

Crisotila

Geól. Osvaldo Barbosa Ferreira Filho
DNPM Sede – Tel.: (61) 3312-6826
osvaldo.barbosa@dnpm.gov.br

William Bretas Linares
Eng de Minas

1. CRISOTILA

1.1 INTRODUÇÃO

O amianto é conhecido pela humanidade há mais de três mil anos, porém, a expansão do seu uso na indústria deu-se no século XX. As primeiras referências sobre estas fibras minerais datam das civilizações gregas e egípcias e mesmo dos antigos chineses que a utilizavam na forma de tapetes e tecidos (Girodo e Paixão, 1973). Antigos habitantes da Finlândia já usavam as fibras de amianto misturadas com argila para confecção de vasos cerâmicos, conferindo-lhes maior segurança mecânica e resistência ao fogo (Rochas e Minerais Industriais – CETEM/2005).

Em razão da revolução industrial e da consequente necessidade de novos materiais com propriedades isolantes térmicas, resistência mecânica e química, houve, desde então, uma grande corrida na utilização do amianto. Dentre as várias novas demandas para a fibra estavam as diversas aplicações da máquina a vapor desenvolvida no século XVIII.

Com o aumento da utilização do amianto, novos usos foram desenvolvidos para se tirar proveito da força, resistência ao calor e

flexibilidade das fibras. Entre estas, podem-se destacar, a proteção dos cascos de navios e as máquinas de alta – temperatura, isolante térmico para caldeiras e tubos de vapor, forros e paredes a prova de fogo, o que conferiu ao amianto grande importância econômica no transcorrer do século seguinte.

Com a descoberta do fibrocimento por Ludwig Hatschek em 1900, alargou-se consideravelmente o seu emprego no mundo moderno. De concepção simples e barata, a mistura de cimento e amianto, na proporção de dez pra um fez com que a fibra ganhasse o mundo na fabricação de telhas, tubos e divisórias entre outros produtos (Scliar, 1998). A máquina de Hatschek para fazer fibrocimento proporcionou a produção em massa de materiais baratos, à prova de fogo. A seguir, em 1929, foi desenvolvido o processo de produção em massa de tubos de fibrocimento para distribuição de água potável, coleta e rede de esgotos.

Simultaneamente, o desenvolvimento da indústria automobilística resultou em um aumento da demanda pela fibra nas fábricas de freios, embreagens, gaxetas e juntas de motores (Mineral Commodity Profiles – Asbestos, Roberto L. Virta, 2005) e (Rosato, 1959; Sinclair, 1959).

Em razão da sua natureza e diversidade de uso, o amianto passou a ser conhecido como ouro branco. Era considerada a resposta rápida e eficiente na indústria, de forma geral, e na construção civil. A crescente demanda pela fibra promoveu a pesquisa e descoberta de depósitos de crisotila nos Estados Unidos, Zâmbia, Zimbábue e África do Sul, seguida das descobertas de amianto anfíbólio na Província do Cabo e Transvaal.

A procura pelo ouro branco chegou ao Brasil. Até o final da década de 30, todo o amianto que aqui se consumia era importado. Em 1936 foram descobertas as jazidas de São Félix no município de Poções – BA e Dois Irmãos em Pontalina – GO. No início da década de 40, a S.A. Mineração de Amianto – SAMA implantou a mina de São Félix, a qual operou até 1967, encerrando as atividades por esgotamento das reservas. Nesse período houve ainda a exploração das minas de São João do Piauí e de Batalha em Alagoas. A partir de 1950 as importações adquiriram proporções que incentivaram o fabricante

de produtos com fibrocimento a atender sua demanda com suprimento de matéria prima nacional. (Girodo e Paixão, 1973).

Em 1964 tem início à execução do Plano Mestre Decenal e participação ativa do Governo Federal objetivando a auto – suficiência de vários minerais, inclusive, com a pretensão de gerar excedentes exportáveis. Nesse propósito, a auto-suficiência brasileira de fibras foi alcançada, entre 1967 e 1985, com o desenvolvimento da Mina de Cana Brava no Estado de Goiás.

Atualmente seis países, Rússia (1.078.000 t – 46%), China (472.000 t – 20%), Brasil (254.204 t -11%), Cazaquistão (240.000 t – 10%), Canadá (183.000 t – 8%), Zimbábue (85.000 t – 4%), nesta ordem, são responsáveis por 99,0% da produção mundial de crisotila, e outros países produzem 23.000 t completando os cem por cento.

As propriedades físico-químicas dessa fibra natural induziram na indústria mundial uma infinidade de usos. Se a prodigalidade de suas propriedades pode ser considerada o motivo do seu sucesso, por outro lado, foi também a causa do seu infortúnio. A lavra e a industrialização negligente, sem o conhecimento das diferenças entre os diversos tipos de amianto (crisotila e as fibras do grupo dos anfibólios) e o seu uso descontrolado tiveram como resultado a sua responsabilização por doenças pulmonares graves. Pesquisadores de Universidades brasileiras e no mundo vêm se revezando na publicação de trabalhos, ora defendendo o seu uso controlado ora defendendo o seu banimento. Em razão desta controvérsia, no Brasil, o setor do crisotila é o único segmento industrial que possui uma legislação específica, que define regras rígidas para sua cadeia produtiva, considerada como uma das mais rigorosas do mundo. A polarização da discussão sobre o uso ou não do crisotila tem causado estragos na indústria de fibrocimento. Estigmatizado como cancerígeno na década de 80, o consumo mundial de amianto foi caindo do seu ápice de 4,7 milhões t na década de 70, para 1.850,000 t em 1999. A partir de então o consumo voltou a crescer anualmente de forma gradativa e hoje está ao redor de 2,4 milhões de toneladas.

1.2 VARIEDADES

Amianto ou asbestos é um nome genérico usado para designar seis tipos de minerais que têm como característica comum à forma fibrosa, que são ou foram explorados comercialmente ao longo do tempo. Em razão da sua gênese, estrutura cristalina e composição química apresentam tipos, cores e textura diferentes. Sob essa denominação estão incluídos dois grupos de minerais: o das serpentinas e dos anfibólios.

O grupo da serpentina contém somente uma variedade fibrosa, o crisotila, também conhecido como amianto branco, de fibras curvas, flexíveis e sedosas.

No grupo dos anfibólios são conhecidas cinco variedades fibrosas, com fibras retas, duras, pontiagudas e quebradiças. São eles: antofilita; amosita (cummingtonita-grunierita), também conhecido como amianto marrom; crocidolita (riebeckita), também conhecido como amianto azul; tremolita e actinolita. Outras variedades de amiantos-anfibólio são conhecidas, entre elas o magnesioriebeckita explorado na Bolívia e utilizado no passado, a richterita e winchita, amiantos de potássio que não foram explorados comercialmente (Virta, 2005).

As fibras de antofilita e tremolita são fracas e quebradiças, o que tornam seu uso limitado. A grande propriedade da antofilita é sua resistência ao calor. A actinolita não possui valor por ser desconhecida comercialmente em razão da sua escassez na forma fibrosa. A grunierita (amosita) e riebeckita (crocidolita) são variedades comerciais africanas exportadas, no passado, para os Estados Unidos e Europa em grandes quantidades para propósitos especiais no esforço da Segunda Guerra Mundial. Os principais atributos da grunierita (amosita) são: o comprimento da sua fibra, alcançando até 30 cm, variando, em média, entre 2 a 12 cm; excelente resistência térmica; boa elasticidade e resistência mecânica, com cores variando do cinza ao marrom. Por suas propriedades era utilizada como isolante térmico, em aplicações de grande exigência mecânica e térmica como embreagens e freios de veículos pesados e revestimento de cascos de navios. A riebeckita

(crocidolita) ou amianto azul caracteriza-se por fibras retas, finas e compridas de cor azul a esverdeado. Em razão de sua resistência aos ácidos, a crocidolita era usada na fabricação de tubos de fibrocimento para alta pressão e como reforço dos plásticos nas carcaças de baterias, inclusive de submarinos.

1.3 GEOLOGIA

A gênese das fibras de amianto, bem como dos seus depósitos, requerem certas condições físicas, químicas, geológicas, características mineralógicas e tempo suficientemente longo, sem perturbação, de tal forma a permitir o crescimento contínuo do silicato numa estrutura fibrosa.

As rochas e minerais quando submetidos à pressão, temperatura e deformação, diferentes daquelas que prevaleciam durante sua formação, passam por um processo de mudança denominado metamorfismo. Enquanto a deformação é um fenômeno essencialmente mecânico, as mudanças de temperatura e pressão provocam reações químicas entre os minerais originais das rochas, formando novos minerais e estruturas. Os fluidos presentes, em grande parte aquosos, desempenham um papel fundamental nesse processo de mudança.

A intrusão de um corpo ígneo numa rocha encaixante causa o aquecimento dessa rocha. As rochas mais próximas da intrusão sofrem com o aumento da temperatura, que diminui na medida em que se aumenta distância da fonte de calor. Nesse processo, quando o sistema rochoso está aberto à passagem de grandes quantidades de fluidos, há uma troca dos elementos químicos das rochas envolvidas em razão desse fluxo de fluidos, com a preservação das texturas, forma e tamanho dos minerais originais da rocha. Sem o efeito de deformação, acontece a recristalização e crescimento dos minerais metamórficos num arranjo aleatório, sem aquela foliação típica das rochas metamórficas. Como consequência, primeiramente a mineralogia original é transformada numa série de minerais hidratados como serpentina, brucita, talco, entre outros, os quais têm a formação explicada pela adição de OH nas ultramáficas, processo este conhecido como serpentinização. Em

seguida, o estabelecimento de um gradiente químico entre a ultramáfica intrusiva e a rocha encaixante, cria as condições para que aqueles elementos químicos sejam trocados entre as duas rochas, de acordo com o grau de contraste químico e com as condições de temperatura e pressão, fenômeno esse, conhecido como metassomatismo.

Serpentinização da olivina com perda de magnésio e sílica e ganho de água:



As rochas ultramáficas apresentam uma mineralogia original essencialmente anidra, instável sob quaisquer condições de metamorfismo, contrastante com a composição química das rochas com as quais estão em contato. As ultrabásicas, abundantes em olivinas, piroxénios ricos em magnésio e anfibólios, são primeiramente alteradas pelo processo hidrotermal em serpentinas pela hidratação da mineralogia original. Posteriormente, no evento metamórfico tardio, as serpentinas são parcialmente redissolvidas e cristalizadas em fibras de crisotila. Naturalmente, a gênese de cada depósito de fibra dependerá da composição mineral precursora, do grau de deformação da rocha matriz, da água e dos ciclos de temperatura. Assim, o crisotila é encontrado na natureza, em pacotes de fibras que podem ser facilmente separados da rocha matriz e, naturalmente, para ser explorado, na quantidade suficiente para definir um depósito como econômico.

