

BIODETERIORAÇÃO DE COMPÓSITOS À BASE DE GESSO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONTRAFORTES

**KAZMIERCZAK, Claudio S. (1); SANTOS, Ivana S.S. (2); SILVA, Heitor C. (3);
RAMIRES, Marcus V. (4) ; KERN, Andrea P. (5); SILVA, Márcia E. (6)**

(1) Eng. Civil, Doutor em Engenharia, professor do C6 - UNISINOS – C. Postal 275
CEP 93022-000, São Leopoldo, RS. E-mail claudio@indus.unisinos.br

(2) Engenheira Civil, Doutora em Engenharia, professora da UNISINOS

(3) Arquiteto, PhD, professor da UNISINOS

(4) Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia, professor da UNISINOS

(5) Engenheira Civil, Mestranda em Engenharia na UFRGS

(6) Bióloga, MSc., Professora da UNISINOS

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo discutir os resultados obtidos nos estudos de biodeterioração de compósitos com matriz de gesso reforçada com partículas de contrafortes. O compósito foi desenvolvido no âmbito do projeto de pesquisa “Utilização de resíduos da indústria coureiro-calçadista no desenvolvimento de um novo material para construção civil”, financiado pela FINEP, com apoio do Centro Tecnológico do Couro, Calçados e Afins, e das empresas Arteccla, Boxflex, Classil e Bidim.

O estudo de biodeterioração tornou-se necessário para complementar a caracterização física e mecânica do produto desenvolvido, permitindo sua comercialização.

ABSTRACT

This work aims to describe the results of a research on biodeterioration study of gypsum - scrap pieces composites. The composite is a result of a research project called “Use of waste material produced by shoe companies in the production of a new component for the construction industry” supported by FINEP, CTCCA, Arteccla, Boxflex, Classil and Bidim.

The research on biodeterioration was made aiming a suport for the comercialization of the composit developed.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de alternativas para reciclagem de resíduos muitas vezes resulta na elaboração de novos materiais cujo comportamento físico e mecânico precisa ser caracterizado. Além da determinação destas propriedades, é imprescindível a realização de um estudo que objetive o entendimento dos fenômenos relacionados à durabilidade do novo material. Esta análise exige o conhecimento de suas características químicas e de microestrutura e das características do ambiente ao qual o produto estará exposto, permitindo identificar os agentes ambientais que podem causar sua degradação.

Este estudo foi realizado no âmbito do projeto de pesquisa “Utilização de resíduos da indústria coureiro-calçadista no desenvolvimento de um novo material para a construção civil”, onde foi desenvolvida uma alternativa para a reciclagem de resíduos provenientes do corte de peças de contrafortes, componente utilizado na região do calcanhar do sapato para garantir beleza, forma e sustentação. Este material foi adicionado, após moagem, a uma matriz de gesso, gerando um produto com maior ductilidade que a matriz, com melhoria substancial das propriedades de resistência ao impacto e à flexão.

No presente trabalho realizou-se uma análise voltada à durabilidade do compósito desenvolvido, a partir da especificação de alguns requisitos que deverão ser observados quando o compósito for utilizado na fabricação de algum componente. Pretende-se que o material seja utilizado em componentes de vedação interna de edificações, não estando sujeito à ação direta da água ou intempérie.

2. INTERAÇÃO ENTRE OS MATERIAIS CONSTITUINTES

Como matriz para o compósito desenvolvido foi utilizado um gesso nacional, cujas características físicas e químicas atendem às especificações das normas brasileiras.

Na elaboração dos compósitos foram utilizados resíduos provenientes do corte de placas de dois tipos de contraforte termoplástico, cuja principal diferença é o material de estrutura: o contraforte termoplástico impregnado, estruturado por uma manta não tecida (Bidim) impregnada por resinas sintéticas, e o contraforte termoplástico laminado, estruturado por uma manta tecida impregnada por resinas sintéticas.

