onda de cava) de uma telha de fibrocimento obtida com uma das variações do método aqui descrito, onde é dado especial destaque à camada de material (resina) indicada pela seta "B" que atua como reforço estrutural;

a figura 6 ilustra uma vista em perspectiva esquemática do

equipamento "Hatschek" que foi modificado para atender ao método aqui, proposto, dita vista ilustra um estágio de fabricação de uma manta de fibrocimento com reforços estruturais incorporados;

5 a figura 7 ilustra uma vista similar à apresentada na figura 6, onde, entretanto, a manta de fibrocimento com reforços já foi removida da prensa cilíndrica e está depositada sobre a esteira transportadora que integra o equipamento "Hatschek";

10 a figura 8 ilustra esquematicamente uma telha de fibrocimento ondulada já devidamente pronta e acabada, a qual foi produzida com a manta de fibrocimento retratada nas figuras 6 e 7, sendo

15 que a referida telha foi produzida (modelada) de tal modo que as linhas de reforço produzidas com material de reforço aplicado durante a formação das camadas da manta ficam posicionadas nas

20 regiões mais sujeitas a esforços de tração, no caso do exemplo específico, nas regiões das ondas de cava;

a figura 9 ilustra uma vista em corte esquemático de uma seção de uma telha ondulada, onde são indicados,

25 também de forma esquemática, outras formas de aplicação de reforços estruturais; e

a figura 10 ilustra esquematicamente a possibilidade da aplicação do material de reforço em um artigo de

fibrocimento (telha ondulada), já pronto.

De conformidade com o quanto ilustram as figuras acima relacionadas esta Patente de Privilégio de Invenção apresenta uma solução técnica para
5 melhorar o desempenho mecânico das telhas de fibrocimento e artigos congêneres que não incluem amianto em sua formulação e que são produzidos pela técnica atual (Método Hatschek) ou aperfeiçoar produtos que incluem amianto, na medida em que propõe a variação, de forma controlada e planejada, da
10 composição e das propriedades mecânicas da manta de fibrocimento ponto a ponto de forma a atender as reais demandas de resistência que o produto, quando pronto, terá que apresentar, ou seja, criando gradiente de propriedade mais próximo ao gradiente de tensões existentes, otimizando
15 a resistência estrutural efetivamente apresentada pelo produto pronto.

A figura 1, tal como já foi anteriormente mencionado, trata do diagrama genérico do equipamento utilizado no Método Hatschek pertencente ao
20 estado da técnica, o qual compreende uma estação de preparo de fibras onde as mesmas são processadas ou dispersas e posteriormente alimentado em uma estação de mistura 3.

Na estação de mistura 3 as fibras são misturadas com cimento, aditivos e adições
25 (minerais ou orgânicas) provenientes de silos 4 e 5, onde o silo 4 armazena o cimento e o silo 5 armazena os diversos aditivos.

Na estação de mistura 3 é

acrescida ainda água 6, formando assim uma suspensão (amianto, cimento, aditivos e água), que é direcionada para os "tamises" 7, que são tanques onde operam roletes 8 que executam a transferência (por impregnação) da suspensão que
5 está nos "tamises" 7 para uma esteira contínua produzida em feltro 9, sendo que tal como pode ser notado na referida figura 1, a esteira de feltro 9 está montada acima dos "tamises" 7 e em contato direto com os roletes 8 dos mesmos.

10 A suspensão proveniente dos "tamises" 7, e que é transferida para a esteira de feltro 9, passa por um estágio onde é administrado vácuo 10 imediatamente antes da atuação de uma prensa cilíndrica 11, que é, em essência, um grande cilindro para o qual as
15 sucessivas camadas de material são transferidas a partir da esteira de feltro 9.

O equipamento utilizado no Método Hatschek prevê ainda uma esteira transportadora 12 através da qual a manta de fibrocimento F recém formada e
20 retirada da prensa cilíndrica 11, é enviada para uma estação de corte 13 e posteriormente para uma máquina onduladora 14, de onde o produto P (telha, ou outro artigo congênere) já sai devidamente configurado.