Quatro tipos de depósito de amianto podem ser considerados:

1. Depósitos do tipo I quando os pacotes de fibra ocorrem em rochas ultramáficas do tipo alpino incluindo ofiolitos e serpentinas.
2. Depósitos do tipo II quando os pacotes de fibra ocorrem em intrusões ultramáficas estratiformes.
3. Depósitos do tipo III quando os pacotes de fibra ocorrem nos calcários dolomíticos serpentinizados.
4. Depósitos do tipo IV quando os pacotes de fibra ocorrem com o metamorfismo de formações sedimentares ferruginosas como nos quartzitos ferruginosos, argilitos silicificados

e ricos em ferro e minério de ferro bandado. Nestes tipos de depósitos são encontradas a amosita e crocidolita. A tremolita e antofilita estão associadas a metamorfismo de rochas ultrabásicas (Bates, 1969; Ross & Virta, 2001).

Os depósitos em ultrabásicas abrangem o Tipo I e Tipo II onde são minerados 90% da produção mundial, e os maiores jazimentos são o de Quebec no Canadá, dos Urais na Rússia e de Cana Brava em Minaçu-Goiás.

O crisotila é um silicato hidratado de magnésio e sua composição química estequiométrica pode ser dada como $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ – [12001-29-5] – Chemical Abstract Service.

Tabela 1
CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS DA FIBRA CRISOTILA

Ocorrência	Veios ou vênulas em rochas
Hábito	Fibroso, facilmente desfibrável
Tipos de fibras	Cross e Slip
Cor	Verde claro a escuro e verde amarelado
Brilho	Sedoso
Comprimento	0,1 a 30 mm
Textura	Macia, altamente flexível e desfibrável
Densidade	2,4 a 2,6
Dureza	4,0 (Mohs)
Estrutura cristalina	Fibrosa
Sistema cristalino	Monoclínico
Clivagem	010 perfeita
Propriedade óptica	Biaxial positiva e extinção paralela
Índice de refração	1,51 a 1,55
Crisotila	Clinocrisotila e ortocrisotila
Impurezas presentes	Ferro, níquel, cromo e cálcio

Fonte: SAMA

A Foto 1 mostra o crisotila, o único tipo de fibra encontrada na mina Cana Brava, tendo como rocha hospedeira o serpentinito. A mineralização do amianto crisotila da mina Cana Brava ocorre em veios compactos, numa rocha ultramáfica intrusiva em gnaisses do Escudo Pré-cambriano Brasileiro (Harben e Kuzvart, 1996).

Foto 1

BLOCO DE SERPENTINITO DA MINA CANA BRAVA COM VEIOS DE CRISOTILA



A estrutura da fibra de crisotila é tubular devido ao enrolamento das camadas octaédricas $[Mg(OH)2]$ e as tetraédricas $[(Si2O4)]$ que têm diferentes dimensões cristalográficas na composição da cela unitária estrutural: $a=5,4 \text{ \AA}$ e $b=9,3 \text{ \AA}$ (brucita) e $a=5,0 \text{ \AA}$ e $b=8,7 \text{ \AA}$ (sílica). Isso produz um desemparelhamento entre as camadas de magnésio e sílica. Essa tensão provoca um enrolamento das camadas, num fenômeno conhecido como serpentinização, dando origem a uma fibrila de geometria tubular. Portanto, as superfícies internas e externas do crisotila são compostas de camadas de $[Mg(OH)2]$ e $[(Si2O4)]$, respectivamente. Da justaposição de 8 a 12 camadas, obtém-se uma fibrila, com diâmetro externo de 15 a 50 nm e 7 nm interno, apro-

ximadamente. A estrutura tubular é geralmente oca podendo estar preenchida por material não cristalino (Zucchetti, 1994).

Na Mina de Cana Brava o crisotila é encontrado na forma de veios compactos, preenchendo as fraturas e aberturas de um serpentinito associado à metabasitos e metaultrabasitos do Maciço de Cana Brava. A distribuição espacial dos veios de crisotila no serpentinito é predominantemente irregular, sem orientação. Os pacotes de fibras de crisotila apresentam os mais variados ângulos de acamadamento em relação às paredes das fraturas, de perpendicular a inclinado.

Os serpentinitos de cor marrom são caracterizados pela presença freqüente de minerais remanescentes do protólito ultramáfico (olivina e piroxênio), circundados por minerais do grupo da serpentina (antigorita e/ou lizardita, secundados por crisotila) e, ainda, pelos opacos – hematita e magnetita. O serpentinito de cor verde é caracterizado pela ausência dos minerais da rocha-mãe, sendo constituído predominantemente por serpentinas, das quais o crisotila é o mais abundante. Além desses dois tipos de serpentinitos são encontradas rochas com características intermediárias. A Tabela 2 resume a composição química dos serpentinitos da mina Cana Brava.

Na mina de Cana Brava a mineralização de crisotila preenche as fraturas e aberturas de um serpentinito originado de dunitos ou peridotitos, associados à metabasitos e metaultrabasitos do Maciço de Cana Brava, em forma de veios compactos de fibras. A distribuição espacial destes veios na rocha é predominantemente irregular, sem orientação (stockwork structure), seguida pela estrutura de cisalhamento (shear structure) associada a esforços tectônicos e, menos freqüentemente, a paralela (ribbon structure) associada à zona de contato basal. As fibras compactas de crisotila apresentam os mais variados ângulos em relação às paredes dos veios, de perpendicular a inclinada (cross fiber) e, menos freqüentemente, paralela (slip fiber). Fibras muito finas distribuídas na massa da rocha (mass fiber) podem ser observadas ao microscópio. As fibras cross mostram-se de forma contínua e/ou descontínua nos veios, isto é, partidas em duas ou mais vezes, com ou sem preenchimento de magnetita (maciça ou granular) nas suas extremidades. A textura da fibra cross é de macia a sedosa, é flexível e resistente à tração,

Tabela 2
ANÁLISES QUÍMICAS DOS SERPENTINITOS DA MINA CANA BRAVA

Substância	Teor	Substância	Teor
SiO ₂	32,8 a 40,1%	H ₂ O ⁺	12,91 a 15%, 15
MgO	39,2 a 41,1%	H ₂ O ⁻	0,4 a 1,25%
Fe ₂ O ₃	3,2 a 8,5%	Cu	6 a 363 ppm
FeO	<0,01 a 0,56%	Co	66 a 150 ppm
Al ₂ O ₃	0,42 a 0,99%	Cl	<20 a 610 ppm
Cr ₂ O ₃	0,28 a 84%	Zn	18 a 25 ppm
NiO	0,22 a 0,35%	V	25 a 61 ppm
CaO	<0,11%	Zn	20 a 36 ppm
S	<0,08%	Pb	24 a 34 ppm
K ₂ O	<0,05%	Rb	7 a 11 ppm
P ₂ O ₅	<0,05%	Sr	<5 a 8 ppm
TiO ₂	<0,05%	MnO	<0,13 ppm
Na ₂ O	<0,04%		

Fonte: SAMA

enquanto a slip, associada à estrutura de falha, é de sedosa a talcosa e quebradiça. O comprimento real das fibras varia de milímetros a poucos centímetros, com média de 6 mm. O teor médio de fibra no minério é de 6,54% e sua distribuição granulométrica corresponde ao tipo comercial CB-4Z, característico para fabricação de produtos de fibrocimento.

1.4 PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

A aplicação industrial das fibras de amianto tem se deslocado quase que exclusivamente para o crisotila. Os anfibólios, grunierita (amosita) e riebeckita (crocidolita), comumente utilizados no passado, não são mais minerados. As outras três variedades de fibras, antofilita, actinolita e tremolita não têm aplicações industriais atualmente. No presente o crisotila responde por 99,9% da produção mundial.

O crisotila é uma fibra de cor branca, extremamente fina, flexível e macia o bastante para ser tecida. As fibras do crisotila são caracterizadas por sua flexibilidade, alta resistência à tração, grande superfície específica e resistente à degradação térmica. A resistência à tração da fibra de crisotila está entre 1.107 e 4.400 Mega Pascal (Mpa), considerada como uma das mais fortes.

As aplicações industriais do crisotila são resultantes de uma importante combinação de propriedades. As mais importantes são a alta resistência mecânica (comparável ao aço) e a incombustibilidade. Seguem, ainda, a superfície específica da fibra (desfibramento), com uma área específica enorme, aproximadamente entre 13 a 18 m²/g em razão da sua estrutura fibrilar, onde o diâmetro das fibrilas varia de 25 a 50 nanômetros.

Segue ainda, o comportamento da camada superficial (química e eletrocinético); baixa condutividade elétrica e térmica; boa capacidade de isolamento acústico; baixa permeabilidade magnética; propriedades superficiais que permitem absorção e adsorção de inúmeros produtos e moléculas; alta resistência dielétrica; boa resistência aos ataques bacteriológicos; alto coeficiente de fricção. A resistência ao calor permite que seus produtos sejam usados em aplicações de alta temperatura. Começa a perder água por volta dos 90°C. A desidroxilação começa a 640°C e se completa a 810°C. Nessa temperatura o

crisotila começa a se transformar em forsterita, mineral não fibroso e sílica. A temperatura de fusão é de 1.521°C. Possui carga elétrica positiva e grande afinidade à pasta de cimento portland, resinas e ligantes plásticos, formando uma trama estrutural de alta resistência química, mecânica e a intempéries.

A análise das cargas elétricas superficiais dos amiantos é importante porque estas afetam a dispersão da fibra em suspensão e se ela vai flocular ou não durante a sua industrialização.

A grande maioria dos crisotilos tem carga superficial positiva, refletindo o cátion de hidróxido de magnésio ($MgOH^+$) na superfície da fibra. Por outro lado, a carga superficial dos anfibólios é negativa e atribuída às camadas ricas em sílica expostas na superfície da fibra. Os anfibólios com sua forte carga negativa superficial, em níveis de Ph alto, ficam dispersos nas condições em que o crisotila flocula. Estas propriedades são usadas como vantagem em misturas de cimento, altamente alcalinas, onde os anfibólios dispersam e não floculam, enquanto que o crisotila flocula normalmente, ocasionando uma perfeita amalgamação do cimento com as fibras, encapsulando-as.

A graduação comercial do crisotila vai de uma fração de milímetros de comprimento a vários centímetros e os feixes de fibra podem ter comprimento de até 5 centímetros. (Mineral Commodity Profiles – Asbestos, Roberto L. Virta, 2005).

Tabela 3
TIPOS DE AMIANTOS

Tipo	Fórmula
Crisotila – silicato hidratado de magnésio.	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$
Crocidolita – silicato complexo de sódio e ferro, (riebeckita), comumente chamado de amiantos azuis.	$Na_2(Fe+23Fe+32)Si_8O_{22}(OH)_2$
Amosita – (grunierita), silicato de ferro com variações de magnésio.	$Fe_2+7Si_8O_{22}(OH)$
Antofilita – silicato de magnésio com variações de ferro.	$Mg_7Si_8O_{22}(OH)_2$
Tremolita – silicato de magnésio e cálcio.	$Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$
Actinolita – silicato de magnésio e cálcio com variações de ferro.	$Ca_2(Mg, Fe+2)5Si_8O_{22}(OH)_2$

Fonte: Mineral Commodity Profiles – Asbestos, Roberto L. Virta, 2005.

