



CONTRATO Nº 48000.003155/2007-17: DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS PARA  
ELABORAÇÃO DO PLANO DUODECENAL (2010 - 2030) DE GEOLOGIA,  
MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

## **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME**

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL-SGM

### **BANCO MUNDIAL**

BANCO INTERNACIONAL PARA A RECONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO - BIRD

## **A MINERAÇÃO BRASILEIRA**

### **PRODUTO 27**

QUARTZO

### **Relatório Técnico 37**

Perfil do Quartzo

### **CONSULTOR**

Emílio Lobato

### **PROJETO ESTAL**

PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA

Agosto 2009

## SUMÁRIO

1. SUMÁRIO EXECUTIVO .....	3
2. CARACTERIZAÇÃO DO SEGMENTO PRODUTIVO.....	3
2. USOS .....	9
3. CONSUMO.....	11
4. PRODUÇÃO MINERAL .....	14
5. RESERVAS MINERAIS .....	16
6. TECNOLOGIA .....	21
7. RECURSOS HUMANOS.....	21
8. INCENTIVOS.....	23
9. RECOMENDAÇÕES .....	25
10. CONCLUSÕES GERAIS .....	26
11. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	27
12. ANEXO.....	28

## 1. SUMÁRIO EXECUTIVO

O Brasil é o país que detém as maiores reservas mundiais de quartzo. Porém, como muitas das empresas operam no regime de garimpo e de forma muito rudimentar, elas não tem base tecnológica para agregar valor e explorar toda a potencialidade de uso do mineral.

O quartzo tem seu uso selecionado por sua qualidade. Os cristais de melhor qualidade são destinados à indústria óptica, eletrônica e de instrumentação (considerados os maiores consumidores), enquanto os de qualidade inferior destinam-se à indústria em geral (abrasivos, cerâmica, metalúrgica).

O Brasil apesar de maior produtor de quartzo, é dependente de produtos de quartzo manufaturado, estes produtos são: cristais piezelétricos montados e suas partes, e em menor valor, cristal cultivado bruto e usinado. Os principais setores de consumo são as indústrias de relógios eletrônicos, de automóveis, jogos eletrônicos, equipamento de telecomunicações, computadores e equipamentos médicos.

A produção brasileira de quartzo bruto teve significativo aumento de produção na década de 70 com seu declínio na década de 90 e desde 2004 apresenta crescimento. Praticamente a totalidade da produção é destinada a exportação. Os principais produtores mundiais são o Brasil, Suíça, Japão e África do Sul. Tendo destaque no Brasil os Estados de Minas Gerais e do Pará.

O cristal de quartzo pode ser obtido na natureza em ocorrências ou jazidas, ou por crescimento hidrotérmico (*cultured quartz*) na indústria de cristais cultivados. Informações sobre as reservas mundiais de quartzo são escassas. Sabe-se, no entanto, que o Brasil é detentor de 95% das reservas mundiais, o equivalente a 78 milhões de toneladas. No estado do Pará estão as maiores reservas medidas do País, cerca de 64% das jazidas, seguida de 17% em Minas Gerais, 15% em Santa Catarina e 2% na Bahia.

A lavra de quartzo no Brasil se dá em minas a céu aberto, ou subterrâneas de pequena profundidade. Pode-se dizer que a tecnologia é rudimentar e a proporção é extremamente pequena do material utilizável em relação ao quartzo existente no depósito. A mecanização da exploração de quartzo é complexa visto a necessidade de se evitar danos na estrutura do cristal por quebra. Já no caso de extração de lascas, a mecanização pode se estender muito se as jazidas forem contínuas.

Apesar de possuir as maiores reservas mundiais de quartzo de alta qualidade, o setor está pulverizado em garimpos. Logo é necessário um maior investimento das grandes empresas em tecnologia, para diminuir a dependência dos produtos manufaturados de quartzo, como o silício de grau eletrônico. É necessária a aplicação, a curto-médio prazo, de uma política de estímulo a industrialização interna visando agregação de valor a matéria prima mineral e solução da dependência externa de produtos industrializados.

A demanda por quartzo tem sido muito sensível às mudanças tecnológicas. Os materiais alternativos ao quartzo natural contribuem para desestabilizar o mercado de lascas de quartzo no país.

Ao se dominar a tecnologia dos produtos finais do quartzo, é possível influenciar o mercado e evitar grandes variações.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DO SEGMENTO PRODUTIVO

O óxido de silício é encontrado na natureza sob as formas polimorfas: quartzo, tridimita e cristobalita. Com a variação de temperatura ocorrem as transformações de fase, recebendo cada uma, a sua denominação específica.

O quartzo alfa é estável à temperatura ambiente, transformando-se na variedade beta a 573°C e em tridimita a 870°C. À temperatura de 1470°C ocorre a transformação para cristobalita, até atingir o ponto de fusão a 1713 °C.

O quartzo é o mais comum dos polimorfos e, graças aos seus cristais grandes, transparentes e bem formados, é conhecido desde os tempos antigos. As principais variedades cristalinas do quartzo são: quartzo hialino ou cristal de rocha, quartzo leitoso, enfumaçado, roxo (ametista), negro (morion), verde (prásio) etc. Estas variedades são usadas como gemas e ornamentação.

O quartzo pode ser natural ou cultivado. O primeiro é extraído da natureza e o segundo é produzido a partir do crescimento hidrotérmico, em autoclave.

As principais reservas mundiais de quartzo encontram-se no Brasil e, em volumes menores, em Madagascar.

Em termos de produção de quartzo em cristal merecem destaques os estados da Bahia, Minas Gerais, Goiás, Paraná, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina. Na produção brasileira de quartzo predomina o pequeno minerador e o minerador informal (não legalizado), tanto na produção de lascas (fragmentos de quartzo selecionados manualmente pesando menos de 200 gramas) quanto na produção de cristais. Os cristais de grau eletrônico (usados na indústria de cristal cultivado) são mais raros e de produção esporádica.

#### Principais Estatísticas brasileiras de Quartzo

Discriminação			2005	2006	2007
<b>Produção</b>	Quartzo Cristal	(t)	-	-	27
		(t)	1361	1445	1061
<b>Importação</b>	Bens Primários: Lascas e quartzo em bruto	(10 <sup>2</sup> US\$ FOB)	482	565	613
		(t)	118	130	232
	Manufaturados: Cristais Piezo. Mont. E partes	(10 <sup>2</sup> US\$ FOB)	40.254	39.934	66.065
		(t)	17.660	14.195	22.561
<b>Exportação</b>	Bens Primários:	(10 <sup>2</sup> US\$ FOB)	3.602	2.838	4.901
		(t)	2	1	10
	Manufaturados:	(10 <sup>2</sup> US\$ FOB)	522	492	622
		(t)	116	130	222
<b>Consumo Aparente</b>	Cristal Cultivado Bruto	(t)	116	130	222
<b>Preço</b>	Lascas de Quartzo em bruto	US\$-FOB/t	173	164	217
	Cristal cultivado barra bruta	US\$-FOB/t	562	562	550
	Cristal cultivado barra usinada	US\$-FOB/kg	-	-	215

Extraído Sumário Mineral – DNPM

## Preços

<b>Preço médio das exportações das lascas de quartzo em bruto (FOB)</b>					
<b>Ano</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>Cotação</b>	US\$ /t	US\$ 155/t	US\$ 173/t	US\$ 164/t	US\$ 217/t
<b>Preço médio das importações brasileiras de cristal cultivado em barra bruto (FOB)</b>					
<b>Ano</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>Cotação</b>	US\$ /t	US\$ 552/t	US\$ 552/t	US\$ 552/t	-
<b>Preço médio de cristal cultivado em barra usinada – EUA (FOB)</b>					
<b>Ano</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>Cotação</b>	US\$ 400/t	US\$ 600/t	US\$ 600/t	US\$ 600/t	-

Extraído Sumário Mineral - DNPM

As reservas mundiais de grandes cristais naturais de quartzo ocorrem quase exclusivamente no Brasil e, em quantidades menores, em Madagascar, Namíbia, China, África do Sul, Canadá e Venezuela.

Quanto à produção de quartzo para indústrias de alta tecnologia, o setor está sob regime exclusivamente garimpeiro, incentivado por empresas exportadoras. A exploração é feita normalmente em lavra artesanal, a céu aberto ou poços de pequenas profundidades. A extração é rudimentar e obtêm-se dois tipos de materiais de interesse industrial:

- Cristal natural piezoelétrico que fornece sementes insubstituíveis na obtenção de quartzo sintético.
- Lascas de quartzo que são fragmentos irregulares utilizados inicialmente na fabricação de vidros e, hoje em dia, essenciais como nutrientes para produção do quartzo cultivado e/ou granulado para obtenção de quartzo fundido.

É indispensável que o cristal piezoelétrico tenha elevada pureza, livre de imperfeições, inclusões minerais e/ou fluidos e geminações óticas e/ou elétricas.

Numa primeira etapa, o cristal bruto é classificado observando-se a forma (facetado ou irregular), o peso e os defeitos visíveis a olho nu. A seguir, o cristal é examinado em inspectoscópio para verificação das geminações, que podem invalidar sua utilização. Finalmente, os cristais selecionados recebem as seguintes designações:

- Classe A: cristal hialino, incolor com 65 a 100% de material aproveitável para fins piezoelétricos.
- Classe B: cristal hialino, incolor ou leve e uniformemente colorido, com 45 a 60% de material aproveitável.
- Classe C: cristal hialino, incolor ou levemente colorido, com 30 a 45% de material aproveitável.
- Classe D: cristal hialino, incolor ou colorido, com um mínimo de 50% de material isento de defeitos perceptíveis.

As lascas de quartzo constituem, portanto fragmentos irregulares, incolores, límpidos, vítreos, pesando menos de 200g e são descartados do cristal natural piezoelétrico na fase de extração.

As lascas de quartzo são selecionadas de acordo com aspectos macroscópicos, recebendo as seguintes designações:

- Lascas de primeira: fragmentos perfeitamente transparentes, não opalescentes;
- Lascas de segunda: fragmentos com grau médio de opalescência e imperfeições visíveis;
- Lascas de terceira ou mista: fragmentos opalescentes, de aspecto leitoso e com maior concentração de imperfeições.

O mercado de manufaturados de quartzo no que diz respeito ao dispêndio de divisas com importações em 2006, ficou estabilizado quando comparadas a 2005. Entretanto, em função da desvalorização do dólar frente ao real, as quantidades importadas aumentaram. Os dados oficiais de importação incluem outros tipos de quartzo além daqueles com propriedade piezométrica e devem ser observados com reservas. As principais importações de cristal de quartzo no Brasil são de produtos manufaturados, os cristais piezométricos montados e suas partes, e em menor valor, cristal cultivado bruto e usinado. As exportações brasileiras de lascas em 2006 atingiram o montante de 14.195t para um valor correspondente de US\$ 3.330.000. O preço médio atingido em 2006 foi de US\$ FOB 0,23/kg.

A balança comercial brasileira referente ao quartzo pende negativamente para o Brasil, correspondendo a um déficit em divisas de US\$ FOB 36.592.000 em 2006 esse quadro deve se manter no biênio 2007-2008, provavelmente vindo a apresentar um acréscimo no volume importado.

As projeções quanto as flutuações do preço das lascas de quartzo para exportação vislumbram sinais de alterações negativas se analisarmos a série histórica dos preços nos últimos anos, quando passou de US\$ 283,21 FOB em 2002 para US\$ 164 FOB em 2006. Quanto às importações o preço não deverá sofrer alterações significativas para o cristal cultivado nem para o cristal cultivado usinado.

#### **Quartzo - Preço Cristal Cultivado Barra Bruta Importação BR FOB (US\$/t)**

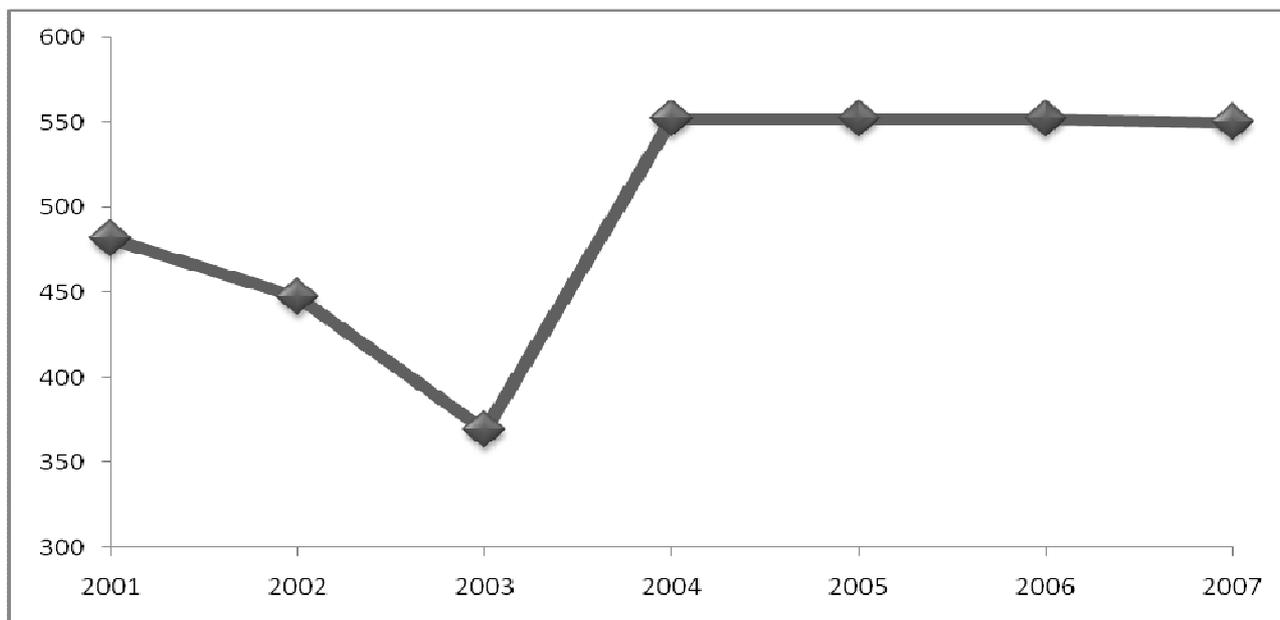


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CETEM)