A descrição feita acima se faz
25 necessária para o perfeito entendimento do aperfeiçoamento que está sendo apresentado por esta Patente de Privilégio de Invenção, a qual propõe, de forma inédita, a distribuição de um material de reforço MR produzido, por exemplo, a partir

da administração de fibras e/ou resinas, estas últimas podendo ser do gênero epoxi, acrílicas, ou outras que se mostrem adequadas), num componente de fibrocimento, de tal modo que o referido componente seja otimizado em sua
5 resistência através da variação da concentração, ponto a ponto, do citado reforço em função da solicitação mecânica esperada.

Fibrocimentos com tais características podem ser desenvolvidos aplicando-se
10 conceitos como o de materiais com gradientes funcionais de propriedades (Functionally Graded Materials). Esta solução técnica até o momento não foi empregada para otimizar o desempenho de componentes de fibrocimento fabricados pelo processo Hatschek, nem tampouco foram propostos métodos
15 industriais para a sua execução.

Um exemplo de que uma distribuição mais adequada do reforço pode melhorar o comportamento mecânico dos produtos de fibrocimento pôde ser observado no estudo realizado pelos inventores do pedido
20 desta patente, onde regiões de tensão máxima das telhas onduladas de fibrocimento foram impregnadas com resina epoxi de baixa resistência a tração (~30 MPa). A impregnação foi realizada de forma localizada nas regiões das telhas submetidas a esforços de tração (vide figuras 4 e 5) quando
25 submetidos ao ensaio de flexão recomendado pela NBR 6468. A figura 5 mostra uma micrografia da seção transversal de um corpo-de-prova extraído da onda de cava com uma fina camada de espessura variável em torno de 0 a 0,25 mm impregnada com

a resina epoxi, compondo assim o material de reforço MR já citado, o qual é também indicado pela seta "B". Os resultados mostraram que a capacidade de carga das telhas foi aumentada, em média, de 12 % com a aplicação do material de reforço MR, conforme resultados da Tabela 1.

Tabela 1 - Resumo dos resultados de flexão pelo método da NBR 6468.

Telha de fibrocimento sem amianto		Espessura (mm)	Carga de ruptura (N/m)
Sem reforço	1	5,74	2709
	2	5,88	2996
	3	5,68	2876
	4	6,20	3465
	5	5,82	3256
	Média	5,86	3060
Com reforço	1	5,97	3277
	2	5,92	3291
	3	5,76	3679
	4	5,71	3348
	5	5,83	3508
	Média	5,84	3421
Aumento da capacidade de carga (%)			11,8

Com isto mostra-se que se aplicando composições heterogêneas, ou seja, material de reforço MR nas regiões que necessitam de reforço, pode-se melhorar o comportamento mecânico dos componentes de fibrocimento.

Estudos ainda em curso estimam que o nível de resistência mecânica provido pelo reforço aqui proposto pode ser ainda mais elevado na medida em que outros materiais e composições podem ser utilizados segundo a solução técnica proposta.

A presente invenção compreende o método de produção de chapas planas de fibrocimento (mantas) com composição e propriedades mecânicas variáveis

através do Método Hatschek com aperfeiçoamentos, o qual compreende: uma primeira etapa onde ocorre a mistura dos materiais que irão formar o produto final (cimento, fibras diversas, adições minerais, aditivos e água) gerando assim
5 uma suspensão de tais materiais; uma segunda etapa onde a suspensão é distribuída em caixas e depositada nas superfícies dos "tamises" por filtração; uma terceira etapa onde, a suspensão é transferida dos "tamises" para um meio temporário de suporte definido como uma esteira de feltro;
10 uma quarta etapa onde é aplicado vácuo ao material que está impregnado à esteira de feltro; uma quinta etapa onde ocorre a transferência do material impregnado na esteira de feltro para a superfície de uma prensa cilíndrica onde as sucessivas camadas de material são formadas através do giro
15 controlado da prensa cilíndrica e da esteira de feltro; uma sexta etapa que em verdade ocorre de forma simultânea com a quinta etapa, onde a manta de fibrocimento F formada recebe a aplicação de material de reforço MR distribuído de forma ordenada e controlada; uma sétima etapa onde a manta de
20 fibrocimento F já incorporando o material de reforço MR é cortada após atingir a espessura desejada, sendo então retirada da prensa cilíndrica; uma oitava etapa onde a manta de fibrocimento F devidamente complementada com material de reforço MR é submetida a uma estação de corte; uma oitava
25 etapa onde a manta já cortada é submetida a uma estação onde a mesma é ondulada obedecendo uma condição de posicionamento que faça coincidir as regiões que contam com material de reforço MR com as regiões (que estando o produto pronto e