Tabela 4
PROPRIEDADES E PRODUTOS INDUSTRIALIS

PROPRIEDADES	PRODUTOS INDUSTRIALIS
Resistência à tração, à intempérie e a bactéria; coeficiente de atrito; aderência e armação estrutural com cimento; higroscópico; estabilidade química; elasticidade; incombustível.	<i>FIBROCIMENTO:</i> Telhas onduladas, chapas de revestimento, painéis divisórios, tubos e caixas de água. A fibra é fixada a uma matriz de cimento, sendo assim encapsulada. O setor de fibrocimento responde por mais de 96% do consumo das fibras de crisotila, sendo sua participação no produto final de 8 a 10%.
Resistência térmica, mecânica, aos agentes químicos, óleos e graxas; aderências às resinas fenólicas; estabilidade térmica às variações bruscas de temperatura e pressão; coeficiente de atrito elevado.	<i>PRODUTOS DE FRICÇÃO:</i> Pastilhas, lonas de freio e disco de embreagem para automóveis, caminhões tratores, metrôs, trens e guindastes. Participa na composição destes produtos com 25 a 75%. No Brasil, este setor responde por, aproximadamente 2% do consumo de fibras.
Resistência ao fogo, à abrasão, a corrosão e a tração; isolante térmico e elétrico; impermeável.	<i>PRODUTOS TÊXTEIS:</i> Fios para confecção de tecidos, cordas e feltros que, por sua vez, são utilizados na fabricação de gaxetas filtros, mantas para isolamento térmico de caldeiras, motores, tubulações e equipamentos diversos nas indústrias, química e petrolífera. São utilizados ainda na produção de roupas especiais (aventais e luvas).
Resistência química, térmica e a bactérias; adsorção química e radiativa; filtração e incombustível.	<i>FILTROS:</i> Filtros especiais empregados nas indústrias farmacêuticas e de bebidas (vinho e cerveja), também na fabricação de soda cáustica. Também são utilizados na produção de diafragmas para serem usados com líquidos, vapores e gases, em temperaturas de até 600°C e sob a ação de agentes químicos (indústria do cloro-soda).
Resistência térmica, elétrica e química; incombustível.	<i>PAPEIS E PAPELÕES:</i> Laminados de papel e papelão utilizados em fornos, caldeiras estufas e tubulações de transporte marítimo para isolamento térmico e elétrico.
Resistência térmica e mecânica; resistentes à ação de agentes químico e biológico; incombustível.	<i>PRODUTOS DE VEDAÇÃO:</i> Juntas de revestimento e vedação, guarnições diversas, além de mástiques e massas especiais, usadas nas indústrias automotivas e de extração de petróleo.
Resistência térmica e mecânica; incombustível.	<i>ISOLANTES TÉRMICOS:</i> Placas e outros elementos de revestimentos para as indústrias aeronáutica e aeroespacial, empregados como elemento de isolamento térmico.
Resistência térmica, mecânica e química; estabilidade química; elasticidade e incombustível.	<i>PLÁSTICOS E REVESTIMENTOS:</i> Placas ou mantas vinílicas, resinas moldadas e outras, adesivos, colas, tintas e impermeabilizantes.
Adsorção de moléculas em sua superfície; química estável mesmo em ambientes com pH distintos; parede externa de caráter básico, resistência à putrefação.	<i>APLICAÇÕES:</i> Despoluição de águas, adsorvendo moléculas de detergente. Reaproveitamento de determinados reagentes em processos industriais, como enzimas. Separação de isômeros na síntese de medicamentos e identificação das substâncias presentes em compostos químicos.
Controlar o fluxo de umidade nas camadas de asfalto, melhorar a resistência a rachaduras e aumentar a aderência.	<i>ASFALTO:</i> Nas camadas de betume nas estradas, 5 a 12% de amianto.

Fonte: Rochas & Minerais Industriais – CETEM/2005
U.S. Environmental Protection Agency, 1988

Nos minerais de anfibólio as fibras geralmente são mais duras e quebradiças do que o crisotila. São também mais resistentes do que o crisotila ao ataque de substâncias químicas, tem alta taxa de filtragem e maior dureza (4 a 6 na escala de Mohs). As fibras de anfibólio são mais longas, até vários centímetros de comprimento. A tremolita tem cor branca, a amosite tem cor amarela e a crocidolita, cor azul. A força de tração varia de 303 Mpa em algumas fibras de tremolita do Paquistão a aproximadamente 3.089 Mpa para uma crocidolita sul africana. (Mineral Commodity Profiles – Asbestos, Roberto L. Virta, 2005). Todos os tipos de amiantos anfibólidos suportam temperaturas de várias centenas de graus sem degradação, excedendo a 1.124°C. A actinolita tem ótima resistência ao ataque de ácidos e variações de bases e, sob esse aspecto, a antofilita é melhor ainda. A área de superfície específica dos anfibólidos varia de 2 a 9 m²/g e suas fibras são menos simétricas do que as fibrilas de crisotila.

Em amostras de crocidolita, a largura das fibras variava de 50 a 150 nanômetros, embora larguras de até 350 nanômetros fossem identificadas em outras amostras. O comprimento dos feixes de fibras varia de 8 cm para crocidolita a até 30 cm para amosite. (Mineral Commodity Profiles – Asbestos, Roberto L. Virta, 2005).

As composições químicas ideais dos minerais amiantíferos frequentemente diferem daquelas encontradas nos depósitos. O crisotila quase sempre contém magnetita, uma das impurezas mais comuns. Outras impurezas podem ser a brucita, calcita, cromita, dolomita e magnesita. A quantidade de SiO₂ encontrada nas amostras de crisotila varia de 38 a 42%, a de MgO de 38 a 42% e, a de FeO de 0,5 a 2,03% e Fe₂O₃ de 0,10 a 1,6%. Enquanto que nos anfibólidos, aqueles cátions são sempre substituídos por outros na estrutura cristalina, predominando o FeO e Fe₂O₃. A quantidade de SiO₂ encontrada nas amostras varia de 49 a 58%, FeO entre 2 a 40% e MgO de 1 a 29%. Estes valores são importantes porque, conforme as pesquisas mais recentes, as manifestações das doenças estão mais relacionadas com a maior presença de ferro (Mineral Commodity Profiles – Asbestos, Roberto L. Virta, 2005).

2. RESERVAS

Em 2007 as reservas mundiais de crisotila permaneceram inalteradas. Estas reservas são estimadas em 200 milhões de toneladas de fibras, além de um adicional de 45 milhões de toneladas, considerados como reservas hipotéticas (inferidas).

A mina de Canabrava, localizada no Município de Minaçu, Estado de Goiás, detém 100% das reservas nacionais de amianto crisotila, cuja exploração é feita pela única mineradora de amianto em atividade no país, a SAMA S.A. Minerações Associadas.

A empresa explora e beneficia cerca de 295.000 toneladas de crisotila por ano e estima-se que nos atuais níveis de produção, a Mina de Canabrava seja capaz de abastecer esta demanda por mais 37 anos, aproximadamente, porém, já existem diversos alvarás de licença para pesquisa e prospecção de novas jazidas de amianto crisotila.

A Lei nº 9.055 de 01/06/1995 proibiu a exploração, comercialização e uso das fibras de amianto do grupo dos anfibólidos (actinolita, amosite, antofilita, crocidolita e tremolita) em todo o território nacional, em função dos riscos que esta variedade de amianto causa à saúde dos trabalhadores, pois são compostos por silicatos de ferro, dificilmente eliminados do pulmão (BERNSTEIN, David M.; CHEVALIER, Jörg; SMITH, Paul. 2003. Comparação do amianto Crisotila Calidria com Tremolita Pura: Biopersistência de inalação e Histopatologia após exposição de curto prazo).

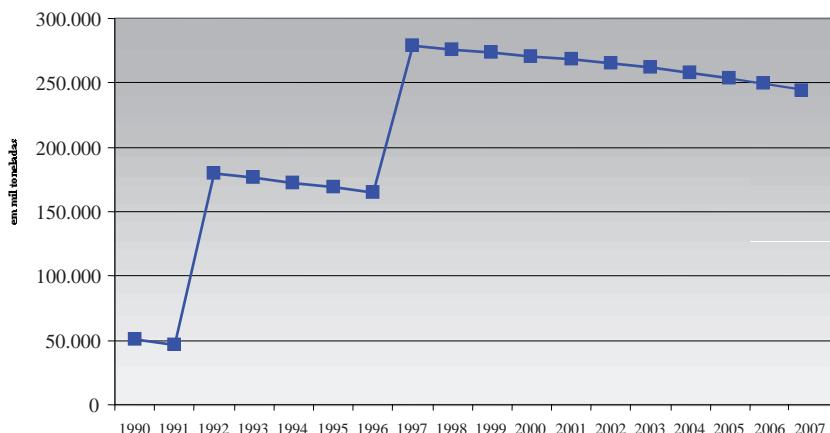
No caso do amianto crisotila é diferente, pois esta variedade mineral é composta por silicato de magnésio, mais facilmente eliminado do organismo (BERNSTEIN, David M., ROGERS, Rick; SMITH, Paul; A Biopersistência do Amianto Crisotila brasileiro por inalação). Além disso, os rígidos controles propostos pela Lei Federal nº. 9.055/95 e pelo Acordo Nacional para Uso Controlado do Amianto Crisotila autoriza que os próprios trabalhadores sejam agentes de fiscalização das atividades da cadeia produtiva, garantindo-lhes níveis de exposição muito menores do que o permitido pela legislação, afiançando completa segurança às atividades.

Tabela 5
RESERVAS DE AMIANTO – 2007

UF	Medida			Indicada	Inferida	Total		
	Serpentinito (t)	Teor (%)	Fibra (t)			Serpentinito (t)	Teor (%)	Fibra (t)
GO	246.915.451	5,89	14.539.721	-	-	246.915.451	5,89	14.539.721
Total	246.915.451	5,89	14.539.721	-	-	246.915.451	5,89	14.539.721

Fontes: DNPM/DIDEM; SAMA

Gráfico 1
**EVOLUÇÃO DAS RESERVAS DO SERPENTINITO
(MEDIDA+INDICADA+INFERIDA) – 1990-2007**



Fontes: DNPM/DIDEM; SAMA

3. PRODUÇÃO

Em 2007, a produção mundial de crisotila foi de aproximadamente de 2.340.000 t de fibras, representando um ligeiro crescimento em relação a 2006 (2.315.000 t). A Rússia, maior produtor

mundial, produziu 1.078.000 t (46%), em segundo a China com uma produção de 472.000 t (20%), em terceiro o Brasil com uma produção de 254.204 t (11%), seguido pelo Cazaquistão com 240.000 t (10%) em quarto, o Canadá em quinto lugar com 183.000 t (8%) e em sexto o Zimbábue com 85.000 t, outros com 23.000 t. Em relação a 2006 todas os países aumentaram sua produção com destaque para o Brasil. A exceção foi o Zimbábue, que devido a problemas internos de ordem política e econômica reduziu consideravelmente sua produção. O aumento da produção mundial da crisotila está relacionado à maior demanda por produtos de fibrocimento pelos países em desenvolvimento que os aplica em projetos habitacionais e em redes de distribuição de água.

