

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIDADE ACADÊMICA DE MINERAÇÃO E GEOLOGIA
MESTRADO EM ENGENHARIA DE MINAS
ERIK ERMANO PEREIRA DA SILVA

**APROVEITAMENTO DE REJEITO DA MICA MOSCOVITA
DO ESTADO DA PARAIBA VISANDO APLICAÇÃO NA
INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS E SIMILARES**

CAMPINA GRANDE

Março / 2009

ERIK ERMANO PEREIRA DA SILVA

**APROVEITAMENTO DE REJEITO DA MICA MOSCOVITA
DO ESTADO DA PARAIBA VISANDO APLICAÇÃO NA
INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS E SIMILARES**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Curso de Pós-Graduação em Engenharia
de Minas da Universidade Federal de
Campina Grande, para a obtenção do
título de Mestre em Engenharia de Minas

Linha de Pesquisa: Tratamento de
Minérios.

Orientador: Prof. Dr. Elbert Valdiviezo
Viera

CAMPINA GRANDE

Março / 2009



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S586a

2009 Silva, Erik Ermano Pereira da.

Aproveitamento de rejeito da mica moscovita do estado da Paraíba visando aplicações na indústria de cosméticos e similares / Erik Ermano Pereira da Silva. — Campina Grande, 2009.

84f. : il

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia.

Referências.

Orientador: Prof^o. Dr. Elbert Valdiviezo Vieira.

1. Moscovita. 2. Mica. 3. Moagem. 4. Processamento. Título.

622.7
CDU – 49.623.5(043)

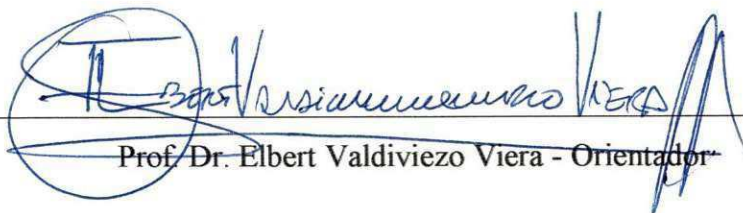
ERIK ERMANO PEREIRA DA SILVA

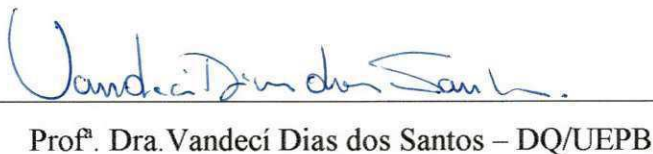


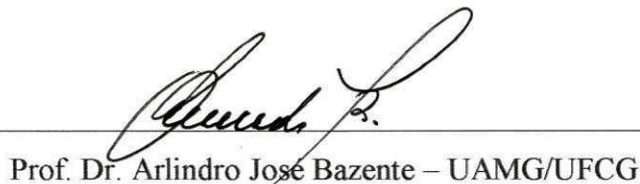
**APROVEITAMENTO DO REJEITO DA MICA MSCOVITA
DO ESTADO DA PARAIBA VISANDO APLICAÇÃO NA
INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS E SIMILARES**

Aprovado em ____ do ____ de 2009.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Elbert Valdiviezo Viera - Orientador


Prof.ª Dra. Vandeci Dias dos Santos – DQ/UEPB


Prof. Dr. Arlindo José Bazente – UAMG/UFCG

Dedico esta dissertação aos meus pais amados, Carmelita e Ernani por todo o amor, dedicação, empenho e conselhos e ao meu Pai Criador Deus, ter iluminado o meu caminho nessa trajetória.

“Embora ninguém possa voltar atrás e
fazer um novo começo, qualquer um pode
começar agora e fazer um novo fim.”

Chico Xavier.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter dado forças e perseverança durante todo o período desta jornada.

À Universidade Federal de Campina Grande pela oportunidade oferecida para realização deste Curso de Mestrado em Engenharia de Minas.

Ao Prof. Elbert Valdiviezo Viera, pela orientação, dedicação, compreensão e paciência para elaboração deste trabalho: meus sinceros agradecimentos.

A todos os Professores e funcionários da Unidade Acadêmica de Mineração e Geologia da UFCG, em especial a Prof^a.Cláudia Rapôso.

Ao Laboratório de Análise Mineraiis, em nome do Prof. José Avelino Freire pela concessão da realização de ensaios, com utilização de matérias e reagentes do laboratório.

Ao Corpo Técnico-Administrativo, que muito se empenhou, no decorrer deste estágio; especialmente á Patrícia, Gercino, Gilvan, Francisco, Risonete e Maria do Carmo.

As estagiárias do Laboratório de Tratamento de Minérios, Poliana, Juliana1, Rute, Cristiane e Juliana2 pela paciência em dividir o material do laboratório.

Aos Médicos Luciano Guedes, Jose Gomes Caminha e André Sacchi, aos Fisioterapeutas Januario Junior, Marlem Oliveira e Prof. João Paulo Campos, pela recuperação tão rápida do acidente ocorrido no laboratório.

À coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, em nome do Prof. Elbert Valdiviezo Viera.

Ao Centro Gemológico da Universidade Federal de Campina Grande, em nome do Prof. Reinhard Wegner, ao Departamento de Matérias (DeMA) da UFCG em nome do Prof.Gelmires.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro ao longo deste trabalho.

À Seridó Mineração Ltda – pelo fornecimento das amostras de mica moscovita.

Finalmente a todos os amigos, especial ao Fisioterapeuta Jurnior, Patrícia, Valquiria Vidal e a Prof^a.Erika que torceram por esta conquista.

E aquele que por ventura deixei de citar, talvez por um lapso, que o objetivo alcançado por mim, seja um exemplo de determinação e força de vontade.

RESUMO

O presente trabalho objetivou estudar o aproveitamento de rejeito de extração e beneficiamento de mica focando aplicações na indústria de cosméticos e similares, em amostras de moscovita do Estado da Paraíba. O teor de ferro foi um dos critérios que foi empregado para selecionar apenas uma das amostras que foi usada na continuidade dos ensaios. Na amostra natural, inicialmente foi realizada uma caracterização física, mineralógica e química, através das técnicas de difração de raios-x (DRX), análise térmica diferencial e termogravimétrica (ATD – TG), determinação de tamanho de partícula, fluorescência de raios X (FRX) e análise química por via úmida. A seguir foram realizados estudos de micronização e clareamento químico com frações abaixo de 0,5 mm e 44 µm; respectivamente. De acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que no melhor ensaio, o mineral tratado apresentou um teor de ferro de 0,50 % e granulometria menor que 44 micrômetros. Os resultados mostraram que as micas moscovitas da Paraíba apresentaram potencial quando a finalidade é a obtenção de pigmentos destinados à indústria, principalmente de cosméticos e tintas.

Palavras-Chave: moscovita , mica , moagem , processamento.

ABSTRACT

This work aimed to study the use of tails of extraction and mineral processing of mica muscovite focusing applications at the industry of cosmetics and similar products, in samples of muscovite of the State of Paraíba. The grade of iron was one of the parameters that were used to select one of the samples that was used in the continuity of the rehearsals. In the natural sample was performed a characterization physical, mineralogical and chemical accomplished initially, through the diffraction techniques of ray-x (DRX), differential thermal analysis and thermal gravimetric (ATD - TG), determination of particle size, fluorescence of rays X (FRX) and chemical analysis for wet method. To follows micronization studies and chemical clearing tests they were accomplished with fractions below 0,5 mm and 44 μm ; respectively. In agreement with results obtained can be ended that the best rehearsal, the mineral treated presented a grade of iron of 0,50 % and size smaller than 44 micrometers. The results showed that the muscovite micas of Paraíba presented great potential when the purpose is the obtaining of pigments destined to the industry, mainly of paints and cosmetics.

Key - words: muscovite , mica, grinding , processing.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - Arranjo atômico dos tetraedros e octaedros de gibbsita remontando a arquitetura da mica	22
FIGURA 2.2 - Estrutura da mica moscovita	23
FIGURA 2.3 - Foto micrografia mostrando a morfologia de lamelas de moscovita	24
FIGURA 2.4 - Detalhe da mineralogia óptica de lamelas delgadas de moscovita	27
FIGURA 2.5 - Localização de depósitos de moscovita nos estados brasileiros	28
FIGURA 2.6 - Mapa geológico da Província da Borborema localizada entre os estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba	30
FIGURA 2.7 - Fotografias mostrando em (A), moscovita da região Borborema – Seridó, em (B) mica em associação com outros minerais como feldspato e quartzo.	31
FIGURA 2.8- Principais usos industriais da moscovita.	36
FIGURA 2.9 - Detalhe da lavra manual de moscovita com o uso do “pixote”	42
FIGURA 2.10 - Esquema usado no processo de beneficiamento da moscovita por via úmido.	44
FIGURA 3.1- Mapa Geológico, mostrando a localização da área mineralizada em mica moscovita	46
FIGURA 3.2 - Detalhes das diferentes tipos de mica selecionada manualmente e processada	47
FIGURA 3.3 - Detalhes das seis amostras coletadas para análise química	48
FIGURA 3.4 - Homogeneização de amostra utilizando-se o procedimento da pilha alongada	49
FIGURA 3.5 - Quarteamento de amostra pelo método da pilha cônica	50
FIGURA 3.6 - Esquema adotado para preparação das amostras	50
FIGURA 3.7 - Redução granulométrica, deslamagem e secagem	51
FIGURA 3.8 – Esquema mostrando as técnicas usadas para a caracterização da mica	52
FIGURA 3.9 - Agitador elétrico de peneiras e equipamento DRX	53
FIGURA 3.10 - Detalhes da etapa de digestão de amostras para a análise química	54
FIGURA 3.11 - Equipamento de determinação de tamanho de partícula, modelo Cilas 1064	55
FIGURA 3.12 - Detalhes da preparação de amostra para a determinação de ferro na mica por fluorescência de raios-X	56

FIGURA 3.13 - Detalhe da jarra com esferas de aço (A) e equipamento de moagem ultrafina modelo SPEX (B)	57
FIGURA 3.14 - Esquema adotado para os ensaios de micronização	58
FIGURA 3.15 - Detalhes do método de clareamento da moscovita com ácido, decantação e filtração	59
FIGURA 3.16 - Detalhes do processo de clareamento químico da moscovita através de intercalação iônica	60
FIGURA 3.17 - Esquema adotado para realização dos ensaios de clareamento químico	61
FIGURA 4.1 - Curvas de ATD e ATG de amostra de moscovita de Pedra Lavrada – PB	63
FIGURA 4.2 – Difratoograma de DRX correspondente à amostra de moscovita de Pedra Lavrada	64
FIGURA 4.3 - Resultado da análise granulométrica a seco obtida com amostra do rejeito de moscovita	66
FIGURA 4.4 - Resultado da análise granulométrica efetuada com o produto da micronização com amostra de moscovita. Ensaio a seco.	69
FIGURA 4.5 - Em (A), detalhe do material antes da moagem, em (B) detalhe do material após a moagem	70
FIGURA 4.6 – Histograma do ensaio de distribuição de tamanho de partícula realizado com o material micronizado.	70
FIGURA 4.7 - Em (A), amostra de moscovita não clareada, em (B) moscovita após clareamento	72

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1- Principais tipos de mica e classificação comercial	20
TABELA 2.2 - Subclasses dos silicatos, segundo o arranjo das suas estruturas tetraédricas	21
TABELA 2.3 - Composição química da mica moscovita	25
TABELA 2.4 - Propriedades físicas e ópticas da moscovita	32
TABELA 2.5 - Principais minerais alternativos à moscovita em algumas aplicações	37
TABELA 2.6 - Reserva e produção mundial de mica moscovita	38
TABELA 2.7- Principais estatísticas da moscovita – Brasil	40
TABELA 4.1 Resultado da análise granulométrica a seco com a amostra de rejeito de moscovita	65
TABELA 4.2 – Resultados da análise química por via úmida, da amostra de moscovita (- 0,074 mm) de Pedra Lavrada	67
TABELA 4.3 Faixa de composição química (%) genérica de moscovita	68
TABELA 4.4 – Resultados do clareamento químico, da amostra de moscovita com ácidos	72
TABELA 4.5 – Resultados do clareamento químico, da amostra de moscovita com sais	73

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ATG -	Análise termogravimétrica
ATD -	Análise termodiferencial
CETEM -	Centro de Tecnologia Mineral
CCT -	Centro de Ciências e Tecnologia
cm -	Centímetro
°C -	Grau celsius
DRX -	Difração de raios -X
DNPM -	Departamento nacional de produção mineral
DeMA -	Departamento de Engenharia Materiais
FRX -	Fluorescência de Raios - X
IBGE -	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LAM -	Laboratório de Análise Mineral
MPL -	Material de Pedra Lavrada
Musc -	Moscovita
mm -	Milímetro
ml -	Mililitro
µm -	Micrômetros
M -	Molar
MEV -	Microscopia Eletrônica de Varredura
PR -	Perda ao Rubro
PM -	Perda de massa
MPL -	Material de pedra lavrada
Q -	Quartzo
RPM -	Rotação Por Minuto
T-O-T -	Tetraédrica-Octaédrica-Tetraédrica
UBM -	União Brasileira de Mineração
UFMG -	Universidade Federal de Campina Grande
WI -	Índice de Bond

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 Histórico da Moscovita	18
2.2 Mineral Moscovita	19
2.3 Estrutura Cristalina	22
2.4 Composição Química e Mineralógica	24
2.5 Principais Depósitos	27
2.6 Moscovita no Estado da Paraíba	30
2.7 Principais Características	32
2.8 Aplicações Industriais	33
2.8.1 Moscovita Folha	33
2.8.2 Moscovita Moida	35
2.8.3 Moscovita Micronizada	35
2.9 Panorama, Tendências e Comercialização	37
2.10 Método de Extração de Mica Moscovita	41
2.11 Método de Beneficiamento	42
2.11.1 Beneficiamento a Seco	43
2.11.2 Beneficiamento a Úmido	43
3 MATERIAIS E MÉTODOS	45
3.1 Preparações das Amostras	48
3.1.1 Homogeneização e Quarteamento	48
3.1.2 Deslamagem	50
3.2 Caracterizações Física, Mineralógica e Química	51
3.2.1 Difração de Raios-X (DRX)	52
3.2.2 Análise Química	53
3.2.3 Análise Térmica Diferencial (ATD) e Termogravimétrica (ATG)	54
3.2.4 Determinação de Tamanho de Partícula	54
3.2.5 Fluorescência de Raios-X	55
3.3 Ensaio Tecnológicos	56
3.3.1 Micronização	57
3.3.2 Clareamento Químico	58

1 INTRODUÇÃO

A mica é um mineral funcional com propriedades muito raras e exclusivas, que determinam sua funcionalidade de alto desempenho em diversas aplicações industriais como tintas, cosméticos, plásticos e similares. O mineral é constituído de silicatos hidratados de alumínio, potássio, sódio, ferro, magnésio, e ocasionalmente lítio, os quais apresentam diferenças nas composições químicas e propriedades físicas (Hepburn et al., 2000).

Segundo Silas Sena (2007, p.3) e Cavalcante et al.,(2005, p.531), as micas se destacam por se fragmentarem perfeitamente em lamelas ou folhas, como se fosse um maço de papéis espalhadas sobre uma mesa. Dentre as micas, a moscovita é o mineral com maior número de usos na indústria. Em diante o termo mica ou moscovita será usado indistintamente para referir-se à mesma espécie mineral.

De acordo com Cavalcante et al., (2005), o termo mica vem do latim “micare” cujo significado é brilho. A moscovita é reconhecidamente de forma lamelar com alta razão entre suas dimensões (relação entre a maior e a menor dimensão do mineral), geralmente branca, com certa pureza química dependendo da composição e apresentando um aspecto de purpurina no visual e no tato.

A moscovita é um dos tipos de mica mais comum, podendo ocorrer em uma grande variedade de ambientes geológicos. No Brasil é encontrada principalmente na região Nordeste. As micas são encontradas regulamente na província pegmatítica da Borborema, localizada no lado ocidental do Planalto da Borborema e na região do Seridó, entre os estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte (Luz et al., 2001 e Bezerra de Carvalho, 1997).

Este estudo tem por objetivo o aproveitamento de rejeito de mica moscovita do Estado da Paraíba visando aplicações na indústria de cosméticos e similares; contribuir para o aprimoramento de conhecimentos acerca do tema abordado, e criar subsídios para potenciais aplicações comerciais da moscovita para fins nobres, este é, obtenção de um produto com maior valor agregado.

As etapas a serem desenvolvidas neste trabalho de dissertação são: (a) Pesquisar o potencial do Estado da Paraíba nos aspectos de extração, produção e comércio de mica moscovita; (b) Caracterização de amostras de mica procedentes da região Borborema-Seridó que possuam a devida qualidade para atender a segmentos específicos da indústria, com base nas especificações técnicas; (c) Possibilitar alternativas tecnológicas de beneficiamento em função do tipo de aplicação na indústria; (d) Efetuar visitas a depósitos e jazidas de moscovita localizada no estado da Paraíba e selecionar uma delas a fim de proceder ao estudo em escala de laboratório, empregando como critério o teor de ferro inferior a 1,0 %; e (e) Gerar subsídios para a redução do impacto ambiental na região provocado por um tipo de mica que a princípio não possui nenhuma aplicação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Abordaremos no presente capítulo, tópicos referentes ao estudo bibliográfico acerca do mineral moscovita, focando estrutura cristalina, composição física, química e mineralógica, usos, extração e beneficiamento, reservas, produção, e comercialização, panorama, tendências futuras, clareamento e micronização.

No estudo realizado por Sampaio et al.,(2005), objetivou o uso da moscovita como substrato para síntese de pigmentos perolizados na indústria de cosméticos e similares. Para atender esse setor industrial, a mesma deve ser cominuída abaixo de 50 μm e deve conter um teor de ferro abaixo de 1%. Neste trabalho, além desses dois aspectos foi estudado o clareamento e micronização, cujos resultados serão mostrados posteriormente. As lâminas de moscovita possuem plasticidade e são termicamente estáveis até 90 °C. A moscovita é transparente e resistente a ataques químicos e térmicos. Porém, trata-se de um material de difícil cominuição, devido á sua alta plasticidade, possuindo índice de Bond (WI) igual a 163,35 kWh/t que é muito elevado quando comparado, por exemplo, ao quartzo que possui um (WI) de 15,89 kWh/t (Harben,1989).

2.1 Histórico da Mica Moscovita

A palavra Moscovita deriva, de acordo com Chapman (1983), porque ela foi descoberta em 1609, na moscovia, distrito localizado na Rússia, por Anselmus de Boodt que encontrou e identificou esse mineral, Boodt era um mineralogista e médico da cidade de Bruges durante o renascimento europeu.

Evidências históricas indicam que os Hindus extraíam mica há mais de 2000 a.c. e a utilizavam na medicina, para fins decorativos e na pintura de figuras mitológicas. Os Romanos utilizaram a moscovita para cobrirem o chão do “circus maximus” e outras arenas. Na América do Norte os indígenas da região dos Apalaches utilizavam a mica como forma de troca e para decoração por volta do século 14 (Preston, 1971).

Na Europa a mica vem sendo utilizada nos últimos dois séculos principalmente no revestimento de vidros, em lanternas, em medicamentos e para ornamentação.

A mica moscovita processada a úmido passou a ser produzida nos Estados Unidos em 1891 na Carolina do Norte. A mica processada a seco passou a ser produzida no início dos anos 20 do século passado, inicialmente foi produzida como um subproduto de operações primárias do processamento de caulim e posteriormente através da flotação de feldspato.

A mica sintética foi desenvolvida em 1894 como resultados dos custos e da escassez da mica laminada. Esse tipo de mica é formado por camadas de pedaços de moscovita colocadas juntas e submetidas á alta temperatura. Através desse processo a mica é produzida a partir de fragmentos de mica laminada (Davis, 1985).

Em 1803 iniciou-se a mineração nos EUA, em uma mina de Ruggles, Granfton, MA, onde apenas mica em lâmina era utilizada já que não havia aplicações para mica moída e triturada naquele período. Assim por muitos anos os Estados Unidos foi o principal produtor da mica em lâmina. Segundo (Davis, 1990), houve um declínio em 1953, o consumo de mica em lâmina diminuiu devido, entre outras razões, ao avanço de tecnologia eletrônica.

2.2 Mineral Moscovita

A Moscovita é um mineral pertencente á classe dos silicatos e á família dos filossilicatos. A sua origem é assumida como sendo proveniente das rochas magmáticas, metamórficas e sedimentares, em concentrações muito variáveis, mas sua exploração focando o uso industrial é realizada, predominantemente nos pegmatitos. O grupo das micas possui mais de 30 minerais classificados como tais, onde as mais conhecidas são: moscovita, biotita, lepidolita, glauconita, paragonita, flogopita, dentre outras. Como se observa, o grupo das micas é composto de diversos minerais, em destaque a mica moscovita por ser a variedade mais largamente usada e a que se apresenta com melhor transparência, melhor resistência dielétrica e maior perfeição de clivagem, podendo ser facilmente separada em palhetas de dimensões micrométricas, (Hecht, 1997 e Cavalcante et al.,2005).

As micas são classificadas em dois grupos: micas graníticas e micas piroxênicas. A moscovita está relacionada ao grupo das graníticas, conhecida comercialmente como mica branca. A Tabela 2.1 apresenta os principais tipos de mica e sua classificação comercial.

TABELA 2.1 - PRINCIPAIS TIPOS DE MICA E CLASSIFICAÇÃO COMERCIAL

	Nome do mineral	Nome comercial
Micas graníticas ou alcalinas	Moscovita ou mica potássica	mica branca
	Paragonita ou mica sódica	
	Zinvaldita ou mica lítio - fluo - ferrica	mica de ferro-lítio
	Lepidonita ou mica lítio-fluo-alumínio-potássica	mica de lítio
	Flogopita ou mica alumino-potássica-magnésiana	mica âmbar
Micas piroxênicas ou magnésianas	Biotita ou mica ferromagnésiana	mica preta
	Roscoelita ou mica vanádifera	mica vanádio

FONTE: Dana (1959)

De acordo com Nogueira e Barzagli., (1972), a mica moscovita ocorre normalmente como cristais arranjados na estrutura monoclínica, apresentam clivagem basal paralela, permitindo uma fácil separação em lâminas finas. Possui brilho vítreo de cor transparente, quando submetido a elevadas temperaturas, resiste a temperaturas de até 400 a 500 °C, podendo ser facilmente moldada. Este comportamento se deve a suas camadas de T-O-T (tetraédrica – octaédrica – tetraédrica), característica que, principalmente, permite o desfolhamento do mineral em lâminas tão finas quanto 1 µm (Dana – Hurlbut, 1957).

