

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP

Departamento de Engenharia de Minas



ISSN 0104-0553

BT/PMI/044

Purificação de Talco do Paraná por Flotação e Alvejamento Químico

**Ivan Falcão Pontes
Laurindo de Salles Leal Filho**

São Paulo - 1995

PMI

O presente trabalho é parte da dissertação de mestrado apresentada por Ivan Falcão Pontes, sob a orientação do Prof. Dr. Laurindo Salles Leal Filho "Purificação de Talco do Paraná por Flotação e Alvejamento Químico", em 12/09/95.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição dos interessados com o autor e na Biblioteca do Depto. de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da USP.

Pontes, Ivan Falcão

Purificação de talco do Paraná por flotação e alvejamento químico / I.F. Pontes, L. de S. Leal Filho. -- São Paulo : EPUSP, 1995.

p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Minas, BT/PMI/044)

1. Talco (Mineração) - Paraná 2. Minérios - Processamento 3. Flotação 4. Lixiviação I. Leal Filho, Laurindo de Salles II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas III. Título IV. Série

ISSN 0104-0553

CDU 622.367.3

622.7

622.765

622.775

Ivan Falcão Pontes
Laurindo de Salles Leal Filho

**PURIFICAÇÃO DE TALCO DO PARANÁ
POR FLOTAÇÃO E ALVEJAMENTO QUÍMICO**

RESUMO EXPANDIDO

São Paulo
1995

RESUMO

O presente trabalho reporta uma série de estudos executados em escala de laboratório (caracterização, flotação e alvejamento químico) com amostra de minério de talco denominada ITA-3, proveniente da mina Armando, situada no Distrito de Itaiacoca, Município de Ponta Grossa-PR. Tais estudos objetivaram avaliar a viabilidade técnica de se aumentar o grau de alvura da amostra, permitindo a sua utilização em usos mais nobres.

Embora estudos anteriores tenham demonstrado que a flotação é uma das rotas mais indicadas para se aumentar o grau de alvura de vários minérios de talco oriundos do Paraná, algumas amostras desta região não atingiram grau de alvura suficiente para se atender às especificações mais nobres de mercado quando se utilizou somente esta rota de beneficiamento. Mediante estudos complementares de alvejamento químico (lixiviação redutora) com a utilização de reagentes alternativos, foi possível melhorar a qualidade desses concentrados.

Nas condições otimizadas, os concentrados obtidos na flotação serviram para os estudos complementares de alvejamento, quando foi avaliada a influência das variáveis: pH; tempo de lixiviação; percentagem de sólidos na polpa e concentração de reagentes. O sistema de reagentes utilizado na flotação foi: querosene como coletor, óleo de pinho ou Flotanol D-14 como espumante, silicato de sódio/amido de milho como depressores e hidróxido de sódio como modulador de pH.

Estudos de alvejamento utilizaram os reagentes: ditionito de sódio, zinco ou alumínio metálico, na presença de SO_2 .

ABSTRACT

The purpose of this project is to characterize the chemistry, mineralogy, flotability and bleaching of sample talc (ITA-3) from the Armando mine located at Itaiacoca, Ponta Grossa - PR, aiming at utilizing it in more sophisticated applications.

Previous studies had shown that flotation is one of the best techniques for the treatment of the talc from this region. However some of the samples of talc studied this region did not meet market specifications, when only this alternative of beneficiation was used.

With complementary studies of bleaching (removal of iron and other impurities) with the utilization of alternative bleaching reagents it is possible to improve the purity of these concentrates.

The concentrates obtained from the optimal conditions of flotation were used for the complementary bleaching studies.

The following variables were evaluated with the complementary studies of bleaching : % of solids; pH; concentration of reagents; leaching time.

The reagent system utilized in the flotation was : kerosene as promoter; pine oil or Flotanol D-14 as frother; sodium silicate and starch as depressant; sodium hydroxyde as pH regulator.

In the bleaching studies the following reagents were utilized: sodium ditionite; metallic zinc or aluminium in the presence of SO_2 .

Although previous studies with H_2SO_4 and HCl, had shown good results in terms of brightness, the acid consumption was considered too high.

It was decided to use for the talc sample the same method used in the bleaching of kaolin, that is, application of SO_2 with Zn or with Al, in the presence of HCl, or sodium hypochlorite with Zn or with Al in a hydrochloric acid solution.

1. INTRODUÇÃO

O talco é uma matéria-prima mineral de largo uso na indústria moderna. Sua composição química, estrutura cristalina e textura podem lhe conferir um amplo espectro de propriedades tecnológicas que encontram aplicações tão nobres como na elaboração de cosméticos, tintas e cobertura de papel quanto em aplicações mais simples, como fundente na indústria cerâmica ou mesmo carga inerte na fabricação de tintas, borracha, inseticidas, fertilizantes, papel etc.(1-5).

Embora dispondo apenas de reservas moderadas (da ordem de 123 milhões de toneladas), o Brasil se encontra entre os principais produtores mundiais de talco, denotando condições de auto-suficiência sob o ponto de vista quantitativo. Sob o ponto de vista qualitativo, o que se verifica é que o talco brasileiro sofre operações elementares de beneficiamento, tais como britagem e moagem, sendo que a maior parte da produção se destina ao uso cerâmico. A pequena fração de talco produzida para usos mais nobres é proveniente de uma lavra seletiva e, antes de ser comercializada, é submetida apenas a uma secagem e moagem (6-10). Esta situação reflete o atraso tecnológico da mineração de talco no Brasil:

i. A produção de talco se encontra a cargo de pequenas e médias mineradoras que, via de regra, ainda não foram conscientizadas dos ganhos que poderiam obter via agregação de valor (beneficiamento) capaz de adequar a matéria-prima às rigorosas especificações das indústrias que utilizam o talco para usos mais nobres;

ii. Pouca tecnologia de beneficiamento de talco tem sido gerada no Brasil e difundida junto aos meios produtivos com o intuito de melhorar o quadro atual. Uma grande carência de tecnologia e informação faz com que a pequena fração de talco produzida para usos mais nobres seja proveniente de processos rudimentares (lavra seletiva, catação manual, limpeza primária) e não de usinas de beneficiamento capazes de maximizar produção e qualidade.

Na tentativa de reversão deste quadro, o Poder Público, através do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) contratou a Paulo Abib Engenharia, na década de 70 e, já nos anos 80, através do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) buscou estudar rotas de beneficiamento para minérios de talco provenientes de vários estados brasileiros, obtendo resultados promissores que foram repassados para a iniciativa privada. Um sumário pormenorizado destes estudos é apresentado no item 4 deste documento (5) (7)(11-13).

Dentro das várias amostras contempladas com tais estudos de beneficiamento, a amostra denominada ITA-3, proveniente da Mina Armando, Ponta Grossa-PR, apresentou resultados muito aquém dos desejados. Neste contexto, o presente trabalho busca aperfeiçoar o processo já aplicado com sucesso a outras amostras de talco brasileiras, contribuindo no sentido de adequar sua alvura e nível de impurezas às especificações de mercado para usos mais nobres (13-15).