Foi realizada uma determinação quantitativa da composição química dos dois tipos de contrafortes utilizados na pesquisa, não sendo identificado nenhum fator que possa gerar incompatibilidade química entre eles e a matriz.

2.1 Microestrutura do resíduo de contraforte

Como a adição dos resíduos à matriz de gesso somente é possível após sua moagem em moinhos de facas, a análise da microestrutura (realizada com o auxílio de um microscópio eletrônico de varredura com imagens de elétrons secundários) foi realizada antes e depois do processo de moagem, de modo a visualizar as diferenças provenientes deste processo. Esta caracterização foi utilizada como parâmetro de comparação durante os estudos de durabilidade.

Foram analisados quatro tipos de amostras, correspondentes a uma amostra de placa de contraforte termoplástico impregnado (Figura 1); uma amostra de placa de contraforte termoplástico laminado (Figura 2); uma amostra de resíduo de contraforte termoplástico

impregnado moído e uma amostra de resíduo de contraforte termoplástico laminado moído.

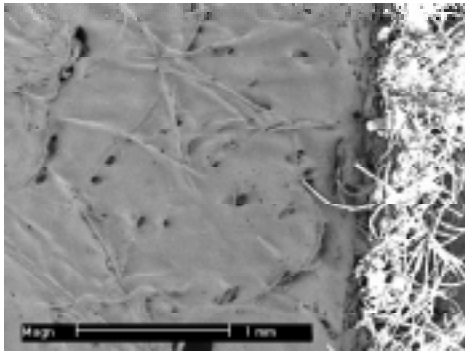


Figura 1 Contraforte Termoplástico Impregnado.

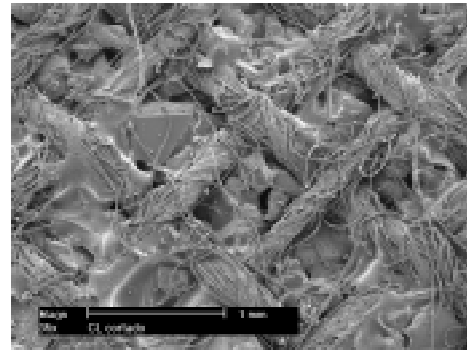


Figura 2 Contraforte Termoplástico Laminado.

Pode-se observar que a microestrutura da placa de contraforte termoplástico impregnado é formada por uma manta não tecida (Bidim) com fibras dispostas de forma aleatória, impregnada em resinas sintéticas. Observa-se que na superfície de análise é possível identificar algumas fibras sem orientação, embebidas na resina, que forma uma película contínua. Após a moagem, o contraforte apresenta grande exposição das fibras desorientadas devido ao masseramento da resina de impregnação, que deixa de formar uma película contínua, descaracterizando totalmente a estrutura original do material.

O contraforte termoplástico laminado, visualizado na Figura 2, é formado por um tecido laminado por resina. O desenho padrão do tecido é facilmente identificado, formado por fios (obtidos por fibras torcidas) entrelaçados entre si. Neste caso, a resina de laminação está, na maior parte, no espaço entre o entrelaçamento dos fios. Após a moagem, ocorre uma desorientação das fibras que formam os fios do tecido.

2.2 Análise da microestrutura visando a durabilidade

Com o objetivo de verificar se a interação entre a pasta de gesso da matriz e o resíduo pode gerar algum processo de degradação no compósito, analisou-se a superfície das fibras de estruturação do resíduo adicionado à matriz de gesso, em amostras de um dia e dez meses de idade, nos dois tipos de contraforte, visualizadas nas Figuras 3 a 6.

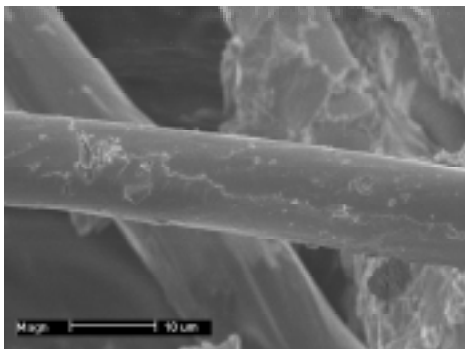


Figura 3 Fibra do resíduo de contraforte impregnado. Amostra de compósito com um dia de idade.

