

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Os locais visitados e a escolha de amostras acham-se detalhados a seguir.

- **Antiga fábrica da Phebo, atual fábrica da Granado**

A empresa ocupa uma área coberta de aproximadamente 9.800m², a 1 km de distância da Baía de Guajará. A visita foi acompanhada pelo Sr. Leopoldo, administrador de risco da empresa que forneceu as informações.

Nesse local, podem ser destacados:

- a) Localização: Rua Antônio Bocaiúva, Nº 687. Bairro Reduto.
- b) Observações dos locais de amostragem: Foram amostradas telhas do Pavilhão de recebimento e do Setor de embalagens. O pavilhão recebe matéria prima (álcool, soda cáustica e lauril) e produtos acabados. Até 10 anos atrás era utilizado sebo animal no processo. O setor de embalagens apresenta pé direito de 6m e forro de PVC há 15 anos.
- c) Agentes externos: Local com baixas vibrações e baixos ruídos (bairro residencial, rua asfaltada, estreita e com tráfego leve). Ambiente com alta umidade, alta insolação. Região plana, com prédios baixos ao redor, sem sombra.
- d) Idade: >25 (Pavilhão Phebo) e 35-40 anos (Embalagens Phebo).
- e) Amostras: Pavilhão Phebo (LPTR 849/05) (FOTO 48).
- f) Embalagens Phebo (LPTR 850/05) (FOTO 52)
Embalagens Phebo coberta e descoberta (LPTR 851/05) (FOTO 53)
Estado geral: bom a degradação fraca



Foto 45: Vista geral do entorno da fábrica da Phebo, mostrando o porto na margem direita da Baía de Guajará.



Foto 46 – Telhado do pavilhão de recebimento da Phebo.



Foto 47 – Corredor interno do Pavilhão de recebimento. Os pontos brancos na telha correspondem provavelmente a material biológico.

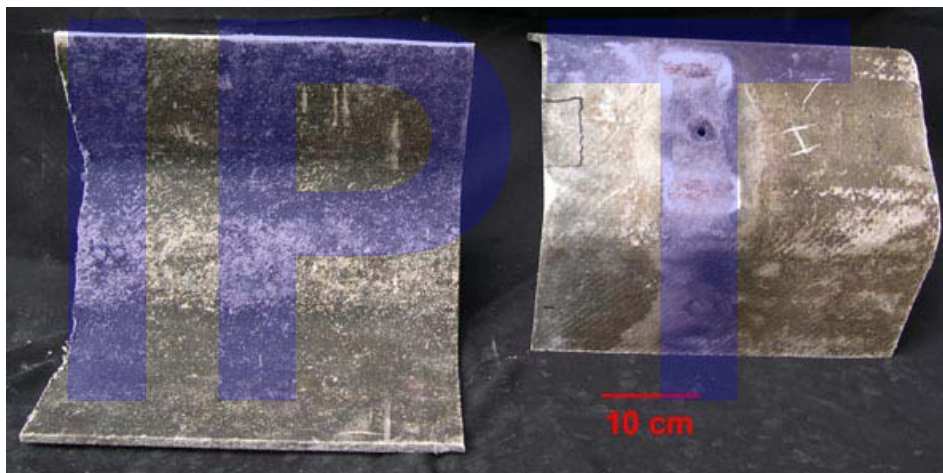


Foto 48 – Amostra Pavilhão de recebimento – Fábrica Phebo (LPTR 849/05).



Foto 49 - Setor de embalagens Phebo. A seta indica o local amostrado, que é o canto direito inferior da parte diametralmente oposta à fotografada.



Foto 50 (acima) – Telhado do setor de embalagem da Phebo. O “X” vermelho indica o local amostrado da telha ondulada.



Foto 51 (acima) – Local de amostragem da cumeeira do setor de embalagens. O “X” vermelho indica o local amostrado.

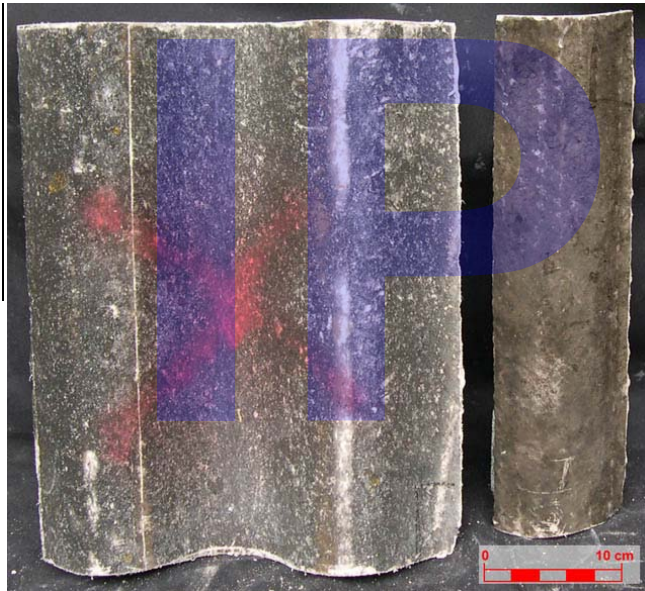


Foto 52 (ao lado) - Amostra de telha ondulada do setor de embalagens (LPTR 850/05).



Foto 53 (abaixo) - Amostra de cumeeira do setor de embalagens (LPTR 851/05).

- **Universidade Federal do Pará (UFPA) – Campus do Guamá**

O Campus do Guamá é um local bastante arborizado e com baixo nível de ruído e poluição. Localiza-se na planície do rio Guamá, na zona ribeirinha. Na vizinhança do campus, próximo ao rio Guamá, há uma siderúrgica, que derrete sucata (FOTO 54). Segundo a arquiteta Joana C.C. Barreto, funcionária da UFPA, as instalações iniciais datam de 1970.



Foto 54 - Vista da siderúrgica e do entorno da UFPA.



Foto 55 - Passarelas da UFPA que ligam os blocos de sala de aula, administrativos etc.

No Campus, podem ser destacados:

- a) Agentes externos: local plano com baixa vibração e ruído (blocos de sala de aula e trânsito de pessoas). Ambiente com alta umidade, insolação, vento e umidade.
- b) Idade: amostras da passarela PB: >25 anos.
Amostras da passarela QB: 35 anos
- c) Amostras: Passarela PB UFPA (FOTO 57) (LPTR 852/05).
PB - P1 – UFPA (FOTO 59) (LPTR 853/05).
QB - UFPA (FOTO 61) (LPTR 854/05).
- d) Estado geral: degradação moderada. Presença de telhas quebradas (FOTO 56).



Foto 56 - Passarela PB blocos de salas de aula, na UFPA.

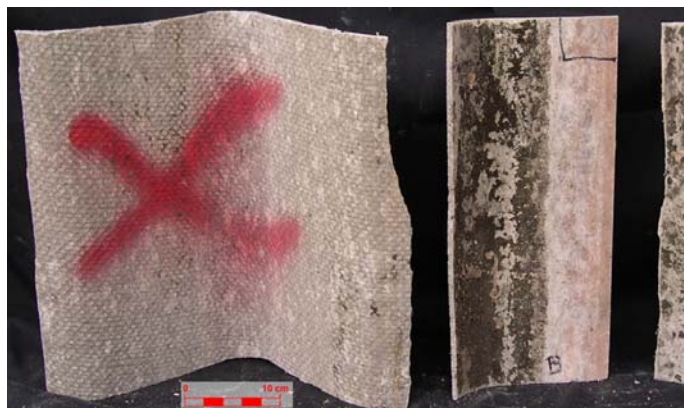


Foto 57 - Amostra Passarela PB blocos de salas de aula (LPTR 852/05).



Foto 58 - Bloco PB Sala P1, na UFPA.

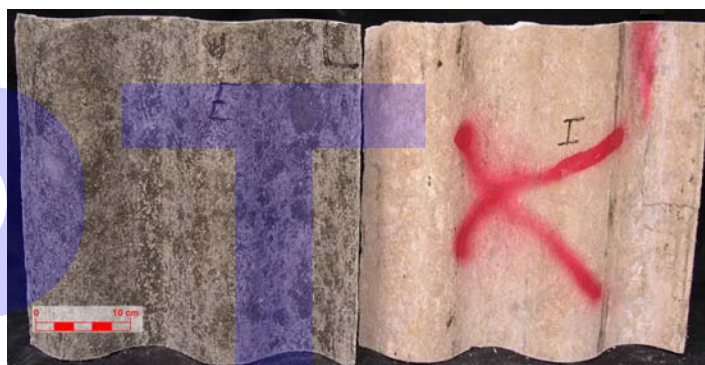


Foto 59 - Amostra Bloco PB Sala P1 (LPTR 853/05).



Foto 60 - Passarela Bloco da Química-QB, na UFPA. Observar orifício em telha amostrada.



Foto 61 - Amostra Passarela Bloco da Química-QB (LPTR 854/05).

- **Agência de turismo Lusotur**

Trata-se de prédio aonde funciona atualmente uma agência de turismo, mas que no passado foi uma filial da Brasilit.

Nesse local, podem ser destacados:

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

- a) Localização: Rua Brás de Aguiar, N° 471. Bairro Nazaré.
- b) Agentes externos: local plano com trânsito de carros elevado. Ambiente quente e com alta umidade e pluviosidade. Rua bastante arborizada.
- c) Idade: >30 anos.
- d) Amostra: LUSO tour (FOTO 64) (LPTR 855/05)
- e) Estado geral: degradação moderada.



Foto 62: Local de amostragem de telha do LUSO tour



Foto 63 – Estacionamento da Lusotour.



Foto 64 – Amostra estacionamento da Lusotour (LPTR 855/05).

- **Galpão DF Impermeabilizantes Ltda.**

Trata-se de um prédio com apenas um pavimento e pé direito de aproximadamente dez metros. O prédio foi construído há 40 anos, funcionando como depósito alimentício até 2000 e a partir de então como depósito de material de construção (informações fornecidas pelo proprietário e Eng^o Demetrius S. Barbosa).