Por outro lado, a nível mundial, tem-se observado uma crescente diversificação das aplicações industriais de talcos nobres. Esta tendência pode estimular empresas brasileiras a fornecer diferentes produtos para exportação. Em virtude

disto, este trabalho também procura divulgar informações sobre as várias especificações de mercado para usos nobres do talco, assim como um perfil econômico resumido deste bem mineral (16,17,18,19,20).

2. OBJETIVO DO TRABALHO

O presente trabalho tem como objetivos:

- i. Levantar um perfil econômico resumido do mineral talco e dos seus usos industriais;
- ii. Estabelecer uma relação entre as propriedades cristal químicas do talco e suas aplicações industriais;
- iii. Pesquisar em literatura e aplicar, em escala de bancada, possíveis rotas de beneficiamento para melhorar a qualidade de uma amostra específica de talco (ITA-3) dando ênfase à flotação e alveamento químico.

3. CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS E CRISTAL QUÍMICAS VERSUS APLICAÇÕES INDUSTRIAIS DO TALCO.

O mineral talco é um filossilicato de magnésio hidratado de fórmula química : $Mg_3 (Si_4O_{10}) (OH)_2$ onde seus constituintes (Mg, Si, O, OH) assumem um arranjo espacial do tipo "t-o-t" (figura 1), isto é, uma estrutura do tipo "sanduíche" que exibe duas folhas tetraédricas - t - formadas por átomos de Silício e Oxigênio (folha siloxana) que envolvem uma folha octaédrica - o - formada por Magnésio e Hidroxila (folha de brucita). As unidades estruturais do tipo t-o-t são ligadas entre si por ligações de Van der Waals que conferem às partículas de talco algumas peculiaridades (6,21,22,23,24):

- i. zona de fraqueza ao longo do plano cristalográfico (0001), plano basal. De tal característica advém a clivagem basal perfeita;
- ii. a quebra preferencial de ligações de Van der Waals durante o processo de fragmentação confere a suas partículas uma superfície de caráter fortemente hidrofóbico. Este mesmo raciocínio explica a hidrofobicidade natural de outros minerais como a grafita e a molibdenita;
- iii. untuosidade ao tato, poder lubrificante e adsorvente de óleos e gorduras.

O talco puro apresenta uma composição química teórica de $MgO = 31,7\%$; $SiO_2 = 63,5\%$ e $H_2O = 4,8\%$. Exibe hábito placóide ou lamelar, podendo também ser fibroso ou granular. Apresenta clivagem basal perfeita. As principais propriedades que o tornam largamente utilizado na indústria são: inércia química, suavidade e

untuosidade ao tato, alta área de superfície, boa retenção como carga, dureza baixa (assume valor 1 na escala de Mohs), brilho nacarado a gorduroso, densidade 2,7 a 2,8, resistência ao choque, leveza, hidrofobicidade natural etc. (25,26,27,30).

Devido a uma grande semelhança entre propriedades cristaloquímicas e tecnológicas dos minerais pirofilita e talco, é comum a ocorrência de alguma confusão quando leigos se referem a ambos, indistintamente. A diferença entre talco e pirofilita reside no fato de que na pirofilita o arranjo **t-o-t** é composto por folhas octaédricas do tipo Gibbsita (ricas em Alumínio) e não Brucita (ricas em Magnésio), como é o caso do talco. Uma simples análise química seguida de algum exercício de estequiometria pode elucidar qualquer confusão (6,14,24).

Os usos industriais do talco estão intimamente ligados a suas propriedades tecnológicas. Estas, por sua vez, espelham suas características cristaloquímicas. Segundo PINHEIRO (28) e CLIFTON (29), as principais propriedades tecnológicas que tornam o talco largamente utilizado na indústria são: alta resistência ao choque térmico, leveza, suavidade, brilho intenso, alto poder de lubrificação e deslizamento, alta capacidade de absorção de óleo e graxa, baixa condutibilidade térmica e elétrica, alta área de superfície, inércia química e boa retenção como carga. Essas propriedades fazem do talco um importante mineral industrial, com vasto campo de aplicação (6,14,22,24). A Tabela 1 faz uma relação entre as principais propriedades tecnológicas do talco e suas características cristaloquímicas.

TABELA 1. Propriedades Tecnológicas do Talco Versus Cristaloquímica

Propriedades Tecnológicas	Características Intrínsecas
Inércia Química e Alvura	Composição Química
Baixa Condutibilidade Térmica Baixa Condutibilidade Elétrica Resistência ao Choque Térmico	Composição Química e Estrutura Cristalina
Alta Capacidade de Absorção de Óleos e Graxas Alto Poder Lubrificante Suavidade ao Tato	Hidrofobicidade Natural e Estrutura Cristalina
Alta área de Superfície	Gênese e Estrutura Cristalina

Os mais importantes segmentos industriais que utilizam o talco como matéria-prima na indústria são: indústrias cerâmicas, de refratários, de defensivos agrícolas, de produtos asfálticos, de plásticos, de inseticidas, de cosméticos, de tintas, de têxteis, de borracha, farmacêuticas e de papel. Os principais fatores que determinam a aplicabilidade do talco para diferentes usos são: granulometria,

composição química, mineralogia e alvura. Operações unitárias de tratamento de minérios podem ser utilizadas para fazer com que certos minérios de talco adquiram as propriedades exigidas pelo mercado. Operações de cominuição e separação por tamanho podem ser utilizadas para adequar a granulometria, enquanto operações de concentração ou purificação podem ser aplicadas para obtenção de uma composição química, mineralogia e / ou alvura adequadas (1,2,13,25).

Os talcos comerciais, entre outras impurezas possuem Fe_2O_3 e Al_2O_3 , que devem ficar restritas a certos limites percentuais, conforme a utilização final do produto (1,2,26,33).

Um quadro resumo de especificações de mercado para uso industrial do talco é apresentado na tabela 2.

4. ESTUDOS ANTERIORES DESENVOLVIDOS NO CETEM

Em 1986, foi realizado um **Estudo de Pré-Viabilidade Técnico- Econômica de Flotação de Talco- Paraná**, o objetivo era analisar a viabilidade técnico-econômica de um projeto em escala industrial de flotação de talco, a partir de minérios provenientes das minas da região de Ponta Grossa-PR. Desenvolveu-se este trabalho com base em dados experimentais obtidos em escala de laboratório e usina piloto, procedeu-se ao dimensionamento dos equipamentos principais da usina onde, pelo seu caráter preliminar, não foram abordados todos os níveis de detalhamento necessários à implantação industrial. O beneficiamento consta, basicamente de: britagem; empilhamento; moagem; classificação; deslamagem; flotação; espessamento e filtragem. O fluxograma da usina está apresentado na figura 12.

O estudo prevê, uma lavra de talco com produção suficiente para que, após o beneficiamento, produza 40.320 toneladas por ano de concentrado com teor em torno de 90% de talco. A usina de beneficiamento teria capacidade média para processar 70.000 toneladas por ano (26).

Considerou-se que as reservas eram suficientes para abastecer a usina projetada, que teria uma vida útil de 10 anos, e funcionaria com dois turnos de 8h, e um turno de manutenção.