acabado), estão sujeitas a esforços de tração.

O aperfeiçoamento no Método Hatschek aqui proposto compreende uma etapa de aplicação de material de reforço MR na medida em que a manta de fibrocimento F está sendo formada, fato esse que demanda uma alteração no equipamento pois prevê a introdução no mesmo de um sistema para aplicar o material de reforço MR em pontos localizados entre uma ou mais camadas da manta de fibrocimento F na medida em que a mesma vai sendo progressivamente formada ao redor da superfície da prensa cilíndrica 11, tal como está esquematicamente retratado nas figuras 3, 3A e 3B e também nas figuras 6, 7 8 e 9, gerando uma concentração variável dentro da chapa, capaz de fornecer as propriedades requeridas. A concentração pode ser variada em ambas direções de moldagem do componente (paralelo ou transversal à direção de giro da prensa cilíndrica 11) aplicando-se movimentos no sistema de aplicação que é definido por um dispositivo de administração localizada de material de reforço 15, esquematicamente retratado (nas figuras 3, 3A e 3B e também nas figuras 6 e 7), como um tubo 16 com bicos de aspersão 17, sendo que o dispositivo 15, tal como pode ser notado nas figuras 3B, 6 e 7, pode apresentar capacidade de deslocamento segundo os sentidos de deslocamento indicados pelas setas "A" e "B" das figuras 3A, 6 e 7, ou nos sentidos indicados pelas setas "C" e "D" da figura 3B, deslocamentos esses que combinados com o giro da prensa cilíndrica 11, podem permitir a formação de padrões complexos (ponto a ponto) de aplicação do material de

reforço MR em qualquer ponto ou área da manta de fibrocimento F em formação. A concentração do material de reforço MR também pode variar na espessura do material resultante, pela aplicação de reforço entre camadas localizadas.

De modo geral, o método aqui tratado pode ser entendido através do diagrama do equipamento tal como o retratado na figura 3 e prevê uma estação de mistura 3 onde o cimento proveniente do silo 4, juntamente com os aditivos provenientes do silo 5 são acrescidos de água 6 e misturados até formar uma suspensão que é direcionada para os "tamises" 7, de onde é retirada e transferida através dos respectivos roletes 8, para a esteira contínua produzida em feltro 9.

A esteira de feltro 9 conta com um estágio onde é administrado vácuo 10 imediatamente antes da atuação da prensa cilíndrica 11, que opera em conjunto com o dispositivo de administração 15 que aplica material de reforço MR na medida em que a manta de fibrocimento F vai sendo formada ao redor da já citada prensa cilíndrica 11.

O equipamento ora tratado faz uso ainda da esteira transportadora 12 através da qual a manta de fibrocimento F recém formada e retirada da prensa cilíndrica 11 é enviada para uma estação de corte 13 e posteriormente para uma máquina onduladora 14, de onde o produto P (telha, ou outro artigo congênere) já sai devidamente configurado.

Deve ser ressaltado que o dispositivo de administração localizada de material de reforço retratado nas figuras 3, 3A, 3B, 6 e 7, é uma representação esquemática que visa permitir o entendimento da sua forma de atuação dentro do método proposto, sendo que na prática o dispositivo 15 poderá apresentar detalhes de projeto que podem ser determinados, por exemplo, pela natureza do material de reforço MR a ser aplicado, entre outros.

