

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas

Dissertação de Mestrado

**Uso de talco nacional
como aditivo adsorvente
de piches e materiais pegajosos
no processo de fabricação do papel**

Autor: Arnaldo Lentini da Camara
Orientador: Prof. Paulo Roberto Gomes Brandão

Fevereiro/ 2003

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas

Arnaldo Lentini da Camara

Uso de talco nacional
como aditivo adsorvente
de piches e materiais pegajosos
no processo de fabricação do papel

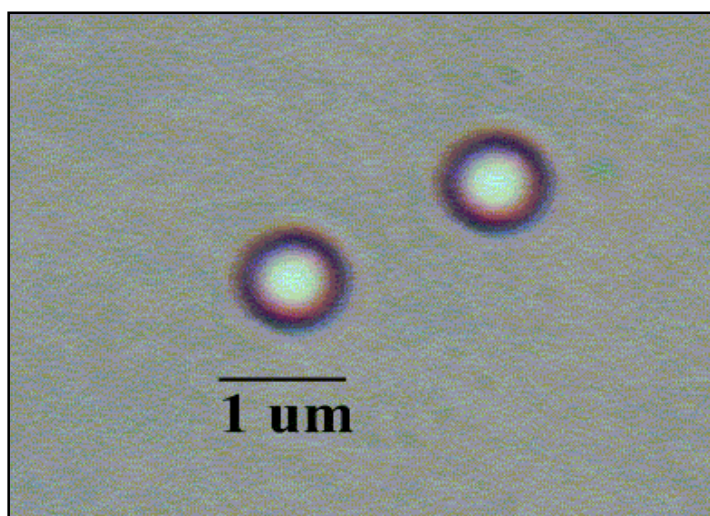
Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-
Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da
Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2003

**USO DE TALCO NACIONAL
COMO AGENTE ADSORVENTE
DE PICHES E MATERIAIS PEGAJOSOS (PITCH & STIKIES)
NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO PAPEL**



Talco nacional utilizado como agente adsorvente de “pitch” e “stickies” em polpa no processo de produção de papel.



Gotículas de piche: contaminante presente na polpa do processo de fabricação do papel.

*Aos meus pais, João (“in memorium”) e Angela, à minha
companheira Neuzira, aos meus filhos Bernardo e Lourenço,
que fizeram e fazem com que a caminhada siga dinâmica,
guardando a serenidade.*

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram na preparação deste trabalho e, em particular, ao orientador, Prof. Paulo Roberto Brandão, pelo balizamento seguro na condução dos ensaios, processos de análise e estruturação da dissertação.

À Klabin S.A. – Telêmaco Borba e ao CTCEP-PR, pela colaboração na realização dos testes industriais.

À Magnesita S.A , nas pessoas: do engº. Luís Rodolfo Mariani Bittencourt, pelo apoio na participação no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da EEUFMG; ao engº. Emílio Lobato, pela coordenação de testes com polpas industriais, trabalhos técnicos desenvolvidos e apresentados, relacionados ao uso de talco para controle de "pitch" na indústria do papel. Agradecimento extensivo aos setores da Magnesita/Brumado, GMTM, GEO, pela boa vontade no fornecimento de amostras, informações e realização de ensaios; à equipe do CPqD da Magnesita S.A, em especial, ao técnico Nivaldo César, à equipe da EEUFMG, em especial à técnica Isabel de Sousa Batista Carvalho, pelo suporte nas caracterizações e ensaios.

SUMÁRIO

Resumo	xvi
Abstract	xviii
I.	
INTRODUÇÃO	1
I.1 Justificativa do tema.....	1
I.2 Mercado do talco como agente de adsorção na indústria do papel	1
I.3 Conceitos básicos	2
I.4 Papel: a fabricação.....	3
I.4.1 Histórico e processo.....	3
I.4.2 Fabricação de pastas.....	6
I.4.3 A fabricação de papel.....	10
I.4.4 Piche e materiais pegajosos no processo de produção do papel.....	12
I.4.5 Mercado potencial para uso de talco para controle de “pitch”.....	13
I.5 Controle de “pitch” na indústria do papel.....	19
II.	
OBJETIVOS	25
II.1 Objetivo principal.....	25
II.2 Objetivos específicos.....	25
III.	
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
III.1 Embasamento para os estudos.....	27
III.2 O talco e seu uso: mineralogia, geologia e mercado.....	29
III.2.1 Mineralogia.....	29
III.2.2 Propriedades físicas.....	30
III.2.3 Morfologia.....	32
III.2.4 Minerais acessórios.....	33
III.2.5 Gênese do talco em Brumado.....	36
III.2.6 Usos do talco.....	42
III.3 Potencial de formação de piche	49
III.3.1 A adsorção de piche pelo talco.....	52

IV.

METODOLOGIA	57
IV.1 Considerações gerais.....	57
IV.2 Caracterização.....	57
IV.2.1 Grau de liberação.....	60
IV.2.2 Análise química.....	60
IV.2.3 Análise mineralógica.....	61
IV.2.4 Análises térmicas.....	61
IV.2.5 Cone pirométrico equivalente.....	62
IV.2.6 Brancura.....	62
IV.2.7 Densidade aparente – peso específico.....	63
IV.2.8 Análise de tamanho de particulados.....	63
IV.2.9 Área superficial específica.....	64
IV.2.10 Absorção em óleo.....	66
IV.2.11 Micronização e compactação.....	67
IV.2.12 Microscopia eletrônica de varredura.....	73
IV.3 Testes específicos para quantificação de “pitch” e “stickies”.....	74
IV.3.1 Método de contagem de “pitch” ao microscópio.....	75
IV.3.2 Método de análise via espectrometria de infravermelho.....	79
IV.3.3 Piche sintético - composição.....	82
IV.3.4 Método para medir adsorção de “stickies” – ““ Doshi Test “.....	83”.

V.

RESULTADOS E DISCUSSÃO	85
V.1 Ensaio de caracterização.....	85
V.1.1 Análise granulométrica por peneiramento.....	85
V.1.2 Grau de liberação.....	86
V.1.3 Análise química.....	87
V.1.4 Análise mineralógica.....	87
V.1.5 Microscopia óptica.....	89
V.1.6 Análises térmicas.....	89
V.1.7 Cone pirométrico equivalente.....	90
V.1.8 Brancura.....	90
V.1.9 Peso específico / D.A.S. (densidade aparente solta).....	90
V.1.10 Análise granulométrica dos particulados.....	91
V.1.11 Área superficial específica.....	96

V.1.12	Absorção em óleo.....	97
V.1.13	Micronização e compactação.....	98
V.1.14	Microscopia eletrônica de varredura.....	101
V.2	Testes específicos.....	104
V.2.1	Testes de quantificação de piches via microscopia ótica.....	104
V.2.2	Análise via EIV - testes com piche sintético e piche natural.....	114
V.3	Interpretação dos resultados.....	120
V.4	Discussão dos resultados.....	130
VI.		
CONCLUSÕES	134
VII.		
RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS	136
VIII.		
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	137
IX.		
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139

LISTA DE FIGURAS

Figura I.1:	Esquema ilustrativo de fábrica de papel processo sulfato.....	9
Figura I.2:	Fluxograma de processo de produção de papel.....	12
Figura I.3:	“Pitch” e “stickies” na indústria do papel.....	13
Figura I.4:	Gráfico histórico da evolução da produção de celulose.....	16
Figura I.5:	Gráfico evolução da produção por tipo de fibra de celulose.....	17
Figura I.6:	Gráfico da distribuição da produção celulose fibra longa.....	17
Figura I.7:	Gráfico da distribuição da produção celulose fibra curta.....	18
Figura I.8:	Gráfico direcionamento da exportação da celulose.....	18
Figura I.9:	Gráfico distribuição da produção nacional de celulose.....	19
Figura I.10:	Mercado nacional de talco para controle de “pitch”.....	20
Figura I.11:	Esquema simplificado de adsorção de “pitch” pelo talco.....	24
Figura III.1:	Estrutura cristalina do talco.....	31
Figura III.2:	Estrutura cristalina do talco – planos de clivagem.....	32
Figura III.3:	Talco lamelar (macrocristalino) e compacto (microcristalino).....	32
Figura III.4:	Croqui de localização da minas de talco da Magnesita S/A	34
Figura III.5:	Lâmina petrográfica.....	35
Figura III.6:	Lâmina petrográfica.....	35
Figura III.7:	Gênese do talco Magnesita – seção geológica típica.....	37
Figura III.8:	Vista geral da mina de talco Cabeceiras, da Magnesita S.A.....	37
Figura III.9:	Perfil geológico típico – mina de talco Cabeceiras.....	38
Figura III.10:	Fluxograma do processo produção semimecanizado de talco.....	40
Figura III.11:	Importância da lamelaridade do talco para uso em polímeros.....	44
Figura III.12:	Propriedades mecânicas dos compostos PP / talco.....	45
Figura IV.1:	Princípio de funcionamento “jet-mill” frontal.....	69
Figura IV.2:	Princípio de funcionamento “jet-mill” espiral.....	70
Figura IV.3:	Princípio de funcionamento moinho de pérolas.....	71
Figura IV.4:	Sistema de compactação – processo a úmido.....	72
Figura IV.5:	Sistema de compactação – processo a seco.....	72
Figura IV.6:	Câmara Neubauer / hemacitômetro.....	78
Figura IV.7:	Fluxograma pontos de adição de talco na polpa industrial.....	79
Figura V.1:	Gráfico análise granulométrica talco britado.....	86
Figura V.2:	Difratograma talco bruto para produção de GM-20.....	88
Figura V.3:	Difratograma talco GM-20.....	88

Figura V.4:	Análise térmica.....	89
Figura V.5:	Gráfico análise via Sedigraph talco PR-1.....	93
Figura V.6:	Gráfico análise via Sympatec talco moinho pérola.....	93
Figura V.7:	Gráfico análise via Malvern talco PR-1.....	94
Figura V.8:	Gráfico análise via Malvern talco moinho pérola.....	95
Figura V.9:	Gráfico % de absorção em óleo.....	98
Figura V.10:	Gráfico volume de talco antes e após compactação.....	99
Figura V.11:	Foto MEV talco PR 2 moinho Raymond.....	101
Figura V.12:	Foto MEV talco PR 2 moinho Fard.....	101
Figura V.13:	Foto MEV talco P20.....	101
Figura V.14:	Foto MEV talco PC 75.....	101
Figura V.15:	Foto MEV talco GM 20.....	102
Figura V.16:	Foto MEV talco GM 20S.....	102
Figura V.17 :	Foto MEV talco “jet-mill espiral” 3.500	102
Figura V.18:	Foto MEV talco ”jet-mill espiral” 4500.....	102
Figura V.19:	Foto MEV talco “jet-mill frontal”.....	103
Figura V.20:	Foto MEV talco pérola.....	103
Figura V.21:	Foto MEV talco pérola.....	103
Figura V.22:	Foto MEV talco importado.....	103
Figura V.23:	Gráfico % redução de piche em polpas industriais.....	111
Figura V.24:	Gráfico % redução de piches em função do % talco adicionado.....	112
Figura V.25:	Gráfico % redução de “stickies”.....	113
Figura V.26:	Espectro análise EIV– talco Pérola original.....	116
Figura V.27:	Espectro análise EIV talco Pérola- expansão de banda.....	117
Figura V.28:	Espectro análise EIV - talco Pérola - ads. piche sintético.....	118
Figura V.29:	Espectro análise EIV - talco Pérola – ads. licor.....	122
Figura V.30:	Espectro análise EIV - talco PR-2 Fard, ads. licor.....	123
Figura V.31:	Espectro análise EIV - talco PR-2 Raymond, ads. licor	124
Figura V.32:	Gráfico rel. de ads. x tipos de talco, BET, teste 11.....	125
Figura V.33:	Gráfico rel. de ads. x tipos de talco, Blaine, teste 11.....	125
Figura V.34:	Gráfico rel. de ads. x tipos de talco, BET, teste 12.....	126
Figura V.35:	Gráfico rel. de ads. x tipos de talco, Blaine, teste 12.....	126
Figura V.36:	Gráfico rel. de ads. x tipos de talco, BET, teste 13.....	127
Figura V.37:	Gráfico rel. de ads. x tipos de talco, Blaine, teste 13	127
Figura V.38:	Gráfico rel. de ads. x tipos de talco, BET, teste 14.....	128

Figura V.39: Gráfico rel. de ads. x tipos de talco, Blaine, teste 14	128
Figura V.40: Gráfico rel. de ads. x tipos de talco, BET, teste 15.....	129
Figura V.41: Gráfico rel. de ads. x tipos de talco, Blaine, teste 15	129
Figura V.42: Esquema lamela de talco na análise BET x Blaine.....	130

LISTA DE TABELAS

Tabela I.1	Produção de pastas celulósicas 2001/2002.....	14
Tabela I.2	Distribuição produção celulose e consumo talco p/ “pitch”.....	15
Tabela III.1	Tipos de talco fornecidos pela Magnesita S.A.....	41
Tabela III.2	Estabilidade de colóides x potencial zeta.....	52
Tabela V.1	Análise granulométrica por peneiramento.....	85
Tabela V.2	Análise química do talco via fluorescência de raios-X.....	87
Tabela V.3	Minerais identificados em microscopia óptica.....	89
Tabela V.4	Índices de brancura do talco.....	90
Tabela V.5	Densidade aparente solta do talco.....	91
Tabela V.6	Peso específico e tamanho médio.....	91
Tabela V.7	Tamanho de partículas x processo de análise – talco PR 1.....	92
Tabela V.8	Tamanho de partículas x processo de análise – talco GM 20.....	92
Tabela V.9	ASE BET e Blaine para diferentes tipos de moagem.....	96
Tabela V.10	Teste de % de absorção em óleo.....	97
Tabela V.11	Opções de micronização.....	100
Tabela V.12	Caracterização granulométrica de tipos de talcos.....	104
Tabela V.13	Condições de realização dos testes específicos.....	105
Tabela V.14	Teste 1 – adsorção de piche em polpa mecânica.....	106
Tabela V.15	Teste 2 – adsorção de piche em polpa mecânica.....	106
Tabela V.16	Teste 3 – adsorção de piche em polpa mecânica.....	107
Tabela V.17	Teste 4 – adsorção de piche em polpa mecânica.....	107
Tabela V.18	Teste 5 – adsorção de piche em polpa mecânica.....	108
Tabela V.19	Teste 6 – adsorção de piche em polpa mecânica.....	108
Tabela V.20	Teste 7 – adsorção de piche em polpa química.....	109
Tabela V.21	Teste 8 – adsorção de piche em polpa química.....	109
Tabela V.22	Teste 9 – adsorção de piche em polpa mecânica.....	110
Tabela V.23	Teste 10 - adsorção de “stickies” em polpa de reciclados.....	110
Tabela V.24	Teste 11 – adsorção piche sintético, análise infravermelho.....	114
Tabela V.25	Teste 12 –adsorção piche sintético, análise infravermelho.....	115
Tabela V.26	Teste 13 –adsorção piche sintético, análise infravermelho.....	115
Tabela V.27	Teste 14 –adsorção piche, polpa celulose, análise infravermelho.....	119
Tabela V.28	Teste 15 – adsorção piche, polpa celulose, análise infravermelho.....	120

LISTA DE NOTAÇÕES E FÓRMULAS

Bracelpa:	Associação Brasileira de Celulose e Papel
PAR:	pasta celulósica de alto rendimento
1 Pa:	1 Pascal = 1N/m^2
1 Newton:	1kgf/cm^2
Mpa:	10^6N/m^2
Gpa:	10^9N/m^2
EUA:	Estados Unidos da América
UE:	União Européia
FOB:	preço sem a inclusão de frete
CIF:	preço com o frete incluso
t:	tonelada
Fig.:	figura
PP:	polipropileno
$^{\circ}\text{C}$:	graus Celsius
P.M.:	peso molecular
%:	percentagem
A° :	Angstrom
α, β, γ :	ângulos da estrutura cristalina do talco
μm :	micrometro
nm:	nanômetro
IV:	infravermelho

Número ROE, ou cloro: exprime a branqueabilidade de uma celulose. N^o. de gramas de cloro gás absorvido em 15 minutos a 20°C . Por 100g em base seca de uma celulose com 55% de umidade

N^o. Tappi, ou permanganato: exprime a branqueabilidade de uma celulose. N^o. de ml de uma solução 0,1N de permanganato de potássio absorvido por 1g de celulose isenta de umidade, em condições específicas de tempo, temperatura a acidez.

Grau de alvura GE: refletividade de uma folha de papel ou celulose à uma luz específica, azulada, em condições padronizadas, em um instrumento projetado e

calibrado para esse fim. Chamada de alvura GE pelo nome do fabricante do equipamento original.

$\Psi = [4\pi \kappa q / D]$, sendo:

Ψ = potencial zeta (mv)

κ = espessura da camada difusa (nm)

q = carga resultante da partícula (Coulomb)

D = constante dielétrica da água (adimensional)

pH: potencial de hidrogênio

mv: milivolts

rpm: rotações por minuto

hp: cavalo-vapor

v: volts

$$CPP = \frac{(A)(K)}{V}$$

CPP= concentração de partículas de piche x 10⁶/cm³:

A= n^o. médio de partículas por quadrícula

K= fator de correção da profundidade(constante=1,1)

DRX: difração de raios-X

EDS: energia dispersiva de raios-X

FAD: diâmetro médio equivalente, método de Fisher

log: logaritmo decimal

$$n\lambda = 2d \sin\theta$$

λ : o comprimento de onda dos raios difratados

d : distância constante entre planos de uma mesma família, em um cristal – distância interplanar

n : número inteiro correspondente à ordem de difração

θ : ângulo oblíquo ou ângulo de Bragg

ATD: análise termodiferencial

ATG: análise termogravimétrica

DAS: densidade aparente solta
 DAC: densidade aparente compactada
 ASE: área superficial específica

$$A_m = K \beta^{1,5} t^{0,5} / \delta (1 - \beta) \mu^{0,5}, \text{ onde}$$

A_m = área superficial específica em massa (cm^2/g)

t = tempo (segundos)

δ = massa específica do material (g/cm^3)

μ = viscosidade do ar (Pa.s)

K = constante do aparelho

β = porosidade (%)

$$1/W ((p_s/p) - 1) = 1 / W_m C + (C - 1) / W_m C (p / p_s)$$

W = massa de gás adsorvido na pressão relativa p / p_s

W_m = massa de gás adsorvido como monocamada completa

Para combinações adsorvente/adsorvato que seguem a isoterma de BET, um gráfico de $1/W((p_s/p) - 1) \times p/p_s$, será linear. W_m poderá ser calculado pelos coeficientes linear e angular (inclinação e intercepto) dessa reta):

$$W_m = 1 / (s + i) \text{ e } C = s / i + 1 \text{ (s= coeficiente angular; i= coeficiente linear)}$$

$$S_t = W_m N A_{pa} / M \quad S_t = \text{área superficial total}$$

N = número de Avogadro

M = massa molecular do adsorvato

A_{pa} = área projetada da molécula de adsorvato Sendo m = massa da amostra

Área superficial específica (m^2/g): $S + S_t / m$

m = massa da amostra

MEV: microscopia eletrônica de varredura
 IER: imagem de elétrons retroespalhados
 IES: imagem de elétrons secundários
 D50: diâmetro que indica partição média de 50% da distribuição de partículas
 D (V,01): diâmetro de população de partículas menores que 10% dos valores
 D (V,05): diâmetro de população de partículas menores que 50% dos valores
 D (V,09): diâmetro de população de partículas menores que 90% dos valores

Resumo

O tema, abordando a possibilidade de uso de talco nacional a ser utilizado como aditivo para controle de piches e materiais pegajosos (“pitch” e “stickies”) na indústria do papel, envolve implicações tanto técnicas quanto econômicas, sejam para os produtores desta matéria-prima, seja para os consumidores industriais. “Pitch” e “stickies” referem-se a uma variedade de resinas orgânicas, hidrofóbicas, de composição química sem definição precisa ou constante, e aos depósitos que estas resinas causam no sistema de produção de pasta para fabricação de papel. Estes depósitos podem ocorrer em diversos pontos das fábricas, provocando perturbações no processo produtivo e na qualidade do produto. Um programa eficiente de controle destes depósitos gordurosos é de grande importância na eficiência operacional do processo. Dentre as práticas empregadas, está a de uso de aditivos e, entre esses aditivos, o talco, que por suas propriedades de adsorção dos constituintes resinosos é um dos agentes utilizados. O mercado nacional para atender a essa demanda, foi suprido quase que exclusivamente por material importado, sob alegação de melhor desempenho e efetividade na adsorção dos piches. Atualmente os produtores nacionais lutam por se impor, procurando oferecer alternativas técnica e economicamente viáveis para controle de “pitch”. O objetivo deste trabalho foi o de comparar o talco nacional produzido nas minas da Magnesita S.A. em Brumado, Bahia; com o talco importado, como aditivo para controle de piches e materiais pegajosos. O processo para avaliação dessa performance consistiu na realização de testes para quantificação dos depósitos de piches residuais presentes, antes e após a aplicação de talco em polpas industriais e sintéticas. Nesse processo de avaliação, destaca-se o uso de medição de adsorção de piche via espectrometria de infravermelho, método utilizado com certo grau de ineditismo nesse campo e de maior precisão do que o usualmente utilizado na indústria: a contagem no hemacitômetro. A principal variável para classificação dos tipos de talcos brasileiros testados foi a alternativa de sistemas de moagem e micronização e, portanto, os valores da área superficial específica obtidos. O talco das minas da Magnesita S.A. apresenta bons resultados quando comparados ao contra-tipo importado. Nos testes com polpas industriais, o talco importado peletizado mostra, em média, uma redução de cerca de 55% de piche contra cerca de 50% do talco nacional, valores praticamente equivalentes. Nos testes com polpas sintética/piche sintético, talcos com maiores

áreas superficiais específicas mostraram tendência a melhores performances, de acordo com as relações de adsorção medidas. Nesse contexto, a eficiência do talco nacional chegou a ser superior ao produto importado, quando se consideram faixas equivalentes de área superficial específica. Pôde ser confirmado que o talco brasileiro é uma boa opção técnica – e espera-se que também econômica, para uso como aditivo redutor de “pitch” e “stickies” que ocorrem no processo de produção do papel.

Palavras-chave : talco, “pitch”, “stickies”, piches, resinas, adesivos, aderentes, gomas contaminantes, papel, espectrometria de infravermelho, adsorção.

Abstract

The subject of this study is the use of Brazilian talc as an additive for pitch and stickies control in paper industry, including technical and economical questions shared by raw material suppliers, as well as industrial consumers. "Pitch and stickies" refer to a large variety of organic and hydrophobic resins with undefined or unknown chemical composition, that cause harmful deposits in paper pulp. These deposits occur during paper production causing problems to the process flow and quality damage to the final product. An efficient pitch control program is very important to achieve good operational results in the paper industry. Due to the property of talc to adsorb these organic resins, it is a common practice to add this mineral to paper pulps in order to reduce occurrence of pitch and stickies deposits. The Brazilian market has been supplied mainly by imported talc. Nowadays, the local suppliers are looking for increasing talc use as a feasible technical and economical alternative to pitch control. The goal of this study was the comparison of national talc from Magnesita's mine in Brumado, Bahia State, with imported talc as a pitch and stickies control additive. The process to evaluate talc performance consisted in tests comparing pitch deposits formed before and after talc addition. The tests have been carried out using industrial and synthetic pulps. The developed method to evaluate pitch adsorption by infrared spectrometry is very important. It is a pioneering way to do this analysis and it could give more precise comparisons than the traditional industrial test by the hemacytometer. The main variables for the Brazilian talc studied were the different milling and micronization operations causing different values of superficial specific areas. The talc from Magnesita's mine presented good results comparing with the imported one. In tests with industrial pulps, the imported product indicated about 55% of pitch removed and the national one about 50%. In tests with synthetic pulp/synthetic pitch, the samples with larger specific surface areas showed best performances. Therefore, the performance of the national talc was superior considering equivalent surface areas. It has been proved that Brazilian talc is a good technical choice, and, hopefully, an economical alternative for the imported talc, as an additive for pitch and stickies control in the paper industry.

Key words: talc; pitch; stickies; pitch control; resins; contact adhesives; pulp paper; paper; infrared spectrometry; adsorption.

Capítulo I – Introdução

I.1 – Justificativa do tema

O interesse pela questão: o uso de talco nacional, como aditivo adsorvente de “pitch e stickies” no processo de fabricação de papel, justifica-se pela tentativa de se apresentar uma alternativa tecnicamente consistente para o fornecimento de um produto mineral nacional, que venha a ser competitivo com o similar importado, hoje dominante nesta área de aplicação no Brasil.

A Magnesita S.A., tradicional empresa mineradora, detentora de minas e reservas minerais significativas na região da “Serra das Éguas”, em Brumado, Bahia, tem especial interesse em ampliar a comercialização de seu talco junto às indústrias de fabricação de papel.

Este estudo se propõe a verificar, através de experimentos, a viabilidade de utilização de talco nacional como aditivo no controle de piches e materiais pegajosos, de maneira sistematizada, visando colaborar para um melhor entendimento dos mecanismos envolvidos no processo.

Buscar um embasamento que possa direcionar os esforços técnicos e operacionais para atender às exigências deste mercado, vem a ser o objetivo básico deste trabalho.

I.2 – Mercado de talco como agente de adsorção na indústria do papel

Segundo pesquisa desenvolvida pelo setor de Vendas Minerais da Magnesita S/A, o mercado para talco como aditivo para redução de piches na indústria de papel no Brasil atinge um volume da ordem de 14.000 t/ano. A um preço médio FOB/USA em torno de US\$250,00/t, cerca de US\$400,00/t CIF, este mercado foi suprido até bem pouco tempo, através de importação. Os fornecedores nacionais estão se esforçando atualmente para suprir essa demanda com qualificação técnica de seu produto e competitividade econômica.

Sob o pretexto de uma melhor performance do talco importado, a este seriam atribuídas algumas características responsáveis por melhor efetividade no controle de “pitch”, segundo uma estratégia de mercado:

- melhor efetividade de adsorção, por ter estrutura microcristalina;
- alta performance, devida à elevada área superficial, conseguida através de sistema tecnicamente adequado de moagem e compactação;
- desenvolvimento de equipamento de dispersão e dosagem, que permite melhor homogeneização na aplicação da polpa à pasta celulósica, adequando a mistura às propriedades hidrofóbicas do talco;
- utilização deste produto em mais de 300 fábricas espalhadas pelo mundo.

Procurar adequar tecnicamente o talco nacional às exigências deste mercado, estabelecido anteriormente por material importado torna o esforço mais significativo. Procurar através de caracterizações dirigidas a estas aplicações, estudos de processos eficientes de moagem, micronização, compactação e, sobretudo, verificar através de testes, o comportamento deste sistema coloidal onde o talco atua: estes seriam os principais enfoques desse trabalho.

I.3 – Conceitos básicos

a) - “Pitch”: na indústria do papel, é o termo atribuído a materiais resinosos em estado coloidal, provenientes da madeira (“natural wood pitch”), compostos de gotículas dispersas tais como esteróis, álcoois, diterpenos, ácidos resínicos, ácidos graxos, que se acumulam nos maquinários de fabricação de papel e celulose (Jordão, 1991).

No presente trabalho, os termos “pitch” e “stickies “ e seus termos correspondentes “piches e materiais aderentes, colantes ou pegajosos“, estão sendo utilizados indistintamente, pelo fato de que, embora a tradução para o português não apresente dúvidas, a utilização destes termos em língua inglesa é tradicional na vivência na área da fabricação do papel.

b) - “Stickies”: quaisquer contaminantes pegajosos que causem problemas na produção ou provoquem alterações na qualidade dos produtos. Podem ser: adesivos de contato, materiais fundidos, ceras e látex. Geralmente acham-se presentes quando

se trabalha com materiais reciclados. São partículas dispersas, coloidais, que são reintroduzidas no processo de fabricação de papel. A polpa mecânica reloca materiais resinosos e aditivos, que retornam ao processo como contaminantes (Yordan,1998).

c) - “Talco” : Mineral industrial, silicato de magnésio hidratado, formado por camadas de hidróxido de magnésio intercaladas entre camadas de sílica. O uso do talco como aditivo para controle de “pitch” e “stickies”, em polpas na fabricação de papel, envolve a reação de adsorção de constituintes resinosos formadores de depósitos e a remoção dos mesmos do processo, de maneira eficiente, sem prejuízo da qualidade do produto final (Jordão, 1991).

Devido às suas propriedades como baixa abrasividade, não toxicidade, alta área superficial específica, natureza hidrofóbica e inércia química, o talco é um agente atuante na adsorção e remoção de “pitch”.

I.4 - Papel: a fabricação

I.4.1 – Histórico e processo

Informações sobre a história do papel, mostram a evolução deste campo industrial, onde o talco tem uma de suas áreas de aplicação (Enciclopédia Tecnológica Planetarium, 1976; Enciclopédia Delta Larousse, Grande Enciclopédia Larousse Cultural,1998).

O papel consiste essencialmente de uma camada delgada de fibras vegetais sobrepostas. A matéria-prima empregada é aquela que contém celulose em forma de fibras mais ou menos longas – a própria celulose, pasta de madeiras, pasta de retalhos, papel usado e a pasta semiquímica.

Antes do papel, por volta de 6.000 A.C., o homem registrava a sua história com figuras entalhadas em pedra, na madeira e no barro. A utilização destes materiais foi sendo modificada até que o homem passou a aproveitar a madeira para transformá-la em papel.

A invenção do papel é atribuída a T'sai Lun, no ano de 105 D.C., na China. O primeiro teria sido fabricado a partir de fibras de cânhamo trituradas e revestidas. A partir do ano 1000, trapos velhos eram o insumo básico da indústria de papel, mas esse costume foi interrompido em meados do século XVII, quando se acreditava que os restos de pano contribuíam para a propagação da peste.

O naturalista francês Reaumur, no ano de 1719, passou a observar que as vespas mastigavam madeira podre e empregavam a pasta resultante para produzir uma substância semelhante ao papel, que elas utilizavam na confecção de seus ninhos. Baseado nisso, sugeriu o uso da madeira como uma matéria-prima para a fabricação de papel.

Em meados do século XIX, surge a demanda de papel para a impressão de livros, jornais e a fabricação de outros produtos de consumo, levando à busca de fontes alternativas de fibras a serem transformadas em papel. A produção de pasta branqueada teve início no ano de 1838.

Por volta de 1840, foi desenvolvido na Alemanha um processo para trituração de madeira. As fibras eram separadas e transformadas, no que passou a ser conhecido como "pasta mecânica" de celulose. No ano de 1854 foi patenteado um outro processo, dessa vez na Inglaterra. Ele foi desenvolvido para a produção de pasta celulósica por meio de tratamento com soda cáustica. A lignina, cimento orgânico que une as fibras, era dissolvida e removida, surgindo a primeira "pasta química".

A polpa de madeira é conduzida de modo a liberar a fibra celulósica do lignito – o agente vinculante da madeira. Tanto madeiras duras quanto macias são utilizadas; porém, as macias tendem a propiciar maior consistência à polpa, embora alguns acreditem que as duras favoreçam a superfície de impressão.

A celulose é formada pela polimerização de moléculas de glicose. Sua análise mostra: carbono: 44,4%, hidrogênio: 6,2%, oxigênio: 49,4%. Na natureza, a celulose encontra-se quase pura no algodão, enquanto nos outros vegetais é misturada com hemicelulose, lignina, etc.

A celulose é extraída da madeira das coníferas e das latifolhas, do algodão, do linho, da cana, da esparta, eucalipto. Os troncos da madeira são descascados e desfiados.

A celulose de madeira é a mais importante. As pastas de madeira podem ser mecânicas ou químicas. A pasta química produz um papel mais forte, brilhante e de maior durabilidade, mas depende do uso de maior quantidade de matéria-prima do que na pasta mecânica (na qual permanecem a lignina, resinas e látex e onde há maior ocorrência de piche).

As principais matérias-primas do papel, segundo Randrup (1991), são:

- Fibras vegetais e fragmentos dessas fibras, estruturadas por feixes de moléculas de celulose, por sua vez, constituídas de glicose. A lignina é o material de cor marrom que cimenta as fibras entre si para constituir a estrutura dos vegetais.
- Agentes de colagem interna (cola ou sabão de breu, fortificantes, colas sintéticas, colagem neutra ou alcalina).
- Cargas minerais: caulim, carbonato de cálcio, sulfatos de cálcio e de bário, talco, sílica micronizada, alumina, bióxido de titânio.
- Aditivos: polímeros sintéticos auxiliares – geralmente polieletrólitos, (de retenção de finos e cargas, de drenagem, de fixação de “pitch”, de fixação de corantes, floculantes, etc.); polímeros naturais auxiliares (cola animal, gelatina, caseína, látex, etc.); derivados de polímeros naturais (dextrina, amidos modificados).
- Dispersantes, emulsionantes.
- Penetrantes, surfactantes, umectantes, etc.
- Controladores de incrustação.
- Seqüestrantes de íons metálicos.
- Antiespumantes e desespumantes.
- Microbicidas.
- Branqueadores ópticos, matizantes, corantes.
- Pigmentos.
- Diversos: agentes antipós, agentes antiestáticos, agentes anti-reversão de alvura, inibidores de corrosão, auxiliares de desagregação, agentes de “release”, lubrificantes, amaciantes, hidrofugantes ou impermeabilizantes

I.4.2 - Fabricação de pastas

A) Pastas Mecânicas:

A separação das fibras é devida a uma ação mecânica. Serve quase que unicamente para a fabricação de papel jornal, misturando-se com pequenas quantidades de pastas químicas. Costuma ser de qualidade inferior pois contém gomas e resinas. Não possui resistência e poder filtrante; tem fibra curta, frágil e de forma irregular. A cor e resistência dos papéis fabricados com pasta mecânica são efêmeras, de acordo com a quantidade de cola e resina aplicada, da ação da luz e umidade.

Para obtenção da pasta mecânica, serram-se achas de madeira. Essas achas são descascadas, seja por atrito em tambores rotativos com água ou por meio de descascadores constituídos por pratos rotativos guarnecidos de facas. As achas são em seguida cortadas em tamanhos menores para facilitar a desfibragem. A desfibragem é efetuada em mós que ralam as fibras da madeira pelo atrito em uma corrente com água que arrasta as fibras para um depósito. Da quantidade de água adicionada depende a temperatura na qual é realizada a desfibragem. Com muita água, a pasta é dita desfibrada a frio. As fibras são mais finas e retêm melhor a água sobre a tela da máquina de papel. Do desfibrador, a pasta é conduzida ao classificador, que retém os nós e os fragmentos da madeira.

B1) Pastas químicas – bissulfito

Sob ação do anidrido sulfuroso a lignina dá origem a ácidos lignossulfônicos solúveis em água. Este é o princípio da fabricação das pastas de bissulfito. Na prática utiliza-se não o anidrido sulfuroso, mas uma solução aquosa de uma mistura deste com bissulfito de cálcio, a fim de evitar a formação de ácido sulfúrico, que enegreceria a pasta. A lixívia bissulfítica é obtida pela ação do gás sulfuroso sobre leite de cal, ou enviando o gás para torres guarnecidas de calcário com aspersão de água. O anidrido sulfuroso é produzido pela combustão de enxofre ou de pirritas.

Segundo a qualidade que se quer obter das pastas, as lixívias bissulfíticas contém de 3 a 4% de SO_2 livre e 1% de SO_2 no estado bissulfito de cálcio. As pastas duras ou

pouco deslignificadas exigem menos anidrido sulfurosos que as pastas totalmente deslignificadas ou pastas fáceis de branquear.

A preparação das pastas de madeira é a mesma das pastas mecânicas, com redução dos pedaços de 12 a 25mm de comprimento. Esses pedaços devem ser classificados para separar os mais grossos, assim como o pó da madeira, que impediriam a constância na composição da pasta.

Os pedaços são em seguida introduzidos no lixiviador, que é de aço, com capacidade de 100 a 200m³. A temperatura de cozimento é da ordem de 150°C e a pressão de vapor de 3 a 5 kg/cm². A duração de um ciclo dura entre 9 e 14 horas. Terminada uma operação, elimina-se do aparelho o anidrido sulfuroso gasoso que é recuperado.

A pasta misturada à solução de ácidos lignossulfônicos é enviada aos difusores onde é lavada. Elimina-se por tamisação as madeiras não cozidas. Em seguida a pasta é moída. Classifica-se a pasta por meio de peneiramento. O refugo das peneiras é enviado ao refinador, que é constituído por um cone móvel girando no interior de um cone fixo. Os dois cones são munidos de lâminas dispostas segundo uma geratriz e colocadas à vista. Quando o jogo entre os cones é fraco, a desfibragem da pasta é eficaz. Depois da passagem pelo refinador, a pasta é novamente classificada.

Bruta ou branqueada, a pasta é diluída à concentração desejada para a fabricação do papel (5 a 9/1000), ou enviada à prensa de pasta.

As lixívias provenientes do cozimento e denominadas “licores negros” são quase sempre desprezadas.

O processo bissulfito dá um bom rendimento, a pasta obtida é fácil de branquear, porém só pode ser empregada em certos de madeira, como a epícea.

B2) Pastas químicas de soda cáustica e sulfato

Nesses processos é a soda cáustica que atua sobre a lignina para solubilizá-la. O nome “processo sulfato” é devido à matéria-prima empregada para preparar a lixívia

de tratamento, o sulfato de sódio, que é antes reduzido a sulfeto de sódio, que pela ação da água gera soda cáustica e gás sulfídrico.

No processo da soda cáustica o teor desta diminui progressivamente durante o cozimento; no processo do sulfato, ao contrário, a produção de soda cáustica a partir do sulfeto de sódio, que a produz continuamente, assegura um teor relativamente constante. As propriedades redutoras do sulfeto impedem as oxidações e permitem obter pastas mais claras. Porém, a linha básica dos dois processos é a mesma.

A madeira preparada é tratada em autoclaves de aço, denominadas de lixiviadores. O aquecimento se faz por injeção de vapor. O tempo de cozimento é de algumas horas sob uma pressão de 4 a 6 kg/cm².

Empregando-se somente uma pequena quantidade de soda cáustica, a eliminação da lignina não é completa; a pasta é colorida mas o papel é muito resistente, é o papel Kraft, empregado na fabricação de sacaria, como por exemplo para cimento. Aumentando a relação de soda cáustica, obtém-se pastas mais fáceis de branquear, porém o papel é menos resistente. Uma vez terminado o cozimento, a pasta é tratada como no processo bissulfito; em compensação as lixívias provenientes do tratamento são conservadas para recuperação dos reagentes que podem ser reaproveitados.

No processo da soda cáustica, os licores negros são concentrados e o resíduo sólido obtido, sendo combustível já que tem alto teor de lignina, é queimado. Produz-se assim, uma grande parte do calor necessário à usina e as cinzas, constituídas pelo carbonato de sódio, são dissolvidas em água e tratadas pela cal, fornecendo uma lixívia de soda cáustica que alimentará um novo cozimento.

No processo sulfato, procede-se da mesma maneira, porém, para compensar as perdas de reagentes, junta-se antes da calcinação do resíduo sólido proveniente do licor negro, sulfato de sódio, que é reduzido a sulfeto pela lignina. As perdas de reagentes são compensadas pelo carbonato de sódio no processo de soda cáustica.

Um esquema do processo de fabricação do papel pelo processo sulfato é apresentado na Figura I.1.

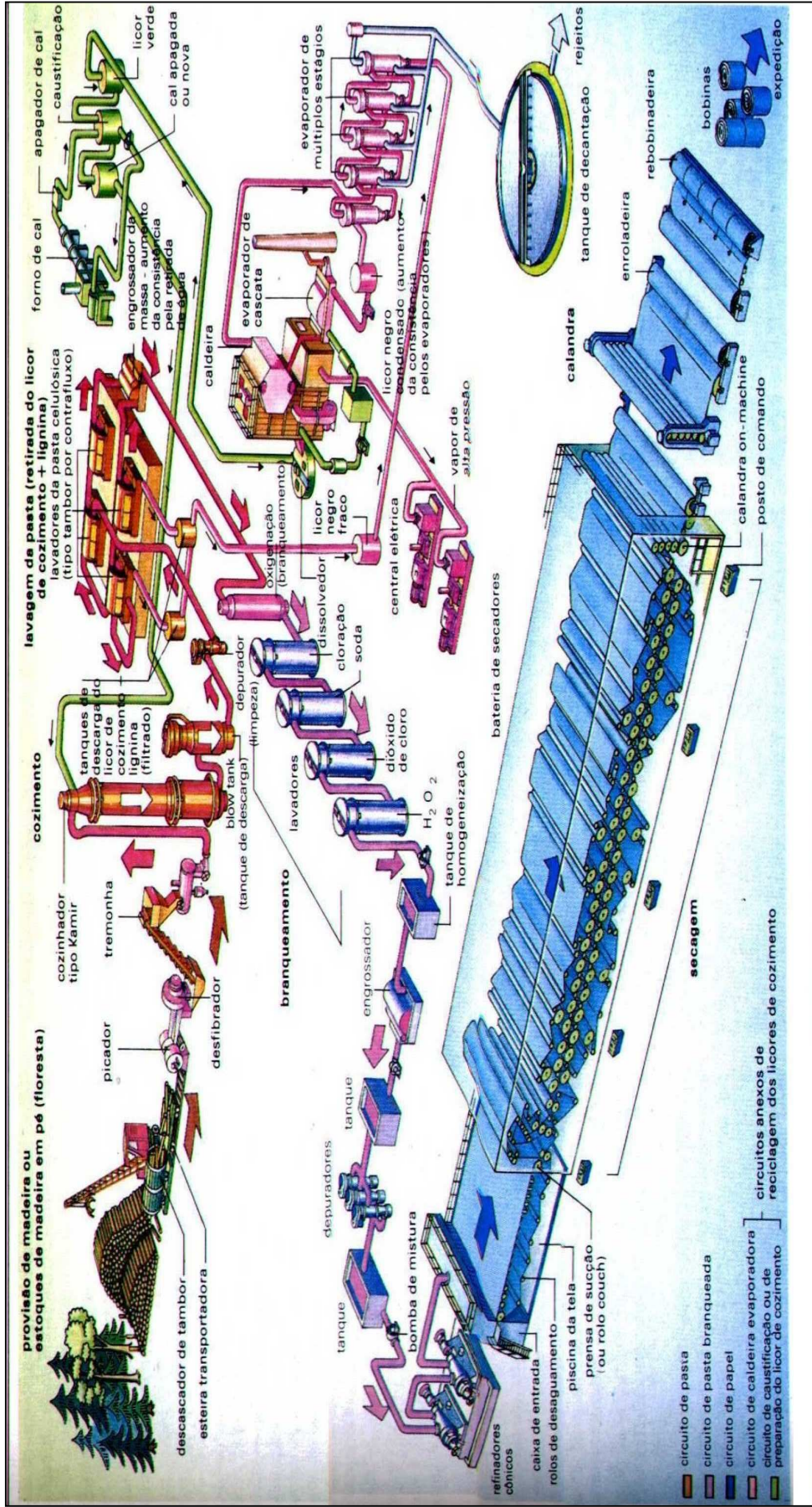


Figura I.1: Esquema ilustrativo de fábrica de papel, processo sulfato. Fonte: Larousse (1998).

B3) Processo cloro

- Esse processo é aplicado principalmente para plantas herbáceas, em particular, a palha. Baseado na ação do cloro para dissolver as matérias incrustantes conjugadas com a da soda cáustica, para dissolver os compostos clorados. Há um tratamento alcalino preliminar, seguido de um tratamento com cloro gasoso, após, neutralização alcalina.

I.4.3 - A Fabricação do papel

As diferentes pastas podem ser empregadas diretamente ou em misturas. A pasta é colocada, com água em uma cuba anular, denominada pilha refinadora, e a massa movimentada em movimento giratório, é misturada e obrigada a passar entre lâminas móveis, nivelando as lâminas fixas.

De acordo com a duração e a intensidade desse tratamento e da fibra empregada, obtêm-se diferentes qualidades de papel.

A fabricação do papel compreende as seguintes fases: redução à pasta, refinação, preparação do empasto, formação da tira do papel, cobertura.

A) Redução à pasta: transformação da matéria-prima fibrosa em uma suspensão aquosa homogênea, com todas as fibras separadas umas das outras. É na pilha refinadora que se adiciona, se houver necessidade, a cola de base de resina, destinada a tornar o papel suficientemente impermeável para suportar a pressão da escrita. Junta-se aí também as matérias corantes.

B) Refinação: consta de uma dupla ação: corte das fibras em um sentido transversal e seu achatamento, por atrição de trituradores.

C) Preparação do empasto: dosar e medir as misturas de vários materiais fibrosos em proporção ao tipo de papel a fabricar. Das pilhas refinadoras, onde está a uma concentração de 6%, a pasta vai para a cuba misturadora, onde é diluída a 3% e eventualmente misturada com outras pastas. Geralmente volta a ser refinada em seguida, depois diluída a uma concentração entre 1 e 5% e é transportada para uma máquina de papel.

D) Formação da tira de papel: as máquinas podem ser de mesa plana ou de tambor. Na mesa plana, há uma chapa de tela, fechada a anel, que desliza sobre cilindros, sob os quais caem continuamente quantidades de empasto. A pasta perde água por escoamento e antes que a tela inicie o giro de volta, a tira já formada é recolhida sobre um feltro que a conduz para uma série de prensas, que por compressão reduzem ainda mais o teor de umidade. A tira passa por uma série de feltros sobre cilindros aquecidos, eliminando a água residual.

Na máquina a cilindro, a tela de papel é formada na máquina, pelo movimento de uma tela de arame, onde a polpa se deposita e a água drena através dos arames. A tela continua a rotação capturando mais e mais polpa. A polpa desaguada sai do equipamento sob pressão. Neste estágio, a rede de papel passa por rolos anelados que mecanicamente removem a água residual, alisando a camada. Tambores rotativos em seqüência retiram a água final numa etapa de secagem.

E) A cobertura: implica em dar resistência à penetração de água e soluções, prevenindo a formação de borões. Este estágio do processo envolve a adição uniforme de fibras na suspensão. Neste estágio, podem ser adicionados aditivos para facilitar o processo.

Isto inclui adição de agentes para controle de "pitch", geralmente resinas que podem se depositar, comprometendo a performance de equipamentos ou afetando a qualidade do produto. Cargas minerais também podem ser adicionadas de acordo com as características que se busca para o papel.

I.4.4 – Piche e materiais pegajosos no processo de produção do papel

Assim, na produção de pasta celulósica e papel, podem ser observados depósitos de materiais estranhos, cuja presença causa problemas em várias fases do processo, como no branqueamento da pasta e no decorrer da formação do papel, provocando sérios transtornos à produção e qualidade do produto, culminando em freqüentes paradas de máquinas e interrupção do processo produtivo.

Um fluxograma do processo de produção do papel, pasta Kraft, é apresentado na Figura I. 2 .