São armazenados sacos de cimento e areia e recipientes com impermeabilizantes. É feita a mistura de quartzo em várias granulometrias, carbonatos de cálcio e magnésio, cimento+vedágua+cal HB-01/loções acrílicas e cristalizantes.

Nesse local, podem ser destacados:

- a) Localização: Rua Dom Romualdo Coelho, N^o 584. Bairro Marizal.
- b) Agentes externos: local com baixa vibração e ruídos. Ambiente com alta umidade, temperatura, insolação e vento moderado.
- c) Idade: 25 -30 anos.
- d) Amostras: telha ondulada galpão DF Impermeabilizantes (LPTR 856/05) (FOTO 66)
- e) Estado geral: degradação moderada, presença de telhas fissuradas.

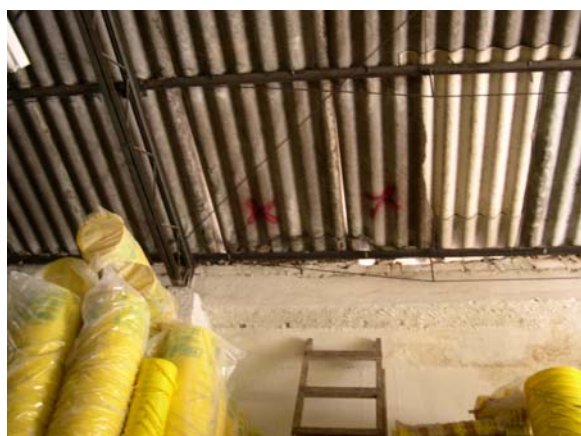


Foto 65 – Telhado do galpão da DF Impermeabilizantes. As amostras estão indicadas com “x” vermelho.



Foto 66 – Amostra Galpão - DF (LPTR 856/05).

- **Banco do Brasil**

Trata-se de um conjunto de prédios conectados por um corredor coberto. Além da parte destinada aos serviços bancários, há um local para carga e descarga de mercadorias e outra para depósito de materiais de escritório, higiene e limpeza (informações fornecidas pela Arq^a Eliane Helena, funcionária do banco), como ilustra a FOTO X. Em parte do telhado do Banco do Brasil destacam-se telhas cobertas por espuma rígida e pintadas com tinta prateada. Ressalta-se, no entanto, que essa cobertura acha-se parcialmente deteriorada. Nesse local, podem ser destacados:

- a) Localização: Rua Humaitá, Nº 3029.
- b) Agentes externos: local com terreno plano, rua asfaltada com calçadas de cimento e trânsito leve. Ambiente com alta umidade, insolação e vento.
- c) Idade: <20 anos.
- d) Amostras: telha mercadoria BB (LPTR 857/05) (FOTO 69).
Depósito BB (LPTR 858/05) (FOTO 71).
- e) Estado geral das telhas: Bom



Foto 67: Imagem do depósito (ao fundo, cinza) e do setor de carga e descarga (na frente) do Banco do Brasil



Foto 68 – Telhado do setor de carga e descarga do Banco do Brasil.



Foto 69 – Amostra telha carga e descarga de mercadoria - Banco do Brasil (LPTR 857/05).



Foto 70 – Telhado do depósito do Banco do Brasil. A telha possui uma cobertura de espuma rígida com camada de tinta prateada.

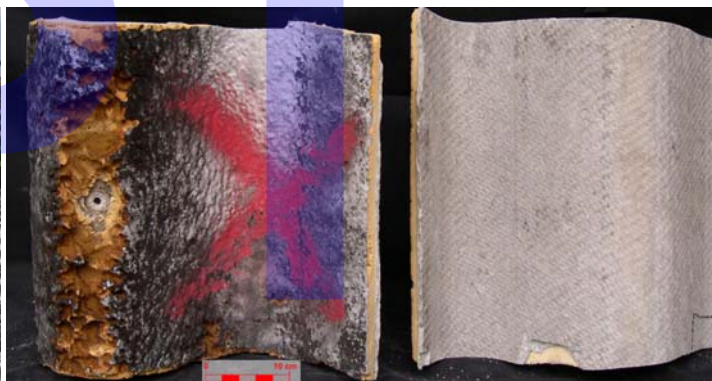


Foto 71 – Amostra telha depósito - Banco do Brasil (LPTR 857/05). Notar cobertura de espuma.

4.3.1.5 Curitiba - PR

Foram visitados três locais em Curitiba-PR, de onde foram selecionadas telhas para amostragem. Essa visita foi feita em 19.05.2005 por técnicos do IPT, em companhia dos senhores Milton Stanczyk e Laércio Zgoda, funcionários da Empresa Eternit.

Curitiba foi selecionada por ser a capital mais fria do Brasil, com clima mesotérmico brando-super-úmido com subseca (<http://mapas.ibge.gov.br/website/clima/viewer.htm>,

obtido em 09/03/2006), apresentar o ambiente peculiar do Terminal Rodo-ferroviário e o apoio da unidade fabril da Eternit. É também uma cidade grande, com cerca de um milhão de habitantes, representante de ambiente urbano. Os locais visitados e a escolha de amostras acham-se detalhados a seguir.

- **Terminal Rodo-ferroviário**

O local foi selecionado devido à atmosfera rica em monóxido e dióxido de carbono, exalados pelos escapamentos dos ônibus, movidos essencialmente a óleo Diesel.

No terminal, localizado próximo ao centro da cidade, no bairro Rebouças, podem ser destacados:

- a) Localização: Rua Padre Afonso Camargo.
- b) Agentes externos: ambiente de alta insolação, sem sombreamento, com temperatura, pluviosidade e vento moderado. Ruído e gases de ônibus.
- c) Idade: aproximadamente 36 anos.
- d) Amostras: As amostras foram retiradas da ala interestadual, plataforma 22. Rodoviária Ctba (LPTR 859/05) (FOTOS 73 e 74).
- e) Estado geral: Bom, porém observam-se manchas brancas na superfície interna das telhas, provavelmente de origem biológica. Localmente ocorrem orifícios provocados provavelmente por impacto de um corpo duro.
- f) Estado geral: bom.



Parte interna

Parte externa

Foto 72 (em cima) - Parte interna do telhado sobre a plataforma ("box") 35 no "bloco" estadual, com indicação da telha, tipo canaletão, amostrada.

Fotos 73 e 74 – Amostra Rodoviária Curitiba (LPTR 859/05), vistas das partes interna e externa.

- **Secretaria da Saúde (antiga sede do INAMPS)**

O local foi selecionado devido ao revestimento vertical, com placas cimentícias de 6 mm, em local de alto tráfego de veículos. A fachada recebe sol pela manhã.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Na Secretaria da Saúde podem ser destacados:

- a) Localização: Rua Marechal Floriano nº 250, Centro.
- b) Características: prédio de onze andares, “encaixado” entre dois outros.
- c) Agentes externos: ambiente de insolação moderada (somente pela manhã), com temperatura, pluviosidade e vento moderado. Vibrações e ruídos intensos, devido ao tráfego pesado.
- d) Idade: 20 anos.
- e) Amostra: Secretaria da Saúde (LPTR 860/05) (FOTO 77).

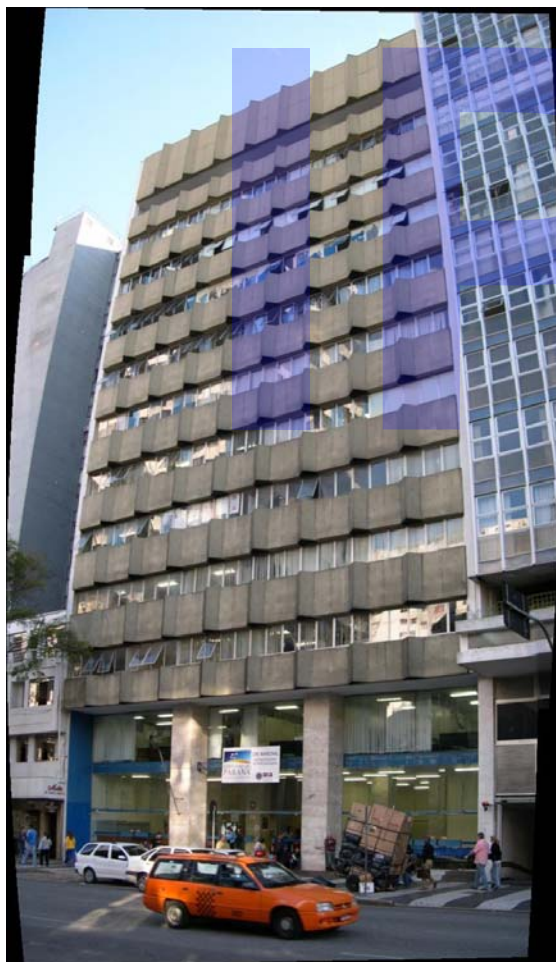


Foto 75 – Fachada da Secretaria da Saúde.



Foto 76 – Detalhe da FOTO anterior, com a seta indicando a placa cimentícia amostrada.