Em verdade o dispositivo 15 poderá ser concretizado como algum gênero de equipamento de aspersão ou de aplicação localizada de material e poderá ter ainda diversas formas e/ou meios de acionamento e controle, tanto no tocante aos movimentos que deverá executar, como também no tocante ao padrão de aspersão em termos de volume de material aspergido, se a aspersão a ser executada apresenta fluxo contínuo ou intermitente, se o volume de material aspergido é fixo ou variável, etc.

Ainda do ponto de vista estrito do método aperfeiçoado para produzir as telhas e outros componentes de fibrocimento com composição heterogênea em máquinas Hatschek, tal como aqui descrito são definidas também as seguintes etapas que precedem a efetiva aplicação do material de reforço MR sobre a manta de fibrocimento F: a) Projeto da distribuição de material de reforço MR - determina-se a distribuição (gradientes ou não) de material de reforço MR necessária para se obter o comportamento mecânico requerido, essa distribuição pode ser

obtida por modelagem numérica ou testes experimentais; b) Definição da formulação adequada de reforço - consiste em determinar qual o material de reforço MR adequado para se obter a distribuição de resistência requerida, as
5 formulações de reforço podem ser: - Líquidos - aglomerantes inorgânicos e/ou resinas poliméricas; - Suspensões orgânicas e inorgânicas - suspensões de fibras e aglomerantes (orgânicos ou inorgânicos), suspensões de cimento mais adições e água; e c) Ajuste e programação do equipamento de
10 administração localizada de material de reforço 15 - o equipamento deve ser ajustado e programado a fim de se obter a concentração adequada de reforço em cada ponto da manta de fibrocimento.

Alternativamente, o método e o
15 equipamento aqui tratados podem ser utilizados para promover a impregnação localizada de componentes já conformados com resinas poliméricas, caso por exemplo de peças de fibrocimento que após seu processamento normal não tenham atingido o índice desejável de resistência.

20 Nesse caso, a impregnação não se dará é claro no âmbito do equipamento Hatschek ora aperfeiçoado e sim em uma estação de trabalho especificamente construída para cumprir tal finalidade, tal como está esquematicamente retratado na figura 10, onde a
25 estação de trabalho é indicada genericamente pela referência 18 e compreende um berço 19 para acomodação do artigo de fibrocimento a ser reforçado, indicado como P, sendo que sobre o berço 19 está posicionado o dispositivo 15 que pro-

move a aplicação do material de reforço.

A figura 10 apresenta duas setas de deslocamento A-B que representam, também de forma esquemática a condição de que o berço 19 pode apresentar movimento de deslocamento relativo face ao dispositivo 15 permitindo assim a aplicação por pontos, do material de reforço MR. Deve ser entendido que alternativamente, e tal como o já descrito com relação ao equipamento Hatschek aperfeiçoado, o dispositivo 15 poderá alternativamente apresentar possibilidade de movimento.

A figura 10 tem como objetivo demonstrar, esquematicamente, a possibilidade de utilização do mesmo princípio de reforço ora tratado também para peças já prontas, fato esse que demonstra versatilidade do método em questão.

O método proposto pode ser utilizado para promover o reforço estrutural de mais de uma área de uma peça de fibrocimento, tal como pode ser constatado a partir da observação da figura 9, onde o produto P, uma telha de fibrocimento (ilustrada parcialmente), tem não só suas ondas de cava P1 devidamente reforçadas, tal como já foi anteriormente citado, mas conta também com reforços feitos com material de reforço MR nas suas ondas de crista P2 e também nos flancos P3.

Dentro do contexto do método aqui tratado, uma variação possível consiste também na possibilidade de que a aplicação do material de reforço MR

ocorra ainda durante o estágio em que a manta de fibrocimento F está sobre a esteira transportadora 12, ou seja, antes da sua transferência para a prensa cilíndrica 11. Tal variante no presente método exigirá basicamente a
 5 alteração no posicionamento do dispositivo de administração localizada de material de reforço 15, operação que não resulta em qualquer tipo de obstáculo técnico. Dada a sua simplicidade, a variação acima descrita prescinde de ilustrações para que seu pleno entendimento seja alcançado.

