

**MINERAIS DO PARANÁ S/A - MINEROPAR**  
**GERÊNCIA DE EXPLORAÇÃO**  
**PROGRAMA ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIALIS**

**WOLLASTONITA**

**RELATÓRIO DE ETAPA**

**ROGÉRIO DA SILVA FELIPE**

M  
549.642.  
.41  
F 315w

**CURITIBA**  
**ABRIL/1991**

MINEROPAR  
Minerais do Paraná S/A.

MINERAIS DO PARANÁ S/A - MINEROPAR

BIBLIOTECA

GERÊNCIA DE EXPLORAÇÃO

PROGRAMA ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIALIS

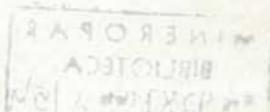
WOLLASTONITA

RELATÓRIO DE ETAPA

Rogério da Silva Felipe

M 549.642  
.41  
F 315\*

Curitiba  
Abril/1991



GERENCIAMENTO DE EXPLOSOS

PROGRAMA ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAS

MOLLA STONI

RELATÓRIO DE ETAPA

Registro n. 4287



Biblioteca/Mineropar

卷之三



## WOLLASTONITA

### MINERALOGIA

Composição Química: silicato de cálcio ( $\text{CaSiO}_3$ ), quando pura tem 48,3% CaO e 51,7% SiO<sub>2</sub>.

Densidade: 2,8 a 3,0 g/cm<sup>3</sup>.

Dureza: 4,5 a 5,0.

Ponto de Fusão: 1.540 C.

Cor: branca brilhante (pura) e acinzentada ou amarronada quando tem contaminação (Mn, Mg, Fe, estrôncio).

Brilho: vítreo a perláceo.

Associação Mineralógica: granada, diopsídio, epidoto, calcita e quartzo.

A wollastonita ocorre em massas grosseiras fragmentadas raramente apresentando cristais bem formados. É usualmente acicular ou fibrosa. A clivagem é a principal propriedade da wollastonita, que tende a ter forma de agulha.

A wollastonita apresenta fluorescência à luz ultravioleta, às ondas curtas e longas e às cores amarelo e alaranjado. Algumas espécies podem ser fosforescentes.

O brilho da wollastonita é uma propriedade considerada importante para a indústria de tintas.

Quimicamente é inerte. Esta propriedade lhe permite ser usada como "filler" e agente de reforço na indústria cerâmica.

### MODO DE OCORRÊNCIA E ORIGEM

A wollastonita é um mineral metamórfico de contato, ocorre em calcários impuros próximos a corpos graníticos intrusivos ou outras rochas ácidas.

Pode ser formada também pelo metassomatismo de calcários sedimentares e na cristalização de alguns magmas.

## DEPÓSITOS - E.U.A. - WILLSBORO - NY

A maior espessura de rocha à wollastonita possui entre 7 a 15 metros, intercalada com granadas ferríferas, principalmente almandita e ferro diopsídio. A rocha encaixante é calcário Pré-Cambriano e está parcialmente substituído por bandas escarníticas, variando em composição desde pura wollastonita à pura granada.

Ambos, granada e diopsídio são fracamente magnéticos e são facilmente separados da wollastonita por separadores magnéticos.

Análise típica do minério de willsboro:

SiO <sub>2</sub>	- 47,7%
CaO	- 37,8%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	- 3,1%
FeO	- 6,6%
MgO	- 3,6%
MnO	- 1,2%

Também em N.Y. a wollastonita ocorre na zona de contato da rocha escarnítica entre mármores e granito-gnáissico próximo à mina de Clifton. Possui 10 milhões toneladas com 55 a 65% wol.

## LITTLE E BIG MARIA MOUNTAINS - CALIFORNIA

A wollastonita é vendida para a indústria cerâmica bem como para pedra ornamental.

Ela ocorre em granulação fina, intimamente associada com diopsídio cuja separação é difícil. As fibras são interlacadas fortemente, o que dificulta a moagem (-200 mesh).

## MINA PANAMINT RANGE

Rochas calco-silicatadas produzidas pelo metamorfismo de contato dos calcários permianos e devonianos com a intrusão do quartzo-monzonito. Diopsídio, indicrásio (silicato vesuvianita), tremolita, quartzo e calcita são os contaminantes presentes.

As reservas são grandes e a wollastonita é de granulação fina e acicular.

Para a indústria cerâmica a moagem é 200 mesh e para a indústria de tintas, 325 mesh.

## NORTE DE RANDSBURG

As rochas hospedeiras são metassedimentos paleozóicos intensamente dobrados e contém camadas de wollastonita-granada-diopsídio.

A wollastonita possui granulometria média a fina, cor cinza e interestratificada com iguais proporções de diopsídio e granada. Este corpo possui 2.000 m comp. x 100 m prof. x 2,5 a 7,5 m largura. As reservas são de 12 milhões de ton.