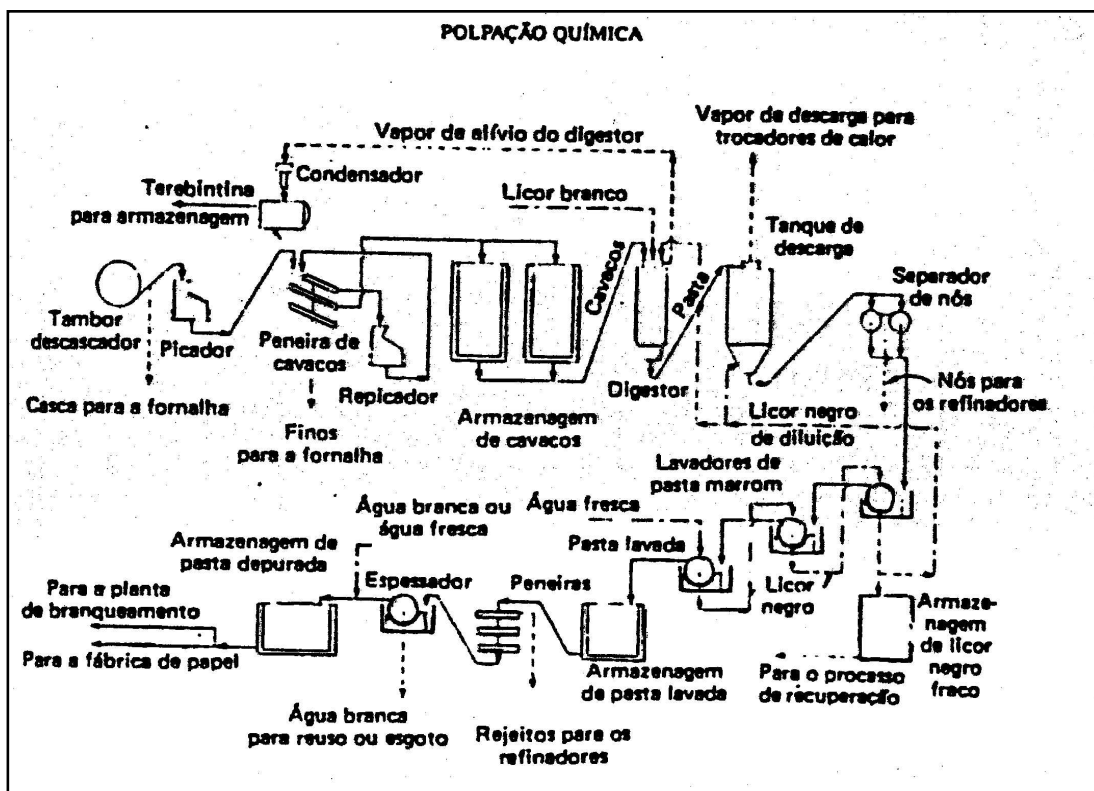


Figura 1.2: Fluxograma de processo de produção de papel – pasta “kraft” de coníferas (Randrup, 1991).

Fatores que levam a formar piches podem ser associados à matéria-prima e aos parâmetros do processo, atuando tanto em separado como em conjunto, o que torna a ocorrência dos fenômenos praticamente imprevisível.

Na indústria de celulose e papel, o talco é utilizado essencialmente durante a produção de celulose branca, principalmente as de fibras curtas. A celulose não branqueada, por ter utilização primordial em papéis para embalagem, onde pequenas manchas não prejudicam o produto final, não utiliza talco para controle de “pitch”, (Jordão, 1991).

A celulose branqueada é usada apenas na fabricação do papel cartão; sendo assim, este é o mercado que irá influir diretamente no consumo de talco para controle de “pitch” na indústria papeleira.

A Figura I.3 mostra ilustração de bobinas de papel e definições condensadas de “pitch e stickies”.

Uso do talco na indústria de papel e celulose - controle de pitch e stickies

“Pitch” : materiais resinosos em estado coloidal provenientes da madeira (natural wood pitch) que se acumulam nos maquinários de fabricação de papel e celulose.

“Stickies”: contaminantes pegajosos que são causas de problemas de produção ou deficiência na qualidade do produto.




Figura I.3: “Pitch” e “stickies” na indústria do papel. Vista de bobina de papel. Fonte: Lobato (2001).

1.4.5 - Mercado potencial para uso de talco para controle de “pitch”

O levantamento de mercado de talco para uso como agente adsorvente de piche foi levantado pelo setor de mercado da Magnesita S.A. – GMTM (Cruz, M.C.; 2003). Dados deste levantamento são os que se seguem:

Definição para identificação das matérias-primas fibrosas para produção de papel:

- Pasta Química: material que após cozimento, atinge grau ROE 10, ou seja, equivalente ao número de permanganato (TAPPI) 50, com conteúdo máximo de lignina ao redor de 10%.
- Pasta Semicímica: pasta com remoção parcial de lignina, grau ROE de 10 a 28, equivalente ao número de permanganato (TAPPI) de 50 a 140. Normalmente necessita de desfibramento mecânico.
- Pastas de Alto Rendimento (PAR): compreende as pastas mecânicas, mecanoquímicas, quimimecânica, termomecânica e quimitemomecânica. As

variações vão deste puramente mecânica, passando por etapas químicas ou tratamento térmico com vapor ou desfibrador de disco, sob pressão.

- Branqueamento: é considerada branqueada as pastas cujo grau de alvura é superior a 80° GE e semibranqueadas quando seu grau de alvura situa-se entre 59 e 79° GE.
- Celulose para dissolução: pastas ao sulfito ou ao sulfato branqueadas, refinadas com alto teor de fibras puras de alfa-celulose. Tem emprego na fabricação de rayon, celofane, acetato, explosivos, etc.

Mercado

Produção de pastas celulósicas, fibras longas e curtas, ano de 2001 e primeiro semestre de 2002 (Fonte: BRACELPA). Os valores são apresentados na Tabela 1.1.

Tabela 1.1: Produção de pastas celulósicas: 2001 e 2002 (Jan/Jun)

Tipo de Pasta	2001	Jan – Jun / 2001	Jan – jun / 2002
Fibra longa (t)	1.438.495	699.910	756.301
<i>Branqueada</i>	70.985	37.711	40.005
<i>Não branqueada</i>	1.367.510	662.199	716.296
Fibra curta (t)	5.504.971	2.675.673	2.827.695
<i>Branqueada</i>	5.292.351	2.575.900	2.705.477
<i>Não branqueada</i>	212.620	99.773	122.218
PAR (t)	468.561	238.597	235.110
TOTAL (t)	7.412.027	3.614.180	3.819.106

O emprego de talco no controle de “pitch” se concentra em ambos os tipos de fibra branqueada e PAR, ou seja, um total de 5.831.897 t em 2001, representando 78% da produção de celulose. No primeiro semestre de 2002 um volume de 2.980.592 t, mantendo-se a mesma fração em relação ao total. Uma estimativa aproximada da potencialidade deste mercado pode ser calculada utilizando-se o consumo médio de talco. Com base nos dados do primeiro semestre de 2002 e assumindo um consumo de 2,0 kg/t de celulose seca, temos um mercado de 11.922 t de talco.

A Tabela !.2 apresenta um quadro da distribuição da produção de celulose e o consumo de talco para controle de pitch no Brasil.

Tabela I.2: Distribuição de produção de celulose e consumo de talco para controle de “pitch” no Brasil

Empresa	Produção 2001 t/ano	Consumo Talco (t/ano)
Grupo Klabin	<u>1.450.242</u>	720
- Klabin s/a	1.346.205	
- Klabin Bacell	104.037	
Aracruz Celulose	<u>1.272.388</u> 2 milhões t/a (previsão 2003)	4100
Grupo Suzano	<u>996.254</u>	<u>3120</u>
- Bahia Sul Celulose s/a	595.400	1680
- Cia. Suzano Papel e Celulose	400.854	1440
Votorantim Celulose e Papel	800.705	<u>2400</u> (3600t/a – previsão 2003)
Celulose Nipo Brasileira - Cenibra	<u>792.343</u>	Sem consumo
Grupo International Paper	<u>416.571</u>	<u>1920</u>
- Int. Paper do Brasil s/a	334.185	1800
- Inpacel s/a	82.386	120
Jari Celulose s/a	326.310	
Ripasa S.A. Celulose e Papel	303.238	<u>1200</u> (2400 t/a após ampliação)
Rigesa Celulose	200.608	
Norske Skog Pisa s/a	154.054	
Lwarcell Celulose e Papel	91.323	<u>720</u>
Iguaçu Celulose s/a	91.128	
Orsa Celulose e Papel	76.211	
Celulose Irani s/a	72.676	
Primo Tedesco s/a	53.612	
Cocelpa	50.282	
Nobrecel s/a	49.048	
Itapagé s/a	48.786	
TOTAL	7.245.780	14.180 toneladas de talco por ano (consumo real)

Verifica-se que os dados reais coletados no mercado mostram um consumo médio aproximado de 2 kg de talco por tonelada de pasta de celulose seca.

Histórico da evolução da produção de celulose é apresentado no gráfico da Figura I.4.

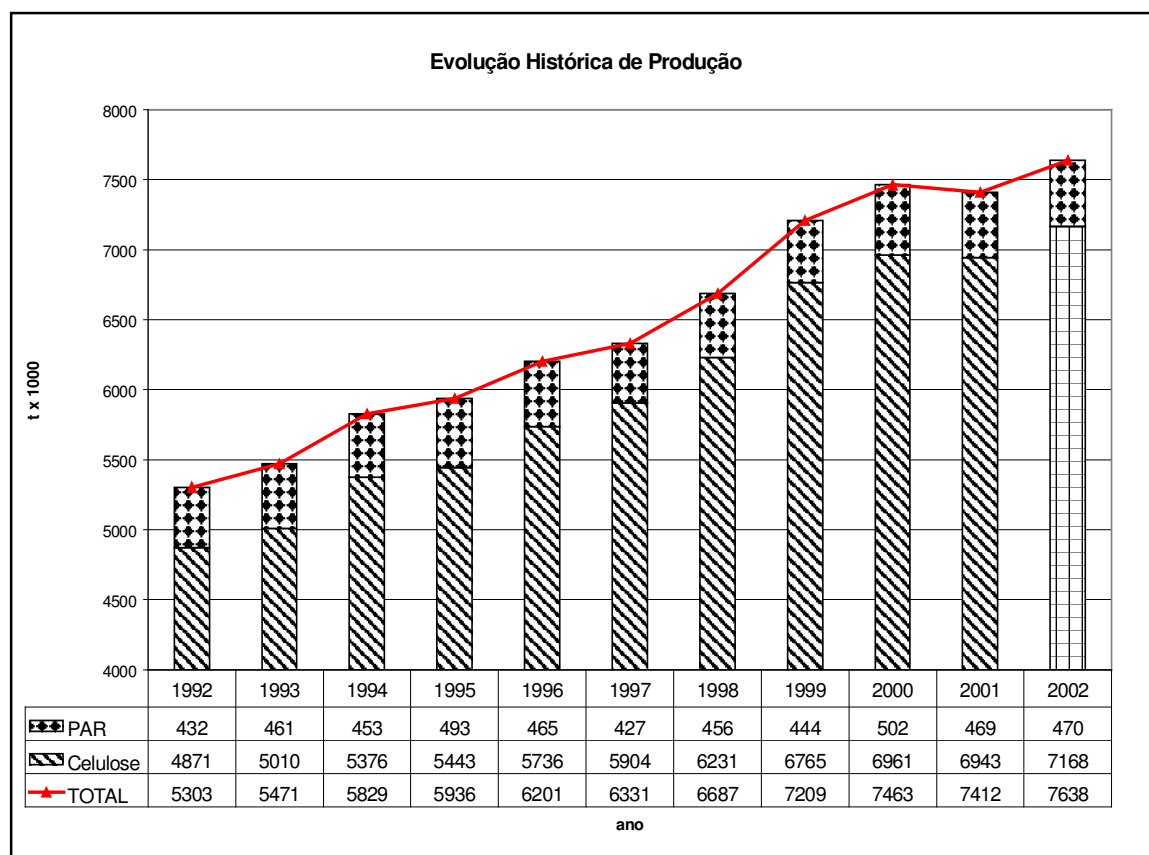


Figura I.4: Gráfico do histórico da evolução da produção de celulose no Brasil.
Obs: Valores de 2002 extrapolados com base nos dados do 1º semestre 2002.

Em 2001 a produção de celulose apresentou queda de 0,7% em relação ao ano anterior em função do racionamento de energia, desaceleração da economia mundial (EUA, UE e Japão) e crise da Argentina. A produção voltou a crescer em 2002 tendendo a ultrapassar as 7500 mil toneladas de celulose.

Algumas tendências importantes no cenário nacional foram verificadas nos últimos anos que estão redefinindo o mercado de celulose e papel: condicionamento da produção a vendas efetivas, evitando-se estoques elevados, possibilitando a superação do ciclo de baixa demanda; investimentos acertados com a demanda. As empresas investem após detectarem existência de mercado e não somente quando dispõem de recursos; constante busca de escala de produção e foco em segmentos específicos: celulose, papel, embalagens, papel sanitário e papel imprensa.

A evolução da produção por tipo de fibra pode se vista no gráfico da Figura I.5. Período de 1992 a 2002 (2002: projeção).

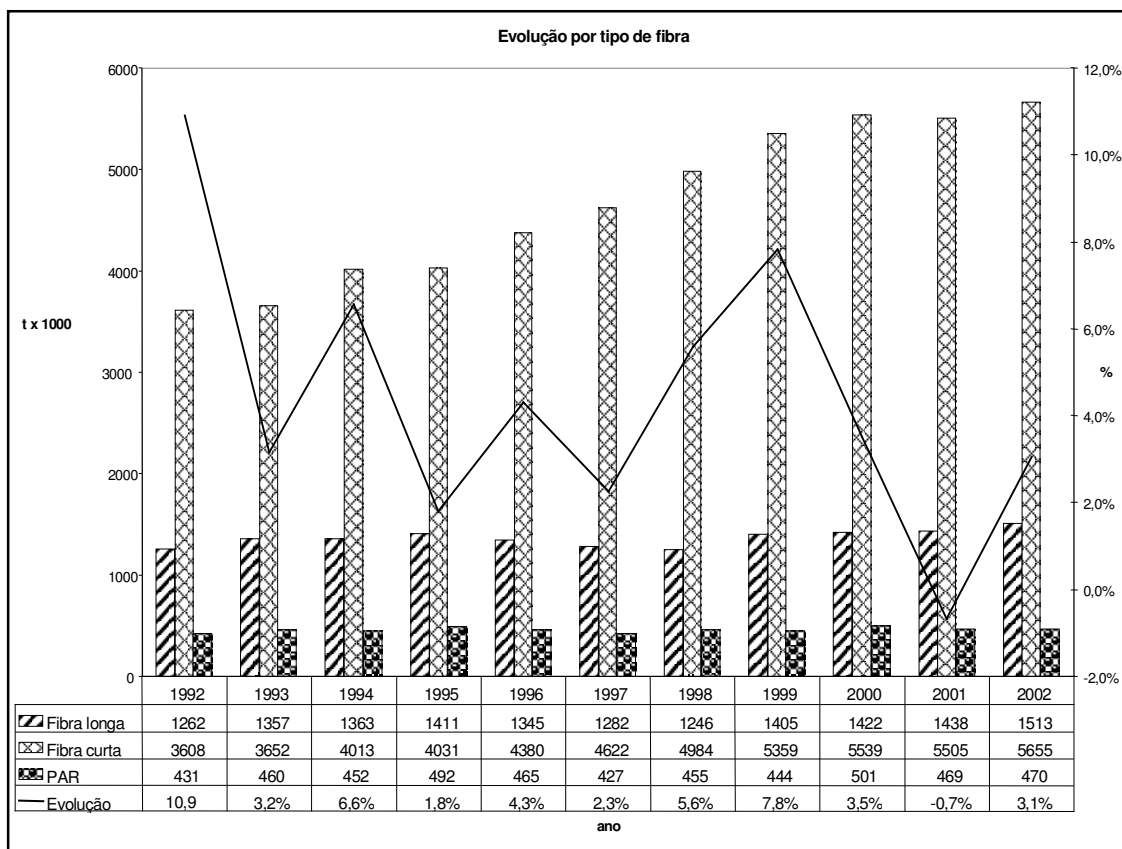


Figura I.5: Gráfico da evolução da produção por tipo de fibra de celulose.

A distribuição geográfica da produção de fibra longa, é apresentada no gráfico da Figura I.6.

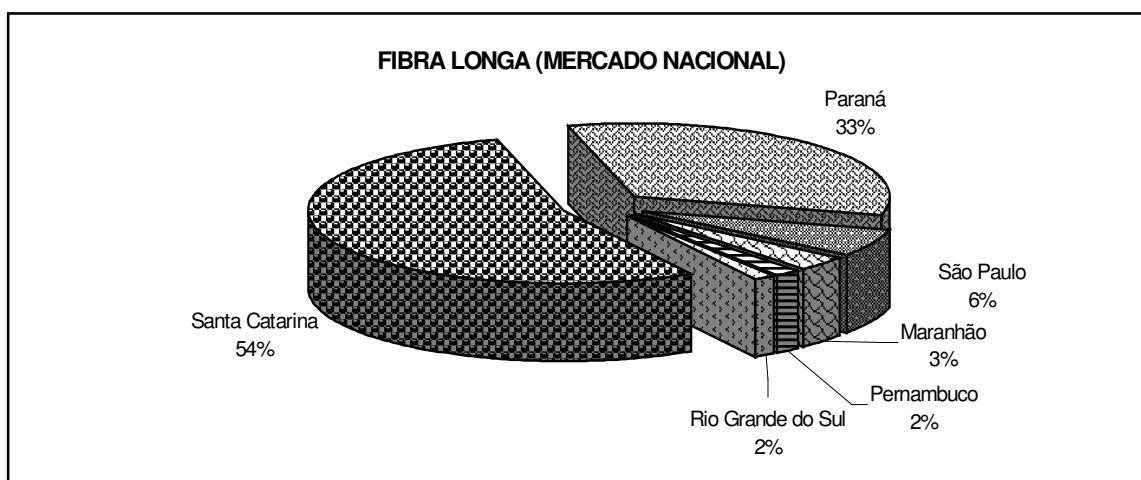
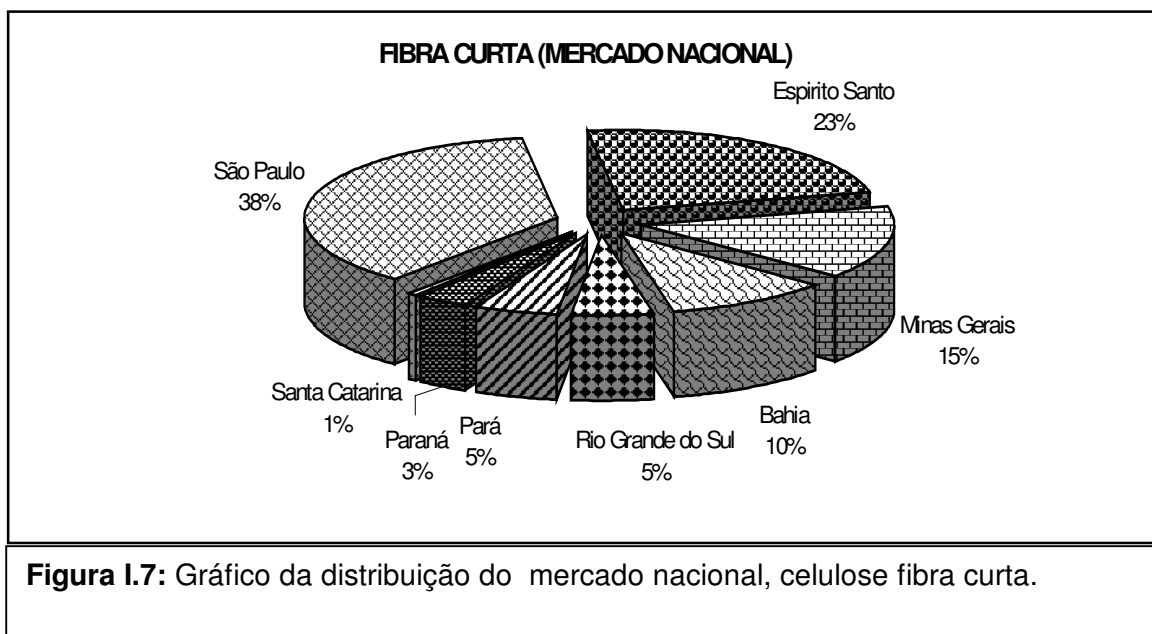
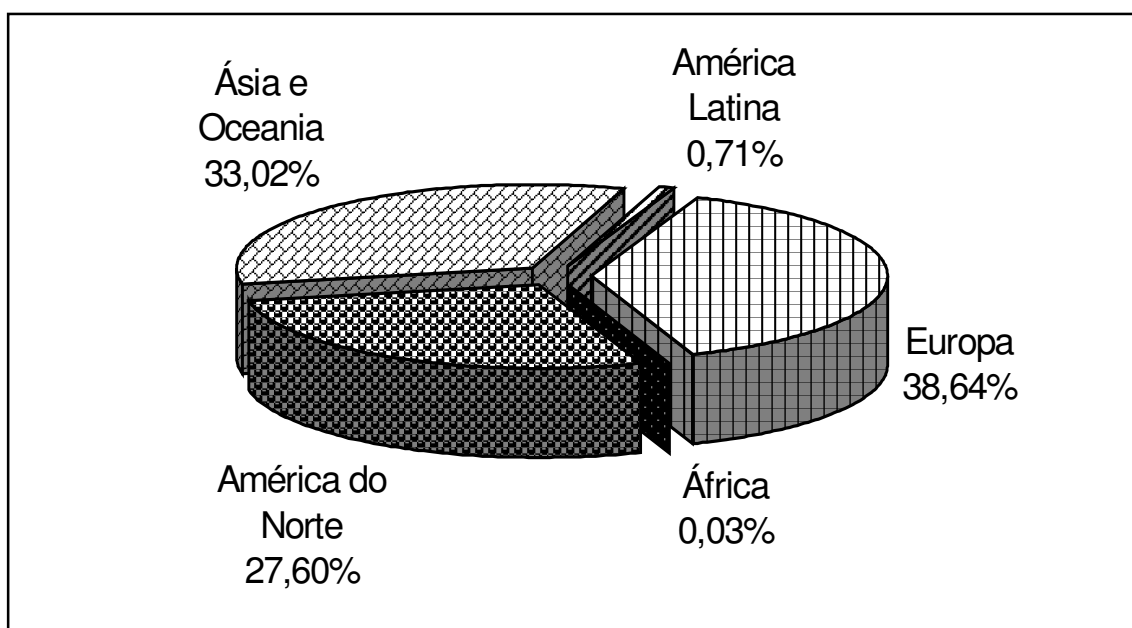


Figura I.6: Gráfico da distribuição da produção no Brasil de celulose fibra longa.

A distribuição geográfica da produção de fibra curta é apresentada na Figura I.7.



O destino das exportações, dados de 2001 (volume total em 2001 = 3.254 mil toneladas), é apresentado no gráfico da Figura I.8.



A Figura I.9 apresenta um gráfico da composição do mercado nacional de celulose.

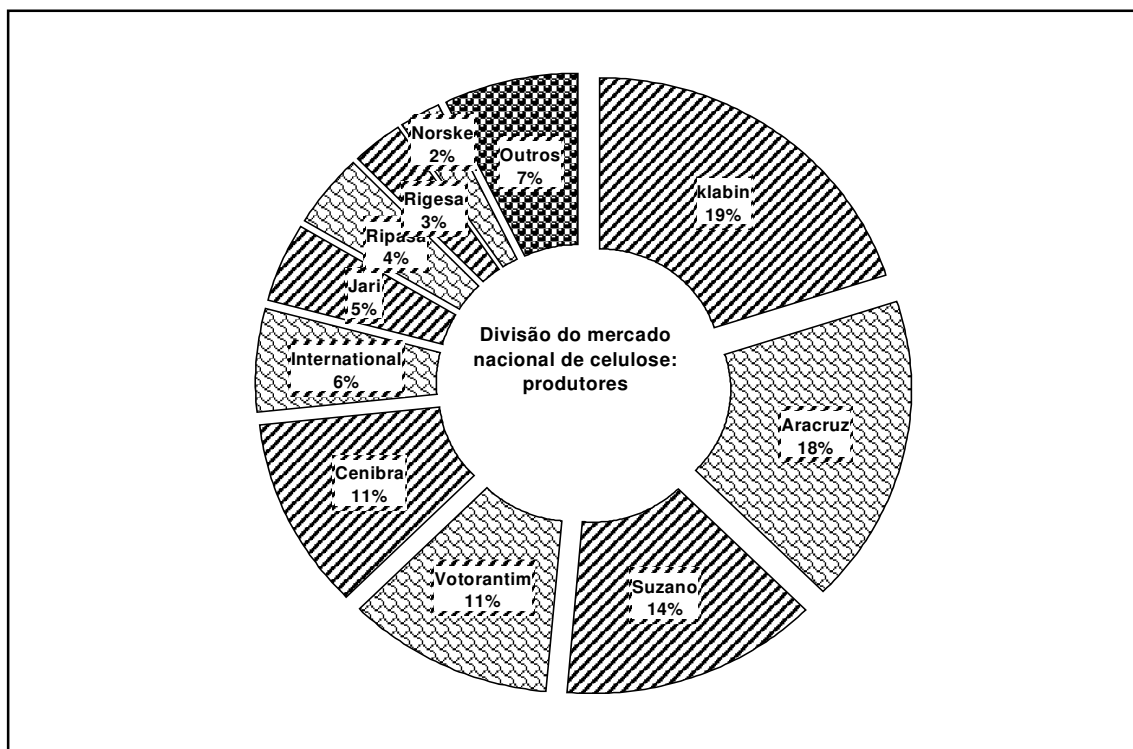


Figura I.9: Gráfico da distribuição da produção nacional de celulose.

I.5 - Controle de "pitch" na indústria do papel

O consumo de talco para controle de "pitch" na indústria de papel vem se tornando uma das maiores áreas de aplicação deste mineral industrial, (Zazyczny, 2000).

No produto final, o "pitch" ocasiona pontos de sujeira, furos, arrancamento localizado e incrustação, afetando drasticamente a sua qualidade dos produtos.

O "pitch" nada mais é do que o acúmulo de resina em partes críticas dos equipamentos, podendo chegar até à folha, onde forma manchas. O conceito de tratamento de "pitch" pelo uso de talco ou outro mineral, consiste em adsorver os constituintes resinosos, formadores de depósitos e removê-los do processo junto ao produto final de maneira discreta e sem prejuízo de sua qualidade, (Jordão, 1991).

O mercado de talco para uso em controle de "pitch" pode ser visto no gráfico da Figura I.10.

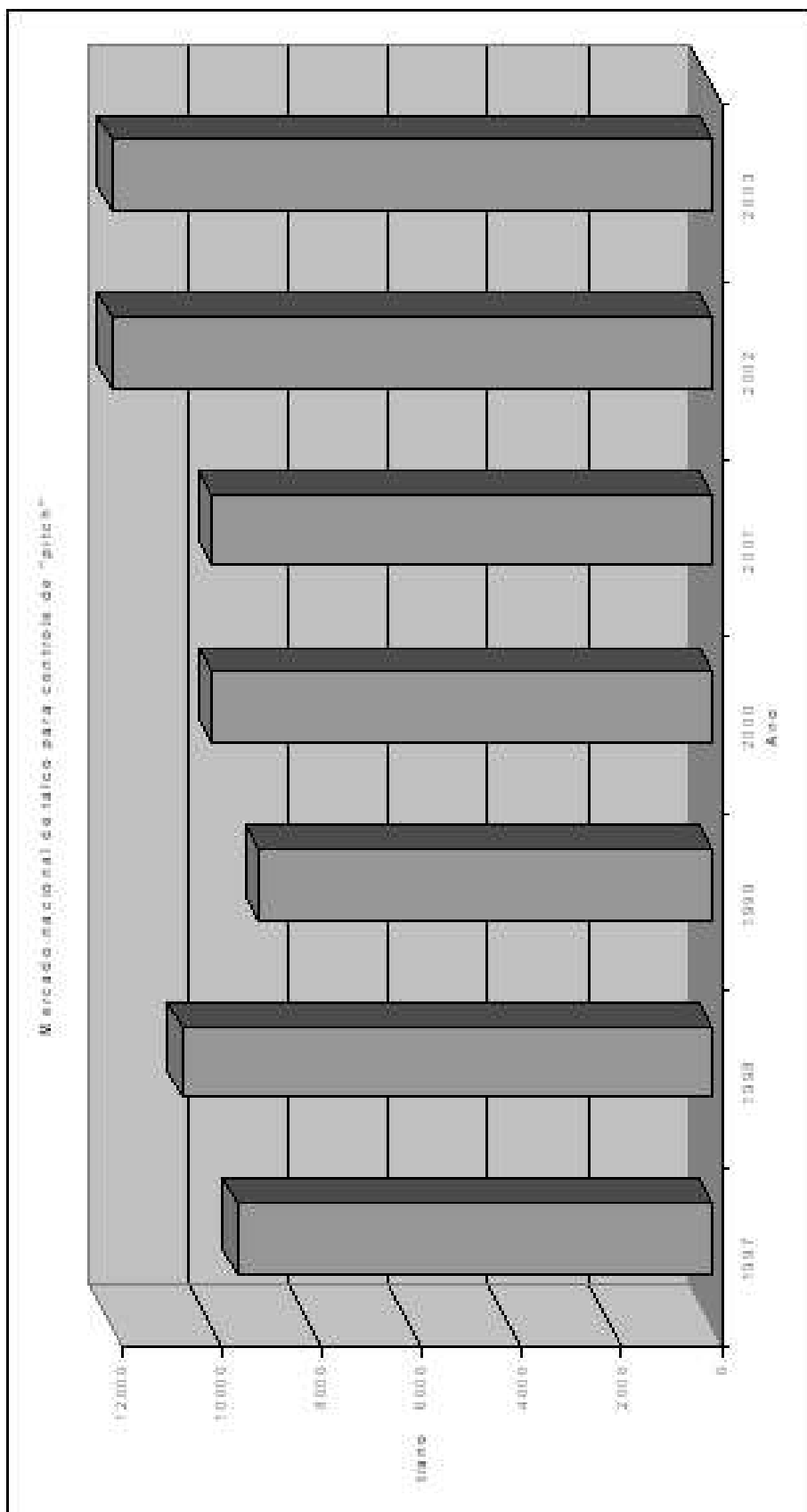


Figura I.10: Mercado nacional de talco para controle de "pitch".
Obs: 2002 e 2003 – estimados. Fonte: GMTM/Vendas Minerais da Magnesita S.A.

A ocorrência de “pitch” pode ser atribuída aos seguintes fatores (Allen et al. 2000; Jordão, 1991):

- capacidade instalada de produção abaixo da produção real, levando a níveis insuficientes de lavagem e clarificação;
- modificações no circuito das águas, como fechamento, recirculação de filtrados para aumentar a retenção de finos e necessidade de diminuição de demanda da carga efluente;
- exigências maiores quanto à qualidade dos produtos;
- alterações no suprimento de madeira: espécies com problemas de crescimento, madeira recém-cortada e com alto teor de extrativos;
- utilização de fibras secundárias contendo tipos variados de aditivos;
- falta ou controle insuficiente da adição de materiais auxiliares (antiespumante e cola);
- mudanças nas condições operacionais da fábrica.

No processo de fabricação da pasta, a eficiência da remoção de compostos resinosos depende de fatores topoquímicos, bem como:

- das quantidades relativas de materiais saponificáveis e insaponificáveis;
- da concentração e natureza química destes compostos no sistema;
- da alcalinidade e do pH;
- da lavagem da pasta;
- da presença de íons de cálcio no sistema no processo de polpação sulfato;
- das propriedades físicas dos sabões resultantes dos ácidos livres.

Proporções relativas dos componentes: ácidos livres, ésteres, insaponificáveis – podem sofrer alterações no cozimento.

Essas alterações, aliadas aos fatores operacionais próprios do processo de polpação são responsáveis pela imprevisibilidade da ocorrência de “pitch”.

Os fenômenos que ocorrem para formação dos depósitos de “pitch” são ligados às características de superfície das partículas e às propriedades que caracterizam o sistema coloidal: estabilidade, coagulação, precipitação e redispersão. Esta ocorrência está diretamente ligada à presença de material coloidal, finamente disperso na suspensão de fibras celulósicas, formando micelas.

Estas, presumivelmente, são formadas pelos sabões de sódio dos ácidos graxos ou ésteres graxos derivados da resina da madeira. Estes sabões possuem propriedades tensoativas que são importantes no processo de solubilização de compostos insaponificáveis.

O talco, devido a suas propriedades como baixa abrasividade, não toxicidade, área superficial específica elevada, natureza hidrofóbica e inércia química, vem a ser um importante agente adsorvente utilizado.

A eficiência do talco no controle de “pitch” depende teoricamente, da área superficial específica, que estaria diretamente relacionada ao poder de adsorção (Luzenac America Inc., 1995).

Por esta razão, o talco deveria ser finamente moído, esfoliado, com área superficial de cerca de 15 a 17 m²/g, um diâmetro médio da ordem de 2 a 3µm (Shelton, 1985).

Granulometrias menores aumentam a dificuldade de inserção do talco na polpa.

Sistemas de compactação, que facilitem o manuseio, embalagem e transporte; bem como equipamentos de mistura/homogeneização do talco para facilitar sua dispersão na polpa, são recursos complementares utilizados no processo.

Os pontos para adição de talco devem ser cuidadosamente escolhidos, de forma a impedir a formação dos aglomerados que levem à deposição.

As quantidades aplicadas são da ordem de 0,5% a 1,5% em relação à pasta seca (Jordão, 1991).

No levantamento de mercado realizado pelo setor de mercado da Magnesita S.A.(GMTM), esses valores no Brasil estariam próximos a 2%.

O talco melhora algumas características do papel como maciez e opacidade, não prejudica sua resistência e favorece a imprimibilidade.

Como visto, é importante a questão da área superficial específica.

A adsorção das partículas resinosas pelo talco foi avaliada por Allen (2000), através de microscopia ótica.

Segundo Allen, uma placa de talco pode adsorver em média, até 14 partículas dispersas de resina. O talco tende a passivar esses compostos orgânicos junto às fibras, tornando-os menos pegajosos.

É possível também que o talco adsorva sabões solúveis de resina (de ácidos graxos e/ou resinosos), impedindo desta forma, a formação de sabões insolúveis de metais que comprovadamente ocorrem em depósitos.

Há uma série de mecanismos pelos quais o material resinoso é transferido da pasta celulósica para os equipamentos do processo. Alguns desses mecanismos já foram bem estudados, mas ainda faltam conhecimentos mais abrangentes para os fenômenos que ocorrem.

Resinas e outros depósitos de materiais hidrofóbicos têm afinidade para com a superfície das partículas de talco. Elas são adsorvidas pelas partículas de talco. São retidas no seu interior e parte do talco continua participante em todo o processo.

Pode ser visto que, de 30 a 50% do talco adicionado ao sistema continua retido no produto final. Antiespumantes e outros óleos têm forte afinidade pelo talco; conseqüentemente, o talco pode ser usado para limpar outros componentes oleosos da pasta.

Com até 50% de retenção, o talco também atua como carga.

É também tecnicamente aceito, que o uso único de talco como aditivo nas pastas celulósicas não seria suficiente para total controle de "pitch" (Allen et. al, 1993).

Um esquema simplificado da ação do talco como agente de adsorção é apresentado na Figura I.11.

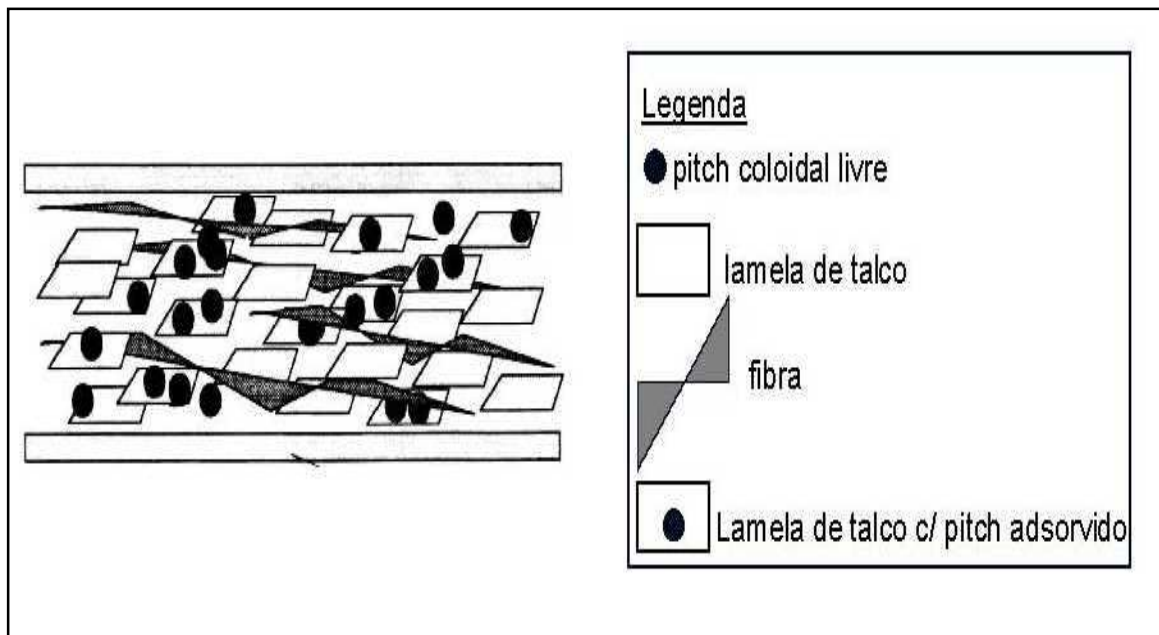


Fig.I.11: Esquema simplificado da captura de piche pelo talco. Fonte: (Luzenac America Inc., 1995).

Capítulo II - Objetivos

O presente trabalho busca ser mais uma fonte de informações que subsidie, com dados, a viabilidade do uso de talco nacional como agente adsorvente de piches e contaminantes pegajosos existentes nas polpas dos processos de fabricação de papel.

II.1 - Objetivo principal

Tem-se como objetivo principal do trabalho, a verificação da possibilidade de utilização de talco nacional no processo de fabricação de papel, como aditivo que facilite a adsorção de contaminantes pegajosos que surgem no processo, prejudicando suas condições operacionais, bem como a qualidade do produto.

Para tanto, buscou-se uma maneira de medir a efetividade desta ação de adsorção.

II.2 - Objetivos específicos

O direcionamento dos estudos e a operacionalização dos trabalhos de pesquisa envolveram trabalhos preexistentes, bem como o desenvolvimento de novas atividades.

Os objetivos específicos permitiram a composição de dados que balizaram ações voltadas ao alcance do objetivo final.

Os objetivos específicos ou parciais englobaram:

- a) Conhecimento do material: caracterização do talco. A determinação de parâmetros envolveu tanto aspectos diretamente relacionados à ação do talco como agente adsorvente (aspectos ligados à granulometria e à estrutura cristalina), como outras determinações de caráter complementar.
- b) Estudos de sistemas de moagem/micronização mais indicados para que se possa alcançar material tecnicamente adequado ao uso proposto, incluindo levantamento

de dados e ensaios relativos a sistemas de moagem, micronização e compactação.

- c) Entendimento teórico da ação do talco na adsorção de piches: estudo conceitual dos sistemas coloidais, dirigidos à obtenção de um melhor entendimento da atuação deste aditivo em polpas celulósicas para controle de “pitch” e “stickies”.
- d) Realização de experimentos visando a quantificação da ação do talco como agente de adsorção de piche e materiais pegajosos no processo de fabricação do papel, para permitir a análise crítica desses dados, a fim de poder-se chegar a conclusões quanto ao desempenho do talco nacional, comparando-o com o talco importado.

Capítulo III - Revisão bibliográfica

III.1 - Embasamento para os estudos

Por se tratar de assunto pertinente a um setor industrial específico, a maior parte da bibliografia relacionada ao uso do talco como agente adsorvente de piches na polpa industrial da fabricação de papel, envolve especialistas de países que são grandes produtores de papel, com destaque para os canadenses.

Dentre esses especialistas, destaca-se Lawrence H. Hallen. Sob sua coordenação e do sueco Ernst L. Back, juntamente com técnicos alemães, finlandeses, americanos e australianos, foi elaborada uma das principais fontes de consulta sobre o assunto: o livro "Pitch Control, Wood Resin and Deresination".

Outras fontes de consulta são artigos técnicos de um dos principais fornecedores mundiais de talco para controle de "pitch" - a Luzenac, bem como os de outras empresas fornecedoras, tais como a Polar Minerals, dos Estados Unidos.

No Brasil, o IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, tem uma Divisão de Produtos Florestais com objetivo de desenvolver e difundir novas tecnologias nas áreas de madeira, papel e celulose.

No Paraná, há o Centro Nacional em Tecnologia em Celulose e Papel (CETCEP), também dedicado a estudos na área de papel e celulose e que teve participação ativa na condução de análises quantitativas de "pitch" em polpas industriais.

Há ainda trabalhos desenvolvidos pelas indústrias consumidoras.

Estas fontes permitem que se tenha um bom embasamento teórico e prático das questões relacionadas ao controle de "pitch".

Para o direcionamento de testes, foram estudados procedimentos técnicos adotados pelo CETCEP e o artigo técnico de Chang, Yew C.: An analytical method for determining pitch adsorvity, Tappy Journal, November 1985.

Quanto à área mineral, é vasta a bibliografia relacionada a equipamentos e processos de moagem, micronização e compactação.

A abordagem do tema relacionado à adsorção do talco na polpa, envolve mecanismos de sistemas coloidais, objeto de estudo de disciplinas do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da Escola de Engenharia da UFMG.

Contatos para absorção de tecnologia: a busca de contatos e parcerias para troca de informações tecnológicas entre a Magnesita S.A. e terceiros, pôde ser aproveitada. Contatos com a Polar Minerals, dos Estados Unidos, Powder Maker Technologies, da Áustria e troca de informações com o PAPRICAN - Pulp and Paper Research Institute of Canada, puderam colaborar para o desenvolvimento dos trabalhos.

Trabalho interno: O desenvolvimento interno dos trabalhos envolveu a participação dos setores de pesquisa, através do CPqD - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento, a área de produção de talco de Brumado e o setor de assistência técnica e vendas minerais (GMTM); todos setores da Magnesita S.A.

O setor GMTM - Gerência Mercadológica e Técnicas Minerais da Magnesita S/A, trabalhou na coordenação de testes envolvendo a utilização de polpas industriais. Isso gerou uma série de trabalhos técnicos de apoio, de autoria do eng^o Emílio Marcus de Castro Lobato, propiciando importante fonte de dados.

Orientação técnico-pedagógica: A orientação dos estudos e condução dos trabalhos contou com o apoio do pessoal do curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas, particularmente do orientador, Prof. Paulo Roberto Gomes Brandão, bem como de recursos dos laboratórios da EE-UFMG, particularmente para análises via espectrometria de infravermelho.

Além dos aspectos relacionados ao processo de fabricação de papel e a atuação do talco nesse sistema, já abordados na introdução deste trabalho, tomou-se como base inicial para estes estudos, uma pesquisa bibliográfica sobre o talco: aspectos mineralógicos, geológicos, produção do material fornecido para os testes.

Estas foram as bases bibliográficas para desenvolvimento dos ensaios programados.

III.2 - O talco e seu uso: mineralogia, geologia e mercado

III.2.1- Mineralogia

Embora a terminologia técnica defina o talco como um mineral, o que se observa na prática é a sua atribuição simultânea à rocha talcosa, à espécie mineralógica e ao produto comercial industrializado. Alguns talcos contêm minerais acessórios em proporções variadas, tais como serpentina, clorita, tremolita, antofilita, diopsídio, quartzo, pirofilita e outros. Desta forma, muitos produtos industriais são classificados no Brasil como talco, embora o mineral magnésiano talco nem sempre seja o principal componente, (Carvalho, 2000).

O talco é um filossilicato de magnésio hidratado, cuja fórmula estrutural do mineral puro é $Mg_3(Si_2O_5)_2(OH)_2$ ou $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ (peso molecular = 379,26g/mol), correspondente à composição química teórica $MgO = 31,7\%$, $SiO_2 = 63,5\%$ e $H_2O = 4,8\%$.

O talco pode ocorrer em ambas simetrias, monoclinica e triclinica, sendo a primeira a mais comum. Para a célula unitária monoclinica, a estrutura cristalina foi determinada com os parâmetros: $a = 5,27\text{\AA}$, $b = 9,12\text{\AA}$, $c = 9,42\text{\AA}$, $\beta = 100,01^\circ$ e o grupo espacial $C2/c$. Já para a célula unitária triclinica, a estrutura foi determinada com os parâmetros $a = 5,293\text{\AA}$, $b = 9,179\text{\AA}$, $c = 9,496\text{\AA}$, $\alpha = 90,57^\circ$, $\beta = 98,91^\circ$, $\gamma = 90,03^\circ$ e o grupo espacial $C1$, (Klein et al., 1993).

A estrutura cristalina é esquematizada nas Figuras III.1 e III.2. O talco tem uma estrutura de camada tripla ou tipo "sanduíche", onde uma folha de hidróxido de magnésio (brucita), está colocada entre duas folhas pseudo-hexagonais, compostas unitariamente por tetraedros de SiO_4^{-4} .

A estrutura da folha de brucita, $Mg_3(OH)_6$, consiste na coordenação de íons hidroxila por íons magnésio no centro de um octaedro regular. As camadas de talco, que podem se estender indefinidamente em todas as direções do plano basal, paralelo às folhas de sílica, se interliga apenas através de fracas ligações de van der Waals.

A baixa energia das ligações de van der Waals cria planos de clivagem basal perfeitos (001), segundo os quais o mineral talco se fratura preferencialmente sob ação mecânica. Cada camada é eletricamente neutra e altamente estável. A temperatura de decomposição é superior a 900°C, quando ocorre a volatilização das moléculas de água de cristalização e, acima de 1050°C, há a transformação para os polimorfos de enstatita (silicato de magnésio anidro). O seu ponto de fusão é 1.490°C, (Klein et al., 1993).

O comportamento químico da superfície das lamelas de talco é anisotrópico. As faces externas das folhas de sílica, que compõem a quase totalidade do mineral quando moído, não contém grupos hidroxila ou íons ativos. Em consequência, as faces são apolares e oleofílicas, hidrofóbicas e aerofílicas, altamente inertes e não reativas. Nas extremidades das lamelas estão os sítios hidrofílicos polares criados pela ruptura das fortes ligações covalentes, transversais ao plano basal, durante a moagem, (Luzenac Inc., 1995).

III.2.2 – Propriedades físicas

O talco é inodoro, insolúvel em água, em ácidos fracos e em álcalis. Não é explosivo ou inflamável. É um mineral cristalino e de hábitos caracterizados como tabular, radiado, compacto ou lamelar, sendo este último o de ocorrência mais comum na subclasse dos filossilicatos. Tem dureza 1 na escala mineral de Mohs e densidade de 2,7 a 2,8g/cm³.