10 Deve ser entendido que outros tipos de artigos de fibrocimento podem apresentar configurações também variadas de reforços a serem executados com a aplicação de material de reforço MR.

Referências bibliográficas

15 BENTUR, A.; MINDESS, S. *Fibre Reinforced Cementitious Composites*. Elsevier Applied Science. London and New York, 1990.

Coutts, R.S.P. *Wood fibre reinforced cement composites*. In: *Natural Fibre Reinforced Cement and Concrete* [Editado
 20 por R. N. Swamy]. Ed. Blackie. London, 1988. p1-62.

DIAS, C.M.R. *Efeitos do envelhecimento na microestrutura e no comportamento mecânico dos fibrocimentos* [Dissertação de Mestrado apresentada à USP]. São Paulo, 2005.

REIVINDICAÇÕES

1. "APERFEIÇOAMENTO INTRO-
DUZIDO EM MÉTODO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM
GRADAÇÃO FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E
5 ARTIGOS CONGÊNERES", sendo que o método em questão parte do
Método Hatschek e compreende: uma primeira etapa onde ocorre
a mistura dos materiais que irão formar o produto final
(cimento, fibras diversas, adições, aditivos e água) gerando
assim uma suspensão de tais materiais; uma segunda etapa
10 onde a suspensão é distribuída em caixas e filtrada em
"tamises"; uma terceira etapa onde a suspensão é transferida
por rolos presentes em cada "tamise" para um meio temporário
de suporte definido como uma esteira de feltro; uma quarta
etapa onde é aplicado vácuo ao material que está impregnado
15 à esteira; uma quinta etapa onde ocorre a transferência do
material impregnado na esteira para a superfície de uma
prensa cilíndrica onde as sucessivas camadas de material são
formadas através do giro controlado da prensa cilíndrica e
da esteira de feltro, sendo o método em questão
20 caracterizado pelo fato de prever uma sexta etapa que
ocorre de forma simultânea com a quinta etapa, onde a manta
de fibrocimento (F) formada recebe a aplicação de material
de reforço (MR) distribuído de forma ordenada e controlada;
uma sétima etapa onde a manta de fibrocimento (F) já
25 incorporando o material de reforço (MR) é cortada após
atingir a espessura desejada, sendo então retirada da prensa
cilíndrica; uma oitava etapa onde a manta de fibrocimento
(F) devidamente complementada com material de reforço (MR) é

submetida a uma estação de corte; e uma oitava etapa onde a manta de fibrocimento (F) já cortada é submetida a uma estação onde a mesma é ondulada obedecendo uma condição de posicionamento que faça coincidir as regiões que contam com material de reforço (MR) com as regiões (que estando o produto pronto e acabado), estão sujeitas a esforços de tração.

2. "APERFEIÇOAMENTO INTRO-
DUZIDO EM MÉTODO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM
10 GRADAÇÃO FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E
ARTIGOS CONGÊNERES", segundo o reivindicado em 1,
caracterizado pelo fato de que antes das etapas que precedem
a efetiva aplicação do material de reforço (MR) sobre a
manta de fibrocimento (F) são previstas: a) Projeto da
15 distribuição de material de reforço (MR) - determina-se a
distribuição (gradientes ou não) de material de reforço MR
necessária para se obter o comportamento mecânico requerido,
essa distribuição pode ser obtida por modelagem numérica ou
testes experimentais; b) Definição da formulação
20 adequada de reforço - consiste em determinar qual o
material de reforço (MR) adequado para se obter a
distribuição de resistência requerida, as
formulações de reforço podem ser: Líquidos -
aglomerantes inorgânicos e/ou resinas poliméricas;
25 Suspensões orgânicas e inorgânicas - suspensões de fibras e
aglomerantes (orgânicos ou inorgânicos), suspensões de
cimento mais adições e água; c) Ajuste e programação do
equipamento de administração localizada de material de

reforço (15) - o equipamento deve ser ajustado e programado a fim de se obter a concentração adequada de reforço em cada ponto da manta de fibrocimento.