## WARM SPRINGS CANYON

O depósito é uma lente alongada com 185 m comp. x 8,5 m largura. Algumas camadas de wollastonita são ricas, porém algumas camadas são silicosas com constituintes diopsídio, quartzo e calcita.

## MÉXICO

### Depósito de Santa Fé

O depósito possui a forma elíptica e dômica com 75 m de largura por 350 m de comprimento e 100 m de profundidade.

Os minerais totais associados são menores do que 1%.

A wollastonita é branca, brilhante e possui clivagem acicular típica. Próximo às extremidades do depósito são encontrados contaminantes como bornita, calcopirita e granada.

## LA BLANCA DISTRITO

O corpo do minério é tabular e irregular, possui 2 m de espessura. Este corpo ocorre em uma dobra no calcário cretácio que é intrudido por granito. A wollastonita pura, brilhante é a principal. Além disso, banda de mármore à wollastonita apresenta níveis de estanho, adjacente ao contato com granito. As reservas são estimadas em 40 milhões ton.

U.R.S.S.

### Nuratan Mountains - Ásia Central

A wollastonita ocorre em hornfels calco-silicático contendo 30 a 40% woll. O hornfels se está no contato entre intrusão granodiorítica e calcários argilosos.

A wollastonita possui estrutura fibro-radial e contém apreciável quantidade de calcita e pequenas quantidades de feldspato, granada, diopsídio e piroxênio.

Em Tadzhikistan, hornfels calco-silicáticos apresentam bandas de wollastonita-granada - piroxênio. A wollastonita possui cor branca e rósea, granulação fina e também estrutura fibro-radial.

### FINLÂNDIA

#### Sul de Lappeenranta

Calcários arqueanos, com depósito que possui 37,5 m larg x 500 m comp, forma elíptica, circunscrito pelo maciço granítico. Possui bandas de wollastonita e diopsídio interbandados com finas lentes de rocha quartzo-feldspática e calcita.

O teor médio é de 20%, contudo tem núcleos com 60%. A wollastonita é lavrada seletivamente, pulverizada e a calcita e os minerais de ferro são removidos por flotação.

### KENIA

O corpo de minério é alongado formando um morro. A wollastonita comprehende 40 a 50% do calcário hospedeiro. A principal impureza é o quartzo seguido da calcita, granada e diopsídio. A concentração por flotação recupera 85% de wollastonita pura, é secada em granulometria 60 mesh.

### CANADA

Os indícios de wollastonita estudados assim como os setores cartografados em detalhe se situam na Província de Grenville e principalmente no terreno granulítico central que corresponde ao terreno de Morin do cinturão alóctone monocíclico.

As rochas mais antigas de Grenvillien correspondem a metassedimentos e rochas metavulcânicas do Super Grupo de Grenville. Estas rochas reposam em discordância sobre o complexo de base pré-grenvillien. As rochas do complexo de base assim como as rochas do Super Grupo de Granville foram cortadas por rochas da suíte anortositica, por rochas plutónicas indiferenciadas, por granitos, sienitos e rochas ultramáficas.

Todas estas rochas foram cortadas por diques de diabásio.

As rochas do complexo de base e as rochas grenvillenses foram metamorfitadas ao fácies granulitos e afetados por um tectonismo polifásico.

## CLASSIFICAÇÃO DAS JAZIDAS DE WOLLASTONITA

As jazidas de wollastonita são classificadas em nove categorias lito-estruturais (vide figura). Além da wollastonita, os principais constituintes da maioria das jazidas são a calcita e o clinopiroxênio. A calcita observada próxima a várias jazidas é comumente de cor amarela ou verde água. O feldspato, o quartzo, a granada, a escapolita e a titanita formam os constituintes maiores ou menores das jazidas. A magnetita, os sulfetos, a zoisita, a clinozita, a apatita e a granada são comumente constituintes em traços.

As jazidas de wollastonita da categoria A (vide figura) são formadas por amas e localizadas no contato de mármore e intrusões maficas ou felsicas. O teor em wollastonita pode alcançar 60%. Em certos casos, um nível de clinopiroxênio de cor verde escura separa a rocha à wollastonita da intrusão. Algumas áreas irregulares de grafite encontram-se associadas às rochas a wollastonita.

As jazidas da categoria B, são similares as jazidas da categoria A sobre o ponto de vista mineralógico e litológico. Contrariamente as jazidas da categoria A, as jazidas da categoria B são quase inteiramente ao redor de rochas intrusivas e encontram-se relativamente longe da periferia das intrusões. Isto sugere que as rochas à wollastonita da categoria B são porções de grandes xenolitos expostos pela erosão.

As jazidas da categoria C formam protuberâncias em contactos com certos diques de pegmatitos ou de granitos cortando mármore calcíticos. Os diques são normalmente de cores cinza ou branco na superfície da face alterada. A espessura varia de alguns centímetros a alguns metros. Os contactos geológicos entre as rochas calcossilicatadas à wollastonita e os pegmatitos são abruptos e irregulares. Os teores em wollastonita variam de 2% a 70%. Várias destas jazidas são cortadas por veios de grafite.