O projeto mostrou-se viável ao apresentar uma rentabilidade real de 82% ao ano. A referida rentabilidade foi determinada em simulação a preços constantes, afigura-se notadamente superior à rentabilidade média oferecida nas oportunidades correntes de investimentos no país.

Deve-se ressaltar, que, neste estudo de pré-viabilidade, não se levaram em consideração as necessárias correções; contudo à medida que passa de anteprojeto para projeto conceitual, projeto básico, projeto detalhado, e posta em marcha, nova viabilidade econômica faz-se necessária, reduzindo o erro inicial de investimentos e corrigindo as variáveis para os custos operacionais (mão de obra, insumo, matéria-prima), e acompanhar o desenvolvimento dos juros, rentabilidade

dos investimentos, etc., a atualização dos dados é condição sine qua non para obtenção de resultados mais realista.

Em 1989, foi desenvolvido o projeto **Estudo de Beneficiamento do Talco de Ponta Grossa**, em escala de laboratório no CETEM, envolvendo caracterização química, mineralógica e concentração em 4 amostras de talco procedentes de Ponta Grossa e Castro - PR, além da flotação, outras técnicas tais como, separação magnética de alta intensidade via úmida e lixiviação ácida foram usadas, sendo os resultados considerados negativos (7).

Os resultados obtidos permitiram concluir que os minérios de talco procedentes das minas Barra Moura e Manoel foram os mais promissores. Os produtos resultantes do beneficiamento poderão ser usados para fins mais nobres, tais como, tinta e papel. O talco da mina Flor mostrou-se viável apenas para tinta. Os resultados com o talco da mina Pinheiro 3 foram desanimadores.

Os reagentes usados nesses estudos foram : querosene, óleo de pinho e Flotanol D-14. Como depressor, o silicato de sódio e regulador de pH, o hidróxido de sódio (7).

A partir de resultados obtidos em bancada, onze tipos de amostra de talco pertencentes a seis empresas do Estado do Paraná (Tabela-15), filiadas ao Sindicato da Indústria de Extração de Minerais Não Metálicos de Ponta Grossa - PR, foram estudadas em usina piloto (figuras 13 e 14), visando a obtenção de produtos para as indústrias de tinta e papel, bem como a determinação de parâmetros a serem usados em projetos industriais (13,58).

O estudo foi desenvolvido pela equipe do CETEM em usina piloto planejada, montada e operada na cidade de Ponta Grossa (figuras 15,16,17), no período de maio a outubro de 1989, e contou com o apoio do Sindicato da Indústria de Extração de Minerais Não- metálicos de Ponta Grossa, Minerais do Paraná S.A. - Mineropar, além de apoio financeiro do CNPq e DNPM.

O processo de beneficiamento desenvolvido constituiu-se de moagem, classificação, deslamagem, condicionamento, flotação, espessamento e filtragem (figura 17). Nas condições otimizadas foram determinados, para cada tipo de talco, balanço de massa (figuras 18 e 19), concentração dos reagentes, pontos de adição, tempos de residência, estágios de flotação, recuperação de talco no concentrado (tabela 17), características dos produtos e sua classificação segundo uso industrial (13,58).

Os resultados obtidos confirmaram aqueles apontados pelos estudos de bancada (tabelas 16, 17 e 18), que indicaram a flotação como sendo o processo mais adequado para o beneficiamento do talco do Paraná, visando à sua utilização nas indústrias de tinta e papel (5,7,11,13).

A amostra da mina Armando (ITA-3) apresentou resultados aquém do desejado. Estudos de purificação química realizados mostraram a viabilidade técnica de obtenção de produtos nos mesmos níveis das outras amostras, porém a sua viabilidade econômica precisa ser comprovada (11,13,58).

Tabela 15 - Minérios estudados em usina piloto

EMPRESA	TIPO DE TALCO	MINA	MUNICÍPIO
---------	---------------	------	-----------

COSTALCO	Rosa	Manoel	Castro
GIRALDI	Branco e Rosa	9	Ponta Grossa
KLABIN	Creme e Rosa	Barra Moura	Ponta Grossa
PARANAENSE	Creme e Amarelo	São José	Ponta Grossa
VIOLANI	Cinza e Rosa	Ferradinho	Bocaiúva do Sul
ITAIACOCA	ITA-2 e ITA-3	Armando	Ponta Grossa

Fonte:(13)

Tabela 16 - Melhores Ensaios de Flotação de Talco em Usina Piloto

EMPRESA	ENSAIO	RECUPERAÇÃO*(%)	ALVURA (%)
COSTALCO	8	57,7	82,0
GIRALDI	21	30,6	82,7
KLABIN(CREME)	23	22,0	87,6
KLABIN(ROSA)	49	35,3	84,5
VIOLANI	38	29,6	81,4
ITAIACOCA(ITA2)	41	37,0	79,0
ITAIACOCA(ITA3)	45	42,6	69,1
PARANAENSE	30	63,1	87,0

*em massa

Fonte : (13,58)

Tabela 17 - Recuperação Metalúrgica do Concentrado, Alvura e Rec. em massa

Ensaio	Produtos	Teor de Talco (%)	Recuperação (%)		Alvura### GE
			Massa	Talco	
45 (ITA-3)	Concentrado	89,0	42,2	50	69,1
	Rejeito	-----	34,5	-----	51,8
	Lama	-----	23,3	-----	48,7
	Alimentação	75,1	100,0	100	59,4

Tabela 18 - Composição Mineralógica do Concentrado e Rejeito de Talco Ita-3

Produtos	Identificação Mineralógica
Concentrado	Talco*, clorita, anfibólio, opacos
Rejeito	Talco, clorita, anfibólio, quartzo, opacos