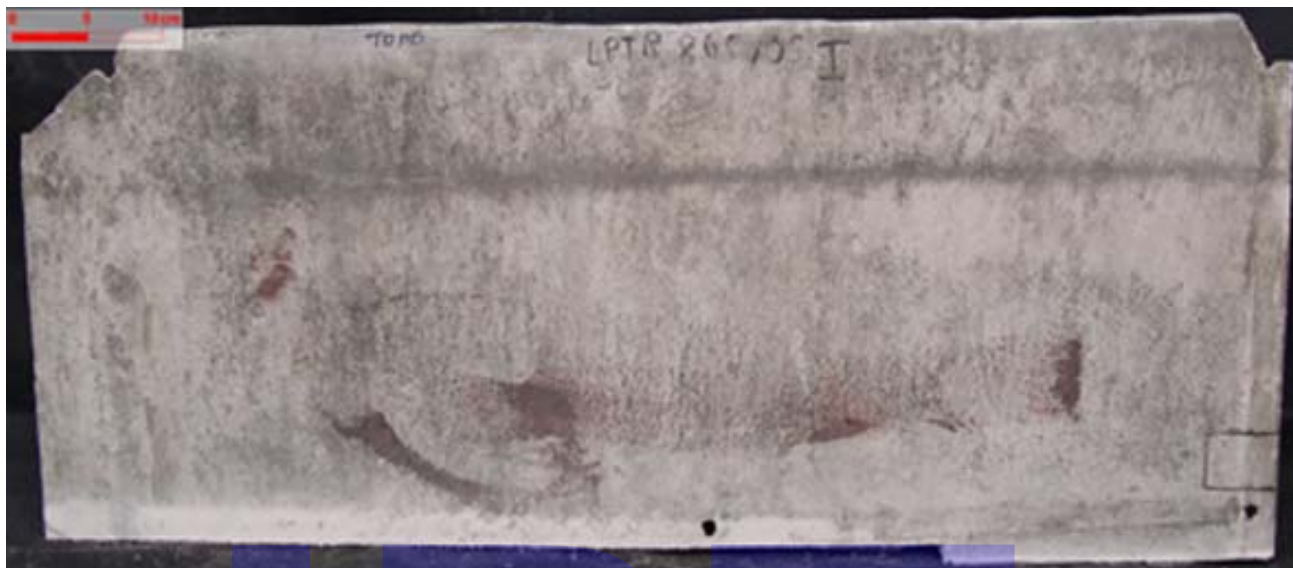


Foto 77 – Amostra placa cimentícia da Secretaria da Saúde (LPTR 860/05).

- **Shopping Center Mueller**

O local foi selecionado devido ao tipo peculiar de revestimento de placas cimentícias, com 4 mm de espessura, simulando ardósia. O shopping possui uma área total de 65.818 m², três pisos de lojas e três de estacionamento. O terreno da edificação é plano e equivale a um quarteirão. Foi inaugurado em 1983, porém desde 1878 até este ano, era uma fundição. O prédio foi reciclado e adaptado ao novo uso, porém mantiveram-se as fachadas.

No Shopping Mueller podem ser destacados:

- a) Localização: Rua Cândido Abreu, Bairro São Francisco
- b) Agentes externos: ambiente de alta insolação, sem sombreamento, com temperatura, pluviosidade e vento moderado. Trânsito moderado a intenso.
- c) Idade: 23 anos.
- d) Amostra: Mueller (LPTR 861/05) (FOTO 79).
- e) Estado geral: bom. Algumas placas de 40x40x0,4cm apresentam manchas brancas, possivelmente gipso.



Foto 78 – Fachada do Shopping Center Mueller na Rua Cândido Abreu. A seta indica local selecionado para amostragem.



Foto 79 – Amostra Shopping Mueller (LPTR 861/05). A placa da esquerda exhibe a face externa, e a da direita, a interna.

4.4 Análises e ensaios

Foram analisadas 30 amostras de telhas de cimento-amianto, que totalizaram 45 sub-amostras, quando consideradas as porções cobertas e descobertas separadamente. Em todas as amostras foram efetuadas análises petrográficas e análises mineralógicas por difração de raios-X total, bem como da fuligem externa e interna para algumas destas; 7 amostras foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura com espectroscopia de energia dispersiva; ensaios de absorção d'água e ensaios químicos foram efetuados em 11 amostras. Para o ensaio de absorção d'água e ensaios químicos, as amostras selecionadas foram aquelas que continham porções cobertas por sobreposição de outra telha, e apresentavam grande contraste visível de grau de deterioração entre os pares cobertos e descobertos.

Os métodos de ensaios e análises efetuados nas amostras encontram-se descritos a seguir.

4.4.1 Análise Petrográfica

As lâminas delgadas foram confeccionadas em locais representativos da telha, com base na observação cuidadosa de cada amostra. A análise petrográfica foi executada segundo o Procedimento CT-OBRAS-LMCC-P-PE 001 – “Análise petrográfica” e baseado na norma ASTM C856 (1995).

Para a análise petrográfica, foi confeccionada lâmina delgada a partir de fragmentos extraídos de cada uma das telhas, com aproximadamente 2 cm x 4 cm x 2 cm e posteriormente impregnado a vácuo com resina e corante. Após secagem em estufa (60°C, por 24h), o bloquete foi lixado e colado em lâmina de vidro e cortado novamente (espessura de ± 2 mm). Por fim, o material foi desgastado e lixado até atingir a espessura de 30 μm , e então coberto com lamínula de vidro.

A análise petrográfica foi executada com o auxílio de uma lupa estereoscópica e de um microscópio petrográfico, modelo Photomicroscope II, marca Carl Zeiss.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

As análises foram ilustradas com fotomicrografias. As zonas das telhas foram descritas conforme o croqui da FIGURA 3 e as telhas foram desenhadas a partir das descrições.

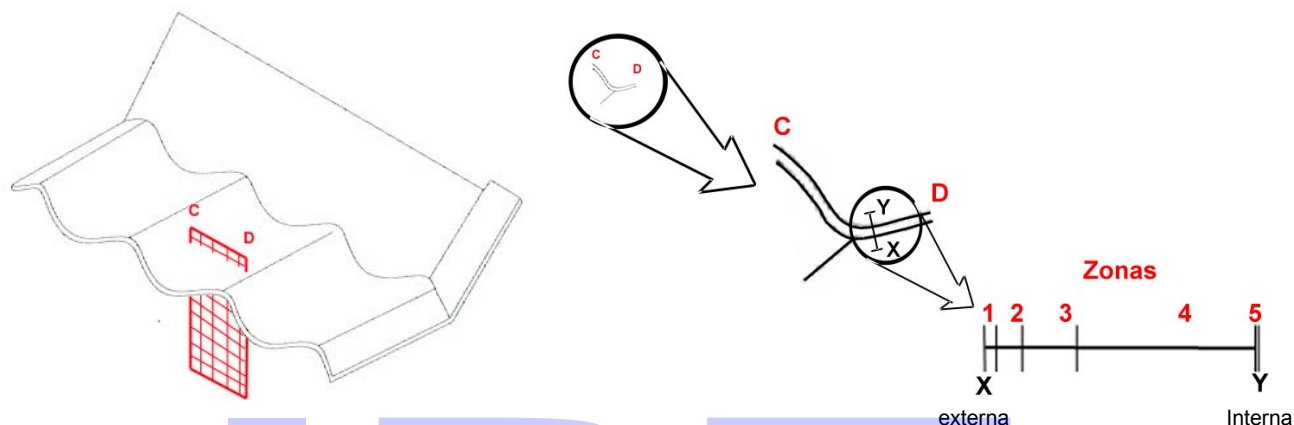


Figura 3 – Esquema da telha vista em corte perpendicular à superfície, conforme observações petrográficas, através da lâmina delgada.

4.2.2 Análise mineralógica por difratometria de raios-X

A análise mineralógica foi executada segundo o Procedimento CT-OBRAS-LMCC-P-PE 008 “Análise mineralógica por difratometria de raios-X”

Uma porção representativa de cada amostra foi desagregada em almofariz de ágata e atacada com ácido clorídrico (20%). Para a coleta do material superficial (sujeira ou fuligem), removeu-se cuidadosamente o material desagregado com uma trincha. O resíduo, no primeiro caso, e o material desagregado, no segundo, foram dispostos em suporte de cavidade, de maneira não orientada, e submetidos à análise por difratometria de raios-X.

O equipamento utilizado é um *Rigaku Denki*, modelo *Geigerflex*, operando com radiação $K\alpha$ do cobre. Na interpretação dos difratogramas foi utilizado o fichário do *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* – JCPDS (1974).

4.2.3 Microscopia eletrônica de varredura com espectroscopia de energia dispersiva

Cubos de 1cm de aresta e lâminas de telhas sem a cobertura da lamínula com 1 mm² foram dispostas em um suporte e analisadas a vácuo num microscópio eletrônico

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

de varredura. A marca do microscópio é JEOL JSM-5200 e foi operado a 15 kv. O equipamento utilizado pertence ao Laboratório de Equipamentos Mecânicos e Estruturas do IPT.

IPT

4.2.4 Absorção d'água

O ensaio para determinação do índice de absorção de água nas amostras de telhas de amianto foi realizado com base no método de ensaio constante na “ASTM Designation: C459 – 1991 – Standard Test Methods for Asbestos–Cement Flat Products”, item 6.

4.2.5 Ensaio químicos

Os métodos de ensaios químicos executados constam no ANEXO F, Relatório de Ensaio do IPT Nº 938.228-203.

5 RESULTADOS OBTIDOS

Esse item apresenta a síntese de todas as análises e ensaios efetuados.

5.1 Análise petrográfica

Os resultados das análises petrográficas encontram-se no ANEXO A. As fotomicrografias estão no ANEXO B.

As telhas são constituídas da pasta (produtos do cimento hidratado), cimento não hidratado na forma de clínquer remanescente, agregados (crisotila e outros) e vazios. Esta constituição é observada tanto na telha Nova quanto em telhas pouco alteradas. As características óticas das fibras são compatíveis com as da crisotila, exceto em algumas telhas que apresentam celulose e na telha Am-2 - Gás, que possui o clinoanfíbólio crocidolita em quantidade subordinada. Quantidades variáveis de grãos de quartzo fino e de material vítreo foram identificadas como partes constituintes do agregado.

A interface entre a fibra e a matriz normalmente não apresenta propriedades óticas distintas. Nota-se somente que a fibra encontra-se fortemente aderida à matriz e que localmente ocorrem cristais de carbonato na interface.

Os dados de análise petrográfica indicam grande variação nas telhas quanto aos constituintes e ao grau e estilo de alteração.