Na Tabela 2.2 é apresentada a classificação da subclasse dos silicatos de acordo com o arranjo de sua estrutura tetraédrica.

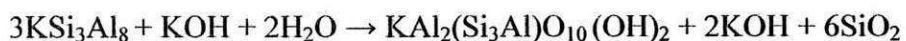
TABELA 2.2 - SUBCLASSES DOS SILICATOS, SEGUNDO O ARRANJO DAS SUAS ESTRUTURAS TETRAÉDRICAS

Subclasses	Descrição	Subclasses	Descrição
Nesosilicatos	Tetraedros simples	Ciclossilicatos	Estrutura em anel
Sorossilicatos	Tetraedros duplos	Filossilicatos	Estrutura em folhas
Inossilicatos	Cadeias simples e duplas	Tectossilicatos	Estrutura em esqueletos

FONTE: Rochas Industriais – CETEM/2005

As micas moscovitas são pertencentes à subclasse dos filossilicatos, que se caracterizam por uma estrutura lamelar (folhas). As diversas espécies de mica, no entanto, possuem propriedades físicas e composições químicas diferentes entre si. (CETEM, 2005).

A moscovita é um dos tipos de mica mais comum, podendo ocorrer em uma grande variedade de ambientes geológicos, são resultantes de alterações de silicatos de alumínio, que se caracterizam por uma estrutura lamelar, alguns depósitos ocorrem em regiões de clima tropical (quente e úmido), onde as condições favorecem a decomposição dos feldspatos e de outros aluminossilicatos contidos em granitos, pegmatitos e rochas metamórficas. A reação do feldspato potássico com a água, em determinadas condições, resulta na formação da moscovita que é obtida industrialmente de pegmatitos graníticos onde é gerada por metassomatismo dos feldspatos, com remoção de KOH (Velho et al.,1998). Segundo a reação descrita pela equação:



2.3 Estrutura Cristalina

A estrutura das micas é constituída por planos de tetraedros ligados, em duas dimensões, formando uma folha (Figura 2.1), sendo três dos quatro átomos de oxigênio dos tetraedros SiO_4 compartilhados com os tetraedros vizinhos, levando a uma relação Si:O de 2:5, que é denominada de "folha siloxana" nomenclatura de Niggli ou simplesmente folha tetraédrica. Para a constituição dos minerais dessa classe as folhas tetraédricas são unidas a folhas octaédricas, constituídas por brucita $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ ou gibbsita $[\text{Al}(\text{OH})_3]$, originando duas famílias ou clãs, denominados respectivamente de trioctaédrica e dioctaédrica. As micas do tipo moscovita são dioctaédricas. (Santos, 1989, Kemp et al., 2000 e Radaslovish, 1960).

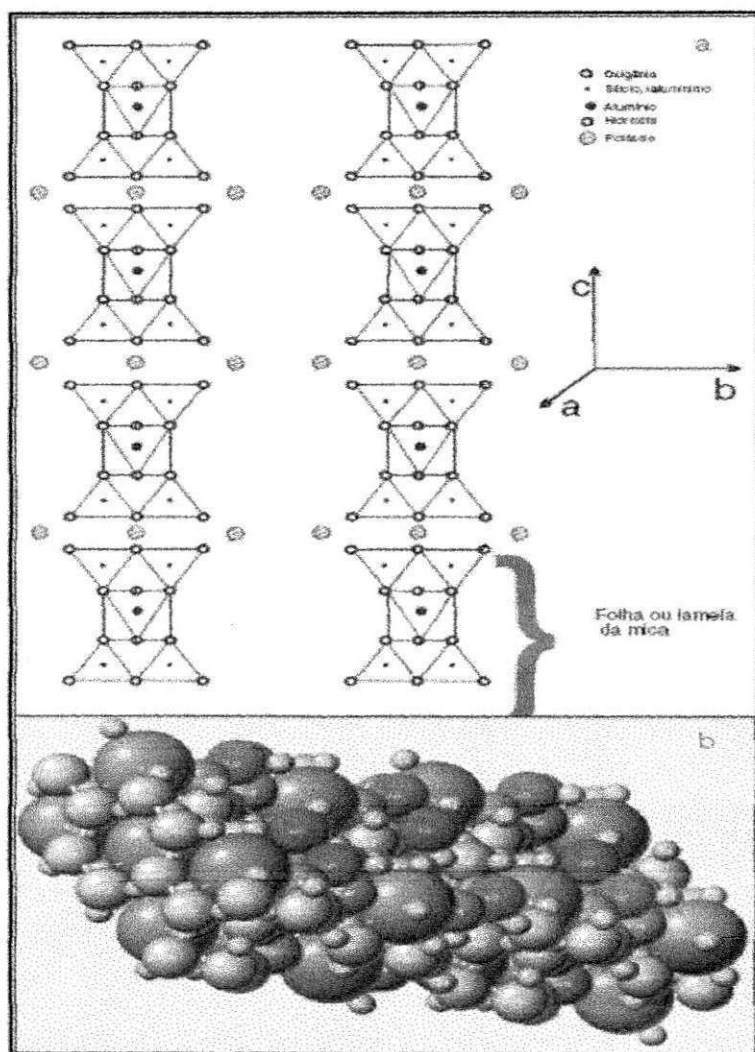


Figura 2.1 - Arranjos atômicos dos tetraedros e octaedros de gibbsita remontando a arquitetura da mica.
 FONTE: D.M.Hephurn, 2000 e site <http://www.webmineral.com/data/Muscovite.shtml>

Segundo Ernst, (1971), a unidade estrutural básica das micas apresenta-se como um “sanduíche” (lamela) onde duas camadas tetraédricas de sílica envolvem uma camada octaédrica de alumina.

Nas camadas de sílica ocorre substituição de um quarto do silício por alumínio, gerando um excesso de carga elétrica negativa que é compensado por átomos de potássio, cálcio, magnésio, lítio, sódio ou ferro, dependendo do tipo de mica.

No caso da moscovita, o potássio exerce a função de cátion de compensação colocando-se entre as lamelas em posição equidistante a doze átomos de oxigênio, sendo seis de cada lamela adjacentes (Velho *et al.*, 1998).

Dentre as camadas que compõem as lamelas, as ligações covalentes de silício-oxigênio e alumínio-oxigênio são muito fortes e, portanto, apresentam dificuldade de ruptura. Por sua vez, os sucessivos “sanduíches” são unidos por ligações frágeis estabelecidas pelos cátions de compensação.

A Figura 2.2 representa esquematicamente o arranjo estrutural da camada tetraédrica, camada octaédrica e camada tetraédrica nas lamelas de mica moscovita, estando suas folhas unidas por ligações iônicas e de caráter hidrofílico (Souza Santos, 1989).

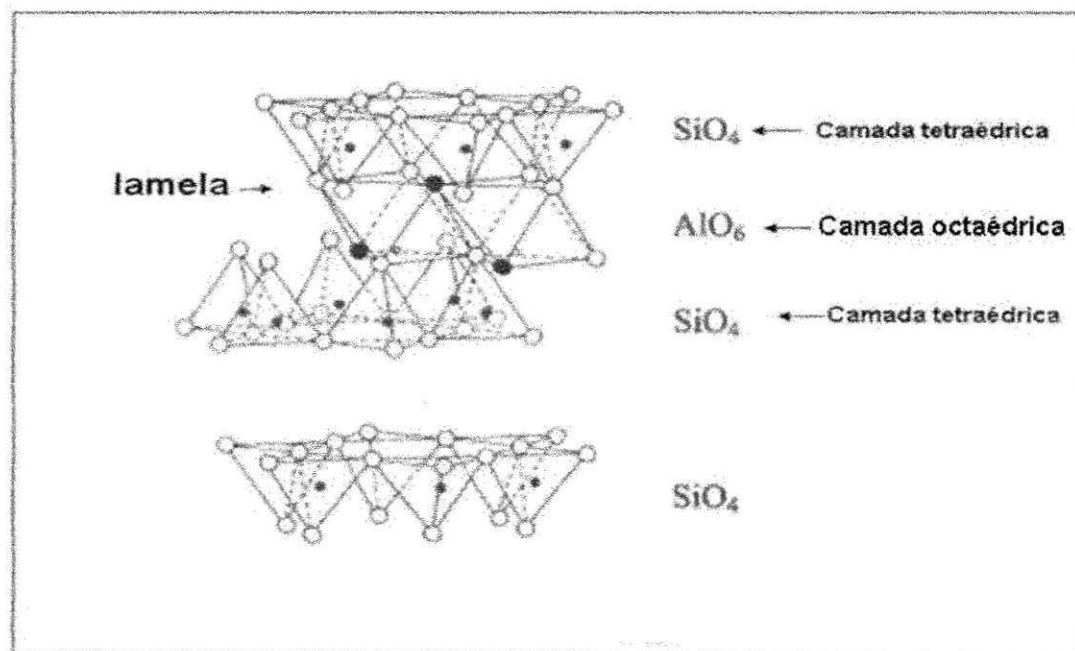


Figura 2.2 - Estrutura da Mica Moscovita

FONTE: Grim (1968).

2.4 Composição Química e Mineralógica

As micas apresentam uma grande variação na composição química e nas propriedades físicas, mesmo dentro de uma mesma jazida ou ocorrência.

A mais importante das micas, a moscovita, é um filossilicato de alumínio e potássio ($\text{KAl}_2[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}] (\text{OH},\text{F}_2)$), que cristaliza no sistema monoclinico e caracteriza-se pela clivagem basal perfeita e hábito lamelar (Figura 2.3). As lâminas são flexíveis e elásticas, assim as unidades estruturais são facilmente separadas resultando na clivagem perfeita, (Dana-Hurtbut, 1957).

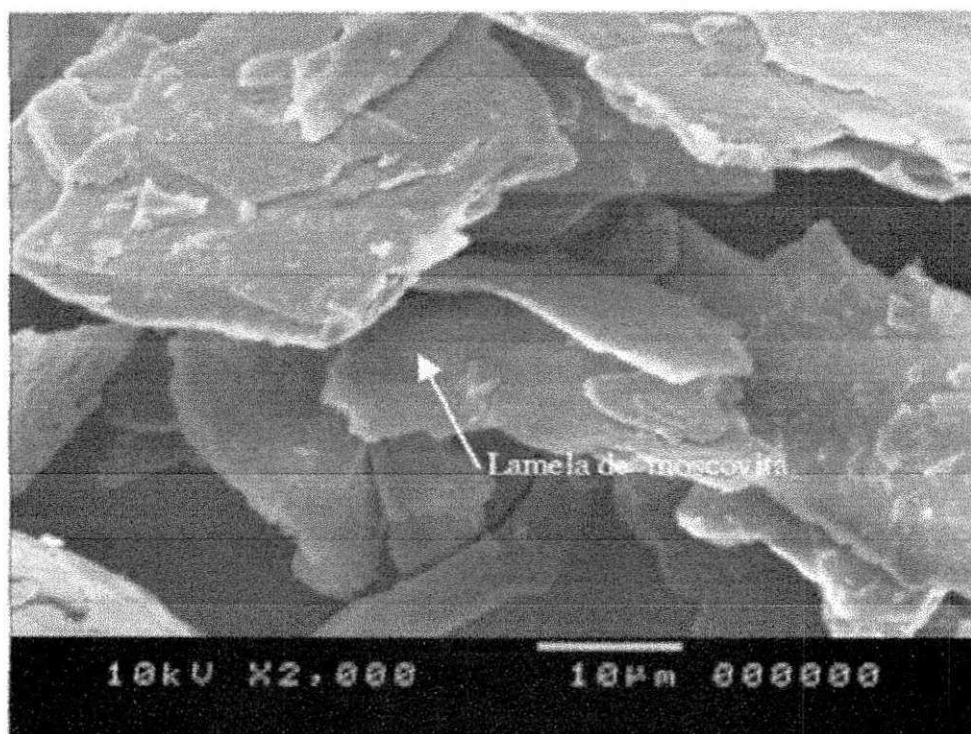
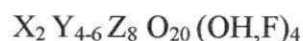


Figura 2.3 - Foto micrografia mostrando a morfologia de lamelas de moscovita

Fonte: Silas Sena, 2007

A fórmula geral que descreve a composição da mica é (Chapman, 1983):



Onde:

X corresponde a K, Na ou Ca;

Y corresponde a Al, Mg ou Fe;

Z corresponde a Si ou Al.

De acordo com Grim,(1968) , a formula estrutural da mica moscovita é:



Na Tabela 2.3 está os dados da composição química da moscovita de acordo com Tanner, Jr (1994).

TABELA 2.3 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MICA MOSCOVITA

Constituintes		Moscovita (%)
SILÍCIO	SiO ₂	46,5
ALUMÍNIO	AlO ₃	34,0
MAGNÉSIO	MgO	0,5
CÁLCIO	CaO	0,3
POTÁSSIO	K ₂ O	10,0
SÓDIO	Na ₂ O	0,8
FERRO	FeO	1,0
FERRO	Fe ₂ O ₃	2,5
H ₂ O		4,5

FONTE: Tanner, Jr. – Industrial Minerals and Rocks

A moscovita ocorre comumente associada a minerais tais como feldspatos, quartzo e mica biotita, os quais predominam em depósitos de pegmatitos. (Castro e Jatobá, 2004).

A análise mineralógica da moscovita visa detectar a presença de impurezas minerais que poderão comprometer os seus usos potenciais. Os minerais como quartzo, feldspato, caulim, e outros provenientes de rochas pegmatíticas associados a moscovita poderão influenciar o seu beneficiamento, bem como os possíveis usos potenciais.

De acordo com Parfenoff et al.,(1970), a lupa ou microscópio estereoscópico permite a análise das amostras em grão, sem necessidade de se montar secções polidas ou delgadas. Os minerais são identificados pela cor, brilho, hábito, clivagem, fratura, e aonde é possível utilizar outras técnicas auxiliares diretas.

A microscopia óptica de luz transmitida, para minerais transparentes, e de luz refletida, para minerais opacos, são provavelmente os métodos de identificação de minerais mais tradicionais. Baseiam-se ambos na interação da luz (geralmente luz branca do espectro visível) com os minerais, e são bastante precisos e flexíveis para análises qualitativas.

A Figura 2.4 apresenta fotografias de lâminas delgadas de mica moscovita mostrando detalhe da mineralogia da mica em laminas de 25 microns, ao centro com clivagem em uma direção e hábito lamelar. A microscopia óptica com nicóis descruzados (20x), figura A e a figura B, a moscovita com o nicóis cruzados com altas cores de interferência (20x). As cores de interferência são típicas da mica moscovita.

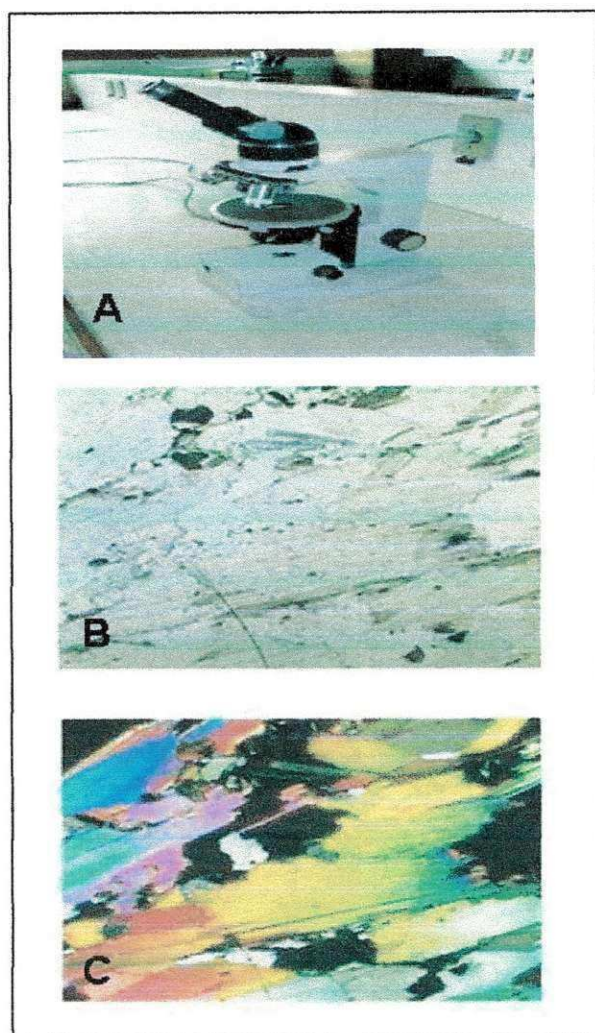


Figura 2.4 - Detalhe da mineralogia óptica de laminas delgadas de moscovita
FONTE: Centro Gemológico da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

2.5 Principais Depósitos

Os principais depósitos brasileiros estão localizados nos estados da Bahia, Ceará, Espírito Santo, Rio grande do Norte, São Paulo, Rio Janeiro, Santa Catarina, Minas Gerais e Paraíba. A Figura 2.5 mostra o mapa de localização dos depósitos brasileiros de moscovita, onde é obtida em caráter sazonal, por fatores climáticos, tornando-se uma atividade praticamente de subsistência de muitas pessoas ligadas à atividade garimpeira, à procura de gemas, nesses estados, sendo na maioria das vezes, a produção dessa mica considerada subproduto e até rejeito.

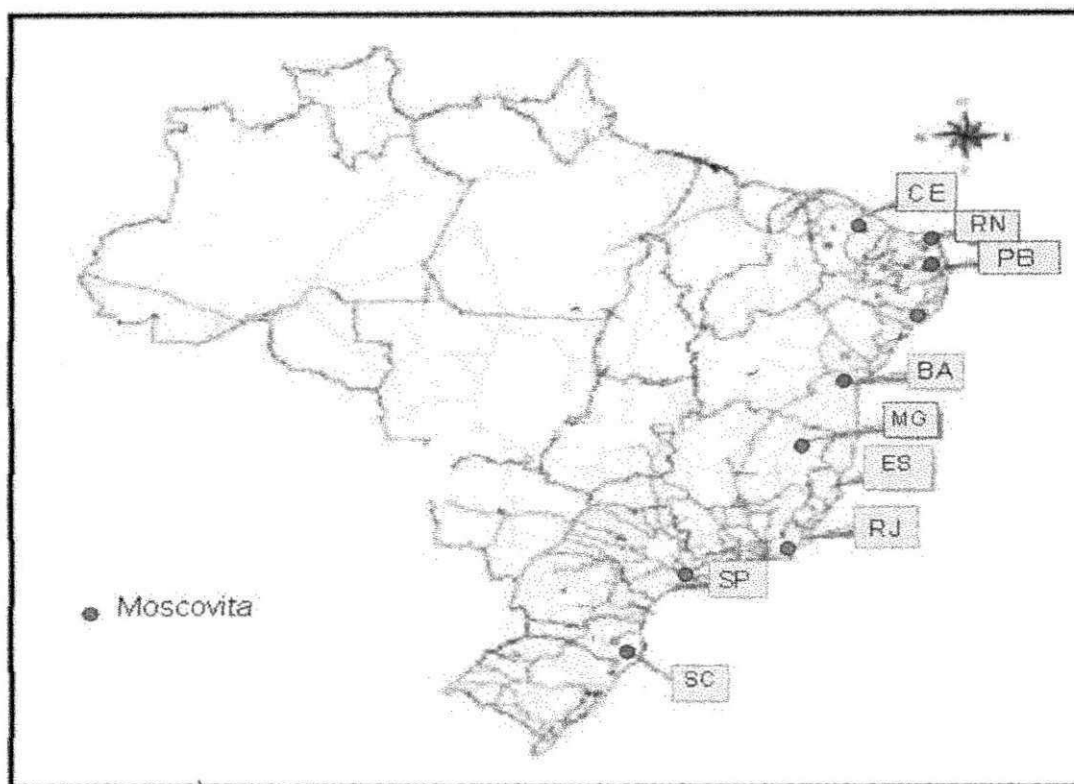


Figura 2.5 – Localização de depósitos de moscovita nos estados brasileiros.

FONTE: Sergraf (1977)

A quantidade e qualidade de muitos minerais e minérios podem ser apreciadas a partir de detalhado estudo geológico. Entretanto, esses critérios não podem ser aplicados aos depósitos de moscovita, em razão de sua peculiar forma de ocorrência, principalmente em pegmatitos. No Brasil os depósitos de minérios de mica em pegmatitos, mica xistos e granitos gnaisses chegam em torno dos 5 milhões de toneladas (DNPM,2007).

Quanto às reservas mundiais estima-se que os maiores depósitos geológicos de mica moscovita do mundo situam-se nos Estados Unidos, Rússia, Finlândia, Canadá, Índia, República da Coreia e Brasil (DNPM, 2007).

Uma breve descrição sobre dados de produção em termos mundiais será mencionada a continuação. (Davis, 1989 e 1990).

Cerca de 60 % da moscovita em flocos produzida e utilizada nos EUA é processada na Carolina do Norte. Os 40 % restantes são produzidos na Geórgia, Alabama, Novo México e Carolina do Sul, este cenário tem se mantido relativamente estável nos últimos anos.

Na Rússia, a mica moscovita é encontrada na região de Ekaterinburgo e Alabashka próximo a Mursinsk nos Montes Ural e nas Montanhas Ilemn, a maior da produção vem de depósitos de pegmatitos da região de Karelia e do Rio Maura.

No passado a Noruega produzia sua própria mica moscovita a partir da mina Kednolsvik, localizada no norte do país. Com o fechamento da mina, a mica é importada principalmente da Índia. Em 1981, as importações de mica lixo pela Noruega foram de 1.577 toneladas.

Na Espanha em 1980, a produção de moscovita girou em torno de 4.535 toneladas por ano. A principal produtora é a mina Cia. Minera Comba com uma produção de 1.814 toneladas por mês localizado, no distrito de La Corona na Galícia. Nos anos 80 a produção espanhola foram aproximadamente 4.535 toneladas por ano.

A Índia possui a maior reserva mundial de mica "sheet" (moscovita folha) ou placas, e abrange as localidades de Andhra, Pradesh e Rajasthan. Essa região tem sido, há muitos anos, a maior produtora de mica em placas no mundo.