* Talco com impregnações de óxido de ferro hidratado

Tabela 2 - Especificações para os principais usos industriais do talco

Usos	Tamanho	Comp.Química	Alvura	Mineralogia	Propriedades	Outros
Tintas (Espalhador)	100%<200# 96,5%<325#	SiO ₂ +MgO#### 75% Al ₂ O ₃ #### 2% H ₂ O+M.Vol. ####1 % Perda Fogo ####7%	65 a 90 GE*	Partículas Lamelares	Inércia Química Hidrofobicidade Alvura	Peso específico 2,8 a 2,9
Tintas (Pigmentos)	100% < 325#	MgO 24 a 32% SiO ₂ 50 a 65% CaO #### 9% MgO+SiO ₂ #### 88% CO ₂ #### 1% Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ #### 6% H ₂ O + MV #### 1 % Perda Fogo #### 7 %	80 a 90 GE	Partículas fibrosas (tremolítico)	Alvura Inércia Química Adsorção de Óleos 27 a 31%	Peso específico 2,8 a 2,9
Cosméticos (carga)	99,6%<325#	Perda Fogo 3 a 8% Chumbo < 20ppm Fe ₂ O ₃ < 0,75 Solução Ac. < 2% Sol. H ₂ O < 0,2% PH 6,5 até 9,5 As<3ppm %Sol.CaO < 1,5%	85 a 92 GE	Sem tremolita e Carbonatos	hidrofobicidade natural, Leveza, lisura, maciez, inércia química Alvura	-----
Papel (cobertura)	98,8 a 99,9% < 325 #	CaCO ₃ < 4% Fe ₂ O ₃ #### 2% MgO30,7 a 31,7% SiO ₂ 47,4 a 58,2% CaO 0,3 a 1% Al ₂ O ₃ 0,4 a 1% PF- 6,9 a 20,3%	77 a 87 GE	Isento de Tremolita	hábito placóide Inércia química Alvura	Peso Específico 2,8 a 2,9 Partículas Lamelares
Inseticida	90% < 325#	pH #### 8	-----	-----	inércia química	adsorção
Cerâmica (Branca)	97% < 325# 100% < 200#	Fe ₂ O ₃ #### 1,5% CaO #### 1,5% Al ₂ O ₃ #### 4%	>80 GE	minerais não Talco, Máx. 5 a 10%	Fundente	MgO : o mais alto possível.
Borracha (lubrificante)	99% < 325#	SiO ₂ 60 a 63% MgO 26 a 33% Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ #### 2% Mn < 0,01% Cu<0,002% PF=5%	Branco	-----	Hidrofobicidade e inércia química	umidade 3%
Têxteis	sem resíduos arenosos	-----	-----	sem minerais de alta dureza	Alvura	-----
Sabão 1ª Linha. Sabão 2ª Linha.	99% < 325#	Al ₂ O ₃ = 5 MgO #### 30,6 SiO ₂ = 54 Fe ₂ O ₃ = 0,8 CaO = 0,1	talco claro. talco escuro.	-----	inércia Química e alvura	umidade < 1% perda ao fogo 3%

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. - Materiais

5.1.1.- Amostra de Minério

A amostra utilizada nos ensaios de beneficiamento, fornecida ao CETEM, é um talco creme denominado ITA-3, com 18% de umidade, procedente da mina Armando, localizada no município de Ponta Grossa - PR, e de propriedade da Itaiacoca S.A. Mineração Indústria e Comércio.

Foram recebidas cerca de 2 t de talco, visando aos estudos de caracterização e beneficiamento. Segundo o diretor da empresa Itaiacoca, há uma predominância na mina de talco ITA - 3, estimada em cerca de 80%. O outro tipo de talco denominado ITA-2 só é obtido através de lavra seletiva. Pela amostragem realizada, que ficou a cargo da empresa, essa amostra pode ser considerada representativa do minério atualmente lavrado e comercializado para cerâmica.

5.1.2. - Reagentes

O sistema de reagentes apontado pelos estudos anteriores de flotação em bancada e usina piloto, foi a combinação do espumante Flotanol D-14 ou óleo de pinho, com o coletor querosene. O depressor recomendado foi o silicato de sódio (Na_2SiO_3), e como modulador de pH, o hidróxido de sódio (NaOH). Nos estudos de alvejamento foram avaliados o desempenho dos seguintes reagentes: ditionito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) em pó, zinco metálico (Zn ###) e alumínio metálico (Al ###) em pó, gás SO_2 , ácidos HCl ou H_2SO_4 .

5.1.3. - Equipamentos de Laboratório

Os principais equipamentos que foram utilizados são : a célula de flotação de bancada, tipo Galigher, modelo LA-500, com variador de rotação e aeração, cubas de 5, 3 e 2 l. Foi usado também um moinho de porcelana com seixos de sílex, unidade motora, série de peneiras Tyler, cuba de vidro de 10 l, rotor de plástico, medidor de pH, filtro Denver de bancada, estufa, fotômetro fotoelétrico tipo Elrepho da Zeiss, com filtro de 457 nm, agitador com controle de rotação.

5.2 Metodologia

5.2.1. - Caracterização:

Nesta foram usadas amostras de talco (ROM) e concentrados de flotação. As análises químicas foram utilizadas para identificação dos elementos traços e, microscópio óptico para a determinação dos minerais presentes na amostra. Durante a pesquisa os resultados obtidos serão confrontados com a DRX.

5.2.2. - Preparação da amostra

A amostra enviada ao CETEM para o presente estudo, foi pesada, determinada a umidade, secada ao sol, classificada, homogeneizada, e retiradas alíquotas para os estudos de caracterização e flotação em bancada, conforme a figura 20.

5.2.3 - Caracterização química e mineralógica

Foram realizadas análises químicas, via úmida, do minério de talco Ita-3 da mina Armando, para Fe total, SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , MgO , CaO , e P.F., bem como análise semi-quantitativa através de espectrografia óptica de emissão. A tabela 19 nos mostra o resultado das análises químicas e a tabela 20 os resultados da espectrografia óptica de emissão.

Tabela 19 - Análise química do talco Ita-3

Compostos	(%)
SiO_2	63,30
Fe_2O_3	1,65
Al_2O_3	3,20
Na_2O	0,90
K_2O	0,10
MgO	21,80
CaO	1,05
P.F.	6,70
R.I. (em HCl 1:1)	91,70

Tabela 20 - Análise espectrográfica do talco Ita-3

Elementos	Head Sample	Concentrado (%)
Fe	2	2
Al	2	0,7
K	< 0,03	< 0,03
Mg	> 10	> 10
Ca	0,7	0,7
Na	A	A
Ni	0,01	0,01
Mn	0,1	0,1
Ti	0,3	0,03

Obs. os elementos Na e K estão abaixo do limite de detecção do aparelho.

Caracterização Mineralógica:

A partir dos resultados da difração de raios X (tabela 21), das análises químicas e, de exames ao microscópio óptico, foi determinada a composição mineralógica do talco em questão. A tabela 22 nos apresenta a composição mineralógica do talco Ita-3.

Tabela 21-Resultados da Difração de Raios X*

Amostra (#)	Minerais Identificados		
-10 + 100	Talco	Tremolit a	Quartzo
-100 + 200	Talco	Tremolit a	Quartzo
-400	Talco	Tremolit a	Quartzo
Head Sample	Talco	Tremolit a	Quartzo
Concentrado Flotação	Talco	-----	Quartzo
Rejeito da Flotação	Tremolita	Quartzo	talco

* Aparelho de raios X, marca PHILLIPS (40KV/20mA)

Tabela 22-Composição Mineralógica do talco Ita-3

Minerais	% em peso
Talco	75,0
Quartzo	9,5
Caulinita	5,0
Tremolita	5,0
Clorita	4,0
Outros*	1,5

* pirita oxidada, carbonato, óxido de ferro hidratado

5.2.4 - Ensaios de flotação

Inicialmente a amostra foi desagregada, empalpada a 40% de sólidos, 1200 rpm, tempo de agitação 15 min. conforme a figura 21. Em seguida deslamada, para remoção dos minerais argilosos, considerado prejudicial à flotação e a alvura do talco. A figura 22 apresenta um fluxograma usado em ensaios de deslamagem, controle de alvura e granulometria. Após a deslamagem foram adicionados reagentes na polpa, efetuado o condicionamento seguido de flotação.