5.2 Análise mineralógica por difratometria de raios-X

A sujidade encontrada nas superfícies externas e internas das telhas são compostas por materiais da própria telha, produtos de alteração, material carreado pelo ar e material biológico. Os resultados da análise mineralógica por difratometria de raios-X encontram-se no ANEXO C. Observa-se que o limite de detecção é de 1 a 2%, portanto minerais em quantidade inferior não são detectados e tampouco materiais orgânicos e/ou amorfos (por exemplo, materiais biológicos, celulose, sílica amorfa e C-S-H gel)

5.3 Microscopia eletrônica de varredura (MEV) com espectroscopia de energia dispersiva (EDS)

Os resultados da microscopia eletrônica de varredura com espectroscopia de energia dispersiva encontram-se no ANEXO D. As imagens dão informações morfológicas e texturais, enquanto a análise química semi-quantitativa fornece a composição química para elementos com número atômico superior ao do carbono. Assim, a água livre e água de constituição dos minerais hidratados não são detectados pelo aparelho utilizado. Ressalta-se que o feixe de elétrons para a análise química tem 1µm de diâmetro e seu bulbo de análise atinge profundidade variada conforme a energia, porém quanto maior esta for, mais o feixe penetra na amostra.

5.4 Absorção d'água

Os resultados da absorção d'água encontram-se no ANEXO E.

5.5 Ensaio químicos

Os resultados de ensaios químicos encontram-se no ANEXO F, Relatório de Ensaio do IPT Nº 938.228-203.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A composição original da telha é muito importante no processo de alteração. Entretanto, remontá-la pode ser difícil em virtude dos processos modificadores do meio-ambiente atuante. Mudanças significativas no processo produtivo das mesmas impedem

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

uma extrapolação dos dados obtidos da telha Nova para as demais. As principais diferenças de processo produtivo observadas são variações da composição e proporção dos agregados, tipo de fibra, granulometria do clínquer e proporção pasta: agregado, conforme QUADRO 5.

Produto	1974					1982				
	Amianto	Cimento	Resíduo	Calcário	Celulose	Amianto	Cimento	Resíduo	Calcário	Celulose
TTX	64,92	586,17	32,88	0,00	0,00	78,20	641,72	28,34	0,00	0,00
TOD	74,65	698,41	20,41	0,00	0,00	83,01	684,81	23,81	0,00	0,00
T 90	86,91	714,29	0,00	0,00	0,00	89,04	702,95	9,07	0,00	0,00

Produto	1994					2000				
	Amianto	Cimento	Resíduo	Calcário	Celulose	Amianto	Cimento	Resíduo	Calcário	Celulose
TTX	52,80	500,68	52,27	51,25	18,48	61,18	401,50	7,30	248,20	14,60
TOD	74,59	503,29	27,78	98,87	1,02	76,94	448,14	7,70	224,84	15,40
T 90	89,69	590,81	18,25	96,60	0,00	81,16	572,52	0,78	122,46	7,80

Quadro 5 – Evolução da dosagem das matérias-primas no processo de fabricação das telhas de cimento-amianto, segundo dados fornecidos pela Eternit – Colombo (PR) (Kg de matéria-prima X ton de produto).

A substituição de crisotila por outras fibras (especialmente celulose) tem reflexos na resistência mecânica. Além disso, a crisotila apresenta melhor aderência fibra-matriz por desenvolver tobermorita imbricada na zona de interface e por sua estrutura em feixe favorecer uma maior penetração da pasta nas fibras (KIOHARA, 1991). Além disso, a fibra apresenta maior durabilidade em relação a alterações, ataques químicos e variações do pH (OLIVEIRA, 1996).

Os tipos de alteração observados são mecânicos, biológicos, químicos e físico-químicos. A degradação mecânica manifesta-se por telhas quebradas (QB – UFPA Quebrada), por fissuras e por carreamento de material da superfície; a biológica pelo crescimento de material biológico na superfície da telha; a química por eflorescências e o físico-químico pela lixiviação da pasta e liberação das fibras. As telhas apresentam-se em graus de alteração muito variados.

O processo degenerativo mais abrangente é o físico-químico. O perfil de alteração da amostra Pavilhão Phebo, por exemplo, exprime as diversas etapas de degradação típicas da telha. O centro da telha encontra-se preservado, ocorrendo minerais facilmente lixiviáveis (portlandita), clínquer com pequeno halo de hidratação e carbonatação não observada. A superfície interna desenvolve zona de corrosão, que se caracteriza pela

presença de fibras, clínquer e sílica gelatinizada. Na direção do centro da telha, ocorre fina camada irregular de pasta com ausência de portlandita. Varrendo da superfície externa para o centro da telha, ao invés de desenvolver-se uma zona de corrosão, tem-se uma zona carbonatada microporosa seguida de uma zona carbonatada e uma lixiviada de portlandita.

Assim, de um modo geral, a alteração ocorre como uma frente de alteração, da porção externa e/ou interna para o centro da telha, conforme as fases abaixo:

1. Lixiviação total ou parcial de portlandita.
2. Carbonatação de C-S-H e portlandita não lixiviada, conforme as reações a seguir (ST JOHN; POOLE; SIMS, 1998):

Reação 1: $C-S-H + CO_2 \rightarrow \text{várias fases intermediárias} \rightarrow CaCO_3 + SiO_2 \cdot nH_2O + H_2O$

Reação 2: $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$

3. Dissolução do carbonato por chuvas ácidas, gerando microporosidade na pasta e alargando vazios irregulares.
4. Desenvolvimento da zona de carbonatação microporosa.
5. Desenvolvimento da zona de corrosão por dissolução total do carbonato e remobilização da sílica, produto da REAÇÃO 1, para as porções superficiais da telha.
6. Liberação das fibras.
7. Aprofundamento da alteração.

Verificou-se por microscopia ótica e de varredura que as fibras da superfície mais externa estão destituídas da matriz, estando livres para serem carreadas pela água ou ar. As características ópticas, imagens de MEV e ensaios químicos do EDS (amostras Am-5.1 Eixos, Ondulada Refeitório descoberta, Pavilhão Phebo Descoberta) confirmaram a presença de sílica gelatinizada na zona de corrosão. Destaca-se o Mapa de Pontos de cálcio (FOTO 20, ANEXO D), que ilustra o limite entre zona de carbonatação – rica em cálcio - e zona de corrosão.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Este padrão de alteração diferente da zona interna e externa (ora forma-se zona de corrosão, ora de carbonatação) ocorre na maioria das amostras. Ressalta-se que a ausência da zona de corrosão não significa que essa não tenha se desenvolvido, pois sendo um material delicado, pode ter sido removido durante o processo de amostragem e confecção da seção delgada. É possível também que a zona corroída esteja sendo carregada por erosão (limpeza, vento etc). Possivelmente, a zona de corrosão seja o resultado da remoção da calcita formada por carbonatação da pasta na superfície da telha, restando somente fibras, clínquer e sílica gelatinizada, possivelmente remobilizada dos silicatos da pasta.

Também há diferenças nas telhas cobertas e descobertas para uma mesma amostra. Alguns exemplos são: A telha descoberta do Depósito Crespum desenvolve Zona de corrosão e a coberta não. Já a Ondulada Refeitório coberta desenvolve Zona de corrosão na base e microporosidade no topo, enquanto a ondulada refeitério descoberta apresenta somente Zona de corrosão no topo.

Ciclos de umedecimento e secagem mais lentos nas porções cobertas que nas descobertas influenciam no desenvolvimento de zonas de corrosão mais espessas nas primeiras. Exceção ocorre nas amostras Cumeeira refeitério – RJ, LUSO Tour e Hangar 6 e 7. Mais uma vez, diferenças em escala local têm grande influência para a degradação das telhas. O GRÁFICO 1 apresenta uma comparação entre a espessura da zona alterada externa das porções cobertas e descobertas das amostras.

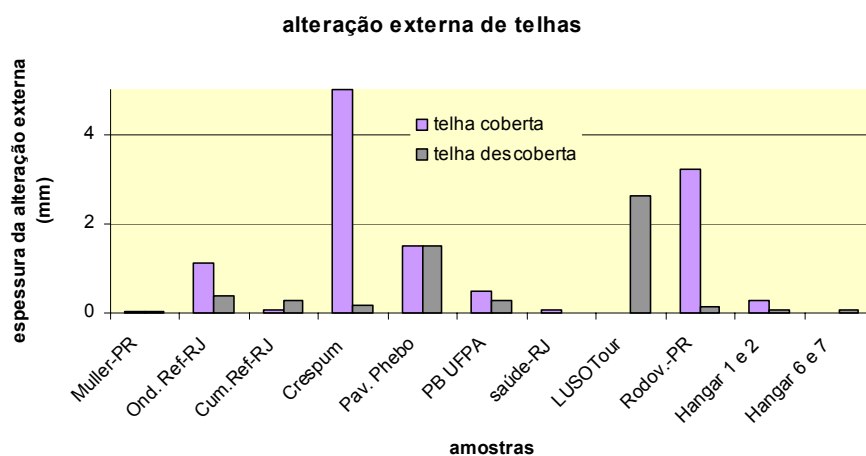


Gráfico 1 – Diferença de espessura das porções cobertas e descobertas para cada amostra. Notar que, predominantemente, as porções cobertas desenvolvem alteração externa mais espessa.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Espera-se que as telhas descobertas apresentem as seguintes características:

- Zonas de corrosão mais espessas, por ser o estágio final da alteração;
- Maior porosidade (absorção d'água maior);
- Menor quantidade de portlandita, e conseqüentemente carbonatação mais intensa;
- Menor proporção pasta: fibra, uma vez que a pasta está mais lixiviada (resíduo insolúvel mais elevado);
- Menor quantidade de C-S-H.

A presença de agregados de opacos oxidados em diversas amostras, reflete uma interação entre o oxigênio da atmosfera e as fases oxidáveis. Isto evidencia que o ar está interagindo com o agregado, causando oxidação destas fases e a carbonatação da pasta.