A destinação da produção mundial do crisotila está assim distribuída: 92% são aplicados na fabricação de produtos de fibrocimento, 6% em produtos de fricção e 2% na indústria têxtil e outros fins.

A produção comercial de amianto no Brasil teve início no município de Poções, estado da Bahia, em 1939, pela SAMA – Mineração de Amianto Ltda. Por exaustão da mina, a lavra foi definitivamente desativada em 1967. Em 1962 foi descoberta a ocorrência de amianto na então região central de Goiás, hoje, região norte do Estado. Com a intensificação da pesquisas, viabilizou-se a mina de Cana Brava, a qual iniciou suas operações em 1967. Ocorreram produções em pequena escala nos Estados de Alagoas, Minas Gerais, Piauí e São Paulo, até 1995.

Com o desenvolvimento da mineração de amianto em Goiás, a produção nacional passou de 2.145 t/ano em 1965 para a auto-suficiência em 1985, com 165.062 t/ano, respondendo por 100% da produção nacional. Em 1997 a BRASILIT, do Grupo francês Saint-Gobain, separou-se da ETERNIT e passou a utilizar nos seus produtos de fibrocimento, a fibra sintética alternativa polipropileno. Desde então, a empresa SAMA S.A. – Minerações Associadas da ETERNIT, concessionária da mina de Cana Brava, é uma empresa brasileira de capital 100% nacional.

A Mina de Cana Brava no Município de Minaçu, norte do Estado Goiás é a única produtora de crisotila no Brasil. As propriedades do crisotila de Cana Brava, resistência mecânica, comprimento, flexibilidade, e filtrabilidade preenchem os requisitos técnicos do mercado industrial, especialmente o de fibrocimento. A mina entrou em produção em julho de 1967 numa pequena usina piloto onde, após sucessivos projetos de expansão e de otimização do processo industrial, destaca-se, hoje, entre as maiores e melhores produtoras de crisotila do mundo em qualidade e tecnologia. Com capacidade instalada de 295 mil toneladas ano de crisotila é a terceira maior produtora mundial. Na escala atual de produção, cerca de 300 mil t de fibra/ano, a vida útil da mina Cana Brava é de aproximadamente mais 37 anos, considerando uma recuperação de 87% das fibras no processo de beneficiamento.

A melhoria do aproveitamento das reservas é consequência da seleção e blendagem do resultado da lavra eletiva do minério, com teores baixos e altos. O conhecimento da geologia da mineralização permitiu aos técnicos uma lavra diferenciada, de acordo com especificação da encomenda. Essas informações possibilitaram uma reavaliação das reservas e um aproveitamento mais racional da jazida. Como pode ser observado, o teor de fibra na lavra em 1995 era de 5,4% e em 2007 de 8,48%. A extração e o beneficiamento é todo mecanizado e automatizado, sendo produzidos quase todos os tipos de fibras.

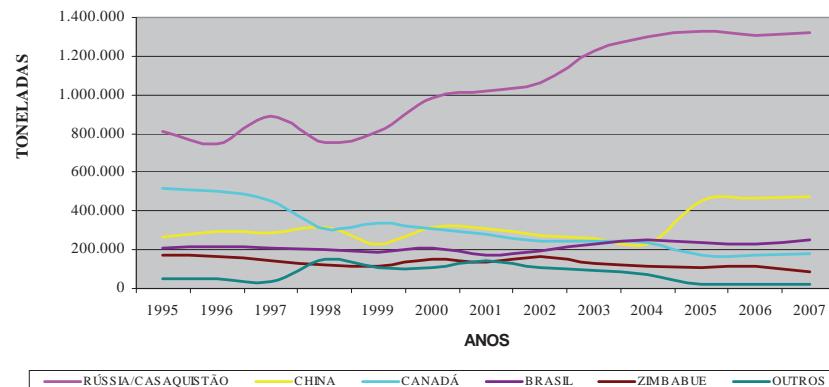
O crescimento da produção nacional de crisotila poderia ser incrementado com políticas públicas de incentivo as exportações, além das políticas de incentivo a construção civil brasileira. Afora as políticas públicas para o setor é necessária a unicidade das decisões

Tabela 6
EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO BRASILEIRA – 1995-2007

Anos	Serpentinito (t)	Fibra (t)
1995	3.701.551	208.683
1996	4.008.163	213.213
1997	3.701.840	208.447
1998	3.035.212	198.332
1999	2.485.867	188.386
2000	2.666.356	209.332
2001	2.443.737	173.695
2002	2.787.410	194.732
2003	3.685.395	231.117
2004	4.163.646	252.067
2005	3.668.615	236.047
2006	3.541.368	227.304
2007	3.528.022	254.204

Fontes: DNPM/DIDEM; SAMA

Gráfico 2
EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO MUNDIAL POR PAÍS – 1995-2007



Fontes: DNPM/DIDEM; USGS; SAMA

Tabela 7
EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO MUNDIAL EM TONELADAS – 1995-2007

Anos	Rússia e Casaquistão	China	Canadá	Brasil	Zimbabue	Outros
1995	808.400	263.000	515.587	208.683	169.256	51.500
1996	743.700	293.000	506.000	213.213	165.494	49.000
1997	892.000	288.000	455.000	208.447	144.959	37.300
1998	755.400	314.000	309.000	198.332	123.295	149.300
1999	814.300	229.000	337.366	188.386	115.000	107.000
2000	983.200	315.000	307.000	209.332	152.000	108.500
2001	1.021.300	310.000	277.000	172.695	136.327	144.000
2002	1.066.100	270.000	241.000	194.732	168.000	107.500
2003	1.231.000	260.000	241.000	231.117	130.000	93.000
2004	1.300.000	230.000	235.000	252.067	117.000	74.500
2005	1.330.000	450.000	175.000	236.047	110.000	20.000
2006	1.310.000	470.000	170.000	227.000	116.000	25.000
2007	1.318.000	472.000	183.000	254.000	85.000	23.000

Fontes: DNPM/DIDEM; MDIC/ALICE; USGS; SAMA

do governo sob a utilização do crisotila de forma controlada e responsável, para todos os setores públicos em relação à indústria que usa o crisotila como matéria prima. Em outras palavras, o cumprimento da Lei nº. 9.055/95 que disciplina a extração, industrialização, utilização, comercialização e transporte do amianto e dos produtos que o contenham, sem evasivas.

A Rússia responde pela maior produção mundial de crisotila. Em 2007 sua produção foi estimada em 1.078.000 de toneladas. Três empresas são responsáveis por essa produção: Joint Stock Combine (JSC) Uralasbest; JSC Orenburgasbest; and JSCTuvaasbest, que exploram quatro minas a céu–aberto localizadas nos Urais e na região de Tuva, norte da Mongólia. A Planta de crisotila da Uralasbest é conhe-

cida como a maior do mundo e está situada no declive oriental do Ural no meio da Taiga, 80 quilômetros nordeste de Ekaterinburg. Os depósitos de crisotila foram encontrados em 1885 e minerados desde 1889. A mineração é a céu aberto com o open-pit de 11,5 km de comprimento por 1,8 km de largura e quase 300 m de profundidade. São 10.000 trabalhadores produzindo 500.000 t anuais de crisotila.

Cerca de 55% da produção da Rússia é exportada para países da Ásia e sudeste asiático com destaque para a China, India e Tailândia. Os outros 45% são consumidos pela própria Rússia e países vizinhos como Ucrânia, Uzbequistão e Kirgistão.

A produção de crisotila no Casaquistão vem da região de Kostanai, onde a JSC Kostanaisbest explora a mina a céu aberto de Dzhe-

tygarinsk. Das 240.000 toneladas produzidas, 60% são consumidas no próprio Cazaquistão e países vizinhos. Os demais 40% são exportados principalmente para o continente asiático.

China: A produção de crisotila chinesa em 2007 foi estimada em 472.000 toneladas. É produzida, na sua maioria, no sudoeste do país nas províncias de Xinjiang e Qinghai e uma outra parte, menor, produzida nas províncias a sudeste de Liaoning e Hebei. A produção chinesa é usada para consumo doméstico nas indústrias de fibrocimento, principalmente em produtos de infraestrutura como tubos para água e esgoto. Em razão das altas taxas de crescimento do país espera-se um aumento do consumo de crisotila o que resultaria em um aumento de importações da fibra.

Zimbábue: Em 2007 a produção de crisotila das Minas Shabanie e Mashaba foi de apenas de 85.000 toneladas em decorrência da instabilidade política e econômica que assolou o país. Desse total 90% foram destinados ao mercado externo, com destaque mais uma vez para os países do sudeste asiático.

Canadá: A produção do crisotila canadense está concentrada na Província de Quebec. São três as minas em atividade: Mina Black Lake

a céu aberto e Mina Bell, subterrânea, exploradas por LAB Chrysotile Inc., e a Mina Jeffrey, a céu aberto, explorada pela Jeffrey Mine Inc. A produção dessas três minas totalizou 183.000 toneladas, praticamente todas elas destinadas ao mercado externo.

4. MÃO DE OBRA

A Cidade de Minaçu nasceu ao lado da Mina de Cana Brava e se desenvolveu em razão dela. Em 1962 para se chegar onde está localizada a mina e também a cidade, a equipe de geologia viajou 100 km a cavalo. A data oficial de fundação da cidade é 1976 e tem hoje 31.041 habitantes (IBGE, 2007).

Os técnicos de nível superior, engenheiros de minas, geólogos e outras atividades que demandam uma formação diferenciada são contratados em centros maiores. O pessoal técnico e de apoio são originários de Minaçu e capacitados na escola do SENAI na mina. Todos os trabalhadores são residentes em Minaçu que tem sua economia desenvolvida em razão da mina.