A principal fonte da mica moscovita moída no continente africano é a África do Sul. A fábrica (Gelletich Mining Inutries Pty.,Ltd.) de processamento a úmido é localizada na localidade de Transvaal. Outras fábricas de processamento estão localizadas no norte de Transvaal.

Na Austrália, a Corporação de Pilbara Mica começou a produzir mica moída seca em Poppongarra, depósito de pegmatito situado a 40 km ao sudeste do Porto Hedland. Esse pegmatito de 30 m de espessura contém até 92 % de moscovita, e os outros minerais são feldspato e quartzo.

Na China, a mica é produzida a partir de depósitos de pegmatitos ou como subprodutos do processamento de feldspato. O depósito mais importante está na Província de Tientsin.

2.6 Moscovita no Estado da Paraíba

De acordo com Luz et al. (2001) e Bezerra de Carvalho (1997), no Brasil as micas são encontradas em diversas regiões pegmatíticas, a exemplo das ocorrências pré-cambrianas da província pegmatítica da Borborema, localizada no lado ocidental do Planalto da Borborema e na região do Seridó (Figura 2.6), entre os estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte.



Figura 2.6 – Mapa Geológico da Província da Borborema localizada entre os estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba.

FONTE: Almeida et al. (1977).

A Figura 2.7 ilustra a ocorrência desses pegmatitos da Borborema, localizada na borda ocidental do Planalto da Borborema e na região do Seridó. Nessa região há centenas de corpos pegmatíticos encaixados em micaxistos, quartzitos e gnaisses. Outras ocorrências importantes de pegmatitos no Brasil são o da região de Governador Valadares (Minas Gerais) e de Perus (São Paulo). A moscovita também ocorre em alaskitos, em rochas metamórficas (xistos e gnaisses) e em rochas sedimentares (Deer et al., 1962).

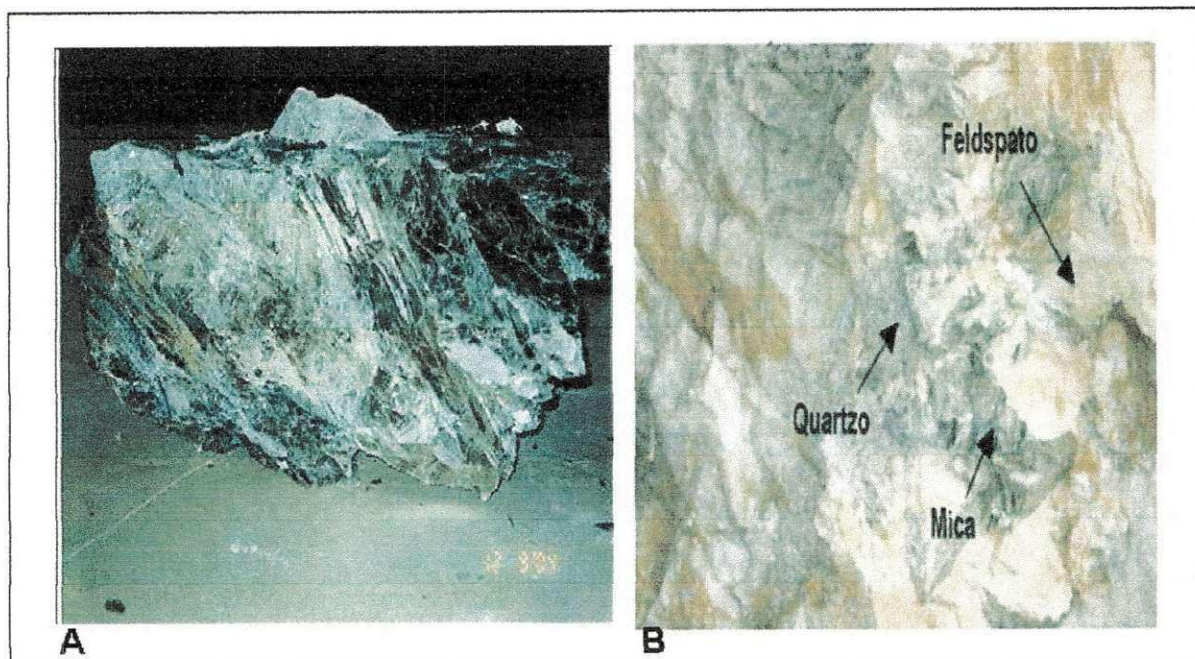


Figura 2.7 – Fotografias mostrando em (A), moscovita da região Borborema – Seridó, em (B) mica em associação com outros minerais como feldspato e quartzo.

FONTE: SAMPAIO et al., 2005

Nos veios pegmatíticos, a moscovita pode ser encontrada tanto na parte central quanto nos contatos com a rocha encaixante (Alves, 2006).

De acordo com (Castro e Jatobá, 2004), os pegmatitos são rochas ígneas, plutônicas, geralmente associadas com granitos, e que se apresentam predominantemente em forma de veios e lentes, preenchendo fraturas de rochas pré-existentes. Ocorrem, geralmente, de forma irregular e ramificada. Na composição mineralógica dos pegmatitos predominam os feldspatos, quartzo e micas (moscovita e biotita). Outros minerais freqüentemente encontrados são: turmalina, berilo, espodumênio, tantalita, columbita, cassiterita e minerais de terras raras, entre outros (Luz et al., 2003).

Os pegmatitos formam grandes massas rochosas; um veio pode ter vários quilômetros de comprimento e vários metros de espessura. Os minerais constituintes do pegmatito também podem conter cristais de grandes dimensões. A título de exemplo, de acordo com Milovsky e Kononov (1985), na Sibéria foi encontrado um cristal de moscovita pesando uma tonelada.

2.7 Principais Características

Na Tabela 2.4 estão apresentados os dados referentes às propriedades físicas e ópticas da mica moscovita de acordo com Rajgarhia, (1987) e site www.webmineral.com/data/Muscovite.shtml.

TABELA 2.4 – PROPRIEDADES FÍSICAS E ÓPTICAS DA MOSCOVITA

Propriedades	Moscovita
Sistema Cristalino	Monoclinico
Sistema Óptico	Negativo
Brilho	Vítreo a perláceo
Cor	Transparente
Traço	Incolor
Hábito	Lamelar
Clivagem	Perfeita {001}
Dureza Relativa	2,77 – 2,88
Dureza Molhs	2,8 – 3,2
Condutividade Dielétrica	6,5 – 9,0
Temperatura de Decomposição (c°)	850 - 940
Resistência á Tração (Pa.10 ⁶)	225 -297
Resistência á Compressão (Pa.10 ⁶)	221
Módulo de Elasticidade (Pa.10 ⁹)	172

FONTE: Rajgarhai, 1987

A moscovita é um mineral extremamente versátil em função de suas características tecnológicas das quais se podem destacar:

- i) é quimicamente inerte;
- ii) é de coloração branca ou quase branca, com propriedades de brilho e alta razão entre as dimensões das lâminas;
- iii) é tolerante a ataques químicos e térmicos;
- iv) é coberta por alguns metais como dióxido de titânio, para produzir esse efeito perolizante;
- v) excelente adesão á pele, um bom lubrificante e possui estabilidade da luz ultravioleta ;
- vi) possui elevada resistência dielétrica e resistividade;
- vii) poder ser facilmente moldada em diferentes formas e tamanhos, e resiste a temperaturas de 600 a 900°C;
- viii) é um produto de preço competitivo em relação aos materiais alternativos.

As características acima mencionadas são adequadas a um grande número de aplicações industriais importantes que fazem da moscovita uma matéria-prima amplamente utilizada.

2.8 Aplicações Industriais

A moscovita folha “sheet” possui várias aplicações industriais, particularmente na indústria eletro-eletrônica devido à sua elevada resistência dielétrica e resistividade, baixa perda de potência e baixa condutividade térmica (Rajgarhia, 1987, p.30 citado em Tanner, 1994). Comercialmente, a moscovita é desfolhada em folhas e lâminas nunca maiores que 2,54 cm de espessura. Essas lâminas são classificadas em dez diferentes qualidades, de acordo com o tamanho e o número de impurezas presentes. A mica é classificada em termos de qualidade em: V-1, V-2, V-3, V-4, V-5, V-6, V-7, V-8, V-9 e V-10. Essa classificação obedece a critérios de transparência e superfícies livres de defeitos e imperfeições de acordo com normas da ASTM.

2.8.1 Moscovita Folha

Segundo Sampaio et al (2005) a seguir são descritas algumas aplicações de moscovita em folhas e lâminas:

- Janelas de microondas - essas janelas possuem excelente resistência mecânica e baixa perda de energia, e a mica pode ser colocada utilizando métodos de baixa condutividade térmica;
- Condensador - a moscovita possui em média constante dielétrica em torno de 7,0. Essa característica permite sua utilização em todos os tipos de aplicações eletrônicas;
- Transistor - as excelentes propriedades mecânicas e elétricas da moscovita, aliadas à elevada resistência à perda de carga superficial, à baixa absorção de umidade e à habilidade de dissipar calor, torna a moscovita ideal para este tipo de aplicação;
- Isolante intercamada - a moscovita, com espessura de 100 μm , é usada como isolantes para espiras usadas em transformadores. O uso do mineral neste caso faz com que se diminua o tamanho e o peso dos transformadores;
- Resistência - as propriedades de elevada resistência mecânica ao aquecimento, bem como a baixa densidade aparente são apropriadas para a confecção de resistências;
- Tubo de vácuo - atualmente constitui-se na aplicação mais usual da moscovita do tipo folha por esta possuir alta resistência mecânica, propriedades elétricas e por poder ser precisamente moldada;
- Tubos e buchas - isolantes para componentes elétricos requerem tubos inorgânicos que podem ser feitos com moscovita;
- Mísseis teleguiados - o uso da moscovita nesse tipo de aplicação é secreto. Entretanto, as propriedades físicas da moscovita e tolerância ao aquecimento a transformam em uma matéria-prima aplicável à engenharia de mísseis;
- Outros usos - a mica folha de alta qualidade é usada em tubos de néon lasers de hélio, filtros ópticos especiais, pirômetros e reguladores térmicos.

Nas lamas de perfuração de poços petrolíferos, a mica atua como um agente que favorece a circulação das lamas e minimiza as perdas desses fluidos de perfuração, em geral devido à infiltração na camada rochosa. A estrutura lamelar das micas proporciona a selagem

das fraturas. Além disso, quando em suspensão, nesse tipo de aplicação, esse produto de mica assegura a suspensão de outros sólidos constituintes das lamas de perfuração (Sampaio, et al., 2005).

2.8.2 Moscovita Moída

De acordo com Preston e Rajgarhia; citados por Tanner,(1994), a moscovita moída a úmido é utilizada nos seguintes produtos devido a suas propriedades de brilho e deslizamento:

- Papel de parede - as partículas brilhantes de moscovita fornecem um brilho sedoso quando aplicadas ao papel.
- Pigmento perolizado - a moscovita é usada como substrato no recobrimento de vários metais para obter o efeito perolizado. Em certos tipos de plásticos o recobrimento com moscovita é utilizado como agente corante;
- Pintura externa - a moscovita atua como reforço do pigmento, para reduzir trincas e a penetração nas superfícies porosas e fornece excelente adesão;
- Tintas aluminizadas - a moscovita substitui o alumínio em até 25 % e é utilizada como uma medida econômica a este tipo de tinta. Além disso, a moscovita é inerte e protege o alumínio reativo de atmosferas corrosivas, promovendo a manutenção do brilho da tinta;
- Plásticos - é usada como carga para melhorar a qualidade de resistência térmica e elétrica e sua qualidade isolante. Embora, também seja usada a moscovita moída a seco para este tipo de aplicação, a moscovita moída a úmido possui maior penetração neste tipo de mercado devido à sua propriedade de extrusão e também porque pode substituir a fibra de vidro, que é muito cara, em alguns casos.

2.8.3 – Moscovita Micronizada

A moscovita micronizada é aquela composta de partículas muito finas menor que 40 µm. Em geral, a mica é moída em moinho a jato de ar, método mais eficaz porque consegue contornar os efeitos da plasticidade da mesma e ao mesmo tempo é um meio moedor isento de

contaminação. Esse produto é usado para substituir a moscovita moída a úmido em certos tipos de tintas.

A moscovita micronizada, de preferência calcinada, é também usada em aplicações cosméticas como esmaltes de unha, batons, sombras e cremes, em decorrência da sua elevada estabilidade da luz ultravioleta, excelente lubrificidade, adesão à pele e compressibilidade. É coberta por alguns metais como o dióxido de titânio, para produzir esse efeito perolizante (Tanner, 1994).

Na Figura 2.1 são mostrados os principais usos industriais de moscovita, sendo que 52,5 % utilizam-se na forma de folha, 39 % é utilizada na moscovita moída e 8,5 % utiliza-se na moscovita micronizada.

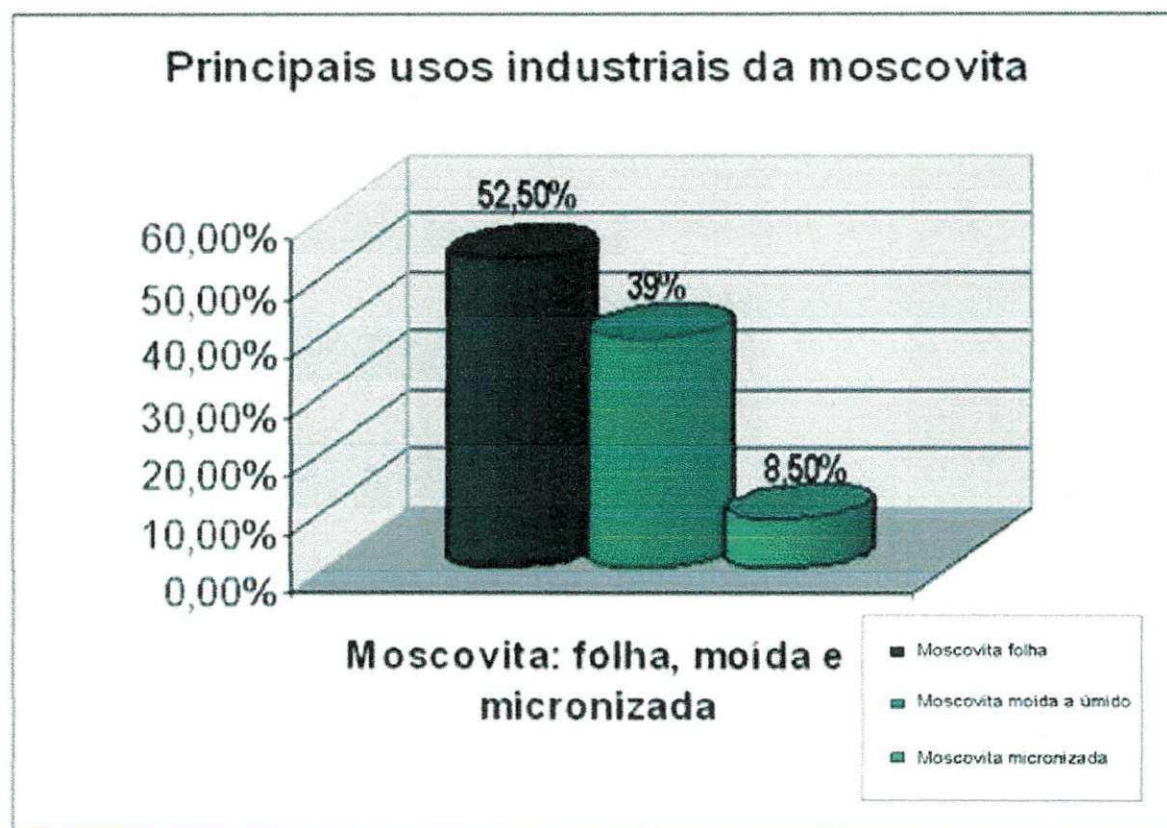


Figura 2.8- Principais usos industriais da moscovita.

FONTE: Tanner, 1994.

Na Tabela 2.5 estão os dados, os principais minerais alternativos à moscovita em algumas aplicações.

TABELA 2.5 - PRINCIPAIS MINERAIS ALTERNATIVOS À MOSCOVITA EM ALGUMAS APLICAÇÕES.

Aplicações	Substitutos
Mica folha	Alumina cerâmica, quartzo fundido e polímeros orgânicos.
Sistema elétrico	Mica sintética, polímero e elastrômero.
Como carga	Barita, carbono de cálcio , diatomita, feldspato, caulim, nefelina, sienito, perlita, talco, wollastomica e sílica.
Lubrificante	Grafita, lubrificante de lítio, dissulfeto de molibdênio e talco
Agregados leves	Diatomita e vemiculita
Veiculante(Carrier)	Bentonita, diatomita, caulim, pirofilita, talco, zeólitos

FONTE: CAVALCANTE et al., 2005

2.9 Panorama, Tendência e Comercialização

A oferta mundial de mica em 2007, de 360 mil toneladas, foi 22 % menor do que no ano anterior, principalmente pela queda de produção de 34,5 % nas áreas produtivas dos estados americanos como: Alabama, Carolina do Norte e Carolina do Sul, embora tenha ocorrido aumento de oferta nos Estados da Geórgia e Dakota do Sul. No exercício de 2007, os Estados Unidos, Rússia, e Finlândia foram os maiores produtores mundiais de placas e flocos de mica moscovita. A Tabela 2.6 mostra dados estatísticos referente a reservas e produção mundial de moscovita.

TABELA 2.6 – DADOS DE RESERVA E PRODUÇÃO MUNDIAL DE MICA MOSCOVITA

Discriminação	Reservas (t)		Produção ⁽²⁾ (t)		
	2007	%	2006	2007	%
Países					
Brasil ⁽¹⁾		-	4.000	4.000	1,1
Estados Unidos		-	110.000	72.000	20,0
Rússia			100.000	100.000	27,8
Finlândia			71.000	70.000	19,4
República da Coréia		-	37.000	40.000	11,1
Noruega		-	26.000	25.000	7,0
Canadá		-	18.000	18.000	5,0
França			10.000	10.000	2,8
Índia			4.000	4.000	1,1
Outros Países		-	33.000	17.000	4,7
Total	Abundante	-	413.000	360.000	100,0

Fonte: DNPM, Mineral Commodity, 2008.

Notas: (1) Inclui produção garimpeira (p) preliminar

(2) Dados preliminares (...) Dados não disponíveis (r) revisada

As principais empresas que operam com minério de mica no país estão localizadas: em Minas Gerais e Ceará, onde elas têm suas instalações/plantas de produção voltadas para o tratamento e beneficiamento específico de mica sendo, responsáveis por mais de 75 % do total nacional, com volume de mais de 3.000 mil toneladas ano, entre outras empresas e, também, pessoas físicas (garimpeiros e/ou micro empresa). Destaca-se ainda a empresa localizada no Estado do Paraná que opera com a mica sericita em flocos, que se constitui uma variedade de moscovita. O minério mica xisto, com produção em torno de 21.500 t ano, para aplicação em defensivos agrícolas, ração animal, fabricação de peças para freios e produtos farmacêuticos e veterinários e também para o comércio de materiais de construção. Segundo estimativas do

segmento de produtores e consumidores nacionais de mica, em blocos, folhas e lâminas tipos comercializados, a produção do país no último triênio foi em torno de 4 mil toneladas por ano.

Os dispêndios com importação de mica em 2007, totalizaram US\$ 7.468 mil, sendo US\$ 5.957 mil (84,2 %) em produtos manufaturados de mica (principalmente placas, folhas ou tiras, de mica aglomerados) e em bens primários (pó de mica) US\$ 1.130 mil, e apenas US\$ 52 mil em mica em bruto. Os principais países fornecedores de mica em pó para o Brasil foram: Alemanha (88 %) e Índia (7 %) e, para manufaturados: Índia (63 %), Bélgica (17%), Estados Unidos (7 %) e o restante entre China e Áustria. Em relação a 2006, os gastos com importação de mica, cresceram 56 %, onde os bens primários aumentaram 20 % e os produtos manufaturados mais de 65 %.

A moscovita é comercializada em duas formas: folha e moída. O comércio de mica em folha depende do grau de transparência e da isenção de defeitos, como empenamento, arranhões, trincas e ondulações, entre outros, que não prejudiquem o corte. Conforme foi mencionado esse tipo de mica é a que possui maior valor comercial e uma boa aceitação no mercado.

No entanto, no mercado externo a moscovita moída domina, em termos de volume, as aplicações comerciais. Nessa categoria encontra-se a mica moída a seco com granulometria entre (0,15 e 1,2 mm); moída a úmido com granulometria entre (0,044 e 0,10 mm) e mica micronizada com granulometria menor que 0,044 mm.

Em termos comerciais, existe atualmente uma demanda crescente por mica micronizada para aplicações nobres, como pigmentos para as indústrias de tintas, plásticos e cosméticos, entre outros.

No Brasil, as estatísticas referentes à produção de mica não são exatas e é apenas estimada devido à indisponibilidade de dados confiáveis. Quase toda a produção de moscovita é produzida por pequenos mineradores e por garimpeiros, sendo obtida como subproduto a partir da lavra de pegmatitos, localizados no Nordeste do País.

A mica em fragmentos, depois de um processo de moagem e peneiramento, pode ser utilizada, como componente na produção de cimento, como aditivo em lamas de perfuração de poços de petróleo, nas indústrias de tintas, plásticos, de decoração e para moldes de pneus.

Na Tabela 2.7 são mostrados dados estatísticos referentes à comercialização, consumo e estimativa de preços por toneladas.

O Brasil apresentou em 2007, um consumo aparente médio estimado de 3.614 t, com queda de 7,3 % em relação ao ano de 2006.