As jazidas da categoria D são de rochas calcossilicatadas à wollastonita (50 a 80%). Estas rochas afloram ao longo de **escapamentos** (falhas) e parecem estar espacialmente associadas com milonitos ou de outras descontinuidades estruturais.

As jazidas da categoria E formam bolsões ou lentes concordantes. Os teores em wollastonita são irregulares.

As jazidas da categoria F são caracterizadas por cristais de wollastonita dissimiladas nos mármore calcíticos. Os cristais medem 0,5 a 15 cm de comprimento e não constituem 3% dos mármore. Estas jazidas não acusam interesse econômico, se bem que elas comumente estão associadas a outras jazidas de alto teor em wollastonita.

As jazidas da categoria G formam áreas irregulares ou corpos tabulares em rochas calcossilicatadas, inteiramente alojadas nos mármore. A rocha calcossilicatada é composta geralmente de cristais de wollastonita (20 a 70%) com 2 a 50 cm de comprimento, de calcita, clinopiroxênio, feldspato e/ou escapolita, titanita, sulfatos e apatita. Certas jazidas de forma tabular são zonadas. A wollastonita é abundante no centro enquanto que o clinopiroxênio é sobretudo presente nas bordas.

As jazidas da categoria H correspondem a veios de rochas calcossilicatadas englobadas por rochas plutônicas. Estes veios são preenchimentos de sistema de juntas próximas ao contato geológico entre mármore e rochas charnoquíticas. As rochas intrusivas são alteradas alguns centímetros ao longo do contato com os veios de rocha calcossilicatadas.

As jazidas da categoria I formam bancos concordantes de rochas à wollastonita com os mármore. Os teores de wollastonita variam de 5 a 20%. Os da região de SAINT-REMI-DE-AMHERST, acumulação de grafite foram observados nas charneiras de dobrar no contato de mármore com rochas calcossilicatadas.

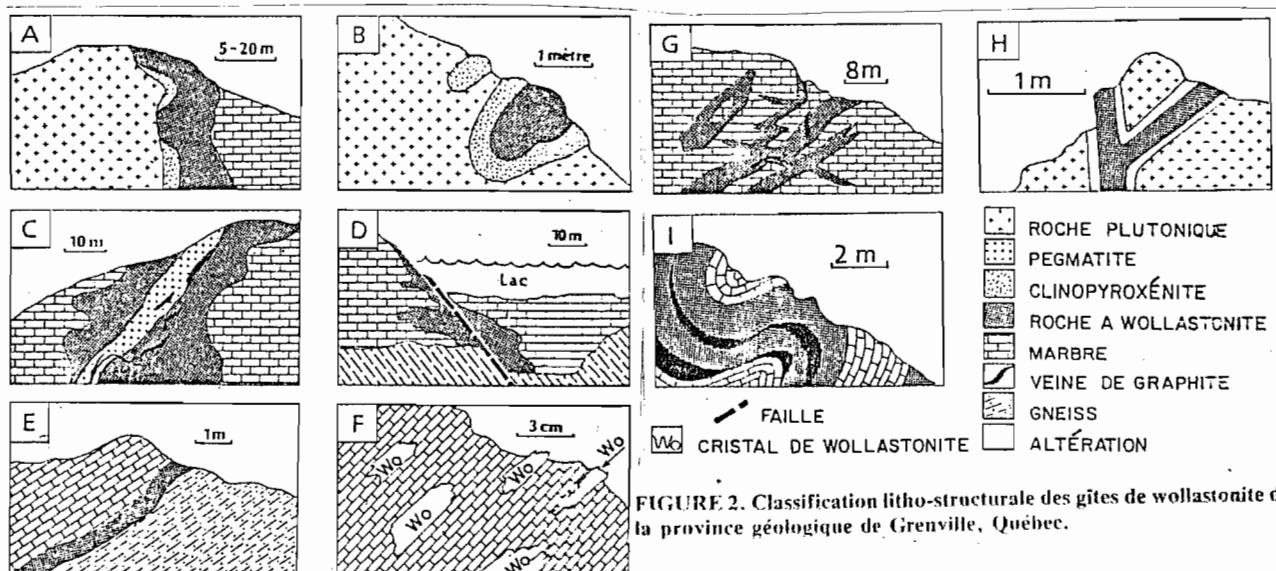


FIGURE 2. Classification litho-structurale des gîtes de wollastonite de la province géologique de Grenville, Québec.

## BRASIL

### Paraná

É conhecida uma ocorrência de wollastonita no Vale do Ribeira: Gabro José Fernandes.

A presença de wollastonita no contato de rocha calcária com o Gabro José Fernandes foi detectada através de uma lâmina descrita pela MINEROPAR (DC-1808). A rocha é um hornfels calcosilicático composto de: piroxênio, wollastonita, plagioclásio, granada, escapolita, carbonato, cordienita, talco, clorita, tremolita e biotita. A wollastonita é o segundo mineral em quantidade nesta amostra.