Tabela 8
HISTÓRICO DO NÚMERO DE TRABALHADORES NA LAVRA – 1995-2007

Categorias	1995	1996	1997	1998	1999	2000	LAVRA													
							2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007	
							1º sem	2º sem	1º sem	2º sem	1º sem	2º sem	1º sem	2º sem	1º sem	2º sem	1º sem	2º sem	1º sem	2º sem
Engenheiro de Minas	5	4	4	4	2	1	2	2	2	2	2	3	4	4	5	4	2	2	3	4
Geólogos	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2
Outros Téc. N. S.	1	2	0	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2
Técnicos de Nível Médio	15	11	10	11	9	9	11	7	7	7	6	6	6	7	8	9	3	1	1	1
Operários	136	123	123	110	83	82	93	55	59	82	118	116	124	153	182	176	171	163	152	139
Administrativos	21	15	11	7	5	3	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4
TOTAL	180	157	149	134	101	97	92	86	132	155	198	176	156							
Produção de Serpentino (t)	3.701.551	4.008.163	3.701.840	3.035.212	2.486.807	2.666.416	2.443.739	2.727.410	3.685.396	4.163.645	3.668.615	3.541.368	3.528.022							
Tonelada/homem/ano (mina)	20.564	25.530	24.845	22.651	24.612	27.489	26.562	31.714	27.920	26.862	18.528	20.121	22.616							
Tor de Fibra na Lavra em %	5,40	5,28	6,80	7,74	9,09	8,88	8,23	8,14	7,43	7,05	7,46	7,485	8,48							

Fonte: RAL/DIDEM/DNPM e SAMA

Tabela 9
HISTÓRICO DO NÚMERO DE TRABALHADORES NO BENEFICIAMENTO – 1995-2007

Categorias	1995	1996	1997	1998	1999	2000	LAVRA													
							2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007	
	ANUAL						1º sem	2º sem	1º sem	2º sem	1º sem	2º sem	1º sem	2º sem						
Engenheiro de Minas	2	4	4	4	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Geólogos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	1	1	1	1	-	-
Outros Téc. N. S.	3	3	3	1	1	1	1	1	3	3	1	1	-	-	3	5	5	4	2	3
Técnicos de Nível Médio	25	24	27	32	26	23	19	18	24	24	23	21	24	22	27	26	19	20	17	17
Operários	257	245	239	185	198	186	149	127	126	180	199	188	186	190	182	182	181	185	179	182
Administrativos	11	9	10	6	7	6	2	2	8	8	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
TOTAL	296	281	279	224	232	216	162	190	220	214	218	218	218	210						
Produção de Fibra (t)	208.683	213.213	208.447	198.312	188.386	209.332	172.695	194.732	231.117	252.067	236.047	227.304	254.204							
Tonelada/homem/ano (usina)	705	759	747	885	812	969	1.066	1.025	1.051	1.178	1.083	1.043	1.210							

Fonte: RAL/DIDEM/DNPM e SAMA

Os dados da tabela acima, de mão de obra na lavra, foram retirados dos Relatórios Anuais de Lavra (RAL). A partir de 2001, com informatização do RAL, os dados sobre pessoal passaram a ser semestrais, em razão disso, para se encontrar o total de empregados, no ano, foi usada nesse período a média aritmética.

Tabela 10
EMPREGOS DIRETOS E INDIRETOS

Setor / Atividade	Empregos diretos/indiretos
Mineradora	1.024
Indústrias Fibrocimento	19.529
Outros setores ligados à Cadeia Produtiva (Comércio Fibrocimento, Serviços Gerais, Transporte e Armazenagem, etc...)	143.889
TOTAL CADEIA PRODUTIVA	164.442

Fonte: O papel dos Produtos de Fibrocimento de Amianto na Cadeia da Construção Civil – Dimensão Econômica e Efeitos Concorrenciais. 29/Ago/2008.

5. COMÉRCIO EXTERIOR

Atualmente 99,9% da produção mundial é de crisotila. A sua aplicação está assim distribuída: 92% para produtos de fibrocimento, 6% para produtos de fricção e 2% para indústria têxtil e outros fins. Em razão da diminuição do consumo nos países industrializados e da América Latina, o preço da tonelada de fibra está caindo ano após ano. Porém, o espaço para redução de preços que havia para os produtores ocidentais chegou ao limite em 2004. Enquanto Brasil e Canadá encontram sérias dificuldades para colocar sua produção no mercado a preços competitivos, Rússia e Cazaquistão ampliavam suas participações na Ásia e América do Sul.

A partir de 2005, com a retomada da demanda do crisotila deu-se início a uma tímida, porém continuada, recuperação dos preços internacionais.

Já as importações brasileiras de amianto, revelaram um forte de crescimento entre 2004 e 2006 em decorrência principalmente, da desvalorização do dólar e também pelas facilidades de paga-

mento oferecidas ao importador, cujos prazos de pagamento muitas vezes eram de até um ano, sem cobrança de juros. Outro fator que contribui para as importações é a escassez de fibras extra – longas do grau 1 a 3, que por razões geológicas são pouco produzidas no Brasil. Porém, em 2007 a seqüência de crescimento de importações foi interrompida tendo sido importadas 36.441 t contra as 39.218 t de 2006, ou seja, uma redução de 7%. A tendência para os próximos anos é que o crisotila brasileiro ocupe cada vez mais o espaço das fibras importadas (tabela 11).

O Brasil, terceiro maior produtor mundial de amianto, exportou 68 % de sua produção em 2007. As exportações do minério cresceram

177,7% entre 2000 e 2008 – de 62,3 mil para 173 mil toneladas, contribuindo com US\$ 76 milhões para a balança comercial de 2007. Os principais mercados são Índia, Indonésia, Tailândia, Colômbia, México, Malásia, Emirados Árabes Unidos, China, África do Sul e Equador. Os 32% restantes, foram utilizados pela indústria do fibrocimento nacional, especialmente na fabricação de telhas e caixas d'água.

Independente do preço, é natural a estratégia das empresas de se utilizar das importações para não ficar na dependência do único produtor nacional, além da necessidade de importações de fibras longas. Entre 2004 e 2006, em decorrência da continua desvalorização do real frente ao dólar americano, observa-se um aumento progressivo

Tabela 11
EVOLUÇÃO DO COMÉRCIO EXTERIOR DE CRISOTILA – 1995-2007

Anos	Exportação		Importação		Saldo	
	Amianto (t)	10 ³ US\$	Amianto (t)	10 ³ US\$	Amianto (t)	10 ³ US\$
1995	71.745	31.143	45.516	22.954	26.229	8.189
1996	78.294	34.791	31.765	16.516	46.529	18.275
1997	63.164	30.395	38.941	19.083	24.223	11.312
1998	51.239	27.055	39.597	19.849	11.642	7.206
1999	49.418	24.374	24.049	9.263	25.369	15.111
2000	63.134	27.478	35.491	10.818	27.643	16.660
2001	53.919	21.215	33.136	10.380	20.783	10.835
2002	99.341	28.849	23.187	7.348	76.154	21.501
2003	144.342	35.849	21.902	5.805	122.440	30.044
2004	163.620	40.093	31.673	8.687	131.947	31.406
2005	143.619	43.414	36.988	10.899	106.631	32.516
2006	132.196	45.648	39.218	13.534	92.978	32.114
2007	172.662	62.787	36.441	14.017	136.221	48.770

Fontes: DNPM/DIDEM; SAMA; MDIC

Tabela 12
EXPORTAÇÃO BRASILEIRA DE FIBRAS DE CRISOTILA, POR PAÍS, EM TONELADAS.

Ano	Índia	Indonésia	Tailândia	México	Japão	Outros	Total
1995	26.385	4.760	14.954	2.080	10.570	12.997	71.746
1996	23.998	5.580	18.762	2.660	9.960	17.334	78.294
1997	20.460	5.020	6.500	1.980	12.220	16.985	63.165
1998	26.140	840	3.020	2.440	5.040	13.759	51.239
1999	18.620	1.600	3.500	4.740	6.678	14.280	49.418
2000	15.840	7.020	10.920	7.240	5.360	16.754	63.134
2001	13.660	5.220	8.760	7.940	3.520	16.297	55.397
2002	15.680	5.640	43.460	10.160	3.284	24.960	103.184
2003	22.000	13.484	29.200	10.560	3.004	61.893	140.141
2004	30.028	19.496	48.502	7.860	1.260	57.866	165.012
2005	37.880	24.600	32.802	11.440	100	36.797	143.619
2006	35.033	22.240	22.760	8.760	0	43.403	132.196
2007	78.750	29.598	17.700	12.260	0	34.354	172.662

Fonte: DNPM/DIDEM; MDIC/ALICE; SAMA

das importações brasileiras, depois de quedas sucessivas até 2003. Outro fator a ser considerado nessa equação é o preço da fibra importada, que caiu entre 1995-2004. Desde então o preço tem melhorando (ver tabela 16). Para os produtores ocidentais, Brasil e Canadá, os custos fixos dos protocolos ambientais e trabalhistas alteram os custos finais da fibra frente aos concorrentes do leste Europeu e África. No Brasil, além desses fatores, são consideradas ainda, a alta carga tributária e a polarização da discussão sobre o uso responsável e o banimento do crisotila, dentro do governo e na sociedade, impactando negativamente o preço do produto nacional.

Até 2006 os principais fornecedores estrangeiros de amianto para o Brasil foram Zimbábue, Rússia e Canadá. Com destaque para os dois primeiros. Em 2007, em decorrência dos problemas socioeco-

nômicos do Zimbábue, a Rússia tornou-se o maior exportador respondendo por 68% dos fornecimentos, seguida pelo Zimbábue com 18% e Canadá 14%.

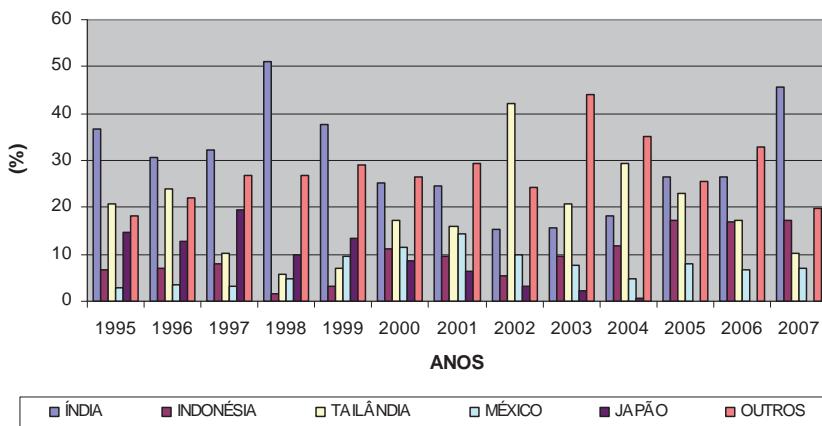
Atualmente as importações de amianto são taxadas em 4%, podendo ser importadas apenas as fibras de amianto crisotila.

Com relação às exportações brasileiras, as mesmas cresceram aproximadamente 138,8% no período de 1995 a 2007. Foram exportados praticamente todos os tipos de fibras consumidas no mercado externo. No período, o país sempre foi superavitário, ingressando um montante de US\$ 453 milhões, contra US\$ 169 milhões despendidos com as importações (tabela 11).