### Quartzo - Preço Cristal Cultivado Barra Usinada EUA (US\$/Kg)

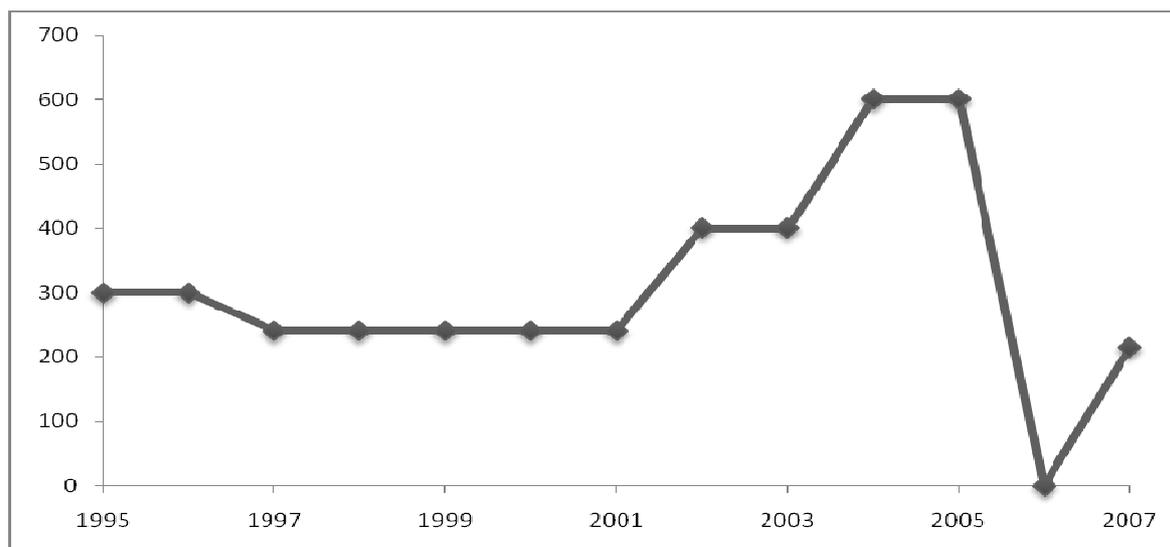


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CETEM)

### Quartzo - Preço Lascas e Quartzo em Bruto Exportação BR FOB (US\$/t)

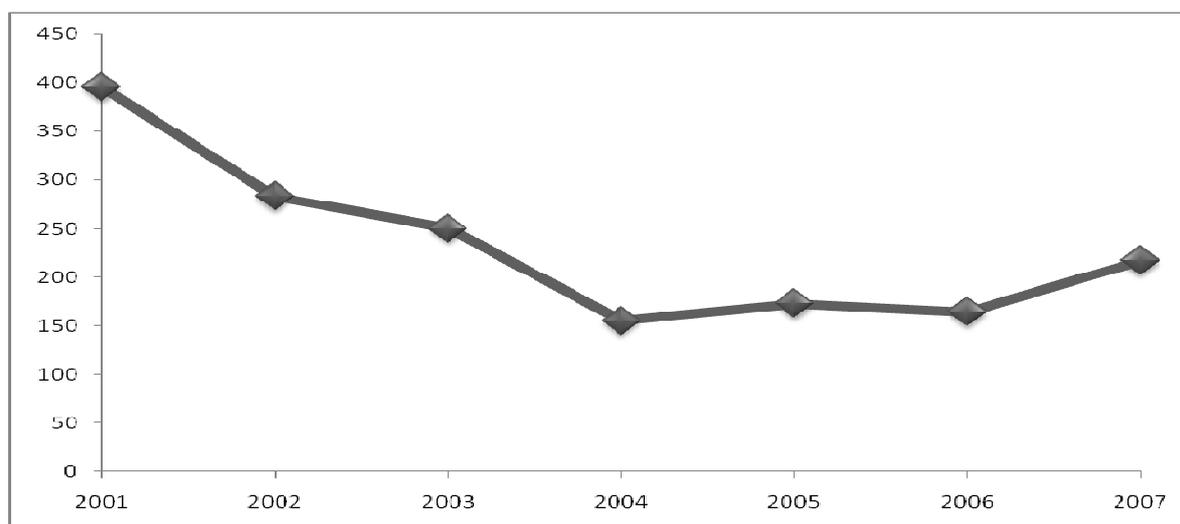


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CETEM)

### Maiores Empresas Produtoras

Empresa	Região	UF	2005	2004	2003	2002
Mineração Gerais LTDA	Sudeste	MG	68,04%	50,77%	-	-
Camargo Correa Metais S/A	Norte	PA	31,84%	49,10%	96,36%	82,47%
Mineração Brejo do Rio Preto LTDA	Sudeste	MG	0,12%	0,13%	0,47%	7,73%
Mineração Mato Grosso S/a	Centro Oeste	MS	-	-	2,83%	-
Mineração Rosa Melo LTDA	Sudeste	MG	-	-	0,34%	-
Antonio Rodrigues de Moura	Sudeste	MG	-	-	-	8,85%
Milton Antonio Basílio	Sudeste	MG	-	-	-	0,95%

Extraído da publicação Perfil do Quartzo - DNPM

Os recursos e reservas de quartzo no Brasil estão associados a dois tipos de jazimentos: depósitos primários (quartzo de veios hidrotermais e de pegmatitos) e secundários (quartzo ocorrente em sedimentos eluviais, coluviais e aluviais resultantes do trabalho geológico pelas forças da natureza em depósitos primários).

No processo de produção brasileira de quartzo (cristal) predomina o pequeno minerador e o minerador informal (não legalizado), tanto na produção de lascas (fragmentos de quartzo selecionados manualmente pesando menos de 200 gramas) quanto na produção de cristais. Os cristais de grau eletrônico (usados na indústria de cristal cultivado) são mais raros e de produção esporádica.

Na maior parte dos depósitos brasileiros de quartzo, o desmonte é manual, através de pás e picaretas, sendo raras as jazidas que possuem uma atividade mecanizada.

Ressalta-se que desde 1996 o Brasil deixou de produzir quartzo cultivado. Os fabricantes nacionais de cristais osciladores e filtros a cristal importam desde então as barras de cristais cultivados necessários ao processo industrial.

O percentual de capital estrangeiro e certificações nas séries ISO são ausentes nos pequenos empreendimentos garimpeiros e nos empreendimentos informais.

#### **Quartzo (Cristal) e Outros Piezelétricos - Usinas Total (nº)**

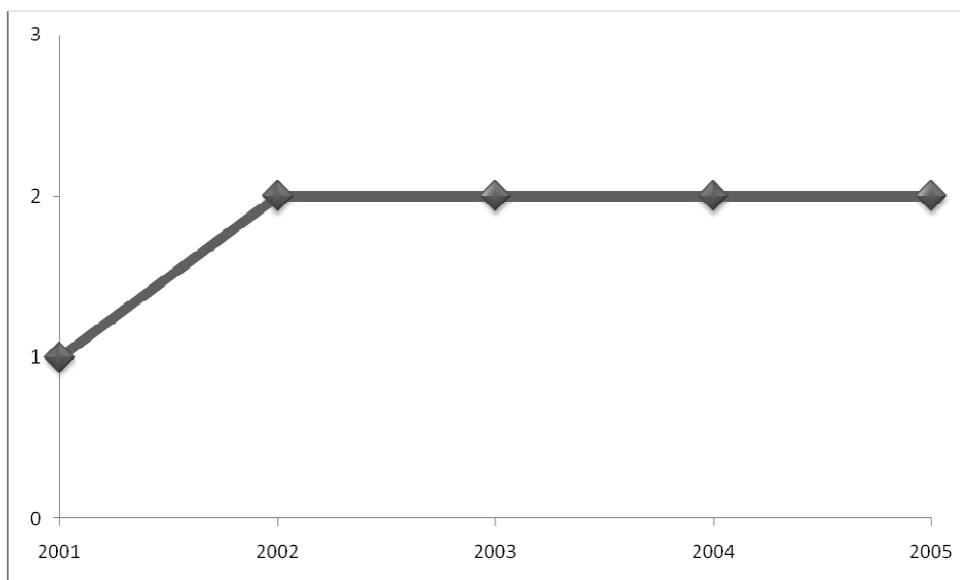


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CETEM)

A empresa de maior destaque foi contatada através de formulários a fim de fornecer informações relevantes, como: qualificação de empregados e coeficientes de ocupação por unidade de produção do produto mineral; parque produtivo (capacidade, localização e tipologia das Minas e das Usinas de Tratamento/Processamento do minério); produtividade (t/homem/ano); consumo energético [kwh/t; kcal/t; total (tep/t)]; utilização de água; geração de resíduos minerais; custo atual de investimento em pesquisa (exploração) mineral; custo atual de investimento [R\$ (US\$/t)].

#### **Empresa contatada para responder aos questionários:**

<b>Empresa</b>	<b>Contato</b>	<b>Responsável</b>
Empresa de Mineração Santa Rosa	(32)3278-1384	Lamartine

Tal empresa do setor não respondeu aos dados solicitados.

Após insistentes cobranças a várias outras empresas do setor para as quais enviamos os questionários com as perguntas sobre o sistema produtivo, lamentavelmente informamos que não temos condições e elementos/dados concretos que nos permitam preencher ou mesmo estimar os pontos faltantes do relatório. Nos propusemos a visitar pessoalmente algumas empresas aqui de Minas na tentativa de facilitar o processo de obtenção dos dados, mas, em vão, a abertura não nos foi concedida.

Num setor muito informal, onde prevalecem as operações de garimpo, onde não se sabe sequer o volume de reservas das jazidas que se está operando e por aí vai, não é estranho imaginar que as pessoas tenham desconfiança em passar informações estratégicas.

No Quadro a seguir, estão relacionados os preços médios de quartzo, ressaltando-se a disparidade entre os valores da matéria-prima e seus produtos finais. (Lemos, 1988a)

<b>Produtos</b>	<b>Preço Médio (US\$/kg)</b>
Lascas de terceira	1,2
Lascas de segunda	2,5
Lascas de primeira	6,2
Cristal Natural	10
Bastão cultivado	30
Cristal oscilador	1,0 (0,08)*
Quartzo fundido	100
Tubos de quartzo fundido	78 a 1500**
Fibras óticas	0,26**
Silício de grau metalúrgico	1,0 a 1,2
Silício de grau eletrônico	60 a 85
Silício monocristalino	360 a 450
Lâmina monocristalina de silício	800 a 1100

\* = US\$/g (grama)

\*\* = US\$/m (metro)

| Fonte: Lemos (1988a)

## 2. USOS

O emprego do quartzo na indústria é função do conteúdo de impurezas, defeitos no cristal e outras normas específicas que cada segmento industrial requer. Os cristais de melhor qualidade são destinados à indústria óptica, eletrônica e de instrumentação, enquanto os de qualidade inferior destinam-se à indústria em geral (abrasivos, cerâmica, metalúrgica).

Para uso no segmento eletro-eletrônico, vidros ópticos, tubos para lâmpadas halógenas ou fibras ópticas, têm sido utilizadas como matéria prima, lascas de alta pureza ou pó de quartzo. Este é obtido a partir do beneficiamento de lascas de quartzo de qualidade inferior ou do beneficiamento de pegmatito ou alasquito.

O cristal natural, embora tenha sido substituído, desde o início da década de setenta, pelo quartzo cultivado em autoclave, ainda é utilizado na confecção de sementes-mães para o crescimento do quartzo cultivado.

As lascas de quartzo de alta pureza são usadas diretamente na produção de quartzo cultivado, quartzo fundido, cerâmicas especiais, e filler para microcircuitos.

A partir do pó de quartzo obtido de lascas variadas ou da concentração de quartzo de pegmatitos, produz-se o quartzo fundido. Este é um material não cristalino, transparente e que retém muitas das propriedades ópticas e de resistência química do quartzo, mas que não possui mais a sua propriedade piezolétrica, perdida após o processo de fusão. O quartzo fundido possui um mercado bastante sofisticado, compreendendo uma linha de produtos da maior relevância: indústria óptica, indústria de equipamentos elétricos, indústria química de base, equipamentos e aparelhagem científica e de precisão, fibra óptica.