Na flotação estava previsto a realização de estágios rougher e diversos cleaners, dependendo dos resultados finais a serem obtidos em termos de recuperação em massa e alvura do talco.

Durante os estudos de flotação em bancada foram avaliados a recuperação do talco ITA-3, em termos de massa flotada e alvura do concentrado. Os ensaios teve como ponto de partida as melhores condições já obtidas em estudos anteriores. As seguintes variáveis foram estudadas na flotação:

pH;
tempo de condicionamento (min.) ;
aeração da polpa (l / min.) ;
concentração de reagentes (g / t).

Foi realizado um estudo fatorial com as variáveis selecionadas e, consideradas mais influentes no processo. As variáveis foram estudadas a 2 níveis, máximo e

mínimo. Após a determinação das condições ótimas da flotação foram desenvolvidos estudos complementares de alveamento.

5.2.5 - Caracterização dos produtos da flotação

Os produtos da flotação foram submetidos a análises químicas, granulométrica e determinação de alvura. Os resultados foram confrontados com as especificações industriais do talco (tabela.2), resultando a tabela 23.

Tabela 23-Comparação com às diferentes especificações industriais do talco.

Talco Ita-3	Inseticida	Cerâmica	Borracha	Tintas	Plástico	Têxtil	Papel	Cosmético
Bruto	X	X						
Beneficiado	X	X	X	X	X	X	X	

5.2.6 - Estudo de alveamento do talco

A partir dos concentrados de flotação, foram desenvolvidos estudos de purificação, visando a obtenção de produtos de melhor qualidade, ou seja, com uma melhor alvura e, avaliar a influência no processo das seguintes variáveis: pH, tempo de lixiviação, % de sólidos, concentração de reagentes. Para isso, foram utilizados agentes redutores ou lixiviantes do tipo ditonito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$), zinco ou alumínio metálico com SO_2 , para redução do ferro trivalente (Fe^{+++}) a divalente (Fe^{++}), forma solúvel e possível de ser retirada na filtragem durante a etapa de lixiviação.

O alveamento químico é uma operação das mais importantes no beneficiamento do talco, pois reduz a quantidade de ferro existente no concentrado de flotação, que na maior parte é encontrado na forma Fe_2O_3 livre, permitindo que o talco seja usado para aplicações mais nobres (64).

6 - RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

O estudo ora desenvolvido usando flotação do talco ITA-3, indicou ser esta rota bastante promissora, podendo ser utilizada no Brasil, como já é largamente usada nos países desenvolvidos. No estudo fatorial usado na flotação foram realizados 16 ensaios réplicados, visando avaliar a influência das variáveis ou interação destas: aeração (l/min), tempo de condicionamento (min), concentração de reagentes (g/t) e pH. Partindo-se de uma alvura (ISO) do ROM de 56%, foram obtidos concentrados com alvura (ISO) de até 80% e recuperação em massa de 35,2% (tabs.24 e 25). De um modo geral, a alvura média obtida na flotação foi de 78% e a recuperação 32%. Como esses produtos não atendem os segmentos

industriais mais nobres (tabela2), foi necessário desenvolver estudos complementares de alveamento, visando melhorar a alvura desses, satisfazendo desta forma às exigências mais rigorosas do mercado consumidor.

6.1. ENSAIOS DE FLOTAÇÃO.

Nos ensaios de flotação o talco foi inicialmente desagregado, deslamado e flotado. Essa rota apresentou melhores resultados entre todas as outras estudadas. A deslamagem é uma etapa muito importante e mostrou-se indispensável, para remoção dos minerais argilosos que prejudicam à flotação e alveamento do talco. Melhorando a eficiência da deslamagem é possível se obter concentrados de flotação com melhor alvura. A análise da influência das variáveis selecionadas ou interações destas no presente estudo, indicou que apenas as variáveis A (aeração) e D (pH) são influentes no processo de flotação (tabela 24).

Tabela 24-Análise da Significância para a Flotação

AL1	AL2	DM	EFEITO	Tcal	SIGN.
78,4	79,0	156,0	T	-----	-----
78,7	79,1	-0,74	A	2,17	S
79,7	79,5	0,33	B	0,97	NS
79,0	79,7	0,06	AB	0,18	NS
79,4	78,8	-0,16	C	0,47	NS
78,7	75,1	-0,11	AC	0,32	NS
79,9	78,2	0,57	BC	1,68	NS
80,0	78,2	0,44	ABC	1,29	NS
77,9	78,0	-1,67	D	4,91	S
78,3	76,2	-0,19	AD	0,56	NS
77,4	77,3	-0,54	BD	1,59	NS
75,4	75,7	-0,39	ABD	1,15	NS
76,8	77,6	0,44	CD	1,29	NS
76,1	77,3	0,42	ACD	1,24	NS
78,5	77,6	0,37	BCD	1,09	NS
77,9	76,7	-0,23	ABCD	0,68	NS

Variáveis e níveis estudados:

A: aeração (8 e 12 l/min.)

B: condicionamento (min.)

5=querosene 5min.; F2=flotanol 2min.; S2=Silicato 2min. e Q6; F4; S3.

C: concentração de reagentes (g/t)

S500=Silicato (500g/t); Q900=Querosene (900g/t); F230=Flotanol (230g/t) e S600, Q1000, F250.

D: pH (9,5 e 10,5)

Alvura (ISO) do ROM: 56% e rotação da célula: 1.200 rpm. Ttab.= 2,12

Análise estatística dos efeitos das variáveis ou interações influentes:

A: Aumentando a aeração na polpa de 8 para 12 l/min., a alvura (ISO) do produto final flotado é prejudicada, reduzindo-se 0,74 pontos.

D: Aumentando o pH da polpa de 9,5 para 10,5, a alvura (ISO) do produto flotado é prejudicada, reduzindo-se 1,67 pontos.

Análise Física dos Resultados Significativos:

A: Aumentando a aeração da polpa, aumenta a probabilidade de flotação de minerais de ganga, pois devido a presença de mais bolhas na polpa, ocorrerá maior probabilidade de adesão dessas às partículas de minerais de ganga, resultando num arraste dessas partículas indesejáveis para o concentrado, contribuindo para reduzir a alvura do produto flotado.

D: Aumentando o pH de 9,5 para 10,5, aumenta a presença de óxidos de ferro e outros contaminantes no concentrado. O talco flotado e a espuma consistente, devem arrastar minerais de ganga para o concentrado. Contribuindo para o desfavorecimento da alvura do concentrado.

Tabela 25-Análise da Significância para a Recuperação em massa

REC1	REC2	DM	EFEITO	Tcal	SIGN.
32,4	33,7	61,65	T	-----	-----
35,4	33,3	1,31	A	1,31	NS
32,8	30,2	-0,87	B	0,87	NS
28,4	31,9	0,56	AB	0,56	NS
33,6	33,8	-0,15	C	0,15	NS
36,0	35,5	1,48	AC	1,48	NS
32,1	31,6	0,60	BC	0,60	NS
35,2	33,7	0,61	ABC	0,61	NS
27,9	32,8	-4,55	D	4,55	S
31,4	26,2	0,16	AD	0,16	NS
29,9	28,2	1,35	BD	1,35	NS
31,8	28,1	1,09	ABD	1,09	NS
29,5	23,4	-1,83	CD	1,83	NS
30,8	24,5	0,31	ACD	0,31	NS
28,8	22,0	-0,05	BCD	0,05	NS
33,9	27,6	-0,19	ABCD	0,19	NS

Variáveis e níveis estudados:

A: aeração (l/min.)