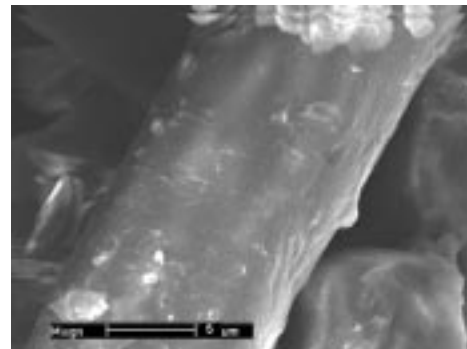


Figura 4 Fibra do resíduo de contraforte impregnado. Amostra de compósito com dez meses de idade.

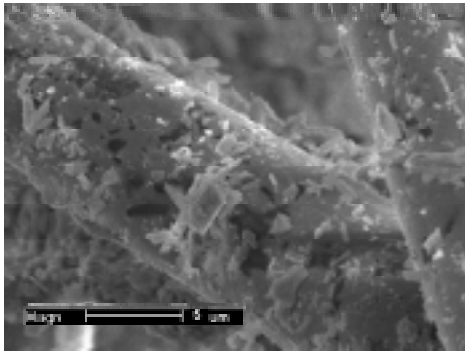


Figura 5 Fibra do resíduo de contraforte laminado. Amostra de compósito com um dia de idade.

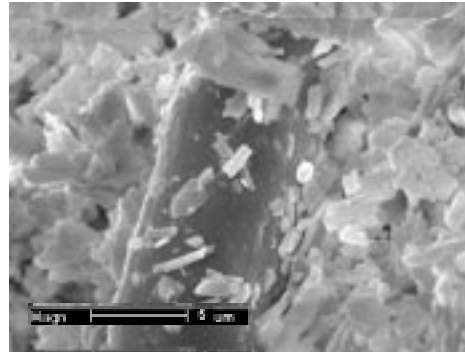


Figura 6 Fibra do resíduo de contraforte laminado. Amostra de compósito com dez meses de idade.

Em todas as amostras analisadas, observou-se que as fibras de estruturação dos resíduos não apresentam degradação visível em suas superfícies, seja nas amostras com um dia de idade, ou com dez meses, havendo fortes indícios de que os materiais constituintes do compósito sejam compatíveis entre si.

3. ESTUDO DE BIODETERIORAÇÃO

O estudo de biodeterioração foi realizado no Laboratório de Genética – Setor de Insetos Sociais do Departamento de Biologia da UNISINOS visando identificar os tipos de fungos filamentosos que podem se proliferar em contrafortes, verificar seu potencial como agentes de deterioração e estudar alternativas para sua prevenção.

A partir de pesquisa bibliográfica, selecionou-se os fungos encontrados com maior frequência em materiais sintéticos, em especial, aqueles que podem deteriorar estes materiais. Também foram cultivados outros tipos de fungos filamentosos identificados numa pesquisa sobre fungos incorporados por contaminação durante o processo de geração de resíduos de contrafortes. Foram colhidas amostras de contrafortes antes da operação do corte das peças, nos resíduos gerados logo após o corte e no resíduo estocado após a moagem. Também foram analisadas amostras com contaminação aparente, observada em uma quantidade de resíduo depositada em local quente e úmido por vários meses.

A metodologia empregada no estudo de biodeterioração e os resultados obtidos são descritos a seguir.