### WOLLASTONITA EM ITAOCÁ (SP)

Na região do alto vale do Rio Ribeira, sul do Estado de São Paulo, fronteira com o Paraná, foram descobertas pelo IPT, na década de 80, expressivas reservas de wollastonita.

Nesse caso, o bem mineral em questão foi formado pela ação térmica do contato entre o Granito Itaoca e mármore do teto da intrusão.

Naquele local existem minérios wollastoníticos de dois tipos básicos, ambos correspondentes a escarnitos mineralizados: o primeiro apresenta teores médios de 60-80% de wollastonita, estando o mineral presente como cristais cinza-esbranquiçados milimétricos, centimétricos, constituintes de agregados maciços ou fibro-radiais, o segundo caso, a wollastonita apresenta-se em teores médios de 30-50%, sendo que o mineral possui granulometria bem mais fina, no geral submilimétrica a menor que 3 mm, correspondendo a acículas incolores ou cinza-esbranquiçadas disseminadas no corpo da rocha escarnítica.

Em ambas as situações a mineralização é aflorante, sendo estimadas reservas de 28.000 t e até 700.000 t, respectivamente para mineralização com teores mais altos e mais baixos de wollastonita.

Ensaios exploratórios mostram que os minérios de Itaoca podem ser beneficiados em separador magnético, via úmida, para obtenção de wollastonita com rendimento em massa de 58,7% (para o minério de alto teor) e 31% (para o minério de baixo teor) - ver características químicas na tabela abaixo. No que se refere ao minério menos rico associam-se à wollastonita scheelita e granada, naturalmente separada durante o processo de beneficiamento, que poderão eventualmente constituir-se em subprodutos do aproveitamento da mineralização principal.

| wollastonita do | wollastonita do  
| minério mais rico | minério mais pobre

Perda ao fogo		2,3		1,27
CaO		46,7		39,43
SiO <sub>2</sub>		48,1		49,79
Fe (total)		0,7*		0,97*
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,74		3,79
MgO		0,59		1,02
Na <sub>2</sub> O		-		0,94

\* teores de ferro inferiores podem ser obtidos por operação adicional de mesagem.

Características da wollastonita do Maciço Itaoca (dados percentuais).

## PRODUÇÃO E ESPECIFICAÇÕES DE WOLLASTONITA

Anualmente a Revista Mining Engineering apresenta um artigo intitulado "Industrial Minerals" onde, na seção "Wollastonite", mostra a evolução da produção de wollastonita. Uma compilação dos dados de cada produtor, em toneladas métricas, é apresentada na Tabela 2.

Produtor	País	Ano			
		1985	1986	1987	1989
Nyco	E.U.A.	45.000	40.000	45.000	54.000
Vanderbilt	E.U.A.	27.000	25.000	27.000	27.000
Partek	Finlândia	18.000	20.000	22.600	27.000
Wolkem	Índia	18.000	20.000	22.600	-
Outros	-	20.000	15.000	18.000	36.000
Total	-	128.000	120.000	136.000	144.000

Tabela 2 - Produção de wollastonita

Como pode ser observado, a produção vem aumentando nos últimos anos.

A wollastonita sintética é produzida na Alemanha na quantidade de 10.000 t/ano.

Quimicamente a wollastonita é inerte, a esta propriedade permite ser usada como carga de reforço na fabricação de diversos produtos industriais.

Os setores industriais que utilizam o mineral são enumerados a seguir:

Eletrodos	Cerâmica
Abrasivos	Cerâmica elétrica
Refratários	Metalurgia
Tintas	Material de fricção
Plásticos	

O emprego da wollastonita na fabricação de eletrodos permite melhorar a proteção do metal que está sendo soldada e minimizar a emissão de fagulhas durante a solda, devido as suas características próprias de escorificação.

As especificações exigidas para a fabricação de eletrodos variam muito de uma indústria para outra.

Os fabricantes Eletrodos Torsima S/A e ESAB S/A apresentam as especificações mostradas na Tabela 3.

	TORSIMA	ESAB
CaO	40,0% mínimo	45 a 46%
SiO <sub>2</sub>	46,0% mínimo	51 a 54%
MgO	1,5% máximo	0,5% máximo
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,0% máximo	-
P	0,10% máximo	0,01% máximo
S	0,05% máximo	0,01% máximo
Granulometria	inferior a 0,075 mm	inferior a 0,075 mm

Tabela 3 - Especificações da wollastonita para eletrodos

Na preparação de abrasivos e particularmente de rebolos, a adição de wollastonita confere maior fluidez. A sílica combinada "molha" completamente as partículas de abrasivos aumentando a resistência do ligante, sem aumentar a densidade. A máxima densidade do ligante é desenvolvida quando a peça é queimada a 1.200 C. Em ligantes de abrasivos vitrificados moídos, a wollastonita se comporta como um frita natural. Tanto para os abrasivos como para os refratários, a wollastonita serve de ligante, aumentando a coesão e reduzindo as deformações. Para os refratários de carbeto de silício ela reduz a oxidação dos cristais.