Quanto à cor, pode se apresentar na forma bruta como branco, cinza, verde, azul, rosa e até mesmo preto. Porém, em geral, o traço é sempre branco, (Minerals Yearbook, 1980).

A ocorrência de talco na natureza exhibe aspectos macroscópicos diferentes que podem ser classificados, segundo sua textura, nos seguintes tipos principais:

- a- maciço ou compacto: que ocorre na natureza em cores variadas com aspectos de rochas maciças;
- b- pulverulentos: que têm aspecto semelhante ao caulim, sendo facilmente desagregados e de fácil moagem;

c- lamelares: que apresentam aspecto semelhante às micas, com tamanho de cristal variável, desde a faixa de 100µm até dimensões bem maiores, de alguns milímetros; mais raramente, podem atingir alguns centímetros. São de fácil clivagem, mas de difícil moagem.

As particularidades da estrutura cristalina do talco explicam as lâminas finas das partículas após moagem, o brilho perolado e a suavidade, a dureza = 1, a mais baixa da escala mineral de Mohs, o excelente poder de lubrificação, a untuosidade ao tato, a baixa abrasividade, o alto poder de absorção de óleo e os baixos coeficientes de expansão térmica e condutividade elétrica. Estas propriedades são responsáveis pelo amplo uso do talco na indústria, (Santos, 1984).

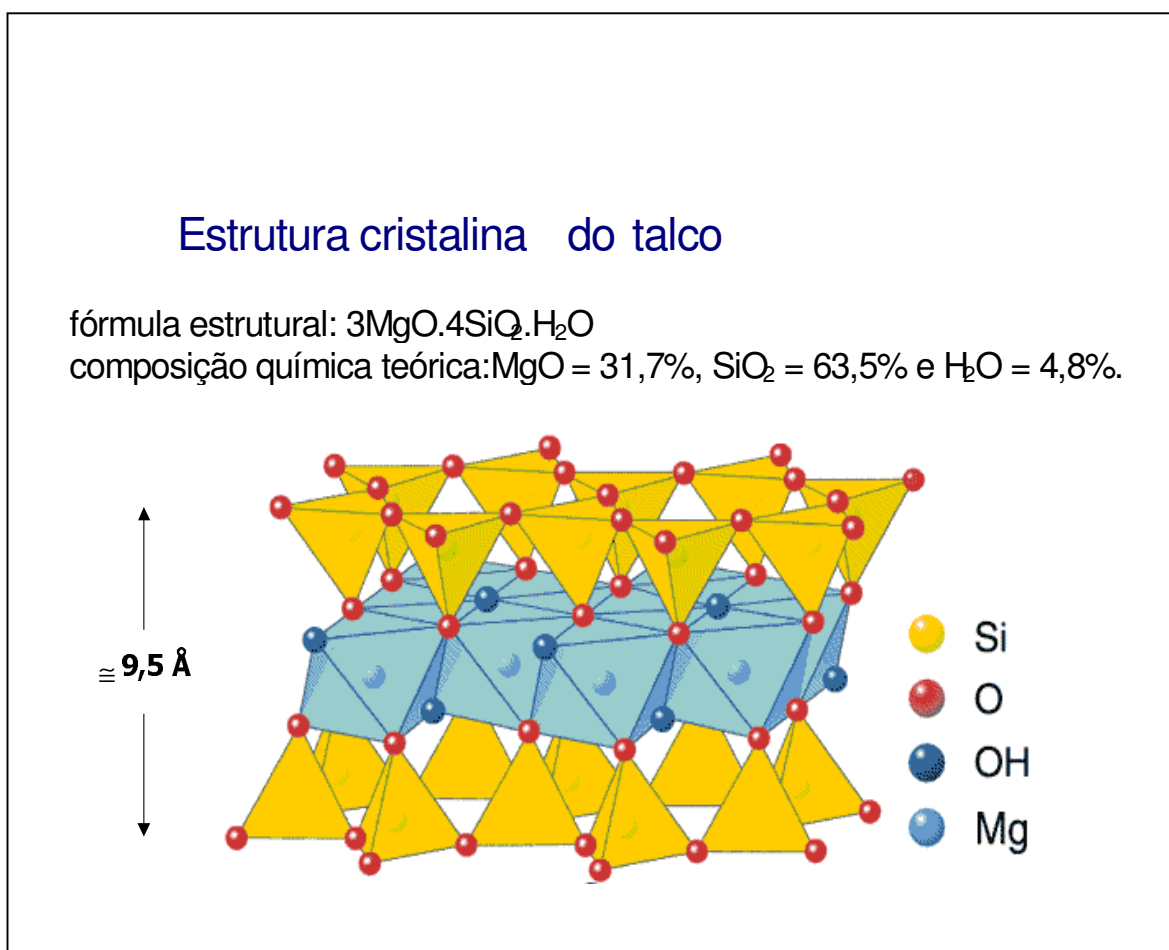


Figura III.1: Estrutura cristalina do talco. Fonte: Internet:

www.webmineral.com/data/Talc.shtml .

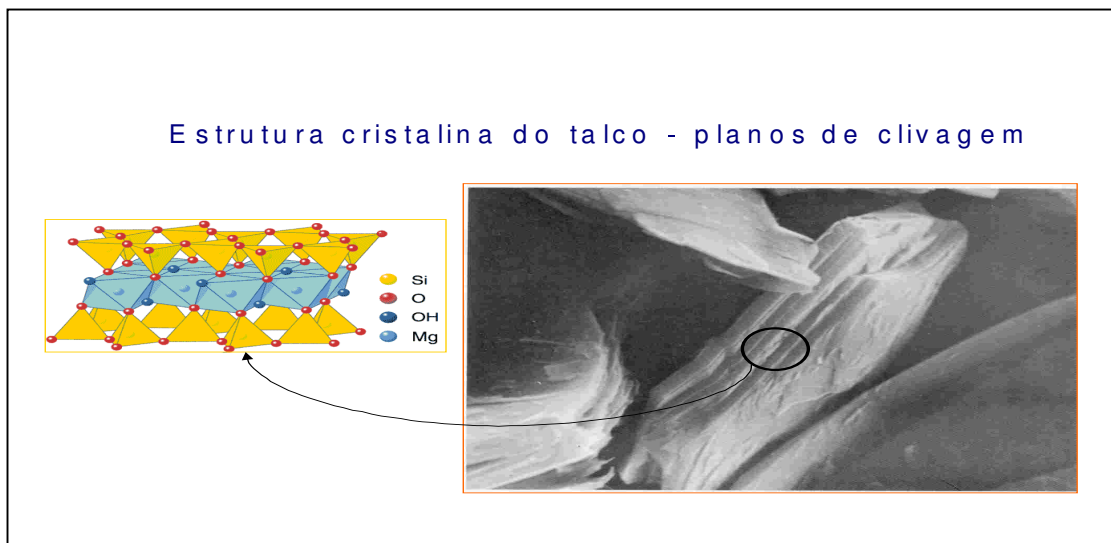


Figura III.2: Estrutura cristalina do talco. Planos de clivagem.
 Fonte: (Lobato et al., 2001)

III.2.3- Morfologia

O tamanho de uma lamela individual de talco (alguns milhares de camadas ou folhas elementares) pode variar de 1 a 100 micrometros, dependendo da ocorrência. O tamanho individual da lamela é que determina o grau de lamelaridade do talco. Um talco altamente lamelar tem grandes lamelas individuais enquanto que num talco com baixo grau de lamelaridade, também chamado compacto ou microcristalino, as lamelas são bem menores. Essa diferença pode ser vista na Figura III.3.

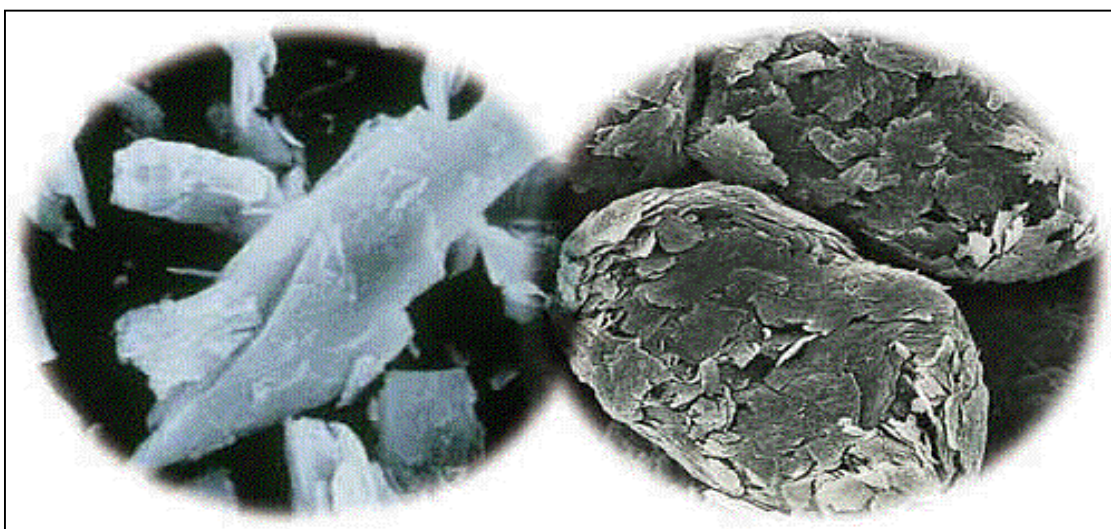


Figura III.3: Talco lamelar nacional (macrocristalino) e talco compacto importado (microcristalino). (Foto MEV ilustrativa, sem escala).

III.2.4- Minerais acessórios

O mineral talco ocorre em uma variedade de ambientes geológicos e comercialmente está sempre associado a uma série de outros minerais, sendo os mais freqüentemente encontrados os seguintes:

Talco – $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Calcita – CaCO_3

Magnesita – MgCO_3

Dolomita – $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$

Quartzo – SiO_2

Pirofilita – $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Diopsídio – $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$

Clorita – $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{MgO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Hematita – Fe_2O_3

Goetita – FeOOH

Pirita – FeS_2

Em alguns casos, conforme a geologia local, também estão presentes:

Serpentina (fibrosa) – $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Antofilita (fibrosa) – $7\text{MgO} \cdot 8\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Tremolita (fibrosa) – $2\text{CaO} \cdot 5\text{MgO} \cdot 8\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Actinolita (fibrosa) – $\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

} Grupo dos Anfibólios

As características dos minérios de talco vão variar sempre de depósito para depósito. Geralmente os minérios derivados de rochas básicas e ultrabásicas são mais impuros, com alto teor de ferro, e uma variada associação de minerais, com destaque para as serpentinas, tremolita, actinolita e antofilita. Além disto, há a presença comum, em concentrações variadas, de níquel, cromo, cobalto e escândio. Observa-se, também, uma íntima associação de minerais de zinco e chumbo com estes corpos de talco, (Carvalho, 2000).

A presença destas inúmeras impurezas minerais altera a reatividade, abrasividade, inocuidade e brancura, além de outras propriedades físicas e químicas do mineral puro e pode comprometer a amplitude da aplicação, (Santos, 1984).

A situação do talco extraído pela Magnesita S.A. em suas minas localizadas na Serra das Éguas é, neste particular, extremamente favorável. No conjunto, sua linha comercial de talcos atende a todo o espectro de aplicações industriais, cosméticas e farmacêuticas.

A localização das minas é apresentada na Figura III.4.

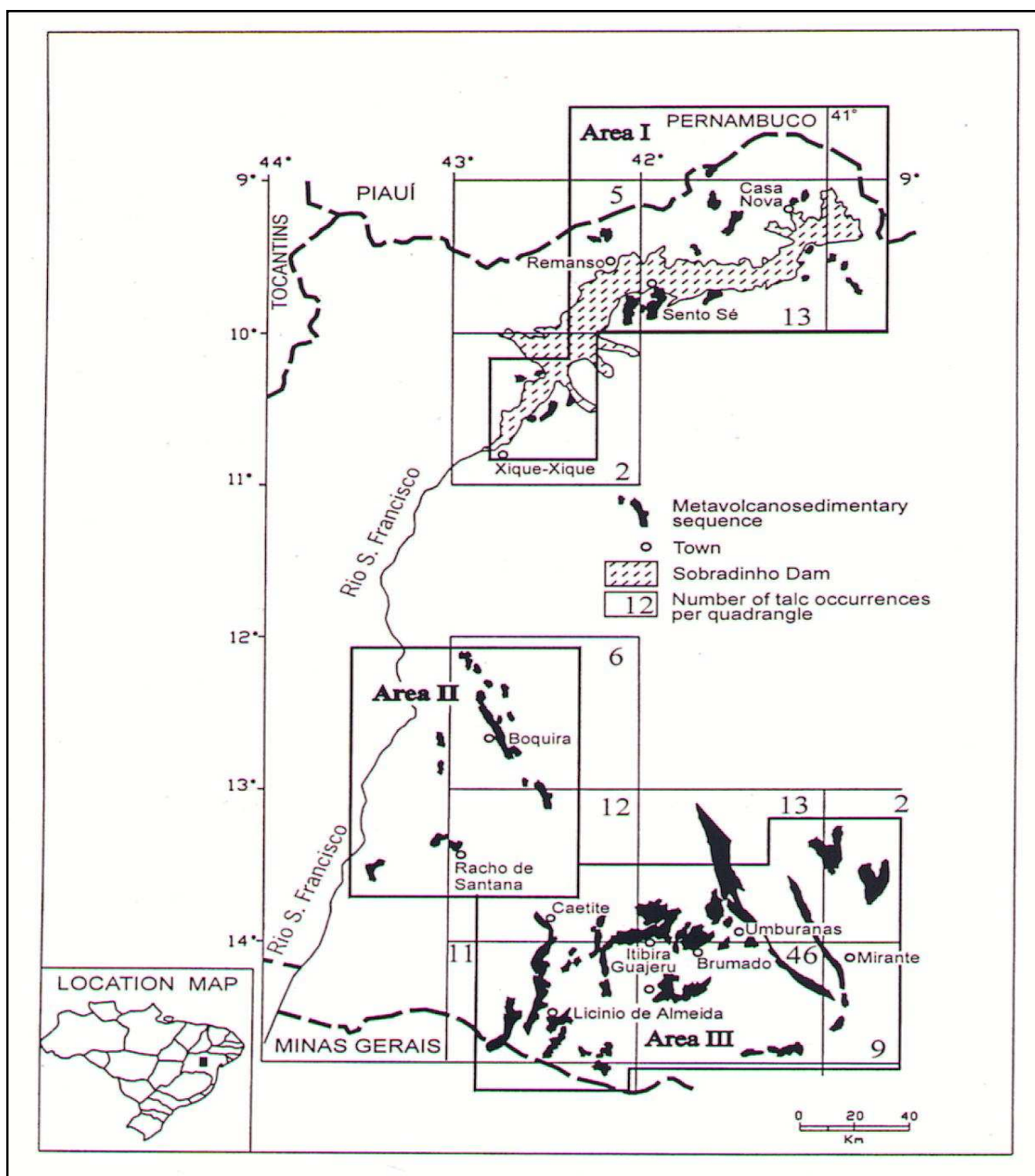


Figura III.4: Localização das áreas das minas de talco da Magnesita S.A. na Bahia.

As Figuras III.5 e III.6 mostram fotografias de lâminas petrográficas de estudos realizados por Salas (1977), com amostras de talco das minas da Magnesita S/A.

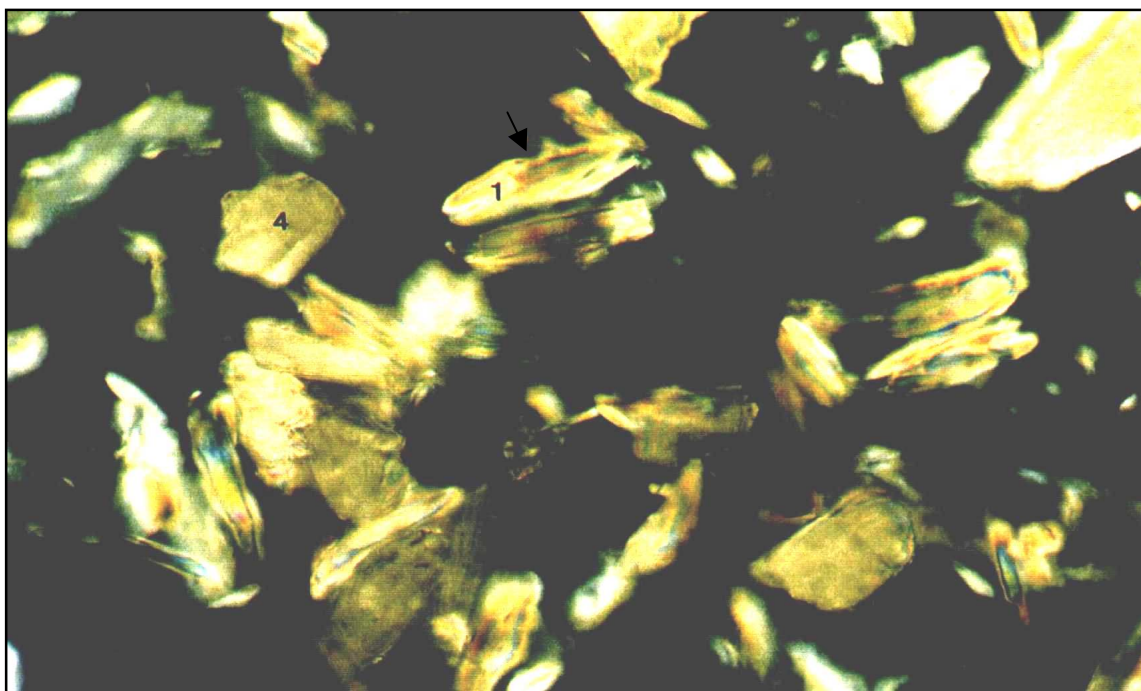


Fig.III.5: Lâmina petrográfica: (1):talco;(4):magnesita. Aumento 500 x. Fonte: Salas (1977).

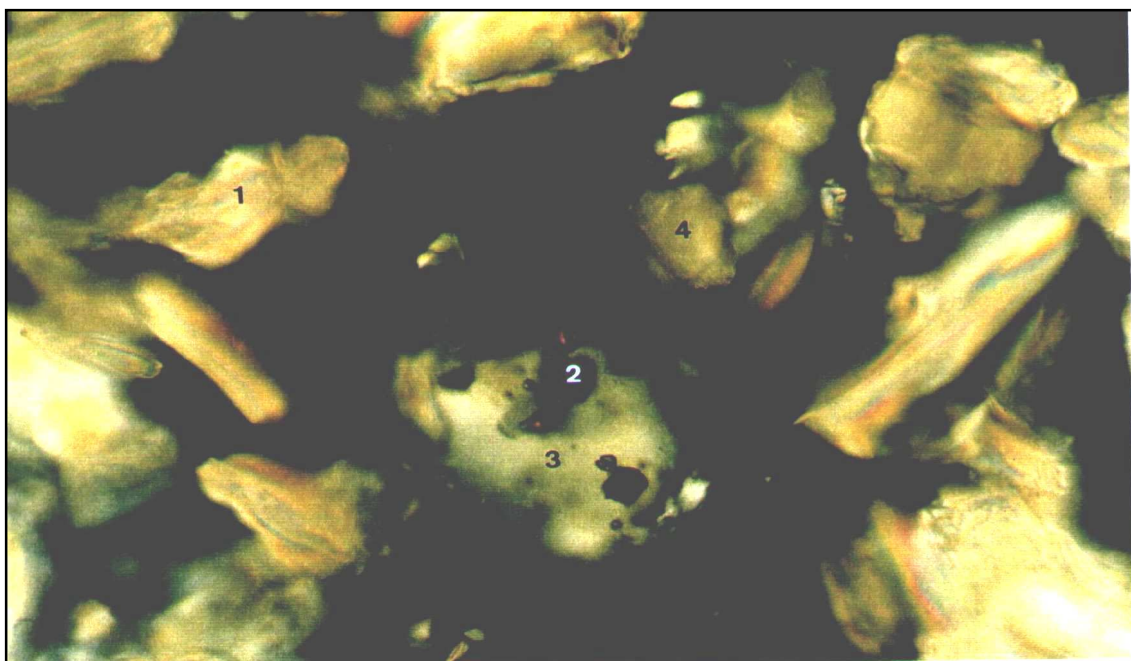


Fig.III.6: Lâmina petrográfica: (1):talco;(2):rutilo; (3):quartzo; (4):magnesita. Aumento 500 x. Fonte: Salas (1977).

III.2.5 - Gênese do talco em Brumado

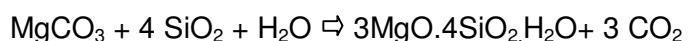
Os principais depósitos de talco existentes na Serra das Éguas ocorrem em forma de veios centimétricos a métricos e/ou pequenos bolsões disseminados nos maciços de magnesita. Trata-se de um talco de alta pureza e excepcionais qualidades físicas, fatores que viabilizam a sua produção em Brumado.

O talco explorado pela Magnesita S.A. é um produto de metamorfismo, envolvendo condições favoráveis à síntese de talco de alta pureza.

O processo de talcificação ocorreu em rochas magnésicas muito puras, praticamente monominerais de magnesita, com a percolação de soluções hidrotermais ácidas em fase silicosa.

Estas soluções hidrotermais, introduzidas em zonas altamente fraturadas reagiram com a encaixante formando veios e/ou bolsões.

A reação simplificada de talcificação seria:



(magnesita)

(talco)

Como existiam quantidades suficientes de magnesita para reagir com as soluções silicosas, toda sílica e água existentes foram introduzidas no sistema, resultando numa reação completa e, conseqüentemente, na formação de depósitos de alta pureza e brancura, (Carvalho, 2000; Lobato, 2001 b).

Um perfil geológico ilustrativo da gênese do talco pode ser visto na Figura III.7.

Uma vista da mina Cabeceiras é apresentada na Figura III.8.

Um perfil geológico típico da mina de talco Cabeceiras é apresentado na Figura III.9.

Gênese do talco em Brumado

O talco explotado pela Magnesita S.A. é um produto de metamorfismo envolvendo condições favoráveis à síntese de talco de alta pureza.

Reação de talcificação:

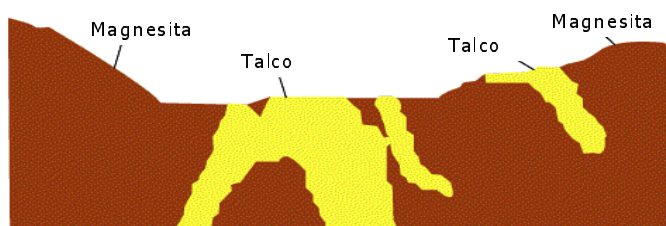
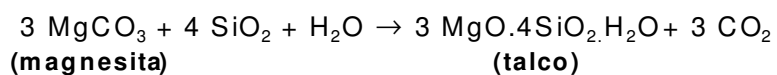


Figura III.7: Gênese do talco Magnesita – seção geológica típica.
Fonte: (Lobato et al., 2001).



Figura III.8: Magnesita S/A – Mina de talco Cabeceiras.

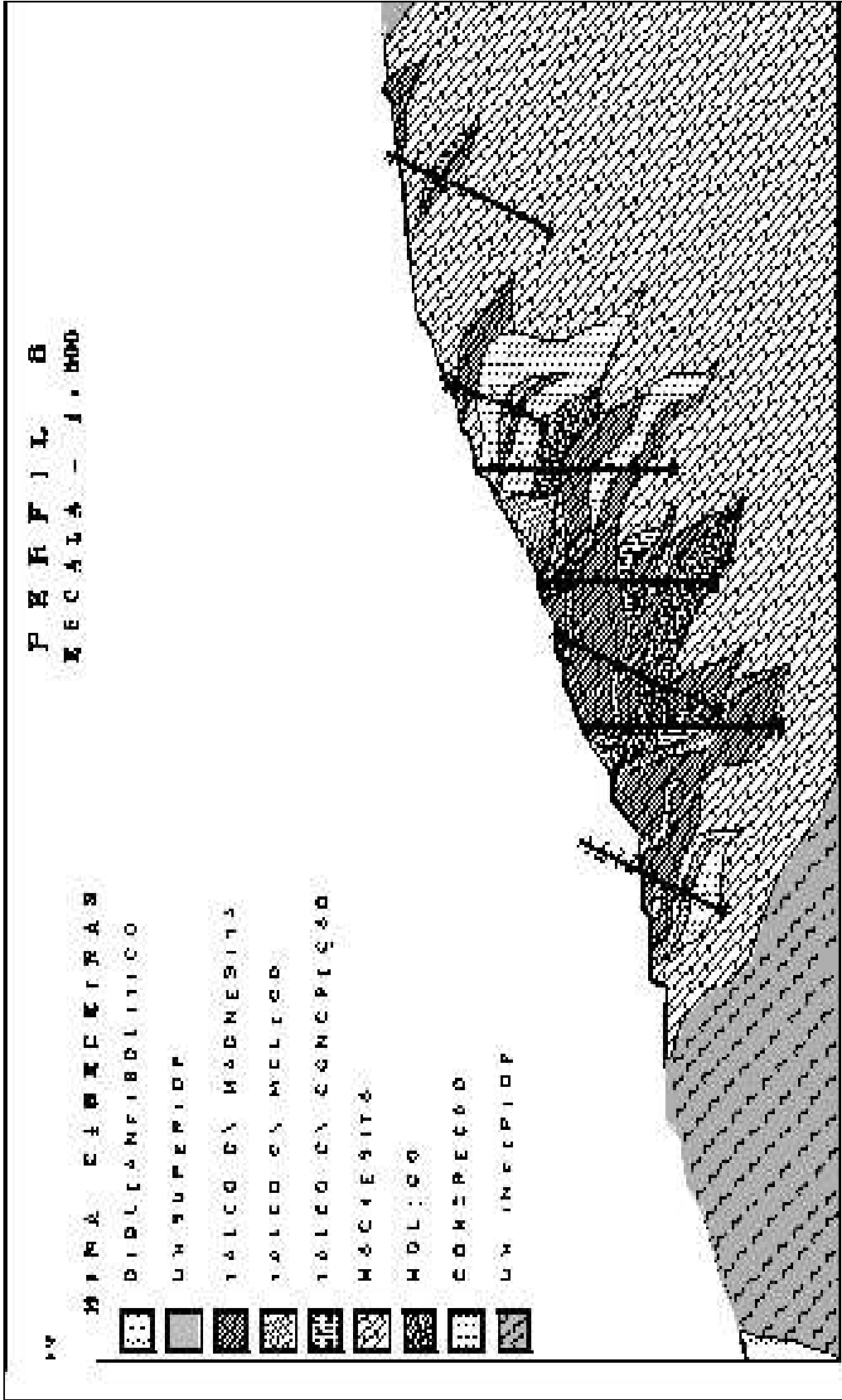


Figura II.9: Perfil geológico típico da mina de talco Cabeceiras, da Magnesita S.A., segundo Faria et al. (2003).

No processamento do talco da Magnesita S/A em Brumado, Bahia, o talco, após ser lavrado a céu aberto, passa por um sistema de separação em peneiras, lavagem em “trommel” e seleção manual.

O talco selecionado é blendado visando atendimento às especificações próprias do mercado ao qual se destina (cosmético, alimentos, plástico, cargas industriais, etc.).

Nas instalações de moagem, o material sofre britagem prévia, para em seqüência ser moído em moinhos FARD (moagem por placas de impacto), moinhos Raymond (moagem por compressão/atrição de rolos) ou micronizado em micronizador de impacto CBC.

Para a linha de cosméticos, o talco passa ainda por um processo de descontaminação bacteriológica.

Esses talcos, com diferentes níveis de seleção e diferentes condições de moagem, compõem a gama de produtos que a Magnesita S.A. oferece ao mercado.

A exploração do talco exige uma lavra com seletividade, estabelecida nas frentes de extração. Procura-se manter o desenvolvimento da mina em estágios avançados com relação à produção de minério, visando que materiais de cobertura estejam o mínimo possível na massa a ser selecionada.

A lavagem do minério bruto permite a retirada de finos, solo e outros contaminantes terrosos.

O material lavado é classificado em faixas granulométricas e selecionado manualmente, retirando contaminantes, geralmente magnesita, quartzo e concreções silicosas. Do material selecionado são formados lotes para moagem, de acordo com o produto final pretendido.

O fluxograma do processo de produção semimecanizada e seleção de talco pode ser visto na Figura III.10.

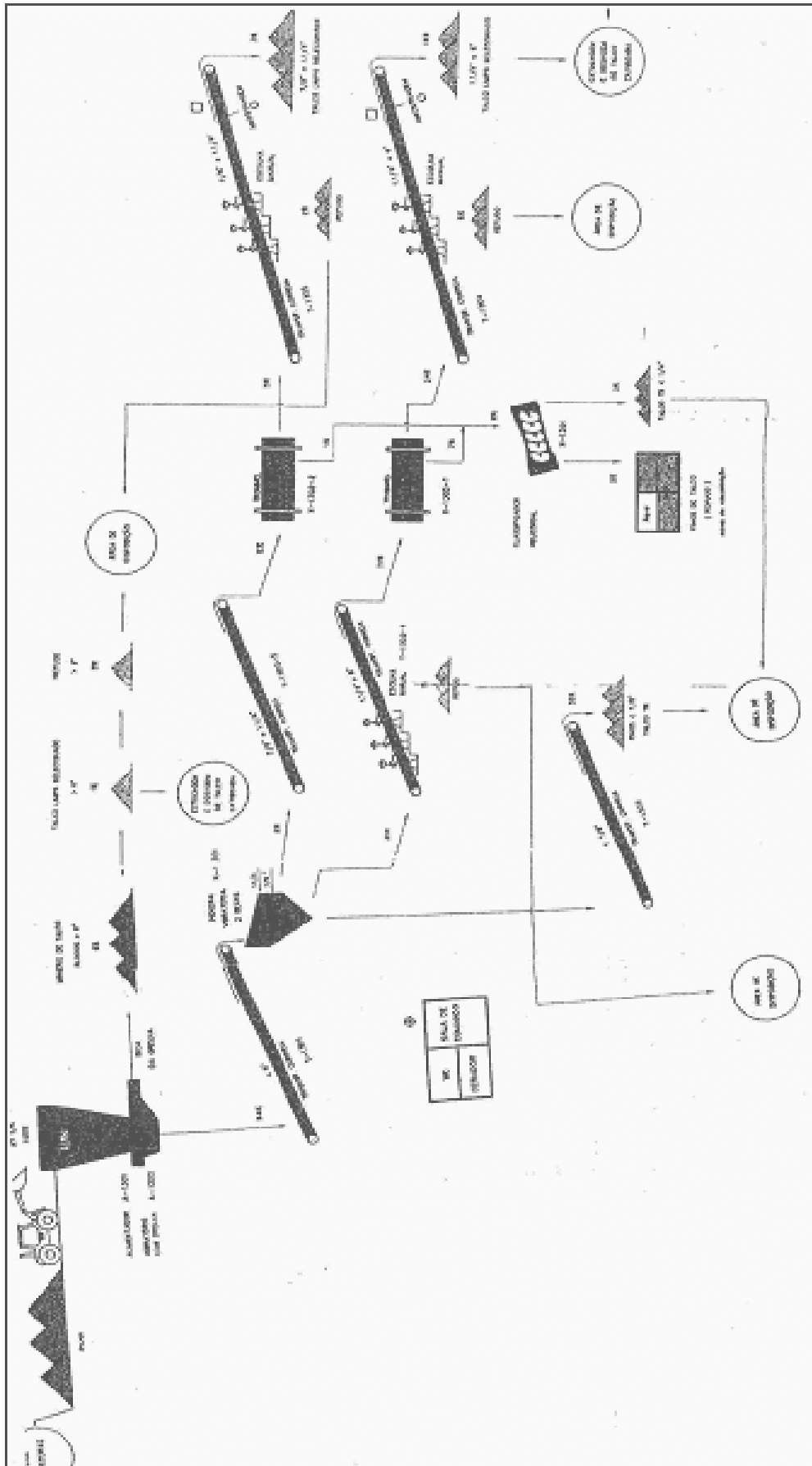


Figura III.10: Fluxograma simplificado do processo de produção semimecanizada e seleção prémoagem de talco em Brumado-BA.

A Tabela III.1 apresenta tipos de talco da Magnesita S.A., segundo a distribuição granulométrica.

Tabela III.1: Tipos de talcos fornecidos pela Magnesita S.A. segundo a distribuição granulométrica

	D99	D75	D50	D10
TIPO	Sedigraph	Sedigraph	Sedigraph	Sedigraph
	µm Máx.	µm Máx.	µm Máx.	µm Máx.
PHARMA-SB	50,0	20,0	15,0	4,0
GM-20	19,0	6,5	4,5	1,8
GM-20-S	13,5	5,5	3,8	1,6
PHARMA-MSB	19,0	6,5	4,5	1,8
PHARMA-S	60,0	20,0	13,0	5,0
PHARMA-SE	50,0	20,0	15,0	4,0
PREMIUM-SE	50,0	30,0	18,0	6,0
PREMIUM	60,0	25,0	15,0	3,0
PR-1	30,0	20,0	15,0	5,0
PR-2	50,0	25,0	17,0	6,0
PC-75	50,0	25,0	17,0	6,0
2-LM	19,0	6,5	4,5	1,8
T-20	25,0	13,0	8,0	2,0
P-20	19,0	6,5	4,5	1,8
T-50	25,0	13,0	8,0	2,0
AL	50,0	25,0	17,0	6,0
DL-200	50,0	25,0	17,0	6,0
PP400	30,0	10,0	6,5	2,5
PREMIUM-S	50,0	30,0	18,0	6,0
GM-50	30,0	20,0	15,0	5,0
P-50	30,0	20,0	15,0	5,0
PP325	40,0	20,0	15,0	5,0
TI-01	65,0	35,0	25,0	8,0
TI-02	50,0	25,0	17,0	6,0
3 1/2-BL	60,0	25,0	20,0	6,0
2-LMF	50,0	12,0	6,5	2,5
MBA-200	65,0	35,0	25,0	8,0
PRM 200	45,0 / 55,0	15,0 / 25,0	10,0 / 15,0	0,2 / 6,0
PRM 325	50,0	13,0	8,0	2,5

III.2.6 - Usos do talco

O talco apresenta algumas propriedades físicas que fazem dele um excelente mineral para usos diversos. A primeira delas é a baixa dureza na escala Mohs (talco = 1 e diamante = 10).

No caso do talco lamelar, é definida a grandeza “fator de forma” ou “aspect ratio”, como sendo a relação entre a média do diâmetro de uma lamela e sua espessura. Esta grandeza, que define o grau de lamelaridade do talco, é tida como uma das mais importantes características do talco para plásticos. Finalmente, quanto à propriedade de superfície, o talco é naturalmente hidrofóbico. Geralmente, quando lamelar e pulverizado finamente, apresenta uma alta área superficial específica, (Santos, 1984).

Quanto às propriedades elétricas, o talco é um não condutor. Por isso é usado na fabricação de isolantes elétricos. Apresenta baixa condutividade, alta estabilidade e alta resistência ao choque térmico.

Outros usos já consagrados são: carga mineral na fabricação de tintas, sabões, plásticos em geral, borrachas, ração animal, polimento de cereais, medicamentos, uso para cosméticos, fins farmacêuticos, isolantes elétricos, componente de massa cerâmica. Cresce a importância do uso de talco na indústria de plástico automotivo e como auxiliar no controle de “pitch” na indústria de papel.

- Uso do talco na indústria de plástico

Estudos realizados por Souza (2000), mostram que o rápido crescimento da indústria de plásticos tem levado a um aumento do consumo de talco principalmente em polipropilenos, polietilenos de baixa e alta densidade, PVC e nos plásticos termorrígidos.

Em polipropilenos, o talco é usado para incrementar a resistência mecânica (melhores resultados com talcos com maiores razão de forma) e resistência ao risco (melhores resultados com talcos mais finamente moídos ou microcristalinos). O talco é usado, por exemplo, na indústria automobilística na fabricação de painéis, acessórios e pára-choques de carros.

Na fabricação de plásticos para móveis de jardins, o talco é usado pela sua resistência aos raios ultravioleta, que é uma característica importante neste caso. É utilizado na

fabricação de carcaça de computador e de outros eletrodomésticos pelas suas características estéticas, além das de resistência já mencionadas. O que faz do talco um excepcional mineral industrial para uso em plásticos são suas propriedades naturais, como alta lamelaridade, alta resistência térmica e elétrica. Além disso, é quimicamente inerte. O talco confere ao plástico qualidades/propriedades que são fundamentais nos mais diversos usos, como: estabilidade dimensional, isolamento elétrico, aumento da capacidade de absorver impacto, aumento da resistência química e ao calor, aumento do fator de rigidez, da dureza e da resistência à tensão.

A indústria de plástico usa atualmente talco com a granulometria de 1 a 20µm, com tendência a usos em faixas granulométricas cada vez mais finas.

O principal uso do talco na indústria de plástico é na produção de polipropilenos. Este mercado tem crescido rapidamente nas últimas décadas e este crescimento tem sido proporcional ao crescimento do mercado deste material.

Para uso em polipropilenos, o talco não pode conter clorita (pois reduz a estabilidade térmica e acelera a cura natural), carbonatos (por serem abrasivos, promovem desgaste acentuado dos equipamentos usados no processo) e pontos pretos (oriundos da mina, do processo, do transporte ou dos silos de armazenamento, pois podem causar problemas estéticos no polipropileno). A coloração final do polipropileno depende basicamente da cor do talco usado como carga e da sua brancura.

O acentuado uso de talco na produção de compostos de polipropilenos deve-se principalmente à compatibilidade da sua baixa polaridade com a polaridade da resina, o que faz com que seja facilmente disperso no composto. Além disso, a baixa abrasão no processo merece destaque.

Quanto mais lamelar, mais apropriado é o talco para uso como carga. Isto promove um aumento no fator de rigidez, aumento no HDT (temperatura de deflexão) e alta estabilidade dimensional (baixa contração). Uma melhoria das principais propriedades mecânicas destes compósitos é obtida quando o talco é usado como carga.

Mas, a cada dia que passa, a exigência sobre a qualidade deste talco é maior e o principal ponto tem sido a necessidade de produção de talcos cada vez mais finos, o

que tem forçado a utilização de técnicas de micronização mais e mais sofisticadas, fazendo com que o ciclo de vida de um produto seja cada vez menor.

As principais desvantagens do talco são a baixa resistência ao impacto e baixa resistência ao risco, se empregado puro e não em cargas para PP, passando por mistura e extrusão.

Desenvolvimentos recentes de tratamento superficial de talco calcinado prometem minimizar estes problemas, acenando maior possibilidade de aplicação e em maiores proporções, após passar por esse tratamento.

A Figura III.11 ilustra a importância da lamelaridade do talco para uso em polímeros.

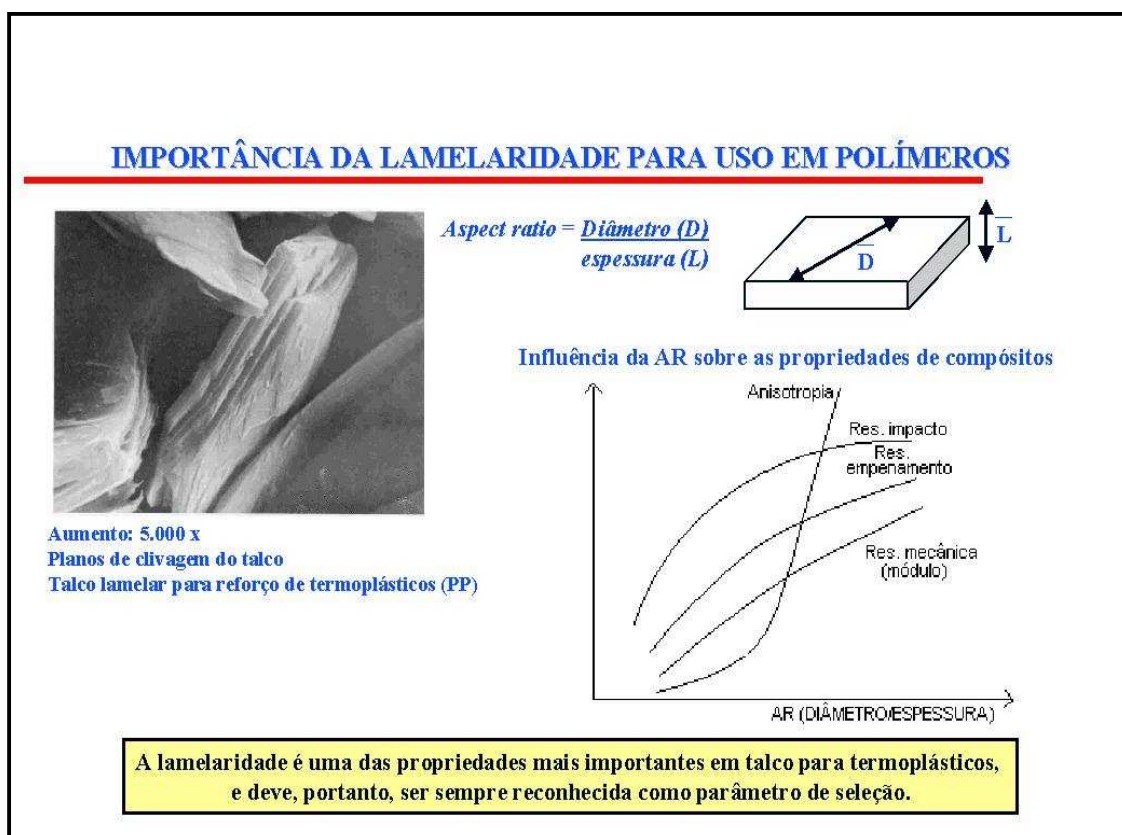


Figura III.11: importância da lamelaridade do talco para uso em polímeros.
Fonte: Lobato et al.(2001).

A Figura III.12, mostra as variações nas propriedades de compostos PP após adições de talco GM 20 e talco moído em “jet-mill” frontal Hosokawa.

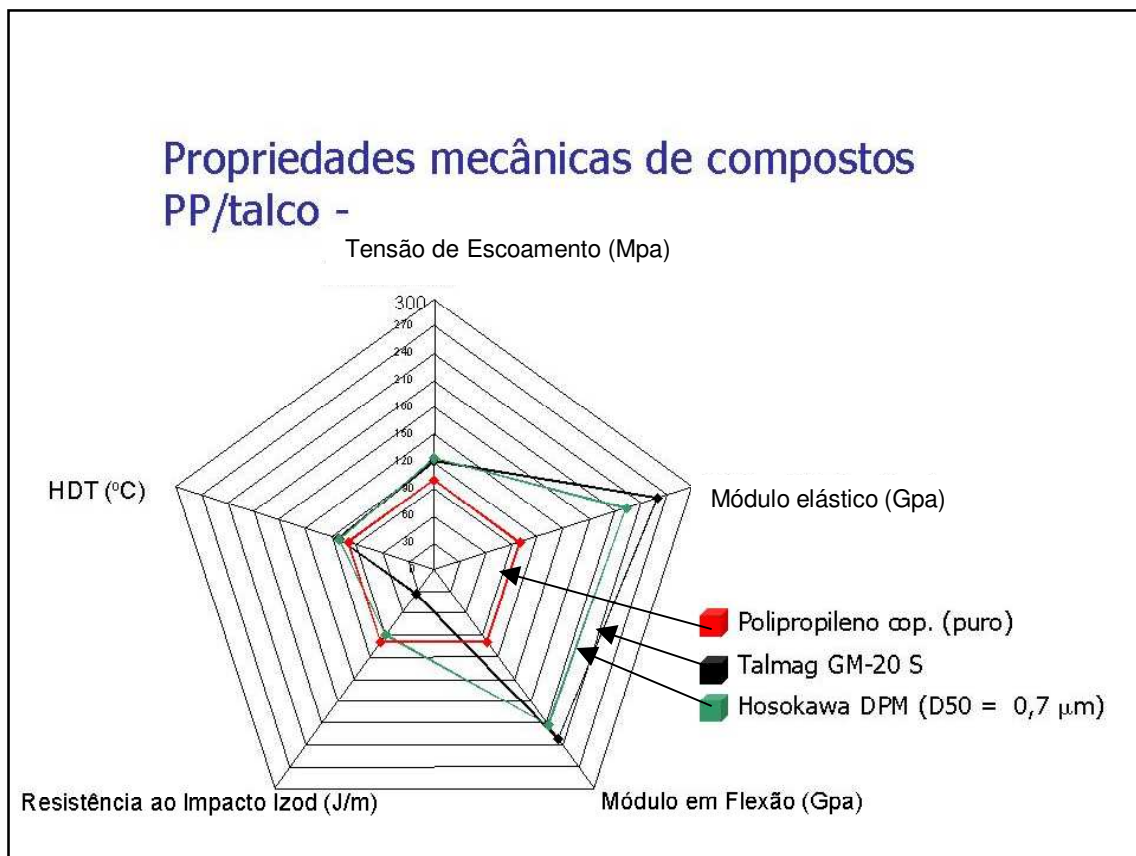


Fig.III.12:Propriedades mecânicas de compostos PP/talco, com adições de talco GM-20 e talco moído em “jet-mill”. Fonte: Lobato (2000); Souza (2001).

- Outras propriedades técnicas e usos do talco

As características que o talco apresenta quando submetido ao aquecimento, e a reação com outros minerais, demonstram as vantagens da sua utilização em cerâmica.

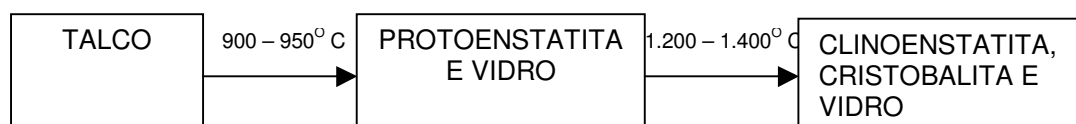
- Ação da temperatura sobre o talco

Análise térmica diferencial: a maior parte dos talcos apresenta um pico endotérmico de perda de água a 970°C, porém para alguns talcos, essa temperatura é mais elevada.

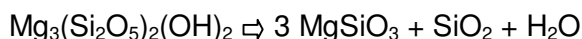
Análise termogravimétrica: os talcos apresentam uma perda de massa de cerca de 5% entre 950 a 1.020°C.

Transformação de fase

O talco apresenta transformação de fase conforme descrito abaixo:



Existem na literatura, várias opiniões a respeito das temperaturas de desidratação do talco, de formação de produtos, bem como a natureza dos produtos formados. Esta variação está associada não somente com a natureza e a quantidade de impurezas, mas também com a granulometria do material que está sendo analisado. Um resumo da literatura parece concordar que, acima de 900°C, grupos hidroxila ligados quimicamente são libertados em forma de água, segundo a reação:



(talco)

(enstatita)

A sílica inicialmente formada é amorfa e aproximadamente a 1.300°C pode-se transformar em cristobalita. O MgSiO_3 formado é cristalino e pode encontrar-se em uma de suas formas polimórficas, (Santos,1984; Klein,1993).