3.1 Isolamento e identificação de fungos filamentosos de amostras de contraforte

Amostras de 1cm² de contrafortes dos tipos laminado e impregnado (contaminadas e sem aparente contaminação) foram colocadas sobre meio de Batata-dextrose-água (BDA) em placas de Petri e incubadas a 28°C e fotofase de 12h por 8 dias. Os fungos filamentosos que cresceram sobre o meio de cultura foram transferidos para novas placas BDA com a finalidade de se obter culturas axênicas. Após a repicagem as placas foram colocadas em estufa de cultura por 8 dias a 28°C e fotofase de 12 horas para então serem identificadas.

Constatou-se contaminação de diferentes microorganismos em todas as amostras analisadas, indicando que a mesma ocorre nas diferentes etapas do processo industrial de fabricação, corte e moagem de contraforte. A Tabela 1 apresenta a relação dos fungos isolados e identificados em placas com meio de cultura de batata-dextrose-água.

Tabela 1 - Fungos isolados e identificados em placas com meio de cultura BDA

tipo de contraforte e etapa do processo do qual é proveniente	fungos filamentosos identificados após a cultura	local de crescimento	
		meio de cultura	contraforte
laminado na forma de placa	<i>Trichoderma</i> e <i>Penicillium</i>	<i>P, T</i>	<i>P</i>
laminado após o corte dos contrafortes	<i>Trichoderma</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Nigrospora</i> e <i>Penicillium</i>	<i>T, F, N, P</i>	<i>T, F, N, P</i>
laminado após a moagem	<i>Penicillium</i> e <i>Cladosporium</i>	<i>P, C</i>	-
laminado após a moagem e com contaminação prévia	<i>Penicillium</i> e <i>Gliocladium</i>	<i>P, G</i>	<i>P, G</i>
impregnado na forma de placa	<i>Trichoderma</i> , <i>Aspergillus</i> e <i>Penicillium</i>	<i>T, A, P</i>	<i>T, A</i>
impregnado após a moagem	<i>Trichoderma</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Rhizopus</i> e <i>Streptomyces</i> *	<i>T, C, R, S</i>	<i>R</i>

**Streptomyces*: bactéria filamentosa Actinomiceto.

Embora na maioria das amostras não houvesse contaminação aparente antes do ensaio, seus esporos deveriam estar em funguistase, pois assim que entraram em contato com o meio de batata-dextrose-água começaram a desenvolver-se. O meio forneceu um substrato para os fungos e ao mesmo tempo um estímulo a seu crescimento sobre a maioria das amostras.

Dentre os gêneros de fungos encontrados, os mais representativos foram *Penicillium* (nas amostras de contraforte laminado) e *Trichoderma*, que cresceram sobre maior quantidade de amostras.

3.2 Efeito da hidratação sobre amostras de contraforte

Cinco amostras de 1cm² de contraforte foram colocadas em câmaras úmidas previamente esterilizadas e mantidas à temperatura de 28°C e fotofase de 12 horas durante seis a oito dias. Após este período iniciaram-se observações para verificar se houve crescimento de fungos filamentosos, por quatro semanas.

Foi constatado que em todas as amostras de contraforte colhidas após a moagem houve crescimento de fungos sobre o papel filtro da câmara úmida, entretanto sobre as amostras em si, o crescimento dos fungos não foi expressivo. Ficou evidente, entretanto, que o aumento da umidade e da temperatura favoreceram o crescimento dos referidos fungos.

3.3 Câmara tropical

Amostras sem contaminação aparente foram colocadas em câmara tropical constituída de uma camada de 2cm de solo, na qual foi adicionado 10ml de suspensões (10^6 conídios/ml) de cada um dos fungos isolados das amostras: *Cladosporium*, *Penicillium*, *Gliocladium*, *Trichoderma*, *Nigrospora* e *Rhizopus*. Também utilizou-se os fungos *Aspergillus niger* e *Aspergillus flavus*. A câmara foi mantida à temperatura de 28°C e fotofase de 12 horas, sendo que a partir do oitavo dia iniciaram-se as observações diárias.

Após dezessete dias de exposição em câmara tropical foi averiguada ocorrência de manchas causadas por fungos em todas amostras. Verificou-se também que há uma diferença expressiva no tipo de fungo e na velocidade de crescimento entre os dois tipos de contrafortes utilizados.