### Aplicações dos produtos de quartzo nas indústrias

Usos nas Indústrias Produtos Finais	Automobilística	Bélica	Const. Civil	Eletrodoméstica / Elétrica/ Eletrônica	Equip. Médico	Metal	Óptica	Química	Relojoeira	Telecom.	Outras
Osciladores		X		X	X				X	X	
Filtros		X		X						X	
Sensores	X	X									
Transdutores	X	X		X				X			
Sementes de cultivo											X
Blocos ornamentais											X
Tubos de sílica				X	X	X		X			X
Fibra ótica	X				X					X	
Tubos para difusão				X				X			
Vidro ótico							X				
Vidraría especial	X			X	X		X	X			
Bulbos				X							
Ampolas				X				X			
Lã de sílica		X									X
Fios de sílica		X									X
Placas de sílica							X				
Blocos de sílica							X	X			
Cadinhos					X						X
Aços especiais	X	X	X			X					
Ligas especiais	X	X	X			X					
Silicone	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tubos de sílica				X	X	X		X			X

Usos nas Indústrias Produtos Finais	Automobilística	Bélica	Const. Civil	Eletrodoméstica / Elétrica/ Eletrônica	Equip. Médico	Metal	Óptica	Química	Relojoeira	Telecom.	Outras
Bastões de sílica				X							
Célula fotovolta		X		X					X		X
Transdutores	X			X							
Transistores	X			X							
Tristores	X			X							
Sensores		X		X							
Chips	X	X		X	X				X	X	X
Detentores	X	X		X			X				
Abrasivos		X					X				X
Refratários		X	X	X		X					
Resistores				X		X					
Vidros planos	X		X		X						X
Vasilhames					X			X			X
Vidraria em geral					X			X			X
Areia			X			X					X

Tabela elaborada baseada de publicação do CETEM - 1995

### 3. CONSUMO

**Quartzo - Consumo Aparente Cristal Cultivado Barra Bruta (t)**

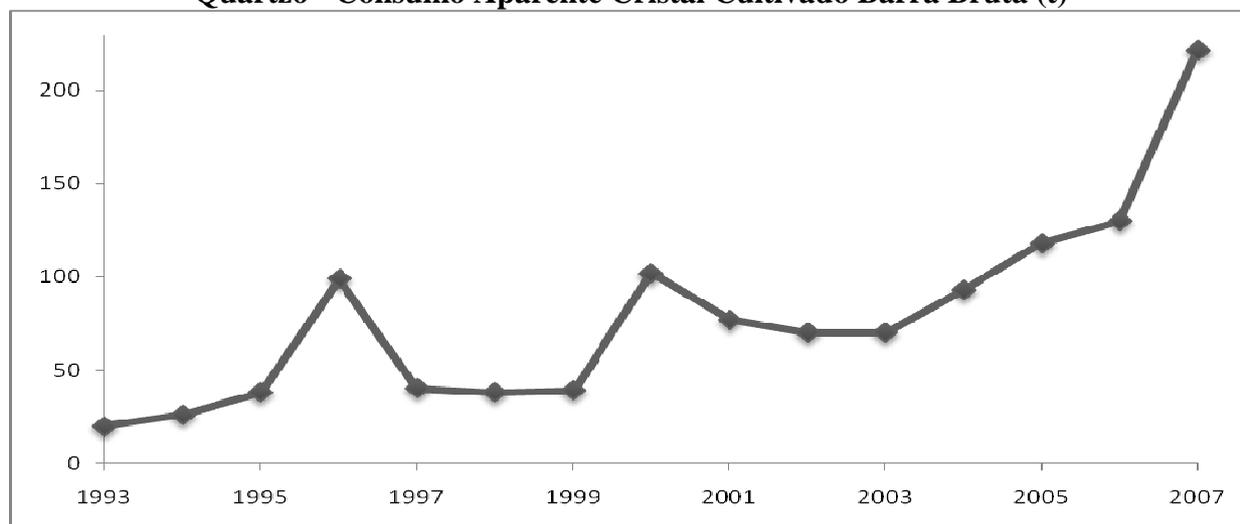


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CETEM)

## Principais Consumidores no Mercado Interno

### Quartzo (Cristal) E Outros Piezelétricos – Produtos Beneficiados

#### Distribuição Regional e Setorial da Quantidade Consumida por Substâncias

Distribuição Regional	%	Setores de Consumo	%
MG	80,66	Metalurgia - Não Ferrosos	56,46
PA	19,33	Construção Civil	24,19
Não Informado	0,01	Não Informado	19,35

Tabela elaborada baseada em informações de publicação – DNPM - 2005

O cristal de quartzo é utilizado na confecção de dispositivos piezelétricos controladores de frequência. A indústria brasileira de cristais osciladores, osciladores de quartzo e filtros de quartzo consomem barras de quartzo cultivado importadas. Os principais setores de consumo dos cristais, osciladores e filtros de quartzo produzidos no Brasil são as indústrias de relógios eletrônicos, de automóveis, jogos eletrônicos, equipamento de telecomunicações, computadores e equipamentos médicos.

Continuou no exercício de 2005, a dependência brasileira de “vidro ótico” (vidro de precisão utilizado em instrumentos, lentes, microscópios, etc.). Este material é produzido a partir de pó de quartzo de alta pureza física e química, normalmente fabricados no exterior a partir das lascas de quartzo.

## Principais Compradores no Mercado externo Quartzo (Cristal) e outros Piezelétricos

	Quantidade(t)	Países	%
<b>Bens Primários</b>	<b>17.858</b>	Espanha	40,14
		Bélgica	12,28
		Itália	7,16
		Chile	6,44
		Macau	6,02
		Japão	4,74
		Hong Kong	4,73
		Rússia	4,49
<b>Manufaturados</b>	<b>3</b>	Malásia	29,59
		Singapura	25,76
		Estados Unidos	20,26
		Hong Kong	6,09
		China	5,59
		Canadá	4,46
		Suecia	3,24

Tabela elaborada baseada em informações de publicação – DNPM - 2006

No final da década de 70, ocorreu uma mudança de grande impacto sobre o mercado de quartzo natural, causada pela modificação na tecnologia de produção do quartzo cultivado em autoclave, a partir de lascas de quartzo usadas como nutriente. O desenvolvimento deste processo permitiu a obtenção de um quartzo piezométrico com as mesmas propriedades do quartzo natural, o que afetou profundamente a demanda por quartzo natural no mercado internacional e, conseqüentemente, seu consumo e produção.

No final da década de 80, com o advento dos semicondutores e à medida que se tornavam mais baratos, as técnicas de processamento de dados se disseminaram e com isto a comunicação digital também passou a ser utilizada. Dessa forma, passou-se a substituir os circuitos analógicos pelos circuitos digitais, afetando com isso a indústria do quartzo piezométrico. Nos circuitos analógicos, o quartzo é utilizado como ressonador, onde a frequência (rádio, televisão, telefone etc.) é submetida a uma modulação para outro sinal imposto. A transmissão de informação via sistema digitalizado (base sistema binário - zero e um) é mais eficiente, menos sujeita a erro e mais barata do que a transmissão analógica.

O mercado de quartzo de manufaturados, no que diz respeito ao dispêndio de divisas com importações, cresceu 65% no exercício de 2007, quando comparado ao do exercício de 2006. Isto ocorreu em função da desvalorização do dólar frente ao real. Em quantidade, o crescimento das importações foi de 78%. Os dados oficiais de importação incluem outros tipos de quartzo além daqueles com propriedade piezométrica e devem ser observados com reservas.

As principais importações pela cadeia produtiva industrial de quartzo no Brasil são de produtos manufaturados. Estes produtos são: cristais piezométricos montados e suas partes, e em menor valor, cristal cultivado bruto e usinado. O valor total das importações de manufaturados foi de US\$ FOB 66.065.000 no ano de 2007.

Os principais países exportadores de manufaturados de quartzo para o Brasil foram: Japão, China, Coreia do Sul, USA, Alemanha e Malásia. No exercício de 2007, a quase totalidade das importações de manufaturados foi de cristais piezométricos para a indústria eletroeletrônica que tem uma grande demanda insatisfeita de produtos específicos, em função do crescimento do mercado brasileiro de computadores pessoais, telefones celulares, jogos eletrônicos, GPS, equipamentos médicos e da indústria automotiva que se moderniza cada vez mais nas linhas de fabricação e/ou de montagem.

A indústria de telemática e cenários de guerra no mundo estimularam um forte aumento nas exportações de quartzo, que cresceram 59% em relação ao exercício de 2006 quando comparadas as quantidades exportadas. Continua sendo forte a concorrência dos mercados estrangeiros alternativos, tais como; China, África do Sul, Venezuela, Madagascar e Canadá. As exportações brasileiras de quartzo atingiram o montante de 22.561 t para um correspondente valor em divisas de US\$ FOB 4.901.000. As exportações de cristais piezométricos montados totalizaram dez toneladas, correspondendo à cifra de US\$ FOB 622.000.

O total das exportações brasileiras de quartzo (bens primários e manufaturados) foi de US\$ FOB 5.523.000. O destino dos bens primários de quartzo exportados foi: Espanha (31,6%), Japão (13,7%), Israel (10,4%), Itália (7,7%), Bélgica (6,8%), Chile (5,2%) e Estados Unidos da América (4%).

Os dados estatísticos disponíveis em todas as bases oficiais diferem muito entre si e impedem que seja feita qualquer projeção em relação à substância mineral quartzo seja, de consumo aparente, necessidade de pesquisa, investimentos e mão-de-obra.

Além do mais, ressaltamos que a própria estatística oficial do Governo (Anuário Mineral Brasileiro) apresenta valores altamente discrepantes e questionáveis para a produção anual do quartzo. Por exemplo o anuário diz que a produção de quartzo (cristal) e outros piezoelétricos

beneficiada em 2003 foi de 57.029 toneladas e em 2004 foi de 314.309. Salvo alguma mudança no critério de coleta de dados e/ou classificação daquilo que é considerado quartzo beneficiado e que não é comentada no anuário, como pode a produção dar um salto tão grande (550%) de um ano para o outro? Este é apenas um exemplo e vários outros itens discrepantes são encontrados nas estatísticas obtidas de fontes governamentais..

### Substitutos do Quartzo

**Abrasivos:** bauxita e alumina (alumínio fundido), coríndon / esmeril, diamante, diatomita, feldspato e óxido de ferro (magnetita);

**Agente Anti-bloqueio:** caulim calcinado, diatomita e talco;

**Construção:** calcário e mármore;

**Dessecantes (sílica gel):** Sólidos - argila, zeólitas, sulfato de cálcio;

Líquidos - cloreto de lítio, brometo de lítio, cloreto de cálcio;

**Pedra:** granito, mármore, calcário e ardósia;

**Filtro de mídia:** amianto, celulose, diatomita, granada, perlita, pedra-pomes;

**Fundição:** bauxita e alumina, cromita, olivina, perlita, zircão;

**Refratários:** andaluzita, bauxita, dolomita, olivina, zircão;

**Microssílica:** cinzas.

## 4. PRODUÇÃO MINERAL

### Quartzo - Produção Quartzo Cristal (t)

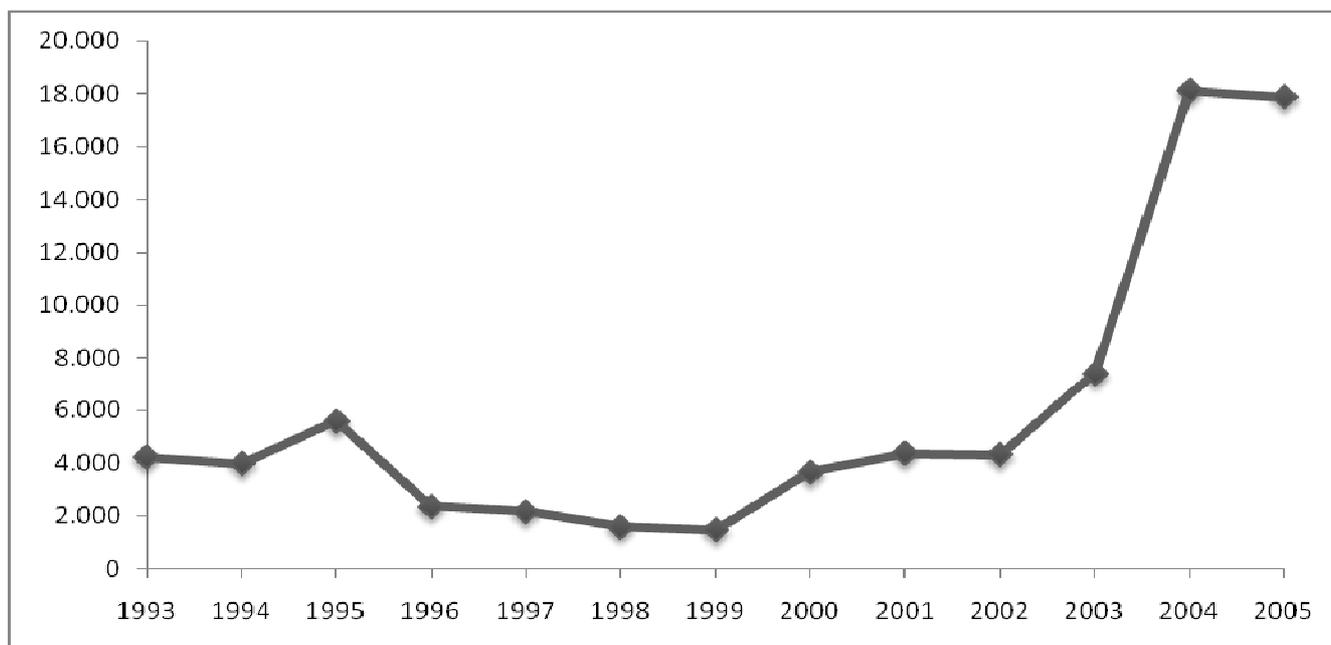


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CETEM)