A Norton S/A Indústria e Comércio, fabricante de abrasivos, impõe forte restrição ao teor de ferro e especifica tamanho de partículas inferior a 0,075 mm.

Na fabricação de tintas, a cor, o hábito das partículas e a absorção de óleo fazem da wollastonita um produto particularmente útil. Em tintas de cores claras e brancas, a cor branca brilhante da wollastonita natural é excepcionalmente benéfica. Ela também ajuda na retenção da matiz. As partículas fazem da wollastonita um bom agente de laminacão e fornecem à tinta boa propriedade de nivelamento, produzindo um filme seco de espessura uniforme e durável. O formato acicular também torna as partículas difusas e facilmente dispersáveis. A wollastonita é usada como um reforço em tintas claras. Por causa da baixa absorção de óleo (20 a 26 ml por 100 g) a quantidade de

aglomerante em tintas é reduzida e altas cargas de pigmentos são conservadas dentro de limites econômicos.

A alta alcalinidade da wollastonita acrescida de sua utilidade em tintas de poliacetato de vinila (PVA) para neutralizar a acidez, melhora a dispersão da cor, e pode ser usada em conjunto com pigmentos que são também impróprios em meio ácido. Cargas alcalinas, como é o caso da wollastonita, melhoram a resistência à corrosão de peças de aço.

Além das tintas de poliacetato de vinila, a wollastonita é usada em tintas de fundo onde ela oferece resistência às intempéries e com maiores vantagens, quando comparada com outras cargas como barita, caulim, talco e diatomita.

A wollastonita é adequada também para tintas à base de óleo, compostos de calafetagem, tintas para tráfego, revestimentos acústicos e para substituir o amianto em tintas à base de asfalto.

Nos Estados Unidos as tintas PVA apresentam em sua composição 9% de wollastonita e as tintas de fundo 13%.

A especificação para aplicação em tintas é a seguinte:

- Tamanho de partículas: inferior a 0,044 mm (98%)
- Perda ao fogo: 8% máximo
- pH da suspensão aquosa: 8 a 12,5
- cor: branca
- forma das partículas: acicular

Na indústria de plásticos a wollastonita é usada em polímeros termofixos, termoplásticos moldados e fundidos, em asfalto e piso de vinila, em compostos de vinila, poliéster, resina epóxi, plastossíntesis vinílicos e fenólitos moldados. É uma carga absorvente de umidade, compatível e fácil para dispersar.

Em materiais como naylon e uretano, que são sensíveis à umidade, a wollastonita é muito indicada.

Tem sido usada em resinas de epoxi com 50% de carga de pigmento.

Em polipropileno, ela promove propriedades elétricas de isolamento, facilidade de processar, redução da umidade e propriedades óticas em geral, além de colorabilidade.  
Reativação segundo linhas pré-existentes.

No caso do uso de wollastonita de alta pureza, a absorção de umidade é ainda mais reduzida, e a possibilidade de reações com antioxidantes ou estabilizadores é dificultada.

Em moldes de naylon confere estabilidade dimensional e reforço. A possibilidade do uso da wollastonita em poliestireno tem sido especialmente investigada, pois tem sido difícil encontrar cargas apropriadas, provavelmente porque os materiais ensaiados como

cargas apresentaram características não adequadas quanto à "molhabilidade" e mostraram deterioração de outras propriedades físicas. Nenhuma deteriorização tem sido observada, entretanto, com a adição de mais de 30% de wollastonita. Como a wollastonita tem preço inferior ao poliestireno, obtém-se considerável economia de custo. O uso da wollastonita dá ao produto ótimo acabamento, embora fosco, não devendo ser usada quando é requerida transparência do produto, ou acabamento liso. Da experiência é conhecido que a wollastonita pode ser facilmente incorporada ao poliestireno. Sugestões de utilização incluem peças industriais, brinquedos, laminados foscos e cerâmica fosca.

Nos Estados Unidos a wollastonita é usada como carga de reforço em resinas fenólicas, epoxis, poliéster, náilon e mesmo em polipropileno, com ou sem tratamento superficial. É considerada a combinação com outras cargas para aumentar a resistência ao impacto.

Uma carga de 40% de wollastonita em polipropileno, confere uma constante dieletrica de 2,74.

A especificação para aplicação em plásticos é a seguinte: superfície específica  $1 \text{ m}^2/\text{g}$  e forma das partículas acicular.

Na indústria cerâmica, o uso da wollastonita apresenta as seguintes vantagens:

**1** - Melhoria da moldabilidade e das propriedades mecânicas das peças cerâmicas.

**2** - Redução do consumo de energia nos fornos cerâmicos devido à redução da temperatura do patamar de tratamento das peças moldadas.