3.4 Considerações sobre alguns dos fungos identificados

Dentre os fungos identificados, os que mais preocupam são os fungos tipo *Cladosporium* sp. que degradam tintas, epóxi, polietileno e polipropileno, os tipo *Fusarium* que decompõem plásticos, epóxi, polietileno e polipropileno e os *Penicillium* que podem decompor epóxi, polietileno, polipropileno e poliéster. (WAINWRIGHT, 1995)

3.5 Análise de biodeterioração por microscópio elétrico de varredura

Com o objetivo de verificar se a proliferação de fungos pode deteriorar os resíduos de contraforte, analisou-se algumas amostras de contraforte após a cultura. Nesta análise, procurou-se verificar como ocorre o crescimento das colônias e seus efeitos na microestrutura do material.

As Figuras 7 e 8 mostram o aspecto de amostras de contraforte impregnado analisadas.

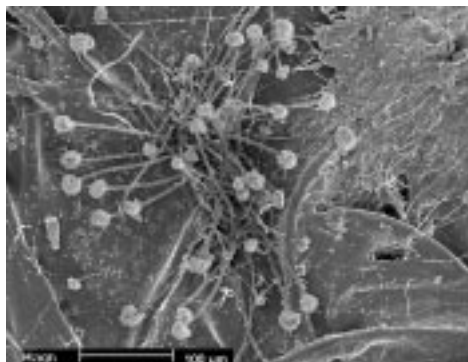


Figura 7 Contraforte Termoplástico Impregnado com contaminação de fungos.

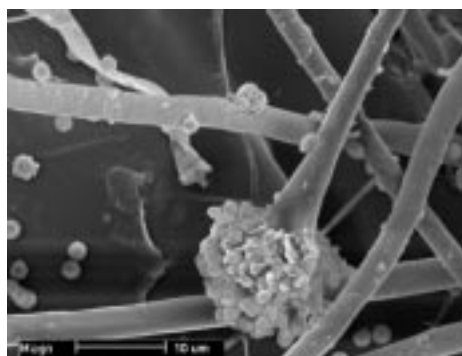


Figura 8 Contraforte Termoplástico Impregnado com contaminação de fungos.

Observa-se que os fungos, presentes na amostra de contraforte impregnado moído, se desenvolvem em colônias, localizando-se preferencialmente na pontas das fibras da manta de estruturação do material. Entretanto, não foi possível constatar qualquer interação entre o contraforte e os microorganismos cultivados que pressuponham um comprometimento das propriedades mecânicas do material.

3.6 Estudo sobre a eficiência de fungicidas

Mesmo não afetando o desempenho mecânico do material, a proliferação de microorganismos é indesejada por prejudicar outros requisitos importantes ao compósito como aspecto visual, a salubridade do usuário, etc. Uma solução apontada para inibir a proliferação dos fungos no resíduo foi a utilização de fungicidas na ocasião da mistura dos materiais para moldagem do compósito.

Foram testados o comportamento de quatro fungicidas utilizados pela indústria calçadista: Proxel GXL, Acticide WB 200, Acticide WB 600 e Óxido de Zinco.

Os fungicidas foram testados sobre os fungos isolados das amostras de contraforte, nas doses recomendadas pelos fabricantes, ou seja 0,05% do peso do contraforte para os três primeiros fungicidas citados, e 0,5% do Óxido de Zinco.

A análise da eficiência dos produtos foi realizada através de três processos:

No primeiro, foram preparadas placas de Petri contendo meio de cultura batata-dextrose-agar (BDA) onde foram acrescentados os fungicidas. Nestes meios foram semeadas suspensões de esporos $2,1 \times 10^6$ conídios/ml dos fungos *Gliocladium*, *Trichoderma*, *Aspergillus fumigatus* e *Cladosporium*. As placas foram incubadas a 25°C e fotoperíodo de 12 horas. Após 16 dias de incubação não havia crescimento dos fungos em nenhum dos tratamentos, somente nos controles (ausência dos fungicidas).