3. "APERFEIÇOAMENTO INTRO-
5 DUZIDO EM MÉTODO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES", segundo o reivindicado em 1, caracterizado pelo fato de que alternativamente, o método em questão pode prever a impregnação localizada de componentes
10 já conformados com impregnação localizada de resinas poliméricas.

4. "APERFEIÇOAMENTO INTRO-
DUZIDO EM MÉTODO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E
15 ARTIGOS CONGÊNERES", segundo o reivindicado em 1, caracterizado pelo fato de que o material de reforço (MR) é uma resina epoxi.

5. "APERFEIÇOAMENTO INTRO-
DUZIDO EM MÉTODO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM
20 GRADAÇÃO FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES", segundo o reivindicado em 1, caracterizado pelo fato de que o presente método introduz na fabricação de produtos de fibrocimento (P), sendo eles telhas, ou outros artigos congêneres, a previsão do uso de
25 materiais com gradientes funcionais de propriedades.

6. "APERFEIÇOAMENTO INTRO-
DUZIDO EM MÉTODO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E

ARTIGOS CONGÊNERES", segundo o reivindicado em 1, caracterizado pelo fato de prever, alternativamente, que um produto de fibrocimento (P) já pronto, possa ser submetido, em uma estação de trabalho (18), a uma etapa onde o
5 referido produto (P) tem sua estrutura devidamente complementada com material de reforço (MR) aplicado pelo dispositivo (15).

7. "APERFEIÇOAMENTO INTRO-
DUZIDO EM MÉTODO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM
10 GRADAÇÃO FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES", segundo o reivindicado em 1, caracterizado pelo fato de que o método aqui tratado prevê uma variante onde a aplicação do material de reforço (MR) ocorre ainda durante o estágio em que a manta de
15 fibrocimento (F) está sobre a esteira transportadora (12), antes da sua transferência para a prensa cilíndrica (11).

8. "TELHAS E ARTIGOS
CONGÊNERES PRODUZIDOS COM MANTAS DE FIBROCIMENTO COM
20 GRADAÇÃO FUNCIONAL", sendo que tais telhas ou artigos congêneres são indicados pela referência geral (P), os quais são produzidos com fibrocimento obtido através de uma suspensão que inclui cimento, aditivos e água, ditos produtos (P) são caracterizados pelo fato de prever que sua
25 estrutura conte com materiais de reforço (MR) distribuídos e integrados às suas várias camadas; ditos materiais de reforço sendo do tipo que apresenta gradientes funcionais de propriedades.

9. "TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES PRODUZIDOS COM MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL", segundo o reivindicado em 8, caracterizados pelo fato de que o material de reforço (MR) é aplicado de modo que a concentração de material de reforço em cada ponto do componente é proporcional à tensão a qual o ponto estará submetido.

10. "TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES PRODUZIDOS COM MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL", segundo o reivindicado em 8 e 9, caracterizados pelo fato de que o material de reforço (MR) é uma resina epoxi.

11. "TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES PRODUZIDOS COM MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL", segundo o reivindicado em 8, caracterizados pelo fato de que o material de reforço (MR) é uma resina acrílica.

12. "EQUIPAMENTO APERFEIÇOADO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES", o qual compreende uma estação de mistura (3), silos (4) e (5) onde ficam armazenados o cimento e aditivos; uma entrada de água (6) para a estação de mistura (3); "tamises" (7), que recebem a suspensão formada na estação de mistura (3), sendo que cada "tamise" (7) conta com um respectivo rolete (8); uma esteira contínua produzida em feltro (9); um estágio de vácuo (10) que é aplicado à esteira (9) antes da prensa cilíndrica (11); uma esteira transportadora (12) através da

qual a manta de fibrocimento (F) recém formada e retirada da prensa cilíndrica (11) é enviada para uma estação de corte (13) e posteriormente para uma máquina onduladora (14), de onde o produto (P) (telha, ou outro artigo
5 congênere) já sai devidamente configurado, caracterizado pelo fato de que juntamente com a prensa cilíndrica (11) é previsto um dispositivo de administração localizada de material de reforço (15), o qual aplica material de reforço (MR) na medida em que a manta de fibrocimento (F) vai sendo
10 formada ao redor da já citada prensa cilíndrica (11).