Os principais países importadores do amianto brasileiro no período de 1995 a 2007 foram: Índia, Tailândia, Indonésia, México, e

Japão entre outros, que consumiram em média 31% da produção brasileira de fibras nos últimos 10 anos. Já nos últimos 3 anos estes mesmos países e mais a China, Irã, Emirados Árabes Unidos e Colômbia elevaram o consumo para 65% (Gráfico 3).

Gráfico 3
EXPORTAÇÕES DE AMIANTO POR PAÍSES – 1995-2007



6. CONSUMO

No apogeu do consumo do amianto, em seus diversos tipos, os países industrializados o utilizavam em mais de 3.000 tipos de produtos. Em razão das restrições à fibra e mudanças no mercado, muitas destas aplicações foram abandonadas e, naquelas aplicações onde ainda é utilizado, prevalece o uso do crisotila sobre fortes sistemas de controle no ambiente de trabalho.

O consumo mundial de crisotila estimado em 2007 foi de 2.340.000 t, distribuídos entre Ásia (1.350.000 t), Leste Europeu (670.000 t), América Latina (210.000 t), África e Países Árabes (55.000 t), América do Norte (10.000 t) e Europa (5.000 t). A China,

único produtor na Ásia, apresenta um déficit interno de 250.000 t/ano e os países daquele continente importam 1,3 milhões de toneladas ao ano. Nos demais continentes, todos os países são superavitários, a exceção da Europa que importa muito pouco. Nesses países a demanda por amianto começou a recuar nos anos setenta porque a indústria havia alcançado uma fase madura com grandes volumes comercializados onde as vendas tendem a se estabilizar.

Entretanto surgiu um componente novo, a saúde, quando Selikoff e Lee (1978), Total e Braun (1984), Skinner, Ross, e Frondel, (1988), U.S. Department of Health and Human Services (1992), confirmaram a suspeita da associação entre a exposição a amiantos e câncer de pulmão (Mineral Commodity Profiles – Asbestos, Roberto L. Virta, 2005). Desde então, a opinião pública tem feito oposição ao uso de produtos que contém amianto. Com a responsabilização da fibra nos casos avaliados, produtores e indústrias que utilizam o amianto passaram a enfrentar inúmeras ações na justiça, com pedidos de reparações, contribuindo para a substituição da fibra natural por fibras sintéticas como aramida e celulose. Em que pese pesquisas mais recentes esclarecerem vários fatores importantes nessa discussão como a influência do tamanho das fibras, forma, estrutura cristalina e composição química, no processo de evolução da doença (Churg and Wright, 1994; van Oss and others, 1999; Rice and Heineman, 2003), tempo de exposição, consequências da exposição nos diferentes tipos de indústria, ou diferentes tipos de produtos e desenvolvimento de tecnologias para reduzir a exposição do trabalhador, resultando em consensos, a controvérsia continua. Atualmente a Ásia, Leste Europeu e América Latina são, basicamente, os únicos consumidores da fibra natural.

As aplicações mais comuns para as fibras de crisotila são os produtos de fibrocimento, como telhas, caixas d'água, chapas planas, tubos. Estes produtos respondem por mais de 92% do consumo mundial. As outras aplicações das fibras de crisotila são em lonas e pastilhas de freios, embreagens de veículos, gaxetas, juntas, isolantes térmicos e elétricos, na indústria do cloro-soda, compostos com asfalto para revestimento de lajes residenciais, papeis, principalmente aqueles usados como isolantes, plásticos e tecidos entre outros.

Os principais consumidores nacionais de amianto são: ETER-NIT S.A, ISDRALIT Indústria e Comércio Ltda., IMBRALIT Indústria e Comércio de Artefatos de Fibrocimento Ltda., MULTILIT Fibrocimento Ltda., PRECON Indústria S.A, INFIBRA Ltda., CONFIBRA Indústria e Comércio Ltda., entre outras.

O Brasil é superavitário na oferta de amianto. O consumo interno teve uma queda no período entre 1998 e 2003, esboçando um reaquecimento do consumo nos anos seguintes. Esse comportamento reflete o nível de atividade da construção civil no Brasil. De qualquer

Tabela 13
EVOLUÇÃO BRASILEIRA DA PRODUÇÃO, CONSUMO E EXPORTAÇÃO
– 1995-2007

Anos	Produção (t)	Consumo (t)	Exportação (t)
1995	208.683	182.453	71.746
1996	213.213	166.681	78.294
1997	208.447	184.223	63.165
1998	198.332	186.690	51.239
1999	188.386	163.017	49.418
2000	209.332	181.689	63.134
2001	173.695	151.433	55.397
2002	194.732	114.735	103.184
2003	231.117	112.878	140.141
2004	252.067	118.728	165.012
2005	236.047	129.668	143.619
2006	227.304	129.591	132.196
2007	254.204	137.864	172.662
PROJEÇÃO			
2010	295.000	150.000	145.000

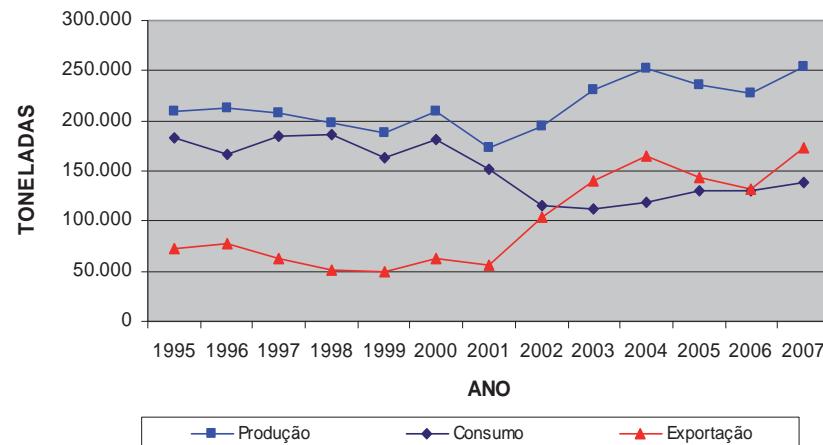
Fontes: DNPM/DIDEM; MDIC/ALICE; SAMA

forma, as reservas nacionais e a capacidade produtiva brasileira são suficientes para atender à demanda, mesmo que esta venha a crescer nos próximos anos.

Em 2005 e 2006 o mercado doméstico manteve-se estável consumindo cerca de 130.000 t ano. Já em 2007 o consumo cresceu 6,3% em decorrência da sensível demanda do setor de artefatos de fibrocimentos (telhas e caixas d'água) alavancado pela estabilidade econômica. A produção maior revela a demanda aquecida em razão do ciclo auspicioso por que passava, até então, a economia brasileira e mundial. As melhorias das condições financeiras do país são rapidamente apropriadas pelas camadas mais humildes da população, de forma análoga às outras sociedades em países semelhantes ao Brasil. O primeiro benefício resultante é a casa própria, água potável.

No Brasil o consumo setorial está dividido entre o principal emprego das fibras de crisotila, a fabricação de artefatos de fibrocimento, tais como caixas d'água e telhas, responsáveis por 97,0% do

Gráfico 4
EVOLUÇÃO BRASILEIRA DA PRODUÇÃO, CONSUMO E EXPORTAÇÃO
– 1995-2007



Fonte: DNPM/DIDEM; MDIC/ALICE; SAMA.

Tabela 14
CONSUMO MUNDIAL DE AMIANTO 2008 (ESTIMADO)

ÁSIA	Consumo TM
China	590.000
India	370.000
Thailand	100.000
Iran	60.000
Indonesia	75.000
Vietnam	60.000
Sri Lanka	35.000
Korea	18.000
Malaysia	12.000
Others	40.000
Total 1	1.360.000

AMÉRICA LATINA	Consumo TM
Brazil	150.000
Colombia	17.000
Mexico	20.000
Cuba	10.000
Others	23.000
Total 4	220.000

AMÉRICA NORTE	Consumo TM
U.S.A.	5.000
Canada	5.000
Total 5	10.000

LESTE EUROPEU	Consumo TM
Russia	480.000
Ukraine	93.000
Kazakhstan	15.000
Others	90.000
Total 2	678.000

AFRICA E PAÍSES ÁRABES	Consumo TM
United Arab Emir.	50.000
Tunisia	3.000
Alger	9.000
Egypt	7.000
Nigeria	8.000
Others	33.000
Total 6	110.000

EUROPA	Consumo TM
Divers	2.000
Total 3	2.000

TOTAL GERAL	2.380.000
--------------------	------------------

consumo interno, 2% destinam-se a indústria de materiais de fricção e 1% é aplicado na fabricação de papelão celulose, têxteis e na indústria de soda-cloro.

As projeções do uso do crisotila no Brasil apontam para um crescimento moderado da fibra, porém gradativo. Considerando os diversos cenários que se apresentam, acredita-se que até 2010, o consumo nacional alcance o volume de 150.000 t/ano. Visto a crescente demanda por moradias, principalmente para a população de baixa renda, e devendo ser este um dos grandes problemas a ser encarado nesta década juntamente com o saneamento básico e infra-estrutura, tudo indica que o consumo de amianto no próximo quinquênio será bastante aquecido.

Saliente-se também que novas aplicações para o amianto crisotila vêm sendo pesquisadas com excelentes resultados obtidos nos testes realizados em processos industriais que, com certeza, provocará crescimento da demanda. A cada ano, instituições de Pesquisa do Brasil e do mundo investem em pesquisas de novas aplicações do amianto crisotila em diversas áreas, destacando-se duas de especial interesse para o País:

1 – Pesquisa realizada na UFSCar sobre o uso do amianto na produção de álcool por fermentação contínua, o que reduziria consideravelmente os custos de produção de álcool em 20% a 50%, além de praticamente eliminar a geração de vinhotto, resíduo altamente tóxico para o meio ambiente.

2 – Pesquisa realizada pela Faculdade de Farmácia da Universidade de Porto – Portugal, cujo objetivo é comprovar que o amianto crisotila é eficiente no processo de despoluição de água contaminada com alguns componentes- base de certos tipos de detergentes e agentes de limpeza, chegando a reduzir em aproximadamente 30% o tempo gasto para eliminação da degradação destas substâncias.

Com o crescimento anual estimado do amianto crisotila no mundo, entre 2 a 4 %, acredita-se que ele terá uma importância igual a que possui hoje com um aumento progressivo ao longo dos anos. Isso se deve ao fato do crisotila ser uma matéria prima básica para materiais de construção civil de baixo custo, destinado principalmente

para países em desenvolvimento que possuem um déficit habitacional muito grande. Além disso, outras aplicações para o amianto crisotila estão sendo pesquisado, o que poderá contribuir para o aumento de consumo do mineral.