No segundo, suspensões de esporos $2,1 \times 10^6$ conídios/ml dos fungos *Gliocladium*, *Trichoderma*, *Aspergillus fumigatus* e *Cladosporium*, foram semeadas na superfície de placas de Petri contendo o meio de cultura BDA. Após, foram colocados no centro de cada placa um disco de papel filtro, previamente embebido solução de 0,05% dos fungicidas e de 0,5% de Óxido de Zinco. As placas foram incubadas a 25°C e fotoperíodo de 12 horas. O único fungicida que manteve um alo de inibição durante todo o período de ensaio, para todos os tipos de fungos testados, foi o ACTICIDE WB-600.

Um terceiro ensaio foi realizado mergulhando-se amostras das lâminas de contrafortes nos fungicidas e colocando-as em câmara tropical, onde foram inoculadas previamente amostras dos fungos *Gliocladium*, *Trichoderma*, *Aspergillus fumigatus* e *Cladosporium*. Após duas semanas de ensaio, não foram constatados sintomas de contaminação em nenhuma das amostras testadas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os materiais empregados na construção civil geralmente são sujeitos a complexos mecanismos de degradação. Em se tratando de um produto composto por mais de um material, a interação entre os materiais constituintes, bem como a sinergia dos processos de degradação devem ser analisadas, pois desta sinergia podem surgir novos mecanismos de degradação. (JOHN et alli, 1997)

No trabalho realizado procurou-se determinar as conseqüências da exposição de um compósito com matriz de gesso reforçada com partículas de contrafortes ao meio ambiente, com vistas a determinar mecanismos de deterioração que possam

comprometer sua durabilidade. Neste intuito, foi realizada a caracterização química e analisada a microestrutura do compósito, que foi tomada como referência para o estudo. Foram selecionados fungos filamentosos e, após cultivo por diversas técnicas, verificou-se quais tem propensão ao desenvolvimento de colônias. Observou-se que os dois tipos de contrafortes utilizados comportam-se como substratos nitidamente distintos. Mesmo não tendo sido possível constatar deterioração aparente nos contrafortes ensaiados, verificou-se que é possível inibir o crescimento das colônias de fungos utilizando-se fungicidas comerciais, desde que devidamente selecionados.

5. BIBLIOGRAFIA

GAYLARDE, C.C; DE SÁ, E.L.S.; GAYLARDE, P. **Labs 2 – Biodegradation and Biodeterioration in Latin America**. Porto Alegre, março de 1996. MIRCEN, UNEP/UNESCO/ICRO, FEPAGRO, UFRGS, 1996.

JOHN, V.M. et alli. Durabilidade de compósitos de cimento e fibras vegetais. In: **Durabilidade das Construções**. São Leopoldo, 1-2 Jun 997. São Leopoldo: ANTAC, 1997.

KAZMIERCZAK, C.S.; KERN, A.P.; SILVA, H.C.; SANTOS, I.S.S.; RAMIRES, M.V. **Utilização de resíduos da indústria coureiro-calçadista no desenvolvimento de um novo material para a construção civil**. In II Simpósio de Qualidade Ambiental - Gerenciamento de Resíduos e Certificação Ambiental. Anais. Porto Alegre, 26 a 28 de outubro de 1998.

SHERER, A. **Curso Técnico em Calçados – Materiais**. Porto Alegre, SENAI – Centro Tecnológico do Calçado, 1994.

SILVEIRA, V.D. **Micologia**. Rio de Janeiro, Ed. Varela, 5ª Ed., 1995, 336p.

WAINWRIGHT, M. **Introducción a la biotecnología de los hongos**. Zaragoza, Espanha, Editorial Acríbia, S.A. 1995, 227p.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP pelo auxílio concedido para a realização da pesquisa.