TABELA 2.7 – PRINCIPAIS ESTATÍSTICAS DA MOSCOVITA - BRASIL

Discriminação			2005	2006	2007
Produção ⁽¹⁾	Bruta(ROM)	(t)	4.000	4.000	4.000
Importação ⁽²⁾	Bens Primários	(t)	1341	1.123	1.325
		(10 ³ USS-FOB)	1,325	935	1,182
	Manufaturados	t	945	628	1.022
		(10 ³ USS-FOB)	3,760	3,802	6,286
Exportação ⁽³⁾	Bens Primários	(t)	163	183	1.711
		(10 ³ USS-FOB)	43	58	608
	Manufaturados	t	1.636	1.952	2.219
		(10 ³ USS-FOB)	3,653	5,602	6,752
Consumo Aparente ⁽⁴⁾	Mica (ROM)	(t)	5178	4940	3614
Preço médio ⁽⁵⁾	Mica em bruto	(USS-FOB/t)	263,80	317,94	353,35
	Mica em pó	(USS-FOB/t)	973,82	854,20	855,41
	Manufaturados	(USS-FOB/t)	3.743,7	5.859,4	5.962,9

FONTE - DNPM, MDIC-SECEX, SRF

Notas: (1) Produção bruta (incluir garimpos) (2) Incluir produção bruta, em pó, placas, folhas e outras obras de mica (3) Incluir em bruto, em pó, desperdício de mica, placas e tiras de papel de mica (4) Produção mais Importação – Exportação (5) Preços médios anuais – FOB das exportações brasileiras (6) Placas, folhas e tiras de papel de mica (p) Dados preliminares (r) Revistas (e) Estimado

O panorama futuro do consumo de mica moscovita é bastante promissor, visto que, vêm aumentando as pesquisas sobre novas aplicações para esse mineral, tanto para o material micronizado como para o produto natural, gerando, desta forma, novas áreas e segmentos de aplicações aliados os novos interesses comerciais. Destaca-se alguns projetos em andamento

ou previstos no Brasil, novas instalações de tratamento e beneficiamento de mica no Distrito Industrial de Macanaú, em Fortaleza, no Estado do Ceará, está em processo de expansão de produção no biênio 2008/2009, para atingir 6 mil toneladas de mica pura, o que significa dobrar a oferta interna dessa substância. A melhoria dos preços nos últimos três anos e os projetados, para a mica no mercado interno e externo estará levando as empresas dessa substância a investirem na pesquisa, produção e melhorias de tecnologias.

2.10 Método de Extração de Mica Moscovita

O método utilizado para a produção de moscovita depende, naturalmente, das condições da ocorrência e do tipo de minério, a lavra pode ser a céu aberto ou subterrâneo. No caso do Município de Pedra Lavada - PB, região do Seridó, a moscovita é obtida, sob condições favoráveis, é comum realizar-se uma lavra com uso de equipamentos convencionais como trator, retro-escavadeira e pá mecânica ou uma lavra manual com o uso de ferramentas elementares (Figura 2.8). De acordo com (Luz *et al.*, 2001), o baixo valor agregado da mica, em várias situações, é um fator limitante ao uso da lavra subterrânea. Em situações onde a moscovita ocorre em rochas mais duras, o desmonte é realizado com perfuração e explosivo.

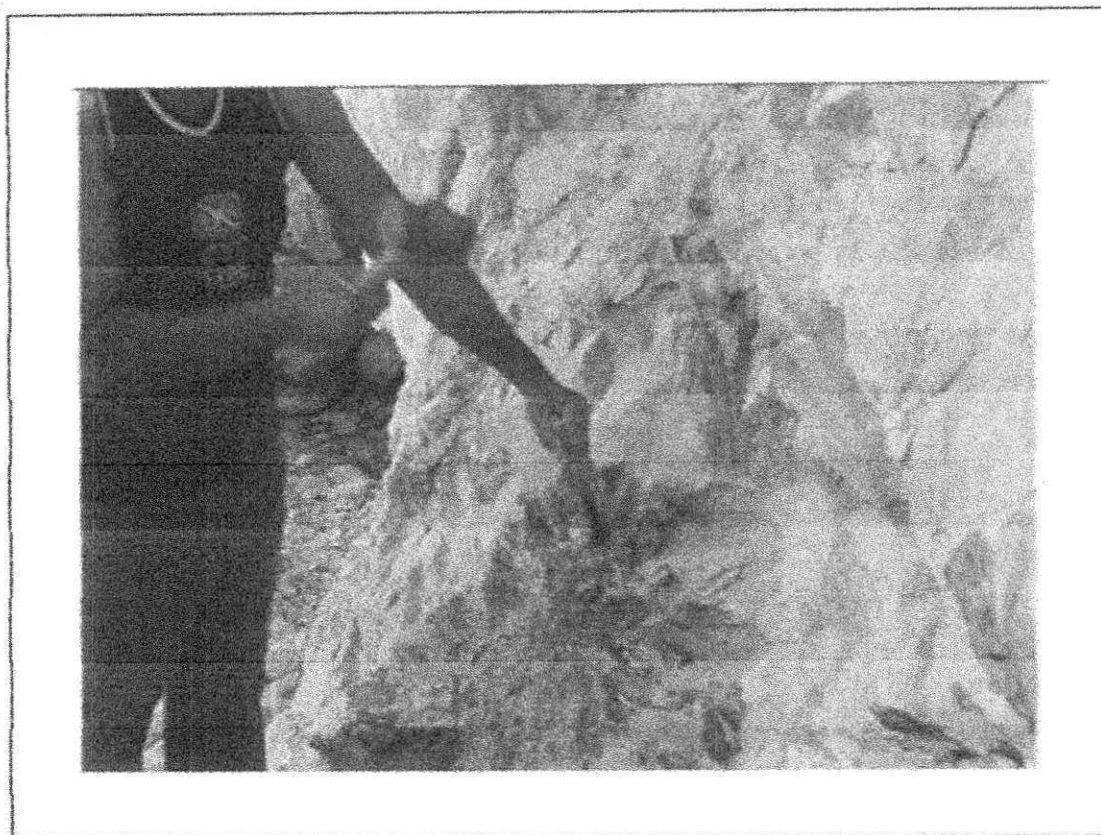


Figura 2.9: Detalhe da lavra manual de moscovita com o uso do “pixote”.
FONTE: Rochas Minerais Industriais – CETEM/2005

2.11 Método de Beneficiamento

De acordo com Chaves, (1996), todo circuito de beneficiamento é constituído por uma seqüência de operações que se denomina operações unitárias, por que elas são sempre as mesmas. O que diversifica é a seqüência delas, para atender a um determinado objetivo, ou para atender às característica específicas de um determinado minério. As operações unitárias podem ser esquematicamente agrupadas em: operações de cominuição, concentração e auxiliares. O esquema que apresenta um processo produtivo é chamado fluxograma.

Segundo Andry, (1992), a mica moscovita se apresenta nas categorias folha e moída. A mica folha pode ser classificada com base na cor, assim como no tamanho máximo de lâminas, o que permite a sua subclassificação em: blocos com espessura mínima de lâmina de 180 μm , finos com espessura entre 50 e 180 μm , filmes qualidade superior aos blocos com espessura entre 20 e 180 μm e *splittings* que são lâmina com máximo de espessura de 30 μm e

área superficial útil de 483 mm^2 . A mica moída domina, em termos de volume, as aplicações comerciais, incluindo-se nessa categoria a mica micronizada, moída a seco ou a úmido.

De acordo com essas categorias apresentadas há duas situações distintas: o beneficiamento da mica em placa e o beneficiamento da mica em escamas ou em fragmentos.

2.11.1 – Beneficiamento a Seco

Esse processo de beneficiamento da mica em placa consiste em operações manuais e, portanto, com demanda significativa de mão-de-obra. Nesse processo, é realizada a remoção das impurezas por meio de agitação. Em seguida, as placas são desfolhadas na espessura apropriada e, depois, cortadas em dimensões padronizadas e retocadas nas bordas com uso de faca. Finalmente, as placas são classificadas de acordo com a cor, limpidez e regularidade (Bezerra e Carvalho, 1997; Velho *et al.*, 1998).

2.11.2 – Beneficiamento a úmido

Por sua vez, a moscovita em escamas ou flake, que geralmente ocorre associada a outros silicatos como quartzo, feldspato e caulim, exige técnicas de concentração diferenciadas. O processo convencional consiste, segundo Tanner (1987), basicamente, em: moagem em moinho de barras, classificação granulométrica, podendo utilizar classificadores de arraste, classificador hidráulico ou hidrociclones e espirais de Humphreys e/ou flotação. Na Figura 2.9 é mostrado o esquema de processamento em escala de laboratório, a úmido de mica proveniente de um pegmatito.

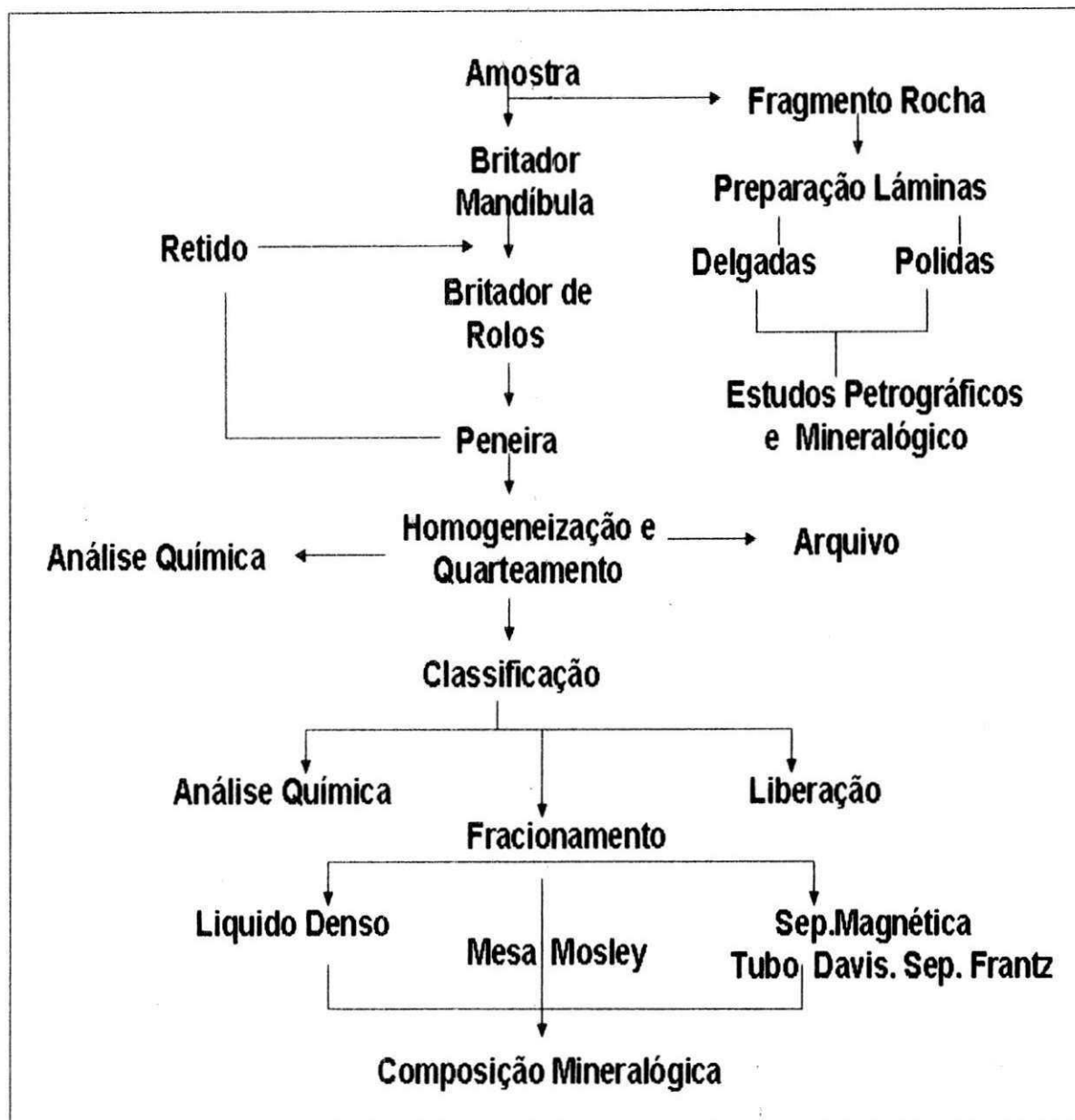


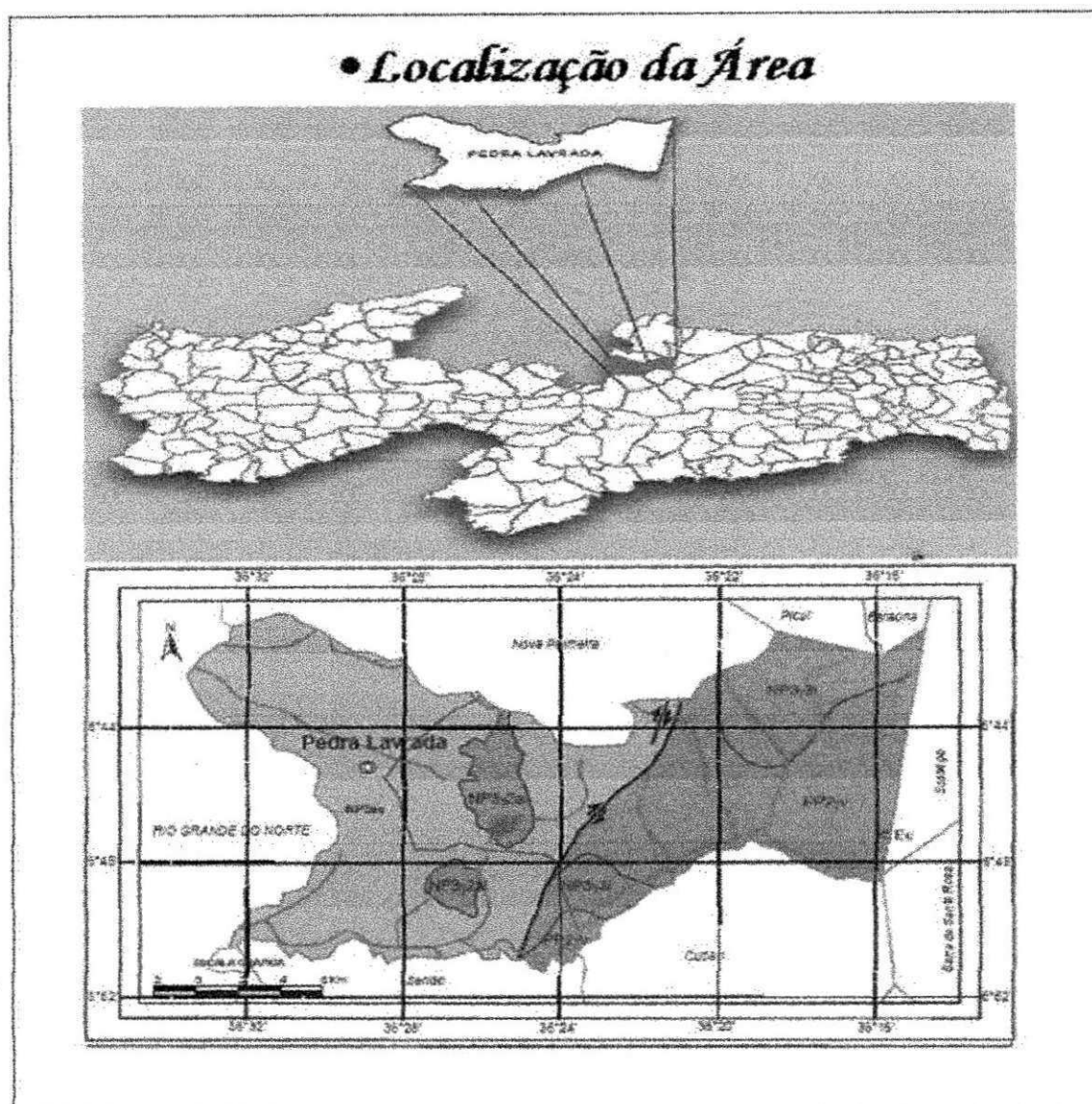
Figura 2.10 - Esquema usado no processo de beneficiamento da moscovita por via úmido.
 FONTE: LIMA et al., 2007

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nos subitens seguintes, será descrito sucintamente os materiais necessários e metodologia empregada para a: preparação da amostra, homogeneização e quarteamento, deslamagem, caracterização física, mineralógica e química, difração de raios-x, análise química, análise térmica diferencial, determinação de tamanho de partícula e ensaios tecnológicos.

Os métodos empregados para determinação da composição química e mineralógica da moscovita, referente a este trabalho são: análise química por via úmida, análise térmica diferencial (ATD), determinação do tamanho de partícula e ensaios tecnológicos consistentes de micronização e clareamento.

A mica em estudo proveniente da região da Borborema se localiza no Estado da Paraíba - município de Pedra Lavada (Figura 3.1). A região situa-se no centro-norte do Estado, meso-região da Borborema e micro-região do Seridó Oriental Paraibano, limitando com os municípios de Nova Palmeira, Sossego, Cubati, Seridó e com o Estado do Rio Grande do Norte. Abrange uma área de 391,3 km², distando da capital cerca de 155 km, sendo seu acesso, a partir da cidade de João Pessoa, efetuado através das rodovias pavimentadas BR-130 e PB-177 .



UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Cenozóico

Ev Formação Campos Novos (c): argilito, arenito e basalto

Neoproterozóico

NP2 (i) Granitóides de quimismo indiscriminado (i): granitóides diversos (571 Ma U-Pb)

NP3 (a) Suíte Peraluminosa (a): granada-muscovita-biotita leucocrânito com feição migmatítica

NP3 (ss) Formação Seridó (ss): biotita-xisto, metarritmito, clorita-sericita xisto (640 Ma U-Pb)

Paleoproterozóico

PP2 (y) Suíte Várzea Alegre: ortogneisse tonalítico-granodiorítico e migmatito (2098 Mc U-Pb)

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

— Contato geológico
 Falha ou Zona de Cisalhamento Dextral

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

Sede Municipal
 Rodovias
 Limites Intermunicipais
 Rios e riachos
 Açude/barragem

Figura 3.1 – Mapa Geológico, mostrando a localização da área mineralizada em mica moscovita
 FONTE: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE.

No município de Pedra Lavrada, a moscovita apresenta potencial em termos de qualidade para se tornar um produto comercial de exportação. A Figura 3.2 mostra detalhe da

mica moscovita em bloco (a), lâmina (b), flocos (c) e pilhas de mica (d), coletadas e localizadas nesse município.

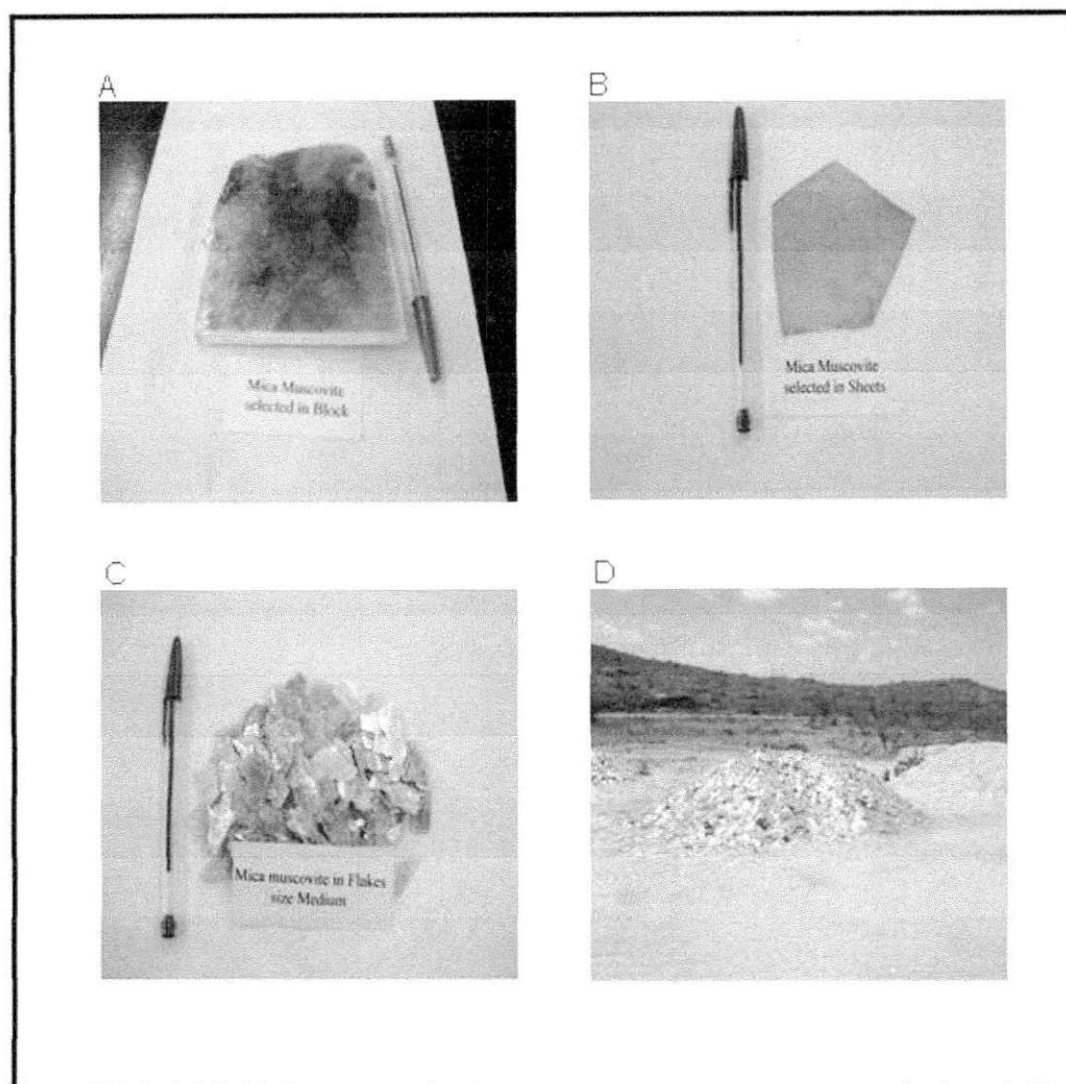


Figura 3.2 – Detalhes dos diferentes tipos de mica selecionada manualmente e processada.

A produção de mica em folha no Estado da Paraíba é pequena, e a maior produção se destina a mica em flocos (“flakes”) ou escamas. O processamento consiste de cominuição em britador de impacto (martelos) e peneiramento em peneiras vibratórias. No entanto, o desperdício de moscovita no processo é grande, dado que o mercado regional se interessa apenas por mica com tamanho na faixa de 1,0 a 5,0 cm. A fração de moscovita menor que 1,0 cm não têm aproveitamento, em termos comerciais.