**Quartzo (Cristal) e Outros Piezelétricos - Produção Mineral Total Comercializada (US\$)**

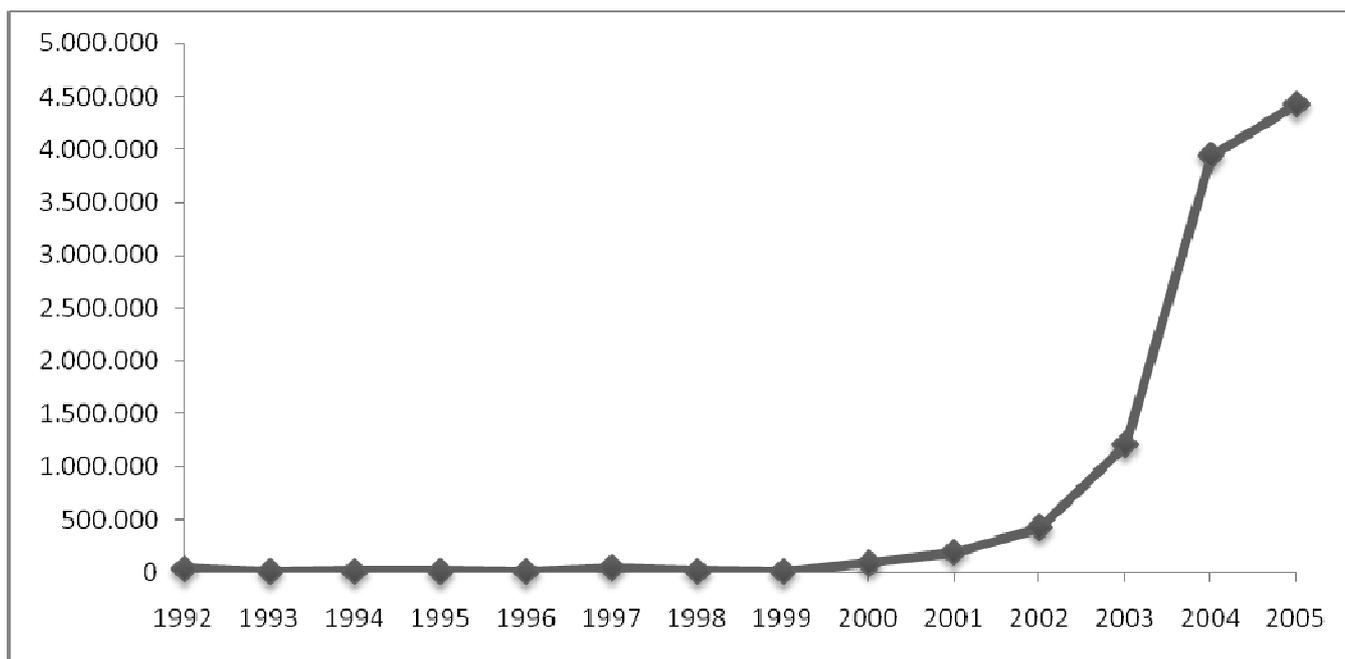


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata

**Quartzo Sílica - Produção Mineral Total Comercializada (US\$)**

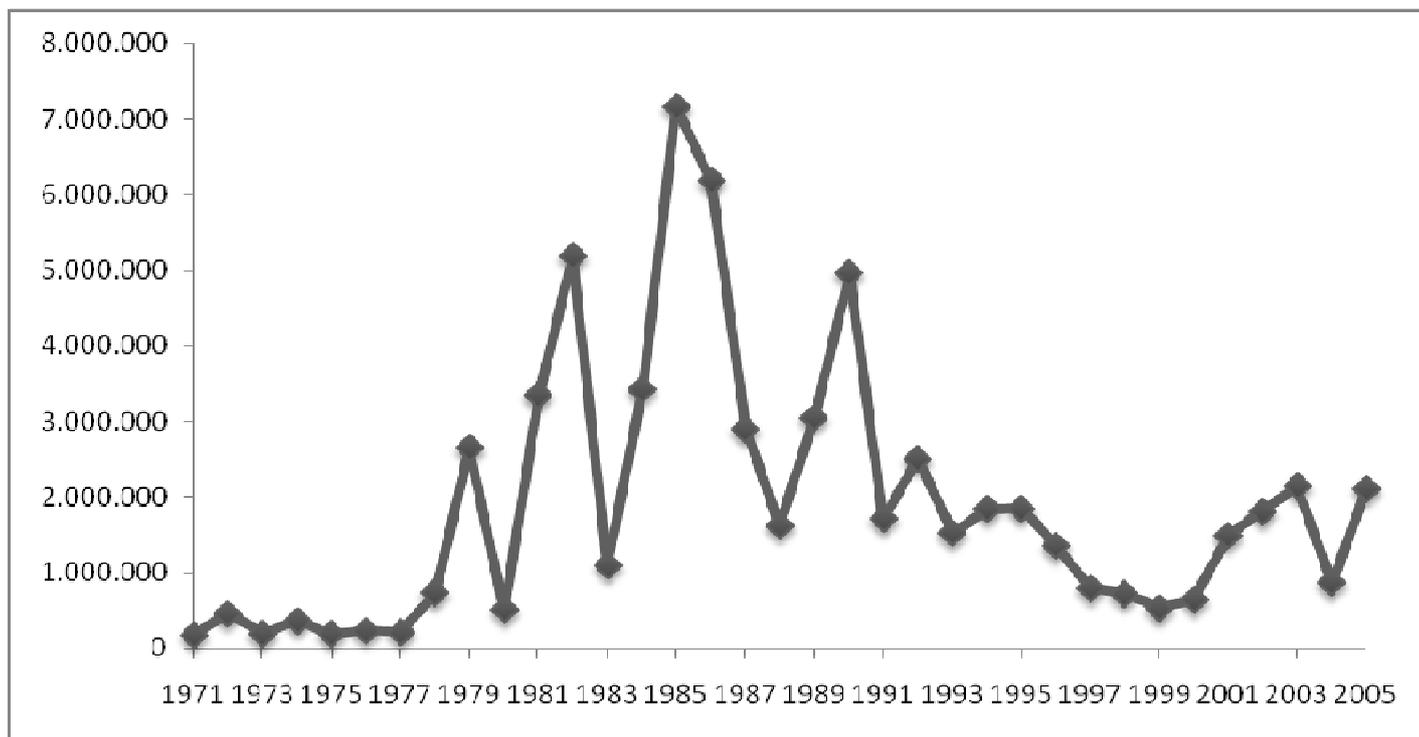


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CETEM)

## Quartzo - Consumo Aparente Cristal Cultivado Barra Bruta (t)

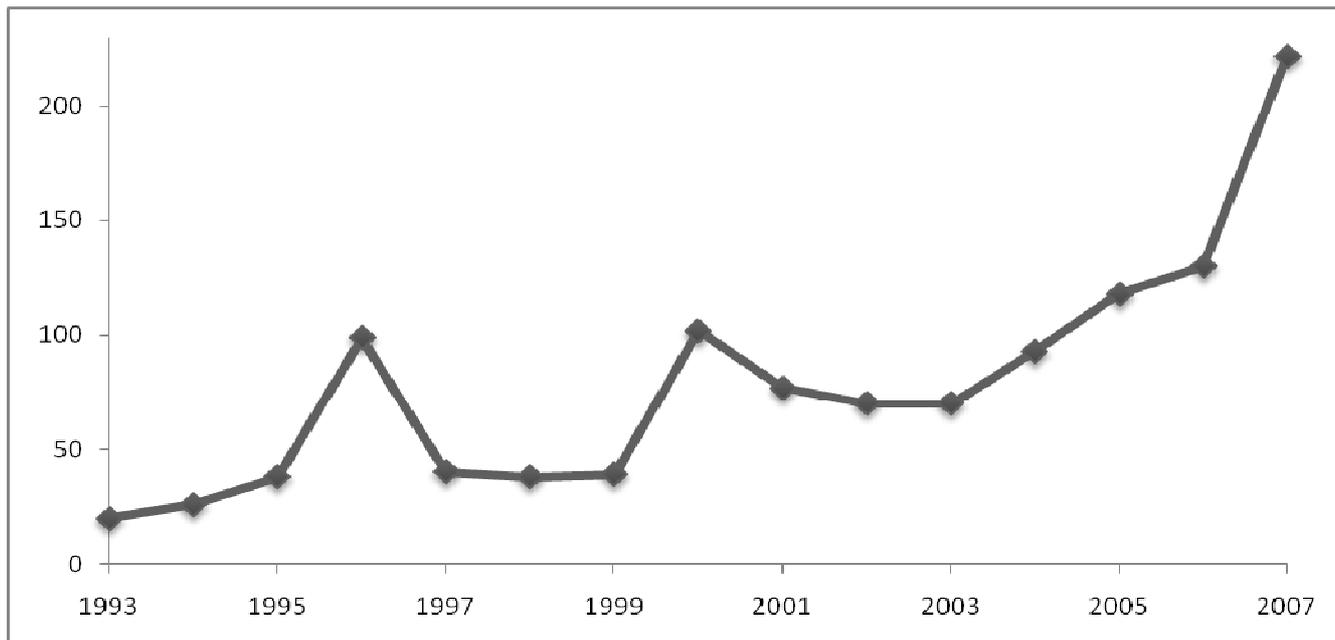


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CETEM)

### Principais Produtores Mundiais

Os principais produtores das diversas variedades são o Brasil, Suíça, Japão e África do Sul. Seguido por Áustria, Hungria, Grã-Bretanha, França, Alemanha, Itália, Madagascar, Estados Unidos, Índia, Zâmbia, Rússia, Uruguai, Paraguai, Birmânia, Canadá, México, Namíbia, Sri-Lanka, Argentina, Espanha, Moçambique, Escócia, Ucrânia, etc.

No Brasil, destacam-se os estados de Minas Gerais (com quartzo citrino, enfumaçado, cristal de rocha), Pará, Mato Grosso do Sul, além do Rio Grande do Sul (ametista, ágata), Bahia (ametista, cristal de rocha), Goiás (cristal de rocha, ametista), Paraná, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina.

### Tendências do Mercado Internacional

A grande diversidade de usos e tipos de quartzo torna um pouco complexa a avaliação de tendências. Os setores de vidros, construção civil e automotivo estão intimamente associados ao PIB e crescimento da população. O uso de janelas com vidros duplos e triplos, que auxiliam na economia de energia, tiveram uma grande expansão recentemente. O uso de embalagens de vidro, porém, é influenciado pela competição com embalagens plásticas, principalmente PET, alumínio, embalagens de papel e também pelo aumento da taxa de reciclagem das próprias embalagens de vidro.

## 5. RESERVAS MINERAIS

Os dados relacionados com reservas mundiais de quartzo são escassos. Sabe-se, no entanto, que o Brasil é detentor de 95% das reservas mundiais, o equivalente a 78 milhões de toneladas, pelas estatísticas oficiais do DNPM, no ano de 1986. Estes dados referem-se a quartzo de todas as qualidades, ou seja, para fabricação de Fe-Si, vidros, silício metalúrgico, cerâmicas tradicionais etc.

No estado do Pará estão as maiores reservas medidas do País, cerca de 64% das jazidas, seguida de 17% em Minas Gerais, 15% em Santa Catarina e 2% na Bahia. O restante dos depósitos está distribuído pelos estados de São Paulo, Ceará, Rio de Janeiro, Paraná, Espírito Santo e Goiás. Embora ainda não constituam reserva, são conhecidas ocorrências nos estados de Pernambuco, Mato Grosso do Sul e Amazonas.

As maiores empresas que produzem cristais e lascas de quartzo são: Quartzbrás Com.Exp. de Quartzo Ltda., Telequartz Exp. Ltda., Egger do Brasil Min.Ind. e Exp. Ltda., Multiquartz Min. Ltda., Minasquartz Ltda., Telstar Minerais Ltda. E Beloquartz Min. do Brasil Ltda. As três primeiras empresas citadas participaram com cerca de 62% da produção nacional de quartzo em 1990.

O Brasil também é detentor das principais jazidas mundiais de quartzo piezelétrico, ocorrendo em menor escala em outros países, tais como Madagascar, EUA (Arkansas), Angola e África do Sul. No início da década de 80, o estoque estratégico americano para quartzo começou a passar por revisões, em vista das mudanças tecnológicas e tendências de mudança de seu uso. Com isso, o estoque de quartzo foi reduzido de 661 t para 271 t. Atualmente, quase todas as aplicações piezelétricas e ópticas são atendidas pelo quartzo cultivado, sendo a produção mundial em torno de 2.000 t/ano. Esta produção concentra-se no Japão, EUA e China e em menor quantidade em outros países (Alemanha, África do Sul, Bélgica e Coréia do Sul).

### Quartzo (Cristal) e Outros Piezelétricos - Reservas Medida Minério (t)

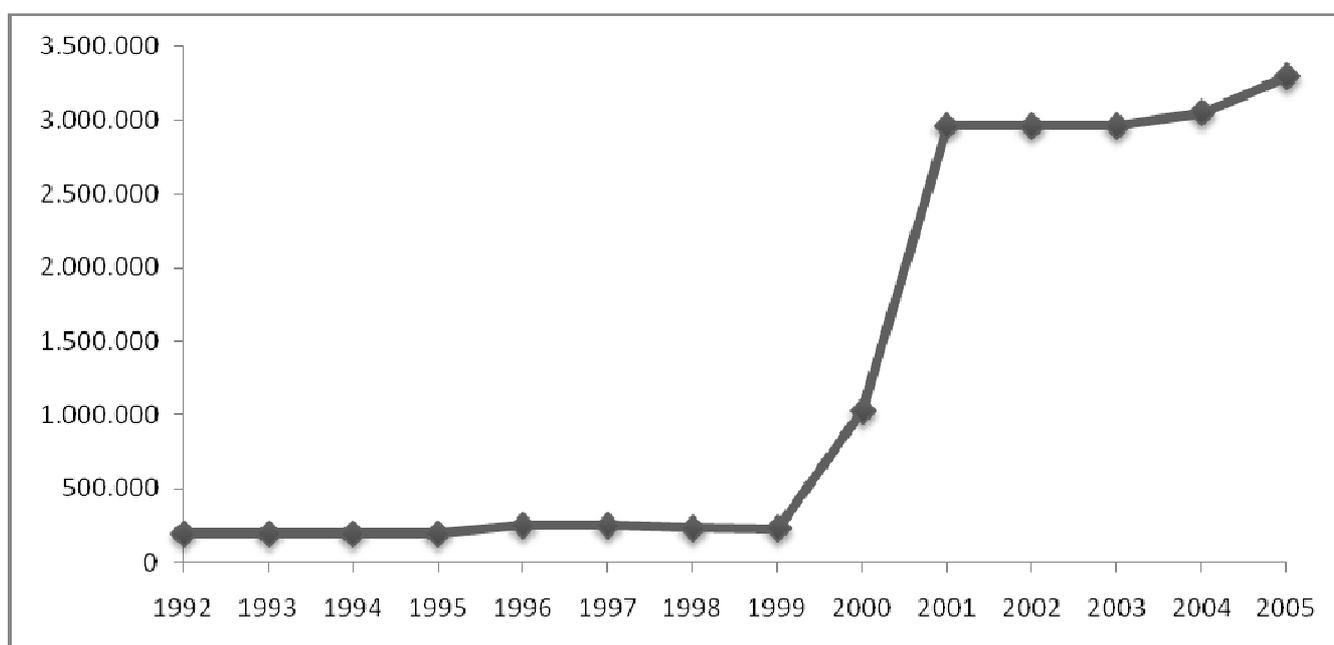


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CETEM)