Os países asiáticos, em geral, são os mais importantes consumidores de crisotila, responsáveis por 55% da demanda global. Os produtos de fibrocimento são largamente utilizados por países em desenvolvimento, em razão da grande demanda por infra-estrutura básica como moradia, distribuição de água potável e redes de esgoto, entre outros. Nestes países, os produtos de fibrocimento continuam a ser reconhecidos e preferidos, no que pese a competição das fibras substitutas, PVC e o aço galvanizado. Os produtos de fibrocimento são essenciais nestes países por serem baratos, onde solos agressivos e condições econômicas não são apropriados para os produtos substitutos.

7. FIBRAS ALTERNATIVAS

Durante o período de reconstrução pós II Guerra Mundial, os países europeus utilizaram largamente o amianto do tipo anfibólito, que hoje é proibido em função de sua alta nocividade à saúde, como material de reforço de paredes e coberturas. Àquela época ainda não se tinha conhecimento sobre métodos de controle de exposição às fibras respiráveis, além do esforço de guerra. A maneira como a fibra era utilizada, jateamento, expunha os operários a níveis elevados de exposição ao anfibólito, trazendo graves prejuízos à saúde.

As jazidas de amianto anfibólito existentes na Europa se exauriram em função da larga exploração e os países da comunidade europeia tiveram que desenvolver os materiais substitutos. Desde então, consideráveis esforços têm sido empreendidos para encontrar fibras alternativas sintéticas ou minerais, para substituir o amianto nas suas diversas aplicações. Estas diligências têm vários motivos, mas principalmente, a disponibilidade do bem mineral e seu custo de produção e, mais recentemente, em razão da responsabilização das empresas por possíveis danos causados pelas fibras à saúde dos trabalhadores.

A substituição da fibra de amianto crisotila por outros tipos de fibras, sintéticas ou minerais, deve, em princípio, atender a três tipos de critério: 1 – a praticidade técnica de substituição; 2 – a viabilidade do material substituto e seu custo de produção; 3- o ganho na segurança com produtos livre de amianto em relação aos produtos que o contém. Os dois primeiros critérios são possíveis de se testar em laboratório. O último critério, diante da quantidade de materiais diferentes utilizados e suas associações para substituir a fibra natural, só o tempo poderá garantir se a substituição foi razoável para a saúde, paradigma daquelas que propugnam pela

mudança. Dos dois primeiros critérios enunciados, nenhum ainda foi observado na sua plenitude, visto que os materiais substitutos não mantêm as mesmas características físicas da fibra de amianto, como nos compostos de fibrocimento, onde os produtos alternativos ainda não apresentam boa amalgamação na pasta de cimento portland, além de serem mais caros e menos duráveis. Os produtos de fibrocimento são largamente utilizados por países em desenvolvimento e são essenciais por serem baratos e eficientes, onde solos agressivos, as intempéries e as condições econômicas não são apropriadas para os produtos substitutos.

Tabela 15

PRODUTO	SUBSTITUTO DO AMIANTO OU PRODUTO ALTERNATIVO
Tubos de Fibrocimento	Fibras de celulose, ferro flexível, fibra de vidro, mica, poliacrilonitrila, fibra de álcool polivinílico, tubos de cloreto de polivinil, concreto protendido, tubo de concreto reforçado, wollastonita.
Telhas de fibrocimento	Alumínio, fibras de celulose, painéis de fibra de vidro corrugada, painéis de cloreto de polivinil corrugado, fibra de vidro, fibras de polipropileno, poliacrilonitrila, fibras de álcool polivinílico, vinil, madeira.
Coberturas e combinações	Fibra de aramida, fibra de carbono, fibra de celulose, argila, fibra de vidro, filmes de polietileno, calcário, borracha, mica, fibra de polietileno, fibra de polipropileno, talco, wollastonita.
Soalhos	Carpetes, cerâmica, argila, fibra de vidro, polpa de polietileno, sílica, talco, compostos vinílicos, madeira.
Fricção	Fibras de aramida, celulose, cerâmica, fibra de vidro, metais (bronze, cobre, ferro), atapulgita, fibra de poliacrilonitrila, titanato de potássio, freio semimetálico, sepiolita, fibras de aço, vermiculita, wollastonita.
Isolante	Placas de silicato de cálcio, placas de comento, fibras cerâmicas, fibra de vidro, mica, lã mineral, vermiculita.
Embalagens e gaxetas	Fibra de aramida, fibra de carbono, fibra de celulose, fibra cerâmica, cortiça, fibra de vidro, grafita, mica, gaxetas de metal, lã mineral, ploitetrafluoretileno, borracha laminada.
Papel e papelão	Fibra cerâmica, celulose, fibra de vidro, mica, ploitetrafluoretileno, vermiculita, wollastonita.
Envoltura de tubos	Minerais não fibrosos, camadas de plástico, camadas de uretano.
Plásticos	Fibras de aramida, fibras de carbono, fibras de vidro, espuma de pó de fibra de vidro, mica, ploitetrafluoretileno, titanato de potássio, wollastonita.
Fitas	Fita de carbono, celulose, fita de uretano,
Têxteis	Fibra de aramida, fibra de carbono, fibra cerâmica, fibra de vidro, lã mineral, fibra de polibenzimidazole.

Fonte: Mineral Commodity Profiles – Asbestos, Robert L. Virta. 2005.

O mesmo ocorre nos materiais de fricção, onde a associação de várias propriedades das fibras de amianto é importante para o objetivo pretendido: alta afinidade com resinas, boa resistência ao calor, alto coeficiente de fricção e baixa abrasão com a superfície oposta. Nas embreagens, de forma geral, sapatas e lonas de freios de veículos pesados, ainda não se tem um produto que alie preço e qualidade para substituir o crisotila. Os materiais substitutos do crisotila, usados nas pastilhas de freios, absorvem o calor gerado pelo disco nas frenagens, ao invés de dissipá-lo, causando um fenômeno denominado “fading”, quando o freio deixa de funcionar bem. Os saldos negativos além das frenagens ruins são os discos enrugados e pastilhas vitrificadas pelo excesso de calor. O mesmo fenômeno acontece nos discos de embreagens, quando o excesso de calor destempera ainda, as molas do sistema, exigindo sua substituição precocemente. Em diversas outras aplicações a substituição da fibra natural tem exigido um “coquetel” de produtos alternativos para trocar o amianto, com resultados imprevisíveis em longo prazo.

Os produtos de fibrocimento com amianto crisotila são largamente utilizados por países em desenvolvimento, em razão da grande demanda por infra-estrutura básica como moradia, distribuição de água potável e redes de esgoto, entre outros. Nestes países, os produtos de fibrocimento continuam sendo utilizados em larga escala, em que pese a competição das fibras substitutas, PP e PVA. Os produtos de fibrocimento com amianto crisotila são essenciais nestes lugares por serem baratos, onde as condições econômicas não permitem a aquisição dos produtos substitutos. Não obstante a corrente para o seu banimento e a contínua oposição ao seu uso, haverá mercado para o crisotila por um longo tempo. É possível o seu uso seguro, sem risco para o consumidor final e não há um substituto simples, versátil e barato como o crisotila. É um recurso mineral, portanto natural, do qual o Brasil dispõe em quantidade e qualidade, cujos processos de exploração, beneficiamento e transformação são altamente seguros, em função da evolução técnica e tecnológica das atividades e equipamentos, aliados à conscientização e profissionalização dos trabalhadores desta cadeia produtiva.

8. PREÇOS

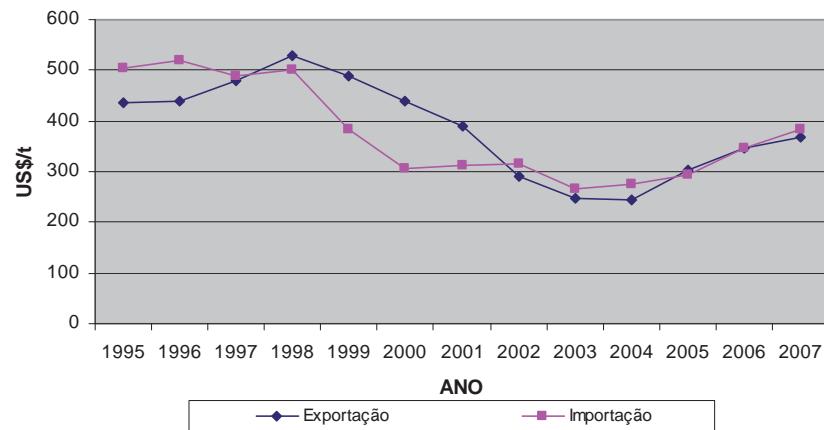
O preço médio da tonelada de fibra exportada caiu aproximadamente 54% no período de 1998 a 2004. Em 2005 houve uma recuperação de 23% do preço FOB médio em US\$ com relação a 2004. Essa tendência de alta foi mantida, e em 2007 a recuperação do preço foi de 15% ainda em relação a 2004. O comportamento do preço FOB médio da fibra importada seguiu trajetória bastante semelhante à fibra nacional.

Tabela 16
EVOLUÇÃO DOS PREÇOS FOB MÉDIOS DE EXPORTAÇÃO
E IMPORTAÇÃO DE FIBRAS – 1995-2007

Anos	Exportação US\$/t	Importação US\$/t
1995	437	504
1996	440	520
1997	480	490
1998	530	501
1999	490	385
2000	440	305
2001	390	313
2002	290	317
2003	248	265
2004	245	274
2005	302	295
2006	345	345
2007	367	384

Fonte: DNPM/DIDEM; MDIC/ALICE; SAMA

Gráfico 5
PREÇO MÉDIO DE EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO – 1995-2007



Fontes: DNPM/DIDEM; MDIC/ALICE; SAMA

9. CONTEXTUALIZAÇÃO

A relação entre o local de trabalho, exposição às fibras de amianto em suspensão e doenças respiratórias são um dos assuntos mais pesquisados da epidemiologia moderna. A preocupação com doenças respiratórias relacionadas ao amianto começou com a expansão do uso das fibras na Inglaterra, primeiro país a regular esta indústria. Na década de 60 os pesquisadores estabeleceram uma correlação segura entre o tempo de exposição à fibra e o câncer de pulmão. (Selikoff, Churg, and Hammond, 1964; Murray, 1990).

Esta descoberta resultou em importantes trabalhos para se conhecer a influência do tamanho das fibras, forma, estrutura cristalina e composição química no processo de evolução da doença. (Churg and Wright, 1994; van Oss and others, 1999; Rice and Heineman, 2003).

Foram avaliadas ainda as relações entre o tempo de exposição e os níveis da doença; as consequências da exposição nos diferentes

tipos de indústria, ou diferentes tipos de produtos e desenvolvimento de tecnologias para reduzir a exposição do trabalhador. Estes esforços resultaram em consensos em algumas áreas, embora alguma controvérsia ainda seja criada.