3.1 Preparações das Amostras

Na primeira etapa dos trabalhos foi efetuada uma visita técnica às áreas de lavra de moscovita do Nordeste, especificamente, na região Borborema-Seridó. A finalidade da visita foi coletar amostras de mica para realização de ensaios tecnológicos. Assim, foram coletadas cerca de seis amostras, 50 kg de cada uma delas, quatro dessas amostras eram de rejeitos da usina de beneficiamento da empresa Seridó Mineração, localizada no município de Pedra Lavrada, uma amostra foi coletada na Fazenda Dois Irmãos, localizada no município de Nova Palmeira e a última amostra era proveniente do rejeito da usina de beneficiamento da Mineração Pedra Preta, município de Juazeirinho. As amostras foram acondicionadas em sacos de plástico e transportadas ao laboratório de Tratamento de Minérios da Universidade Federal de Campina Grande, com a finalidade de selecionar uma delas, empregando como critério o menor teor de ferro. A Figura 3.3 apresenta detalhes dessas amostras que foram usadas para ensaios de caracterização.

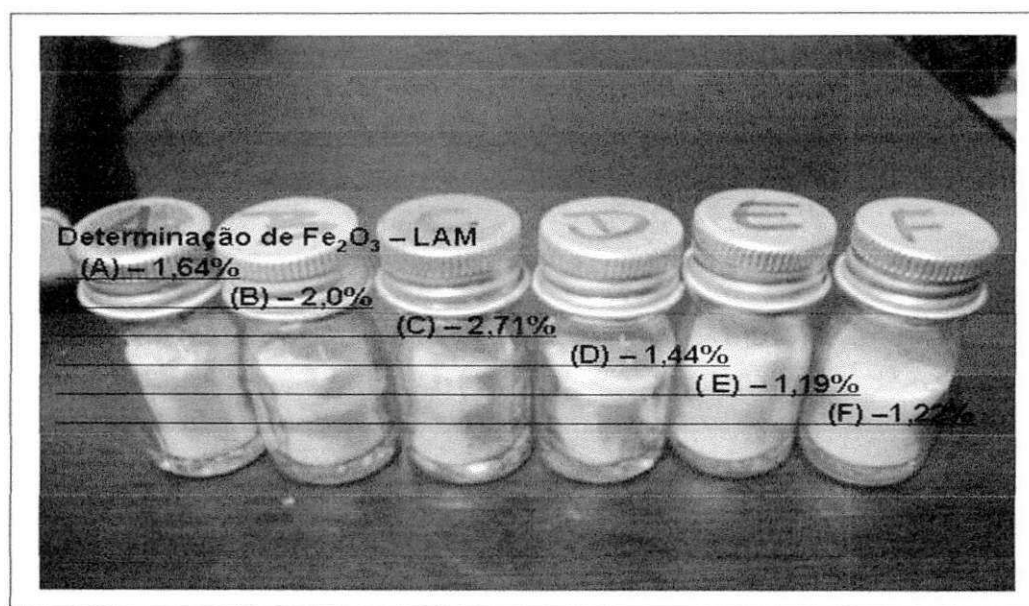


Figura 3.3 – Detalhes das seis amostras coletadas para análise química

3.1.1 Homogeneização e Quarteamento

A homogeneização e quarteamento de amostras foram feitos através do método de pilhas sendo que as mais empregadas foram as do tipo cônico e alongadas (tronco de

pirâmide). Neste trabalho foi adotado o método da pilha alongada. A formação da pilha foi realizada distribuindo-se o material, á velocidade constate (com o auxilio de uma pá), ao longo da pilha, em um sentido e no sentido oposto (Figura 3.4). O material acumulado nas extremidades foi retomado e despejado novamente sobre a pilha, com a finalidade de diminuir o erro experimental.

O quarteamento foi realizado dividindo-se a pilha em quatro porções iguais, de onde foram retiradas sub-amostras de 1,0 kg , pesadas em uma balança eletrônica de precisão, do tipo “top loader”, modelo Mark 3500. Uma das sub-amostras foi etiquetada e reservada para arquivo. A preparação desse tipo de pilha é efetuada dividindo-se o lote inicial em quatro porções aproximadamente iguais. Em seguida, procedeu-se á retirada do material, alternadamente, de quartos opostos os quais foram armazenados em sacos plásticos, etiquetados, pesados e reservados para os ensaios (Figura 3.5).

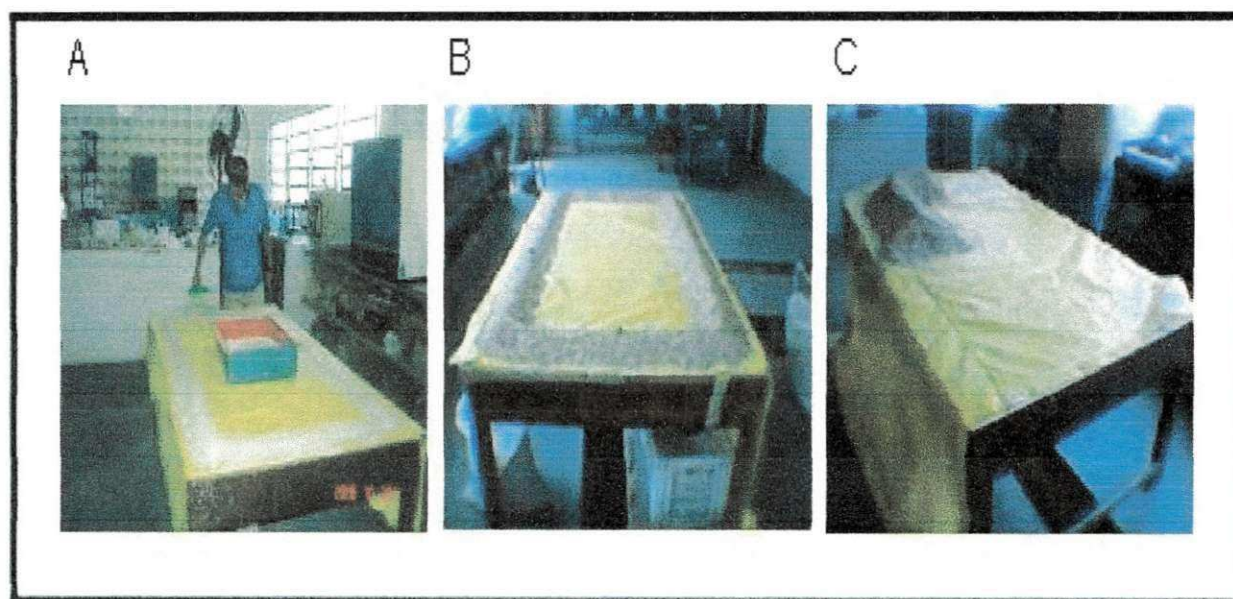


Figura 3.4 – Homogeneização de amostra utilizando-se o procedimento da pilha alongada.

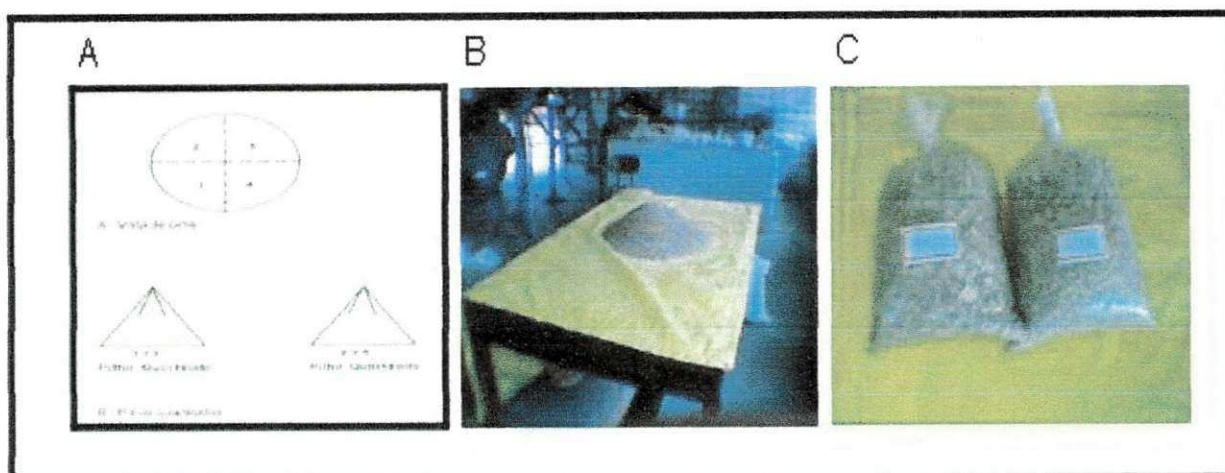


Figura 3.5 – Quarteamento de amostra pelo método da pilha cônica

3.1.2 Deslamagem

Esta etapa consiste na deslamagem de amostras, utilizando a peneira de 1 mm de abertura ou 16 malhas (Tyler). As amostras foram lavadas com água, para eliminar as impurezas e material fino. Após lavagem, o material foi transferido para bandejas e colocado na estufa á 80 °C (Figura 3.7). Em seguida o material foi submetido á redução granulométrica

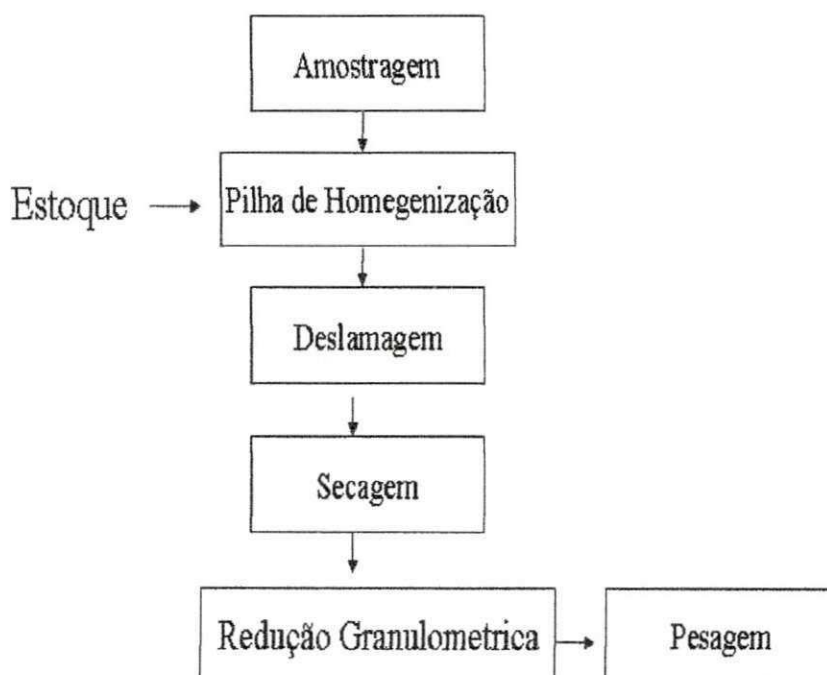


Figura 3.6 - Esquema adotado para preparação das amostras

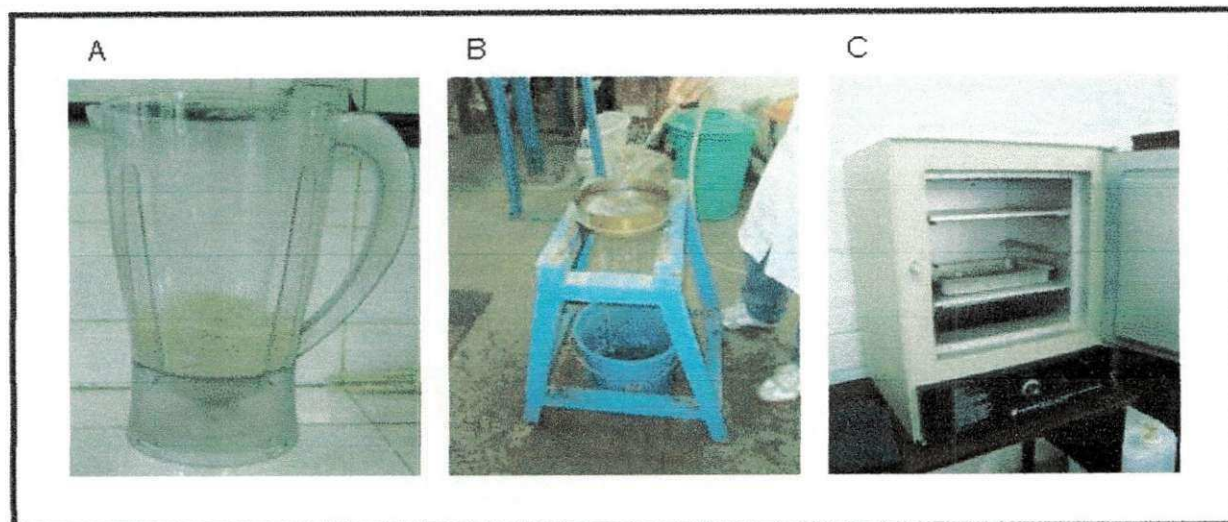


Figura 3.7 - Redução granulométrica, deslamagem e secagem.

3.2 Caracterizações Física, Mineralógica e Química

A caracterização (Figura 3.8) é uma etapa fundamental para o aproveitamento de um recurso mineral de forma adequada. É importante que durante as diferentes etapas de beneficiamento, às quais o minério é submetido, seja realizado um controle efetivo das suas características, com o objetivo de conhecer suas peculiaridades e tornar o processo mais satisfatório. Para caracterização física, mineralógica e química das amostras, foram escolhidas técnicas instrumentais de análise como o de difração de raios-x (DRX), análise química por via úmida, análise térmica diferencial (ATD) e termo gravimétrico (TG), e determinação de tamanho de partícula. Os ensaios tecnológicos consistiram de micronização e clareamento químico. A escolha dessas técnicas e o conjunto dos resultados dessas análises atendem perfeitamente à carência de informações sobre a composição física, mineralógica e química das amostras, além de serem técnicas usuais de caracterização mineral. As amostras utilizadas para caracterização foram de mica na forma de flocos, obtidas através de catação manual a partir de uma fração granulométrica selecionada, de 8mm. Essa amostra foi coletada no overflow do ciclone na usina de beneficiamento da empresa Seridó Mineração Ltda.

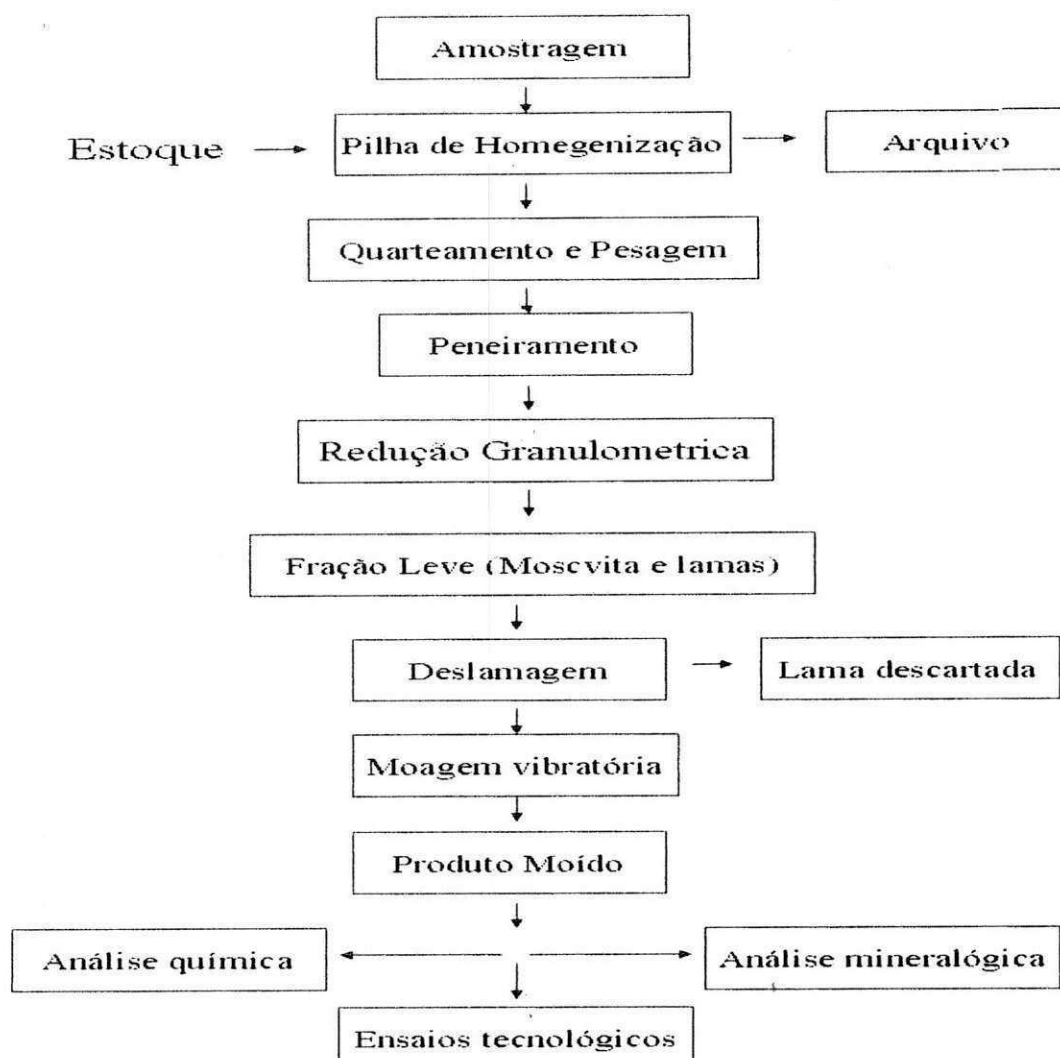


Figura 3.8 – Esquema mostrando as técnicas usadas para a caracterização da mica.

3.2.1 Difração de Raios-X (DRX)

A difração de raios-X é uma técnica empregada para a identificação de substâncias inorgânicas quanto à cristalinidade. É uma técnica muito utilizada na caracterização de minérios, uma vez que identifica os constituintes mineralógicos da amostra.

Os estudos de DRX foram efetuados com amostras de moscovita, cominuída a (- 0,074 mm). Foram realizadas com o intuito de caracterizar a mica e avaliar sua pureza. Para tanto, utilizou-se um difratômetro da marca Shimadzu XRD-6000, radiação de Cu-k₂ e taxa de varredura de 0,02 segundos no intervalo de 5° a 60°(2θ). O método qualitativo empregado foi o do pó, a amostra foi colocada na porta amostra do aparelho, em seguida era retirado o excesso de amostra e procedia-se a compactação do material antes de ser colocado

no compartimento do instrumento. As condições de trabalho foram efetuadas utilizando-se uma fonte de cobre e uma taxa de varredura de 1 grau por minuto. Os ensaios foram realizados no Laboratório do Departamento de Materiais (DeMA), da UFCG. A Figura 3.9 mostra as fotografias dos equipamentos: agitador elétrico de peneiras e o difratômetro de raios-X.

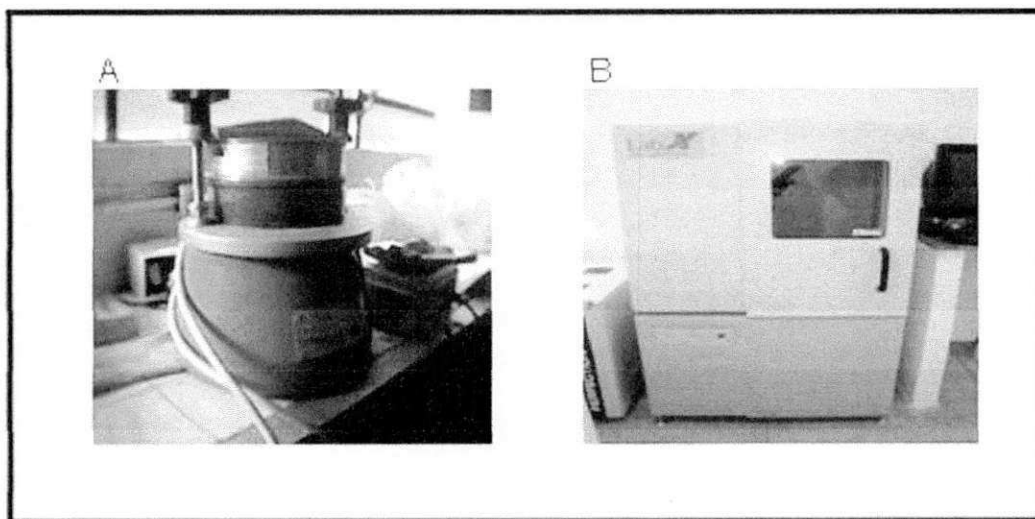


Figura 3.9 – (A) Agitador elétrico de peneiras
(B) Equipamento de DRX

3.2.2 Análise Química

A análise química foi realizada pelo método de titulação volumétrica no Laboratório de Análises Mineraias (LAM) da UFCG. A finalidade foi determinar a composição química da mica usada nos ensaios tecnológicos.

As amostras passaram por um processo de preparação, da mica natural para amostras aptas à análise química, através do uso de equipamentos de fragmentação, pulverização e redução da amostra. À partir desse processamento, as seguintes determinações foram realizadas: Perda ao rubro, sílica, resíduo insolúvel, ferro, alumínio, sódio, potássio, cálcio e magnésio.

Para a determinação de Perda ao Rubro, pesou-se 1,0000 g da moscovita, sendo, logo após, transferido para um cadinho de porcelana e levado à mufla a temperatura de 1.000 °C. Para digerir a amostra, pesou-se 0,5000 g e, em cadinho foi colocado carbonato duplo de sódio e potássio, a mesma foi lixiviada, com o auxílio do bico de Bunsen. A pastilha formada foi dissolvida com HCl 1:1, e filtrada para um balão volumétrico de 250 ml (Figura 3.10).

Desse filtrado, as seguintes determinações foram realizadas: ferro, cálcio e magnésio: Análises estas, feitas pelo método complexiométrico. O sódio e o potássio foram analisados por fotometria de chama. Os materiais utilizados para esses procedimentos foram: balança analítica; mufla; béquer de 250 ml; provetas graduadas; pipetas graduadas e volumétricas; cadinho de platina e de porcelana; dessecador, funis; chapa elétrica; bastão de vidro, espátulas e pinças.