**Quartzo (Cristal) e Outros Piezelétricos - Reservas Indicada Minério (t)**

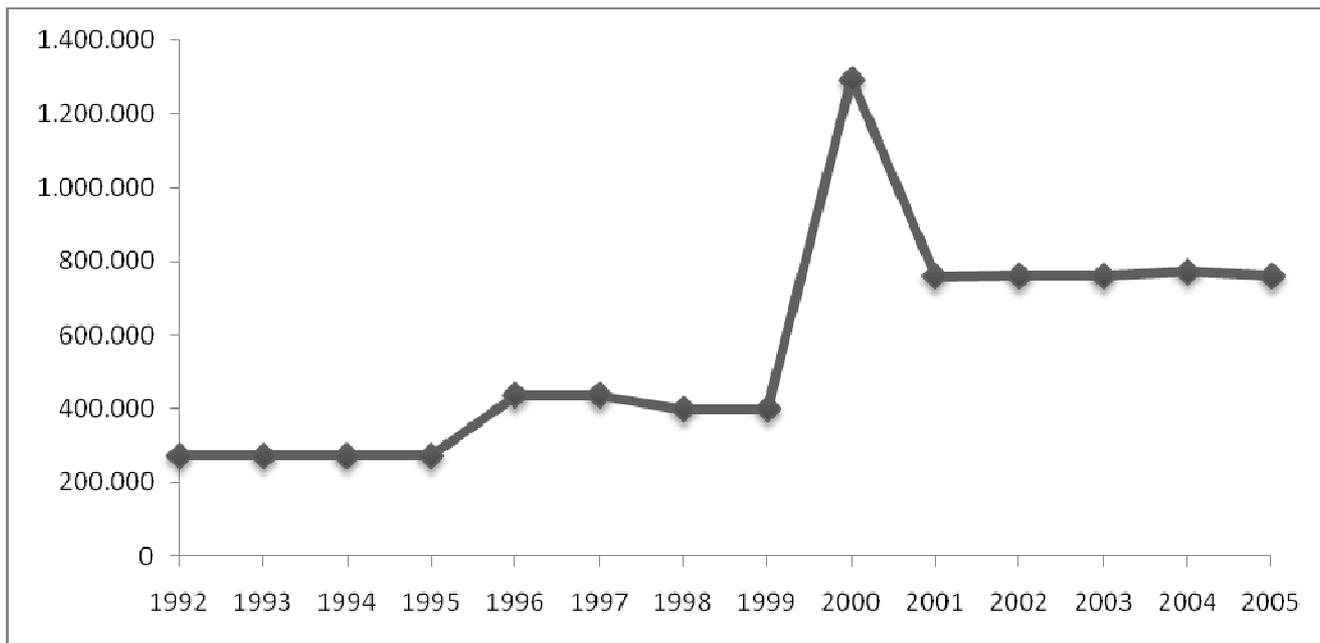


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CETEM)

**Quartzo (Cristal) e Outros Piezelétricos - Reservas Lavrável Minério (t)**

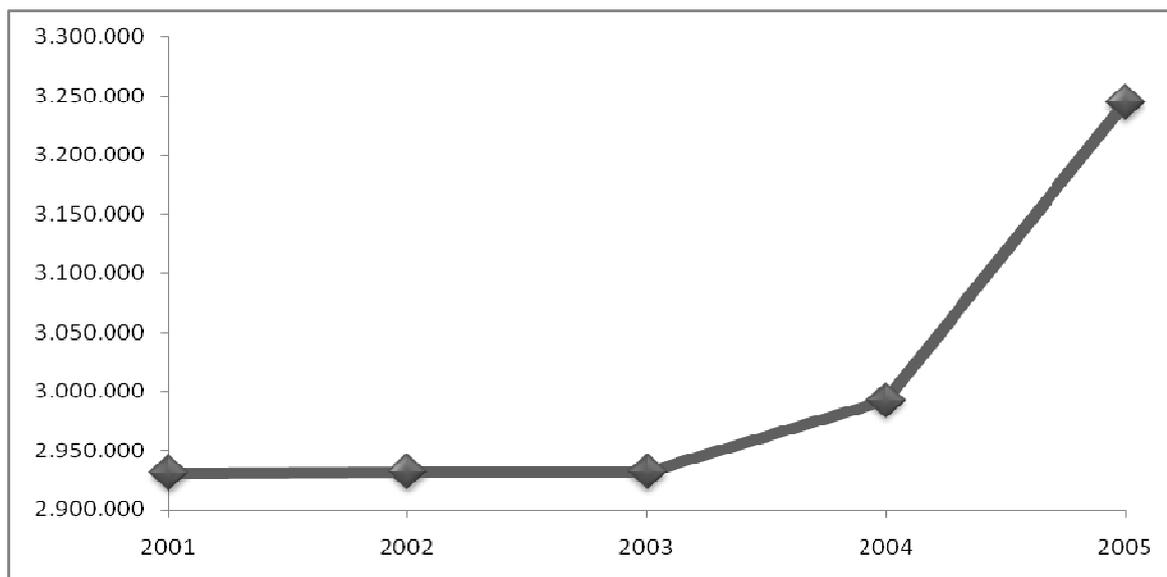


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CETEM)

**Quartzo Sílica - Reservas Medida Minério (t)**

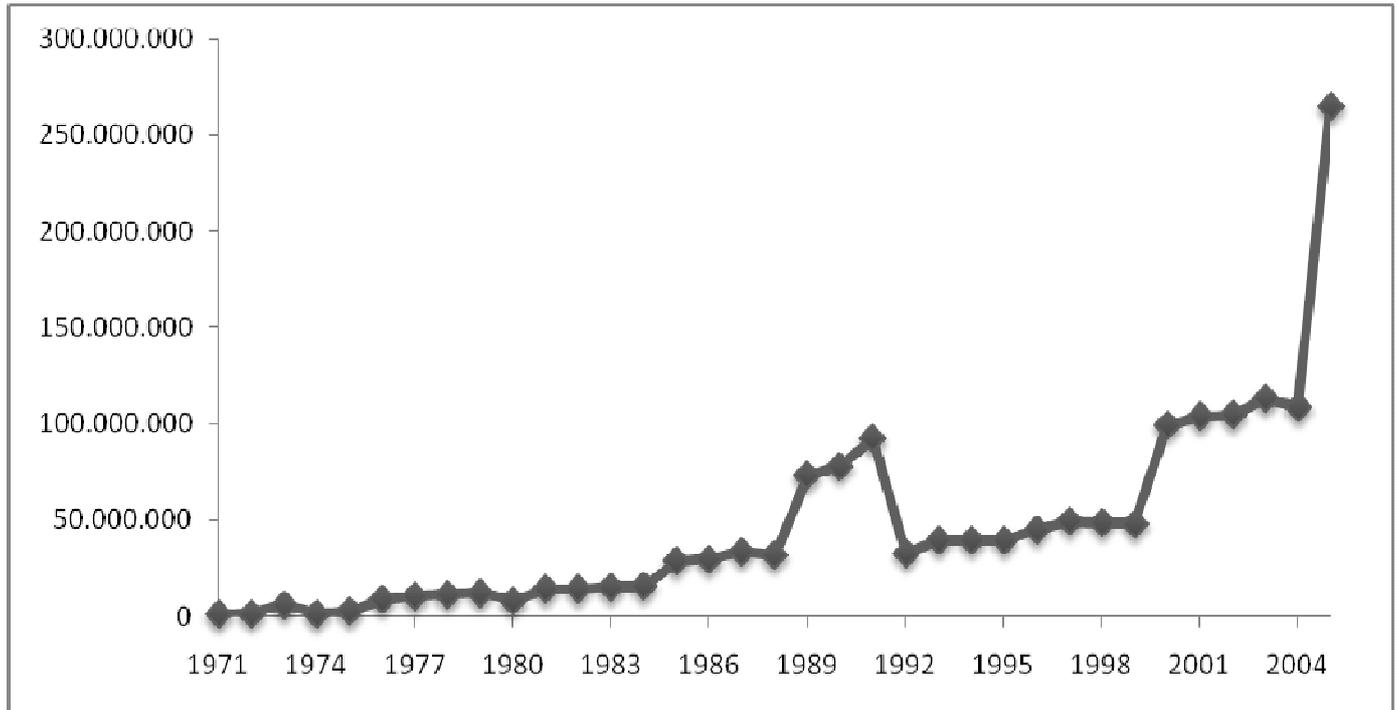


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CETEM)

**Quartzo Sílica - Reservas Indicada Minério (t)**

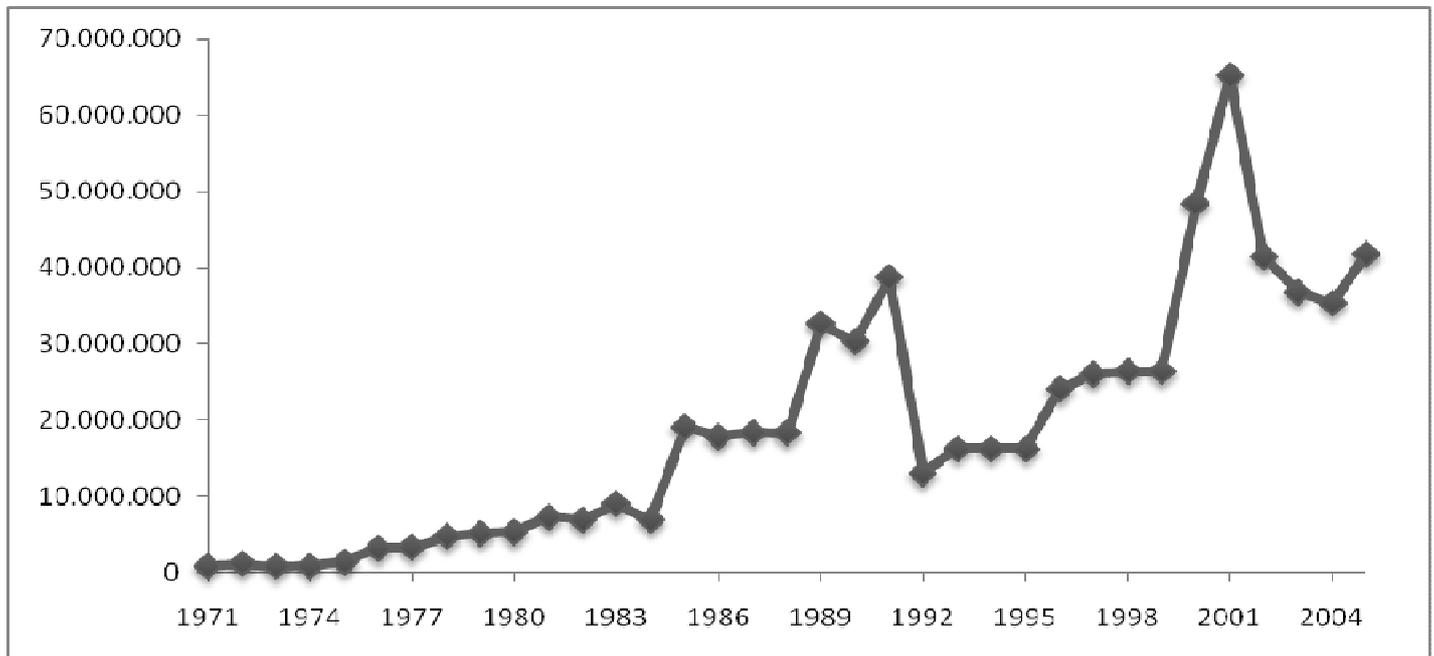


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CETEM)

### Quartzo Sílica - Reservas Lavrável Minério (t)

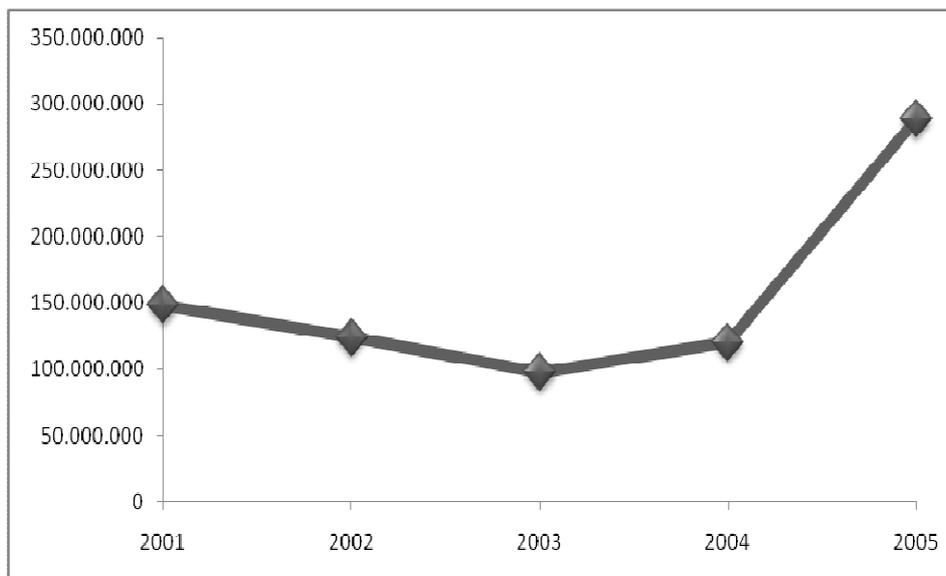


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CETEM)

O cristal de quartzo pode ser obtido na natureza em ocorrências ou jazidas, ou por crescimento hidrotérmico (*cultured quartz*) na indústria de cristais cultivados.

O crescimento hidrotérmico do quartzo sintético consiste na recristalização do quartzo natural em solução aquosa à pressão e temperatura elevadas. Este processo é semelhante à cristalização hidrotermal dos minerais quando são formados no interior da crosta terrestre.

As reservas mundiais de grandes cristais naturais ocorrem quase exclusivamente no Brasil e, em quantidades menores, em Madagascar, China, África do Sul, Canadá e Venezuela. Estes países continuaram fornecedores eventuais para os EUA no exercício de 2007. O Canadá continua, ano a ano, aumentando suas exportações de lascas para o mercado consumidor norte-americano. No exercício de 2007, o consumo de lascas e cristais piezelétricos para a indústria norte-americana de cristal cultivado e quartzo fundido foi atendido pelos estoques existentes e pelas importações. Em 2007, não houve produção de cristal cultivado no Brasil, continuando assim a dependência brasileira deste produto de importância estratégica para a indústria eletrônica nacional. O Japão continua como maior produtor mundial de quartzo cultivado.

A indústria de crescimento hidrotérmico de cristais de quartzo utilizando cristais naturais tem substituído em parte o cristal natural pelas barras sintéticas cultivadas. Entretanto ainda continua a dependência do mercado consumidor supracitado aos produtores mundiais dos grandes blocos naturais piezelétricos que são usados exclusivamente para a geração de sementes usadas nos autoclaves das indústrias de cristais cultivados. A tendência do mercado mundial é aumentar cada vez mais a dependência por lascas de boa qualidade química.