Ressalta-se que a orientação preferencial das fibras gera descontinuidades para penetração de água e ar, formando faixas e lentes carbonatadas e/ou microporosas em meio a uma matriz menos carbonatada. Outro aspecto importante é que o carbonato pode ser remobilizado, vindo a colmatar os poros. Esta remobilização pode ocorrer em mais de uma etapa, conforme observado na amostra PB – P1 – UFPA. Nesta amostra ocorre uma frente de dissolução-reprecipitação de carbonato micrítico e uma zona carbonatada micrítica-esparítica é desenvolvida. Este processo de colmatação de poros é confirmado pelos resultados dos ensaios de absorção d'água (ANEXO E), no qual as telhas antigas são menos porosas que a telha Nova, devido ao volume da calcita ser 11% maior que o da portlandita e 2,5% maior que o do C-S-H (ST JOHN, POOLE, SIMS, 1998).

Fissuras podem ter diversas origens ou serem produzidas por uma soma de fatores. É provável que as amostras da Rodoviária de Curitiba estejam fissuradas devido a ruídos e vibrações deste estabelecimento. Nas amostras da Flanaço, a sulfatação (manifestada pela presença de gipso) pode ser responsável pelo fissuramento das telhas, por ser um mineral expansivo. A vibração alta deste ambiente também contribui para o fissuramento. As amostras Saúde – RJ descoberta, Pavilhão Phebo e Galpão DF apresentam fissuras na interface de zonas pouco carbonatadas com zonas carbonatadas, sendo estas possivelmente atribuídas a variações de volume decorrentes do processo de carbonatação.

Eflorescências de cristais de gipso em vazios e na superfície da telha é um processo degenerativo de ambiente industrial agressivo, pois, conforme citado

anteriormente, o gipso pode causar fissuramento da telha, corrosão e comprometimento da resistência mecânica. Camadas de carbonato também se depositam na superfície. Estes materiais são formados como produtos da reação entre emissões industriais e urbanas (CO_2 e SO_x) e o cálcio dos minerais da pasta, sendo que a calcita cristaliza-se a partir do CO_2 e o gipso a partir do SO_x atmosférico. Imagens de microscópio óptico e MEV confirmam que o gipso presente é de eflorescência, apresentando hábito placóide hexagonal (FOTOS 5 e 6, ANEXO D).

Óxidos de ferro e cristobalita/tridimita identificados por difração de raios-X na camada de sujidade das telhas da Flanaço (Osasco) corroboram as observações de campo de que o ar é rico em material particulado exalado pelo forno e este se deposita na superfície interna e externa da telha.

Análises petrográficas mostraram que as fibras acham-se fortemente impregnadas com a pasta, contribuindo para uma melhor adesão fibra-matriz (p.e. Ondulada Refeitório descoberta e Pavilhão Phebo descoberta). Tal fato se corrobora por microscopia eletrônica de varredura, no qual pode ser observado que as fibras estão impregnadas com carbonato proveniente da carbonatação dos hidratos do cimento. Conforme citado anteriormente, a tobermorita da zona de interface faz a âncora entre a fibra e a pasta por terem estruturas cristalinas semelhantes (KIOHARA, 1991). Uma vez carbonatada, a tobermorita, possivelmente se transforma em calcita, que é mais solúvel. Com a evolução da alteração, o carbonato da interface pode se solubilizar pela ação das chuvas ácidas ou da umidade e as fibras se liberarem mais facilmente quando o material sobrejacente for removido e as fibras atingirem a superfície.

A análise petrográfica mostrou também que telhas muito carbonatadas desenvolvem cristais de calcita maiores, formando uma matriz mais birrefringente e brilhante, sob luz polarizada. Imagens obtidas pelo MEV mostraram que os cristais de calcita da pasta carbonatada apresentam tamanhos da ordem de décimos de micrometros (p.e. Ondulada Refeitório descoberta) (FOTOS 19 e 31, ANEXO D).

A idade das telhas e o macroclima ao qual estão submetidas revelaram-se parâmetros pouco determinantes no grau de degradação das telhas; já microclimas, tais como ambientes industriais e o processo de fabricação mostraram-se mais significativos. Os GRÁFICOS 2, 3, 4 e 5 e os itens i a iv (após os gráficos) são evidências disso:

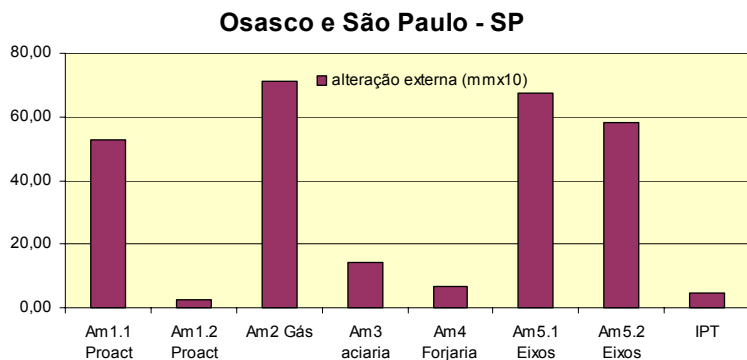


Gráfico 2 – Amostras de SP X Espessura de alteração. Notar que telhas de um mesmo local (Flanaço) porém de diferentes edificações podem apresentar espessuras muito distintas.

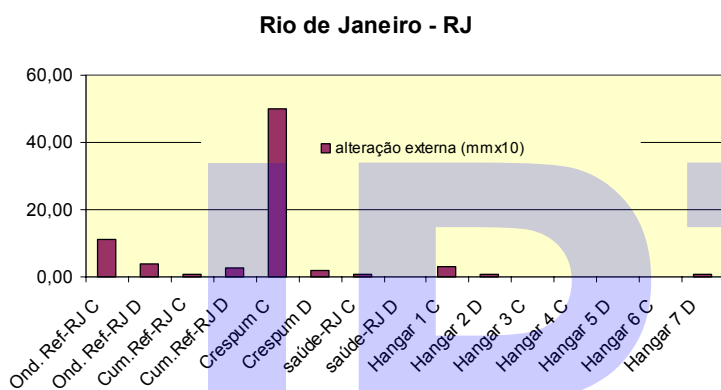


Gráfico 3 – Amostras do Rio de Janeiro X Espessura de alteração. Notar que as telhas apresentam espessuras de alteração relativamente pequenas.

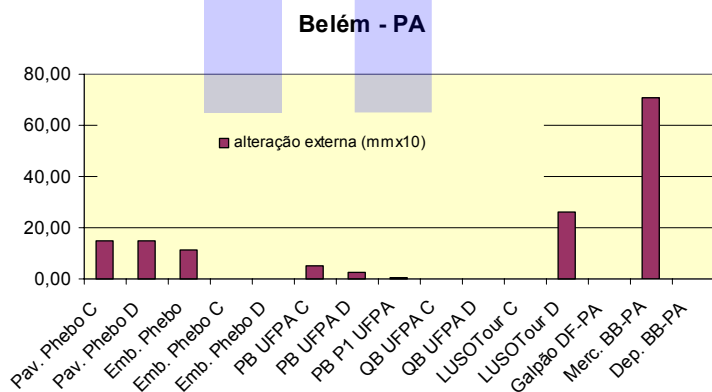


Gráfico 4 – Amostras de Belém X Espessura de alteração. Notar que espessuras de alteração podem variar bastante para a mesma cidade.

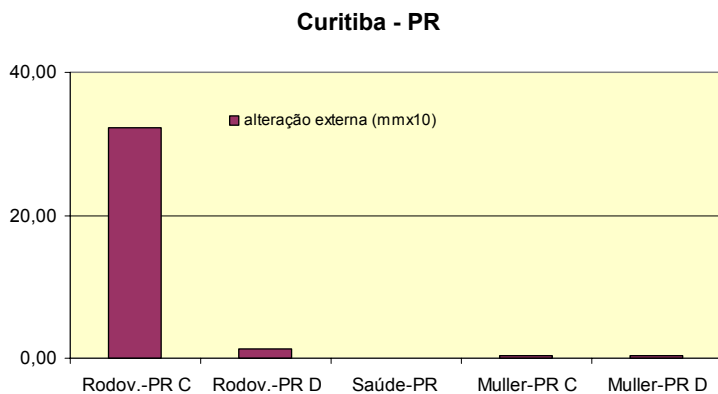


Gráfico 5 – Amostras de Curitiba X Espessura de alteração. Notar que espessuras de alteração podem variar bastante para a mesma cidade.

i) Das telhas do Rio de Janeiro (exceto as do Hangar do Zeppelin), as mais íntegras são as mais antigas da cidade (35 anos) e localizadas em ambiente mais agressivo (sujeito aos aerossóis marinhos da Ilha do Fundão, Baía de Guanabara): apresentam zona de corrosão pouco espessa, baixa porosidade secundária, portlandita e carbonatação moderada, indicando baixo grau de degradação.

ii) Telhas mais antigas podem estar menos deterioradas que telhas mais novas, mesmo quando submetidas às mesmas condições ambientais, evidenciando que a idade pode não ser fator determinante para o grau de degradação. Um exemplo são as telhas do Refeitório Eternit, mais antigas que as do depósito Crespum. Ambas encontram-se fortemente carbonatadas, mas a segunda, mais nova, desenvolveu porosidade secundária muito maior. Outro exemplo são as do Pavilhão Phebo e Embalagens Phebo, ambas situadas na Fábrica da Phebo, bem como as da UFPA.

O GRÁFICO 6 (Idade X Espessura da alteração externa) evidencia que para todas as idades (aproximadamente 15 a 70 anos) as telhas podem desenvolver alteração externa espessa.