O problema do polimorfismo do MgSiO_3 é muito complexo, uma vez que depende da composição e origem dos materiais de partida, bem como das condições de tratamento térmico e mecânico. O produto obtido pela queima do talco a alta temperatura é normalmente a protoenstatita. Segundo Varela (1975), a protoenstatita é instável a baixas temperaturas pelo fato de que um dos átomos de Mg na estrutura tem coordenação irregular. Dependendo da forma de resfriamento obtém-se, para baixas temperaturas, um produto com estrutura intermediária entre enstatita (ortorrômbica) e clinoenstatita (monoclínico).

As características térmicas descritas anteriormente permitem uma crescente aplicação de talco em cerâmica, segundo Oliveira (1988); Lobato (2001 b), principalmente em

produtos de monoqueima, uma vez que o talco não apresenta os problemas de desgaseificação dos carbonatos, não deforma em temperaturas elevadas e não mostra variações dimensionais elevadas.

A utilização da monoqueima na indústria cerâmica é tendência crescente em virtude de diversos fatores:

- maior retorno sobre o investimento, se comparado com a biqueima;
- menor custo de produção;
- menor incidência de mão-de-obra;
- permite fabricar produtos de maior tamanho, sem necessidade de aumentar demasiadamente a espessura;
- especificações técnicas compatíveis com uso em áreas de tráfego intenso.

- O efeito de algumas impurezas no talco para uso cerâmico: impurezas no talco, desde que em concentrações constantes, podem, ao contrário do que possa parecer, muitas vezes, ser benéficas.

Nos últimos anos, produtores de talco da Europa têm procurado usos para talcos que contêm determinadas impurezas em concentrações constantes. Assim, os pesquisadores passaram a dar atenção especial para talcos que se encontram em mistura com alguns minerais como a clorita, a serpentina e a tremolita, por apresentarem propriedades extremamente interessantes.

No caso da clorita, estudos realizados demonstram que ela apresenta um comportamento particularmente interessante, do ponto de vista dilatométrico, pois em torno de 620°C ela expande, compensando a retração da argila ou caulim na mesma temperatura. Como consequência, o corpo cerâmico torna-se menos denso e mais resistente ao choque térmico.

Assim, conforme a aplicação do talco, a presença de clorita é benéfica, ao contrário do que poderia se pensar sem uma análise mais profunda. Além disso, a presença dos argilominerais clorita, caulinita e montmorilonita, com ponto de fusão abaixo do talco,

tende a tornar mais fundente o minério de talco que as contém, possibilitando assim, a utilização de menores temperaturas de queima.

Um outro exemplo é o caso de uma indústria cerâmica que necessite do talco única e exclusivamente como fonte de magnésio. Nesse caso, impurezas presentes do tipo da serpentina são bem aceitas, porque esta possui um teor mais elevado de magnésio do que o talco. Contudo, vale lembrar que as serpentininas provocam efeitos tixotrópicos nas barbotinas cerâmicas em virtude da morfologia de suas partículas.

Nos Estados Unidos, talcos tremolíticos são bastante procurados para a fabricação de azulejos, por permitirem queimas em temperaturas mais baixas que os talcos mais puros. (The Economics of Talc and Pirophyllite, Roskill Information Services Ltda, 1981).

De acordo com Lobato (2001ii), cálcio, por sua vez, abaixa o ponto de fusão, podendo ser benéfico ou inconveniente dependendo do emprego. O mesmo não acontece com o ferro, que na maior parte dos casos, é inconveniente, por escurecer a cor do talco após a queima. Porém, para uma massa cerâmica onde a cor após a queima não seja importante, a existência do ferro como impureza tem uma menor limitação. A presença de sílica livre, ao contrário, pode provocar queda na resistência ao choque térmico, em função da sua transformação em cristobalita a altas temperaturas e com elevado coeficiente de dilatação térmica. Além disso, a sílica provoca maior desgaste dos moldes.

É importante para os fornecedores e consumidores avaliarem em conjunto o efeito da presença de outros minerais nos talcos e a influência que estes exercem nos diversos processos cerâmicos.

Principalmente na Europa, o uso do talco na indústria papelreira é muito importante, seja no controle de “pitch”, como carga ou como cobertura (coating). O uso de talco melhora a maciez, resistência e imprimibilidade do papel.

Outro uso crescente na Europa, é o uso do talco na indústria de tinta, onde há melhora na capacidade de cobertura, diminui o índice de trincas da pintura, leva a redução na formulação do produto.

III.3 Potencial de formação de piche

De acordo com Allen et al, 2000; Jordão, 1991, a ocorrência de “pitch” está diretamente ligada às características de superfície das partículas e às propriedades que caracterizam o estado coloidal: estabilidade, coagulação, precipitação e redispersão. Assim, material coloidal, finamente disperso na suspensão de fibras celulósicas, formando micelas, levam à ocorrência do “pitch”.

Essas micelas seriam formadas pelos sabões de sódio dos ácidos graxos ou ésteres graxos derivados da resina da madeira.

As micelas são agregados moleculares de dimensões coloidais, com diâmetro entre 10 a 10 000Å^o. Têm carga elétrica negativa e caracterizam-se pelas propriedades:

- movimento browniano: apesar das partículas dispersas serem mais densas que o meio, estas não se sedimentam e estão em movimento constante e desordenado;
- efeito Tyndall: a reflexão das partículas coloidais é difusa e não direcional;
- adsorção: devido à elevada área superficial específica, as partículas adquirem a propriedade de adsorver íons do sistema e que conferirão carga elétrica às mesmas, de modo geral, seguem a Lei de Langmuir de adsorção monomolecular;
- carga elétrica: praticamente toda partícula coloidal carrega uma determinada carga elétrica, a qual é responsável pela estabilização coloidal.

Os materiais coloidais com carga superficial negativa adsorverão, preferencialmente, íons positivos, e também íons negativos, de modo que ambos fiquem fortemente ligados às partículas, formando uma camada (denominada de “Stern”). Outros íons, de carga oposta, da solução ou suspensão são então atraídos para a camada, formando uma zona difusa. À medida que aumenta a distância entre os íons e as partículas, as forças de atração tendem a diminuir e menos íons são atraídos.

Quando as partículas se movimentam, somente os íons fracamente ligados não se movem, permanecendo na solução; parte dos íons da camada difusa permanece ligado às partículas enquanto estas se movem. O plano situado dentro da camada difusa, onde ocorre esta divisão, é denominado plano de cisalhamento.

A presença desses íons confere às partículas sua carga elétrica e causa repulsão ou atração entre elas, o que acaba por estabilizar os colóides.

A diferença entre as densidades de carga elétrica na superfície da partícula e na camada difusa é responsável pelo potencial elétrico estabelecido. Este apresenta um valor máximo na superfície da partícula, chamado de potencial de superfície, diminuindo com a distância da mesma. Esta queda de potencial é afetada pelas características da camada difusa, bem como pelo número e tipos de íons da solução. A altas concentrações iônicas, o potencial elétrico atinge valor zero, a uma curta distância.

O potencial zeta é aquele existente no plano de cisalhamento na camada difusa e é dado por:

$\Psi = [4\pi \kappa q / D]$, sendo:

Ψ = potencial zeta (mv)

κ = espessura da camada difusa (nm)

q = carga resultante da partícula (coulomb)

D = constante dielétrica da água (adimensional)

O potencial zeta é um parâmetro importante na consideração da estabilidade dos colóides.

Devido ao constante movimento das partículas coloidais, estas podem se aproximar, de tal forma, que ocorre interação entre suas camadas difusas. Essa interação, de natureza eletrostática, entre partículas de cargas similares leva a um potencial de repulsão (V_r), o qual aumenta à medida que a distância entre as partículas diminui.

Entretanto, todas as partículas coloidais, sejam quais forem sua natureza, exibem forças de atração de London/Van der Waals, cuja grandeza depende do tipo de átomos que as constituem e da sua densidade de distribuição. Ao contrário das forças repulsivas, seu valor independe da composição iônica da fase aquosa; seu módulo diminui com o aumento da distância entre as partículas; conseqüentemente, a energia potencial de atração (V_a) também diminui. Os colóides permanecem em suspensão enquanto existir a barreira energética representada pela carga elétrica elevada na

dupla camada, isto é, enquanto o potencial (V_r) de repulsão for maior que o potencial de atração (V_a).

A propriedade das micelas em solubilizarem materiais orgânicos, insolúveis em água, é explicada pela dissociação das moléculas. Simplificando, essas moléculas consistem em um terminal solúvel em água (hidrófilo) e outro insolúvel (hidrófobo). A associação ocorre de modo que os terminais polares ficam expostos à água, enquanto os hidrófobos se voltam para dentro da micela.

Evidências experimentais mostram ser o sistema termodinamicamente estável e que o material solubilizado encontra-se dentro das micelas. As concentrações moleculares no entanto, só ocorrem a partir de um determinado valor de concentração chamado de concentração crítica de micelas.

Uma propriedade importante das micelas coloidais de interesse para estudo da adsorção de piches, é sua dissociação, que pode ocorrer nos seguintes casos:

- diluição – valores abaixo da concentração crítica;
- mudanças de pH (de alcalino para ácido);
- presença de íons polivalentes (Ca^{++} , Al^{+++} , Mg^{++} , etc.).

O potencial da formação de depósitos de piches tem sido associado, em alguns casos, à presença de material coloidal disperso na massa celulósica. Durante a polpação da madeira, no refino e branqueamento, dependendo das condições de temperatura, pH e concentração, podem se formar partículas coloidais provenientes de materiais resinosos liberados da madeira. Enquanto permanecerem em estado coloidal, esses componentes ficam dispersos e não causam problemas. Se este estado de equilíbrio se desfaz, as partículas coloidais, em parte ou no todo, podem se precipitar e gerar depósitos.

Em alguns estudos, Allen, (1978); avaliou o efeito da concentração das partículas coloidais em equilíbrio na suspensão celulósica, na formação de depósitos. Através de contagem no microscópio em hemacitômetro – lâmina tradicionalmente utilizada em exames de sangue, formada por quadrícula com 9 quadrados grandes, cada um com 1 mm^2 . O quadrado grande central está dividido em 25 quadrados medianos com lados de $0,2\text{ mm}$, estando cada quadrado mediano subdividido em 16 quadrados pequenos

com lados de 0,05mm e uma superfície de 0,0025mm², determinou que o potencial de gerar precipitados era proporcional à concentração das partículas coloidais dispersas no meio celulósico. Os valores encontrados variaram entre 0 e 450x10⁶ partículas/cm³ para pastas produzidas pelo processo sulfito e pastas mecânicas e entre 0 e 80x10⁶ partículas/cm³ para pastas químicas não branqueadas.

Outra maneira de se analisar a tendência de formação de piche seria pela análise do potencial zeta. Este potencial é determinado no filtrado da suspensão celulósica ou nas águas brancas. O potencial zeta dá uma idéia do equilíbrio das partículas coloidais no meio em que está sendo estudado.

Sua relação com a estabilidade seria conforme apresentado na Tabela III.2:

Tabela III.2: estabilidade de colóides x potencial zeta. Fonte: Riddick, T.M. Control of colloid stability through zeta potencial. Zeta-Meter, Inc, New York, 1968. 358p.

Estabilidade de colóides x potencial zeta	
Estabilidade de colóides	Potencial zeta (mv)
Máxima aglomeração e filtração	0 a + 3
Forte aglomeração e precipitação	+5 a -5
Aglomeração moderada	-10 a -15
Dispersão moderada	-16 a -30
Estabilidade moderada	-31 a -40
Estabilidade moderada/boa	-41 a -60
Estabilidade excelente	-61 a -80
Estabilidade extremamente boa	-81 a -100

A formação de depósitos de piches pode, em determinadas condições, estar associada ao potencial zeta, podendo assim ser uma ferramenta indicativa interessante.

III.3.1- A adsorção de piche pelo talco

O talco apresenta a propriedade de adsorver materiais oleosos em presença de água. Essa propriedade é extremamente importante na captura de piches nas polpas de

fabricação do papel. O conceito da redução de piche pelo uso de talco, consiste em adsorver os constituintes resinosos, formadores de depósitos e removê-los do processo, junto ao produto final, de maneira discreta e sem prejuízo de sua qualidade, (Jordão, 1991).

O talco é estruturado em lamelas, que se empilham sucessivamente. Dois tipos de superfície formam cada lâmina: a superfície plana e a borda ou lateral. A área plana é hidrofóbica e organofílica, tendo pois, tendência a adsorver as partículas de piche. As bordas têm maior afinidade pela água, (Yordan et. al, 1997; Yordan, 1998).

O talco transporta pequena ou quase nenhuma carga elétrica. Diferentemente de argilas, micas e outros silicatos estruturados em camadas (filossilicatos), no talco, estas camadas de óxido de magnésio ou brucita, intercaladas entre duas camadas de sílica, estão eletricamente balanceadas, ligados por ligações covalentes. Essa falta de carga faz do talco apolar e hidrofóbico. Como consequência, o talco pode se ligar a outras substâncias hidrofóbicas como piches e outros materiais aderentes ao invés de se ligar a materiais eletricamente carregados ou substâncias polares como a água e fibras de madeiras. Dada sua relativa hidrofobicidade, o talco pode ser mecanicamente disperso em água, (Allen et al., 1993).

Talco e outros materiais poliméricos, como os contaminantes “pitch” e “stickies”, têm baixa energia superficial (talco: $35,6\text{mJ/m}^2$). Quando dois materiais diferentes, com baixa energia superficial são mantidos em suspensão em meio aquoso, eles tendem à adesão, de maneira a minimizar a área superficial em contato com a substância polar, o meio aquoso. O fenômeno é conhecido como agregação hidrofóbica.

Através desta agregação, o talco deixa piches e gomas menos pegajosos pela ação de cobertura da superfície; essa configuração inofensiva da aglomeração, não aderente, é removida do sistema, sendo incorporada ao produto.

Outra ação importante do talco é a de densificação. Com densidade na faixa de $2,8\text{g/cm}^3$, as partículas de talco são significativamente mais densas do que piches e gomas ($0,95$ a $1,05\text{g/cm}^3$). O talco pode assim, densificar os piches e gomas, que podem então ser mais facilmente separados da polpa via ataque de agentes de limpeza, (Yordan et. al, 1997; Yordan, 1998).

Sempre se admitiu que a eficiência do talco em adsorver materiais estaria relacionada com sua pureza, cristalinidade e processo de moagem aplicado ao talco. Uma moagem que leva a um maior processo de delaminação tende a expor maiores áreas da superfície plana disponíveis para a adsorção.

O talco pode assim agir como agente antiaglomerante, adsorvendo os piches e contaminantes aderentes, arrastando-os como parte do produto.

A efetividade da ação do talco vai depender da quantidade de piches presentes, dos pontos de adição do talco no circuito, da concentração adequada de talco presente na polpa a ser adicionada no sistema e de um bom sistema de dispersão, de modo a disponibilizar o talco para efetivar sua ação.

Mesmo com adição de talco, pode haver aglomerações de piches coloidais livres, não adsorvidas que podem se depositar causando depósitos. Eventualmente, esses depósitos se soltam das paredes dos maquinários e aparecem no produto final como pintas pretas. Isso se deve a adições insuficientes de talco ou por adição em ponto inadequado do sistema, depois do problema já ocorrido. O fenômeno se dá por falta de escamas disponíveis de talco nos lugares corretos para adsorver os piches.

Yordan (1998), dá um exemplo: tome uma goma de mascar, já mascada, dura e pegajosa. Fazendo-se uma bola com esta goma, envolva a mesma com talco. A goma deixará de ser pegajosa. Isso representaria o que ocorre aos piches quando adsorvidos pelo talco.

Se se toma a goma envolta em talco e a pressiona entre dois pedaços de papel, a área pressionada torna-se maior e o talco já não cobre toda a superfície. Há o aparecimento de uma nova superfície sem a proteção das camadas de talco, que volta a ser pegajosa. Isso simula o que pode ocorrer na fábrica de papel quando um equipamento pressiona a polpa. Daí a importância da adição de talco em pontos adequados do circuito e em quantidades suficientes.

A hipótese do mecanismo de perda de aderência seria: o talco se incorpora nos depósitos de piches, diminuindo a sua aderência e inibindo ainda novas deposições. Esse mecanismo Allen (1993), dá o nome de “detackification”.

Testes mostraram para a prática industrial:

- Agitação da polpa contendo talco causa um aumento na área superficial do talco, presumivelmente devido à delaminação. Isso sugere que o talco em polpas agitadas estaria sempre disponibilizando novas superfícies para o sistema, o que seria uma vantagem.
- Talco adicionado em área não lixiviada da moagem, continua efetivo na adsorção de resinas e antiespumantes no branqueamento. Isso é, a capacidade do talco de adsorver materiais resinosos não é atrapalhada pela adsorção de outros materiais dissolvidos na polpa (talvez exceto pela lignina).
- Normalmente, cerca de 30% a 50% do talco adicionado na lixiviação é retido na polpa.
- Adsorção de antiespumantes: o talco teria uma grande afinidade por adsorver antiespumantes oleosos.
- Taxa de alimentação: uma baixa taxa de alimentação (2kg/t) pode ter um efeito benéfico.
- A adsorção do talco acontece no chamado “piche coloidal” – que estaria na faixa de 0,5 a 1,5 micrometros. Deve-se adicionar o talco no processo em pontos onde os contaminantes estão em estado coloidal e não depois de aglomerados, formando macrocontaminações.
- Geralmente, o talco passa a ser efetivo como agente de controle com tamanho médio de partícula entre 2,0 a 3,0 micrometros e um tamanho máximo de 25 micrometros. Maximizar a área superficial específica permite melhorar a propriedade de redução do grau de aderência de “pitch” e “stickies”, prevenindo sua aglomeração que leva à formação de depósitos no processo de fabricação de papel.

As quantidades adicionadas geralmente variam nas seguintes faixas, (Yordan et. al, 1997; Yordan, 1998; Zazyczny,2000):

- polpas com madeiras macias: 2,2 a 3,6kg/t
- polpas com madeiras duras: 4,5 a 9,0kg/t
- reciclados: 6,8 a 9,0kg/t

Outro ponto a ser considerado é o da área superficial específica. Uma área superficial elevada é importante para um melhor desempenho na adsorção do "pitch".

Se a ASE é analisada pelo método BET, expresso em m^2/g , mede-se, além da área superficial das partículas, as áreas dos poros e de microfraturas presentes na estrutura do talco. A área via Blaine, por sua vez, está relacionada principalmente com a área superficial externa das partículas, sendo os resultados expressos em cm^2/g . Sabe-se que maiores superfícies específicas induzem a uma disponibilidade reativa maior.

A questão que se coloca, seria a de que, embora comparativamente, possa-se ter área BET maior que a Blaine, se estaria esta área de microporos e fraturas, acusadas na medição de área via BET, disponíveis para a adsorção.

No caso de adsorção de "pitch", talvez o que tenha significância relevante seria a relação área superficial/ "aspect ratio", cujo valor mais favorável estaria na faixa de um tamanho de partícula da ordem de $1\mu\text{m}$. "Aspect ratio" maior tenderia a destacar as características hidrofóbicas do talco e maior área superficial, maior disponibilidade reativa.

IV -- Metodologia

IV.1 – Considerações gerais

Para o curso dos trabalhos, foram estabelecidas as seguintes etapas:

- conhecimento do objeto deste estudo: o talco - através de pesquisa bibliográfica e dados de campo envolvendo aspectos geológicos e mineralógicos;
- caracterização do talco através de ensaios e determinações;
- estabelecimento de critérios de diferenciação de diversos tipos de talco;
- pesquisa dos testes quantitativos e qualitativos existentes, bem como ensaios propostos, para avaliação da atuação do talco como agente adsorvente de piches e contaminantes pegajosos no processo de fabricação do papel;
- avaliação da performance dos diferentes tipos de talco como agentes adsorventes de piches, através de ensaios quantitativos apropriados; análise dos procedimentos;
- análise crítica dos resultados;
- conclusões.

Assim, o trabalho foi encaminhado no sentido de se ter conhecimento dos aspectos que envolveram a caracterização do talco: aspectos mercadológicos, geológicos, mineralógicos, determinações de parâmetros físicos e químicos.

IV.2 – Caracterização

A caracterização visa o conhecimento de algumas das propriedades de um material de tal forma que se possa:

- conhecer seus elementos e/ou fases constituintes;
- subsidiar com dados, para avaliação de possibilidades de aplicações industriais;
- ter embasamento para uma seqüência lógica de operações visando o processamento industrial.

Em processamento mineral, para que haja condições de concentração de um minério, é preciso que haja condições de liberação, diferenciabilidade de propriedades e separabilidade dinâmica.

De acordo com Brandão (1997), a identificação dos constituintes pode ser feita qualitativa e quantitativamente.

Qualitativamente pode-se ter:

- exames em lupa binocular, microscópio ótico de luz transmitida, microscópio ótico de luz refletida
- difratometria de raios-X (DRX)
- microscopia eletrônica de varredura (MEV), podendo ser complementada com sistema de análise por energia dispersiva de raios-X (EDS)
- análise espectroscópica por infravermelho
- análise termogravimétrica e termodiferencial

Quantitativamente:

- análise química via úmida (gravimetria, titulometria ou volumetria e colorimetria)
- espectrografia ótica de emissão
- espectrometria de fluorescência de raios-X
- espectrometria de emissão atômica por plasma

Outras caracterizações – determinação de propriedades de sistemas particulados:

- análise granulométrica – avaliação da distribuição de tamanhos (peneiras/ cyclosizer)
- Métodos instrumentais granulométricos:
 - sedimentação,
 - pipeta de Andreasen,
 - Sedigraph, Microtac, Horiba, Autometrics;
 - métodos de espalhamento da luz (Malvern, Sympatec, Cilas);
 - métodos de resistência elétrica - contador Coulter

Caracterização física complementar:

- FAD – diâmetro médio equivalente
- Área superficial específica;
Blaine (permeabilidade ar/gás)
BET (adsorção de nitrogênio)

- Porosidade:
Porosidade aparente (absorção de água ou querosene)
Porosímetro de intrusão de mercúrio (distribuição de poros)

- Massa específica:
Picnômetro simples
Picnômetro a hélio

- Medição de índice de brancura
- Medição de índice de abrasividade
- Cone pirométrico equivalente
- Grau de liberação – que mede a condição de liberdade mútua entre minerais presentes num dado sistema.

Centrado o foco na aplicação do talco como agente capaz de capturar piches nas polpas do processo de fabricação do papel, fez-se um levantamento dos principais métodos utilizados para medir esta ação.

A seguir, esses principais métodos foram aplicados aos talcos da Magnesita S/A, comparando-os com o contra-tipo importado mais empregado nesse mercado.

Como fator diferencial entre as amostras de talco tomadas para testes, optou-se por se ter materiais submetidos a diferentes processos de moagem e micronização. Isso implica em diferentes áreas superficiais, o que, teoricamente, seria um fator preponderante na efetividade da ação do talco, aliada à capacidade de dispersão do material na polpa.

IV.2.1 - Grau de Liberação

A liberação é parâmetro importante para o tratamento de minérios, sendo um pré-requisito para utilização de métodos de concentração. Mede a condição de liberdade mútua entre espécies minerais presentes. O grau de liberação é quantificado como: $(\text{quantidade da espécie em partículas livres}) / (\text{quantidade da espécie em partículas livres} + \text{partículas mistas})$.

Os materiais de diferentes frações granulométricas foram observados em lupa estereoscópica.

Dividiu-se teoricamente partículas em 4 quadrantes, e cada quadrante em cinco partes. Atribuiu-se a relação $x/20$ para o percentual livre/mista, calculando-se como indicado acima. Equipamento utilizado : Carl Zeiss ULTRAPHOT II.

IV.2.2 - Análise Química

A análise química foi feita por espectrometria de fluorescência de raios-X. A amostra é moída e fundida em um molde padrão, com relações que variam em geral, numa relação de 5 a 10/1, amostra/fundente, dependendo da estimativa da presença de elementos de maior ou menor número atômico, bem como da volatilidade de elementos constituintes. Ensaio realizado no equipamento PHILIPS MAGIX PRO/PW2540.

Na fluorescência de raios-X, o processo de excitação da amostra deve-se à irradiação de um feixe primário de raios X, que resulta na produção de uma radiação secundária devido às emissões características dos elementos químicos presentes.

Conhecendo-se os ângulos de reflexão e a intensidade da radiação, é possível não só identificar esses elementos, como proceder à quantificação.

A análise quantitativa consiste na medida das linhas do espectro característico dos elementos procurados e do relacionamento de valores de intensidade com sua concentração na matriz onde se encontram dispersos, (Brandão, 1997).

IV.2.3 - Análise Mineralógica

A análise mineralógica foi feita via difratometria de raios-X

Os raios-X são radiações eletromagnéticas com comprimentos de onda que se estendem de 0,1 a 1000 Å, podendo ser polarizados, refletidos e difratados. O feixe difratado, sem mudança do comprimento de onda, resultante da dispersão dos raios-X pelos elétrons dos átomos do cristal, só é produzido se for satisfeita a equação de Bragg: $(n\lambda=2d \text{ sen}\theta)$, sendo λ o comprimento de onda dos raios difratados, d = distância dos átomos ou da rede de planos cristalinos – distância interplanar, n = número inteiro correspondente à ordem de difração e θ o ângulo oblíquo ou ângulo de Bragg. Assim, cada substância cristalina tem um padrão de difração único e próprio.

Os feixes de raios-X são produzidos pelo bombardeio do anodo por elétrons do catodo, acelerados por alta voltagem. O feixe monocromático de raios-X incidente na amostra é difratado em cada família de planos cristalinos, provocando uma interferência construtiva, detectada pelo contador de radiação e traduzida em termos de sinal eletrônico para um registrador gráfico. O material analisado pode ser um simples cristal ou uma substância mono ou policristalina sob forma de pó, (Brandão, 1997). Nesta pesquisa, foi utilizado o método do pó. Ensaios realizados no equipamento PHILIPS PW 1730/10 (PC-APD).

IV.2.4 - Análises Térmicas

Estão agrupadas em análises térmicas, as técnicas que medem a variação dos parâmetros físicos de uma substância com a temperatura. As técnicas mais utilizadas são as análises termodiferencial (ATD) e termogravimétrica(ATG).

Na análise termodiferencial são estabelecidas as diferenças de temperatura entre uma substância e um padrão, constituído de material de referência, que estão sujeitos a idênticos regimes de aquecimento ou resfriamento. Estes efeitos fornecem informações a respeito das reações exotérmicas e endotérmicas ocorridas no material examinado. As reações exotérmicas são atribuídas aos processos de oxidação, recristalização ou colapso das estruturas defeituosas. As reações endotérmicas

envolvem mudanças de fase, desidratação, decomposição e inversão de cristalinidade. Estas informações, às vezes típicas de um mineral, servem para identificá-lo e ainda fornecer uma estimativa de sua proporção na amostra. É especialmente indicada para o estudo de minerais com baixa cristalinidade ou amorfos.

Na análise termogravimétrica, as mudanças no peso da amostra são medidas em função de um aquecimento constante à atmosfera controlada. A perda de massa pode ser consequência da remoção de misturas adsorvidas, grupos hidroxilas, água, gás carbônico ou substâncias voláteis. O ganho de peso, quando há, pode ser atribuído ao processo de oxidação, (Brandão, 1997). Equipamento utilizado: NETZCH STA-409.

IV.2.5 - Cone Pirométrico Equivalente

O PCE serve para indicar o ponto de fusão de uma dada amostra.

Uma pirâmide aguda formada com a amostra é submetida a um gradiente crescente de temperatura, juntamente com cones pirâmides agudas de materiais de ponto de fusão conhecidos. Verifica-se entre quais cones-padrão a fusão ocorre, tendo-se a faixa de fusão para o material da amostra.

IV.2.6 – Brancura

Para determinação do índice de brancura, útil quando estão envolvidas questões relacionadas à pigmentação, incide-se um feixe de luz sobre uma amostra compactada sob forma de pastilha, medindo sua reflexão, após passar alternadamente por três tipos de filtros: azul, verde e âmbar.

Calibra-se o aparelho para cada filtro, comparando-se com o padrão zero (preto) e índice-padrão considerado branco 100%.

O padrão branco 100% utilizado foi um óxido de magnésio em pó RPE (P.A.), da Carlo Erba. Equipamento utilizado: DATACOLOR ELREPHO 2000/DC 3891(Série 600135).

IV.2.7 - Densidade Aparente - Peso específico

Para a densidade aparente solta, tem-se a densidade como relação = massa/volume, com o volume de vazios fazendo parte do volume total da amostra.

O método utilizado para determinação de peso específico foi o de picnômetro a hélio.

Num volume conhecido, tem-se o peso da amostra. Faz-se vácuo e injeção de hélio. O volume de hélio capaz de ocupar o volume, preenche o volume de vazios existentes na amostra. Subtraindo-se esses vazios, tem-se o volume real. O peso específico será massa/volume sem vazios. O valor encontrado pode sofrer variações de acordo com sua granulometria, muito mais significativas do que quando se mede a densidade aparente (D.A.). Equipamento utilizado: QUANTACHROME 8PY-3.

IV.2.8 - Análise de tamanho de particulados

A utilização de métodos de análise de tamanho de particulados finos tem tido um campo crescente de utilização pelo também crescente uso de materiais em faixas granulométricas cada vez mais finas.

Dentre os recursos desta análise tem-se:

- Sedigraph (Equipamento utilizado: MICROMETRICS 5100-CE)
- Sympatec (Equipamento utilizado: HELOS HO838)
- Malvern (Equipamento utilizado: MASTERSIZER DIF-2002)
- FAD, diâmetro médio equivalente de Fisher (Equipamento utilizado: FISHER SCIENTIFIC CO-95)

No Sedigraph, as partículas são dispersas em uma suspensão. Uma fonte emite raios-X de um lado de um tubo com a suspensão e um detector, do outro lado, registra a passagem das partículas, a uma altura h , num determinado intervalo de tempo.

A quantidade de massa associada a cada diâmetro é medida pela passagem pelo feixe de raios-X captada no detector.

Numa altura fixa, pela equação de Stokes, com h constante, num certo tempo, calcula-se d (diâmetro médio).

Com a evolução, a emissão e o feixe de detecção passaram a varrer a coluna de sedimentação, diminuindo o tempo de espera para medição de partículas muito finas, (Brandão, 1997).

Os métodos Malvern e Sympatec utilizam-se de espalhamento (difração) da luz (laser).

As partículas passam por um sensor ótico a laser. O sensor gera dados sem perturbar o sistema. O sistema deve estar muito bem homogeneizado e disperso.

No FAD, a amostra é moída e compactada. Injeta-se um fluxo de ar, que de acordo com a granulometria e densidade do material, vai ter uma maior ou menor permeabilidade, de acordo com o tamanho das partículas.

O fluxo desloca uma coluna d'água, que por sua vez marca em um ábaco, o diâmetro médio das partículas em μm .

O tratamento de um mesmo material, analisado com diferentes recursos pode levar a diferentes resultados.

IV.2.9. - Área Superficial Específica

Esta análise fornece o total da área exposta do material particulado. À medida que se pulveriza o material, a área superficial aumenta.

Dentre os fatores que influenciam na ASE tem-se: distribuição dos tamanhos das partículas, distribuição dos poros, forma das partículas, rugosidade da superfície.

Foram feitas determinações via métodos Blaine e BET.

No método Blaine, aplica-se uma pressão em um lado de um leito poroso e mede-se a pressão do outro lado, determinando a permeabilidade do leito ao fluxo gasoso.

Coloca-se a amostra no aparelho e aplica-se vácuo até o fluido atingir determinado nível. Em seguida, fecha-se a válvula e mede-se o tempo que o fluido gasta para atingir o equilíbrio. Deve-se estar atento ao problema de compactação. O aparelho todo é normalizado, pois o método é empírico. Os padrões devem ser sempre checados. É um método barato e rápido, mas depende muito da calibração. É válido para as variáveis para as quais foi calibrado. Deve ser utilizado em sistema que varia pouco e tem bom controle de qualidade. Equipamento utilizado: AB 700.

A área superficial específica é calculada pela fórmula:

$$A_m = K \beta^{1,5} t^{0,5} / \delta (1 - \beta) \mu^{0,5}, \text{ onde}$$

A_m = área superficial específica em massa (cm^2/g)

t = tempo (segundos)

δ = massa específica do material (g/cm^3)

μ = viscosidade do ar (Pa.s)

K = constante do aparelho

β = porosidade (%)

O método BET é um método científico, bastante complexo e demorado, trabalhando com gás. O método determina a área superficial total.

Teoricamente deve-se ter uma monocamada de nitrogênio recobrando a partícula – algo difícil de se ter certeza. Baseia-se no princípio de adsorção de gases em sólidos, onde o adsorvato é o gás e o adsorvente é o sólido ou substrato. Há ligações ditas de caráter normal e lateral. A ligação lateral é responsável pela formação de multicamadas, enquanto a ligação normal guia a formação da monocamada.

Nas isotermas de adsorção, tem-se que o volume adsorvido varia muito para pequenas variações de pressão. A pressão varia porque se retirou uma massa de gás, ou seja, houve adsorção na superfície do sólido. Há um limite de aplicação de pressão, pois caso contrário há condensação. Equipamento utilizado: QUNTASORB 08-17.

A equação de BET pode ser escrita como:

$$1/W \left(\frac{p_s}{p} - 1 \right) = 1 / W_m C + (C - 1) / W_m C \left(\frac{p}{p_s} \right)$$

W = massa de gás adsorvido na pressão relativa p / p_s

W_m = massa de gás adsorvido como monocamada completa

Para combinações adsorvente/adsorvato que seguem a isoterma de BET, um gráfico de $1/W((p_s/p) - 1) \times p/p_s$, será linear. W_m poderá ser calculado pelos coeficientes linear e angular (inclinação e intercepto) dessa reta):

$$W_m = 1 / (s + i) \text{ e } C = s / i + 1 \text{ (s= coeficiente angular; i= coeficiente linear)}$$

$$S_t = W_m N A_{pa} / M \quad S_t = \text{área superficial total}$$

N = número de Avogadro

M = massa molecular do adsorvato

A_{pa} = área projetada da molécula de adsorvato. Geralmente utiliza-se nitrogênio; para o $N_2 = 16,2 \text{ \AA}^2$

Sendo m = massa da amostra

$$\text{Área superficial específica (m}^2/\text{g)} : S + S_t / m$$

IV.2.10 - Absorção em óleo

(Método de análise Magnesita S/A - BCQL A 049 - Método de análise de talco e óleo de linhaça - determinação de absorção em óleo, índices de ácidos e mucilagem).

Esse método mede a capacidade do talco em absorver componentes gordurosos e é um parâmetro indicativo da capacidade do talco como agente de absorção. É um parâmetro de interesse para a indústria de tintas e de massas plásticas.

Descrição do método:

Primeiro deve-se determinar os índices de ácido e mucilagem (coagulação que pode ocorrer com o óleo de linhaça, formando grumos que prejudicam a interpretação de dados). Estando o óleo de linhaça liberado após o teste de mucilagem, adiciona-se óleo à amostra de talco até que se tenha uma pasta fina, uniforme, não quebradiça e sem excesso de óleo semelhante à massa para fixar vidros.

A % de absorção em óleo será igual a $(P1/P2) \times 100$; onde

P1= peso do óleo(g); ml gasto x densidade do óleo.

P2= peso da amostra em teste (g).

IV.2.11 - Micronização e compactação

Ensaio: foram realizados ensaios de micronização visando obter dados sobre grau de redução alcançada, aspectos físicos apresentados pelas partículas após fragmentação.

Foram testados:

- A) moinho “jet mill” com jatos espirais;
- B) moinho “jet mill” com jatos opostos e
- C) moinho de pérola a seco.

Os princípios básicos do funcionamento destes equipamentos podem ser vistos a seguir, nas Figuras IV.1 a IV.3 .

A fragmentação pode ser feita utilizando-se de mecanismos de compressão, de impacto e de cisalhamento.

Nas faixas de material micronizado, predominam os mecanismos de impacto e cisalhamento.

O que se nota, é que o sistema do moinho de pérola – via cisalhamento provocado pela atrição de esferas sobre o material, é capaz de gerar superfícies específicas significativamente maiores para faixas de tamanhos equivalentes, disponibilizando áreas reativas maiores, além de atingir os menores valores de granulometria.

Este sistema gera uma distribuição granulométrica bimodal, mostrando um afinamento muito grande das partículas das bordas enquanto o centro mantém, proporcionalmente, tamanhos significativamente maiores.

Nas moagens da Magnesita S.A. em Brumado, tem-se nos moinhos tipo Fard, um moinho de fabricação nacional, utilizando moagem por impacto causado pelo choque de placas em rotação contra o material alimentado.

Também o impacto é o princípio básico utilizado no micronizador da CBC (Companhia Brasileira de Caldeiras), onde barras verticais em movimento contra o material alimentado, geram o material moído.

Nos moinhos Raymond, a moagem se dá principalmente por forças de compressão e cisalhamento geradas pela passagem de rolos em movimento sobre o material.

À medida que se vai mais fino nas granulometrias, aumenta-se a superfície específica do material.

Teoricamente, isto melhoraria as condições de reatividade do material, inclusive sua capacidade de adsorção de piches na polpa. Porém, aumenta também a dificuldade de dispersar o material que, extremamente fino, tende a permanecer na superfície do líquido, sem se misturar, prejudicando assim a sua performance.

Um caminho estudado foi a opção de compactação do talco para facilitar seu transporte, manuseio, com menor geração de poeira e melhorar mistura na polpa para uso em controle de piche, bem como para facilitar a injeção em extrusoras para a linha produção de plásticos.

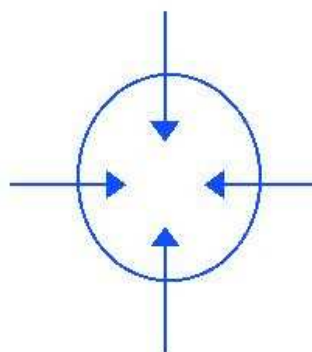
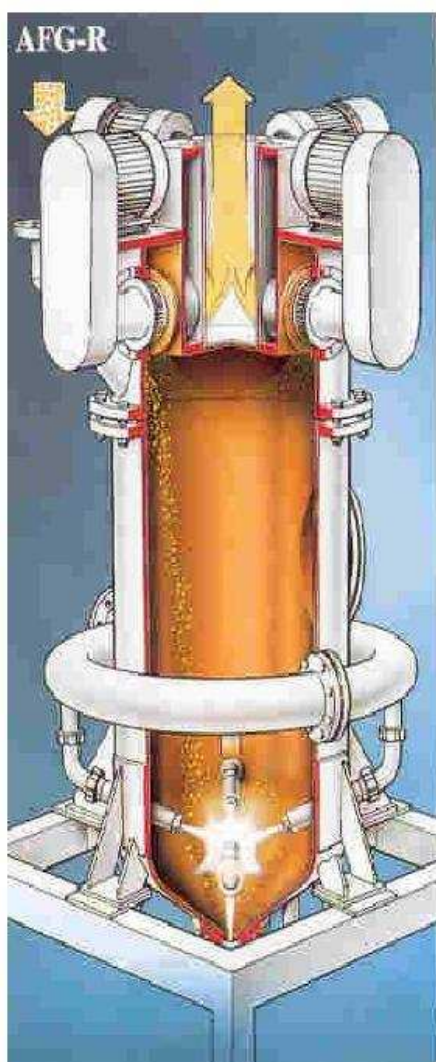
A compactação, porém, deve ser flexível a ponto de permitir que o material, após empalpado, se desintegre, liberando a área superficial de suas partículas para uma melhor reatividade.

Foram feitos testes experimentais em equipamentos de compactação a seco e a úmido para avaliação qualitativa dos resultados.

As características básicas dos equipamentos de compactação a úmido e a seco são apresentadas nas Figuras IV.4 e IV.5.

Jet Mill

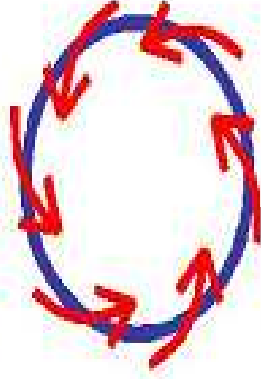
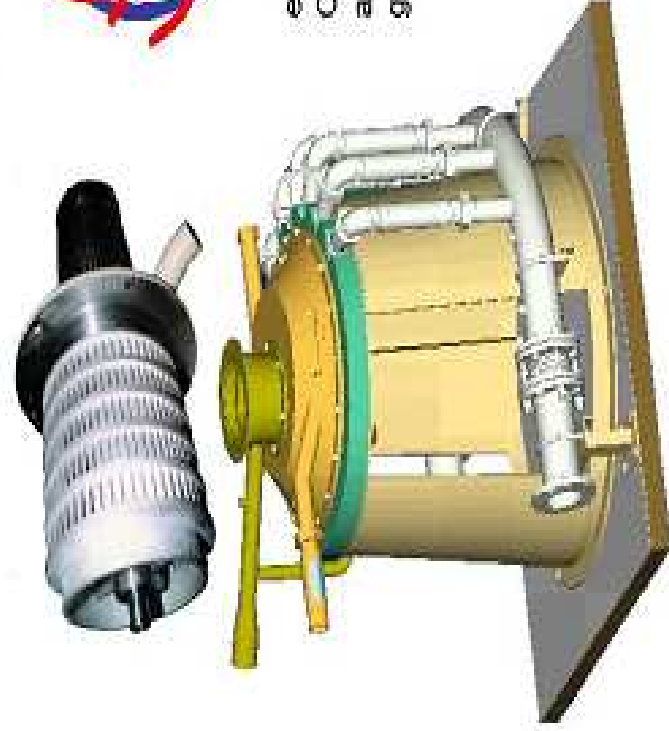
Princípio de funcionamento:



Jet mill de jatos opostos - o ar comprimido proveniente das 4 válvulas acelera as partículas que são impelidas umas contra as outras. Assim, a redução de tamanho é causada por forças de impacto. O material é levado à zona de classificação (rotores de alta velocidade) onde o material fino é separado e o grosso retorna para a moagem.

Figura IV.1:Esquema de funcionamento do “jet-mill” - jatos opostos. Fonte: Hosokawa – catálogo.

Tecnologia de ultramicronização Spiral Jet Mill



Princípio de funcionamento:

Spiral jet mill -As válvulas de saída do ar comprimido têm determinado ângulo e, por isso, predominam as forças cisalhantes e que propiciam melhor delaminação (maior aspect ratio). O material é levado à zona de classificação (rotor de alta velocidade) onde o material fino é separado e o grosso retorna para a moagem ou é rejeitado.

Figura IV.2: Esquema do micronizador “jet-mill” a jatos em espiral. Fonte: PMT (Powder Maker Technologies) - catálogo

Sistema dry pearl mill - moinho de pérolas

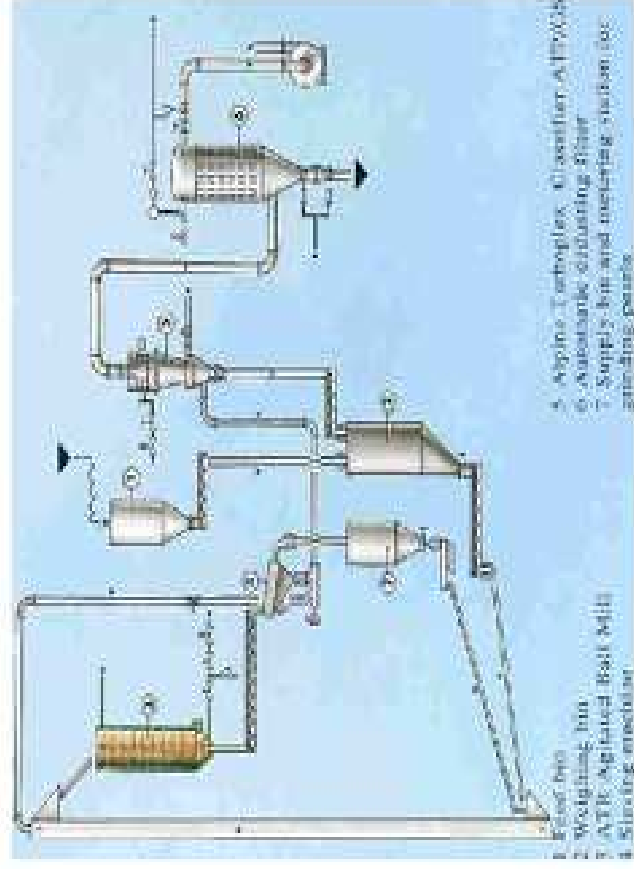
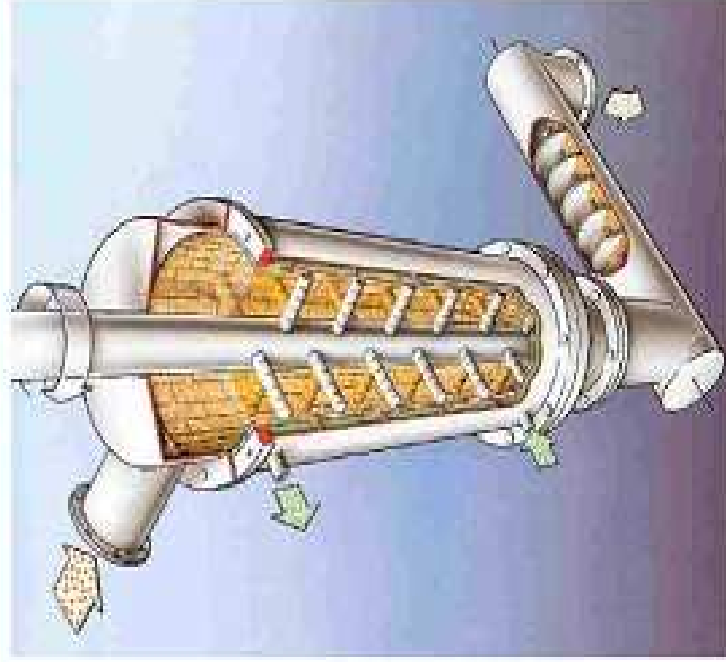


Figura IV.3: Esquema de funcionamento do moinho de pérolas, processo a seco. Fonte: Hosokawa – catálogo.