### Áreas Brasileiras em Potencial

Extensa exploração levou a Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM) a definir um novo distrito pegmatítico, compreendendo 265 pegmatitos. Os depósitos cobrem uma área total de 223km<sup>2</sup>. As reservas representam 856.000 toneladas de feldspato e 3.230 toneladas de quartzo industrial. O preço do quartzo industrial segundo relatórios da CBPM foi de R \$ 25/t. O feldspato foi vendido para fundições no sul do Brasil, para uma média (FOB) no preço de R\$ 60/t.

No distrito de Santa Maria Eterna, sul da Bahia, um número estimado de 69.5 milhões de toneladas de areia silicosa foi apreciado pela CBPM. Destas reservas 11 milhões de toneladas são confirmadas, 51.5 milhões são indicadas e 7 milhões de toneladas são inferidas. Os depósitos

abrangem uma área de cerca de 19km<sup>2</sup>, que são divididos em 20 explorações detidas pela empresa. A composição da areia média 99,74% SiO<sub>2</sub> e 13 ppm de ferro. Além disso, se processada utilizando separação magnética, poderá ter utilização na especialidade de óculos e optoeletrônica.

Dentro dos mercados industriais locais, no entanto, o maior consumidor de quartzo relatado é um tipo de pavimentação denominado grés, enquanto feldspato é favorecido pelos azulejos de piso em porcelana. A CBPM afirma que vários grupos empresariais nacionais e estrangeiros têm mostrado interesse em desenvolver indústria de grés e porcelana para telha na Bahia. Se for bem sucedida, aumentaria a procura por quartzo, com investimentos previstos de cerca de R\$ 60 milhões. Na Região vizinha a Alagoinhas existe a Reserva de Caulino que, juntamente com o potencial em feldspato na região de Castro Alves, tem atraído produtores de azulejo de porcelana para a área. A CBPM alega que empresas pretendem investir R\$ 55 milhões em fábricas de telhas de porcelana na Bahia. Atualmente, os produtores de quartzo e feldspato da região de Castro Alves podem extrapolar o faturamento anualmente em R\$ 3.2 milhões e R\$ 1,5 milhões, respectivamente. A Execução dos referidos projetos podem elevar esse rendimento para mais de R\$ 10 milhões anualmente.

## 6. TECNOLOGIA

### Lavra

A lavra do quartzo é feita nos garimpos e na maior parte das minas por métodos rudimentares.

A extração do minério é realizada a céu aberto, existindo algumas poucas excessões como minas subterrâneas, cuja profundidade não ultrapassa dezenas de metros.

A principal característica das jazidas de quartzo é a proporção extremamente pequena do material utilizável em relação ao quartzo existente no depósito. Para quartzo límpido o produto vendável é algo em torno de 0,004%. Já o quartzo utilizado para fins piezoelétricos, o aproveitamento é de 0,025%.

A mecanização da exploração de quartzo é complexa visto a ocorrência de forma anômala do mineral e a necessidade de se evitar, durante a extração, danos na estrutura do cristal por quebra.

Avanços tecnológicos na exploração ou beneficiamento não surtem efeito quando o produto é o cristal, visando a preservação da estrutura cristalina. Já no caso de extração de lascas, a mecanização pode se estender muito se as jazidas forem contínuas.

## 7. RECURSOS HUMANOS

As estatísticas oficiais do DNPM sobre mão-de-obra utilizada na mineração estão disponibilizadas no Mireradata (CETEM) conforme os gráficos apresentados a seguir. Conforme pode ser observado, o numero de pessoas empregadas é muito pequeno devido não estar incluído as pessoas da atividade garimpeira do quartzo, que certamente é um número muito maior. Nesta estatística, o DNPM reporta somente 1 engenheiro de minas como empregado de nível superior no segmento. Portanto, não faz sentido se fazer a projeção de necessidades de recursos humanos baseado nesta base de dados.

A formação de técnicos de nível superior nas áreas de geologia e engenharia de minas é muito antiga no Brasil, tendo se iniciado em 1876, quando da criação do primeiro curso de engenharia de minas no País, na Escola de Minas de Ouro Preto, no Estado de Minas Gerais, berço da mineração brasileira.

As universidades federais são as principais formadoras de profissionais para a indústria de mineração. Dezesesseis delas mantêm cursos e programas de geologia, geofísica, geoquímica e geoestatística e sete dispõem de curso de engenharia de minas. Programas de mestrado e doutorado estão disponíveis na maioria dessas instituições.

Ressalta-se, porém que o sucesso dos negócios com os minerais industriais depende, em grande parte, do grau de intimidade dos produtores com o mercado. No Brasil as possibilidades de valorização dos minerais industriais, num contexto amplo, são barradas pelo domínio de uma escola de formação dos profissionais de mineração ainda muito clássica, voltada para a grande mineração dos metálicos e as grandes commodities energéticas e não-metálicas. Como resultado, há quase uma total ausência de profissionais capacitados para o entendimento e aperfeiçoamento da interface produtor mineral – mercado.

### Quartzo Sílica - Mão-de-Obra Total (nº de pessoas)

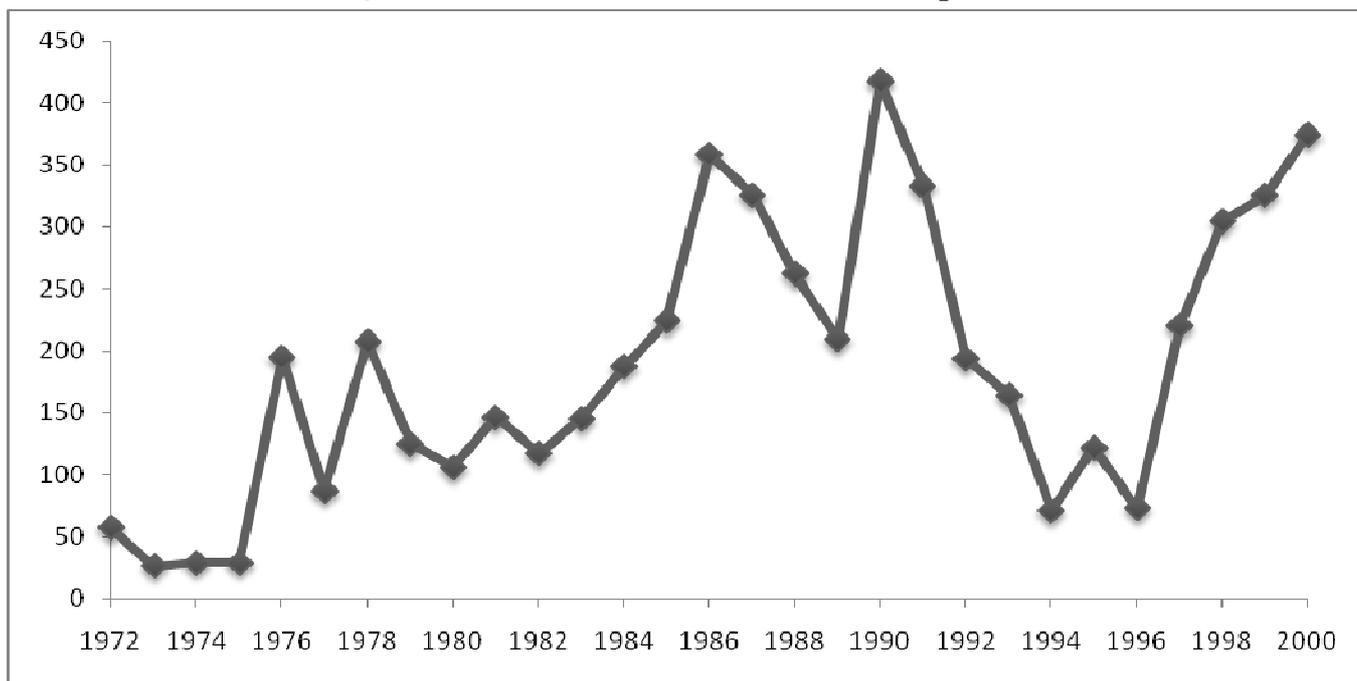


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CETEM)

### Quartzo (Cristal) e Outros Piezelétricos - Mão-de-Obra Empregada (nº de pessoas)

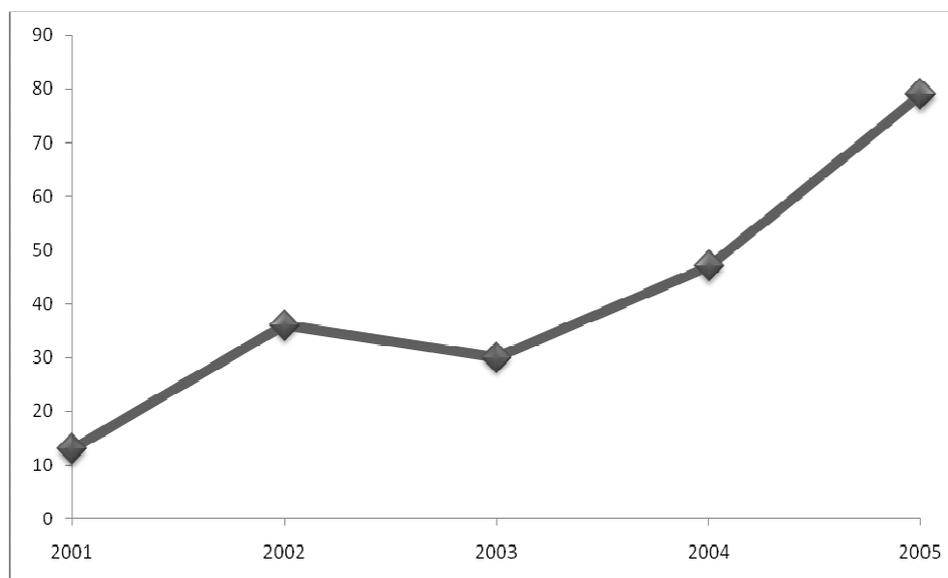


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CETEM)

### Quartzo (Cristal) e Outros Piezelétricos - Mão-de-Obra Terceirizada (nº de pessoas)

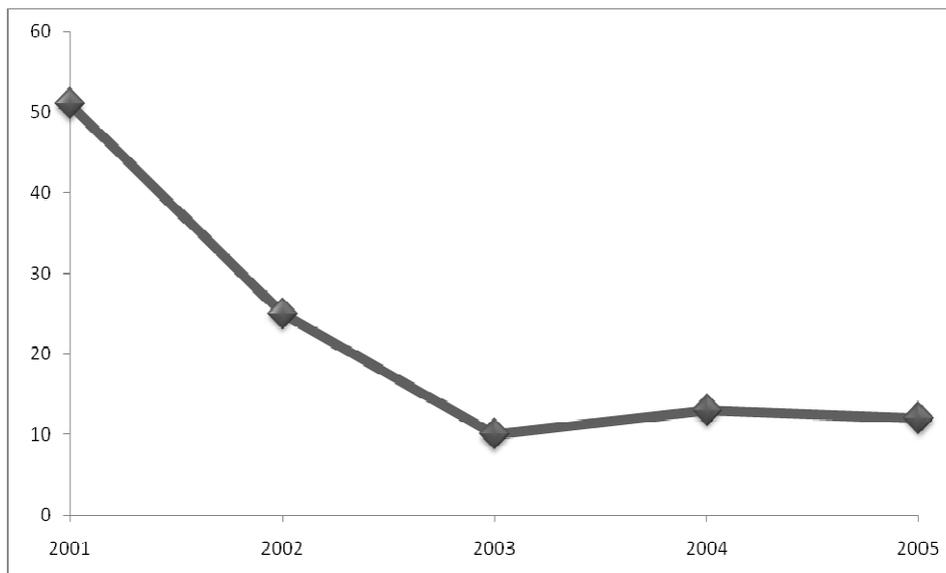


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CETEM)

### Quartzo (Cristal) e Outros Piezelétricos - Mão-de-Obra Total (nº de pessoas)

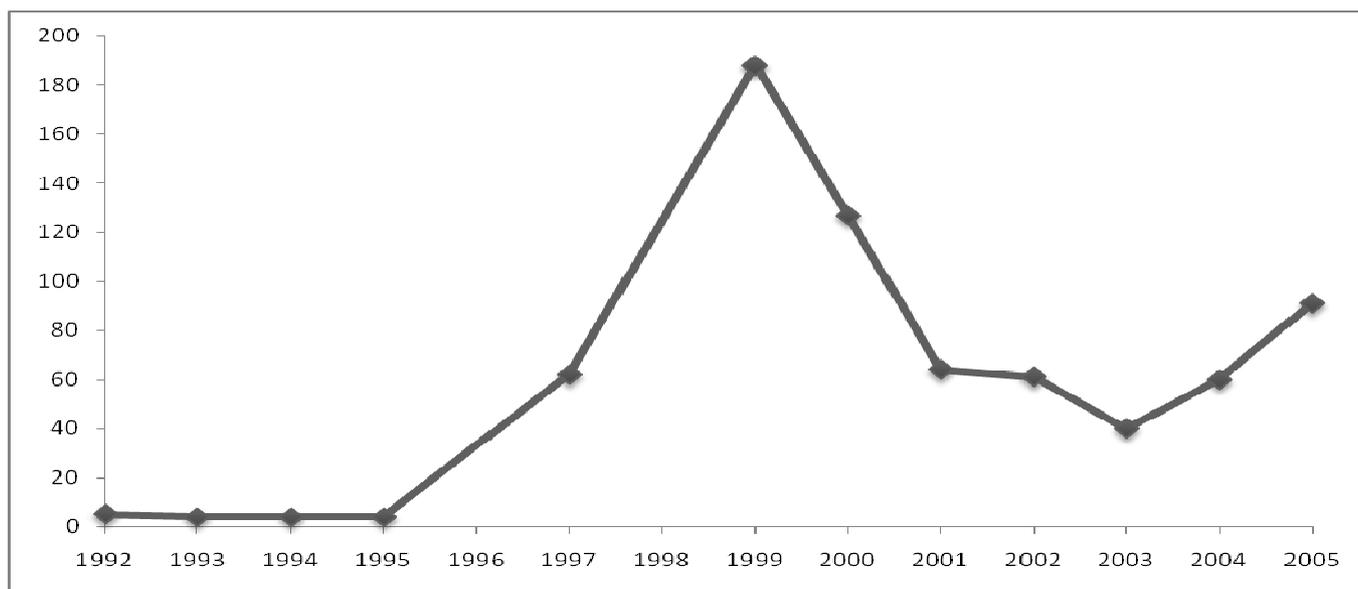


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CETEM)

## 8. INCENTIVOS

Permanecem vigentes as taxas de 4% “ad valorem” para importações de quartzo piezelétricos (T. E. C. 25 06.10 00) e de tubos de quartzo ou fundidos de quartzo ( T. E. C. 70 02.31 00) para o Brasil.