B: tempo de condicionamento (min.)

C: concentração de reagentes (g/t)

D: pH (9,5 e 10,5)

Alvuras (ISO): ROM 56%

rotação da célula : 1.200 rpm. Ttab. = 2,12

Análise estatística dos efeitos das variáveis ou interações influentes:

D: Aumentando o pH de 9,5 para 10,5. A recuperação em massa é prejudicada, ocorrendo uma diminuição na mesma de 4,55 pontos.

Análise Física dos Resultados Significativos:

D: O talco flota bem numa polpa ligeiramente neutra ou alcalina (pH=9,5), com a diminuição da aeração na polpa de 12 para 8 l/min., redução da dosagem de reagentes: coletor e espumante, bem como os respectivos tempos de condicionamento, tudo leva a crer, que estes fatores devem ter influido na redução da recuperação em massa.

6.2. ALVEJAMENTO QUÍMICO:

Os concentrados de flotação do talco Ita-3 foram submetidos a ensaios de alvejamento, utilizando três rotas distintas, com diferentes redutores do Fe^{3+} a Fe^{2+} : ditionito de sódio, zinco metálico com SO_2 e alumínio metálico com SO_2 . De acordo com a figura 1..

Estudando a influência das variáveis selecionadas e consideradas mais importantes no branqueamento do talco, foi elaborado um estudo fatorial com 4 variáveis a dois níveis, totalizando 16 ensaios que foram réplicados. A avaliação dos resultados foi realizada determinando-se a alvura dos produtos alvejados, e construindo-se o algoritmo de Yates da consistência. Em seguida foi avaliada a significância das variáveis selecionadas, a um grau de confiabilidade de 95%, e aplicado o teste T de student.

Ensaio de Branqueamento usando Ditionito de Sódio:

Foram realizados 16 ensaios réplicados com ditionito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$). As variáveis estudadas e níveis são apresentadas a seguir:

Variáveis	nível inferior	nível superior
massa de ditionito (kg/t)	1,5	2,5
tempo de reação (min.)	30	60
% de sólidos	20	30
pH	3,5	5,0

Nos ensaios de branqueamento a amostra foi colocada em forma de polpa num becker conforme figura 24. O ditionito de sódio, redutor do Fe^{3+} foi adicionado na polpa e controlado o pH com ácido sulfúrico, para o valor desejado. A polpa foi agitada com 80 rpm até o tempo previsto, sendo posteriormente filtrada, secada na estufa e determinada a alvura do produto final.

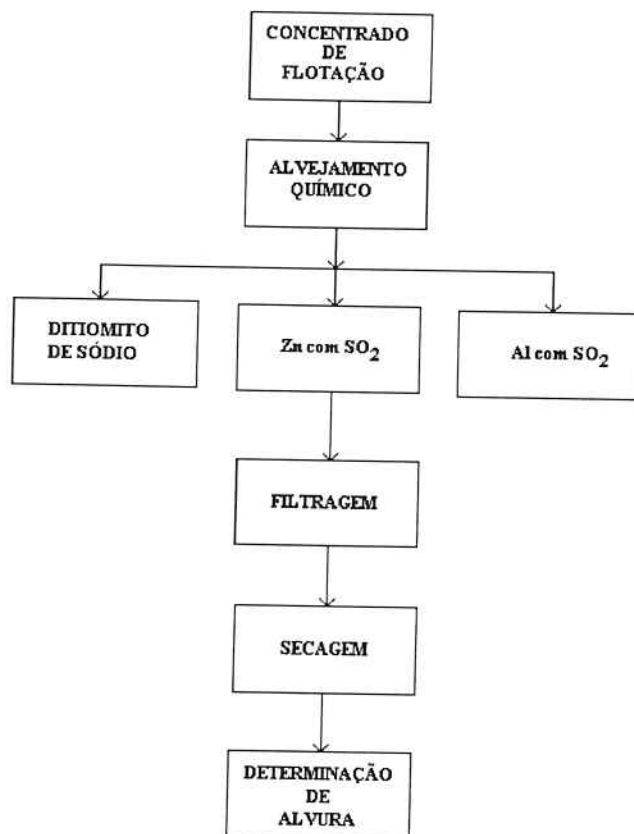


FIG.23 - FLUXOGRAMA USADO NOS ESTUDOS DE ALVEJAMENTO DO TALCO ITA-3 DE PONTA GROSSA - PR.

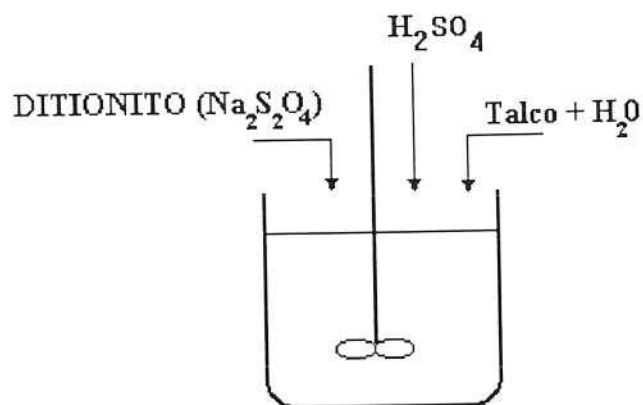


FIG. 24 - Branqueamento de Talco usando Ditionito de Sódio

A tabela 26 mostra as respostas obtidas nos ensaios de branqueamento do talco Ita-3, quando foi usado ditionito de sódio no estudo fatorial.

Tabela 26-Análise da Significância para Alveamento com Ditionito

AL1	AL2	DM	EFEITO	Tcal	SIGN.
81,8	84,3	167,14	T	-----	-----
83,5	85,9	0,53	A	0,91	NS
80,0	83,0	-0,73	B	1,26	NS
83,4	84,5	0,21	AB	0,36	NS
83,9	83,9	0,68	C	1,17	NS
85,6	84,0	-0,33	AC	0,57	NS
84,1	85,2	-0,12	BC	0,21	NS
84,4	83,5	-0,63	ABC	1,09	NS
83,8	84,2	-0,48	D	0,83	NS
80,0	84,8	-0,54	AD	0,93	NS
81,9	83,4	-0,13	BD	0,22	NS
81,3	85,9	0,41	ABD	0,71	NS
85,6	82,7	-0,34	CD	0,59	NS
84,2	84,8	0,64	ACD	1,10	NS
83,1	82,0	-0,67	BCD	1,16	NS
83,9	81,7	-0,03	ABCD	0,05	NS

Variáveis e níveis estudados:

A: massa de Ditionito de Sódio (1,5 e 2,5 kg/t)

B: tempo de reação (30 e 60 min.)