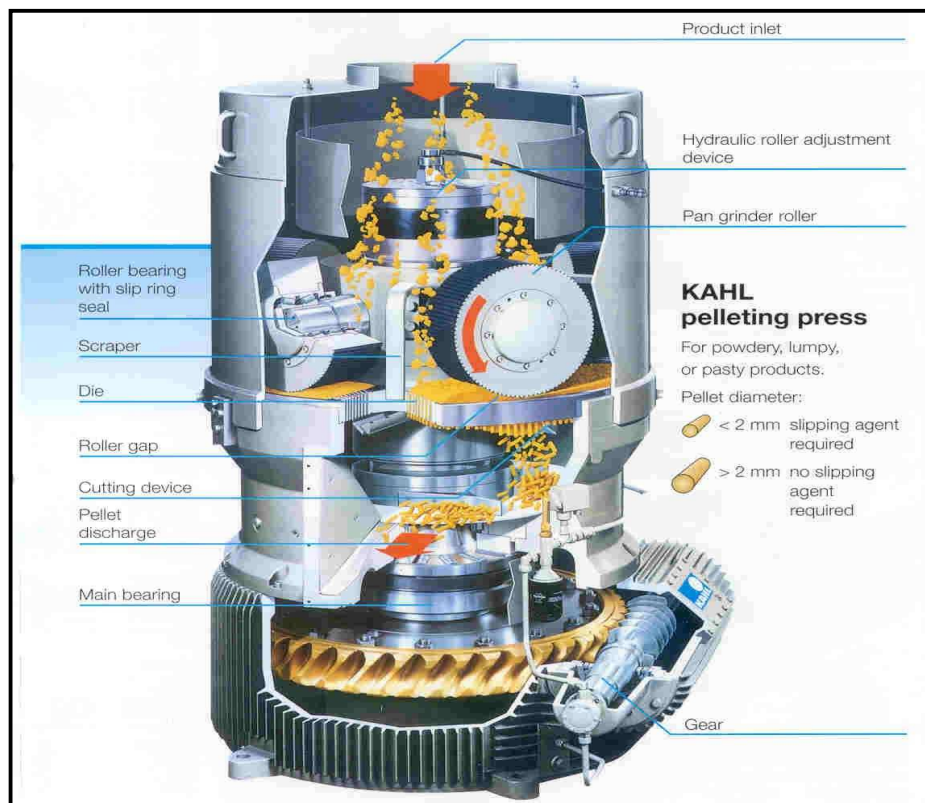


Figura IV.4:Sistema de compactação, processo a úmido .Fonte: Kahl- catálogo.

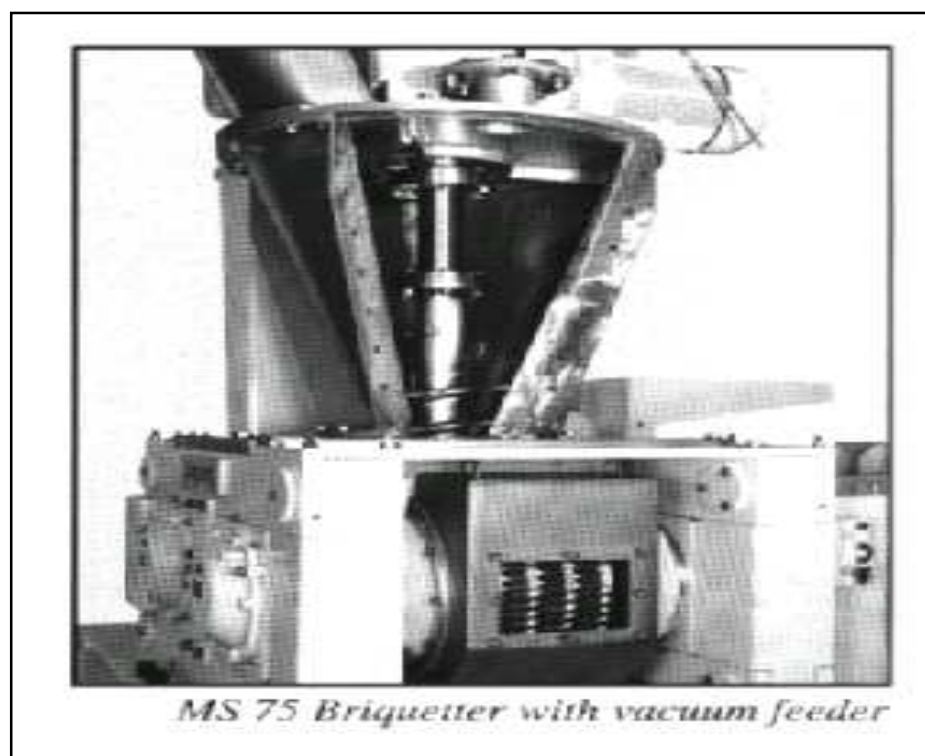


Figura IV.5: Sistema de compactação a seco. Fonte: Hosokawa Bepex- catálogo.

IV.2.12 – Microscopia eletrônica de varredura

Na microscopia de varredura, o feixe de elétrons incide na amostra e os elétrons retroespalhados na superfície do material são captados, com projeção da imagem numa tela de TV, atingindo resoluções iguais ou menores que 500nm. Já os elétrons secundários podem gerar imagens de resolução muito melhor, melhor que 10nm.

O feixe eletrônico, além de gerar imagem de alta magnificação, produz raios-X fluorescentes emitidos pelos elementos químicos constituintes da amostra. Deste modo, pode-se realizar microanálise, determinando qualitativa e semiquantitativamente a distribuição dos elementos na amostra, segundo método dispersivo em energia (EDS), através de detector de estado sólido.

Os elétrons são emitidos no anodo, a amostra fica no catodo. Uma bobina gera um campo elétrico onde elétrons são acelerados, a fim de chegar como um feixe, o mais fino possível na amostra.

Na amostra, haverá emissão de calor, raios-X, elétrons, etc. Detectores captam as emissões de interesse. Anodo: gera e acelera elétrons; lentes magnéticas e fendas: orientam o feixe visando torná-lo o mais fino possível.

Dos elétrons emitidos pela amostra: os primários excitam a amostra; os secundários, têm potencial para resolução alta, energia e intensidade relativamente baixas, o que leva a um potencial para grandes aumentos.

Os elétrons retroespalhados provêm de um volume de excitação maior que os secundários, o que conduz a uma resolução média; potencial para aumentos medianos; detecção mais fácil, energia e intensidade maiores.

Bobina de varredura: percorre ponto a ponto por toda extensão da amostra. A diferença de contraste de cada ponto forma a imagem. Controle do aumento: pelo controle da área de varredura: aumentos maiores, área de varredura menor reproduzida numa mesma área de projeção.

As imagens originadas por elétrons retroespalhados - IER - são melhores para contraste de topografia, densidade e número atômico. Resolução mediana, potencial para aumentos leves/médios.

Elevações, fases mais densas e de maior número atômico apresentam-se mais claras. As imagens de elétrons secundários, IES - têm excelente resolução e potencial para grandes aumentos, (Brandão, 1997).

Equipamento utilizado: JEOL JXA 50-A.

IV.3 - Testes específicos para quantificação de “pitch” e “stickies”

O fato da composição da polpa para fabricação do papel estar sujeita à uma série extensa de variáveis que influem nas suas propriedades físicas e químicas, levaria a uma dificuldade maior de estabelecer correlações entre os diversos tipos de talco e suas performances.

Assim, além dos ensaios com polpas industriais – inclusive com dados de aplicações diretas no processo de fabricação - foram feitos testes com piches sintéticos, procedimento verificado na pesquisa bibliográfica.

Isso permitiu ensaios em condições controladas, onde praticamente o único diferencial seria o tipo de talco e não as condições da polpa ou mesmo o processo de dispersão do talco na mesma.

Foram utilizados dois testes principais para quantificação da ação do talco: um, o da contagem ao microscópio da quantidade de piche presente antes da adição de talco e a remanescente após a sua aplicação. Por ser um método tradicionalmente usado na indústria papeleira, não poderia deixar de fazer parte deste estudo.

Porém, este método é sujeito à capacidade específica e prática do analista em enxergar os piches, diferenciá-los e contá-los. Pode pois, apresentar resultados divergentes, dependendo em muito daquele que está realizando o ensaio. As indústrias papeleiras costumam manter uma pessoa específica, bem treinada para este fim, para que o seu padrão pessoal de análise seja mantido em todos os ensaios.

O outro processo de quantificação dos ensaios realizados foi feito através da análise via espectrometria de infravermelho.

É possível diferenciar as raias do talco puro das raias do talco após a adsorção dos piches. Essa diferenciação permite estabelecer um índice de efetividade de adsorção e comparar os diferentes índices com os diferentes tipos de talco. Por ser um processo totalmente instrumentalizado, não depende da interpretação subjetiva do analista. Os resultados tendem a ser mais impessoais.

Dos resultados obtidos foi feito um tabelamento dos dados, bem como uma análise crítica dos procedimentos. Essas análises forneceram os subsídios para que se chegasse às conclusões.

Desenvolvimento dos métodos

Considerando-se esses dois métodos principais de ensaios para verificação da ação do talco como agente adsorvente de piches no processo de fabricação de papel, caberia explicações sobre a metodologia e procedimentos envolvendo esses ensaios.

IV.3.1 – Método de contagem de piche ao microscópio

(Método “Paprican Colloidal Modificado – Pitch Count Method – CPPI G.12u)

O método consiste em amostrar a polpa de processo e contar o número de partículas de piches coloidais num volume conhecido. Este volume conhecido utilizado é a câmara de Neubauer ou hemacitômetro.

As gotículas de piche têm movimento “browniano” e são perfeitamente esféricas, diferente de outras partículas coloidais da polpa. Outras partículas não perfeitamente esféricas, apresentam movimentação com turbulência, evidenciando a sua não perfeita esfericidade, diferenciando-se do “pitch”.

Ao microscópio ótico, o “pitch” é identificado como um minúsculo anel de borda destacada que tem movimento giratório. Quando da contagem de piches após adição do talco, todo piche envolvido pelo talco é mascarado, ficando visível apenas aqueles aos quais o talco não aderiu e algum outro composto orgânico que possa estar presente.

Material necessário para análise

- Estufa.
- Desagregador.
- Câmara de Neubauer/hemocitômetro.
- Pipeta capilar.
- Lâmina de vidro.
- Microscópio ótico; amplificação mínima de 800 x.
- Balança analítica.
- Desagregador – desagrega a polpa, desintegra as fibras de um pedaço de papel e promove o aquecimento natural da polpa. Motor – 3552 rpm, ½hp. Agitador – modelo 3145, 220V.
- Obs.: A hélice não é cortante, possui ângulo de inclinação de 2°.

Método

As amostras devem ser coletadas em pontos do processo onde podem ser observados os efeitos da adição dos agentes adsorventes.

No processo industrial, devem ser observados: temperatura, pH, cortes nas descargas, sistemas de recirculação, lixiviações, diluições e interrupções de fluxo.

A leitura do teste se baseia em contar o número de gotículas de piches presentes em uma determinada área (quadrante da câmara de Neubauer) de 0,0025mm², totalizando 10 medidas (10 quadrantes) em um tempo aproximado de 5 minutos.

Processo de análise:

- Obter uma quantidade suficiente de polpa úmida para o teste (em geral, alíquotas de 50ml são suficientes para análise).
- Agitar a polpa em um desagregador para homogeneização.
- Fazer teste de umidade $\{(\text{peso da polpa úmida} - \text{peso da polpa seca})/\text{peso da polpa úmida}\}$ e calcular o peso adequado para análise considerando uma consistência (% de sólido na polpa) de 9 a 12%.
- Pesar o talco na proporção desejada para o teste e também a polpa aquecida e misturá-los, homogeneizando.
- Verter a polpa em um vidro de relógio e obter uma porção do líquido com a ajuda de um tubo capilar e gotejar na câmara de Neubauer previamente preparada. Cuidar para que não haja transbordo na câmara.

- Colocar o hemacitômetro no microscópio, num primeiro estágio de ajuste, com um aumento <math><100x</math>.
- Depois de ajustado, centralizado, examinar com aumento de cerca de 1000x.
- Fazer a contagem dos piches ao microscópio ótico usando luz transmitida com aumento próximo de 1000 x, focando o fundo da câmara.
- As partículas perfeitamente esféricas, com movimento “browniano” são contadas referenciadas a uma quadrícula. As quadrículas escolhidas para a contagem devem ser aleatórias. As partículas de piches coloidais contáveis têm, em geral, tamanhos entre 0,5 e 1,5 μm .
- Fazer a leitura em 10 quadrantes, totalizando 10 medidas.
- Divide-se o total de gotículas contadas pelo total de quadrículas observadas, tendo-se um valor médio de gotículas por quadrícula.
- A concentração de gotículas de piche pode ser calculada referindo-se ao número $A \times 10^6/\text{cm}^3$:

$$\text{CPP} = \frac{(A) (K)}{V}$$

CPP = concentração de partículas de piche $\times 10^6/\text{cm}^3$

A = nº. médio de partículas por quadrícula

K = fator de correção da profundidade (constante = 1,1). O volume de um micrômetro quadrado no hemacitômetro é $2,5 \times 10^{-7} \text{cm}^3$ se a profundidade da câmara for 0,1mm. Devido a variações no preenchimento causado pela tensão superficial, usa-se o fator de correção de 1,1.

V = volume de líquido em uma quadrícula (constante = $2,5 \times 10^{-7} \text{cm}^3$).

A quadrícula é formada por 9 quadrados grandes, cada um com 1mm^2 . O quadrado grande central está dividido em 25 quadrados medianos com lados de 0,2mm, estando cada quadrado mediano subdividido em 16 quadrados pequenos com lados de 0,05mm e uma superfície de $0,0025 \text{mm}^2$.

Tem especial relevância que todos os quadrados medianos apresentem, em todos os lados, três linhas limite. A linha central é a fronteira e decide se o objeto deverá ser contado ou não.

A câmara Neubauer é apresentada na Figura IV.6.

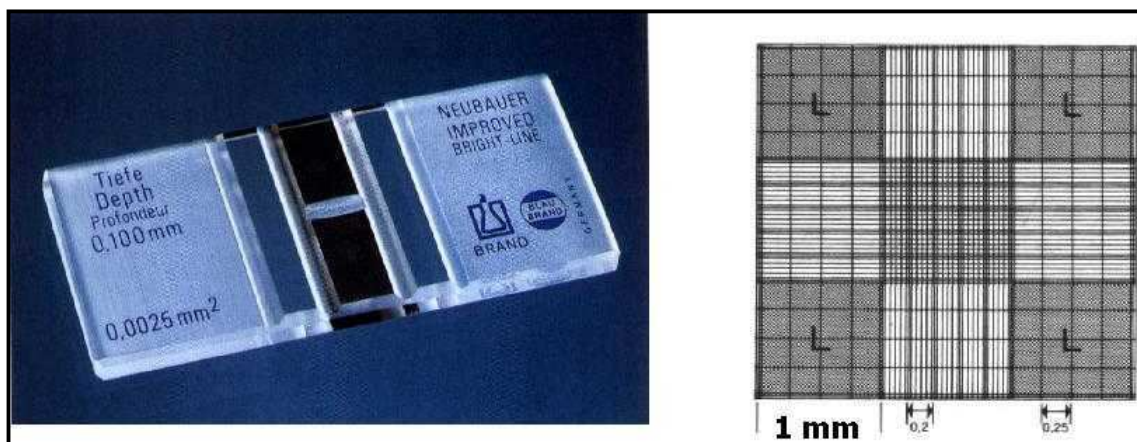


Figura IV.6: câmara de Neubauer (hemacitômetro) e sua quadrícula correspondente.

Cuidados:

- Antiespumantes também são esféricos, com tamanhos de 1 a 10 μ m, aparecem geralmente no topo e tendem a perder facilmente o movimento “browniano”.
- Quando há mais que 50 gotículas de piche por quadrícula, a contagem fica difícil. Pode-se fazer uma diluição da polpa com água deionizada.
- Apenas as partículas de piche em suspensão devem ser contadas, as depositadas, não.
- Deve-se evitar a estocagem de amostras com aditivos, por período superior a 1 hora.
- Em geral, o tempo de contagem situa-se em cerca de 5 minutos por amostra, com os operadores mais experientes realizando a contagem em 2 a 3 minutos. A permanência na câmara acima de 5 minutos pode gerar efeitos de evaporação e dificultar a precisão da contagem das gotículas.
- Um auxílio no reconhecimento do piche seria adicionar outros aditivos utilizados no processo, dispersá-los individualmente em água deionizada e observar seu aspecto no hemacitômetro.

Os pontos de adição de talco e coleta de amostras são apresentados na Figura IV.7.

circunstâncias, o campo elétrico alternante da radiação incidente interage com a molécula, originando a absorção de energia e, portanto, os espectros. De outra forma, pode-se dizer que o espectro de absorção no infravermelho tem origem quando a radiação eletromagnética incidente tem uma componente com frequência correspondente a uma transição entre dois níveis vibracionais da molécula.

A absorção de radiações eletromagnéticas por átomos ou moléculas exige que elas tenham energia apropriada e que haja um mecanismo de interação que permita a transferência de energia. O mecanismo apropriado à excitação vibracional é proporcionado pela variação periódica de dipolos elétricos na molécula, durante as vibrações; a transferência de energia ocorre, então, por interação destes dipolos oscilatórios com o campo elétrico oscilatório da luz (radiação infravermelha), desde que a frequência com que ambos variem seja a mesma.

As moléculas diatômicas homonucleares, como H_2 , N_2 , O_2 , Cl_2 , etc., não têm dipolo elétrico, qualquer que seja a respectiva energia vibracional. Por isso, das moléculas diatômicas só as heteronucleares como HCl , CO , etc., têm espectros de absorção vibracional (espectro de infravermelho). No caso de moléculas poliatômicas sem dipolo elétrico, como por exemplo, CO_2 , há certas vibrações que produzem dipolos flutuantes; é o que se verifica com a flexão (deformação) da molécula.

Em regra, a excitação de vibrações de flexão exige menor energia do que a de vibrações de estiramento.

No espectro de infravermelho é habitual, em vez de representar absorbância como nos espectros de ultravioleta e visível, traçar a percentagem de luz transmitida em função do comprimento de onda (ou, vulgarmente, do número de onda em cm^{-1}).

O método utilizado para obtenção de espectros de infravermelho dos materiais sólidos é o da pastilha de brometo de potássio prensada. Um espectro de infravermelho compõe-se de bandas de absorção fortemente relacionadas aos movimentos moleculares, principalmente vibrações.

A espectrometria de absorção de raios infravermelhos é feita direcionando um raio infravermelho numa amostra e capturando esse raio num detector.

Comparando-se o sinal obtido com o “background” e após a introdução da amostra, tem-se diferentes espectros, sendo assim possível medir a absorção de onda do material da amostra, representada em um conjunto de picos característicos de cada absorção molecular. O espectro infravermelho mede propriedades moleculares fundamentais e o composto correspondente pode ser identificado.

Há uma relação linear entre a absorção de infravermelho e a concentração de um composto na mistura.

A adsorção é medida comparando-se, no caso, amostras de talco, amostras de piche sintético a amostras de talco com piche adsorvido.

Dado o grande número de variáveis que influem no comportamento da polpa industrial no processo de fabricação do papel, pensou-se numa maneira de medir a ação específica do aditivo adicionado a uma polpa onde as condições fossem controladas.

Sob condições previamente conhecidas, onde fosse variado apenas o agente adsorvente, a ação específica deste agente poderia ser medida.

Para tal, foi composto um piche sintético com composição teórica próxima aos piches que costumam ocorrer no processo industrial. Ainda que seja difícil ter-se um piche universal, é preciso compreender que o piche natural é quimicamente alterado por variações na temperatura, pressão, pH, heterogeneidade das polpas, etc.

Assim, foi preparada uma polpa “contaminada” por esse piche, que cada tipo de talco adsorveu em uma dada concentração, mostrando sua capacidade como agente adsorvente.

A medição dessa adsorção foi feita via análise por espectrometria no infravermelho (EIV), comparando-se as raias do talco puro e raias do talco após a adsorção.

Condições operacionais de realização dos ensaios via espectrometria de infravermelho:

- A) O instrumento usado foi o espectrômetro infravermelho a transformada de Fourier FTIR 1760-X da Perkin-Elmer.

- B) Método para medir a adsorção de piche (sintético e industrial) em talco pulverizado por espectrometria de infravermelho (FTIR):
- Após o contato do piche (emulsão em água) com o talco pulverizado, conforme descrito no item anterior, foi preparada uma pastilha de brometo de potássio, para a análise por espectrometria de infravermelho, conforme descrito a seguir.
- o talco pulverizado contendo o piche adsorvido foi pesado, tomando-se $4,0 \pm 0,1$ mg;
- pesou-se o KBr de grau espectrométrico, com $300,0 \pm 3,0$ mg;
- estas duas massas foram completa e cuidadosamente misturadas em um gral de ágata, com pouca cominuição;
- a mistura foi transferida para um molde de prensagem de aço inoxidável, e submetida a prensagem, em uma prensa hidráulica manual, a uma pressão de aproximadamente 65kgf/cm^2 , sob um vácuo de 5mm de mercúrio, por 15 minutos; desta maneira, foi preparada uma pastilha, transparente e intacta (sem trincas e bolhas de ar);
- logo a seguir, a pastilha foi colocada no compartimento de amostras do espectrômetro de infravermelho a transformada de Fourier, sendo os espectros gerados pelo método de transmissão, nas faixas espectrais de $3704\text{-}3663\text{cm}^{-1}$ e $3050\text{-}2800\text{cm}^{-1}$, com as seguintes condições: resolução espectral: 2cm^{-1} ; número de varreduras: 16 vezes.

IV.3.3 - Piche sintético: composição

- Os componentes do piche sintético foram escolhidos baseados na similaridade ao piche natural, seja na composição dos constituintes, seja na concentração.
- Para a fração insaponificável, tomou-se o caproato de colasterila (15% em peso).
- Para os componentes ácidos resinosos, o ácido abiético (20%) e palmítico (10%).
- Estearato de metila (15%), ácido oléico (15%) e ácido linoléico (15%) foram usados, representando a fração dos ésteres e ácidos graxos presentes no piche natural.
- Para a fração álcool, utilizou-se o álcool oléico (10% em peso).

Procedimentos:

- Os percentuais dos 7 componentes indicados anteriormente, foram compostos de modo a se ter 20g de piche sintético.
- Depois de pesados e misturados, a mistura foi aquecida a 130°C por 4 minutos.
- Pipetou-se 4ml (3,4g) do piche sintético aquecido, adicionando-o a 100ml de uma solução 0,4% de NaOH, promovendo agitação vigorosa (1000rpm).
- Diluiu-se 25ml desta solução em 100ml de água deionizada. Isso simulou a polpa sintética, com piche, ajustando-se o pH para 11,5.
- Adicionou-se aos 100ml do piche sintético, 0,85g de talco, correspondendo a 1% de sólidos, faixa que pode ser utilizada industrialmente.
- Agitou-se vigorosamente a polpa com o sólido por 5 minutos, a 1000rpm para promover o contato polpa/"pitch", sua adsorção e sua homogeneização.
- Filtrou-se em papel de filtro branco médio, utilizando 75ml de água destilada como água de lavagem na filtragem. A fixação desse volume visa manter uma mesma condição de lavagem da amostra para todos os tipos de talco.
- O retido foi secado em estufa por 12 horas, a 60°C.
- A seguir, o talco retido no filtro, contendo o piche adsorvido, foi preparado em pastilhas de KBr e submetido à análise por espectrometria de infravermelho.

IV.3.4 - Método para medir adsorção de "stickies", "Doshi Test".

(Doshi Test Method -Polar Minerals - Lab Report 00-3-11-01-Joel Zazyczny)

O reprocessamento de jornais e revistas apresenta, entre outros problemas, a contaminação com os chamados "stickies" (adesivos de contato, metais, graxas, látex), que levam à formação de contaminações no processo, como quebras no entrelaçamento das fibras, buracos, riscos e manchas. A adição de talco reduz a presença e ação destes contaminantes.

Os materiais utilizados para teste da ação do talco como agente adsorvente de "stickies":

- polpa de reciclados de jornais e revistas, com consistência de 0,75%;
- talco;
- cuba de aço inoxidável para 12l;
- agitador de polpa;
- aquecedor;

- coletor de aderentes (“stickies”) – haste metálica,
- escala digital.

Procedimento:

A polpa com material reciclado, que contém adesivos como etiquetas e outros aderentes. Oito litros de polpa com 0,75% de consistência é adicionada à cuba de aço, agitada e aquecida. Toma-se a haste coletora, que é enxaguada com água deionizada e seca a 105^oC. A haste é então pesada, presa na cuba e mergulhada na polpa.

A polpa é agitada por 30 minutos a 65^oC. Após esse prazo, retira-se a haste coletora, seca-se a 105^oC, deixa-se esfriar até a temperatura ambiente e faz-se a pesagem.

O aumento do peso se deve aos microadesivos capturados.

Adiciona-se talco à polpa, equivalente a 4,5kg/t, agitando por 20 minutos, numa temperatura de 50^oC.

Depois dos 20 minutos de agitação, pesa-se a haste coletora, prende-se a mesma na cuba e mergulha-se a mesma na polpa.

A polpa é agitada por 30 minutos a 65^oC. Após esse prazo, retira-se a haste coletora, seca-se a 105^oC, deixa-se esfriar até a temperatura ambiente e faz-se a pesagem.

O aumento do peso se deve aos microadesivos capturados.

Comparam-se os dois resultados – antes e após a adição do talco, tendo-se o percentual de redução dos contaminantes devido à ação do talco.

V - Resultados

V.1 - Ensaio de caracterização

Nas instalações da Magnesita S.A. em Brumado, são produzidos vários tipos de talco, originados de variações no fornecimento da matéria-prima original, do tipo de seleção realizada, do tipo de moinho utilizado e da granulometria de moagem. A amostra padrão de material utilizado para ensaios de caracterização, foi a matéria-prima base para a produção do talco comercial "Talmag GM-20". Para lâminas petrográficas foram analisadas amostras de concentrados de flotação em laboratório. Para os testes específicos para uso de talco no controle de piche, foram trabalhadas amostras dos diversos tipos de talco normalmente comercializados.

V.1.1 - Análise granulométrica por peneiramento

A análise granulométrica do talco selecionado, britado em britador de martelos, apresentou a distribuição, vista na Tabela V.1.

Tabela V.1: Análise granulométrica, via peneiramento, de talco britado

Análise Granulométrica						
Peneiras (mm/ μ m)	Tamanho médio (μ m)	Log tam.médio	Retido(g)	% Retida	% Retida acumulada	% Passante acumulada
<30,00> 20,00 mm	25000	4,4	368,79	22,49	22,49	77,51
<20,00> 12,50 mm	16250	4,21	304,36	18,56	41,05	58,95
< 12,50 > 6,30 mm	9400	3,97	250,28	15,26	56,31	43,69
< 6,30 > 4,75 mm	5530	3,74	74,67	4,55	60,86	39,14
< 4,75 > 2,36 mm	3560	3,55	134,32	8,19	69,05	30,95
< 2,36 > 1,00 mm	1680	3,23	81,58	4,98	74,03	25,97
< 1,00 > 600 μ m	800	2,9	60,3	3,68	77,71	22,29
< 600> 212 μ m	406	2,61	148,27	9,04	86,75	13,25
< 212 > 106 μ m	159	2,2	109,51	6,68	93,43	6,57
< 106 > 75 μ m	91	1,96	40,71	2,48	95,91	4,09
< 75 > 45 μ m	60	1,78	38,32	2,34	98,25	1,75
< 45 μ m	23	1,36	28,5	1,75	100	0
Total			1639,61	100		

A Figura V.1 mostra o gráfico da distribuição granulométrica do talco britado para produção de GM-20.

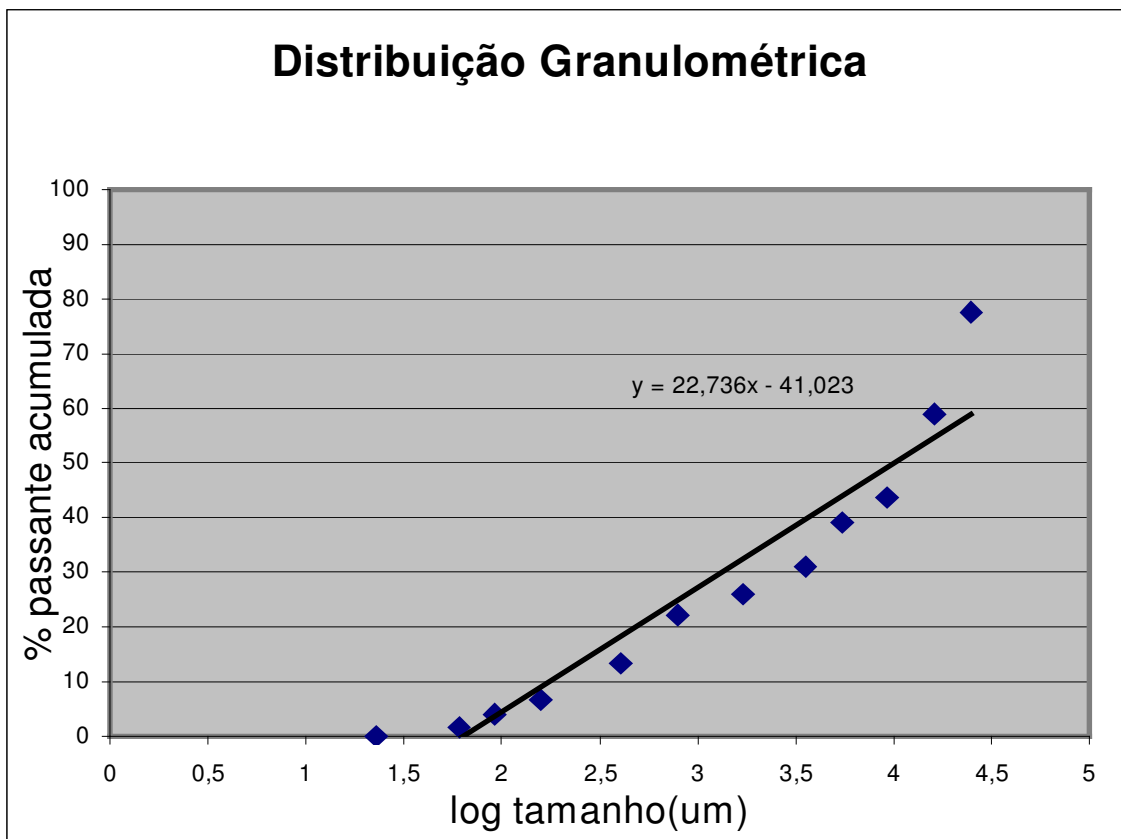


Figura V.1: Gráfico: análise granulométrica do talco britado em britador de martelos.

V.1.2 - Grau de liberação

No caso da amostra específica de talco estudada, na linha de produção, o mesmo já havia passado por seleção manual, com a cata de pedras mistas de talco e magnesita e retirada de outros contaminantes como concreções silicosas, magnesita e quartzo.

Como essa moagem industrial se destina à geração de um produto e não uma preparação para uma concentração posterior, o exame em lupa estereoscópica mostrou, para o talco moído, visualmente, minerais constituintes totalmente liberados, o que daria um número para o grau de liberação, de 100%.

V.1.3 - Análise Química

O resultado da análise química do talco GM-20 é mostrado na tabela V.2.

Tabela V.2: Análise química de talco via espectrometria de fluorescência de raios-X

Amostra: Talco GM – 20	
Parâmetros	Análise química - %
SiO ₂	65,55
TiO ₂	0,20
Al ₂ O ₃	0,53
Fe ₂ O ₃	0,20
MnO	0,00
CaO	0,00
MgO	33,52

V.1.4 - Análise mineralógica

A amostra básica de estudo - talco GM-20, apresentou-se como tendo talco e rutilo.

Amostras isoladas de outros pontos da mina ou coletadas em outro fluxo de produção, geralmente, apresentam diferenças na sua composição.

Apresentam-se ainda, determinações para uma amostra de talco bruto, sem seleção e outra de talco selecionado.

Quando se tomou amostra de talco bruto, sem passar pela seleção manual, obteve-se como resposta de constituição: talco, magnesita, quartzo e rutilo. No talco selecionado, foi caracterizada a presença de talco e rutilo.

Essas caracterizações podem ser vistas nos difratogramas das Figuras V.2 e V.3.

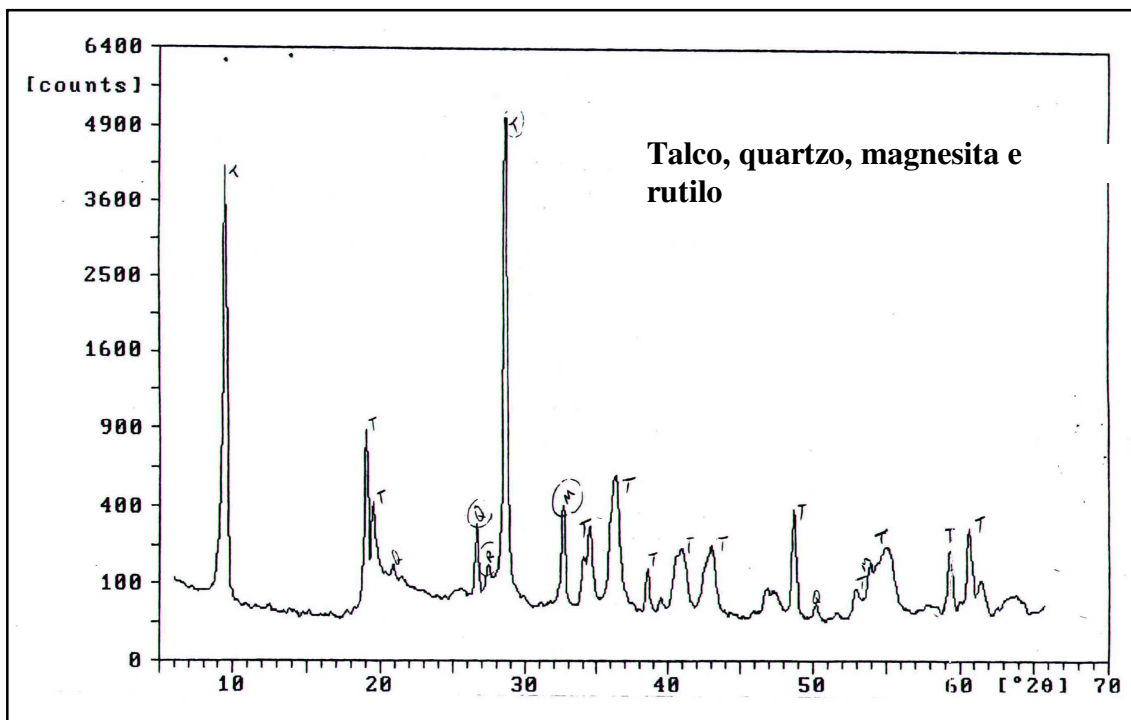


Figura V.2: Difratoograma do talco bruto para produção de talco GM-20.

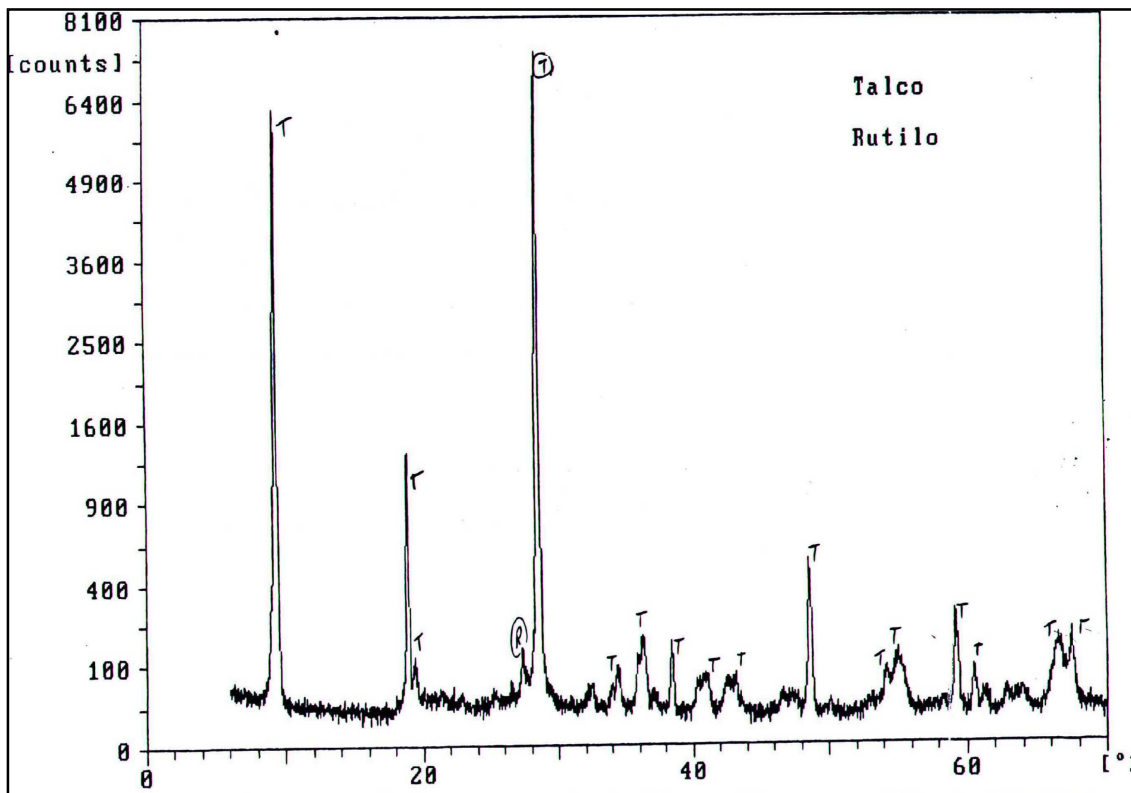


Figura V.3: Difratoograma talco GM-20

V.1.5 - Microscopia Óptica

Determinações em microscopia óptica (lâminas delgadas, lâminas de imersão e seções polidas) apresentaram os seguintes minerais, apresentados na Tabela V.3 :

Tabela V.3: Minerais identificados em microscopia óptica	
Mineral mais freqüente	Talco
Presença minoritária	Magnesita
Minerais pouco freqüentes	Quartzo e rutilo
Minerais raros	Turmalina
Muito raros	Óxidos de ferro

V.1.6 - Análises térmicas

O gráfico da análise térmica simultânea é apresentado na Figura V.4.

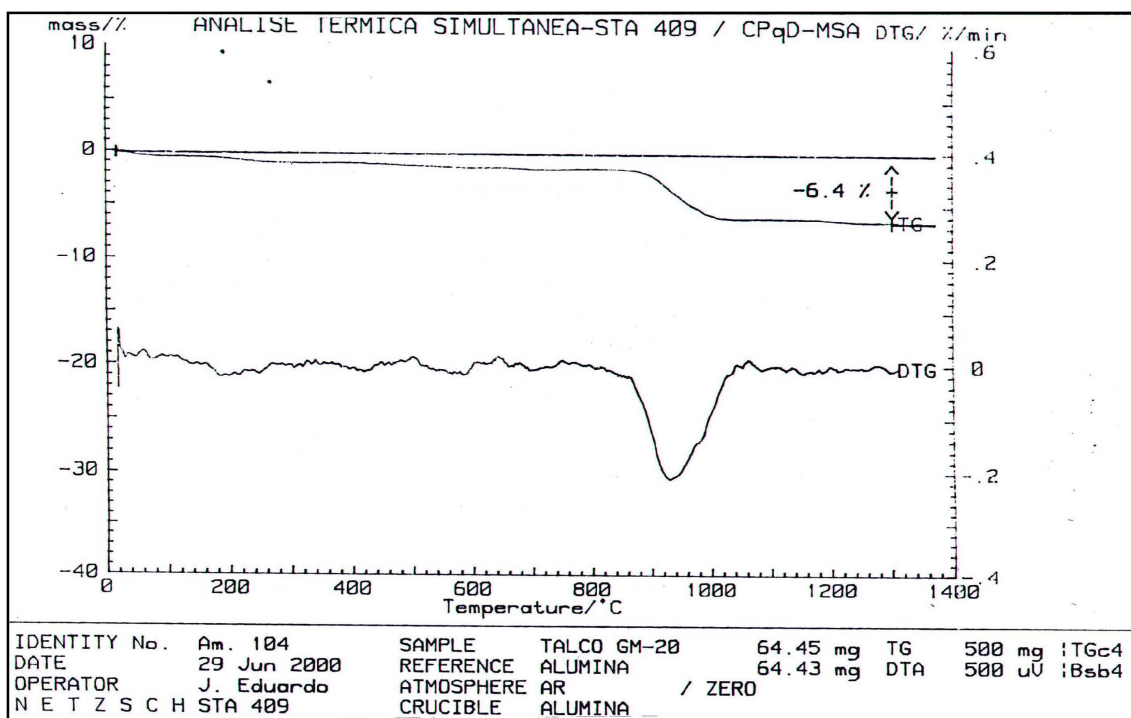


Figura V.4: Análise térmica simultânea do talco.

Na análise térmica feita, constatou-se uma perda de massa de 6,4% ao redor dos 940°C. Pela proporção estequiométrica da água na composição do talco, é razoável se supor que esta perda se refira à perda de hidroxilas, sob a forma de água.

A linha de derivada (DTG), abaixo da linha TG, ajuda na visualização dos picos de variação.

V.1.7 Cone pirométrico equivalente (PCE)

Para o talco, obteve-se fusão entre os cones 15 e 16; (1431°C a 1491°C).

V.1.8 - Brancura

Para o talco GM-20, os índices encontrados são mostrados na tabela V.4.

Tabela V.4: Índices de brancura do talco GM-20	
Filtro	Índice de brancura
Azul	94,0
Verde	95,0
Âmbar	95,0

Esses valores de brancura atendem às exigências do mercado para plástico, as mais rigorosas.

V.1.9 - Peso específico / D.A.S. (densidade aparente solta)

Os dados de densidade aparente solta e peso específico para o talco, de acordo com a malha de moagem, são apresentados nas Tabelas V.5 e V.6.

Tabela V.5: Densidade aparente solta do talco (padrão GM-20)

Densidade aparente solta	
Malha de moagem (μm)	D.A.S. (g/cm^3)
75	0,38 / 0,42
45	0,30 / 0,35
25	0,16 / 0,22

Tabela V.6: Peso específico e tamanho médio do talco (padrão GM-20)

Peso específico	
Tamanho d50 (μm)	Peso específico (g/cm^3)
4,6	2,836
2,2	2,873
1,8	2,879
1,5	2,991
1,2	2,943
0,5	2,865

V.1.10 - Análise granulométrica dos particulados

Apresenta-se a seguir, nas Tabelas V.7 e V.8, dados de determinações de tamanhos de partículas para um dado tipo de produto (talco Magnesita PR-1 e talco Magnesita GM-20), com análises feitas via Sedigraph, Malvern e Sympatec.

Nota-se variações significativas entre os valores, motivadas pela metodologia específica de cada processo de medida.

Tabela V.7: Tamanho de partículas de talco PR-1 x processos de análise

Determinação de tamanho médio			
Material : Talco PR-1			
Método	D10 (µm)	D50 (µm)	D90 (µm)
Sedigraph	3,2	10,0	19,0
Malvern	6,8	23,4	54,0
Sympatec (PR-1 original)	5,0	19,0	38,0
Sympatec (PR1 micronizado "jetmill - espiral")	1,2	2,9	8,2

Tabela V.8: Tamanho de partículas de talco GM-20 x processos de análise

Determinação de tamanho médio	
Material : Talco GM-20	
Análise	D50 (µm)
Sedigraph	4,6
Sympatec	1 1,0
FAD	1,1

Nas Figuras V.5 a V.8 são apresentados gráficos referentes à análise de particulados, utilizando-se de diferentes processos de medição.

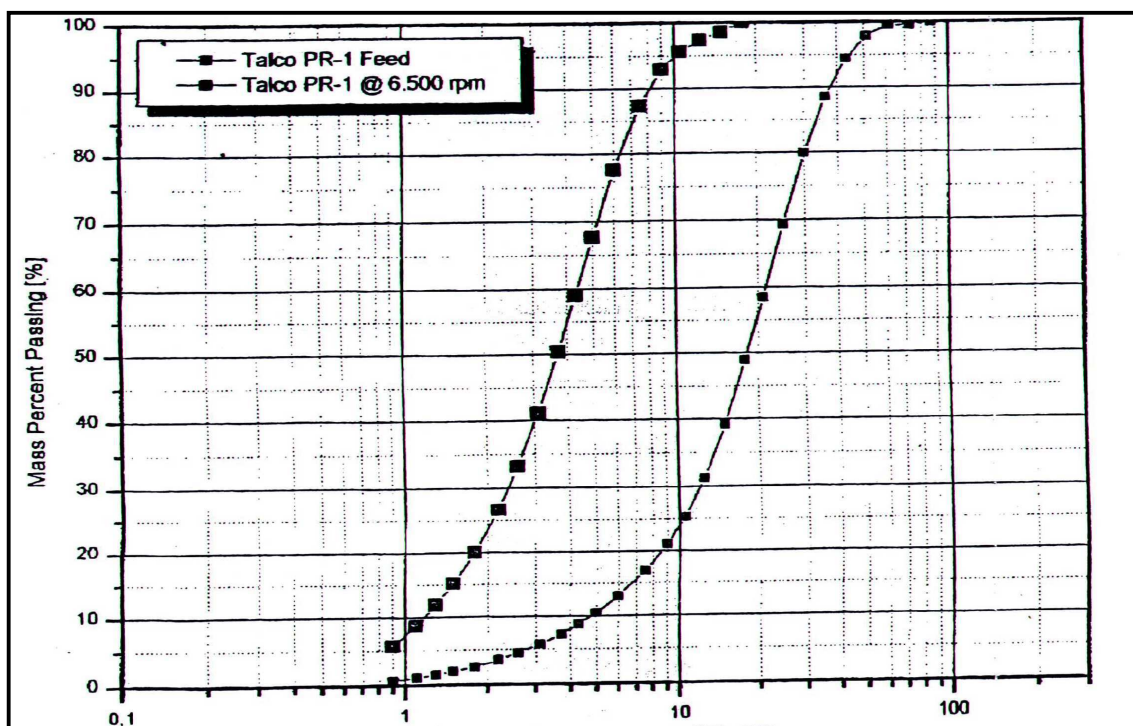


Figura V.5: Gráfico análise via Sympatec talco PR-1 (alimentação) e PR-1 (micronizado em "jet-mill espiral, classificador a 6.500 r.p.m.), (% passante x diâmetro esférico equivalente, μm).

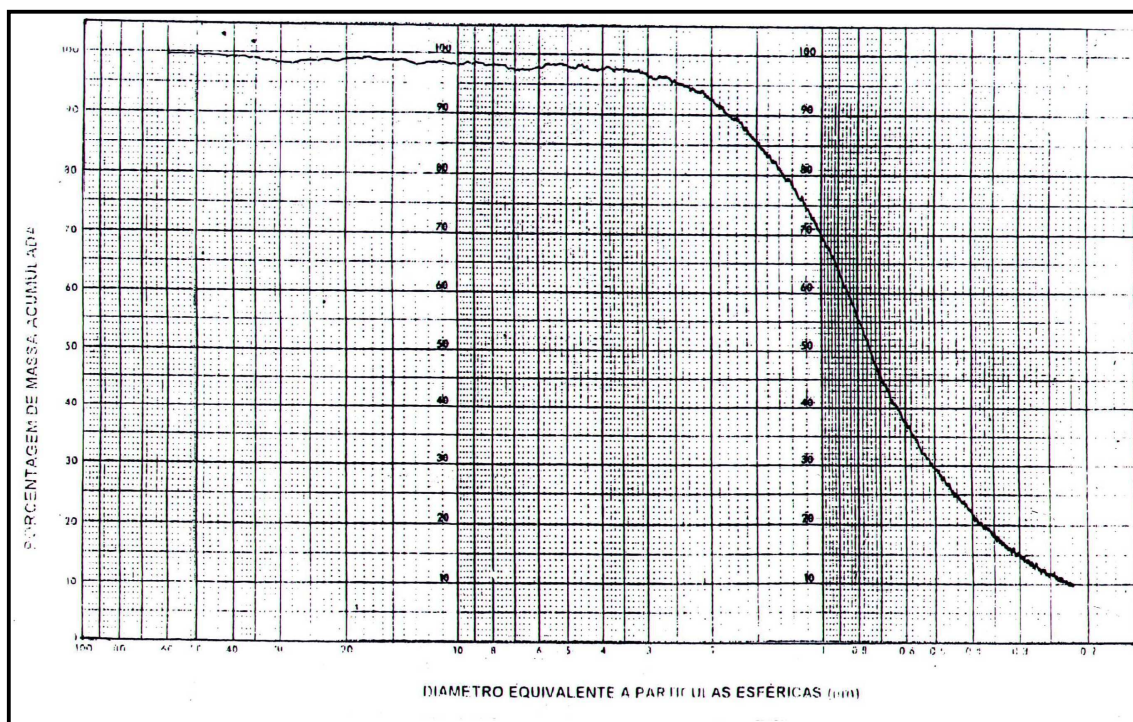


Fig.V.6: Análise via Sedigraph do talco GM-20 micronizado em moinho de pérolas, (% passante x diâmetro esférico equivalente μm).