As importações de areia de alta pureza, quartzo (blocos piezelétricos e lascas) continuam livres de taxas de importação pelo Governo dos Estados Unidos. Somente a importação de quartzo piezelétrico cultivado (“cultured quartz”) continua taxada com 3,0% “ad valorem”.

**Quartzo (Cristal) e Outros Piezelétricos - CFEM Arrecadada (MBC\$)**

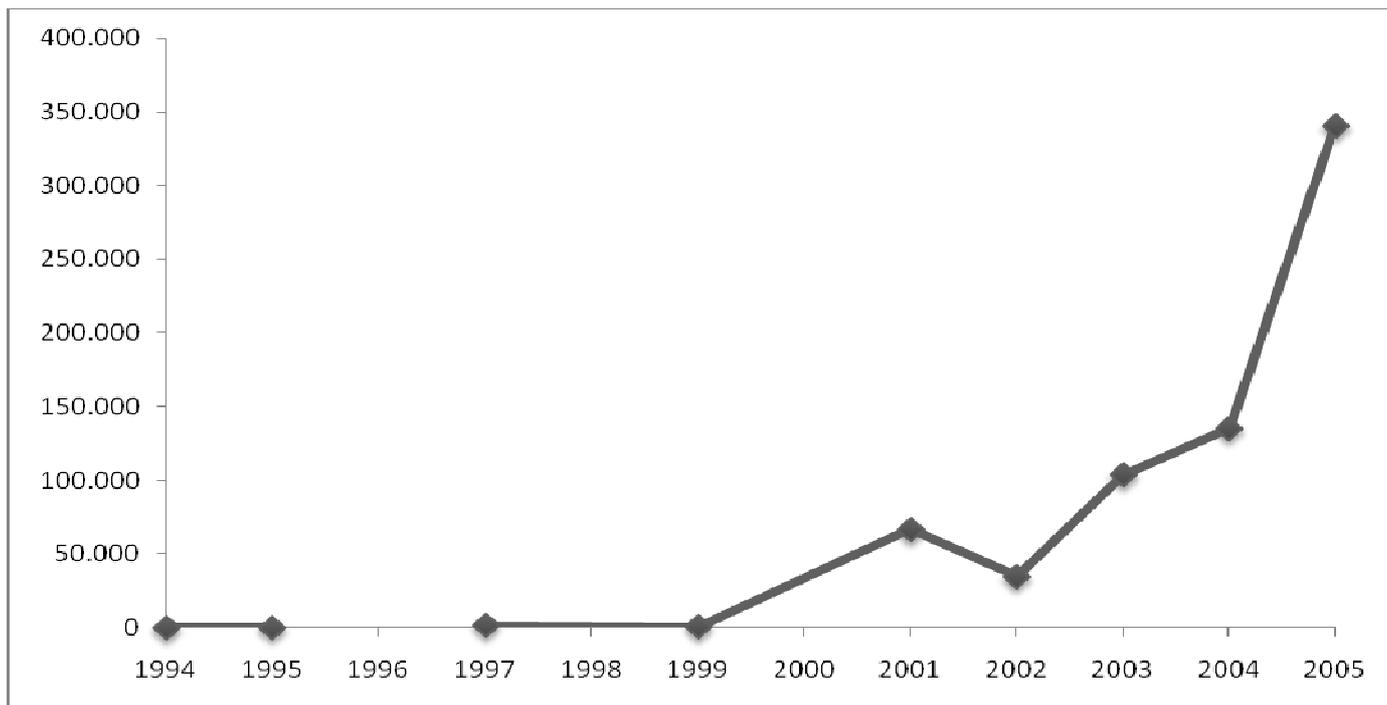


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CTEM)

**Quartzo Sílica - CFEM Arrecadada (MBC\$)**

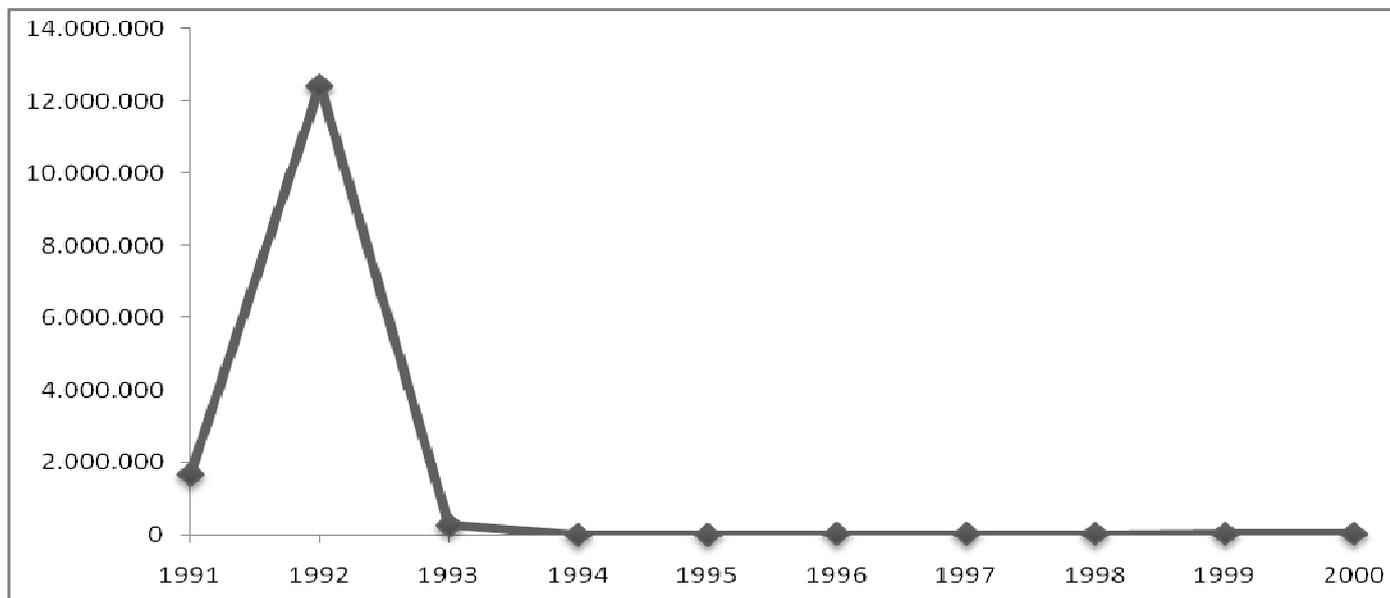


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata (CETEM)

## 9. RECOMENDAÇÕES

O Brasil é o país que detém as maiores reservas mundiais de quartzo de alta pureza. Apesar desta vantagem competitiva natural, o setor está sob regime exclusivamente garimpeiro, segundo alguns autores, incentivados por empresas exportadoras.

Como resultado, existe grande dificuldade para que estas empresas consigam, com recursos próprios, apresentar-se tecnológica e organizacionalmente para o mercado, pré-requisitos para o desenvolvimento de vantagens competitivas e agregação de valor.

Segundo estimativas do DNPM, em 1999 o Brasil participou com cerca de 80% do mercado mundial de lascas como nutriente, atendendo demandas do Japão, Reino Unido, Alemanha e China.

No entanto, a vantagem comparativa do Brasil possuir grandes reservas de quartzo é apenas parcialmente aproveitada, pois o País não dominou ainda o ciclo de capacitação tecnológica para manufaturar os produtos nas qualidades e purezas desejadas. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de silício metalúrgico, mas importa todo o silício de grau eletrônico que consome.

Produz-se monocristal de silício, mas se mantém a partir da importação de silício de grau eletrônico. Produz-se fibra óptica, mas importa-se o tubo de quartzo fundido de grau óptico. O Japão permanece na liderança tanto como consumidor, quanto como produtor de quartzo cultivado. Essa liderança é atribuída principalmente aos seus baixos custos por unidade produzida e ao seu destaque como produtor de componentes eletrônicos, onde os cristais de quartzo cultivado são usados.

A empresa americana UNIMIN Corporation produz pó de quartzo de alta pureza, a partir do processamento do alaskito, rocha similar ao nosso pegmatito. Os produtos comercializados por essa empresa são conhecidos no mundo inteiro e denominados de IOTA QUARTZ. Dentre esses, podem ser mencionados: i) *IOTA 4*, comercializado (US\$ 4.00/kg) para a manufatura de cadinhos fundidos de quartzo e tubos de difusão; ii) *IOTA 6* apresenta uma pureza extremamente elevada e é comercializado (US\$ 8.00/kg) para aplicações em semicondutores.

A Heraus na Alemanha é um dos principais fabricantes de quartzo fundido e utiliza o quartzo produzido pela UNIMIN. Mais recentemente, o CETEM e a VALE estiveram envolvidos em projetos de pesquisa visando à obtenção de pó de quartzo de alta pureza, a partir de lascas de quartzo. No caso do CETEM, os estudos conduzidos, em escala de bancada, permitiram obter um produto com especificações próximas das requeridas para bulbo de lâmpada. Quanto à VALE, os estudos desenvolvidos permitiram obter um produto de alta pureza, visando à obtenção de fundidos de quartzo, para a manufatura de: cadinhos, tubos para fibras ópticas, lâmpadas halógenas.

Um dos maiores especialistas do setor de minerais no Brasil, Renato Ciminelli, defende a visão que o novo paradigma para os negócios com minerais industriais é o marketing do desempenho industrial. O produtor mineral deve desenvolver uma capacitação tecnológica para negociar o valor e o preço do desempenho de seu produto em cada aplicação, fortalecendo, portanto, o comércio de serviços ou conhecimentos, frente ao comércio de commodities minerais.

Salvo raríssimas exceções, as empresas não têm capacitação tecnológica para diferenciação e agregação de valor ao bem mineral. Torna-se necessário, portanto um programa de capacitação tecnológica para a maioria dos mineradores, visando à melhoria do quartzo nas etapas de lavra e beneficiamento e, principalmente, objetivando o direcionamento da cultura empresarial para o completo entendimento do mercado.

Enfim, é necessária a aplicação, a curto-médio prazo, de uma política de estímulo a industrialização interna visando agregação de valor a matéria prima mineral e solução da dependência externa de produtos industrializados.

Quanto às informações contidas neste relatório, ressalta-se que dados estatísticos e históricos de produção são precários, sempre discordantes, mesmo considerando-se fontes oficiais. Inúmeros contatos foram feitos com os produtores destes minerais e o que pareceu é que muitos sequer tinham controle dos pontos que estavam sendo levantados. Obteve-se uma taxa zero de retorno dos questionários para esta espécie mineral, apesar dos inúmeros contatos e insistência.

É notória a importância destes números para o planejamento da política de mineração. Sugere-se que estes dados sejam sistematicamente coletados pelo próprio DNPM, anualmente, junto à todas as empresas. A inexistência de um terceiro ou intermediário com acesso a informações consideradas estratégicas por muitas empresas facilitaria o trabalho e eliminaria o filtro da desconfiança que todas as empresas têm em revelar dados de produção.

## **10. CONCLUSÕES GERAIS**

A demanda por quartzo tem sido muito sensível às mudanças tecnológicas.

Os materiais alternativos ao quartzo natural, tais como o pó de quartzo de alta pureza, produzido pela UNIMIN Corporation-EUA, contribuíram para desestabilizar o mercado de lascas de quartzo no Brasil.

Países como o Japão, que dominam o mercado de componentes eletrônicos, onde se usa o quartzo piezelétrico (quartzo cultivado) como controlador de frequência, têm uma capacidade muito grande de influenciar o mercado.

Até o momento, o principal uso da lasca de quartzo tem sido como nutriente para a produção de quartzo cultivado. Como os equipamentos eletrônicos estão cada vez mais sendo construídos em miniaturas, os componentes também o são e desta forma contribuem para reduzir o consumo de lasca de quartzo, como nutriente.

A idéia de se produzir no País pó de quartzo de alta pureza, a partir de lascas de quartzo, visando competir com os produtos da UNIMIN, universalmente utilizados pelos fabricantes de quartzo fundido, até o momento não foi viabilizada comercialmente.

Face às mudanças nos sistemas de comunicação telefônica, do sistema analógico para digital, o mercado de fibra óptica encontra-se em plena expansão e, dessa forma, parece mais vantajoso viabilizar o uso das lascas de quartzo para este segmento, ao invés de utilizar apenas como nutriente para quartzo cultivado, cujo consumo vem caindo, consideravelmente.

As exportações brasileiras de quartzo apresentam variações comuns às de praticamente todos os minérios comercializados internacionalmente pelo Brasil. Influenciada por fatores exógenos da nossa economia, a exportação brasileira de minérios, e consequentemente a nossa produção mineral, evolui de acordo com as condições do mercado internacional.

## 11. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

*Anuário Mineral - Departamento Nacional de Produção Mineral*

*Companhia Bahiana de Pesquisa Mineral*

*Industrial Minerals*

*Mineração no Brasil: Previsão de demanda e necessidade de investimentos – MME*

*Perfil Analítico Quartzó*

*LUZ, Adão Benvindo; LINS, Fernando Freitas (eds.). Serie Rochas e Minerais Industriais – CETEM - 2005*

*Sumario Mineral - Departamento Nacional de Produção Mineral*

## 12. ANEXO

### PRODUTO 53 ANÁLISE-SÍNTESE DA TRANSFORMAÇÃO MINERAL NO BRASIL

#### Relatório Técnico 79 ANÁLISE-SÍNTESE DA TRANSFORMAÇÃO MINERAL NO PAÍS

#### ANEXO I SEGMENTOS DE TRANSFORMAÇÃO EM CADEIAS DE MINERAÇÃO

#### CONSULTOR

Gilberto Dias Calaes

O RT-37 (Perfil do Quartzo), de autoria do consultor Emílio Lobato, assinala que, “o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de silício metalúrgico, mas importa todo o silício de grau eletrônico que consome. Apesar de maior produtor de quartzo, é dependente de produtos de quartzo manufaturado (ex: cristais piezelétricos montados e suas partes)”.