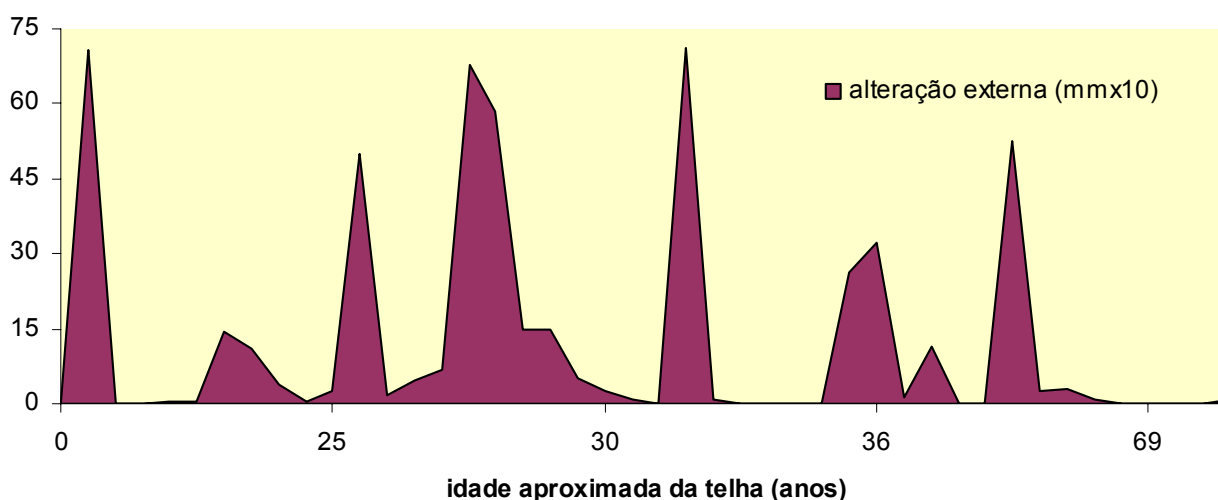


Gráfico 6 – Idade X Espessura da alteração externa. Para todas as idades há telhas com alteração externa espessa.

iii) As telhas sujeitas ao microclima industrial em clima subquente de Osasco estão mais afetadas do que as submetidas ao clima quente e com aerossóis marinhos do Rio de

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Janeiro. A abundância de gipso na superfície e em vazios irregulares nas telhas da Flanaço (Osasco) e a ausência nas telhas procedentes do Rio de Janeiro são evidências disso. As amostras do Hangar do Zeppelin e da Ilha do Fundão situam-se a poucos quilômetros do mar, e em local desprovido de barreiras naturais que pudessem impedir que o ar rico em aerossóis marinhos atingisse as telhas. Entretanto, estas telhas não apresentam sinais de deterioração.

iv) As porções expostas à insolação (telhas descobertas e faces externas) estão mais sujeitas a ciclos de umedecimento e secagem que as porções protegidas (telhas cobertas e faces internas). Estas, no entanto, permanecem úmidas por mais tempo, podendo acelerar o processo de degradação. Observações de campo, do tipo manchas de escorrimento de água no local amostrado, bem como os resultados das análises petrográficas corroboram o fato da deterioração ser mais intensa nas porções que permanecem unidas por mais tempo.

Evidências de que o processo produtivo é uma variável importante para a durabilidade podem ser observadas nas telhas mais antigas (Hangar do Zeppelin, 70 anos) sendo as mais íntegras e com porosidade relativamente baixa (ANEXO E). Com isso, supõe-se que a pasta cimentícia teria sofrido menos alterações. Assim, apesar de sujeita a um ambiente agressivo (temperatura, pluviosidade, umidade e salinidade alta), a telha apresenta boa durabilidade.

O tipo de telha não parece relacionar-se com o grau de deterioração da mesma. As telhas Am-1.1 Proact, Saúde-RJ, Pavilhão Phebo, Embalagens – Phebo Coberta e descoberta, e Rodoviária Ctba são do tipo cumeeira ou canaleta, enquanto as demais são onduladas. Estas amostras, ora estão mais deterioradas, ora menos quando comparadas às equivalentes do local amostrado.

A presença de material de natureza vegetal (musgo) na telha Shed Am-1.1 acarreta manchamento da telha e propicia o crescimento de espécies que favorecem a degradação da telha.

Com relação aos ensaios de absorção d'água, segundo as especificações ASTM – C 1081- 1992 – *Standard Specification for Asbestos-cement Corrugated Fill for Use in Cooling Towers* e ASTM – C1082 – 1990 - *Standard Specification for Asbestos-cement Flat Sheet for Cooling Towers Fill*, o limite máximo para absorção de água, realizada conforme o método C 459 – 1991 é de 25% para os tipos I e II, que são produtos de

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

cimento-amianto, tais como, chapas onduladas de cimento-amianto prensadas e autoclavadas e chapas onduladas prensadas, respectivamente. Este limite pode ser adotado para um produto novo. Qualquer valor abaixo de 25% de um artefato protegido das intempéries, pode significar ocorrência de carbonatação, e esta, por sua vez, promove a colmatação dos poros, impedindo a entrada de água.

Os dados obtidos no ensaio de absorção de água de uma amostra de telha Nova foram coerentes com a sua condição de “nova”, atingindo 24,3% de absorção de água, e por esse fato, essa amostra pode representar quase uma referência para as demais amostras ensaiadas. As porções cobertas das telhas também são referências em relação aos respectivos pares descobertos.

O gráfico absorção de água X idade, apresentado no GRÁFICO 7, mostra que as telhas cobertas apresentam menor porosidade do que as descobertas devido ao aumento da porosidade original por degradação causada por agentes agressivos ao cimento. Ao longo dos anos, apenas a amostra Embalagens – Phebo Coberta, com cerca de 40 anos, apresentou absorção superior às demais amostras.

As amostras descobertas, desprotegidas das intempéries, (Crespum, Saúde – RJ, Hangar 5, Embalagens Phebo e Passarela PB UFPA) apresentaram resultados que variaram entre 10,9 e 33,5% de absorção de água. A TABELA 1, ANEXO E e o GRÁFICO 7 mostram que os índices de absorção das amostras 690/05, 691/05 e 751/05 foram ligeiramente superiores aos dos respectivos pares de telhas cobertas e inferiores ao resultado da amostra de telha nova. Entretanto, percebe-se que este fato já sinaliza um aumento da porosidade por conta da provável perda de pequena porção da matriz de cimento, por lixiviação da pasta de cimento.

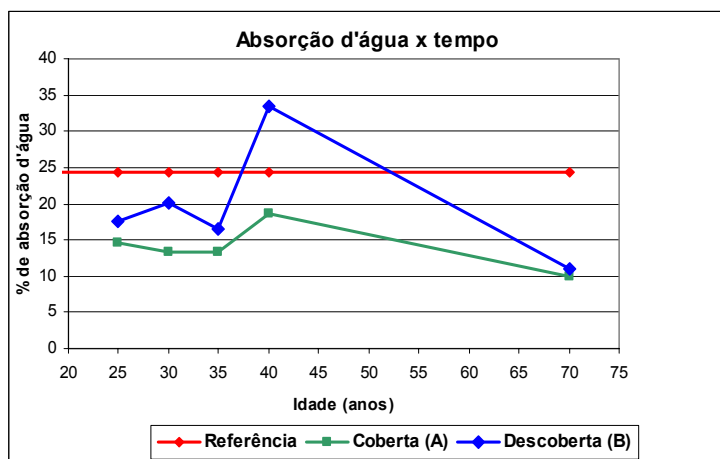


Gráfico 7 – Absorção d'água X tempo.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Para avaliar os resultados obtidos nos ensaios químicos, foram considerados como referência os dados da amostra da telha Nova, apesar das diferenças da época de fabricação, das matérias-primas e, provavelmente, do processo de produção. Como se trata de uma telha fabricada recentemente e sem uso, o valor de 14,6% de CO₂ pode não ser devido somente à carbonatação, mas à presença de material carbonático e fibra de celulose empregados na fabricação da telha.

As outras amostras apresentaram taxa de umidade variando entre 1,33% e 1,89% com média de 1,54% para telhas cobertas e 1,68% para as telhas descobertas, portanto abaixo dos 2,26% da telha Nova. Lembra-se que essas amostras se referem às telhas em uso há algumas décadas. Apresentaram, também, taxas de CO₂ superiores à da telha Nova, variando de 17,3 a 26,7% para as telhas cobertas e de 16,9 a 26,2 % para as telhas descobertas, indicando a ocorrência de carbonatação. Assim, não se observou diferença considerável entre ambas as condições, que representa o total de CaO + Ca(OH)₂ presente no material.

Quanto ao teor de CaO livre, as taxas foram notadamente menores do que o teor de CaO livre obtido na amostra de telha Nova (GRÁFICO 8). Os valores variaram entre 0,12 e 0,47% para as telhas cobertas e entre 0,14 e 0,77% para as telhas descobertas, contra o teor de 3,51% da telha nova. Este fato está coerente com os teores de CO₂. Praticamente, todo CaO livre que poderia ser encontrado nessas amostras, está carbonatado. Os resultados do teor de cal livre das telhas cobertas e descobertas apresentaram uma diferença insignificante, de uma para outra, a qual pode estar atrelada à condição de exposição.

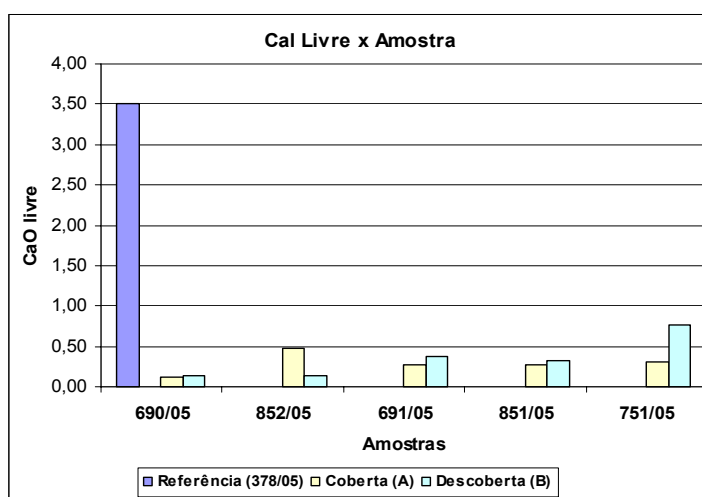


Gráfico 8 – Cal livre x Amostra.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Quanto ao resíduo insolúvel (RI), o teor determinado pode representar, com algumas ressalvas, o teor de fibra de amianto no compósito. Entretanto, há que se levar em conta a presença de quartzo, pozolana, e outros, que também são insolúveis em ácido clorídrico. As amostras de telhas cobertas apresentaram teores de resíduo insolúvel variando de 12,7% a 17,5%, e as amostras de telhas descobertas, entre 12,7% e 20,4%, (GRÁFICO 9); com as respectivas médias de 15,6% e 16,3%, e ligeiramente, superiores ao teor de 14,6% da telha Nova.