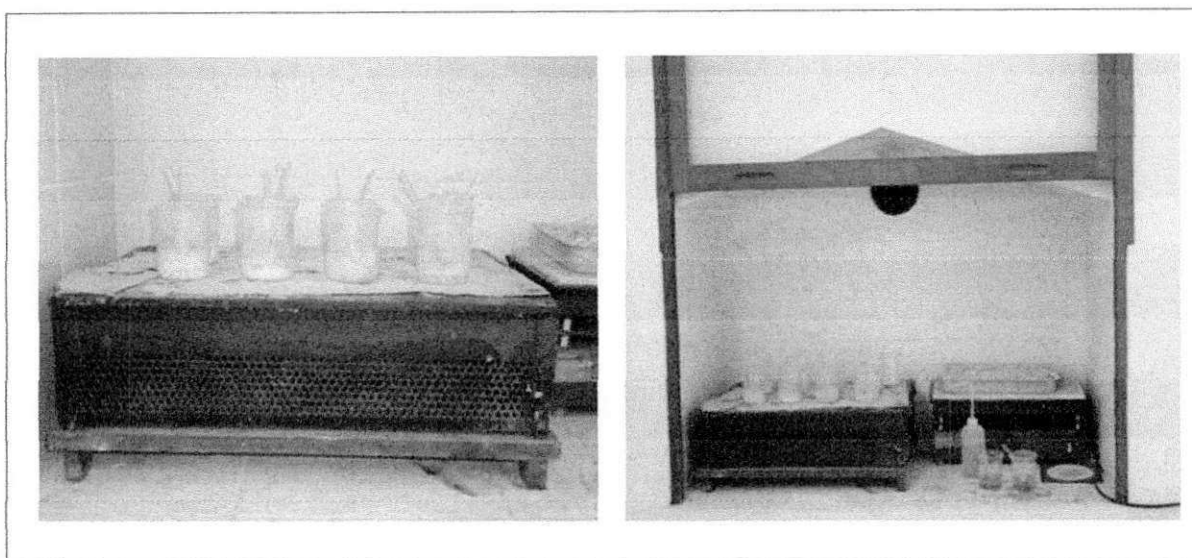


Figura 3.10 – Detalhes da etapa de digestão de amostras para a análise química.

3.2.3 Análise Térmica Diferencial (ATD) e Termogravimétrica (ATG)

Essa análise foi realizada nos laboratórios do Departamento de Matérias (DeMA), da UFCG, sendo empregado um equipamento BPEng Modelo RB – 300, utilizando-se alumina como padrão de referência, taxa de aquecimento de 12,5 °C. min, atmosfera de ar, temperatura máxima de 1000 °C. A granulometria da amostra de mica foi -0,074 mm.

3.2.4 Determinação de Tamanho de Partícula

A análise de tamanho de partícula foi realizada em equipamento *Cilas* 1064, do Laboratório do Departamento de Materiais (DeMA) da UFCG. Na Figura 3.11 são mostrados detalhes do equipamento.

Para a realização do ensaio, 12 g da amostra foram dispersas em solução aquosa, usando como dispersante o hexametáfosfato de sódio. A solução foi dispersa em agitador mantido em alta rotação (12.000 RPM), deixava-se em repouso durante 24 h e em seguida era agitada novamente antes da realização dos ensaios.

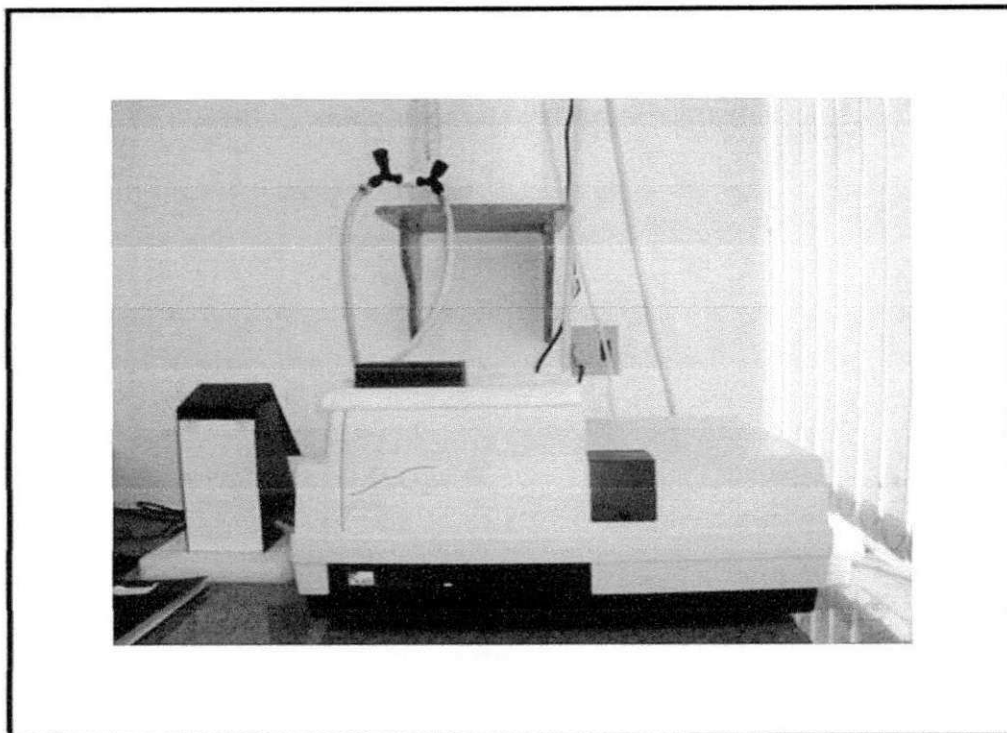


Figura 3.11 – Equipamento de determinação de tamanho de partícula, modelo Cilas 106

3.2.5 Fluorescência de Raios- X

Essa técnica de análise semi-quantitativa foi empregada para determinar a composição química do ferro das amostras de moscovita após os ensaios tecnológicos. O material foi a mica preparada manualmente e cominuída na granulometria de $-0,074$ mm. As amostras foram prensadas e transformadas em pastilhas e secas á temperatura de 110 °C. Pesou-se $0,007$ g da amostra e $0,100$ g de KBr (Brometo de potássio), em um vidro relógio depois trituradas no almofariz com pistilo e, em seguida foi colocada na prensa durante 30 s a uma pressão de 5,0 toneladas (Figura 3.12). Os resultados obtidos foram dados como óxidos dos elementos. Essa etapa foi executada em um equipamento modelo EDX-720 SHIMADZU. Os materiais utilizados nesse procedimento foram: balança analítica; almofariz com pistilo; prensa; molde de alumínio; bastão de vidro, espátulas e pinças.

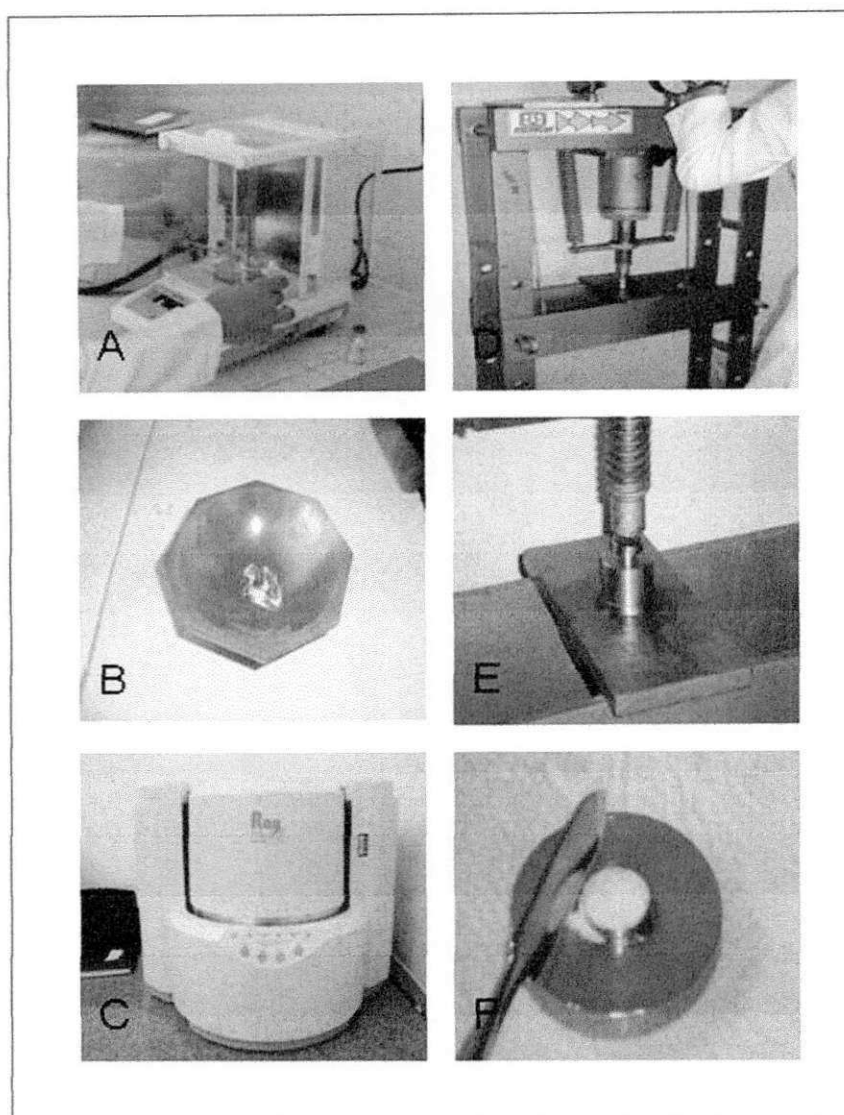


Figura 3.12 – Detalhes da preparação de amostra para a determinação de ferro na mica por fluorescência de raios-X.

3.3 Ensaios Tecnológicos

Os ensaios tecnológicos consistiram de duas etapas, a primeira foi a micronização das amostras de mica com emprego do moinho vibratório. A segunda etapa, foi de clareamento químico e determinação do teor de ferro nas amostras submetidas ao clareamento. O teor de ferro foi analisado no laboratório do Departamento de Engenharia de Materiais (DeMA) da UFCG.

3.3.1 Micronização

Os ensaios de micronização foram realizados usando-se um moinho vibratório modelo “SPEX”(Figura 3.13). A metodologia consistiu de colocar 5,00 g de mica na granulometria (-0,5 mm) no recipiente e foram estudados diferentes tempos de moagem. O corpo moedor era composto de esferas com diâmetro de ½ polegada. O recipiente era fechado com tampa de rosca e submetido á intensa vibração, por um tempo determinado. Em seguida, a amostra era colocada na estufa á uma temperatura de 80 °C, para retirar a umidade. O produto micronizado era passado na peneira de 44 µm e pesado para se determinar a fração porcentual passante. Foram realizados ensaios de micronização com tempo seqüencial de 5 em 5 minutos com remoção da fração (-44 µm) entre os intervalos da moagem .

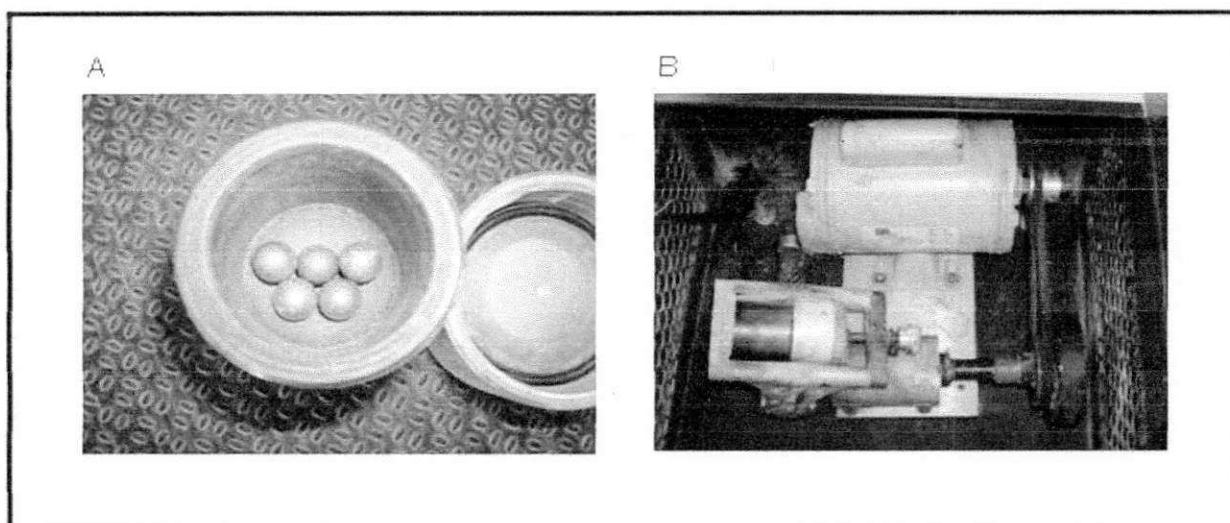


Figura 3.13 – Detalhe da jarra com esferas de aço (A) e equipamento de moagem ultrafina modelo SPEX (B)

Na Figura 3.14 é mostrado o esquema adotado para a realização dos ensaios de micronização.

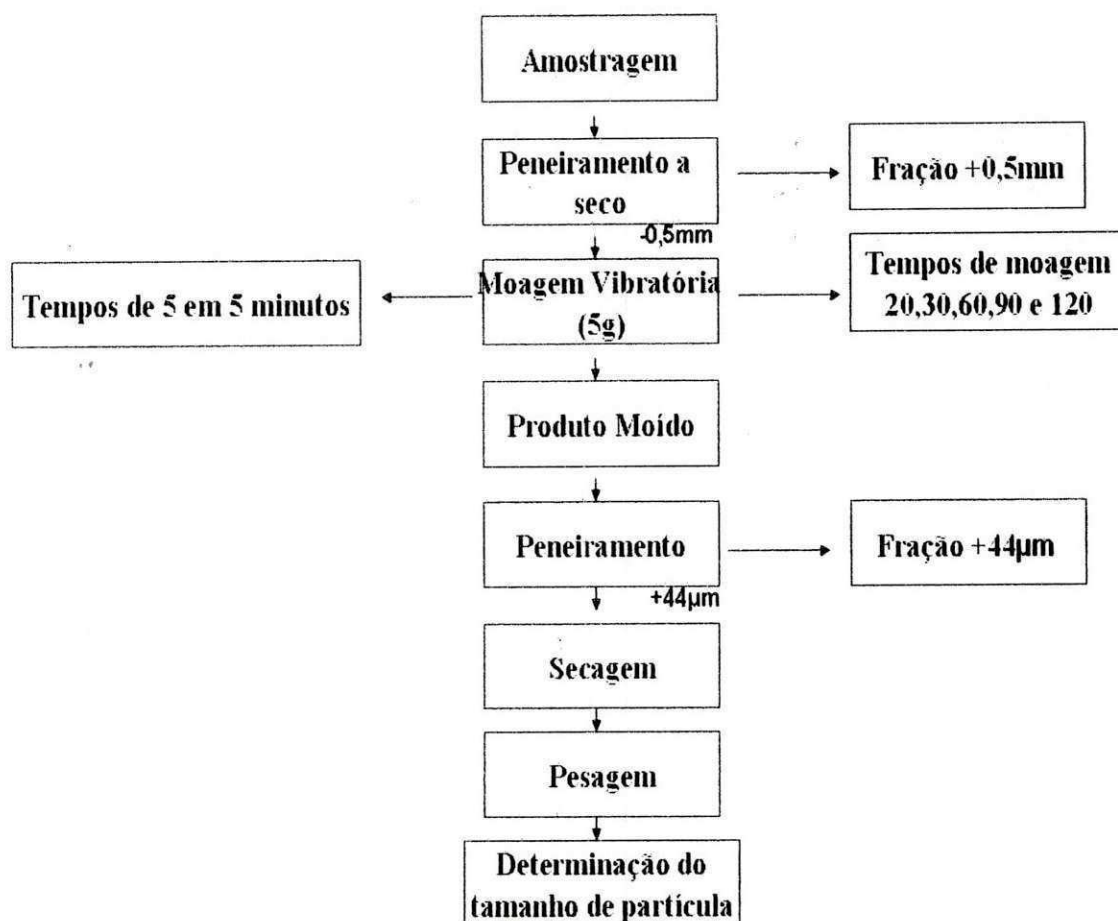


Figura 3.14 - Esquema adotado para os ensaios de micronização

3.3.2 Clareamento Químico

Os ensaios de clareamento da moscovita foram realizados com a fração (- 74 μm) com a finalidade de remoção do ferro. O material foi tratado com as seguintes soluções: 1) ácido sulfúrico nas concentrações de 10 e 20 %; 2) ditionito de sódio nas concentrações de 5 e 10 g/t ajustando-se o pH em 3,0 com ácido sulfúrico 0,1 M; 3) hidróxido de sódio nas concentrações de 0,05; 0,1 e 0,2 M e 4) sais inorgânicos.

No clareamento com NaOH, o material, 10,0 g era colocado junto com 100 ml de solução em recipiente provido de defletores e haste, mantido sob agitação de 750 rpm durante tempos determinados. Esse clareamento emprega o mecanismo de troca iônica no qual o íon sódio, da solução trocadora, substituiria os cátions da camada interlamelar da moscovita, entre eles o ferro, que constitui um dos cátions trocáveis do mineral.

No clareamento com os sais inorgânicos foram empregados KCl , CH_3COOK e KOH . Esse clareamento emprega o método de intercalação iônica. Em seguida todas as amostras eram filtradas, lavadas com água bidestilada e a fração sólida colocada na estufa a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Os materiais utilizados para esse procedimento foram: balança analítica; almofariz com pistilo; béqueres de 250ml; kitassato e erlenmeyer; balão volumétrico; provetas graduadas; pipetas graduadas e volumétricas; funil de buchner e funis; bastão de vidro, espátulas e pinças.

Na Figura 3.15 são mostrados detalhes do método de clareamento com emprego de agitador e pastilha magnética utilizando-se as soluções de ácido sulfúrico e ditonito de sódio, bem como detalhes da decantação do material e filtração,

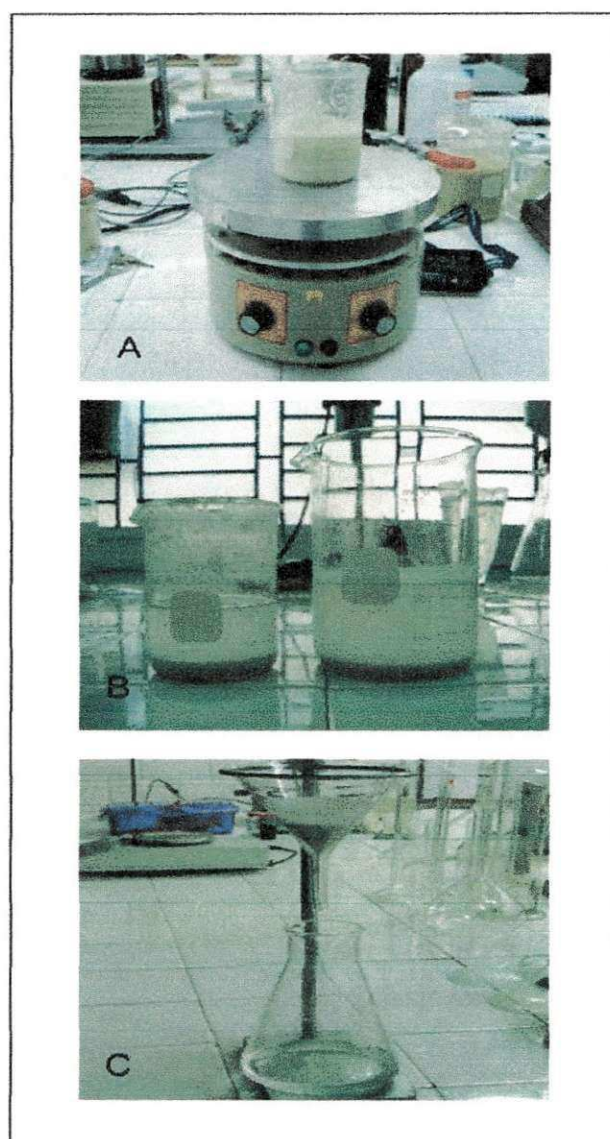


Figura 3.15 – Detalhes do método de clareamento da moscovita com ácido, decantação e filtração.

Na Figura 3.16 são mostrados detalhes do método de intercalação iônica no processo de clareamento químico da moscovita. Nos bérqueres, foram colocados vidros de relógio e esses foram levados à estufa de 85 °C, por um período de 144 h ou 6 dias. As soluções foram preparadas com água bidestilada.

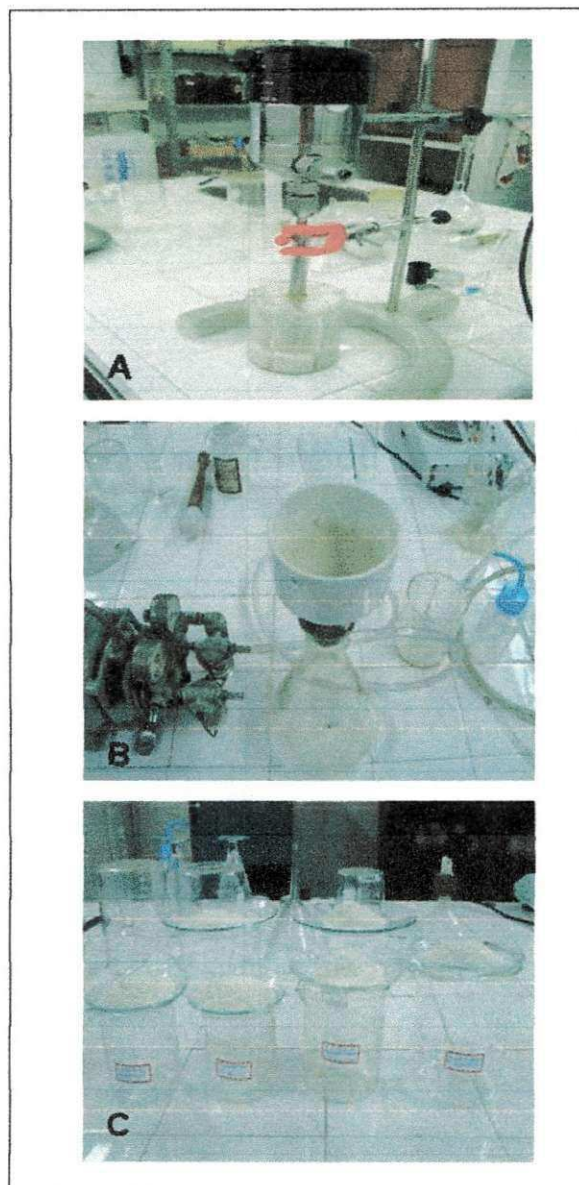


Figura 3.16 – Detalhes do processo de clareamento químico da moscovita através de intercalação iônica.