MALVERN INSTRUMENTS MASTERSIZER

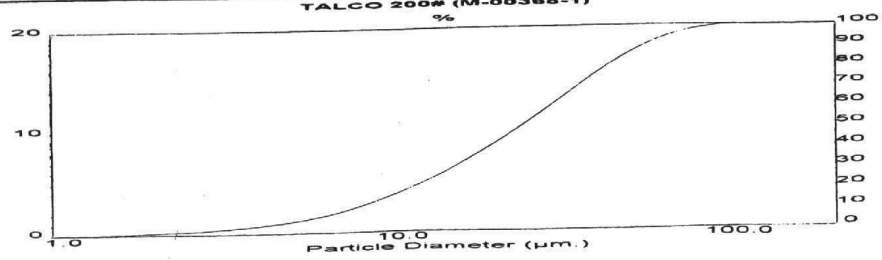
Result: Analysis Report

Sample Details		Measured: Wed 28 de Jun de 2000 15:31
Sample ID: TALCO200#(M-00368-1)	Run Number: 1	Analysed: Wed 28 de Jun de 2000 15:31
Sample File: TALCO	Record Number: 39	Result Source: Analysed
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\		
Sample Notes: TALCO 200# (M-00368-1) MOAGEM MICROTEx / PDE L-1015 A 17 USANDO 4 GOTAS DE TRITON X-100 / COM 2 MIN. ULTRA-SOM FEITO EM ÁGUA		

System Details			
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler: MS17	Obscuration: 16.7 %
Presentation: 3PHD	(Particle R.I. = (1.5960, 0.1000);	Dispersant R.I. = 1.3300]	Residual: 0.361 %
Analysis Model: Polydisperse			
Modifications: None			

Result Statistics			
Distribution Type: Volume	Concentration = 0.0330 %Vol	Density = 2.800 g / cub. cm	Specific S.A. = 0.1528 sq. m / g
Mean Diameters:	D (v, 0.1) = 6.85 um	D (v, 0.5) = 23.49 um	D (v, 0.9) = 54.61 um
D [4, 3] = 27.65 um	D [3, 2] = 14.02 um	Span = 2.033E+00	Uniformity = 6.332E-01

Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%	Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%
0.05	0.00	0.06	0.00	6.83	2.68	7.72	12.14
0.06	0.00	0.07	0.00	7.72	3.22	9.00	15.36
0.07	0.00	0.08	0.00	9.00	3.82	10.48	19.18
0.08	0.00	0.09	0.00	10.48	4.45	12.21	23.64
0.09	0.00	0.11	0.00	12.21	5.12	14.22	28.75
0.11	0.00	0.13	0.00	14.22	5.78	16.57	34.54
0.13	0.00	0.15	0.00	16.57	6.42	19.31	40.95
0.15	0.00	0.17	0.00	19.31	6.97	22.49	47.93
0.17	0.00	0.20	0.00	22.49	7.42	26.20	55.35
0.20	0.00	0.23	0.00	26.20	7.74	30.53	63.09
0.23	0.00	0.27	0.00	30.53	7.98	35.56	71.07
0.27	0.00	0.31	0.00	35.56	7.57	41.43	78.64
0.31	0.00	0.36	0.00	41.43	6.75	48.27	85.39
0.36	0.00	0.42	0.00	48.27	5.57	56.23	90.96
0.42	0.00	0.49	0.00	56.23	4.16	65.51	95.12
0.49	0.00	0.58	0.00	65.51	2.75	76.32	97.87
0.58	0.00	0.67	0.00	76.32	1.52	88.91	99.39
0.67	0.00	0.78	0.00	88.91	0.61	103.58	100.00
0.78	0.07	0.91	0.07	103.58	0.00	120.67	100.00
0.91	0.08	1.06	0.15	120.67	0.00	140.58	100.00
1.06	0.11	1.24	0.26	140.58	0.00	163.77	100.00
1.24	0.15	1.44	0.40	163.77	0.00	190.80	100.00
1.44	0.20	1.68	0.60	190.80	0.00	222.28	100.00
1.68	0.26	1.95	0.86	222.28	0.00	258.95	100.00
1.95	0.35	2.28	1.22	258.95	0.00	301.68	100.00
2.28	0.47	2.65	1.68	301.68	0.00	351.46	100.00
2.65	0.62	3.09	2.30	351.46	0.00	409.45	100.00
3.09	0.81	3.60	3.11	409.45	0.00	477.01	100.00
3.60	1.06	4.19	4.16	477.01	0.00	555.71	100.00
4.19	1.37	4.88	5.53	555.71	0.00	647.41	100.00
4.88	1.75	5.69	7.28	647.41	0.00	754.23	100.00
5.69	2.18	6.63	9.46	754.23	0.00	878.67	100.00



Malvern Instruments Ltd. Mastersizer S Ver. 2.15 29 J
 Malvern, UK Serial Number: 33148-131
 Tel: +[44] (0)1684-892456 Fax: +[44] (0)1684-892789

Figura V.7: Análise via Malvern, do talco PR-1. Observa-se distribuição gradativa de tamanhos.

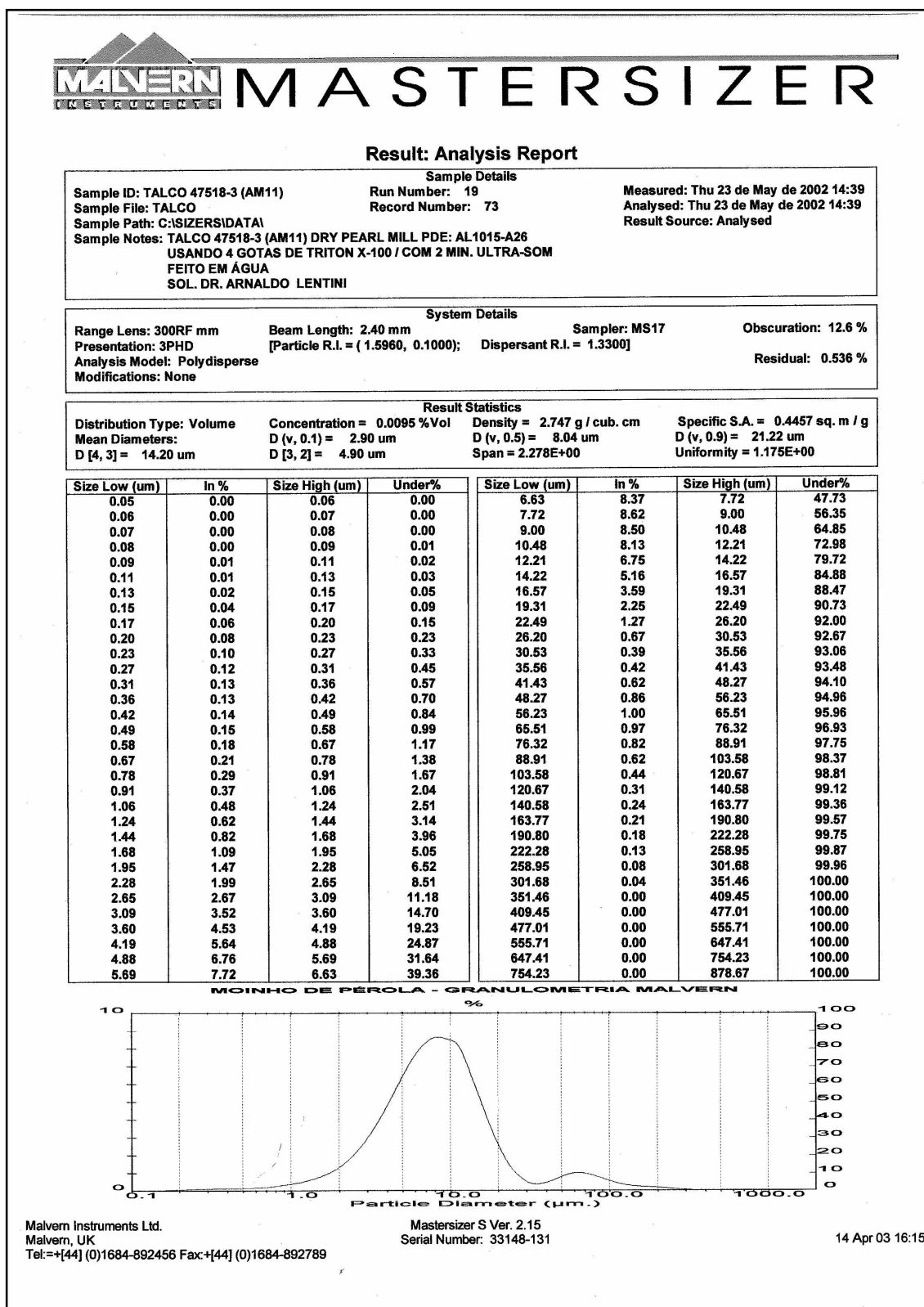


Figura V.8: Análise via Malvern do talco GM-20 moído em moinho de pérolas. Tendência de distribuição bimodal, indicando grupo de partículas finas, grupo de partículas mais grosseiras e poucas partículas de tamanhos intermediários.

V.1.11 - Área superficial específica

A Tabela V.9 apresenta resultados de ASE BET e ASE Blaine para talco GM-20 submetido a diferentes tipos de moagem.

Nota-se valores significativamente diferentes entre ASE BET e ASE Blaine, acentuando-se essa diferença para granulometrias mais finas.

Tabela V.9: ASE BET e ASE Blaine de talco GM-20, submetido a diferentes tipos de moagem

Determinação de área superficial			
Recurso	D 50 (µm)	ASE BET (m²/g)	ASE Blaine (m²/g)
Micronizador impacto	4,5	6,85	2,37
Moinho Jet-mill frontal	2,1	8,55	3,26
Moinho Jet-mill espiral Classificador 3500 r.p.m.	2,1	10,30	3,62
Moinho Jet-mil Classificador 4500 r.p.m.	1,6	11,41	4,17
Moinho Jet-mill Classificador 6500 r.p.m.	1,1	12,37	4,71
Moinho pérola (tempo de moagem x)	1,5	22,34	4,71
Moinho pérola (tempo de moagem 2x)	1,2	23,98	4,77
Moinho pérola (tempo de moagem 5x)	0,5	26,15	5,48

V.1.12 - Absorção em óleo

Os dados dos testes com diversos tipos de talco para determinação do índice de absorção em óleo são apresentados na Tabela V.10. São também significativas as diferenças de valores entre ASE BET e ASE Blaine, consequência da metodologia específica de cada método.

Tabela V.10: Teste de absorção em óleo

Talco	ASE BET (m²/g)	ASE Blaine (m²/g)	Absorção em óleo %
PR-2 Raymond	2,23	0,66	59,8
PR-2 Fard	3,46	1,19	50,6
PC-75	2,24	0,85	73,6
P-20	5,70	1,85	73,6
GM-20 S	6,07	1,91	82,8
Importado	13,37	3,13	59,8
Jet-mill frontal	10,26	3,84	82,8
Jet-mill esp. 3500 rpm	9,24	3,09	87,4
Jet-mill esp. 4500 rpm	10,90	3,72	82,8
Pérola 10	12,60	2,62	64,4
Pérola 20	23,52	4,52	69,0
Pérola 30	32,29	5,48	78,2

Os dados dos testes de absorção em óleo estão plotados no gráfico da Figura V.9.

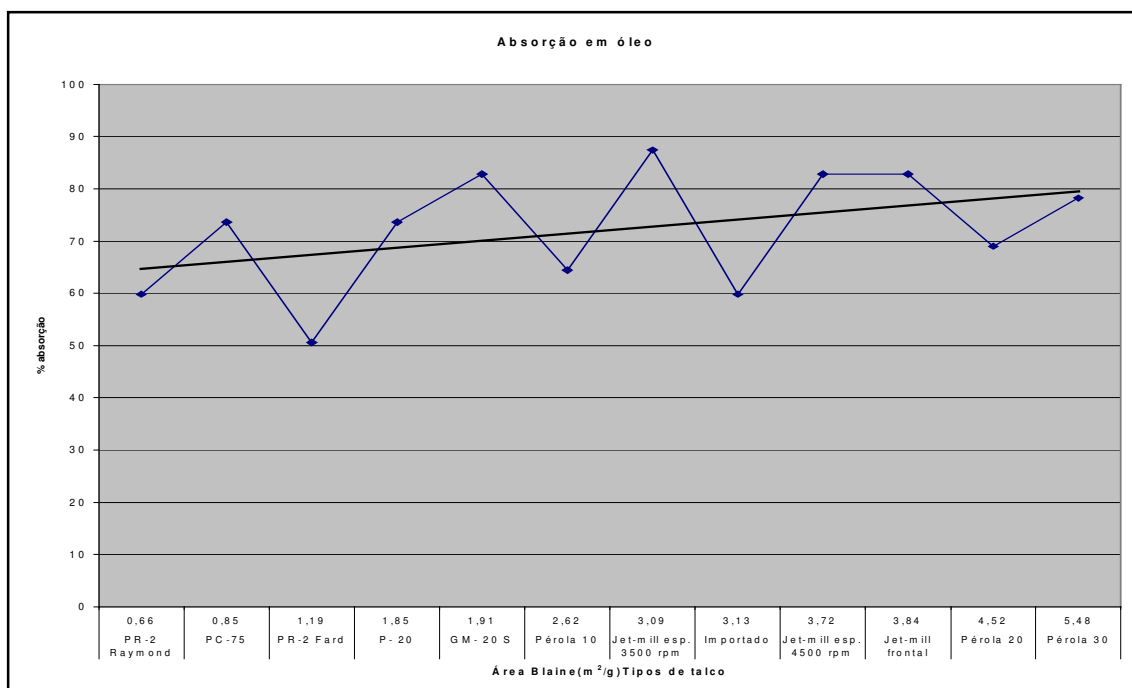


Fig.V.9: Gráfico de % absorção em óleo para diferentes tipos de talco. Referência ASE Blaine.

V.1.13 - Micronização e Compactação

Foram testadas opções de micronização e compactação.

Os testes consistiram em submeter o talco Magnesita GM-20 ao processo de compactação nos compactadores piloto da Kahl (processo a úmido) e compactador da Hosokawa Bepex (processo a seco). Os dados dos ensaios foram tabulados para subsidiar decisões futuras quanto à implantação de um sistema de compactação.

Na Figura V.10 tem-se um gráfico da redução de volume do talco GM 20 graças à compactação.

A Tabela V.11 apresenta um resumo das opções de micronização testadas.

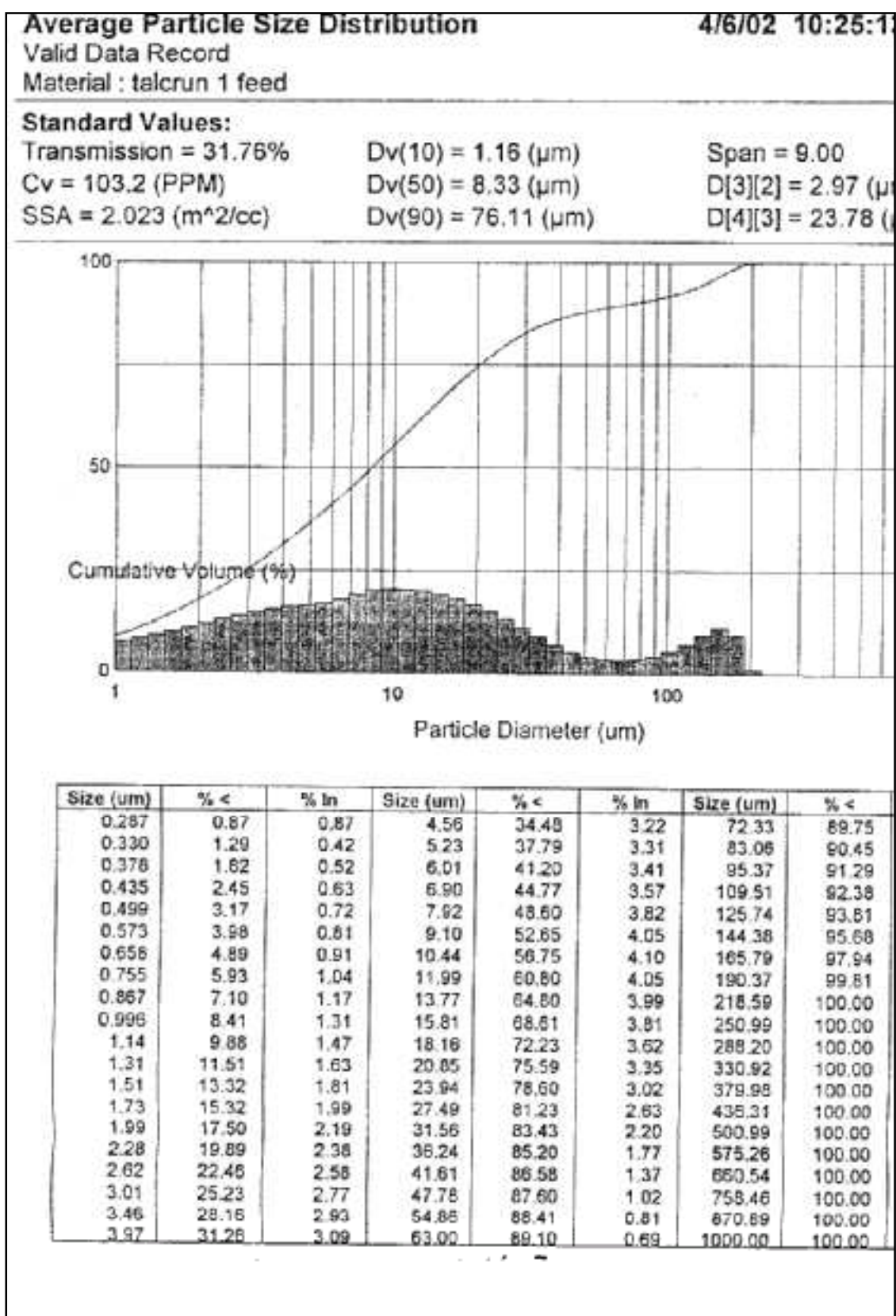


Figura V.10 : Gráfico de redução de volume do talco GM-20 após compactação. Ensaio no compactador Hosokawa Bepex, processo a seco.

Tabela V.11: Alternativas de micronização testadas

Empreza	Equipamento/Modelo	granulometria alcançada						SISTEMA				Vantagens	Desvantagens
		D80	D64	D60	D10	Capacidade de (kg/h)	Área BET (m ² /g)	Aspect ratio	Consumo específico de energia (kWh/t)	Potência necessária (kW)			
H.	J&M III AFG 800/3	8	3,25	1,8		600	10	16	890			uso consagrado	preço
		20	-	+5		2.100	5,5	-	240	1157		empresa bem estabelecida representante no Brasil	limite de altura polidispersidade alta
													compressor
	J&M III AFG 710	9	3,3	1,8		330	10			597			consumo específico de energia > 400 kcal/ml
		20	7,8	+5		150	5,5						principalmente moagem: impacto
	J&M III AFG 630/1	9	3,3	1,8		300	10			597			
		20	7,8	+5		750	5,5						
	Dij Peart III 630 ATR + Classificador 500 ATP 650-NG	4,4	1,45	0,74	0,22	65	35,09	21	2862	296		menor consumo energético sala área superficial BET	apenas 01 emprese usando para micronizar talco
H.		6,5	2,95	1,5	0,4	40	24,31	30	436			melhor desempenho	nova tecnologia pil talco
		13	-	4		1800	13		100				reposição da carga moedora distribuição binomial
													top cul sem exatidão
													raçoes de grande adrechemam o talco
P.T.	Optrol J&M III 630/3 655	3,5	2	1,1	0,45	270	12,8	12	1500	412		principalmente moagem: impactal	
		4,5	2,5	1,4	0,6	330	11,4	14	1200			boa distribuição	
		8	2,9	1,6	0,61	430	10,3	14	890				
		8,8	3,9	2,1	0,72	580	9	16	640				

V.1.14 - Microscopia eletrônica de varredura

Foram feitas algumas imagens MEV, atentando-se de modo especial, para o princípio de fragmentação aplicada à amostra, mostrado nas Figuras, de V.11 a V.22.

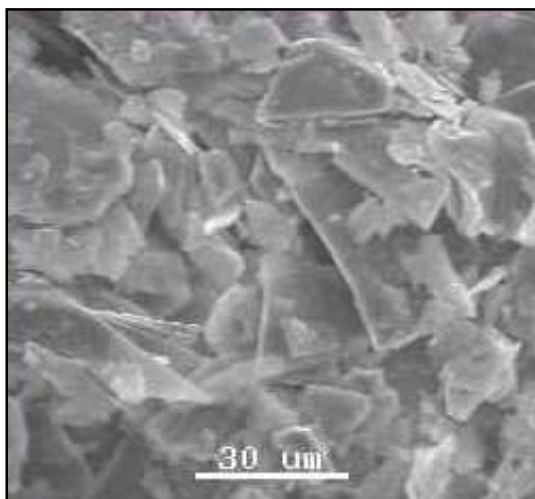


Figura V.11: Talco PR-2 moído em moinho Raymond. Ação de compressão e delaminação. Distribuição mais heterogênea de tamanhos.

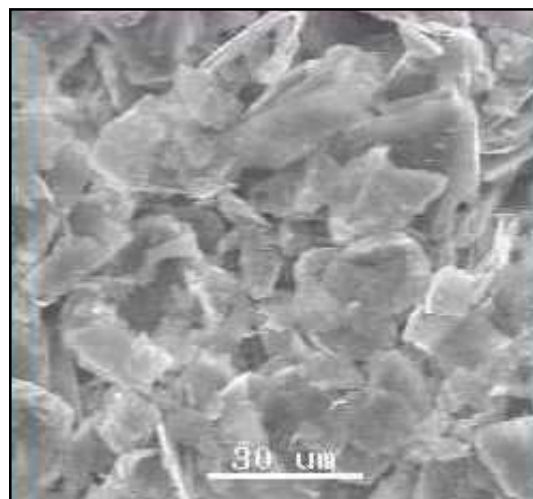


Figura V.12: Talco PR-2 moído em moinho Fard. Moagem por impacto. Tendência à distribuição mais homogênea de tamanhos.

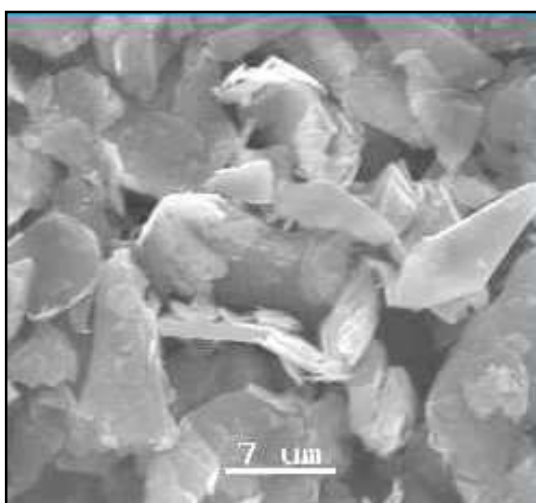


Figura V.13: Talco P20, micronizado por impacto. Pode-se notar a esfoliação de pontas das lamelas de talco.

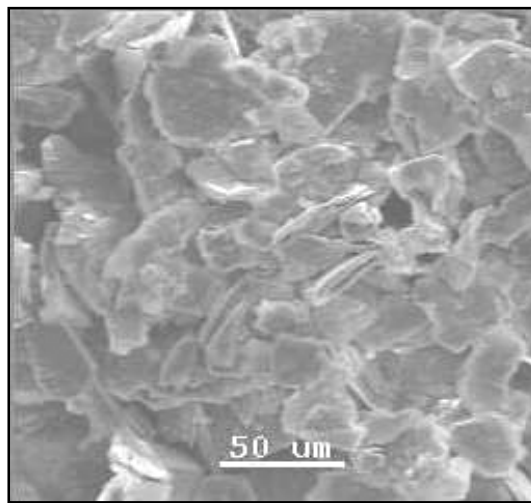


Figura V.14: Talco PC-75. Em moagens mais grosseiras há tendência em se preservar a forma lamelar do talco.

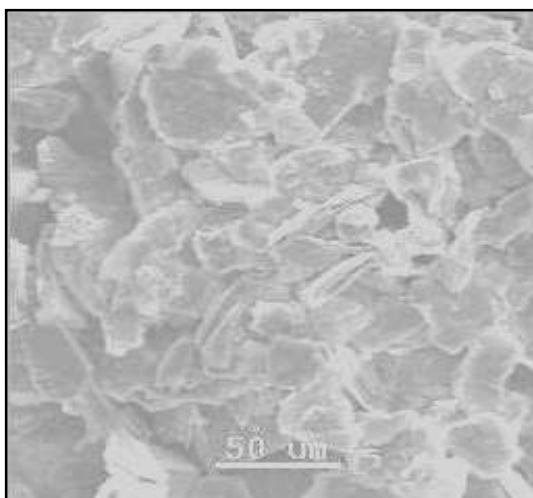


Figura V.15: Talco GM-20. Micronizado por forças de impacto, em moinho com barras verticais. Distribuição regular de tamanhos.

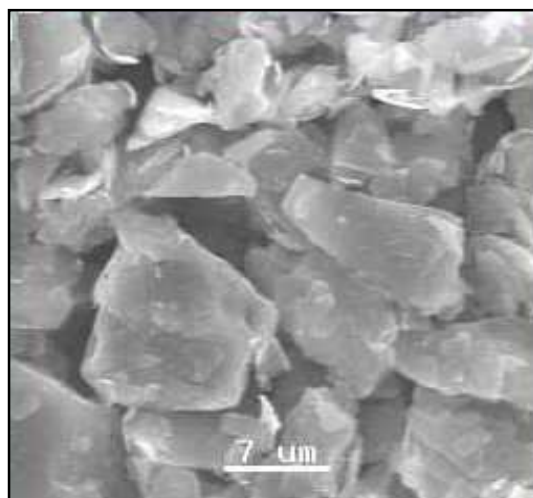


Figura V.16: Talco GM-20 S. Mesmo sistema de moagem do talco GM-20, atingindo menores faixas granulométricas. Pode-se notar esfoliações nas bordas das partículas, provocadas pelos choques na moagem.

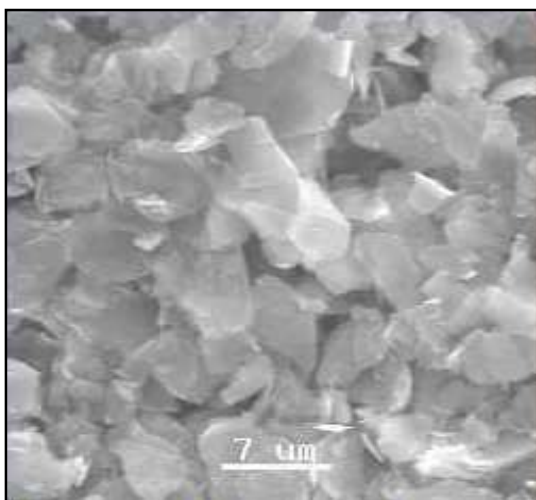


Figura V.17: Talco GM-20 moído em “jet-mill” espiral, com classificador a 3.500 r.p.m. Micronização com delaminações tangenciais. Distribuição regular de tamanhos, preservação da lamelaridade das partículas.

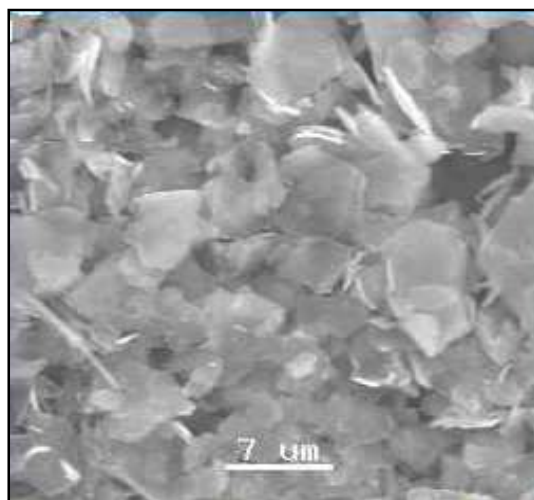


Figura V.18: Talco GM-20 moído em “jet-mill” espiral, com classificador a 4.500 r.p.m, o que tende a fornecer uma distribuição apresentando materiais mais finos.

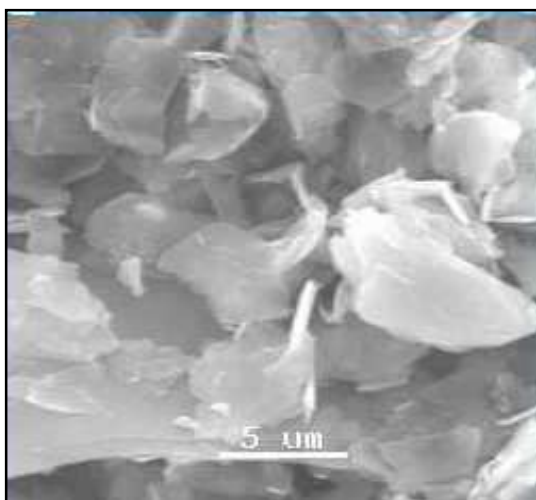


Figura V.19: Talco GM-20 moído em “jet-mill” frontal. Nota-se algumas esfoliações nas partículas causadas pelo choque entre as mesmas.

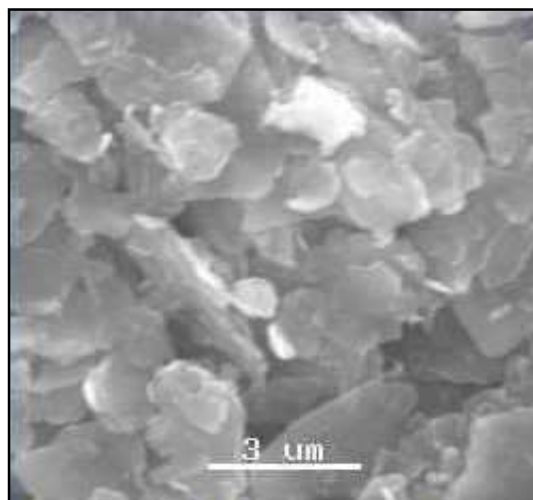


Figura V.20: Talco “Pérola 30” . Moído em moinho de pérolas a seco, com área BET de 32m²/g. Tende a apresentar distribuição bimodal – boa parcela de finos e de grossos, pouca fração intermediária entre as

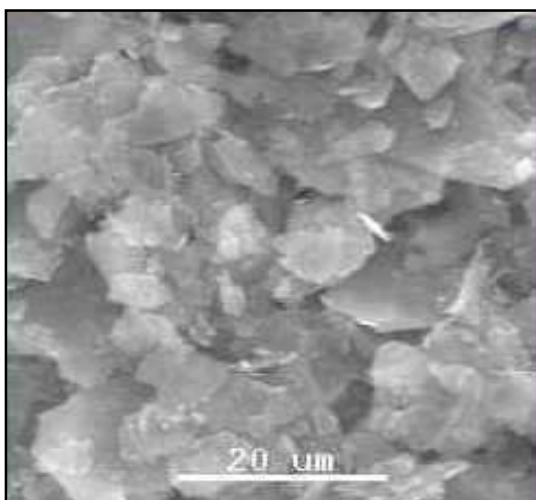


Figura V.21: Talco “Pérola 10” moído em moinho de pérolas – área BET 12m²/g. Moagem com ação predominante de atrição. Nota-se tendência a arredondamento das partículas em moagens mais finas.

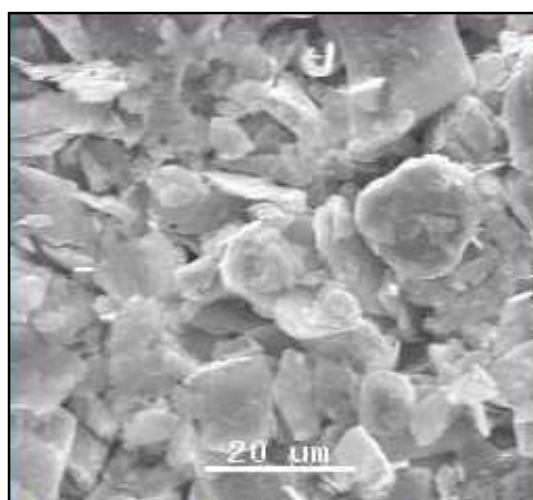


Figura V.22: Talco importado – área BET de 13m²/g .Moagem em “jet-mill frontal”, com forças de impacto. Talco microcristalino.

V.2 - Testes específicos

V.2.1 - Testes de quantificação de piches via microscopia ótica

A caracterização granulométrica de talcos utilizados nos testes específicos é visto na Tabela V. 12.; a Tabela V.13 apresenta os dados básicos dos testes específicos realizados. Foram considerados como “testes específicos” aqueles de quantificação de “pitch” após a adição de talco

Tabela V.12: Caracterização granulométrica de talcos utilizados nos testes específicos

AMOSTRAS DE TALCO	AREA SUPERFICIAL BET (m ² /g)	AREA SUPERFICIAL BLAINE (m ² /g)	ANALISADOR MALVERN	
			D (V,0.1) =	
FJM Moagem em “jet-mill” frontal	10,26	3,83	D (V,0.1) =	2,07 µm
			D (V,0.5) =	5,81 µm
			D (V,0.9) =	12,92 µm
DPM 3 Moagem em moinho pérola	32,29	5,48	D (V, 0.1) =	1,03 µm
			D (V,0.5) =	3,28 µm
			D (V,0.9) =	8,49 µm
DPM 8 Moagem em moinho pérola	23,52	4,52	D (V, 0.1) =	2,90 µm
			D (V,0.5) =	8,04 µm
			D (V,0.9) =	21,22 µm
DPM 17 Moagem em moinho pérola	12,60	2,62	D (V, 0.1) =	5,81 µm
			D (V,0.5) =	16,89 µm
			D (V,0.9) =	34,99 µm
SJM 3500 Moagem em “jet-mill” espiral Classificador 3.500 r.p.m.	9,24	3,09	D (V,0.1) =	2,67 µm
			D (V,0.5) =	7,17 µm
			D (V,0.9) =	15,99 µm
SJM 4500 Moagem em “jet-mill” espiral Classificador 4.500 r.p.m.	10,90	3,72	D (V,0.1) =	2,38 µm
			D (V,0.5) =	5,38 µm
			D (V,0.9) =	10,05 µm
PR2-R Moagem em moinho Raymond	2,23	0,66	D (V,0.1) =	7,80 µm
			D (V,0.5) =	28,70 µm
			D (V, 0.9) =	62,82 µm
PR2-F Moagem em moinho Fard	3,46	1,19	D (V,0.1) =	5,87 µm
			D (V,0.5) =	19,13 µm
			D (V,0.9) =	45,97 µm
IMPORTADO Material peletizado	13,37	3,13	D (V,0.1) =	1,46 µm
			D (V,0.5) =	4,36 µm
			D (V,0.9) =	13,86 µm
GM-20-S Moagem em micronizador vertical	6,07	191	D (V,0.1) =	4,35 µm
			D (V,0.5) =	12,07 µm
			D (V,0.9) =	30,20 µm
P-20 Moagem em micronizador vertical	5,70	1,85	D (V,0.1) =	3,85 µm
			D (V,0.5) =	10,02 µm
			D (V,0.9) =	21,44 µm

Tabela V.13: Condições de realização dos ensaios específicos para “pitch/stickies”				
Teste	Tipo	Condições do teste	Variáveis	Avaliação
1	4	Polpa mecânica 100% Pinus Taeda, consistência 9%	Tipos, % de talco adicionado	Contagem ao microscópio
2	7	Polpa mecânica 100% Pinus Taeda, consistência 9%	Tipos, % de talco adicionado	Contagem ao microscópio
3	7	Polpa mecânica 100% Pinus Taeda, consistência 9%	Tipos, % de talco adicionado	Contagem ao microscópio
4	7	Polpa mecânica 100% Pinus Taeda, coleta na polpa e após filtração	Tipos, % de talco adicionado	Contagem ao microscópio
5	7	Polpa mecânica 60% Pinus Taeda, 40% Araucária, consistência 9%	Tipos, % de talco adicionado	Contagem ao microscópio
6	7	Polpa mecânica 100% Pinus Taeda, coleta no filtrado	Tipos, % de talco adicionado	Contagem ao microscópio
7	3	Polpa química marrom lavada. Polpa 60% Pinus Taeda, 40% Araucária.	Tipos, % de talco adicionado	Contagem ao microscópio
8	3	Polpa química marrom não lavada. Polpa 60% Pinus Taeda, 40%	Tipos, % de talco adicionado	Contagem ao microscópio
9	3	Polpa mecânica 60% Pinus Taeda, 40% Araucária, consistência 9%	Tipos, % de talco adicionado	Contagem ao microscópio
10	5	Polpa de reciclados	Tipos, aditivo	Doshi Test
11	9	Polpa e piche sintéticos	Tipos talco	EIV
12	4	Polpa e piche sintéticos	Tipos talco	EIV
13	12	Polpa e piche sintéticos	Tipos talco	EIV
14	9	Polpa química marrom não lavada	Tipos talco	EIV
15	10	Polpa química marrom não lavada	Tipos talco	EIV

Tabela V.14: Quantidade de piche residual em função do desempenho de diferentes tipos de talco, com diferentes concentrações adicionadas. Polpa mecânica, 100% Pinus Taeda. Teste 1 – resultados

Tipo talco	ASE (m ² /g)		Teor de piche (partículas/cm ³) x10 ³			
	BET	Blaine	Sem talco	0,5% talco	1,0% talco	1,5% talco
GM-20S	6,07	1,91	121.880	69.520	66.000	65.120
SJM	10,90	3,72	121.880	96.800	95.480	84.480
FJM	10,26	3,84	121.880	65.120	51.040	45.760
Importado	13,37	3,13	121.880	117.480	62.480	39.600

Tabela V.15: Quantidade de piche residual em função do desempenho de diferentes tipos de talco, com diferentes concentrações adicionadas. Polpa mecânica, 100% Pinus Taeda. Teste 2 – resultados

Tipos de talco	ASE (m ² /g)		Teor de piche (partículas/cm ³) x 10 ³				
	BET	Blaine	Sem talco	0,2% talco	0,5% talco	1,0% talco	1,5% talco
PR2-R	2,23	0,66	107.360	92.800	82.700	78.050	60.900
PR2-F	3,46	1,19	107.360	96.900	79.070	74.700	66.700
GM-20S	6,07	1,90	107.360	79.800	79.000	76.900	76.600
P-20	5,70	1,85	107.360	97.200	70.800	70.700	70.600
Importado	13,37	3,13	107.360	84.700	75.400	74.000	54.800
FJM	10,26	3,84	107.360	87.050	76.000	68.300	55.100
SJM	10,90	3,72	107.360	89.200	85.600	67.900.	66.500

Tabela V.16: Quantidade de piche residual em função do desempenho de diferentes tipos de talco, com diferentes concentrações adicionadas. Polpa mecânica, 100% Pinus Taeda. Teste 3 - resultados

Tipos de talco	ASE (m ² /g)		Teor de piche (partículas/cm ³) x 10 ³				
	BET	Blaine	Sem talco	0,2% talco	0,5% talco	1,0% talco	1,5% talco
PR2-R	2,23	0,66	211.200	180.400	167.200	162.800	123.200
PR2-F	3,46	1,19	211.200	184.800	162.800	154.000	132.000
GM-20 S	6,07	1,90	211.200	167.200	149.600	136.400	132.000
P-20	5,70	1,85	211.200	180.400	158.400	149.600	123.200
Importado	13,37	3,13	211.200	167.200	154.000	149.600	118.800
FJM	10,26	3,84	211.200	167.200	149.600	127.600	123.200
SJM	10,90	3,72	211.200	176.000	149.600	136.400	110.000

Tabela V.17: Quantidade de piche residual em função do desempenho de diferentes tipos de talco, com diferentes concentrações adicionadas. Polpa mecânica: 100% Pinus Taeda. Coleta na polpa e após filtragem. Teste 4 – resultados

Tipos de talco	ASE (m ² /g)		Teor de piche (partículas/cm ³) x 10 ³				
	BET	Blaine	Sem talco	0,1% talco	0,2% talco	0,3% talco	0,4% talco
PR2-R	2,23	0,66	18.480	12.320	7.920	5.280	6.160
PR2-F	3,46	1,19	18.480	14.080	9.680	7.040	7.920
GM-20S	6,07	1,90	18.480	13.200	7.040	6.160	6.160
P-20	5,70	5,70	18.480	14.960	7.920	7.040	5.280
Importado	13,37	3,13	18.480	13.200	10.560	4.400	4.400
FJM	10,26	3,84	18.480	15.840	10.560	5.280	5.280
SJM	9,24	3,09	18.480	13.200	6.160	6.160	6.160

Tabela V.18: Quantidade de piche residual em função do desempenho de diferentes tipos de talco, com diferentes concentrações adicionadas. Polpa mecânica: 60% Pinus Taeda, 40% Araucária. Teste 5 – resultados

Tipos de talco	ASE (m ² /g)		Teor de piche (partículas/cm ³) x 10 ³				
	BET	Blaine	Sem talco	0,2% talco	0,5% talco	1,0% talco	1,5% talco
PR2-R	2,23	0,66	291.280	284.770	221.540	196.150	196.150
PR2-F	3,46	1,19	291.280	244.600	207.200	184.600	147.700
GM-20S	6,07	1,90	291.280	226.150	165.700	114.460	109.800
P-20	5,70	1,85	291.280	256.600	212.300	207.200	166.150
Importado	13,37	3,13	291.280	235.400	179.100	175.400	156.000
FJM	10,26	3,84	291.280	256.600	223.250	195.200	192.900
SJM	10,90	3,72	291.280	189.200	175.800	128.800	121.800

Tabela V.19: Quantidade de piche residual em função do desempenho de diferentes tipos de talco, com diferentes concentrações adicionadas. Polpa mecânica: 100% Pinus Taeda. Coleta no filtrado. Teste 6 – resultados

Tipos de talco	ASE (m ² /g)		Teor de piche (partículas/cm ³) x 10 ³				
	BET	Blaine	Sem talco	0,1% talco	0,2% talco	0,3% talco	0,4% talco
PR-2	2,23	0,66	25.520	17.600	5.280	3.520	4.440
2-LM	3,46	1,19	25.520	18.840	11.440	8.800	7.040
GM-20 S	6,07	1,90	25.520	15.840	10.560	9.680	7.920
P-20	5,70	5,70	25.520	10.560	7.040	6.160	7.920
Importado	13,37	3,13	25.520	7.920	5.280	3.520	3.520
AM 07	10,26	3,84	25.520	10.560	7.040	4.400	3.520
SJM	9,24	3,09	25.520	8.880	4.440	3.520	3.520

Tabela V.20: Quantidade de piche residual em função do desempenho de diferentes tipos de talco, com diferentes concentrações adicionadas. Polpa química celulose marrom lavada: 60% Pinus Taeda, 40% Araucária. Teste 7 – resultados.

Obs: talco Importado: peletizado

Tipos de talco	ASE (m ² /g)		Teor de piche (partículas/cm ³) x 10 ³			
	BET	Blaine	Sem talco	0,5% talco	1,0% talco	1,5% talco
PR-2	2,23	0,66	2.750	2.690	1.600	1.340
GM-20 S	6,07	1,90	2.750	1.380	1.150	769
Importado	13,37	3,13	2.750	1.220	961	641

Tabela V.21: Quantidade de piche residual em função do desempenho de diferentes tipos de talco, com diferentes concentrações adicionadas. Polpa química celulose marrom não lavada: 60% Pinus Taeda, 40% Araucária. Teste 8 – resultados

Tipos de talco	ASE (m ² /g)		Teor de piche (partículas/cm ³) x 10 ³			
	BET	Blaine	Sem talco	0,5% talco	1,0% talco	1,5% talco
PR-2	2,23	0,66	157	123	108	108
GM-20 S	6,07	1,90	157	111	67	49
Importado	13,37	3,13	157	92	74	55

Tabela V.22: Quantidade de piche residual em função do desempenho de diferentes tipos de talco, com diferentes concentrações adicionadas. Polpa mecânica: 60% Pinus Taeda, 40% Araucária. Teste 9 – resultados

Tipos de talco	ASE (m ² /g)		Teor de piche (partículas/cm ³) x 10 ³			
	BET	Blaine	Sem talco	0,5% talco	1,0% talco	1,5% talco
PR-2	2,23	0,66	49.500	37.000	33.000	32.100
GM-20 S	6,07	1,90	49.500	41.100	36.700	36.300
Importado	13,37	3,13	49.500	35.200	26.400	20.700

Teste 10:

O teste 10 visou testar a efetividade do talco Magnesita na adsorção de “stickies” – materiais aderentes, contaminantes, numa polpa de material reciclado. Testou-se ainda a efetividade do talco Magnesita após tratamento com aditivo: amina quaternária (Polyman PR97IL – Basf ou Nalco 7607). Isso permite uma melhor dispersão do talco na polpa, podendo ter reflexos na sua reatividade. Foi adicionado 0,13%(p/p) de aditivo em relação à massa do talco. Apesar desta ser uma alternativa tecnicamente viável, há que se analisar o acréscimo de custo pelo uso da amina quaternária. O gráfico da Figura V.25 apresenta os resultados destes testes.

Tabela V.23: Percentual de redução de contaminantes (“stickies”), em polpa de reprocessados para fabricação de papel, após adição de talco. Teste 10 – resultados

	Amostra Controle	TALMAG PR-2	TALMG c/ aditivo	Talco Austrália	Talco USA	Talco BR-b
ASE (m ² /g)	-	12,0	12,0	14,4	30,0	3,91
Peso(g)	0,1543	0,1208	0,1032	0,1193	0,1161	0,1341
Redução	-	21,71%	33,12%	22,68%	24,75%	13,09%

Os resultados dos testes com polpas industriais foram tabulados, apresentados nos Gráficos condensando os resultados e são apresentados nas Figuras V.23 e V.24.