13. "EQUIPAMENTO APERFEIÇOADO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES", segundo o reivindicado em 12, caracterizado pelo fato de que
15 o dispositivo de administração localizada de material de reforço (15) é um equipamento de aspersão ou de aplicação localizada de material.

14. "EQUIPAMENTO APERFEIÇOADO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL
20 EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES", segundo o reivindicado em 12, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de administração localizada de material de reforço (15) apresenta capacidade de movimentação com relação à prensa cilíndrica (11).

25 15. "EQUIPAMENTO APERFEIÇOADO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES", segundo o reivindicado em 12, caracterizado pelo fato de que

o dispositivo de administração localizada de material de reforço (15) conta com meios de acionamento e controle, tanto no tocante aos movimentos que deverá executar, como também no tocante ao padrão de aspersão em termos de volume de material aspergido, se a aspersão a ser executada apresenta fluxo contínuo ou intermitente, se o volume de material aspergido é fixo ou variável.

16. "EQUIPAMENTO APERFEIÇOADO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES", segundo o reivindicado em 12, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de administração localizada de material de reforço (15) compreende um tubo (16) que conta com bicos de aspersão (17).

17. "EQUIPAMENTO APERFEIÇOADO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES", segundo o reivindicado em 12, caracterizado pelo fato de que em uma versão alternativa, o dispositivo de administração localizada do material de reforço (15) está posicionado sobre a esteira transportadora (12), de tal modo que o material de reforço (MR) seja aplicado à manta de fibrocimento (F) antes da sua transferência para a prensa cilíndrica (11).

FIG. 1

FIG.2

FIG. 3A

FIG. 3B

FIG.4

FIG.5

FIG. 8

FIG. 9

FIG. 10

RESUMO

"APERFEIÇOAMENTO INTRODUZIDO
EM MÉTODO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO
FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E ARTIGOS
5 CONGÊNERES, TELHAS E ARTIGOS CONGÊNERES PRODUZIDOS COM
MANTAS DE FIBROCIMENTO COM GRADAÇÃO FUNCIONAL E EQUIPAMENTO
APERFEIÇOADO PARA PRODUZIR MANTAS DE FIBROCIMENTO COM
GRADAÇÃO FUNCIONAL EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E
ARTIGOS CONGÊNERES", sendo que o método em questão parte do
10 Método Hatschek e compreende: uma primeira etapa onde ocorre
a mistura dos materiais que irão formar o produto final
(cimento, aditivos e água) gerando assim uma suspensão de
tais materiais; uma segunda etapa onde a suspensão é
distribuída em recipientes ("tamises"); uma terceira etapa
15 onde, por impregnação, a suspensão é transferida por rolos
presentes em cada "tamise" para um meio temporário de
suporte definido como uma esteira de feltro; uma quarta
etapa onde é aplicado vácuo ao material que está impregnado
à esteira; uma quinta etapa onde ocorre a transferência do
20 material impregnado na esteira para a superfície de uma
prensa cilíndrica onde as sucessivas camadas de material são
formadas através do giro controlado da prensa cilíndrica e
da esteira de feltro, sendo o método em questão
caracterizado pelo fato de prever uma sexta etapa que
25 ocorre de forma simultânea com a quinta etapa, onde a manta
de fibrocimento (F) formada é recebe a aplicação de material
de reforço (MR) distribuído de forma ordenada e controlada;
uma sétima etapa onde a manta de fibrocimento (F) já

incorporando o material de reforço (MR) é cortada após atingir a espessura desejada, sendo então retirada da prensa cilíndrica; uma oitava etapa onde a manta de fibrocimento (F) devidamente complementada com material de reforço (MR) é submetida a uma estação de corte; e uma oitava etapa onde a manta de fibrocimento (F) já cortada é submetida a uma estação onde a mesma é ondulada obedecendo uma condição de posicionamento que faça coincidir as regiões que contam com material de reforço (MR) com as regiões (que estando o produto pronto e acabado), estão sujeitas a esforços de tração.