É amplamente reconhecido que a inalação de fibras longas (considera-se longas maiores de 5 μm), insolúveis e, em altas concentrações, num longo período de tempo, pode potencializar a ocorrência câncer de pulmão. As fibras curtas penetram fundo no pulmão, mas as fibras longas são mais difíceis de serem eliminadas. (Finkelstein and Dufresne, 1999; Agency for Toxic Substances and Disease Control, 2001, p. 6).

É sugerida solubilidade da fibra como o segundo fator mais crítico. O crisotila é mais solúvel que amiantos do grupo dos anfibólios e, portanto, é mais rapidamente eliminado do pulmão, reduzindo seu tempo de residência no pulmão, ou seja, menor biopersistência. O tempo de exposição às fibras é importante porque períodos de exposição longos aumentam a carga pulmonar; adicionalmente, tempos de exposição longos em concentrações altas de fibras, potencializam possíveis problemas de saúde (David M. Bernstein, Rick Rogers, Paul Smith – Inhalation Toxicology, Vol. 16 nos 11-12, 2004).

Algumas pesquisas indicam que o conteúdo de ferro pode ser um fator importante na toxicidade do amianto. (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2001). O crisotila é um mineral magnésiano, enquanto que as fibras do grupo dos anfibólios são minerais com altos teores de ferro.

As doenças associadas à exposição do amianto estão relacionadas então a dois fatores: exposição em altas concentrações por um longo prazo e ao tipo do amianto; crisotila menor risco, anfibólio risco alto (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2001).

Outro consenso desenvolvido dentro da comunidade científica diz respeito ao potencial carcinogênico dos diferentes tipos de fibras. Há fortes evidências de que o potencial genotóxico e carcinogênico das fibras de amianto não são iguais. (Gardner and Powell, 1986; Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2001; Mineral Commodity Profiles – Asbestos, Roberto L. Virta, 2005).

Os materiais fibrosos, substitutos das fibras de amianto, também têm suscitado duvidas sobre os danos a saúde, à semelhança do amianto. Porém, o câncer de pulmão tem um período de latência superior a 15 anos e os níveis de exposição às fibras substitutas estão muito longe do mais de meio de século de experiência com o amianto. Como consequência, os dados epidemiológicos da maioria dos substitutos são insuficientes para estabelecer correlações estatísticas significantes entre a exposição e as doenças pulmonares. Uma exceção é a fibra de escória, onde vários estudos de populações por períodos longos estão disponíveis e o resultado mostra um significativo aumento da ocorrência de câncer de pulmão. Consequentemente, as toxicidades das fibras substitutas estão sob ativa investigação científica (Mineral Commodity Profiles – Asbestos, Roberto L. Virta, 2005).

Uma pesquisa médica, específica, sobre as consequências da mineração de amianto para a saúde dos trabalhadores no Brasil pode ser encontrada no trabalho “Non-malignant Consequences of Decreasing Asbestos Exposure in the Brazil Chrysotile Mines and Mills. Occup Environ Méd, 2005; E. Bagatin e outros”.

No trabalho Estudos das Alterações das Telhas de Cimento – Amianto ao Longo do Uso, pela Exposição às Intempéries – IPT, Abril/2006, evidencia de forma geral que as telhas apresentam bom estado de conservação, mesmo as mais antigas, setenta anos, onde os principais desgastes estão relacionados com o aumento de porosidade e a degradação se restringe às camadas superficiais, lixiviação com pouca ou nenhuma liberação de fibras. O relatório do IPT pode ser encontrado no endereço <http://www.sendspace.com/file/b2ASF1>.

Está em curso o Projeto- “Exposição ambiental ao asbesto: avaliação do risco e efeitos na saúde”, com o propósito de ampliar o conhecimento sobre o impacto da exposição ambiental e ocupacional ao amianto e seus efeitos em relação à saúde dos indivíduos. Adicionalmente, essas informações poderão subsidiar discussões acadêmicas e políticas de saúde. O trabalho conta com o apoio do Ministério de Minas e Energia por meio da Câmara Técnica do Setor Mineral – CT Mineral e do Ministério de Ciência e Tecnologia, via CNPq, além do

Instituto de Crisotila Brasil, sob a coordenação da Universidade de São Paulo – USP. Participam, além da USP, Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT e a Universidade Federal de Goiás – UFG, contando ainda com os apoios internacionais da McGill University de Montreal e da University of British Columbia, Vancouver – Canadá. Ver no <http://www.asbestoambiental.com.br>.

REFERÊNCIAS

- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Control). CERCLA priority list of hazardous substances, 2001.
- BAGATIN, E., e outros – Non-malignant Consequences of Decreasing Asbestos Exposure in the Brazil Chrysotile Mines and Mills. Occup Environ Med 2005;62:381–389. doi: 10.1136/oem.2004.016188.
- BARBOSA, O. e QUEIROGA, N. C. M. Sumário Mineral do Amianto Crisotila – Sumário Mineral – Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília-DF. DNPM, 2005.
- BARBOSA, O. e QUEIROGA, N. C. M. Economia Mineral do Brasil – Amianto Crisotila – Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília-DF. DNPM, 2006
- BATES, R. L. Metamorphic minerals – Asbestos, in The geology of industrial minerals and rocks: New York, Dover Publications, 1969.
- BERNSTEIN, D.M., ROGERS, R. e SMITH, P.- A Persistência da Crisotila Brasileira. Inhalation Toxicology, VOL. 16, NOS. 11-12, 2004
- BERNSTEIN, David M.; CHEVALIER, Jörg; SMITH, Paul. Comparasion of calidria Chrysotile asbestos to pure tremolite Inhalation biopersistence and histopathology following short-term exposure – Taylor & Francis-Toxicologia de Inalação, Vol. 15, pp. 1387-1419
- BRASIL. Associação Brasileira do Amianto-ABRA, São Paulo-SP, 1997.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia – Departamento Nacional de Produção Mineral. Anuário Mineral Brasileiro, Brasília-DF. DNPM, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2001, 2002.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia – Departamento Nacional de Produção Mineral. Anuário Mineral Brasileiro, Brasília-DF. DNPM, 2003, 2004, 2005, 2006 – inédito.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia – Departamento Nacional de Produção Mineral, Sistema de Gestão da Produção Mineral -SisMine-Web, Brasília-DF.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comercio Exterior, Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior -ALICE-Web, Secretaria de Comércio Exterior (SECEX), Brasília-DF.

CARMINATTI, M.G, MARANGONI, Y.R. e CORREIRA, C.T. Modelagem Gravimétrica do Complexo de Cana Brava e Seqüência Palmeirópolis, GO. Revista Brasileira de Geociências, 2003.

CHURG, A. and WRIGHT, J. L. Persistence of natural mineral fibers in human lungs: an overview. Environ Health Perspective Supplement 102(5), 1994.

EVANGELISTA, H. J. Rochas Metaultramáticas de Lamim, Sul do Quadrilátero Ferrífero, MG: contribuição ao conhecimento do Protólito da Pedra Sabão – REM: R. Escola de Minas, Ouro Preto, 2005.

FERRACIOLI, A. L. Amianto – Departamento Nacional de Produção – Mineral Balanço Mineral Brasileiro, Brasília-DF. DNPM, 2002.

FINKELSTEIN, M. M. and DUFRESNE, A. Inferences on the Kinetics of Asbestos Deposition and Clearance Among Chrysotile Miners. Am J Ind Med, 1999.

GIRODO, A. C. e PAIXÃO J. ELÍSIO. Perfil Analítico do Amianto – Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro, DNPM, 1974.

HARBEN, P. W. e KUZVART, M. Asbestos. In: Industrial Minerals – A Global Geology, Industrial Mineral information Ltd. Metal Bulletin PLC, London, 1996.

IPT – Estudos das Alterações das Telhas de Cimento- Amianto ao Longo do Uso, pela Exposição às Intempéries- Relatório Técnico Nº 85176-205 Instituto de Pesquisas Tecnológicas, abril-2006.

LUZ, A. B., LINS, F.A.F. e outros. Rochas e Minerais Industriais – Amianto. Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro, CETEM, 2005.

MURRAY, R. Asbestos: a chronology of its origins and health effects. Br J Ind Med, 1990.

PERRON, L. – Chrysotile – Canadian Minerals Yearbook, 2003.

PERRON, L. – Chrysotile Asbestos – Mining Annual Review, 2003.

PERRON, L. – Policy Concerning the Increased and Safe of Chrysotile Asbestos in Québec, 2002.

PROCHNIK,V.-Estratégias das Empresas – UFRJ, Rio de Janeiro, 2004.

SCLiar, C. Amianto: Mineral Mágico ou Maldito? Ecologia Humana e Disputa Político-Econômica. Belo Horizonte: CDI, 1998.

SELIKOFF, I.J., HAMMOND, E.C., and CHURG, J. Asbestos exposure and neoplasia. JAMA. 1964.

SILVA, Ma. L. M. de C. e OLIVEIRA, S Ma. D. de. As Fases Portadoras de Níquel do Minério Laterítico de Níquel do Vermelho, Serra dos Carajás (PA) – Revista Brasileira de Geociências, 1995.

SINCLAIR, W. E., Asbestos, its origin, production, and utilization: London, Mining Publications, 1959.

RICE, C., HEINEMAN, E.F. An asbestos job exposure matrix to characterize fiber type, length, and relative exposure intensity. Ann Occup Hyg, 2003.

ROSATO, D. V., Asbestos – Its industrial applications: New York, Reinhold Publishing Corp., 1959.

ROSS, Malcolm, and VIRTA, R. L., 2001, Occurrence, production and uses of asbestos, in Nolan, R.P., Langer, A.M., Ross, Malcolm, Wicks, F.J., and Martin, R.F., eds., The health effects of chrysotile asbestos –Contribution of science to risk-management decisions: The Canadian Mineralogist, Special Publication 5:79-88.

STRIEDER, A. J. Serpentinização e Metassomatismo em Rochas Ultramáficas: Discussão das Características e Recomendações para o Tratamento Geoquímico – Revista Brasileira de Geociências, 1992.

van OSS, C. J., NAIM, J. O., COSTANZO, P. M., GIESE Jr., R. F., WU, W., SORLING, A. F. Impact of different asbestos species and other mineral particles on pulmonary pathogenesis. Clays and Clay Minerals 47, 1999.

VIRTA, R.L. Asbestos – U.S. Geological Survey, Minerals Yearbook, 2003.

VIRTA, R.L. Asbestos – U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2005.

VIRTA, R.L. Asbestos – U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Profiles – Asbestos 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Workshop on Mechanisms of Fibre Carcinogenesis and Assessment of Chrysotile Asbestos Substitutes 8-12 November 2005, SUMMARY CONSENSUS REPORT1 Lyon, France, 2005.

ZUCCHETTI, R. A. M. Crisotila Brasileira como Suporte de Catalisadores: Aplicação na Oxidação de Álcoois com Radiação de Microondas. Instituto de Química – UNICAMP. Tese de Doutorado, Data da defesa: 16/11/1994. Campinas, 1994.