Na Figura 3.17 é mostrado o esquema adotado para realização dos ensaios de clareamento químico.

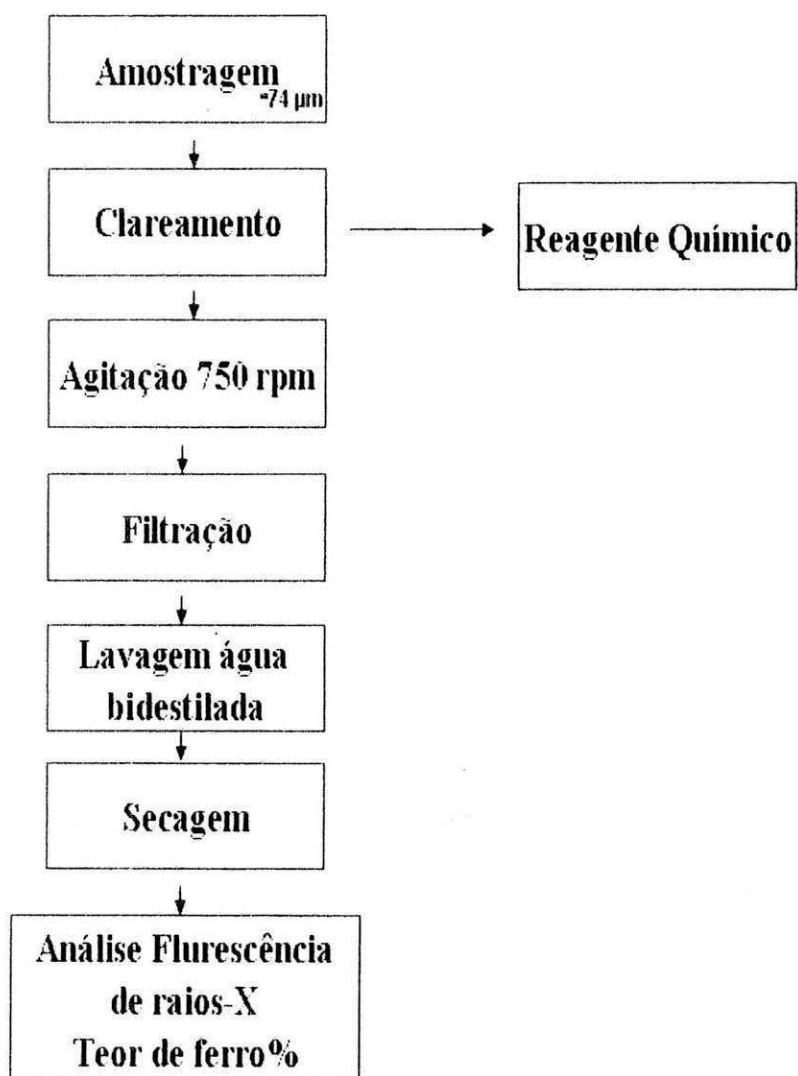


Figura 3.17 - Esquema adotado para realização dos ensaios de clareamento químico

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos tópicos seguintes estão apresentados os resultados obtidos ao longo desse estudo bem como as respectivas discussões.

4.1 Caracterizações Física, Mineralógica e Química

A seguir são mostrados os resultados da caracterização física, mineralógica e química das amostras estudadas. Esses resultados permitiram acrescentar mais conhecimento sobre a morfologia, composição química, física e mineralógica.

4.1.1 Análise Termodiferencial e Termogravimétrica

Os resultados da análise termodiferencial e termogravimétrica estão apresentados na Figura 4.1. Nessa figura são verificados três picos endotérmicos as temperaturas de 200, 500 e 850 °C, sendo, o primeiro mais pronunciado que o segundo e o terceiro. O primeiro pico em torno de 200 °C, indicaria a remoção da água adsorvida decorrente de umidade do mineral e também uma parte dessa água que se encontraria no espaço interlamelar. As perdas de massa, referentes à evaporação da água, geraram um pico endotérmico em uma temperatura indicada por um mínimo em 200 °C.

Entre o intervalo de 350 °C e 700 °C, ocorrem as reações de dehidroxilação ou perda de água estrutural comum nas argilas e micas. O segundo pico endotérmico sobre a curva térmica diferencial, por volta de 500 °C, indica remoção da maior parte dos grupos OH e água estrutural (Grim, 1951, p.165-187).

O terceiro pico endotérmico, em torno de 850 e 900 °C, explica uma mudança da estrutura cristalina da moscovita, causado pela decomposição da camada octaédrica. Entre 700 e 900 °C há uma perda significativa de massa, que confere à mica uma capacidade de re-hidratação. Esse fenômeno está associado à variação de estrutura cristalina observada pelo surgimento desse terceiro pico endotérmico.

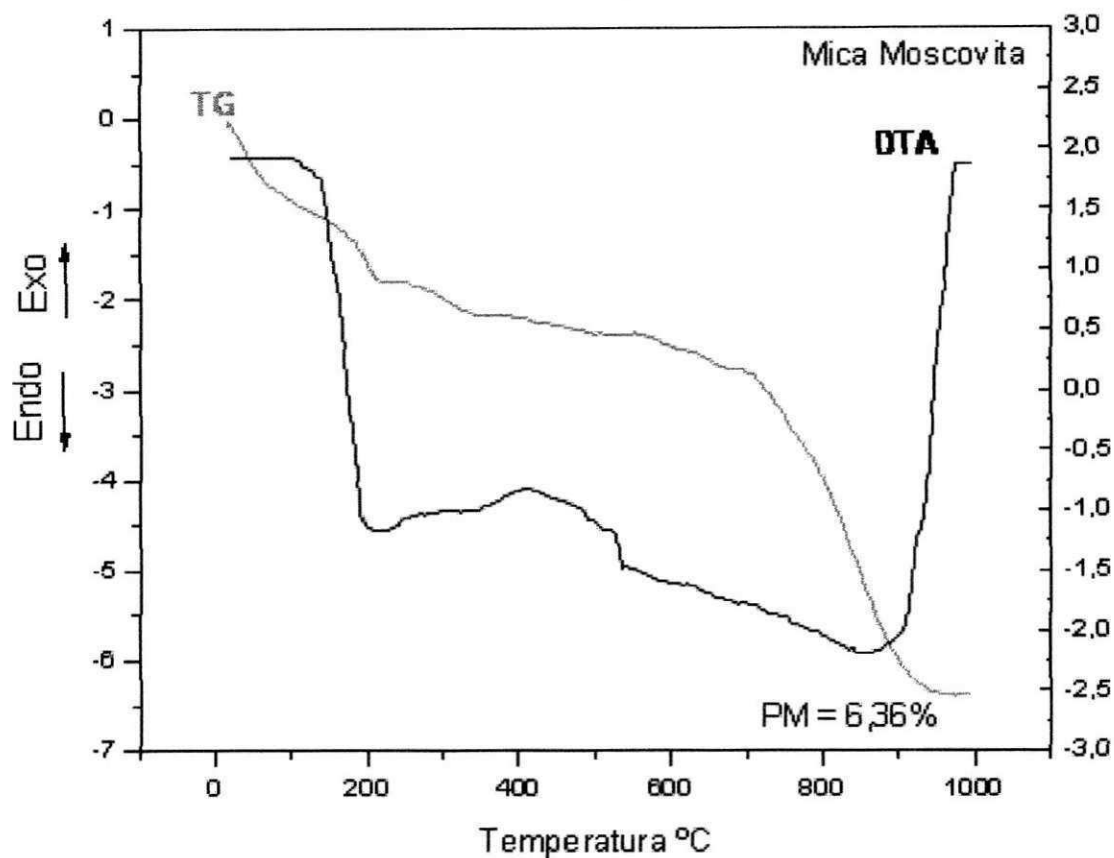


Figura 4.1 – Curvas de ATD e ATG de amostra de moscovita de Pedra Lavrada – PB

4.1.2 Análise por Difração de Raios – X

O difratograma apresentado na Figura 4.2 mostra os picos característicos da moscovita estudada. A difratometria de raios-X é a principal técnica utilizada na identificação mineralógica das amostras de minerais. Segundo Evangelista e Delgado (2007, p.195 – 203), os picos nas posições: $2\theta = 8,48^\circ$, $2\theta = 18,96^\circ$, $2\theta = 26,85^\circ$, são característicos da moscovita. A posição do pico próximo a $2\theta = 8,48^\circ$ representa a localização do plano basal (001) típico da moscovita.

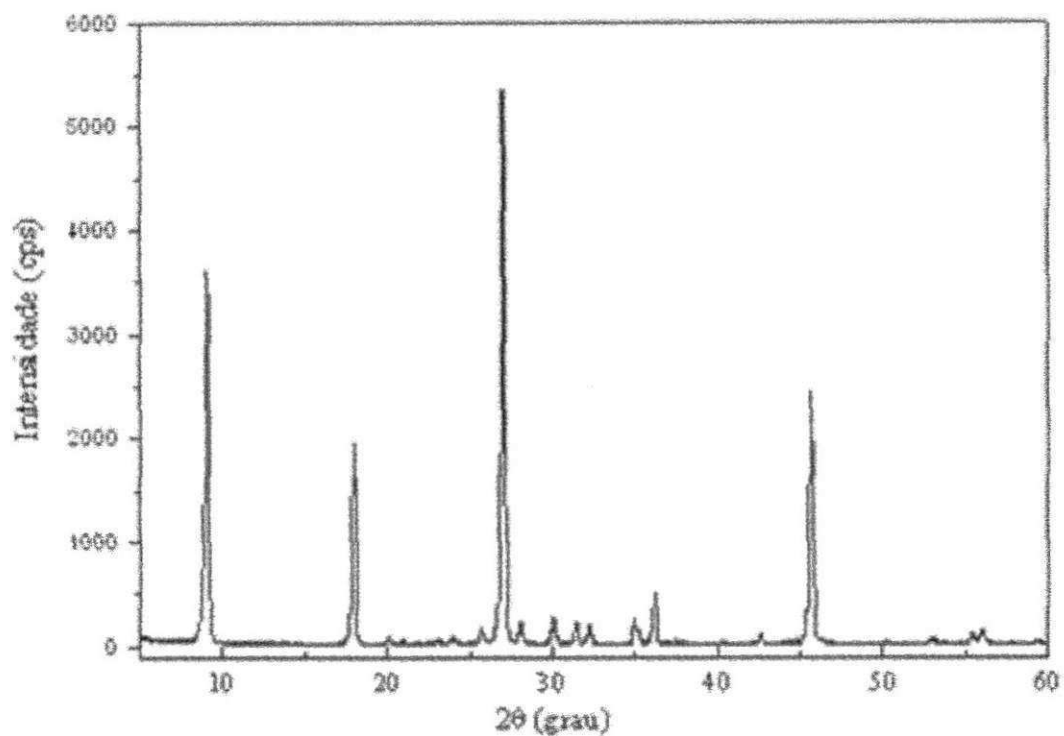


Figura 4.2 – Difratograma de DRX correspondente a amostra de moscovita de Pedra Lavrada

4.1.3 Análise Granulométrica

Na Tabela 4.1 e Figura 4.3 são apresentados os resultados da análise granulométrica a seco realizada com a amostra de rejeito de moscovita. O ensaio foi efetuado com uma massa de 1,0 kg de amostra.

TABELA 4.1 – RESULTADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA A SECO COM A AMOSTRA DE REJEITO DE MOSCOVITA

Granulometria		Massa (g)	Distribuição		
Malhas	(mm)		Retido (%)	Cumulativo (%)	Passante (%)
8#	2,36	785,0	83,5	83,5	16,5
10#	1,680	68,8	7,3	90,8	9,2
16#	1,190	38,8	4,1	94,9	5,1
20#	0,840	6,5	0,7	95,6	4,4
32#	0,500	14,6	1,5	97,1	2,9
35#	0,425	2,2	0,2	97,3	2,7
48#	0,300	8,3	0,8	98,1	1,9
65#	0,210	5,4	0,6	98,7	1,3
100#	0,149	5,5	0,6	99,3	0,7
150#	0,106	1,6	0,2	99,5	0,5
200#	0,075	1,0	0,1	99,6	0,4
270#	0,053	0,6	0,1	99,7	0,3
325#	0,045	0,6	0,1	99,8	0,2
-325#	- 0,0 45	1,1	0,1	100,0	0
		940,00	100,0		

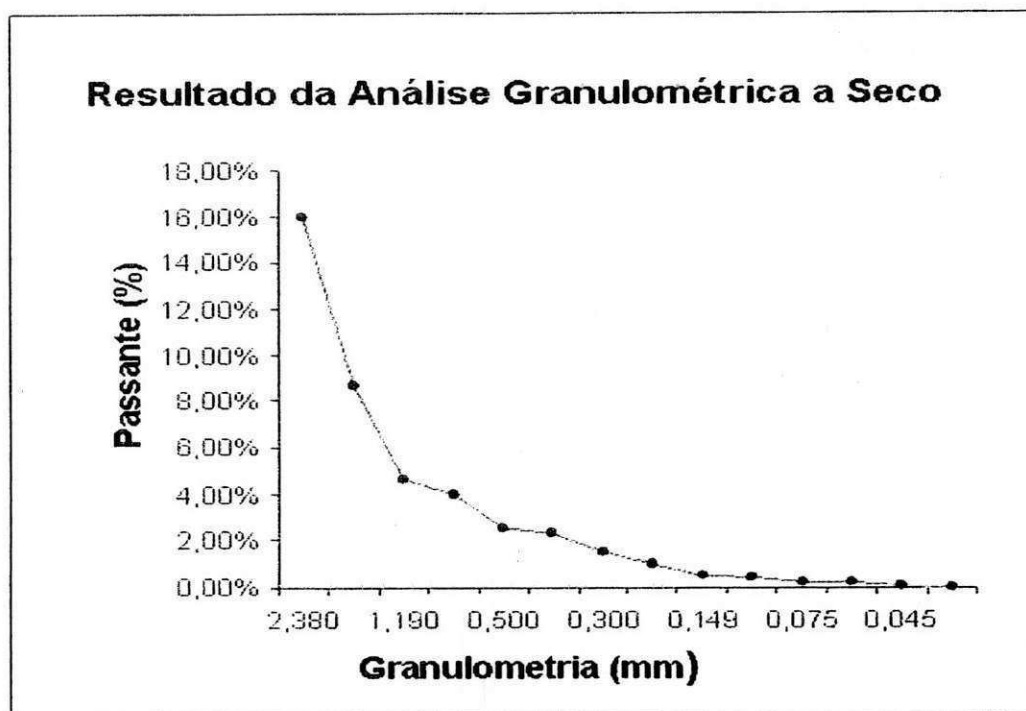


Figura 4.3 - Resultado da análise granulométrica a seco obtida com amostra do rejeito de moscovita

Os resultados mostraram que a fração retida do material em 2,36 mm foi de 83,5 % e a fração passante foi de 16,5 %. A fração retida em 0,5 mm foi de apenas 1,5 %. Por outro lado, a porcentagem cumulativa retida na peneira de 0,5 mm foi de 97,1 % e o passante foi de 2,9 %. Em termos quantitativos, o material na granulometria adequada para a etapa de micronização, de -0,5 mm seria muito pequeno visto que a maior proporção do material (97,1 %) encontra-se acima dessa granulometria.

Esse resultado permite verificar a necessidade de submeter o rejeito de moscovita a etapas preliminares de cominuição almejando a obtenção de um produto a -0,5 mm. Com essa finalidade foram efetuados ensaios empregando-se o moinho de facas de laboratório, mas os resultados não foram satisfatórios. Os melhores resultados foram obtidos com uso de um liquidificador doméstico e os ensaios foram efetuados a seco.

4.1.4 Análise Química

Os resultados da análise química por via úmida para a amostra de mica de Pedra Lavrada estão dispostos na Tabela 4.2. Os percentuais dos elementos químicos estão

apresentados em forma de óxidos, e os valores foram comparados aos da literatura (Minerais Industriais – CETEM 2005) (Tabela 4.3).

Os teores dos elementos principais da composição química da moscovita que são: SiO_2 , K_2O , Al_2O_3 , Na_2O , MgO , CaO e TiO_2 , encontram-se dentro dos valores atribuídos às moscovitas comerciais.

TABELA 4.2 – RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA POR VIA ÚMIDA, DA AMOSTRA DE MOSCOVITA DE PEDRA LAVRADA

Composição Química		Porcentagem
SILÍCIO	SiO_2	46,4 %
ALUMÍNIO	Al_2O_3	35,8 %
MAGNÉSIO	MgO	-
CÁLCIO	CaO	0,08 %
POTÁSSIO	K_2O	10,5 %
SÓDIO	Na_2O	0,5 %
TITÂNIO	TiO_2	0,4 %
FERRO	FeO_2	1,44 %
PF		4,8 %

TABELA 4.3 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%) GENÉRICA DE MOSCOVITA

Composição Química		Percentagem
SILÍCIO	SiO ₂	44 - 47
ALUMÍNIO	Al ₂ O ₃	30 - 38
MAGNÉSIO	MgO	0,3 - 1,5
CÁLCIO	CaO	0,1
POTASSIO	K ₂ O	8,5 - 11,5
SÓDIO	Na ₂ O	0,1 - 0,8
TITÂNIO	TiO ₂	0 - 0,9
FERRO	FeO ₂	0,2 - 5
PF		4 - 5

FONTE: Rochas e Minerais Industriais – CETEM/2005

Em termos de composição química, a moscovita de Pedra Lavrada é mais parecida com a mica citada por TANNER Jr. (Tabela 2.3), quando enquadrada aos padrões de qualidade exigida por segmentos específicos da indústria.

4.2 Ensaios Tecnológicos

Os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos realizados serão a seguir discutidos em termos da micronização e clareamento químico.

4.2.1 Micronização

Os ensaios de micronização foram efetuados com uma massa de 5,0 g de moscovita em uma granulometria de -0,5 mm. Os tempos de moagem foram de 20; 30; 60; 90 e 120 min. A percentagem do material passante na peneira de 0,045 mm foi pouco significativo e

manteve-se entre 19,0 e 27,0 %. Esse resultado mostrou que o tempo empregado de micronização pouco influenciou na taxa de coleta do material obtido a $-0,045$ mm.

Em seguida foram realizados ensaios de micronização também com a massa de 5,0 g de mica em uma granulometria de $-0,5$ mm; porém, foram empregados tempos seqüenciais de moagem de 5; 10; 15; 20; e 25 min sendo que entre os intervalos de tempo foi removida a fração de $-0,045$ mm. Os resultados encontram-se apresentados na Figura 4.4 e mostraram que com o tempo parcial de moagem de 5 em 5 min até um tempo de 25 min foi possível reduzir a granulometria do material 100 % a $-0,045$ mm (Figura 4.5).

Esse resultado pode ser comparado ao obtido por Barros et. al. (2005) os quais usaram um moinho vibratório sendo que o material de alimentação foi de $(-1,7 + 0,074)$ mm obtendo um produto com granulometria 100 % menor que $0,044$ mm. Conforme Wellenkamp (1999) a moagem fina e ultrafina em moinho vibratório geram partículas com morfologia arredondada e possivelmente, o produto obtido neste trabalho atende às especificações exigidas para aplicações na indústria de tintas, plásticos e similares.

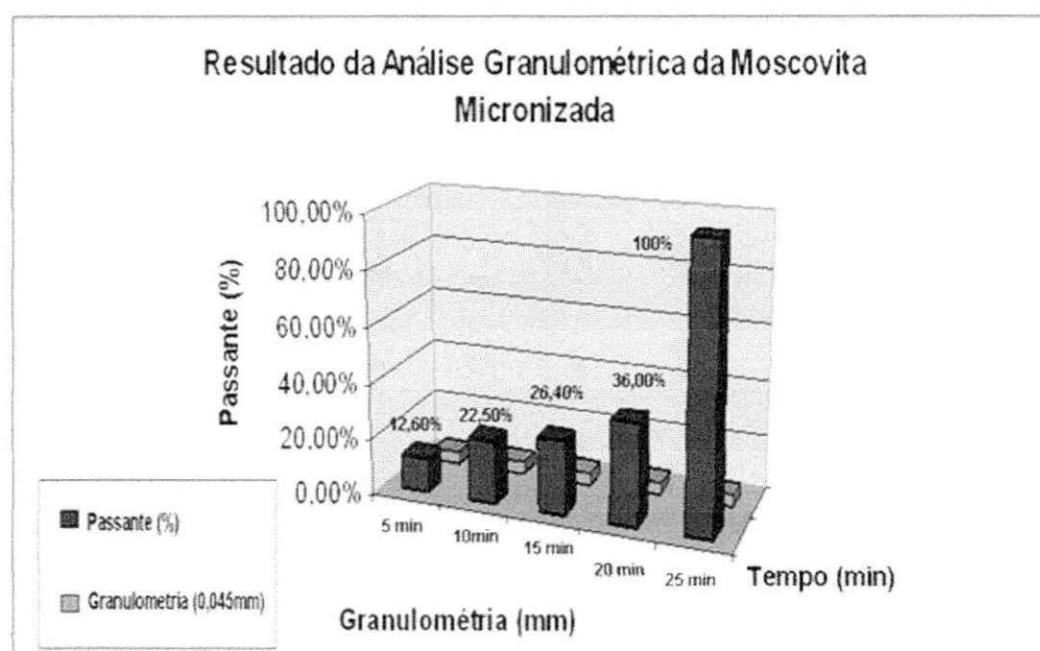


Figura 4.4 - Resultado da análise granulométrica efetuada com o produto da micronização com amostra de moscovita. Ensaio realizado a seco.