C: % de Sólidos (20 e 30)

D: pH (3,5 e 5,0)

Alvuras (ISO): ROM 56% e Concentrado de flotação 78,6%

rotação do reator : ~80 rpm. Ttab. = 2,12

Ensaio de Branqueamento usando Outros Alvejantes

Outros alvejantes utilizados foram o pó de zinco e de alumínio. Estes produtos foram misturados com a polpa de talco e o gás SO_2 foi borbulhado na polpa. Os resultados mostraram uma alvura mais baixa que as obtidas com ditionito de sódio, aliadas a um mais alto consumo tanto dos pós metálicos quanto do gás SO_2 , o que inviabilizou a continuidade dos testes.

7.CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nos estudos desenvolvidos com o minério de talco Ita-3 (talco creme) possibilitou as seguintes conclusões:

1. As alvuras obtidas na flotação com essa amostra estudada, indicaram que usando somente esta rota de beneficiamento, não é suficiente para obtenção de produtos para usos mais nobres do talco, onde as exigências do mercado são mais rigorosas. Desta forma, deverá existir uma etapa complementar de alvejamento.
2. Os ensaios envolvendo moagem apresentaram resultados desanimadores, esperava-se que a moagem produzisse superfícies novas nas partículas, favorecendo a flotação, o que não ocorreu.
3. A desagregação do talco, seguida de deslamagem e flotação foi a rota que apresentou melhores resultados entre todas as outras estudadas.
4. O sistema de reagentes aprovado na flotação foi a combinação do querosene com o Flotanol D14. O pH mais indicado foi alcalino ($\text{pH}=9,5$), usando o hidróxido de sódio como regulador. O depressor mais eficiente foi o silicato de sódio.
5. As rotas estudadas, flotação e alvejamento químico merecem especial atenção por se mostrarem mais promissoras. Com estas rotas foi possível se obter produtos para usos mais nobres.
6. A utilização do zinco e alumínio metálico com SO_2 , não é recomendada por serem metais pesados e poluentes do meio ambiente. Os ensaios de alvejamento usando ditionito de sódio mostrou-se mais eficiente, apresentando melhores resultados.
7. Das variáveis selecionadas para o estudo de flotação, apenas A (aeração) e D (pH) são influentes no processo.
8. As variáveis selecionadas na etapa de branqueamento usando o ditionito de sódio, como agente redutor, não foram significativas para a faixa estudada. Significando que na faixa escolhida para se estudar essas variáveis, não existe influência dessas no processo.

10

11

12

13

8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) MINERAIS DO PARANÁ S. A.. Consumo mineral na indústria de transformação. Paraná, Curitiba, 1988. p. 307 a 324.
- (2) PUGSLEY, JR. R. O., ABEL, S., SOUZA, P.G.C., BERG, E.A.T.. Talco: noções básicas e aplicações industriais. Ponta Grossa: Itaiacoca S.A. Mineração Indústria e Comércio, 1990.
- (3) BERG, E.A.T.. Aplicação do talco na indústria cerâmica. IN: ENCONTRO NACIONAL DO TALCO, 3, Ponta Grossa, 1986. p.11.
- (4) MINERAL COMMODITY SUMMARIES, Washington: United States Department of the Interior. Bureau of Mines, 1994 e 1995.
- (5) SHIMABUKURO, N. T., BALTAR, C. A. M., VIDAL, F. W. H.. Beneficiamento de talco: estudos em escala de bancada. Brasília: CETEM / DNPM, 1979. 33p. (Série de Tecnologia Mineral, 2).
- (6) DANA, J. D., HURLBULT, C. S.. Manual de mineralogia. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1984.V.2.
- (7) LUZ, A. B., PONTES, I. F., PORPHIRIO, N. H.. Estudo de beneficiamento do talco de Ponta Grossa: escala de bancada, IN: XIV ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E HIDROMETALURGIA. Anais. Salvador, 1990. V.1, p.107-122.
- (8) BERG, E.A.T., LOYOLA, L. C.. Contribuição ao estudo do talco do Estado do Paraná. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 31, Brasília, 1987. Anais. Brasília: Associação Brasileira de Cerâmica, 1987. V.2, p. 783-785.
- (9) NOT OF TALC ALONE. Industrial Minerals, nº.183, p.58 a 78, Dec. 1982.
- (10) SUMÁRIO MINERAL BRASILEIRO, Brasília : DEM / DNPM / MME, 1992. V.12, pág. 90.
- (11) LIMA, R.M.F..Beneficiamento de talco do Paraná por flotação em coluna. Relatório interno de projeto. Rio de Janeiro : CETEM, maio 1993.
- (12) BALTAR, C. A., VIDAL, F. H., SHIMABUKURO, N. T.. Beneficiamento de talco: estudos em usina piloto. Brasília : CETEM / DNPM, 1979, 18p.(Série de Tecnologia Mineral, 3).
- (13) LUZ, A. B., PONTES, I. F., ALMEIDA, S. L. M.. Beneficiamento de talco: usina piloto. Rio de Janeiro : CETEM / CNPq, 1990. (Série de Tecnologia Mineral, 52).

- (14) SANTOS, P. S.. Tecnologia de Argilas aplicada às argilas brasileiras, São Paulo : Edgard Blucher, 1975. 2v.
- (15) WORLD OF MINERALS: TALC IN EUROPE. Industrial Minerals, nº. 237, p. 40, june 1987.
- (16) PEREIRA, F.W., Expanding the talc pitch-control market in Japan. Industrial Minerals, nº. 270, p. 22, 55 e 147, march 1990.
- (17) MICHAEL, B. Mc., Industrial Minerals of Eire: Talc - Westport 10 years on. Industrial Minerals, nº. 274, p. 33 a 53, july 1990.
- (18) GRIFFITHS, J., South Africa's Minerals : Diversity in adversity. Industrial Minerals, nº. 263, p.50, august 1989.
- (19) RUSSELL, A., Tour D - Three springs talc mine. Industrial Minerals, nº. 273, p.71, june de 1990.
- (20) WORLD OF MINERALS. Industrial Minerals, nº. 252, p. 16 a 33, september 1988.
- (21) GOMES, L. M. B.. Controle físico químico da flotabilidade natural do talco pela carboximetilcelulose. Rio de Janeiro : COPPE / UFRJ (tese). 1988. p. 2-4.
- (22) VELHO, J. A. G. L., GOMES, C. S. F. Matérias primas minerais alternativas do caulino para carga e cobertura do papel. Portugal; Universidade de Aveiro / departamento de geociências, 1989. V. 4, p. 181-202.
- (23) ALTABA, M. Font. Atlas de Mineralogia. s. l: Ediciones Jover, 1969.
- (24) PARFENOFF, A., POMEROL, C., TOURENQ, J.. Les minéraux en grains. Paris : Masson, 1970. 600p.
- (25) ENCONTRO NACIONAL DO TALCO, 4º. SIMPÓSIO DE CARGAS MINERAIS, 2º setembro, 1988, Ponta Grossa, Paraná. Anais.
- (26) ENCONTRO NACIONAL DO TALCO, 3º. SIMPÓSIO DE CARGAS MINERAIS, 1º outubro, 1986, Ponta Grossa, Paraná. Anais.

BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PMI 001 - Características Geométricas da Escavação Mecânica em Mineração: Exemplo de Escavadora de Caçamba de Arraste - ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI 002 - Prospecção Geoquímica Experimental na Ocorrência de Ouro Tapera Grande - PAULO BELJAVSKIS, HELMUT BORN
- BT/PMI 003 - Estudo de Processo de Dupla Flotação visando o Beneficiamento do Minério Carbonático de Fosfato de Jacupiranga - JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI 004 - Desenvolvimento de um Equipamento Não-Convencional em Beneficiamento Mineral: A Célula Serrana de Flotação Pneumática - RICARDO NEVES DE OLIVEIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI 005 - Aluste de Modelos Empíricos de Operação de Ciclones - HOMERO DELBONI JUNIOR, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI 006 - Contribuição ao Estudo dos Explosivos Permissíveis - AMILTON DOS SANTOS ALMEIDA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI 007 - Contribuição ao Dimensionamento de Pilares em Minas Subterrâneas de Manganês - LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA, ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI 008 - Exploração Mineral: Conceitos e Papel do Estado - LUIZ AUGUSTO MILANI MARTINS, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI 009 - Otimização do Projeto de Pátios de Homogeneização através do Método da Simulação Condicional - FLAVIO MOREIRA FERREIRA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI 010 - Considerações Gerais sobre Desmonte de Rocha: Análise de Custo - Índice de Produtividade e Otimização da Malha de Perfuração - MARCO ANTONIO REZENDE SILVA, FERNANDO AMOS SIRIANI
- BT/PMI 011 - Aglomeração de Rejeitos de Fabricação de Brita para sua Reciclagem - ARTHUR PINTO CHAVES, BRADDLEY PAUL
- BT/PMI 012 - Método de Dimensionamento de Peneiras para a Classificação Granulométrica de Rochas ou Minérios - FERNANDO AMOS SIRIANI
- BT/PMI 013 - Processo de Beneficiamento para Obtenção de uma Carga Mineral Nobre a partir do Fosfogesso - WALTER VALERY JUNIOR, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI 014 - Estudo da Carboxi-Metil-Celulose como Aglomerante para Pelotização - JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI 015 - A Influência do Amido de Milho na Eficiência de Separação Apatita/Minerais de Ganga Via Processo Serrana - LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI 016 - Beneficiamento de Criolita Natural - Estado da Arte - HENRIQUE KAHN, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI 017 - Estudo da Variação do Índice Energético Específico - W_i , segundo a Granulometria do Ensaio, Obtida através de um Moinho de Bolas Padrão, em Circuito Fechado - MARIO SHIRO YAMAMOTO, FERNANDO AMOS SIRIANI
- BT/PMI 018 - Fluorita - FERNANDO FUJIMURA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI 019 - O Aproveitamento de Recursos Minerais: Uma Proposta de Abordagem a Nível Nacional - CELSO PINTO FERRAZ, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO

- BT/PMI/020 - Comparação de duas Metodologias - A de Bieniawski e a de Panek, para Dimensionamento de Tirantes em Galerias Subterrâneas de Seção Retangular em Camadas Estratificadas - NESTOR KENJI YOSHIKAWA, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/021 - Caracterização de Maciços Rochosos através de Envolvimentos de Resistência por Tratamento Estatístico utilizando Dados de Laboratório do IPT Simulando Condições Geotécnicas do Maciço - NESTOR KENJI YOSHIKAWA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/022 - Avaliação de Impactos Ambientais na Mineração de Combustíveis Fósseis Sólidos - GILDA CARNEIRO FERREIRA, ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/023 - O Lado Nocivo do Elemento Quartzo no Desgaste Abrasivo de Mandíbula de Britadores - FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/024 - Conceitos Básicos de Iluminação de Minas Subterrâneas - SÉRGIO MEDICI DE ESTON, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/025 - Sistema Computadorizado para Ajuste de Balanço de Massas e Metalúrgico - ANTONIO CARLOS NUNES, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/026 - Caracterização Mineralógica/Tecnológica das Apatitas de alguns Depósitos Brasileiros de Fosfato - SARA LAIS RAHAL LENHARO, HELMUT BORN
- BT/PMI/027 - Classificação de Maciços quanto à Escarificabilidade - GUILHERME DE REZENDE TAMMERIK, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/028 - Análise Comparativa de Métodos de Amostragem de Depósitos Auríferos - FÁBIO AUGUSTO DA SILVA SALVADOR, HELMUT BORN
- BT/PMI/029 - Avaliação da Qualidade de Corpos Moedores para o Minério Fosfático de Tapira - MG - GERALDO DA SILVA MAIA, JOSÉ RENATO B. DE LIMA
- BT/PMI/030 - Contribuição ao Estudo da Cominuição Inicial à Partir da Malha de Perfuração - MARCO ANTONIO REZENDE SILVA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/031 - Análises Químicas na Engenharia Mineral - GIULIANA RATTI, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/032 - Usos Industriais da Atapulga de Guadalupe (PI) - SALVADOR LUIZ MATOS DE ALMEIDA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/033 - Minerais Associados às Apatitas: Análise de sua Influência na Produção de Ácido Fosfórico e Fertilizantes Fosfatados - ROBERTO MATTIOLI SILVA, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMI/034 - Beneficiamento dos Caulins do Rio Capim e do Jari - ADÃO BENVINDO DA LUZ, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/035 - Dimensionamento de Suportes em Vias Subterrâneas - LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/036 - Estudos da Modelagem Matemática da Moagem com Seixos para Talco de Diversas Procedências - MARIO VALENTE POSSA, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/037 - Mecânica de Rochas Aplicada ao Dimensionamento do Sistema de Atirantamento em Minas Subterrâneas - LEONCIO TEÓFILO CARNERO CARNERO
- BT/PMI/038 - Geometria de Minas a Céu Aberto: Fator Crítico de Sucesso da Indústria Mineral - FÁBIO JOSÉ PRATI, ANTÔNIO JOSÉ NAGLE

BT/PMI/039 - Substituição do Aço por Polímero e Compósitos na Indústria Automobilística do Brasil: Determinantes e Consequências para o Mercado de Minério de Ferro - WILSON TRIGUEIRO DE SOUSA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO, ANTONIO JOSÉ NAGLE

BT/PMI/040 - Aplicação de uma Metodologia que Simule em Moinho de Laboratório Operações Contínuas de Moagem com Seixos para Talco - REGINA COELI CASSERES CARRISSO, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA

BT/PMI/041 - A Indústria Extrativa de Rochas Ornamentais no Ceará - FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL, ANTONIO STELLIN JÚNIOR

BT/PMI/042 - A Produção de Fosfato no Brasil: Uma Apreciação Histórica das Condicionantes Envolvidas - GILDO DE A. DE SÁ C. DE ALBUQUERQUE, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO

BT/PMI/043 - Flotação em Coluna - Estado de Arte - JULIO CESAR GUEDES CORREIA, LAURINDO SALIES LEAL FILHO

4

2

3

1