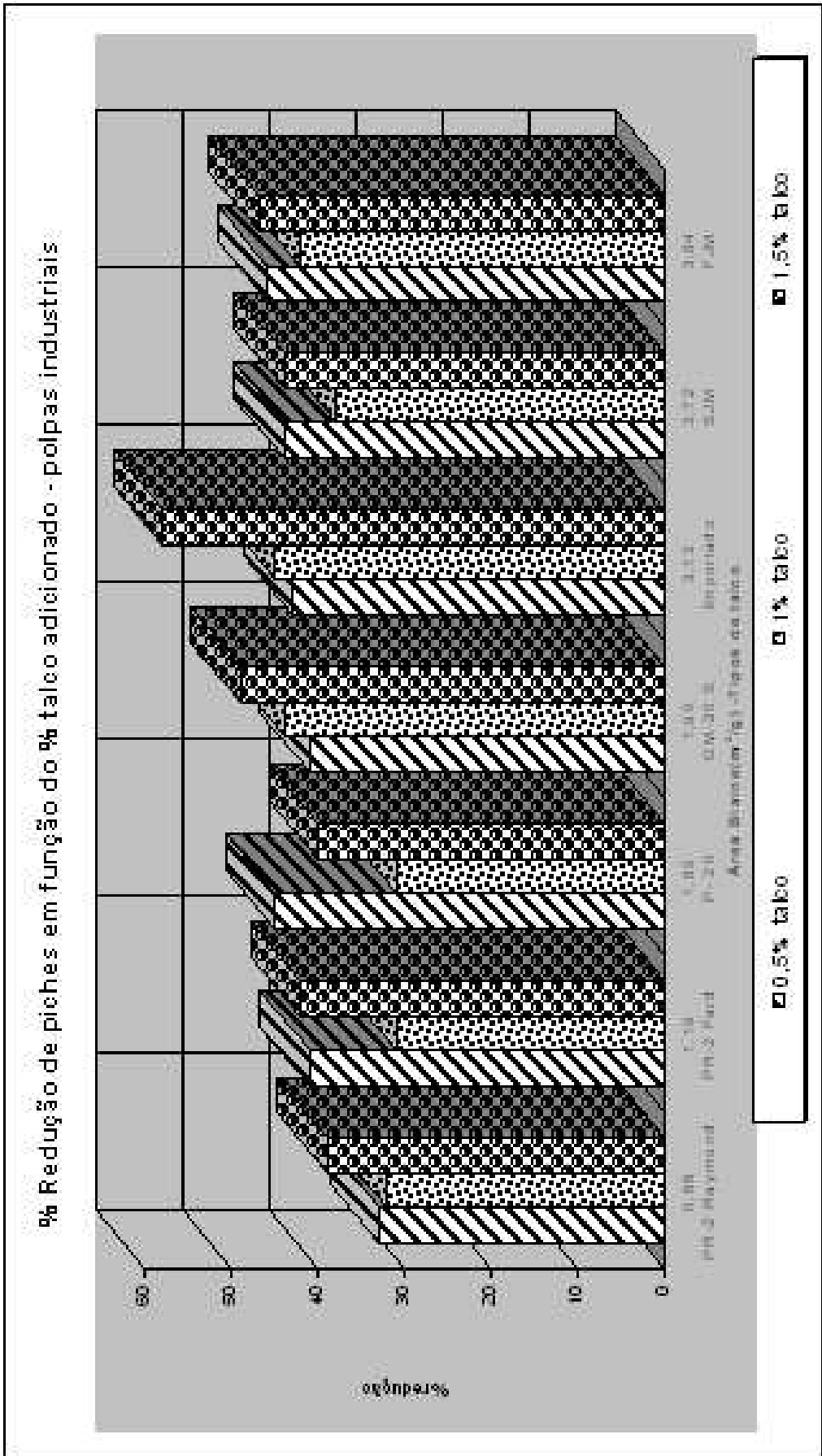


Figura V.23: Gráfico percentual de redução de piches em polpas industriais, em função de diferentes tipos de talco, para 03 faixas de concentração de talco na polpa (0,5; 1,0 e 1,5%)

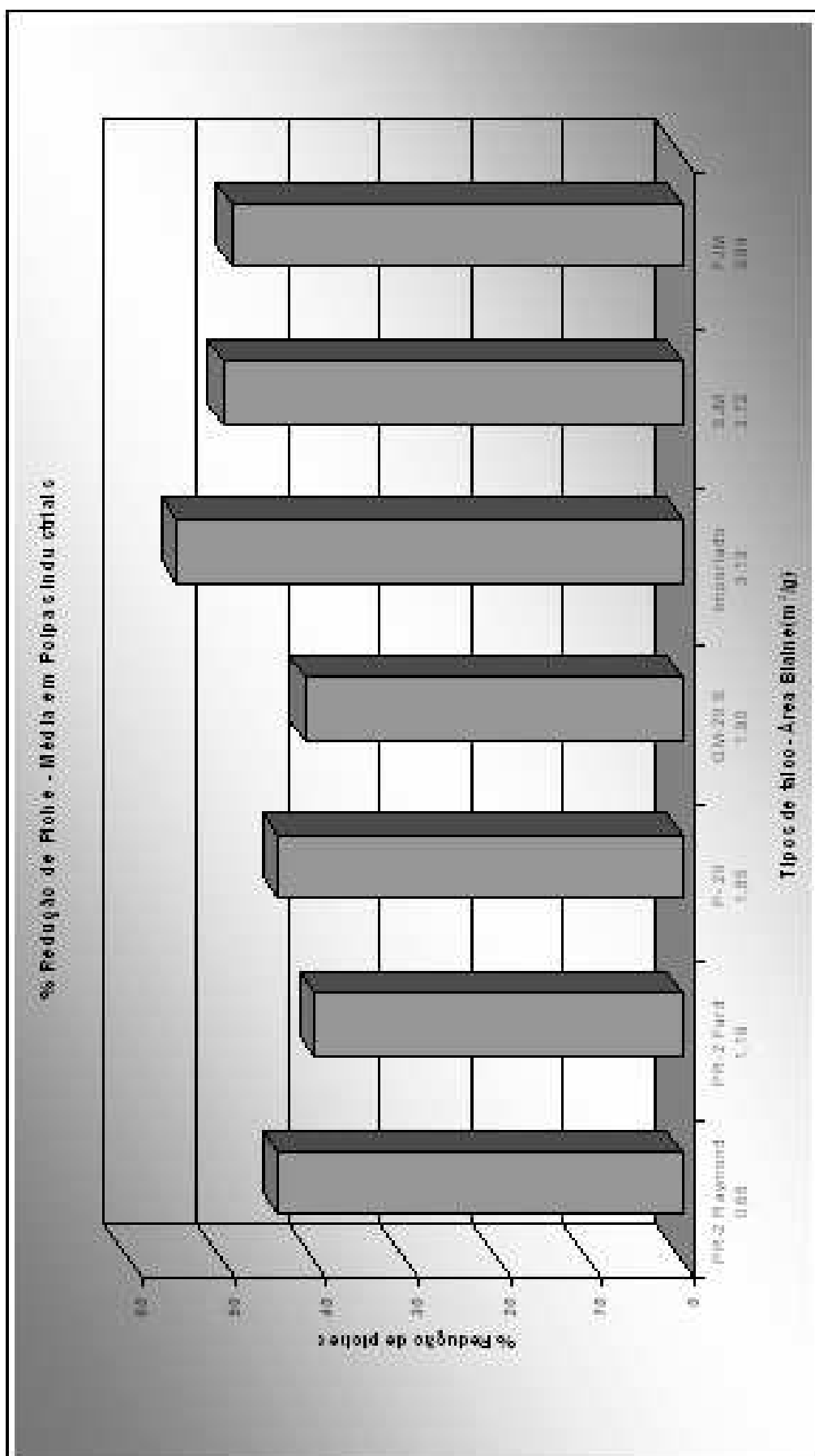


Figura V.24: Gráfico percentual médio de redução de piches em polpas industriais, considerando variações de concentração para adição de talco na polpa, nas faixas de: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 1,0 e 1,5%.

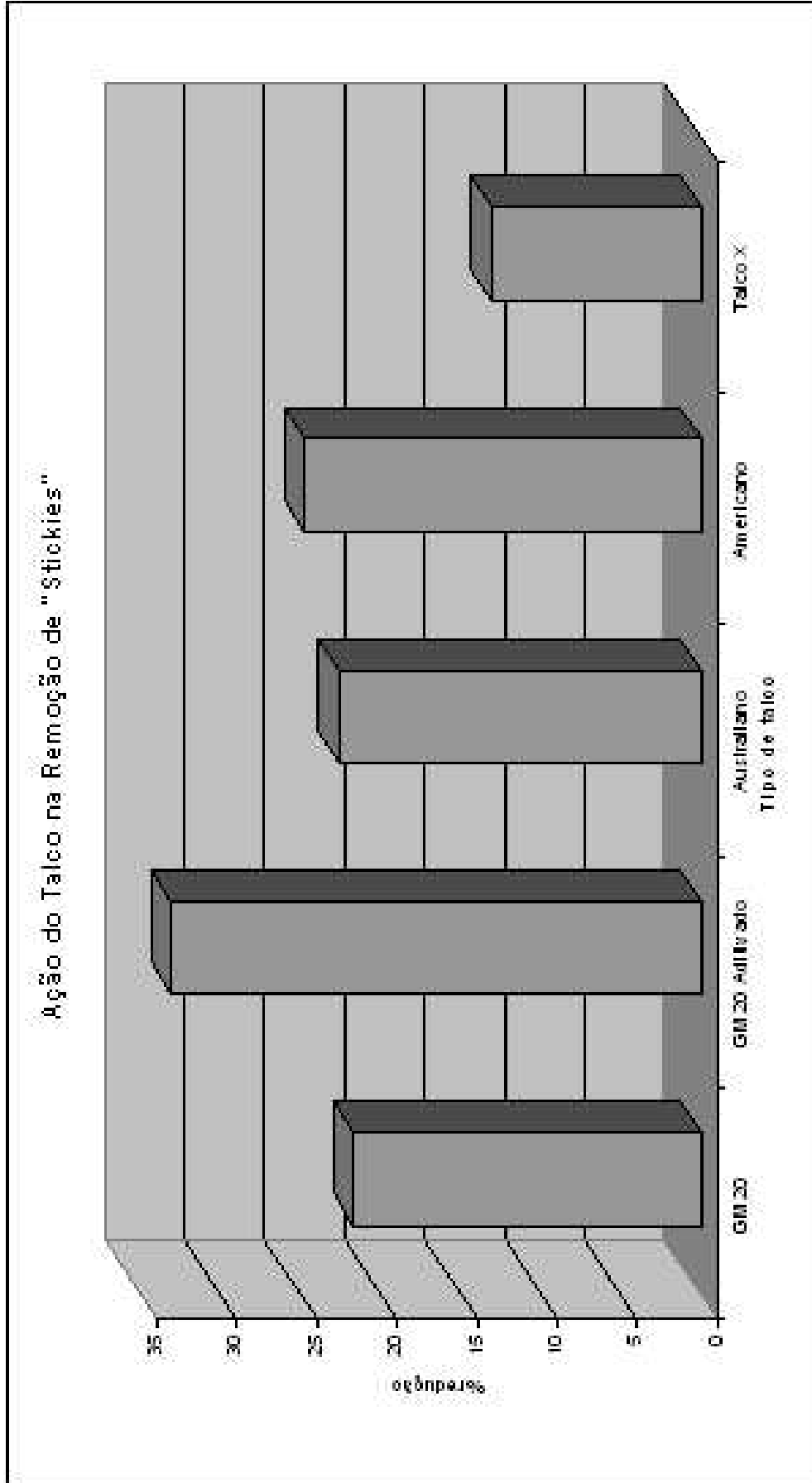


Figura V.25: Gráfico do % de redução de "stickies" após a adição de diferentes tipos de talco. Doshi Test.

V.2.2 – Análise via espectrometria de infravermelho - testes com piche sintético e piche natural

Os testes com piche sintético visaram focar a ação do talco sem a influência das variáveis de processo. Assim, maior ou menor efetividade de ação estaria diretamente ligada às características do próprio material e não do meio de trabalho. A comparação foi feita entre o talco importado e diversos tipos de talcos nacionais.

A diferenciação entre os tipos nacionais se deveu à granulometria – com reflexos nas áreas BET e Blaine, bem como no sistema de moagem a que cada talco foi submetido.

Os resultados dos ensaios apresentados nas Tabelas V.24 a V.26.

Os espectros de EIV são apresentados nas Figuras V.26 a V.28.

Tabela V.24: Relação de adsorção de talco. Piche sintético, análise via EIV. Teste 11, resultados

Talco	ASE BET (m²/g)	ASE Blaine (m²/g)	Area da raia do talco A_t – EIV	Área das raias dos orgânicos adsorvidos A_{ad} – EIV	Relação de adsorção R = A_{ad}/A_t
PR-2 Fard	3,46	1,19	2,65	6,88	2,60
PC-75	2,24	0,85	2,51	6,73	2,51
P-20	5,70	1,85	3,18	9,04	2,84
GM-20 S	6,07	1,91	3,45	12,50	3,62
Importado	13,37	3,13	2,40	7,98	3,33
Jet-mill frontal	10,26	3,84	3,06	15,83	5,17
Jet-mill espiral 4500 rpm	10,90	3,72	2,81	15,40	5,48
Pérola 10	12,60	2,62	3,09	11,16	3,61
Pérola 20	23,52	4,52	2,08	14,21	6,83

Tabela V.25: Relação de adsorção de talco. Piche sintético, análise via EIV.
Teste 12, resultados

Talco	ASE BET (m ² /g)	ASE Blaine (m ² /g)	Área da raia do talco A _t – EIV	Área das raias dos orgânicos adsorvidos A _{ad} – EIV	Relação de adsorção R = A _{ad} /A _t
PR-2 Raymond	2,23	0,66	3,66	1,86	0,51
Importado	13,37	3,13	4,88	4,74	0,97
Jet-mill esp. 3500	9,24	3,09	4,59	3,62	0,79
Pérola 30	32,29	5,48	3,95	6,52	1,65

Tabela V.26: Relação de adsorção de talco. Piche sintético, análise via EIV.
Teste 13, resultados

Talco	ASE BET (m ² /g)	ASE Blaine (m ² /g)	Área da raia do talco A _t – EIV	Área das raias dos orgânicos adsorvidos A _{ad} – EIV	Relação de adsorção R = A _{ad} /A _t
PR-2 Raymond	2,23	0,66	2,99	3,61	1,21
PR-2 Fard	3,46	1,19	3,26	7,38	2,26
PC-75	2,24	0,85	2,99	5,92	1,98
P-20	5,70	1,85	3,73	5,97	1,60
GM-20 S	6,07	1,91	3,07	10,90	3,55
Importado	13,37	3,13	3,26	14,54	4,46
Jet-mill frontal	10,26	3,84	3,13	13,61	4,35
Jet-mill esp. 3500	9,24	3,09	3,50	7,13	2,04
Jet-mil esp. 4500	10,90	3,72	2,35	11,28	4,80
Pérola 10	12,60	2,62	4,24	9,01	2,13
Pérola 20	23,52	4,52	2,93	16,35	5,58
Pérola 30	32,29	5,48	2,34	10,63	4,54

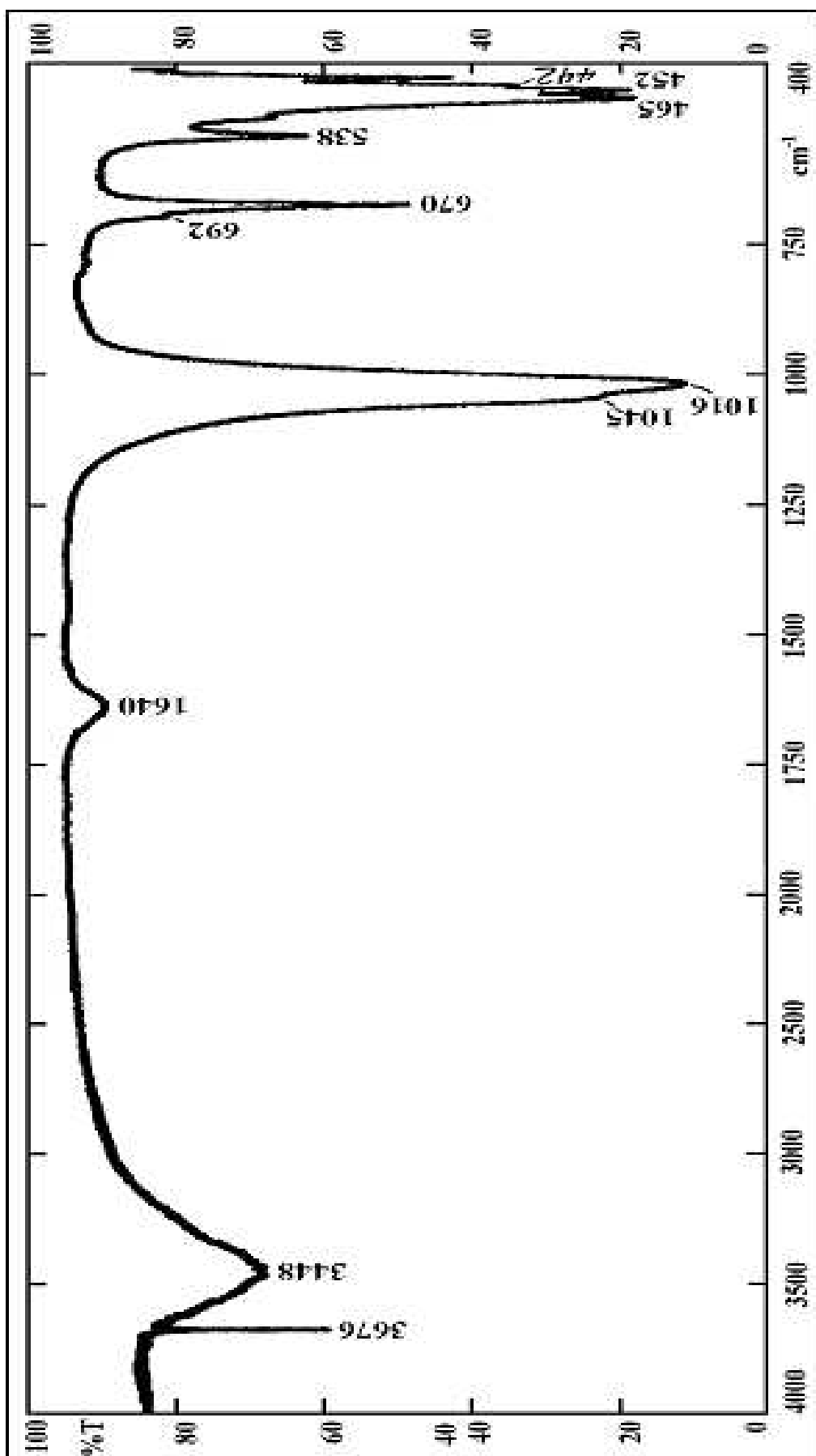


Figura V.26: Espectro infravermelho de transmissão: talco Pérola 30, amostra original (sem adsorção de piche). Notar a banda de adsorção da hidroxila em 3676cm^{-1} .

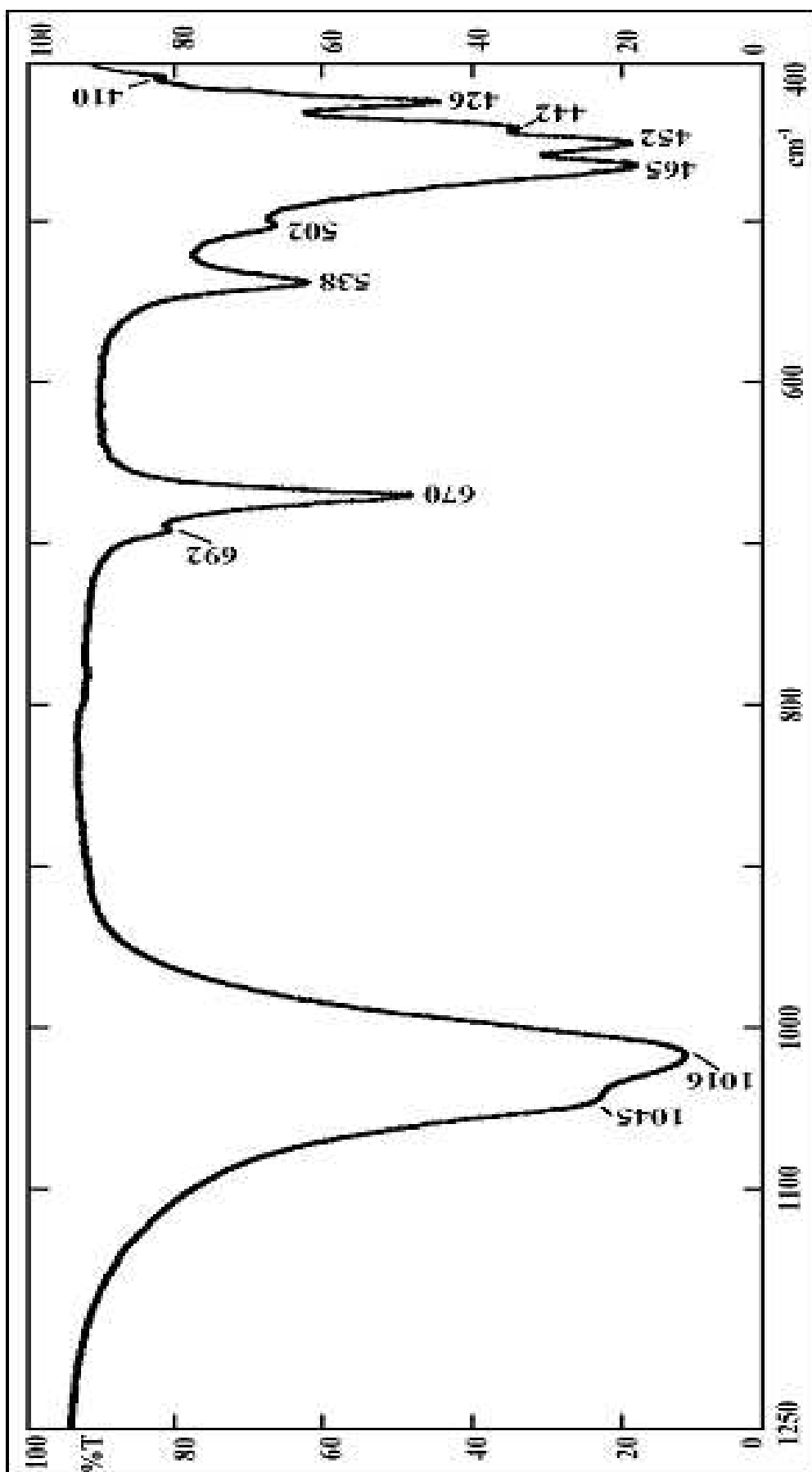


Figura V.27: Espectro infravermelho de transmissão: talco Pérola 30, amostra original (sem adsorção de piche): expansão da região espectral com as principais bandas de absorção do silicato.

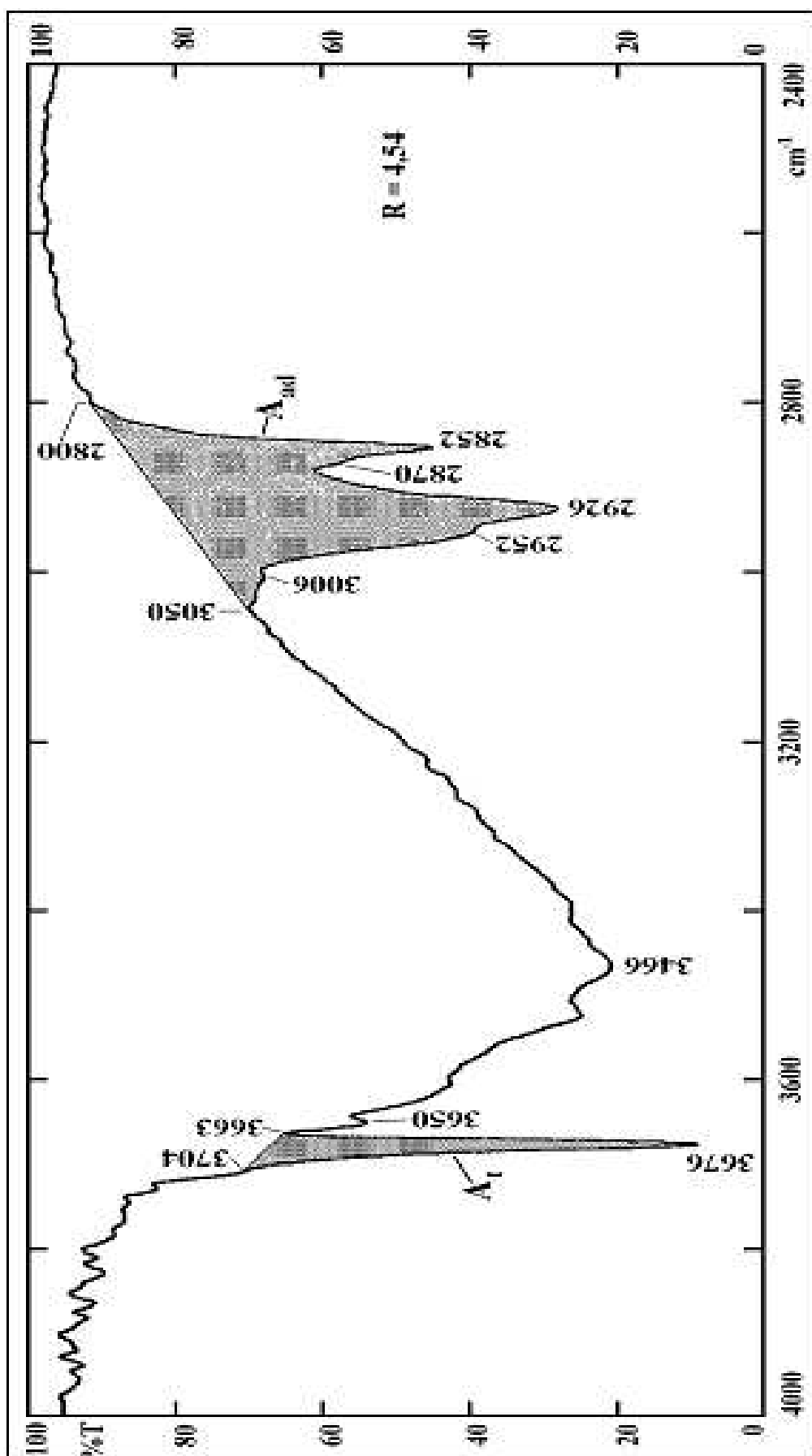


Figura V.28: Espectro infravermelho de transmissão: talco Pérola 30, amostra após a adição de piche sintético; expansão da região espectral com as duas faixas de absorção usadas na quantificação da adsorção: A_i (talco) e A_{ad} (material orgânico).

Testes 14 e 15:

Analisou-se, via espectrometria de infravermelho, dentro dos mesmos princípios, a performance dos talcos em licor de polpa de celulose.

Os resultados estão mostrados nas tabelas V.27 e V.28.

Tabela V.27: Relação de adsorção de talco. Piche natural em polpa de celulose, análise via EIV. Teste 14, resultados

Talco	ASE BET (m ² /g)	ASE Blaine (m ² /g)	Área da raia do talco A _t – EIV	Área das raias dos orgânicos adsorvidos A _{ad} – EIV	Relação de adsorção R = A _{ad} /A _t
PR-2 Raymond	2,23	0,66	2,90	2,79	0,96
PR-2 Fard	3,46	1,19	3,31	4,04	1,22
PC-75	2,24	0,85	3,69	3,23	0,88
P-20	5,70	1,85	3,92	5,08	1,30
GM-20 S	6,07	1,91	3,18	4,53	1,42
Importado	13,37	3,13	4,22	5,78	1,37
Jet-mill frontal	10,26	3,84	4,03	5,29	1,31
Jet-mill e. 3500 rpm	9,24	3,09	3,54	4,52	1,28
Jet-mill e. 4500 rpm	10,90	3,72	3,80	5,68	1,49
Pérola 10	12,60	2,62	3,98	4,33	1,09
Pérola 20	23,52	4,52	3,61	6,01	1,66
Pérola 30	32,29	5,48	3,60	7,10	1,97

Os espectros da análise via EIV são vistos nas Figuras V.29 a V.31.

Tabela V.28: Relação de adsorção de talco. Piche natural em polpa de celulose, análise via EIV. Teste 15, resultados

Talco	ASE BET (m ² /g)	ASE Blaine (m ² /g)	Área da raia do talco A _t – EIV	Área das raias dos orgânicos adsorvidos A _{ad} – EIV	Relação de adsorção R = A _{ad} /A _t
PR-2 Raymond	2,23	0,66	3,18	1,24	0,39
PR-2 Fard	3,46	1,19	3,76	2,99	0,80
GM-20 S	6,07	1,91	3,92	1,91	0,49
Importado	13,37	3,13	4,54	4,04	0,89
Jet-mill frontal	10,26	3,84	4,32	4,01	0,93
Jet-mill esp. 3500 rpm	9,24	3,09	4,25	3,27	0,77
Jet-mill esp. 4500 rpm	10,90	3,72	4,70	3,46	0,74
Pérola 10	12,60	2,62	4,56	3,92	0,82
Pérola 20	23,52	4,52	4,19	5,51	1,32
Pérola 30	32,29	5,48	3,66	6,64	1,81

V.3 - Interpretação dos Resultados

A quantificação da adsorção, via EIV, foi realizada da seguinte maneira:

- no espectro do talco, dentre as várias raias disponíveis (Figuras V.26 e V.27), selecionou-se a banda com máximo a 3676cm⁻¹ e limites em 3704 e 3663cm⁻¹ (Figura V.28), devida à vibração de estiramento da hidroxila, na rede cristalina do

talco, para quantificar a massa de talco, que é o substrato ou adsorvente no ensaio de adsorção; a área integrada, correspondente a esta raia, foi calculada e denominada A_t (Figura V.28);

- analogamente, selecionou-se o conjunto de raias entre os limites de 3050cm^{-1} e 2800cm^{-1} (Figura V.28), atribuídos às vibrações de estiramento dos grupos metileno e metil dos hidrocarbonetos componentes do piche (que é o adsorvato neste sistema), para medir a quantidade deste material orgânico, após a sua adsorção na superfície do talco; a área integrada correspondente foi calculada e chamada de A_{ad} (Figura V.28);
- a quantidade de material adsorvido pode ser estimada, comparativamente, pela relação entre estas áreas, determinada para uma mesma amostra de talco, submetida a um mesmo ensaio de adsorção, seja de piche sintético ou de licor real (industrial):

$$R = A_{ad} / A_t$$

Quanto maior esse índice R, maior a ação do talco como agente adsorvente de piche.

O procedimento de análise da polpa industrial (licor) de celulose foi o seguinte: filtrou-se a polpa em filtro médio e fez-se contato entre a amostra de talco e o licor obtido; a seguir, procedeu-se à análise por EIV, calculando-se as áreas das raias para os diversos tipos de talco, determinando-se as relações de adsorção (R) dos mesmos.

Espectros de infravermelho de testes com licor industrial são apresentados nas Figuras V.29 a V.31.

Resultados dos testes de 11 a 14 foram plotados em gráficos (Relação de Adsorção x ASE BET e Blaine) e lançadas as respectivas linhas de tendência. Os resultados são apresentados nas Figuras de V.32 a V.41.

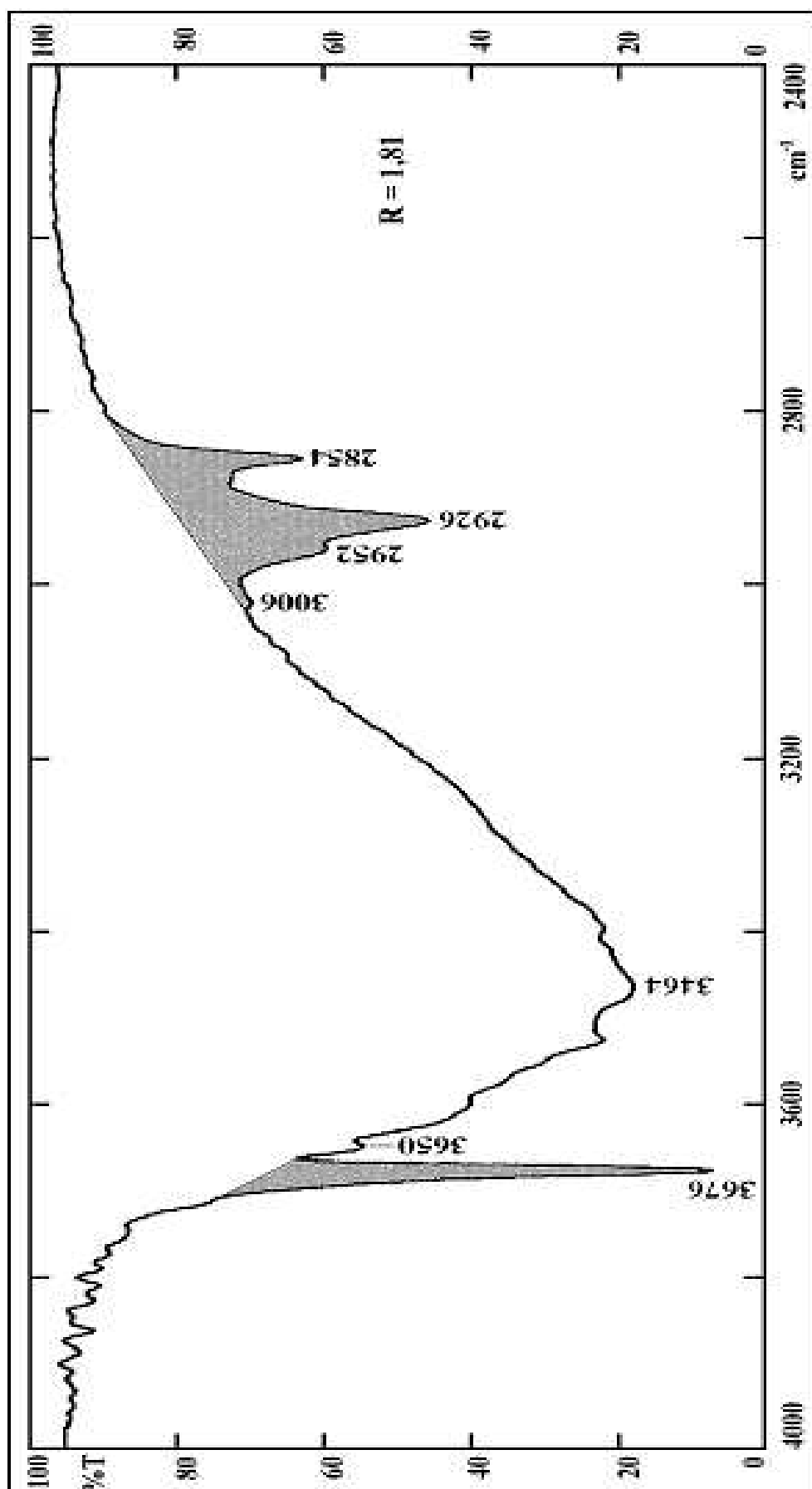


Figura V.29: Espectro infravermelho de transmissão: talco Pérola 30, amostra após adsorção de licor filtrado; expansão da região espectral com as duas faixas de absorção usadas na quantificação da adsorção.

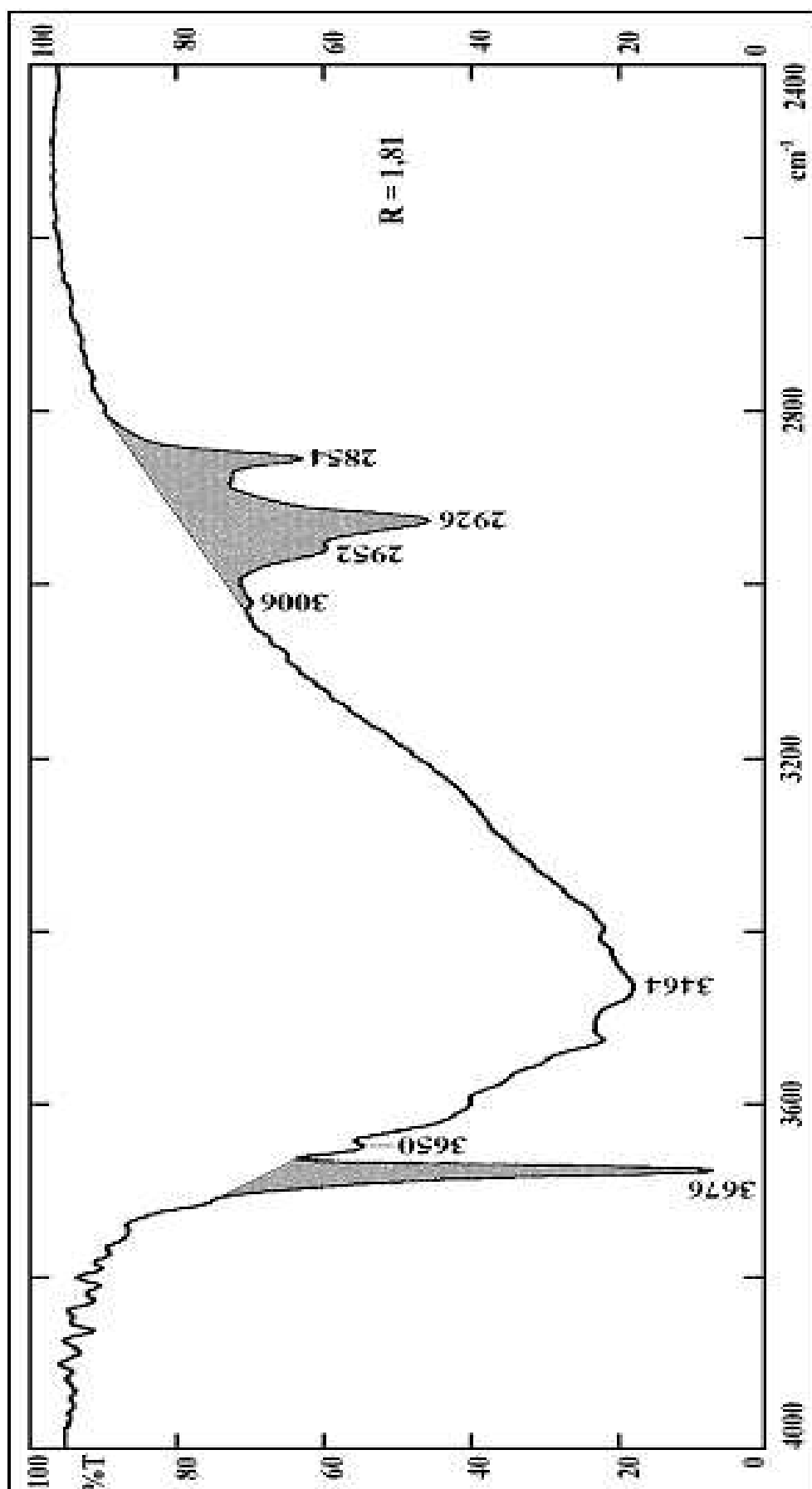


Figura V.30: Espectro infravermelho de transmissão: talco PR-2 Fard, amostra após a adsorção de licor filtrado; expansão da região espectral com as duas faixas de absorção usadas na quantificação da adsorção.

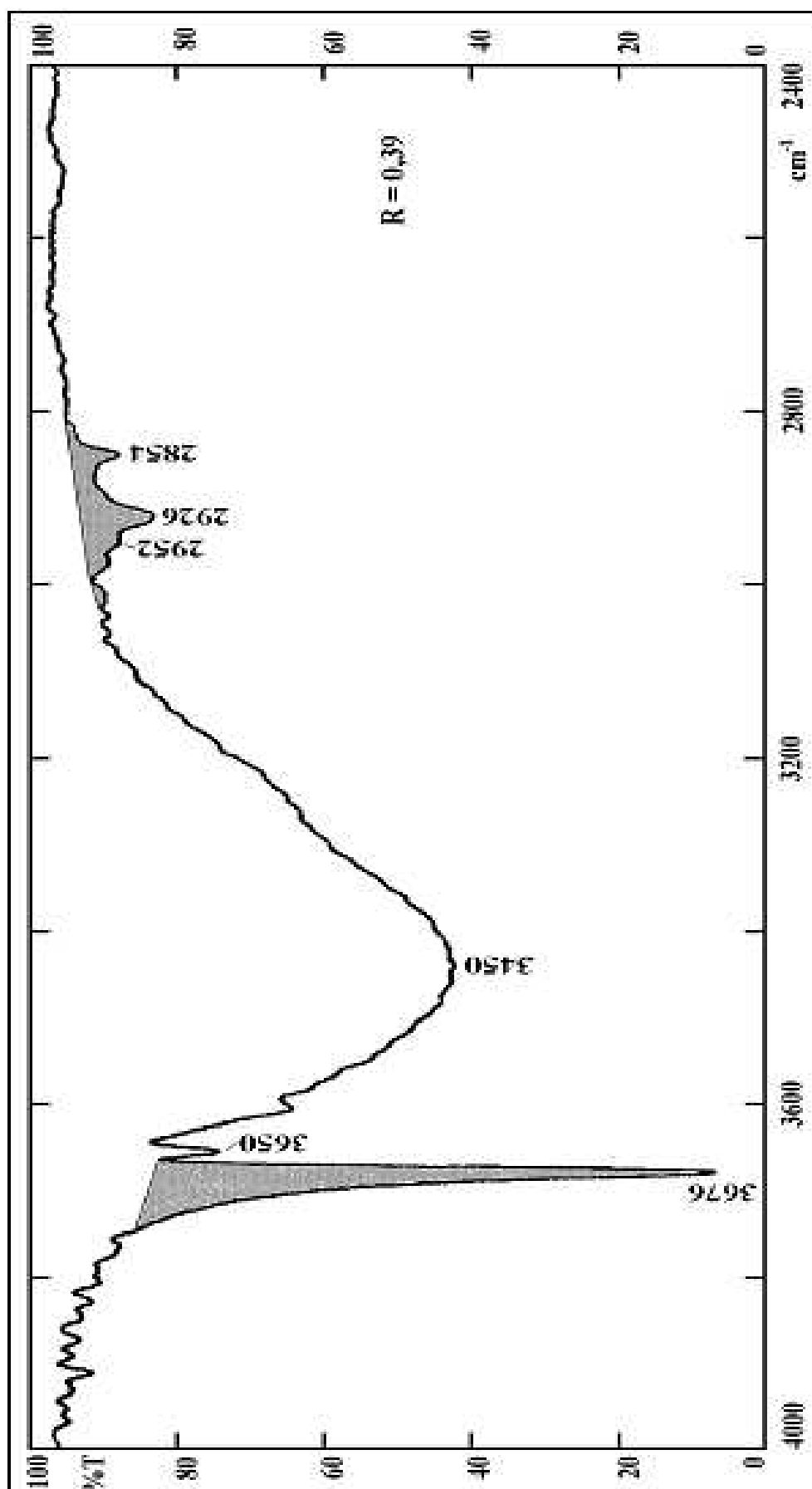


Figura V.31: Espectro infravermelho de transmissão: talco PR-2 Raymond, amostra após a adsorção de licor filtrado; expansão da região espectral com duas faixas de absorção usadas na quantificação da adsorção.

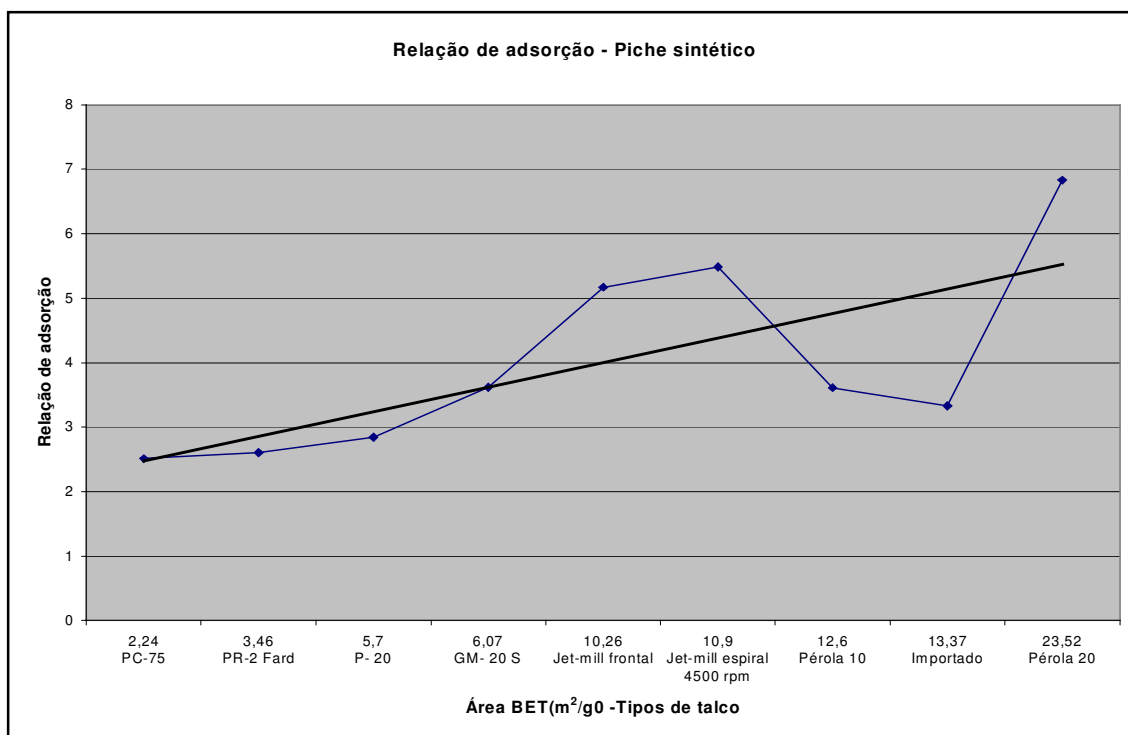


Figura V.32: Gráfico relação de adsorção x tipos de talco, análise via espectrometria de infravermelho, piche sintético. Relação área BET. Teste 11.