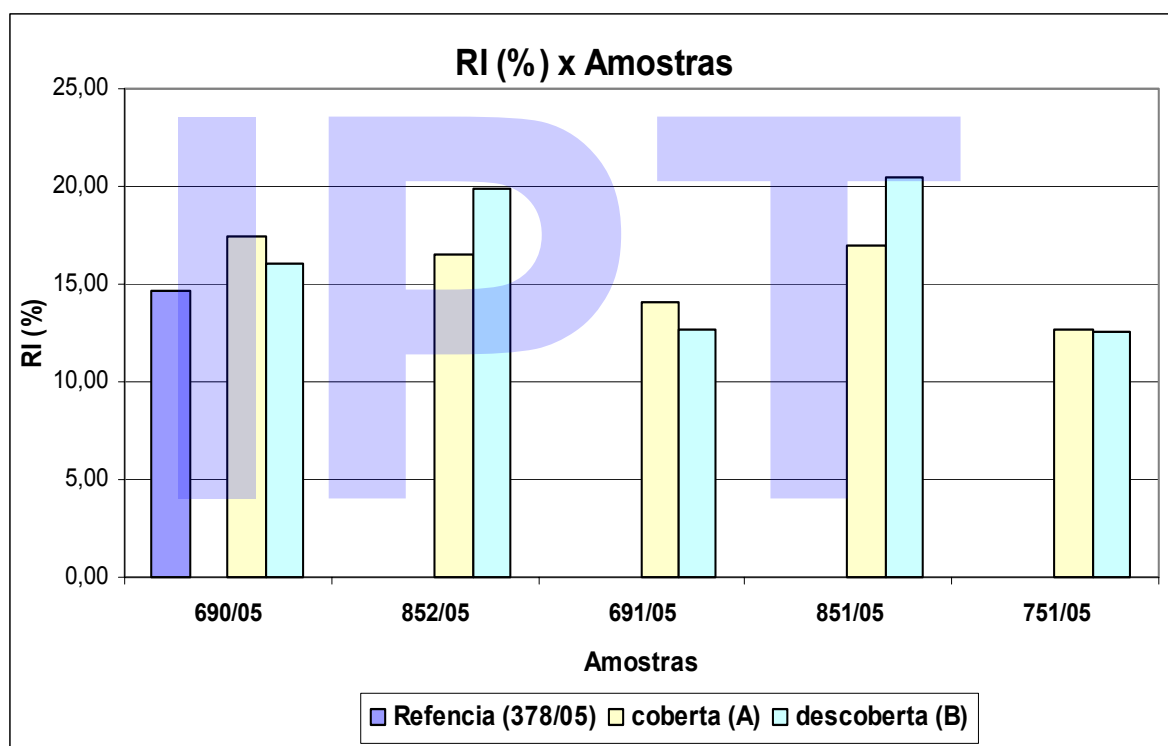


Gráfico 9 – Resíduo insolúvel X Amostras

Ainda, com relação ao RI, foram observadas diferenças insignificantes entre os valores encontrados nas amostras (cobertas e descobertas), Crespum, Saúde - RJ e Hangar 4 e 5; nas amostras (cobertas e descobertas), enquanto nas amostras Embalagens – Phebo e Passarela PB UFPA, essas diferenças já são notáveis. Houve, na realidade, um aumento da taxa de RI da amostra de telha coberta para a descoberta de 20%, denotando uma provável perda de fração da matriz de cimento por lixiviação, face à condição de exposição em ambiente úmido.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Os demais teores determinados (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO e MgO), teoricamente, deveriam representar o cimento utilizado na mistura. Entretanto, se considerar os dados obtidos da amostra de telha Nova (GRÁFICO 10 – amostra 378/05), verifica-se que as misturas ou dosagens atuais não correspondem àquelas que eram produzidas há cerca de 25 ou 30 anos atrás, a notar pela inclusão de calcário e celulose na mistura (QUADRO 5).

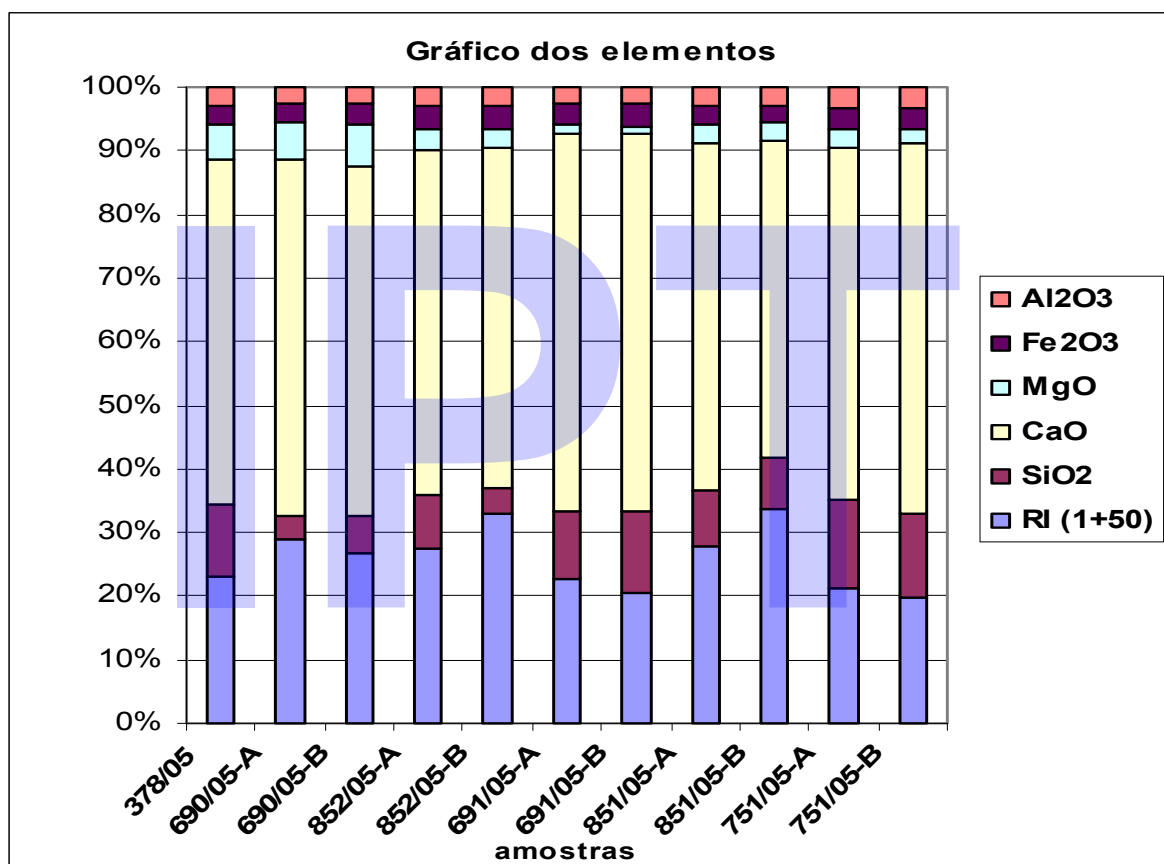


Gráfico 10 – Gráfico dos compostos e parâmetros químicos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A amostragem das telhas em diversas cidades do Brasil (Curitiba, Osasco, São Paulo, Rio de Janeiro e Belém) abrangeu climas frios, quentes, com diferenças bruscas de temperatura, úmidos, muito chuvosos, com época seca, sujeitos à salinidade etc. Destes fatores, o que parece afetar significativamente a durabilidade das telhas é a umidade. Observou-se que os fatores mais significativos para a deterioração são de escala local (microclimas), podendo variar de um lugar para outro de uma mesma

edificação, ou para a porção coberta ou descoberta de uma mesma telha. Assim, estes fatores locais se sobrepõem aos mais globais.

Tempo longo de exposição às intempéries não é sinônimo de telha deteriorada. Entretanto, modificações dos processos produtivos ao longo do tempo têm grande significado. Isso explicaria a boa durabilidade da telha mais antiga (Hangar do Zeppelin, 70 anos). Granulometria do clínquer, uso de fíler calcário e fibras de celulose têm implicações nas propriedades e no desempenho dos materiais.

Fibras de celulose podem se degradar mais rápido em ambientes agressivos. A substituição parcial de cimento por fíler calcário influencia no desempenho e durabilidade à medida que se reduz a quantidade de cimento, ocasionando ainda um aumento da porosidade da telha.

O ambiente que se mostrou mais agressivo às telhas é o industrial, devido às reações das emanções industriais com os minerais do cimento, formando produtos expansivos e corroendo a pasta. Outros fatores, como temperatura alta e vibração por tráfego de veículos pesados, contribuem para formação de porosidade secundária e fissuras, respectivamente.

Nos locais onde há um favorecimento da deterioração na porção interna da telha (Flanaço, Hangar do Zeppelin e UFPA) deve-se alertar para o fato de que as fibras eventualmente liberadas poderão ir para as dependências internas da edificação. Deve-se atentar que a posição vertical de instalação das telhas pode diminuir a susceptibilidade face às intempéries.