**3** - Possibilidade de uso de fornos túneis de menor comprimento, dadas as melhores propriedades de estabilidade dimensional e resistência ao trincamento frente a gradientes acentuados de temperatura.

A wollastonita reage facilmente com sílica e alumina a baixas temperaturas, reduzindo a expansão térmica e desse modo minimizando o trincamento.

As peças apresentam maior resistência a verde e melhores qualidades de prensagem por causa do formato acicular das partículas da wollastonita. Também a velocidade de secagem é aumentada porque proporciona aberturas para a passagem rápida da umidade através da peça. Visto que a wollastonita não contém em sua estrutura água de hidratação e nem carbonatos, seu uso em materiais cerâmicos minimiza a liberação de gases. Estes normalmente causam trincamento e esfolhamentos.

Como a wollastonita pode ser usada no lugar de outros materiais que contém, como areia, quartzito e quartzo, seu uso na indústria cerâmica reduz os riscos dos trabalhadores contraírem a silicose.

No processo de queima rápida, a wollastonita confere reforço, estabilidade dimensional e baixa evolução de gases. Isto tem resultado na substituição de materiais tradicionais como talco e feldspato.

A deficiência de álcalis na composição de peças cerâmicas com wollastonita resulta em excelentes propriedades elétricas que juntamente com a alta resistência ao impacto e estabilidade dimensional contribuem para o uso da wollastonita em cerâmica de precisão.

A Tabela 4 apresenta os resultados de análise química de algumas amostras de wollastonita produzida na Finlândia e destinada às indústrias cerâmicas.

	Amostra I (%)	Amostra II (%)	Amostra III (%)
SiO <sub>2</sub>	51,96	52,06	43,50
CaO	45,80	40,49	47,67
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,58	0,51	0,50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,24	0,05	0,16
MgO	0,55	0,60	1,00
P.F.	0,48	6,16	6,60

Tabela 4 - Composição química de amostras de wollastonita da Finlândia

Dá-se preferência ao produto de cor branca, não havendo restrições quanto ao hábito das partículas.

Nas siderúrgicas a wollastonita vem sendo utilizada por causa da sua baixa temperatura de sinterização, na faixa de 1000 a 1200 °C.

Recentemente, com o desenvolvimento de processo de lingotamento contínuo na Europa, um mercado importante para wollastonita vem crescendo continuamente. Quando o aço líquido é vazado pelo fundo da panela, adiciona-se na bica de vazamento um material protetor e escorificante em pó. Esta prática mantém líquida a superfície do fluxo e desse modo minimiza os defeitos superficiais, como o "pipocamento" que poderia surgir durante o vazamento.

Escorificantes que contém wollastonita na sua composição conferem melhor acabamento superficial à peça de aço, podendo substituir a sílica e a cal.

As indústrias siderúrgicas vêm utilizando wollastonita com a composição química aproximada mostrada na Tabela 5.

		(%)
CaO		45,96
SiO <sub>2</sub>		49,96
MgO		0,18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,07
S		0,12
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		2,31
P.F.		0,65

Fonte: IPT  
Tabela 5

Não se faz restrição ao teor de ferro, à coloração e ao hábito das partículas.

Como substituto do amianto, a wollastonita vem encontrando várias aplicações, embora não seja um substituto perfeito.

Os cristais de wollastonita em certos casos são suficientemente aciculares para agir como carga de reforço semifibroso para paredes e painéis em aplicações que envolvem calor. O material apresenta boa resistência ao calor sendo usado em alguns casos na porporção de 50% em conjunção com outras cargas, aglomerantes e fibras orgânicas.

Um grande mercado para estes painéis é encontrado nas indústrias de fundição de não ferrosos, especialmente na indústria de alumínio, onde o material é empregado para controlar o fluxo do metal do forno ao molde, substituindo assim materiais refratários e moldes tradicionais. Existem também várias aplicações em fornos, secadores, isolação térmica secundária e tubulações de fluídos em altas temperaturas.

Outro setor no qual a wollastonita está sendo muito utilizada em substituição ao amianto é na composição de alguns materiais aglomerados como peças para forro e piso, e em peças de fricção, tais como pastilhas para freios, etc.

Como substituto do amianto, a wollastonita necessariamente deverá ser do tipo acicular, cujas partículas deverão apresentar alta relação comprimento/largura: 1:15 e 1:20.

## MERCADO NACIONAL E MUNDIAL E SUAS POTENCIALIDADES

Basicamente existem dois tipos de wollastonita no mercado mundial: a acicular ou "fibrosa" e a granular.

A wollastonita pode ser natural ou sintética. A primeira inclui as variedades acicular e granular, enquanto a segunda apenas a granular.

A wollastonita natural é vendida nas granulometrias abaixo de 0,075 mm (200 mesh), 0,044 mm (325 mesh), 0,037 mm (400 mesh), 0,028 mm (475 mesh) e 0,10 mm (1250 mesh), e a sintética nas granulometrias abaixo e 0,075 mm (200 mesh) e 0,044 mm (325 mesh).