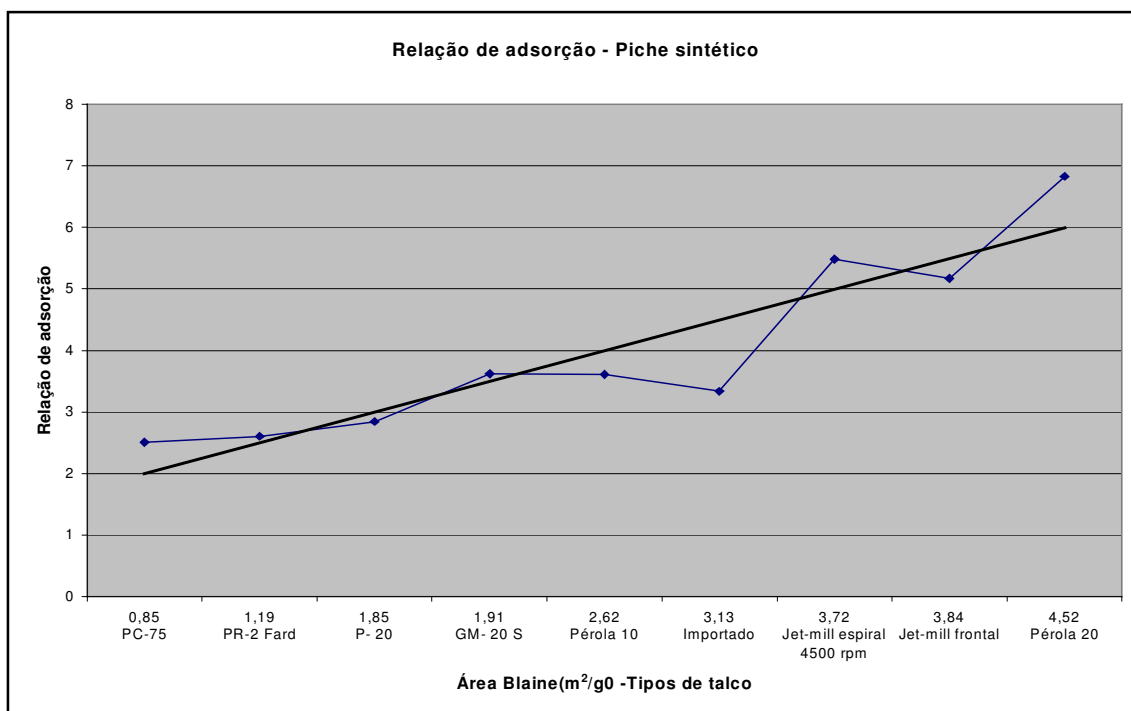


Figura V.33: Gráfico relação de adsorção x tipos de talco, análise via espectrometria de infravermelho, piche sintético. Relação área Blaine. Teste 11.

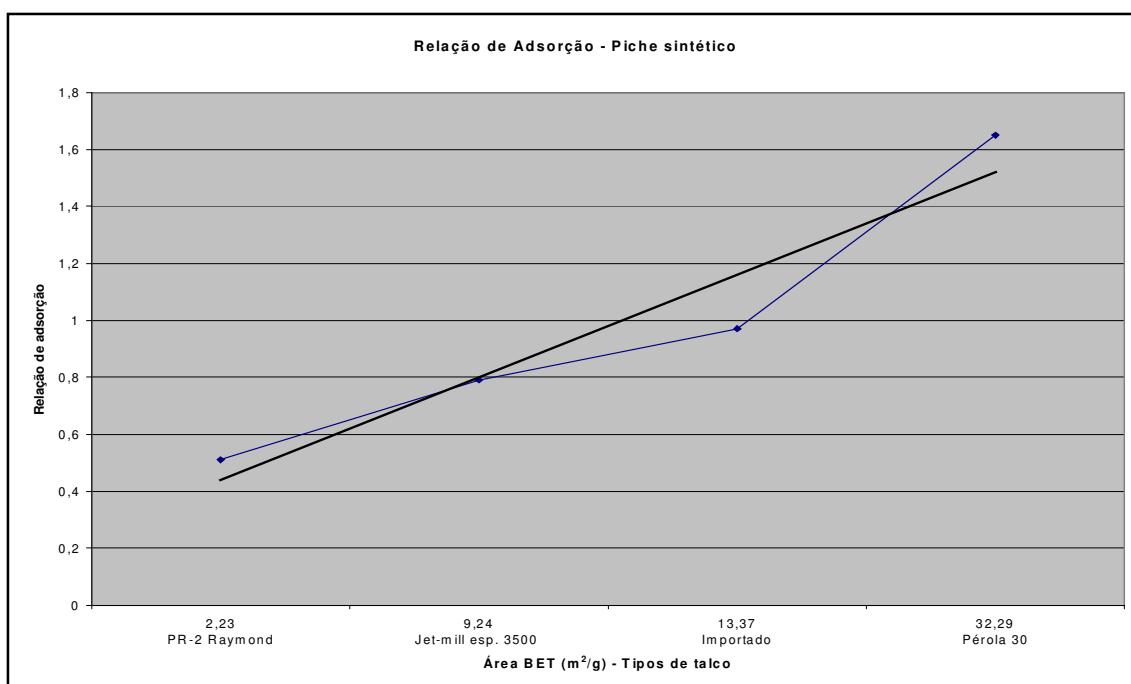


Figura V.34: gráfico relação de adsorção x tipos de talco, análise via espectrometria de infravermelho, piche sintético. Relação área BET. Teste 12.

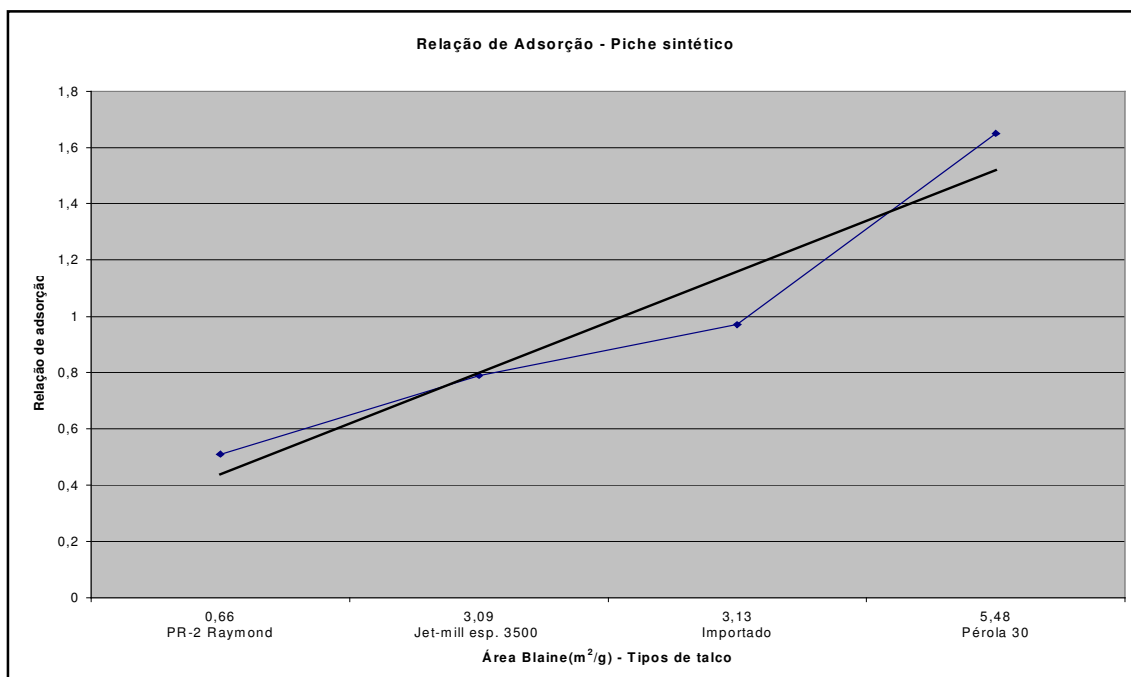


Figura V35: Gráfico relação de adsorção x tipos de talco, análise via espectrometria de infravermelho, piche sintético. Relação área Blaine. Teste 12.

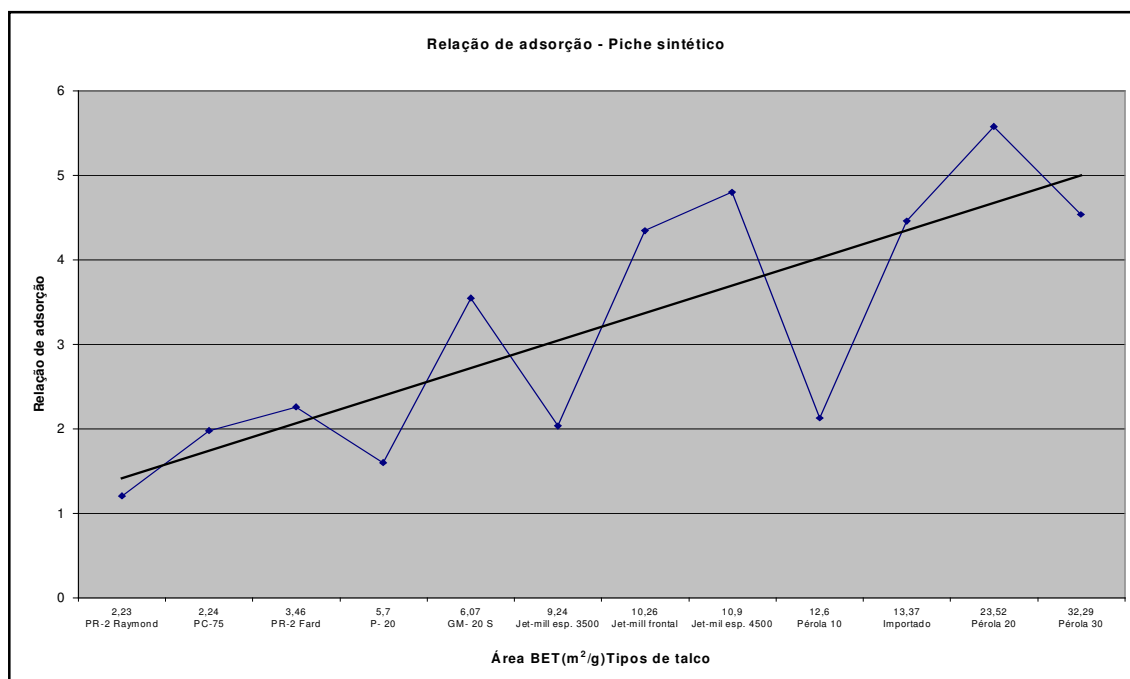


Figura V.36: Gráfico relação de adsorção x tipos de talco, análise via espectrometria de infravermelho, piche sintético. Relação área BET. Teste 13.

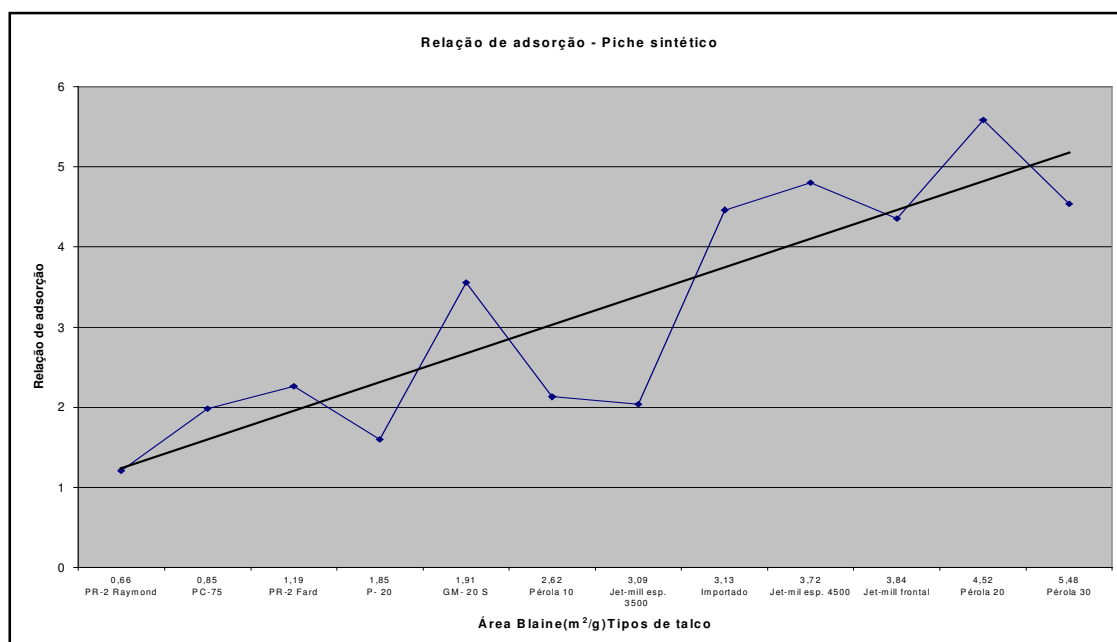


Figura V.37: Gráfico relação de adsorção x tipos de talco, análise via espectrometria de infravermelho, piche sintético. Relação área Blaine. Teste 13.

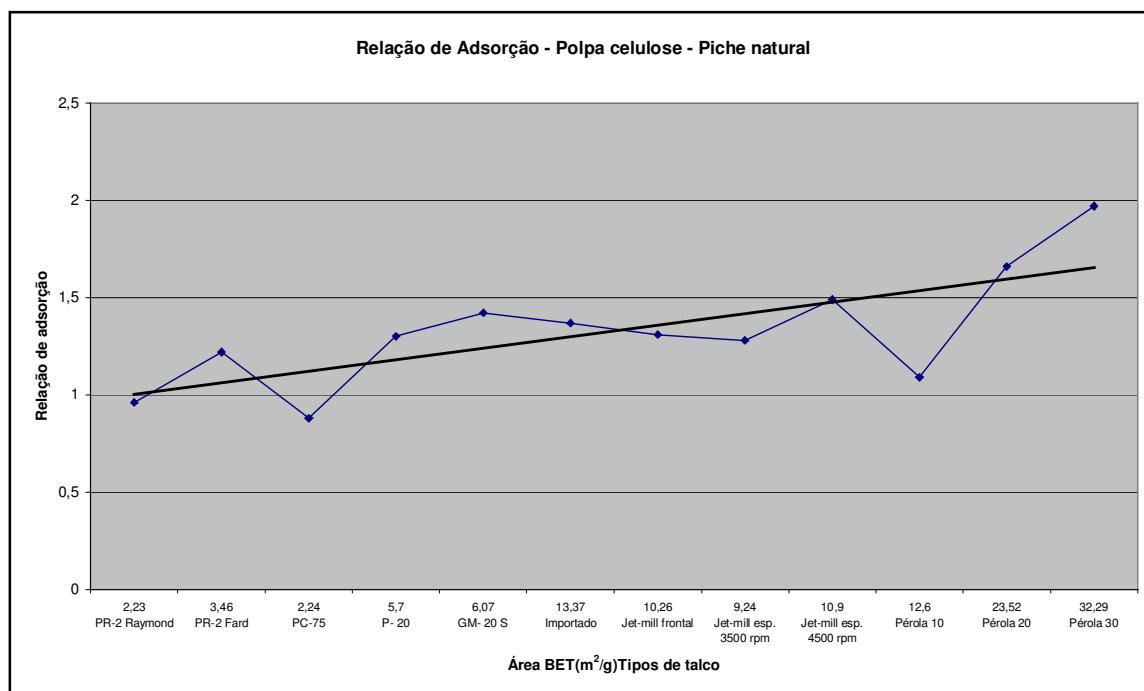


Figura V.38: Gráfico relação de adsorção x tipos de talco, análise via espectrometria de infravermelho; licor de celulose, piche natural. Relação área BET. Teste 14.

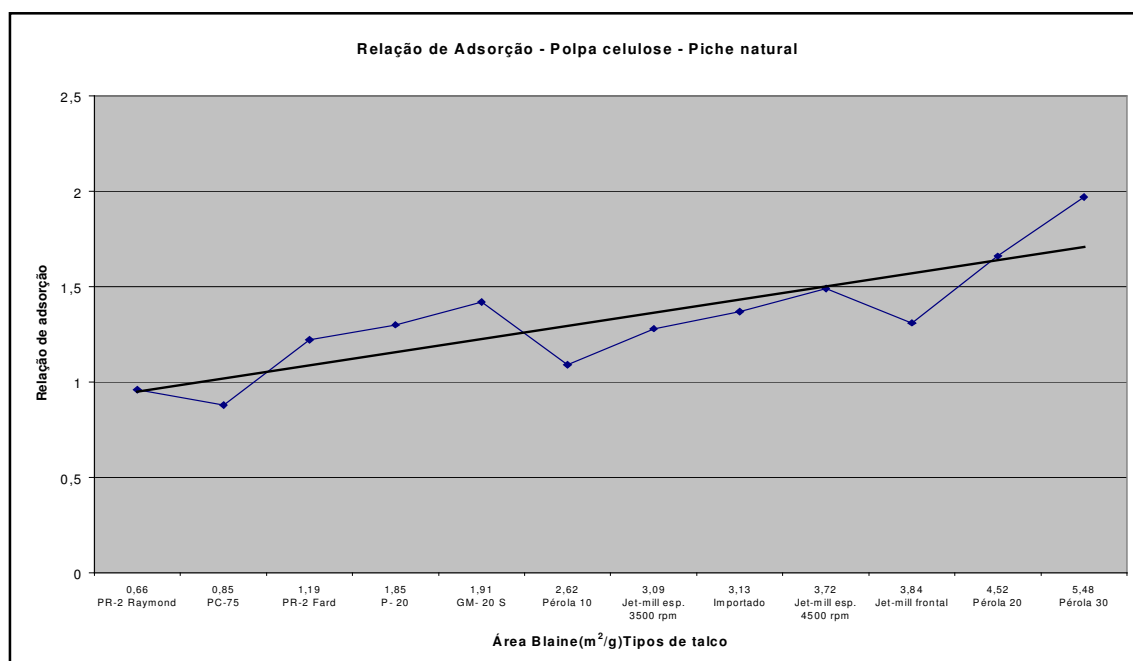


Figura V.39: Gráfico relação de adsorção x tipos de talco, análise via espectrometria de infravermelho, licor de celulose, piche natural. Relação área Blaine. Teste 14.

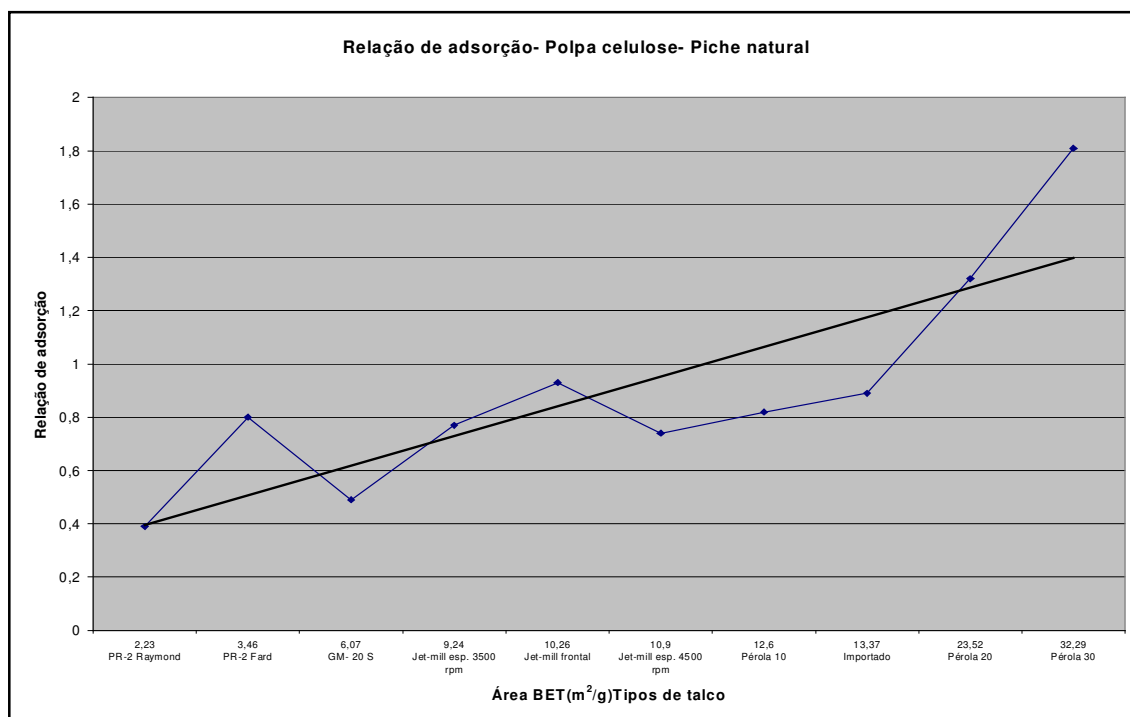


Figura V.40: Gráfico relação de adsorção x tipos de talco, análise via espectrometria de infravermelho; licor de celulose, piche natural. Relação área BET. Teste 15.

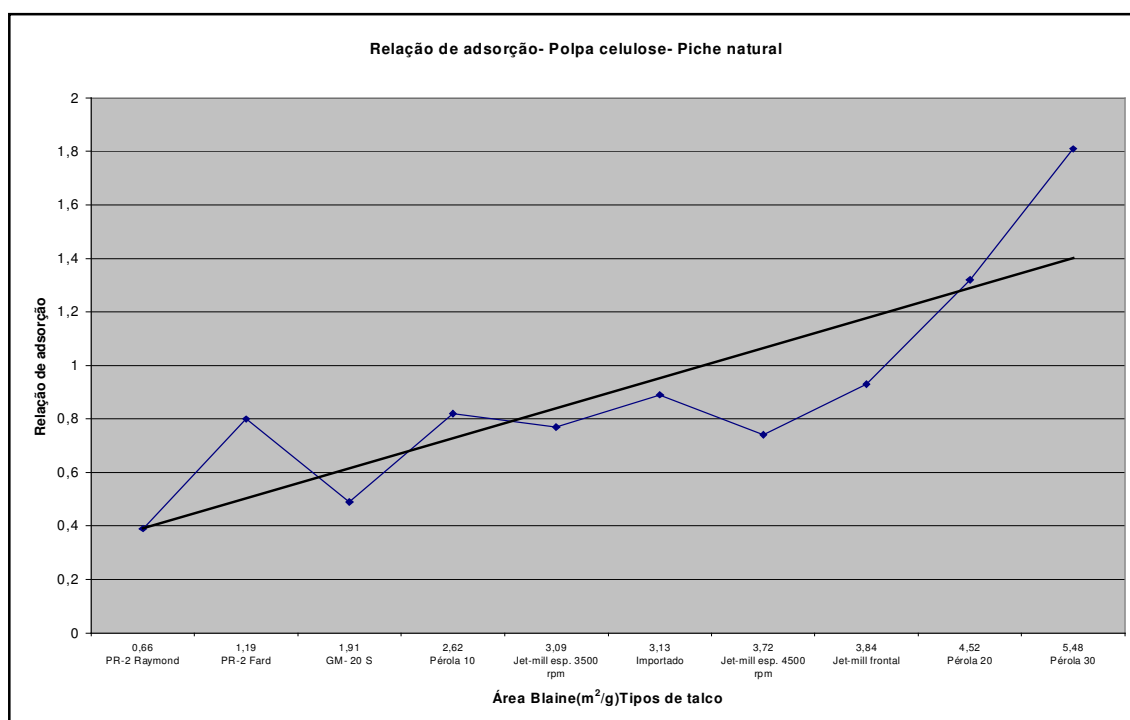


Figura V.41: Gráfico relação de adsorção x tipos de talco, análise via espectrometria de infravermelho; licor de celulose, piche natural. Relação área Blaine. Teste 15.

V.4 - Discussão dos resultados

O estudo para avaliar o desempenho do talco nacional como agente de adsorção de “pitch” e “stickies”, baseou-se em ensaios quantitativos para a análise comparativa, tendo como opções os tipos de micronização a que esses materiais foram submetidos e como suporte, diferentes processos de análise.

Quanto ao tipo de micronização, para a aplicação em questão, houve diferenciação discreta entre o sistema “jet-mill frontal” e “jet-mill espiral”. O sistema em espiral talvez tenha vantagens marcantes para a utilização na linha de plásticos, onde a manutenção da lamelaridade das partículas tem maior importância. Quanto ao moinho pérola, consegue-se atingir faixas extremamente finas de tamanho, principalmente quando se analisa a ASE via BET. Um valor muitas vezes elevado em área BET pode também indicar uma esfoliação das partículas de talco. As camadas se abrem nas pontas, aumentando a área como se fossem poros, porém, não correspondendo a um aumento significativo de disponibilidade de área efetiva para reação. Pelos resultados dos testes, parece que nem toda essa área estaria disponível para reação.

A análise das fotos MEV - Figuras V.11 a V.22 - mostram esfoliação das partículas de talco após os esforços de micronização. Esse acréscimo de microporos e fraturas, acusado na análise da ASE via BET, resulta em áreas superficiais muito elevadas, mas não se reflete em melhoria de performance.

Proporcionalmente, “ASE BET” são significativamente mais elevadas que “ASE Blaine”. Porém, a capacidade de adsorção de pitches não se reflete na mesma proporção de crescimento da ASE. No método BET, mede-se a área externa das partículas mais as áreas de poros e fissuras. No método Blaine, só a área externa, sem inclusão dos contornos dos poros. Essa situação está esquematizada na Figura V.42.

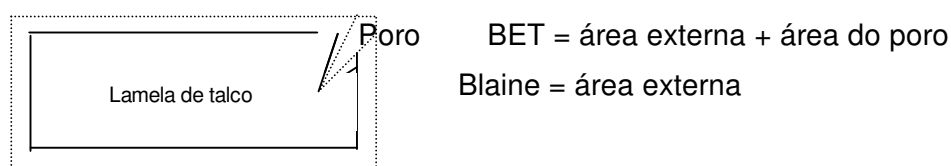


Figura V.42: Lamela de talco e superfícies de contorno consideradas nas análises via BET e Blaine.

Isso parece confirmar a idéia de que nem toda área superficial seria área útil, em termos de disponibilidade para atuação efetiva na captura de “pitch”.

Outra questão ligada à ASE, seria a dificuldade de dispersão, na polpa industrial, de materiais muito finos. A compactação/peletização do material favorece o transporte, manuseio e segurança ocupacional. Mas o material precisa ser desintegrado posteriormente na polpa. Pela hidrofobicidade natural do talco, partículas extremamente finas, sem aditivos, encontrarão maiores dificuldades para efetivar sua ação.

Com relação aos testes de performance, estes foram conduzidos de modo a permitir comparações entre diferentes tipos de talco numa mesma condição de atuação. Assim, mais importante do que o meio onde o talco estaria atuando; como tipo de polpa industrial, composição do piche sintético, maior ou menor presença de fibras orgânicas na polpa celulósica bem como o método de análise adotado, prevaleceu a ação de comparação de performance.

Em cada teste, manteve-se estável a condição do meio, seja lá qual fosse esse meio, e mediu-se o comportamento dos diversos tipos de talcos como agente de adsorção de piche, em diferentes metodologias de análise.

A análise dessa performance em polpas industriais mostrou um certo equilíbrio entre os diversos tipos testados. Prevaleceu o melhor desempenho para o talco importado, mesmo não sendo este material o de maior área superficial específica, levemente superior ao talco nacional com micronização via “jet-mill espiral”. Os resultados com polpas industriais apresentaram performances tão próximas que seria razoável considerar os resultados como equivalentes.

Poder-se-ia atribuir esse resultado levemente superior do talco importado a um melhor sistema de dispersão quando da formação da polpa. Este talco estava peletizado, o que parece ter favorecido a dispersão do mesmo quando do empolpamento.

Essa cinética do empolpamento parece também ter favorecido um talco mais grosso como o PR-2, que embora com área superficial específica bem menor, apresentou um desempenho tecnicamente interessante para um produto onde não houve tão elevado dispêndio de energia em moagem para se chegar a granulometrias mais finas.

Essa mesma cinética de empolpamento explicaria a dificuldade de incorporação de talcos extremamente finos nas polpas industriais, dada a sua natural hidrofobicidade. Mesmo um aumento significativo em área superficial específica acaba por não se refletir em ganhos efetivos em disponibilidade para ação.

No ensaio realizado para se medir a ação do talco como agente de adsorção de “stickies” - o “Doshi Test” - fez-se também um tratamento de superfície com adição de amina quaternária. Esse tipo de ação poderia melhorar a cinética de empolpamento, disponibilizando maior número de partículas para a atuação desejada.

Quanto às quantidades de talco adicionadas ao processo industrial, de uma maneira geral, houve maiores ganhos com adições da ordem de 1,5% de talco. Isso confirma a pesquisa de mercado realizada, que mostra um valor próximo a 2kg de talco por tonelada de pasta celulósica como número utilizado pela indústria do papel no Brasil para uso deste mineral no controle de “pitch”.

Já com os ensaios realizados em condições de laboratório, seja com análise via microscopia, seja via espectrometria de infravermelho, notou-se de maneira mais destacada, a influência da área superficial específica.

A análise via EIV e os ensaios em polpa/piche sintético são diferenciais importantes que devem ser ressaltados.

Polpas industriais são muito heterogêneas, aliando-se as dificuldades de se ter pontos adequados de adição de talco na polpa e pontos de coleta de amostras para ensaios representativos. O teste de contagem de “pitch” em câmara Neubauer ao microscópio é um método que depende também de treino e habilidade do analisador.

Assim, o sistema sintético permite um meio estável e definido para a realização dos experimentos. A análise via EIV permite a avaliação quantificada através de meios

instrumentais de maior precisão e confiabilidade conforme visto nas Figuras V.27 a V.29. A criação e definição do índice “R”, relação de adsorção, permite uma análise comparativa cientificamente adequada, com condições de se ter ensaios repetitivos, com análise instrumental confiável.

Ao analisar os resultados com polpa/piche sintético, plotando-se os resultados e traçando-se as linhas de tendência, Figuras V.32 a V.41, verifica-se claramente que talcos mais finos tendem a ter melhor performance na ação de adsorção quando comparado aos mais grossos, seja pela análise via ASE BET ou ASE Blaine.

Dados práticos na indústria indicam que maior densidade de partículas com tamanho médio em torno de $1\mu\text{m}$ levam a maior performance na adsorção.

Talvez tenha significância a relação área superficial/ “aspect ratio” , cujo valor mais favorável estaria na faixa de um tamanho de partícula da ordem de $1\mu\text{m}$. “Aspect ratio” maior tenderia a destacar as características hidrofóbicas do talco e maior área superficial, maior disponibilidade reativa.

Estes resultados estão lógicos quando se relaciona tamanho de partículas com área disponibilizada para a ação de adsorção. Isso se verifica tanto em testes com polpa sintética quanto industrial.

VI - Conclusões

Em todos os ensaios realizados, constatou-se a ação efetiva do talco nacional como agente capaz de promover a redução de piches e contaminantes pegajosos nas polpas do processo de fabricação do papel.

A área superficial específica é um fator importante para a eficiência da ação do talco, que tem maior capacidade de adsorção para maiores áreas superficiais específicas.

Um sistema de moagem para se chegar a granulometrias mais finas, preservando ao máximo a lamelaridade das partículas do talco tende a favorecer o processo de cobertura dos piches coloidais pelo talco (processo de quebra da característica pegajosa de “pitch” e “stickies” – “detackification”). O talco tende a passivar esses contaminantes junto às fibras, tornando-os menos pegajosos.

Dos tipos de moinhos testados, o sistema “jet-mill” parece ser o mais indicado. O moinho pérola atinge baixas granulometrias, alcançando alta área superficial específica e com baixo consumo energético. Porém, há o inconveniente de se ter carga moedora importada, de maior custo de aquisição, condições operacionais desfavoráveis (controle de recirculação da carga moedora, limpeza do corpo interno do moinho para retirada de material aderido), além de poucas unidades vendidas no mundo.

Com relação aos sistemas “jet-mill frontal” e “jet-mill espiral”, admite-se uma pequena vantagem para este último, já que tende a preservar a lamelaridade das partículas, apresentando ainda o “sistema espiral”, a vantagem de possuir um tipo de classificador que retira grande parte do quartzo presente no processo. A retirada de quartzo reduz a abrasividade do material, sendo benéfico para o processo como um todo.

Quanto ao sistema de compactação, conclui-se que, para aplicação na indústria do papel, não é imprescindível que o talco esteja peletizado. Os ganhos maiores estão relacionados à racionalização do transporte, onde se consegue circular maiores pesos

em menores volumes, além de maior facilidade e segurança no manuseio, com menor geração de pó.

O talco não age como agente dispersante de “pitch” e “stickies”, mas como um antiaglomerante. Através da agregação hidrofóbica, o talco deixa piches e gomas menos pegajosos pela ação de cobertura da superfície. Esta configuração inofensiva da aglomeração, não aderente, é removida do sistema, podendo ser incorporada ao produto.

Os talcos das minas da Magnesita S.A. apresentaram bons resultados quando comparados ao contra-tipo importado. Nos testes com polpas industriais, o talco importado peletizado mostrou uma redução de cerca de 55% de piche contra cerca de 50% do talco nacional.

Nos testes com polpa sintética/piche sintético, talcos com maiores áreas superficiais específicas mostraram tendência a melhores performances, de acordo com as relações de adsorção medidas. Nesse contexto, a eficiência do talco nacional chegou a ser superior ao produto importado, quando se consideram faixas equivalentes de área superficial.

O talco nacional certamente pode ser empregado com êxito, observando-se os locais mais adequados para a adição na polpa industrial, que deve ser antes que “pitch” e “stickies” tenham condições de aglomeração. Deve-se atentar para uma percentagem de sólidos ajustada na polpa talco/água e, muito importante, a questão da cinética do empolpamento, promovendo uma dispersão adequada desse talco na polpa.

Independente de sua morfologia - se macro ou microcristalino - o talco pode ser utilizado como agente de adsorção na fabricação do papel.

A conclusão final do trabalho é de que o talco brasileiro apresenta plenas condições para ser utilizado como agente de adsorção de “pitch” e “stickies” na polpas do processo de produção do papel.

VII - Relevância dos resultados

Os produtores nacionais de talco estão se preparando e buscando caminhos junto às empresas fabricantes de papel, de modo a participar de maneira cada vez mais significativa, como fornecedores de um insumo interessante ao processo.

O principal fornecedor externo sempre usufruiu credibilidade na área, onde goza de tradição e reputação em nível global. Acrescente-se a essa capacitação tecnológica, um bom programa de assistência técnica, aliado a uma estratégia de mercado que sempre soube valorizar seu produto, inclusive em detrimento da qualidade atribuída aos materiais concorrentes.

Este trabalho pode vir a ser mais uma ferramenta que auxilie a demonstrar, ser o talco nacional tão capaz quanto os similares importados, de atuar como agente de adsorção de “pitch e stickies” no processo de produção do papel.

Embora sendo esse o enfoque principal do trabalho, tentou-se abordá-lo de uma forma integrada, associando o estudo da ação do talco com os principais sistemas de micronização disponíveis e suas implicações com a área superficial.

Ressalta-se assim, o caráter pragmático que se pode apreender dos estudos. Foram realizados ensaios de campo, na indústria, testes em fabricantes de equipamentos, bem como testes laboratoriais. Buscou-se aliar teoria e prática, de modo que os ganhos do conhecimento teórico pudessem vir a gerar ações concretas a nível industrial.

VIII – Sugestões para trabalhos futuros

Como visto ao longo do desenvolvimento dos estudos, a questão da formação de “pitch e stickies” é bastante complexa, envolvendo, industrialmente, uma gama bastante extensa de variáveis.

Uma nova bateria de testes pode ser estabelecida de modo a sistematizar a análise dos resultados. A variação de parâmetros operacionais em faixas admitidas como de melhores expectativas de performance, poderia permitir, através de uma análise fatorial, chegar a pontos otimizados de trabalho.

Fatores que influenciariam a formação de micelas, estudos envolvendo determinações do potencial zeta, variações no pH, com reflexos na deposição de piche, poderiam fornecer novas informações técnicas sistematizadas sobre o assunto.

Outro ponto que poderia ser de interesse teórico e também para a prática industrial, seria o estudo de fenômenos envolvendo o tratamento superficial do talco.

Substâncias que adicionadas poderiam torná-lo um pouco mais efetivo em sua ação, como as aminas. Talvez, partículas mais finas, com maior área superficial pudessem ser mais bem disponibilizadas na polpa, tendo assim aumentada sua eficiência na adsorção.

Estudos sistematizados de cinética de empolpamento e cinética de adsorção, poderiam somar conhecimentos úteis a um melhor entendimento desse sistema coloidal, vindo a gerar novas ações que promovam o uso de forma cada vez mais racional e produtiva do talco.

Outro fator merecedor de atenção, seria a implementação do processo de quantificação de “pitch” via espectrometria de infravermelho. Essa metodologia parece indicar um processo onde a confiabilidade dos resultados pode ser conseguida de uma maneira sistematizada, menos dependente da habilidade pessoal do analisador, como ocorre no processo de quantificação de “pitch” via microscopia ótica.

Finalmente, o desenvolvimento de estudos visando a ampliação da aplicação de talco em novos campos no Brasil, como:

- o uso na fabricação de tintas industriais e para a construção civil;
- estudos de uso do talco como antiaglomerante na indústria de fertilizantes;
- desenvolvimento do uso de talco na indústria de plásticos;
- estudos do uso do talco como carga de cobertura para produtos nobres na linha de fabricação do papel, podendo levar a uma ampliação de mercado e criação de novas oportunidades e aplicações.

IX – Referências bibliográficas

ABERNATHY, R.E. – Fundamental reasons for the development of the pitch problems. Paper Trade Journal, New York, v. 165, n.23, p.37-38, Dec. 1981.

AGOSTI, G.- Alternativa para utilização de talco na indústria – Anais do III Encontro Nacional do talco. p.72- 93. Ponta Grossa, 1986.

ALLEN, L. H. – Mechanisms and control of Pitch deposition in newsprint mills. Tappi, Atlanta, v.63, n.2, p. 81-87, Feb. 1980.

ALLEN L. H; ERNST L. – Pitch Control, Wood Resin and Deresination – Tappi Press – 2000.

ALLEN, L.H. Pitch in wood pulps. Pulp Pap.Can. Westmount, v. 76, n.5, p. 70-77, May 1975.

ALLEN L.H. , MAINE, C. Pitch particle concentration in pulp and paper mills. Pulp Pap. Can. Westmount, v.79, n.4, p. T152 – T159, April 1978.

ALLEN L.H, CAVANAH W., HOLTON J., WILLIAMS G. – New understanding of talc addition may help improve control of pitch – Pulp and Paper. P.89-91- Dec.1993.

BERG, E. A.T. - O Talco na Indústria Cerâmica. Anais do II Encontro Nacional do Talco, p. 37 – 42, Ponta Grossa, 1984.

BERG, E.A.T. - Aplicações do Talco na Indústria Cerâmica. Anais do III Encontro Nacional do Talco, p. 11 – 22, Ponta Grossa, 1986.

BLAIR, E.J. , KOVAL, J.C. , WOZNIAK, A.M. – Analysis of white pitch potential by hemacytometer particle count technique. In: 1985 Coating Conference, Atlanta. Anais Tappi Press, 1985; p. 69-79.

Brandão, P.R.G. – Notas de aula da disciplina “Métodos de Instrumentação e Análise”, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, 1997, 120p.

Brandão, P.R.G. – Notas de aula da disciplina “Agregação/Dispersão”, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, 1998, 112p.

Brandão, P.R.G., Araújo, A.C, Peres, A.E.C - Espectrofotometria Infravermelha na Investigação de Espécies Adsorvidas. In: Simpósio EPUSP de Caracterização Tecnológica na Engenharia e Indústria Mineral, 1990, São Paulo. Anais...São Paulo: EPUSP, 1990.p.211-230.

CARR, D. D. - Industrial Minerals and Rocks. 6ª edição, p. 1049-1052. 1994.

CHANG, Y.C. – An analytical method for determining pitch adsorvity. Tappy Journal, Atlanta, v.67,n.11, p.112-115, Nov. 1985.

CARVALHO, I.G - Chemical Deposits Associated to Metavolcanosedimentary Sequences of the Central Portion of the São Francisco Craton in the State of Bahia, Brazil: a Review. Revista Brasileira de Geociências, 30(2): 279 – 284, junho de 2000.

CIMINELLI, R. R. - Talco na Bahia – Aspectos Técnicos e Comerciais. Anais do II Encontro Nacional do Talco, p. 67 – 73, Ponta Grossa, 1984.

CIMINELLI, R. R. - Diferencial Tecnológico no Marketing de Minerais Funcionais. Anais do IV Encontro Nacional do Talco, p. 203 – 216, Ponta Grossa, 1988.

COSIN, S. & SANTOS P.S. - Propriedades Cerâmicas de Alguns Talcos Brasileiros – Parte I. Anais do 39º Congresso Brasileiro de Cerâmica, páginas 254 – 259, Águas de Lindóia, 1995.

Cruz, M.C. – Estudo de Mercado de Talco para Uso em “Pitch Control” na Indústria do Papel – Relatório interno Magnesita S.A. – 2003.

DREISBACH, D. D., MICHALOPOULOS, D.L. – Understanding the behavior of pitch in pulp and paper mills, Tappi J., Atlanta, v. 72, n.6, p. 129-134, June 1989.

Enciclopédia Delta Larousse – Vol.12, 2ª Edição. Editora Delata S.A., à Societé Encyclopédique Universelle, 1964, pags. 6433 a 6437

Enciclopédia Tecnológica Planetarium – vol.2- Editora Planetarium Ltda. Copyright 1976.

Faria, L; Brito, E.C. – Geologia da Mina de Talco Cabeceiras – Relatório interno Magnesita S.A. - 2003

FARLEY, C. E. Causes of pitch problems and a laboratory method of evaluating control agents. In: 1977 Tappi Papermakers Conference, Chicago. Anais Atlanta, Tappi, 1977. 155p.p.23-29.

GESS,J.M. – Pitch control on paper machine. Tappi J., Atlanta, v. 69, n.9, p.189, September, 1986.

HASSLER, T. – Pitch deposition in papermaking and the function of pitch control agents; Tappi J., Atlanta, v. n.6, p. 195-201, June 1988.

HUGHES D. – A method for determining the pitch adsorption characteristics of mineral powders – artigo técnico – Vanderbilt Company Inc .

INDUSTRIAL MINERALS, Issue May 1997. p. 39 – 53.

INTERNET: www.webmineral.com/data/Talc.shtml; ATHENA MINERALOGY (<http://unsq4.unige.ch/athena/mineral/mineral.html>).

JORDÃO, M.C.S. – Pitch na Indústria de Celulose e Papel – Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT – São Paulo – 1991.

KLEIN,C.; HURBUT Jr., C. - Manual of Mineralogy- 21 st ed. rev /after D.Dana, New York: John Willey&Sons, INC, 1999, p. 498 a 506.

LAROUSSE CULTURAL – GRANDE ENCICLOPÉDIA- v.18. Editora Nova Cultural Ltda – 1998

LOBATO, E.M.C. – Desenvolvimento de talco para controle de pitch- Relatório interno Magnesita S/A. – 2000.

LOBATO, E. M.C.; SÁ, P. G. – Talco : mineralogia e principais usos – Relatório interno Magnesita S/A – 2001.

LOBATO, E.M.C. – Talco – produção e aplicações na indústria cerâmica –IX Encontro de Mineradores e Consumidores - Salvador, 29 a 31 de agosto de 2001.

LODZINSKI, F. P. – An improved technique for estimating depositable pitch. Tappi, Atlanta, v. 63, n.11, p. 163-164, November 1980.

LUZENAC AMERICA, INC- The World of Talc - Free stickies control – Luzenac America, Inc – Volume 2, Number 3 , October 1995.

MINERALS YEARBOOK, US Dept. of Interior, Bureau of Mines, Washington D. C., 1980.

MORELLI, M.R. - Parâmetros da Formulação e Síntese de Refratários de Cordierita. Anais do IV Encontro Nacional do Talco, p. 239 – 254, Ponta Grossa, 1988.

OLIVEIRA, D.E. - O Uso do Talco na Indústria Cerâmica. Anais do IV Encontro Nacional do Talco, p. 223 – 235, Ponta Grossa, 1988.

PANDOFELLI V.C, OLIVEIRA,I., STUDERT, A, PILEGGI, R. – Dispersão e empacotamento de partículas – Princípios a aplicações em processamento cerâmico- Fazendo Arte editorial – 2000.

PARAMENTIER, C. J.; POST,R. – Analysing and controlling deposits in pulp and paper mills. Prima, Arlington Hights, v.62, n.7, p. 33-36, July 1980.

PEREIRA,A.L. - Influência da Presença de Argilominerais nos Talcos e sua Conseqüência na Indústria Cerâmica. Anais do IV Encontro Nacional do Talco, p. 107 - 121, Ponta Grossa, 1988.

PINHEIRO, J. C. F. - Perfil Analítico do Talco. Rio de Janeiro, DNPM, 1973.

PRINCIPAIS DEPÓSITOS MINERAIS DO BRASIL. Volume IV, parte C. Brasília, DNPM, 1997.

RANDRUP R.G., - Química da parte úmida da máquina de papel. Revista "O Papel", p.41-51,1991.

SALAS, H.T. – Caracterização mineralógica de amostras de talco, produtos de beneficiamento – Relatório Magnesita S/A, 1977.

SANTOS, P. S. – Tecnologia de Argilas Edgard Blucher, Editora Universidade de São Paulo, 1975.

SANTOS, P.S. - Aspectos Fundamentais do Talco em Relação com a Utilização Industrial. Anais do II Encontro Nacional do Talco, p. 82 – 100, Ponta Grossa, 1984.

SANTOS, P.S. - Ciência e Tecnologia de Argilas. Volume 1, página 50 - 69, São Paulo.

SCHIEBELBEIN, E.R - O Talco na Indústria Cerâmica. Anais do V Encontro Nacional do Talco, p. 73 – 82, Ponta Grossa, 1990.

SHAW D. J. – Introdução à química dos coloides e de superfícies; tradução Juergen Heinrich Maar. São Paulo, Edgard Blücher, Ed. Universidade de São Paulo, 1975.

SHELTON, R.L. – Using talc to control pitch problems in paper and pulp mills. Paper Trade Journal, v. 169, n.8, p. 48-49, August 1985.

SOUZA, J.A. – Desenvolvimento de compostos de polipropilenos com talcos para aplicações técnicas- Convênio FAI/UFSCar- Magnesita S/A – 2000

SWANSON, J.W – Additives for pitch problems in papermaking. Tappi, New York, v.44, n.1. p. 165 A – 167 A , Jan 1961.

The infrared spectra of minerals- Edited by V.C. Farmer, Mineralogical Society. 41 – Queens Gate – London – SW 7 5HR – 1974.

THE ECONOMICS OF TALC AND PYROPHYLLITE, 3rd ed.; Roskill Information Services, London, 1981.

VARELA, J.A. - Um Estudo por Raio-X, ATD e ATG da Decomposição do Talco. Instituto Tecnológico da Aeronáutica – Departamento de Física e Química, São José do Campos, 1975.

VINCENT, D.L. – Studies on pitch deposition. In: Annual meeting of. the technical section, 43, 1957, Montreal. Anais. Montreal:CPPA,1957. 438 p, p.321-328.

ZAZYCZNY, J. – The effect of talc on reducing micro stickies in newsprint pulp; Polar Minerals, Lab report 00-3-11-01 – Nov.2000.

ZIMMER,C.; SACON,V.M.; RATNIEKS,E. - Utilização de parâmetros físico-químicos como indicadores do “pitch”. - Congresso Anual de Celulose e Papel,22.,1989,São Paulo. Anais. São Paulo: ABTCP,1989, 781 p., p. 151-163.

YORDAN, J. L. – Talc application for stickies control- Luzenac America – Fall meeting, Southeastern TAPPI, Macon, Georgia, 1998.

YORDAN , J.; MAAT P. – Application of. new analytical tools to determine efficiency of talc as a pitch/stickies control agent – Recycling Symposium. p. 361-366. 1997.