A presença de material biológico em telhas de todas as cidades amostradas é mais um fator que contribui para a redução da durabilidade deste material.

A última revisão da norma para resíduos sólidos (NBR 10004/04 - Resíduos sólidos - Classificação) coloca o amianto na categoria dos resíduos perigosos, prevendo uma série de ensaios para sua caracterização. Entre esses ensaios está o de lixiviação (NBR 10005/04 - Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos).

Ressalta-se, no entanto, que a crisotila é um silicato de magnésio hidratado ($[\text{Mg}_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$), podendo conter pequenas proporções de Ti, Al, Fe^{+2} , Fe^{+3} , Mn, Ca, Na, ou seja, não apresenta em sua composição química elementos químicos nocivos à

saúde. Também não foram identificados minerais secundários como produto de alteração das fibras de amianto. As transformações mineralógicas e químicas ocorrem como frentes de alteração da pasta. Os hidratos do cimento tendem a se carbonatar e a calcita formada, na presença de umidade, pode ser dissolvida ou remobilizada, gerando uma perda de massa do cimento nas porções mais externas, ocasionando a liberação das fibras embutidas na pasta, para o meio ambiente.

A velocidade deste processo vai depender dos agentes agressivos dos quais as telhas estarão sujeitas.

O problema relacionado ao amianto é físico, sua periculosidade deve-se à aspiração das fibrilas, que dependendo da dose e do tempo de exposição, podem ser prejudiciais à saúde. Segundo SPURNY (1998), apesar das alterações cristal químicas das fibras lixiviadas, as fibras alteradas não têm potencial carcinogênico maior que as inalteradas. O principal elemento químico liberado pelas fibras ao longo do tempo é o magnésio, que não oferece riscos à saúde.

Portanto, julgamos ser dispensável o ensaio de lixiviação do compósito, porque entre os constituintes da telha, o amianto é o único material classificado como perigoso no resíduo.

Ressalta-se a importância da execução de diversos métodos analíticos, pois cada um fornece um tipo de informação. Assim, além de complementares, confirmam evidências pouco claras por um único método, mas que aparecem melhor em outro. Um exemplo é que a partir dos dados de ensaios de absorção e químicos foi possível compreender melhor a influência do clima sobre as amostras, enquanto por métodos petrográficos e mineralógicos, distinguiram-se melhor as alterações microclimáticas.

8 CONCLUSÕES

A partir da integração do conjunto de ensaios e análises realizados ao longo de um ano de estudos podemos sumarizar as seguintes conclusões gerais:

- a) De um modo geral as telhas encontram-se em bom estado de conservação, muito embora a amostragem tenha procurado abranger telhas de idades elevadas e retiradas, muitas vezes, de locais com ambientes agressivos;

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

- b) As condições particulares de cada telha (micro-clima e presença de emissões gasosas e de particulados) revelaram-se os fatores preponderantes para a sua alteração e, ao contrário do que se imaginava, não o clima regional;
- c) O fator climático mais importante na degradação dos compósitos de cimento-amianto é a umidade, responsável pelo processo que leva ao aumento da porosidade da telha;
- d) Aspectos de degradação observados acham-se restritos às camadas mais superficiais da telha, tanto na parte externa quanto na interna (por exemplo nas amostras da Metalúrgica). Na maior parte das amostras a alteração observada é de lixiviação da pasta, implicando em pouca ou nenhuma liberação de fibras (o que se deve provavelmente à forte trama formada pelo entrelaçamento das fibras de crisotila entre si e com a tobermorita);
- e) “Telhas” ou placas cimentícias dispostas verticalmente apresentaram grau de degradação menor do que as telhas dispostas na horizontal, com função de telhas propriamente ditas;
- f) Não se observou diferença importante na degradação das telhas conforme a classificação das mesmas (ondulada, shed, canaleta, etc);
- g) A telha coberta com espuma rígida pintada apresentou grau de degradação muito pequeno, ou seja, a cobertura funcionou como barreira para a alteração provocada pelas intempéries;
- h) Ao contrário do que inicialmente se supunha, nas telhas cobertas a camada alterada apresenta-se mais espessa que nas telhas descobertas correspondentes, provavelmente porque nas telhas cobertas a umidade permanece por mais tempo, provocando dissolução dos minerais do cimento e propiciando a carbonatação;
- i) Para se atingir boa durabilidade dos produtos à base de cimento Portland, é importante a utilização de matérias-primas de boa qualidade, emprego de dosagem adequada dessas matérias primas e um processo de fabricação cuidadoso.

9 COMENTÁRIOS FINAIS

Este trabalho representa uma contribuição para o entendimento dos processos de

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

alteração que podem afetar o estado geral das telhas de cimento-amianto. Foram apontados a umidade e poluição gasosa das emanações industriais como fatores importantes para a degradação do cimento-amianto, no entanto, a investigação não está esgotada.

Recomenda-se, portanto, a continuidade deste estudo, visando a comprovação da influência desses fatores de degradação, bem como a quantificação das fibras eventualmente liberadas no processo de degradação. Para isso, será necessária a execução de ensaios de alteração acelerada em câmaras climáticas, com controle de emissão de gases, tais como: SO_x , CO_2 e NO_x .

Prevê-se, também, avaliar a perda de fibras por desgaste à abrasão, bem como a execução de ensaios de ciclagem entre períodos secos e úmidos, com o controle das perdas que possa haver no decorrer dos ensaios, e mantendo as condições ambientais mais agressivas.

O estudo poderia abordar ainda o controle das fibras que possam estar se despreendendo para o ar, utilizando-se outros métodos, tais como aspiração para posterior medição.

São Paulo, 27 de abril de 2006.

**CENTRO DE TECNOLOGIA DE OBRAS DE
INFRA-ESTRUTURA**
Laboratório de Materiais de Construção Civil

Geól^a Dra. Mirian Cruxên Barros de Oliveira
Responsável Técnica
CREASP Nº 0800124670 – RE Nº 5443

**CENTRO DE TECNOLOGIA DE OBRAS DE
INFRA-ESTRUTURA**
Laboratório de Materiais de Construção Civil

Quím. Mestre Valdecir Ângelo Quarcioni
Responsável pelo Laboratório
CRQ nº 04212772 – RE nº 6741

**CENTRO DE TECNOLOGIA DE OBRAS DE
INFRA-ESTRUTURA**

Eng^o Dr. José Maria de Camargo Barros
Diretor do Centro
CREA nº 56.506/D – RE nº 3010.6

MCBO/mfg.

EQUIPE TÉCNICA**LABORATÓRIO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

Gerente do projeto: Mírian Cruxên Barros de Oliveira – Geóloga

Eduardo Brandau Quitete – Geólogo

Mariana de Paula Souza Zuquim – Geóloga

Priscila Rodrigues Melo Leal – Geóloga

Daniel Martins Aleixo - Químico

Fabiano Ferreira Chotoli - Químico

Maria Cecília Florindo – Colaboradora

Valdecir Angelo Quarcioni – Químico

Jilson Cardoso - Técnico

Eli Arruda Toledo – Técnico

Valentim Jose da Silva Filho - Técnico

Severino Jose da Silva - Técnico

Wilma Colaço – Técnica Química

Mario Sergio Guilge – Técnico Químico

Pedro Carlos Bilesky - Técnico

Rafael Atsushi Kanke – Bolsista

Apoio Administrativo

Maria Lúcia Félix Gonçalves – Secretária

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO AMIANTO - ABRA. 1993. **Amianto, saúde: atualização**. São Paulo: ABRA. 67p.
- _____. 1995. *O amianto no Brasil*. São Paulo: ABRA. 47p.
- KIYOHARA, P.K. 1991. **Estudo da interface crisotila-cimento Portland em compósitos de fibro-cimento por métodos óptico-eletrônicos**. São Paulo. 124p. (Tese de Doutorado, apres. EPUSP).
- OLIVEIRA, M.C.B. 1996. **Caracterização tecnológica do minério de crisotila da Mina de Cana Brava, GO**. Tese de doutorado apres. IGUSP. 250 p.
- OLIVEIRA, M.C.B., ZUQUIM, M.P.S., QUITETE, E.B. 2005. **Estudo da degradação ao longo do uso dos produtos de cimento-amianto pela exposição às intempéries**. São Paulo: IPT. 45p (IPT Relatório Parcial Nº 79 873-205)
- SARKAR, S. L.; JOLICOEUR, C. ;KHORAMI,J. 1987. **Microchemical and microstructural investigations of degradation in asbestos-cement sheet**. Cement and Concrete Research,v.17,p.864-874.
- SANTOS, P.S. 1975. Amiantos industriais e argilas níquelíferas. In: _____. **Tecnologia de argilas**. São Paulo: Edgard Blucher: Edusp. v. 2, cap. 31, p. 728-775.
- SANTOS, P.S., SANTOS, H.S. 1978. Estudos comparativos de amiantos por microscopia eletrônica. *Cerâmica*, v.24, n.98, p. 77-90.
- SAVASTANO JR, H. 1992. **Zonas de transição entre fibras e pasta de cimento Portland: caracterização e inter-relação com as propriedades mecânicas do compósito**. São Paulo. 249p. (Tese de Doutorado, apres. EPUSP).
- SAVASTANO JR, H., DANTAS, F.A.S., AGOPYAN, V. 1994. **Materiais reforçados com fibras: correlação entre a zona de transição fibra-matriz e as propriedades mecânicas**. São Paulo: IPT. (IPT. Publicação, 2158; Boletim, 67).
- SPURNY, K.R. 1988. **On the release of asbestos fibers from weathered and corroded asbestos cement products**. *Environmental Research*. V.48, p. 100-116.
- ST. JOHN, D.A.; POOLE, A.B.; SIMS, I. 1998. **Concrete Petrography – a handbook of investigative techniques**. London, Arnold. 474p.
- WOODS, A.L. 2000. **Keeping a lid on it: Asbestos-cement building materials**. Preserving the Recent Past 2 Conference, Philadelphia,