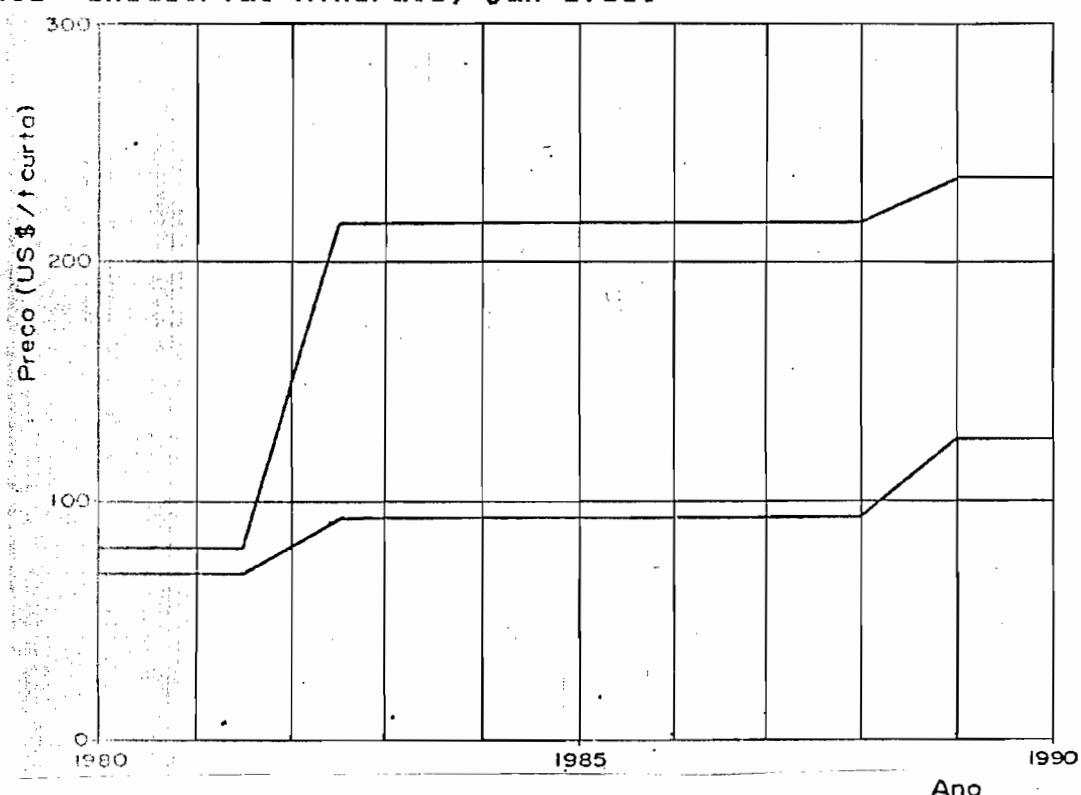
De acordo com a granulometria, a wollastonita também pode ser classificada da seguinte forma: acicular, acicular micronizada e moída que corresponde em inglês: "acicular", micronized acicular" e "powder", respectivamente.

Ao longo dos anos os preços máximos e mínimos da wollastonita natural nos E.U.A. para lotes de 20 t, para exportação, evoluíram conforme mostra o gráfico da Figura 1.

Os dados para levantamento da faixa de variação de preços da Figura 1 foram obtidos da Revista Industrial Minerals que mensalmente publica a cotação da wollastonita no mercado americano.

Na Alemanha o material sintético é vendido ao mesmo preço das wollastonitas naturais finlandesas, indianas e chinesas, na faixa de DM 500-700 (US\$ 300-430) por tonelada. A wollastonita americana é vendida a um preço superior: DM 600-1000 (US\$ 370-610) por tonelada.

Figura 1 - Preços máximos e mínimos da wollastonita nos E.U.A.  
Fonte: Industrial Minerals, jan-1986.



Quanto ao mercado nacional, os dados disponíveis demonstram que a wollastonita natural não é consumida no país, salvo raras exceções em que o consumidor adquire esporadicamente material importado. Esta situação poderá ser modificada caso ocorra disponibilidade interna regular de wollastonita natural. Estima-se que o mercado inicial para a wollastonita natural seja da ordem de 100 toneladas mensais, destinadas principalmente às indústrias de tintas, plásticos e material de fricção que necessitam de material acicular (Fonte IPT).

Recentemente algumas indústrias de abrasivos, de cerâmica e siderúrgicas passaram a consumir material sintético do tipo granular, obtido por fusão de cal virgem e sílica. Estima-se que o consumo mensal desse material seja da ordem de 20 toneladas, ao preço de US\$ 1000/t calculado com base no câmbio oficial (Fonte IPT).

Ainda com respeito à wollastonita sintética, ressalta-se que o IPT obteve recentemente patente de processo de produção desse material a partir de sinterização de cal hidratada e sílica em forno de grelha com emprego de carvão vegetal como combustível.

## PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO

Das três em operação nos E.U.A., a NYCO, a maior produtora de wollastonita do mundo, com capacidade para produzir 100 mil t/ano, beneficia minério contendo 60% de wollastonita, 30% de granada e 10% de diopsídio.

Uma instalação portátil, montada na mina, prepara o minério em duas granulometrias, conforme mostra o fluxograma da Figura 2, a seguir.

Em seguida, em Willsboro, a 22 km da mina, o minério é seco, moído, e classificado e novamente moído em circuitos fechados para reduzir todo o material a uma granulometria máxima de 1,2 mm (16 mesh). O material é então classificado em uma bateria de peneiras com abertura de malhas 0,84 mm (20 mesh), 0,42 mm (40 mesh) e 0,25 mm (60 mesh). As várias frações são encaminhadas a uma bateria de separadores magnéticos a seco para a remoção da granada e do diopsídio. A wollastonita nas diversas granulometrias é moída até granulometrias abaixo de 0,075 mm (200 mesh) e 0,037 mm (400 mesh), respectivamente.

O segundo maior produtor de wollastonita dos E.U.A., a Vanderbilt, com capacidade para produzir 30 a 40 mil t/ano, beneficia minério do depósito de Gouverneur. A granada não está presente neste minério. Através de uma lavra seletiva, onde se faz a separação da calcita, obtém-se um produto de alto nível de pureza apenas por britagem, moagem e classificação.

A Pfizer, com capacidade para produzir 15 a 20 mil toneladas por ano, beneficia minério obtido em lavra seletiva.

A Partek, na Finlândia, lavra seletivamente o minério na zona metamórfica de uma antiga mina de calcário, em Lappeenranta, que fornece minério para uma fábrica de cimento. As instalações de beneficiamento tem capacidade para produzir 40 mil t/ano de wollastonita. O beneficiamento segue o fluxograma mostrado na Figura 4.

A técnica de moagem por impacto, denominada "jet mill" permite obter wollastonita micronizada com tamanho de partículas inferiores a 0,010 mm, mantendo o hábito acicular.

Na Índia, o minério, lavrado seletivamente para evitar a contaminação com calcita, granada, diopsídio e quartzo, é apenas britado e moído.

## GUIA DE PROSPECÇÃO MINERAL OU CRITÉRIOS DE PROSPECÇÃO

- Pesquisa bibliográfica sobre o assunto é a primeira fase de um programa de exploração.

- Contatos geológicos (intrusivos) entre mármore calcítico e rochas ígneas maficas ou félsicas (restos de teto de rochas calcossilicatadas, ex.: wollastonita do Granito Itaoca, aparentemente calcossilicáticas da Formação Água Clara, os mármore calcíticos do Grupo Açungui que ocorrem lateralmente a esta intrusão desenvolveram hornfelse mas não escarnitos).
- Falhas e fraturas que interceptam tanto a rocha ígnea como a rocha encaixante na zona de contato.
- Presença de diques ou camadas grafítosas na zona de contato ou próxima a mesma.
- Zonas de contato entre rochas de diferentes composições, ex.: carbonatos e rochas silicatadas.

#### **LOCAIS A SEREM VERIFICADOS COM POSSIBILIDADES DE OCORRÊNCIAS DE WOLLASTONITA NO PARANÁ**

##### **Prioridade 1 - Resto de teto na Barra do Açungui**

Resto de teto de rocha calcossilicatada com "níveis" de escarnito granatífero e ocorrência de malaquita, azurita e calcopirita sobre o granodiorito São Sebastião. Situação semelhante à Mina do Juca (wollastonita) trabalhada pelo IPT no Granito Itaoca.

**Gabro José Fernandes** - Em lâmina descrita pela MINEROPAR, a wollastonita é o segundo mineral mais importante da rocha. Como não se tem o ponto da coleta da amostra, não é possível saber se a ocorrência de wollastonita estánum enclave delimitado no mapa geológico 1:25.000 ou no contato do gabro com a camada de calcário calcítico do Braz.

**Prioridade 2 - Volta Grande** - Extenso resto de teto (10 km<sup>2</sup>) de rocha calcossilicática e hornfels calcossilicatado sobre o Granito Três Córregos, idêntica a da Mina de Gorotuba estudada pelo IPT no Granito Itaoca.

**Granito Varginha** - contato norte do Granito Varginha com a camada de calcário calcítico do Braz.

**Nordeste da Barra do Rio Açungui com o Rio Ribeirinha** - camada de calcário calcítico em contato com Granodiorito São Sebastião e Granito Três Córregos.

Ribeirão dos Vieiras (oeste do Granito Morro Grande) - contato do Granito Três Córregos com rochas calcossilicatadas da Formação Água Clara.

Prioridade 3 - Bairro da Cruz - Alguns metabasitos localizados à leste do anticlinal da Anta Gorda.