**Mercado Mundial:** O RT-37 assinala que “os principais produtores mundiais são o Brasil, Suíça, Japão e África do Sul”. Destaca também que “a demanda por quartzo tem sido muito sensível às mudanças tecnológicas. Os materiais alternativos ao quartzo natural contribuem para desestabilizar o mercado de lascas de quartzo. Países como o Japão, que dominam o mercado de componentes eletrônicos - onde se usa o quartzo piezelétrico ... como controlador de frequência - têm uma capacidade muito grande de influenciar o mercado. O Japão permanece na liderança tanto como consumidor, quanto como produtor de quartzo cultivado. Ressalta ainda que nos EUA, a empresa UNIMIN “produz pó de quartzo de alta pureza, a partir do processamento do alaskito, rocha similar ao ... pegmatito. Os produtos comercializados ... são ...denominados de IOTA QUARTZ”.

**Consumo Nacional:** O RT-37 assinala que o consumo aparente brasileiro de cristal de quartzo cultivado bruto evoluiu de 116 t, em 2005, para 222 t, em 2007. Assinala também que “ a indústria brasileira de cristais osciladores de quartzo e filtros de quartzo” importa barras de quartzo cultivado. “Os principais setores de consumo dos cristais, osciladores e filtros de quartzo produzidos no Brasil são as indústrias de relógios eletrônicos, de automóveis, jogos eletrônicos, equipamento de telecomunicações, computadores e equipamentos médicos. Ressalta ainda a elevada “dependência brasileira de “vidro ótico” (vidro de precisão utilizado em instrumentos, lentes, microscópios, etc.) - material produzido a partir de pó de quartzo de alta pureza física e química, normalmente fabricados no exterior a partir das lascas de quartzo”.

**Produção Nacional:** O RT-37 assinala que “a produção brasileira de quartzo bruto teve significativo aumento na década de 70 com declínio na década de 90 e, desde 2004, apresenta crescimento. Praticamente a totalidade da produção é destinada a exportação”. Ressalta que “em 1999, o Brasil participou com cerca de 80% do mercado mundial de lascas como nutriente, atendendo demandas do Japão, Reino Unido, Alemanha e China”. Destaca ainda que o Brasil, apesar de maior produtor e exportador de lascas de quartzo (matéria-prima para o quartzo cultivado) pouco se beneficia da exuberante agregação de valor que caracteriza as fases subsequentes da cadeia produtiva. “O Brasil produz monocristal de silício, mas importa silício de grau eletrônico. Produz fibra óptica, mas importa o tubo de quartzo fundido de grau óptico”. O RT-37 destaca também que “que desde 1996, o Brasil deixou de produzir quartzo cultivado. Os fabricantes nacionais de cristais osciladores e filtros a cristal importam desde então as barras de cristais cultivados necessários ao processo industrial. Observa ainda que “as maiores empresas que

produzem cristais e lascas de quartzo são: Quartzbrás, Telequartz e Egger”, ... as quais participaram “com cerca de 62% da produção nacional de quartzo em 1990”.

**Estrutura da Oferta:** Segundo o RT-37, na produção brasileira de quartzo destacam-se os “estados da Bahia, Minas Gerais, Goiás, Paraná, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina. Predomina o pequeno minerador e o minerador informal (não legalizado), tanto na produção de lascas (fragmentos de quartzo selecionados manualmente pesando menos de 200 gramas) quanto na produção de cristais. Os cristais de grau eletrônico (usados na indústria de cristal cultivado) são mais raros e de produção esporádica”.

**Comércio Exterior:** Em 2005, o Brasil exportou 17.662 t de quartzo (bruto e processado), no valor total de US\$ 4,1 milhões, ao preço médio unitário de US\$ 233,49/ t. No mesmo ano, o país importou 1.479 t de produtos de quartzo, ao valor de US\$ 40,7 milhões e ao preço médio unitário de US\$ 27.543/ t. Em 2007, enquanto o preço médio de importação evoluiu para US\$ 244,69/ t, o de importação ascende para US\$ 51.568/ t. Neste último ano, os principais países exportadores de manufaturados de quartzo para o Brasil foram: Japão, China, Coreia do Sul, USA, Alemanha e Malásia. A quase totalidade das importações de manufaturados foi de cristais piezelétricos para a indústria eletroeletrônica que tem uma grande demanda insatisfeita de produtos específicos, em função do crescimento do mercado brasileiro de computadores pessoais, telefones celulares, jogos eletrônicos, GPS, equipamentos médicos e da indústria automotiva que se moderniza cada vez mais nas linhas de fabricação e/ou de montagem. O destino dos bens primários de quartzo exportados, em 2007, foi: Espanha (31,6%), Japão (13,7%), Israel (10,4%), Itália (7,7%), Bélgica (6,8%), Chile (5,2%) e Estados Unidos da América (4%).

**Projeção da Demanda Nacional:** Não Disponível

**Projeção da Oferta Nacional:** Não Disponível

**Expansão de Capacidade de Produção:** Para o período 2010 a 2030, em caráter meramente exploratório, o RT-79 admite a perspectiva de implantação de unidades produtoras de componentes de quartzo, compreendendo: Classificação e beneficiamento de lasca, Pó de quartzo, Quartzo fundido, Filtros e osciladores de frequência, Cristal sintético e Fibra ótica. Apesar da diferenciação de linhas de produtos, de processos e de escalas, admite-se que cada unidade venha a ter, na média, um investimento de US\$ 20 milhões, com a geração de 50 empregos. Supõe-se ainda que o número de unidades de produção a serem implantadas no período seja de 10 (Cenário Frágil), 20 (Cenário Vigoroso) ou de 30 (Cenário Inovador). Encontram-se a seguir indicadas as estimativas de investimentos e de geração de emprego, com a presumida implantação das unidades indicadas de produtos processados de quartzo:

▪ **Cenário Frágil:** Implantação de 10 unidades de processamento de quartzo:

- Investimentos requeridos: 10 unidades x R\$ 37 milhões/ unidade = R\$ 0,4 bilhões.
- Novos postos de trabalho: 10 unidades x 50 postos de trabalho/ unidade = 500

▪ **Cenário Vigoroso:** Implantação de 20 unidades de processamento de quartzo:

- Investimentos requeridos: 20 unidades x R\$ 37 milhões/ unidade = R\$ 0,7 bilhões.
- Novos postos de trabalho: 20 unidades x 50 postos de trabalho/ unidade = 1.000

▪ **Cenário Inovador:** Implantação de 30 unidades de processamento de quartzo:

- Investimentos requeridos: 30 unidades x R\$ 37 milhões/ unidade = R\$ 1,1 bilhões.
- Novos postos de trabalho: 30 unidades x 50 postos de trabalho/ unidade = 1.500

## 6.1. Investimentos

Os investimentos totais para fazer frente ao aumento da produção brasileira no período de 2010 a 2030 são estimados em R\$ 370 milhões (Cenário Frágil), R\$ 740 milhões (Cenário Vigoroso) ou R\$ 1.119 milhões (Cenário Inovador).

Cenários	Capacidade Instalada (10 <sup>3</sup> t/ano)			Investimentos R\$ milhões
	Atual	2030	adicional	
• Frágil	ND	ND	ND	370
• Vigoroso	ND	ND	ND	740
• Inovador	ND	ND	ND	1.110

## 6.2. Recursos Humanos

A geração de novos postos de trabalho no período 2010 a 2030, na produção de produtos processados de quartzo, deverá se situar entre 500 (Cenário Frágil) e 1.500 (Cenário Inovador).

Cenários	Capacidade Instalada (10 <sup>3</sup> t/ano)			Produtividade t/ homem/ ano	Novos postos de Trabalho
	Atual	2030	Adicional		
• Frágil	ND	ND	ND	ND	500
• Vigoroso	ND	ND	ND	ND	1.000
• Inovador	ND	ND	ND	ND	1.500

## 6.3. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

Sob o ponto de vista dos condicionantes relativos a P&D&I, cumpre ressaltar as seguintes principais considerações assinaladas no RT-37:

### Caracterização:

- “O quartzo pode ser natural ou cultivado. O primeiro é extraído da natureza e o segundo é produzido a partir do crescimento hidrotérmico, em autoclave”.
- “O emprego do quartzo na indústria é função do conteúdo de impurezas, defeitos no cristal e outras normas específicas que cada segmento industrial requer. Os cristais de melhor qualidade são destinados à indústria óptica, eletrônica e de instrumentação, enquanto os de qualidade inferior destinam-se à indústria em geral (abrasivos, cerâmica, metalúrgica)”.
- “O cristal natural, embora tenha sido substituído, desde o início da década de setenta, pelo quartzo cultivado em autoclave, ainda é utilizado na confecção de sementes-mães para o crescimento do quartzo cultivado”.
- “Para uso no segmento eletro-eletrônico, vidros ópticos, tubos para lâmpadas halógenas ou fibras ópticas, têm sido utilizadas, como matéria prima, lascas de alta pureza ou pó de quartzo. Este é obtido a partir do beneficiamento de lascas de quartzo de qualidade inferior ou do beneficiamento de pegmatito ou alaskito”.
- “As lascas de quartzo de alta pureza são usadas diretamente na produção de quartzo cultivado, quartzo fundido, cerâmicas especiais, e *filler* para microcircuitos.
- “A partir do pó de quartzo obtido de lascas variadas ou da concentração de quartzo de pegmatitos, produz-se o quartzo fundido. Este é um material não cristalino, transparente e que

retém muitas das propriedades ópticas e de resistência química do quartzo, mas que não possui mais a sua propriedade piezelétrica, perdida após o processo de fusão”.

- “O quartzo fundido possui um mercado bastante sofisticado, compreendendo uma linha de produtos da maior relevância: indústria óptica, indústria de equipamentos elétricos, indústria química de base, equipamentos e aparelhagem científica e de precisão, fibra óptica”.

#### **Tecnologia:**

- “A partir do final da década de 70, a “tecnologia de produção do quartzo cultivado em autoclave, a partir de lascas de quartzo usadas como nutriente, ... permitiu a obtenção de um quartzo piezelétrico com as mesmas propriedades do quartzo natural, o que afetou ... a demanda por quartzo natural no mercado internacional e, conseqüentemente, seu consumo e produção”.
- “No final da década de 80, com o advento dos semicondutores e à medida que se tornavam mais baratos, as técnicas de processamento de dados se disseminaram e com isto a comunicação digital também passou a ser utilizada. Dessa forma, passou-se a substituir os circuitos analógicos pelos circuitos digitais, afetando com isso a indústria do quartzo piezoelétrico”.
- “Nos circuitos analógicos, o quartzo é utilizado como ressonador, onde a frequência (rádio, televisão, telefone etc.) é submetida a uma modulação para outro sinal imposto. A transmissão de informação via sistema digitalizado (base sistema binário - zero e um) é mais eficiente, menos sujeita a erro e mais barata do que a transmissão analógica”.

#### **Visão de Futuro:**

- “O principal uso da lasca de quartzo tem sido como nutriente para a produção de quartzo cultivado. Como os equipamentos eletrônicos estão cada vez mais sendo construídos em miniaturas, verifica-se uma redução da intensidade de consumo de lasca de quartzo, como nutriente”.
- “A produção do pó de quartzo de alta pureza, a partir de lascas de quartzo, visando competir com os produtos da UNIMIM, universalmente utilizados pelos fabricantes de quartzo fundido, até o momento não foi viabilizada comercialmente no Brasil”.
- “Face às mudanças nos sistemas de telefonia, do padrão analógico para o digital, o mercado de fibra óptica encontra-se em plena expansão e, dessa forma, parece mais vantajoso viabilizar o uso das lascas de quartzo para este segmento, ao invés de utilizar apenas como nutriente para quartzo cultivado, cujo consumo vem caindo consideravelmente”.

#### **Recomendações:**

- “É necessário um maior investimento das grandes empresas em tecnologia, para diminuir a dependência dos produtos manufaturados de quartzo, como o silício de grau eletrônico”.
- “É necessária a aplicação ... de uma política de estímulo à industrialização interna visando agregação de valor a matéria prima mineral e solução da dependência externa de produtos industrializados”.
- “É necessário ... um programa de capacitação tecnológica para a maioria dos mineradores, visando ... principalmente, ... o entendimento do mercado”.

#### **6.4. Bens de Capital e Serviços**

Supondo que a demanda de Bens de capital corresponda a 40% do valor dos investimentos projetados para o período 2010 a 2030, e os Serviços de engenharia, a 15% - encontram-se a seguir estimados os correspondentes valores segundo os três cenários considerados:

Cenários	Investimento Total (R\$ M)	BC e SE (R\$ milhões)	
		BC	SE
• Frágil	370	148	56
• Vigoroso	740	296	111
• Inovador	1.110	444	167

Obs.: BC = Bens de capital; SE = Serviços de Engenharia

## 6.5. Incentivos

Admitindo que o valor total de financiamentos originários do programas e linhas de apoio do BNDES corresponda a 50% dos investimentos projetados para o período 2010 a 2030, e que o valor de renúncias fiscais, relativas a reduções / isenções de impostos, corresponda a 5% - encontram-se a seguir estimados os correspondentes valores segundo os três cenários considerados:

Cenários	Investimento Total (R\$ M)	FB e IF (R\$ milhões)	
		FB	IF
• Frágil	370	185	19
• Vigoroso	740	370	37
• Inovador	1.110	555	56

Obs.: FB = Financiamentos do Sistema BNDES; IF = Incentivos Fiscais

No que se refere aos aspectos relativos a Incentivos, destacam-se as seguintes principais considerações assinaladas no RT-37:

- “Permanecem vigentes as taxas de 4% *ad valorem* para importações de quartzo piezelétricos (TEC 25 06.10 00) e de tubos de quartzo ou fundidos de quartzo (TEC. 70 02.31 00) para o Brasil”.
- “As importações de areia de alta pureza, quartzo (blocos piezelétricos e lascas) continuam livres de taxas de importação pelo Governo dos Estados Unidos. Somente a importação de quartzo piezelétrico cultivado (*cultured quartz*) continua taxada com 3,0% *ad valorem*”.