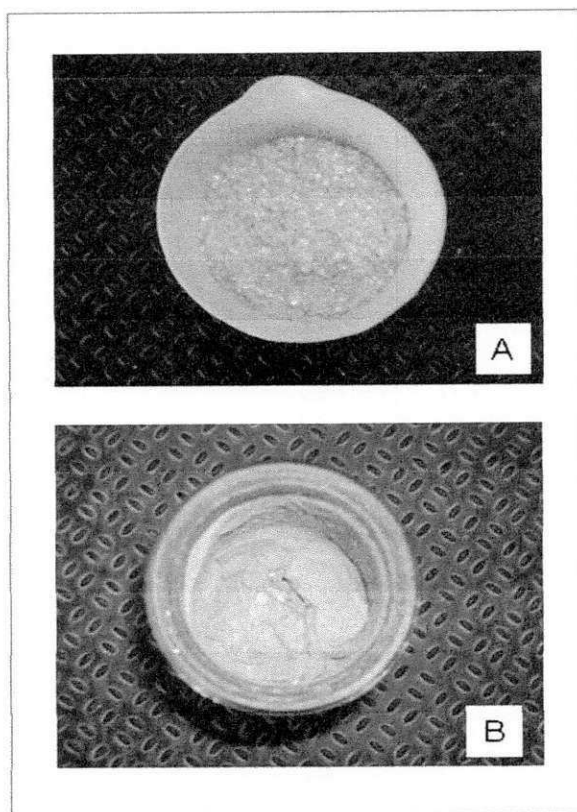


Figura 4.5 – Fotografia mostrando em (A) detalhe do material antes da moagem, e em (B) detalhe do material após a moagem

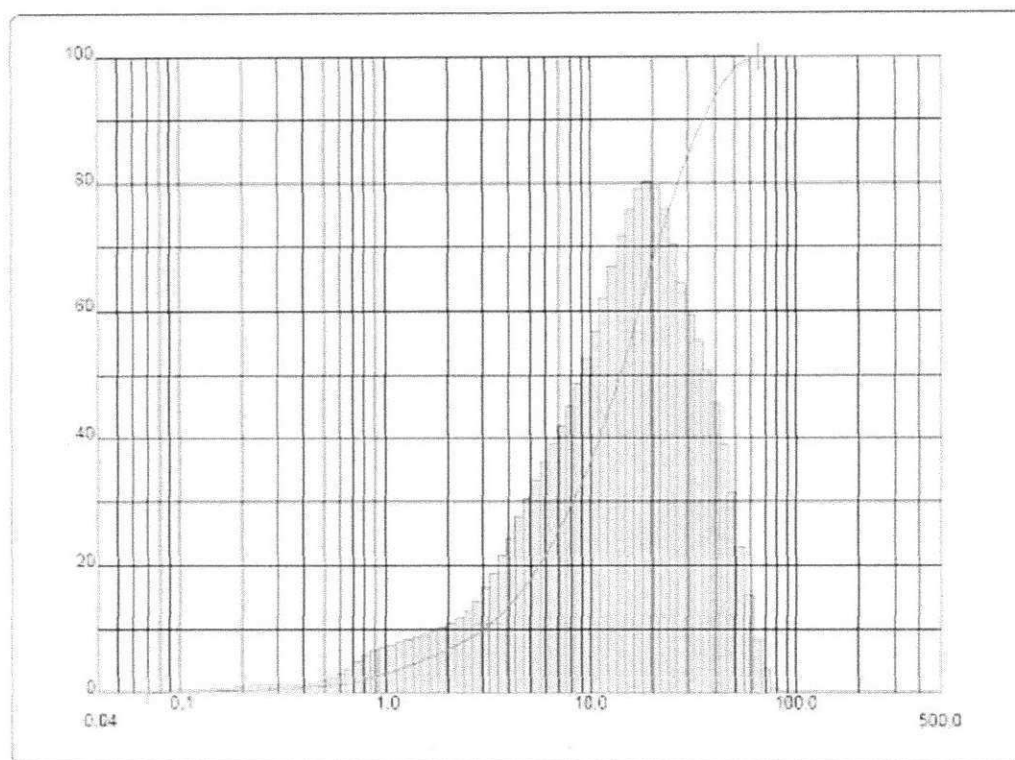


Figura 4.6 – Histograma do ensaio de distribuição de tamanho de partícula realizado com o material micronizado.

Na Figura 4.6, encontram-se apresentados os resultados obtidos de distribuição de tamanho de partícula realizado com uma das amostras dos produtos gerados na etapa de micronização. Os ensaios foram efetuados mantendo-se as seguintes condições: concentração de sólidos: 176 mg.L^{-1} em pH natural. Antes do ensaio a solução foi submetida ao banho de ultrasom durante 60 s. Conforme mostrado nessa figura, em uma percentagem cumulativa de 10; 50 e 90 % o diâmetro médio das partículas foi de 3,0; 13,9 e 35,3 μm , respectivamente.

Esse resultado permitiu verificar que o material micronizado pode ser cominuído 100 % a (-0,045) mm, sendo que o 50 % do total encontra-se uma granulométrica de (-13,9) μm . A mica micronizada foi assim moída a um diâmetro que atende às especificações exigidas para aplicações industriais.

4.2.2 Clareamento Químico

A etapa de clareamento constou de realização de ensaios com ácidos e sais, através de métodos de intercalação e troca iônica. Os resultados revelaram que o clareamento é eficiente em ambos, independente do tempo e que os teores de ferro de todos os produtos obtidos foram menores que 1,0 % (Tabelas 4.4 e 4.5). Assim os resultados indicam que é possível obter a remoção do ferro contido na amostra original por clareamento químico.

Esses resultados permitiram verificar a eficiência do processo de troca iônica e intercalação iônica na remoção do ferro já que o teor de 1,44 % de Fe, antes do clareamento, passou para a faixa de 0,5 a 0,65 % de Fe, após o clareamento. O melhor resultado foi obtido usando-se o processo de intercalação iônica e os sais de hidróxido de potássio e acetato de potássio, cujos teores de ferro, após o clareamento, foram de 0,57 e 0,50 % Fe, respectivamente (Tabela 4,5).

Na Figura 4.7 mostram-se as fotografias na qual em (A), corresponde a uma amostra de moscovita antes do clareamento químico, apresentando uma tonalidade mais escura, devido à presença do ferro. Enquanto que em (B), corresponde á moscovita após o clareamento químico, mostrando uma tonalidade mais clara, indicando a remoção do Fe, para teores próximos dos requeridos em termos industriais.

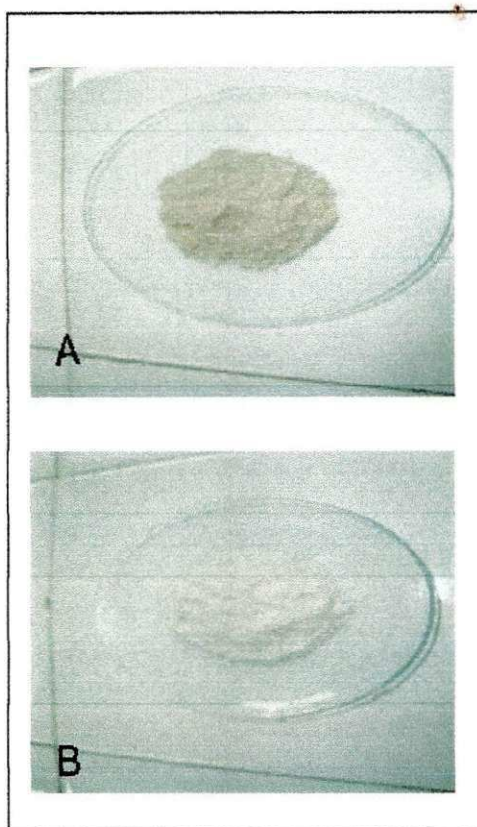


Figura 4.7 - Em (A), amostra de moscovita não clareada, em (B) moscovita após clareamento

TABELA 4.4 – RESULTADOS DO CLAREAMENTO QUÍMICO, DA AMOSTRA DE MOSCOVITA COM EMPREGO DE ÁCIDOS.

Condições operacionais dos ensaios de clareamento da mica moscovita

Ácidos	Tempo (min)	Teor de ferro (%)
H ₂ SO ₂	120	0,64
Na ₂ SO ₂ O ₄	240	0,65
Alimentação		1,44

TABELA 4.5 – RESULTADOS DO CLAREAMENTO QUÍMICO, DA AMOSTRA DE MOSCOVITA COM EMPREGO DE SAIS.

Condições operacionais dos ensaios de clareamento da mica moscovita		
Sais	Tempo (dias)	Teor de ferro (%)
KCl	6 dias	0,61
KOH	6 dias	0,57
KCH ₃ COO	6 dias	0,50
Alimentação		1,44

O mecanismo atuante na remoção do Fe da moscovita empregando-se ácido sulfúrico é o de troca iônica que consiste na substituição da espécie, no caso o ferro, pelos íons H⁺ da solução trocadora. Devido à limitações de instrumentação não foi possível quantificar até que nível o Fé foi substituído pelos íons H⁺ da solução de troca.

O mecanismo atuante na remoção do Fe empregando-se o processo de intercalação iônica consiste na substituição do cátion K⁺, que compõe a solução intercalante, pelos cátions trocáveis da moscovita localizados na camada interlamelar, entre eles o ferro. A solução intercalante é constituída de sais de hidróxido de potássio ou acetato de potássio em meio aquoso. O efeito da temperatura (80 °C) em que é efetuado o processo, acarretaria a migração por difusão dos cátions intercalantes, tanto para a camada interlamelar, quanto para a camada octaédrica,(Leitão,2003).

5 CONCLUSÕES

Os resultados da caracterização física, mineralógica e química das amostras de moscovita estudadas permitiram extrair as seguintes considerações. Na curva de ATD-TG foram verificados três picos endotérmicos às temperaturas de 200, 500 e 850 °C, os quais são característicos das micas, mostrando seu típico comportamento de estrutura com a variação da temperatura.

O espectro da difratograma de raios-X indicou que a amostra de moscovita apresentou os picos principais nas posições: $2\theta = 8,48^\circ$, $2\theta = 18,96^\circ$, $2\theta = 26,85^\circ$, que são característicos da moscovita. A posição do primeiro pico representa a localização do plano basal.

Os ensaios da análise granulométrica mostraram que a porcentagem cumulativa retido na peneira de 0,5 mm foi de 97,1 % e o passante foi de 2,9 %. Esse resultado permitiu verificar a necessidade de submeter a amostra de moscovita a etapas preliminares de cominuição almejando a obtenção de um produto a - 0,5 mm, requerido para micronização.

Os resultados da análise química por via úmida mostraram que os teores dos elementos principais da composição da moscovita são: SiO₂ (46,4), K₂O (10,5), Al₂O₃ (36,8), Na₂O (0,5), CaO (0,08) e TiO₂ (0,40), e P.F. (4,8) encontram-se dentre os valores atribuídos às moscovitas comerciais.

Os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos consistentes de micronização e clareamento químico da moscovita mostraram que com uma massa de 5,0 g de mica em uma granulometria de -0,5 mm; porém, empregando-se tempos seqüências de moagem de cinco em cinco minutos até um tempo de 25 min, foi possível reduzir a granulometria do material 100% a -0,045 mm, sendo que entre os intervalos de tempo foi removida a fração de -0,045 mm.

Os ensaios de distribuição de tamanho de partícula realizados em um granulômetro permitiram verificar que o material micronizado pode ser cominuído 100 % a (-0,045) mm, onde 50 % do total encontra-se em uma granulométrica de (-13,9) µm e o 10 % e 90 %, os diâmetros médios das partículas foram de 3,0 e 35,3 µm , respectivamente.

Os resultados revelaram que o clareamento é eficiente nos métodos de intercalação e troca iônica, independente do tempo de clareamento, e que o teor de ferro de todos os produtos obtidos foi inferior a 1,0 %. O melhor resultado foi obtido usando-se o processo de intercalação iônica e os sais de hidróxido de potássio e acetato de potássio, cujo teor de ferro antes do clareamento, de 1,44 % passou para, após o clareamento, 0,57 e 0,50 %, respectivamente.

O mecanismo atuante na remoção do Fe empregando-se o processo de intercalação iônica consiste na substituição do cátion K^+ , que compõe a solução intercalante, pelos cátions trocáveis da moscovita localizadas na camada interlamelar. O efeito da temperatura (80 °C) em que é efetuado o processo, acarreta a migração por difusão dos cátions intercalantes tanto para a camada interlamelar quanto para a camada octaédrica da mica.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para desenvolvimento de futuros trabalhos sugerem-se as seguintes pesquisas:

Estudar outros métodos de micronização ou de moagem fina e ultrafina de mica, a seco e a úmido, de maior eficiência em relação à moagem vibratória, tal como a moagem em moinho de jato de ar bem como o moinho de atrição.

Monitoramento da forma das partículas, visando o controle da morfologia para a forma arredondada, que é a mais recomendada para usos industriais.

Estudar o efeito do clareamento químico com outras micas de diferentes procedências e com teores de ferro acima de 3,0 %, empregando-se os métodos de intercalação iônica e de troca iônica, que foram os métodos que se mostraram mais eficiente.

Estimular a indústria de extração de mica e aos órgãos públicos ligados ao meio ambiente, entidades financeiras e de pesquisa, à gestão e gerenciamento de rejeitos de pouco valor a fim de obter produtos com maior valor agregado e paralelamente conduzindo à diminuição do impacto ambiental nas regiões em que esse bem é extraído.

REFERÊNCIAS

- ANDRY S.1992. Mica, “Grounds for optimism”, **Industrial Minerals**, november p. 26-36.
- BATISTA, C. M. 2004. **Sumário Mineral**, DNPM.
- BAILEY, S.W.1984. Classification and Structures of the Micas. **Reviews in Mineralogy**, v.13, Washington,EUA.
- BEZERRA, M.S. E CARVALHO, V.G.D.1997, Minerais e Rochas Industriais da Região do Seridó, PB/RN.**CPRM – Serviço Geológico do Brasil**, 31p.
- BROWNING, J. S. 1970. **Mica process development**. Transaction of Society of Mining Engineers, v.247, p. 269-273.
- BORODINA N.S.; FERSHTATER G.B. 1988. Composition and nature of muscovites in granites . *International Geology Review*, 30:375-381.
- BAILEY S.W. 1984. Classification and structures of the micas.In: *Micas, Review in Mineralogy*, 13, Washington, **Mineralogical Society of America**, p. 1-12.
- BARROS F. M, CAVALCANTE P.M.T., ANDRADE M.C., LUZ A. B.,SAMPAIO J.A. ,2005,**Beneficiamento de Moscovita da Região do Seridó- Borborema (NE) para Aproveitamento Industrial**. XXI ENTMMME- Natal.
- BRASIL. MINIST ÉRIO DAS MINAS E ENERGIA.,2001, Secretaria de Minas e Metalurgia; CPRM – Serviço Geológico do Brasil [CD ROM] **Geologia, tect ônica e recursos minerais do Brasil, Sistema de Informa ções Geográficas □ SIG**. Mapas na escala 1:2.500.000. Brasília: CPRM. Disponível em 04 CD's

CARMINE V, DELUCA JR., 1995. **Pigmento Perolizado Micáceo Revestido com Dióxido de Titânio e Rutilo sem estanho e Método para sua Formação**. Patente PI9404649-

2A.

CASTRO, C. e JATOBÁ, L., 2004. **Litosfera: Minerais, Rochas, Relevo**”, Editora Universitária da UFPE, 109p.

CAVALCANTE, P.M., BALTAR, C.A.M. E SAMPAIO, J.A. Mica. In.,2005: **Rochas e Minerais Industriais: Usos e especificações**. Ed. A.B. Luz e F.F. Lins, Rio de Janeiro, CETEM/MCT, 531-543.

CLARKE, G. Mica.,1983 – A review of world developments. **Industrial Minerals**, n. 189, 27-50.

CAVALCANTE, PATRÍCIA M. T.; BALTAR, CARLOS A. M.; SAMPAIO, JOÃO ALVES., 2005 - **Mica, Rochas e Minerais Industriais** -Ed. Cetem. Pg. 531-544.

C.J.R. VERBEEK, 2001: **Highly Filled Polyethylene /Phlogopite Compósitos**, Elsever, p. 453.

CHAPMAN, G.P., 1983 “Mica,” **Industrial Minerals and Rocks**, 5thed.,Vol. 2,S.J. Lefond, ed., AIME, New York, pp. 915-929.

CLARK, G., 1983 “Mica – A Review of World Developments,” **Industrial Minerals**, No.189,pp. 27-50.

DEER, W.A.; HOWIE, R. A. e ZUSSMAN, J. 1962. **Rock-Forming Minerals**, V.3, Longmans, 270p.

DANA, J. D., 1976, **Manual de Mineralogia**, v. 02, 1 ed. Brasil, Livros Técnicos e Científicos.

DANA; H., 1959, "Manual de Mineralogia - Volume 2", Editora da Universidade de São Paulo, 642p.

D. M. HEPBURN, I.J. KEMP, A.J. SHIELDS., 2000: **Mica, Deis**, p. 19.

DAOJI GAN, SHIQIANG LU., 2001: Mechanical Properties and Friction Behavior of a Mica-filled Poly(aryl ether Ketone) **Composite**, Elsevier, p. 1359.

DAVIS, L.L. Mica, 1985 – Mineral facts and problems. **US. Bureau of Mines, Preprint from Bulletin 675**, 12p.

ERNST, W.G., 1971, **Minerais e Rochas**. Ed. Edgard Blucher, 163 p, São Paulo-SP.

E. W. Radoslovich, 1960: **The Structure of Muscovite**, $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$, Acta Cryst, p. 919.

Evangelista , H.J. e Delgado C.E.R., 2007, Agalmatolito , MG ; **Revista Brasileira de Geociência** , V.37; p195 – 203.

HARBEN, P. W., 1989 "Mica", **The Industrial Minerals Handbook**, 2ª edição.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Geografia do Brasil. Região Nordeste**. Rio de Janeiro: SERGRAF, 1977. Disponível em 1 CD.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Mapas Base dos municípios do Estado da Paraíba**. Escalas variadas. In éditio.

GRIM, R.E., 1953, **Clay mineralogy**. McGraw-Hill, London, p. 167-187.

GRIM, R.E., BRADLEY, W. F., and Brown, G., 1951 X-ray Identification and Crystal Structures of Clay Minerals. (G.W.Brindley, Editor.) **Minerological Society**, London. Chapter V, pp. 138-172.

JAMES B. HEDRICK, 2005: **minerals yearbook** / Mica, 2005, p. 505

LEITÃO, T.J.V., 2003 A Intercalação de Cátions Metálicos e seu Efeito sobre as Propriedades de Esfoliação e Inchamento da Vermiculita de Santa Luzia-PB. **Dissertação de mestrado**, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB.

LIMA, J.P.O., 2007, Caracterização e Beneficiamento de Minérios de Pegmatitos do Rio Grande do Norte e da Paraíba.. **Trabalho de conclusão de curso**, Departamento de Mineração e Geologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

LUZ, A.B., BALTAR, C.A.M. E MACHADO, A.O.D.V., 2001, **Relatório Técnico** de Viagem aos Estados Unidos no Âmbito do Projeto CTPetro, Rio de Janeiro, CETEM/MCT, RV 10/01.

J.L. PÉREZ-RODRÍGUEZ, A. WIEWIÓRA, J. DRAPALA, L.A. PÉREZ-MAQUEDA., 2006: **The effect of sonication on dioctahedral and trioctahedral micas**, Elsevier, 61p.

LUZ, A. B., LINS, F. A. F., PIQUET, B., COSTA, M. J., COELHO, J. M., 2003, **“Pegmatitos do Nordeste: diagnóstico sobre o aproveitamento racional e integrado”**. In: *Rochas e Minerais Industriais*, v. 09, Centro de Tecnologia Mineral.

LUZ, A. B.; DAMASCENO, E. C., 1996, **Desativação de Minas, Tecnologia Ambiental**, Série 14, CETEM.

LUZ, A. B., CAMPOS, A. R., CARVALHO, E. A., BERTOLINO, L. C., 2005, **“Mica - Usos e Especificações”**. In: LUZ A. B. e LINS F. F (eds) **Rochas e Minerais Industriais**, 1 ed., cap. 25 , Rio de Janeiro, Brasil, Centro de Tecnologia Mineral.

LUZ, A.B.; BALTAR, C.A.M. e MACHADO, A.O.D-V. 2001. Relatório Técnico de Viagem aos Estados Unidos no Âmbito do Projeto **CTPetro**, RV 10/01, CETEM, 25p.

LUZ, A.B., LINS, F.A.F., PIQUET, B., COSTA, M.J., COELHO, J.M., 2003. "**Pegmatitos do Nordeste: diagnóstico sobre o aproveitamento racional e integrado**", publicação do CETEM, Série Rochas e Minerais Industriais.

MAGED A. OSMAN, AYMAN ATHALLAH, MARTIN MÜLLER, ULRICH W. SUTER., 2001: Reinforcement of Poly(dimethylsiloxane) networks by **Mica Flakes**, Elsevier, p. 6545.

MORAES, LUCIANA J., 1938: **Jazidas de Agalmatolito em Minas Gerias** - Rio de Janeiro, pg. 89-96.

MILOVSKY, A.V. e KONONOV, O.V. 1985. **Mineralogy**, Mir Publishers, Moscow, 320p.

MILLER C. F.; STODDARD E.F.; BRADFISH L.J.; DOLLASE W. A. 1981. Composition of plutonic muscovite: genetic implications. **Canadian Mineralogist**, 19:25-34.

NOGUEIRA H., BARZAGHI L. 1972: **Composição Mineralógica do Agalmatolito de Pará de Minas**- São Paulo, 1972, Ed. Cerâmica n° 71, 371-380.

PORFHÍRIO, N. H., BARBOSA, M. I. M., 2002, **Carcaterização Mineralógica de Minérios**, In: SAMPAIO, J. A., LUZ, A. B., LINS, F. F., ALMEIDA, S. L. M. (eds), *Tratamento de Minérios*, 3 ed, cap. 03, Rio de Janeiro, Brasil, Centro de Tecnologia Mineral.

PRYOR, E.J., 1965. **Mineral Processing** (3rd Edition) - London: Elsevier, Chap. 1.

PRESTON, J.B. 1971. **Mica. Draft of report for Pigment Handbook**, 30p.

PUGH, R.J.; RUTLAND, M.W.; MANEV, E. e CLAESSON, P.M. 1996. **Dodecylamine collector - pH effect on mica flotation and correlation with thin aqueous foam film and surface force measurements**. **International Journal of Mineral Processing**, 46, p. 245-262.

RAJGARHIA, M.L. 1987. Ground mica. Mica Manufacturing Company. Pvt Ltd., 30p.

RODRIGUES E SILVA, Fernando Barreto; SANTOS, José Carlos Pereira dos; SILVA, Ademar Barros da et al [CD ROM] **Zoneamento Agroecológico do Nordeste do Brasil: diagnóstico e prognóstico**. Recife: Embrapa Solos. Petrolina: Semi-Árido, 2000. Disponível em 1 CD

SANTOS, PÉRSIO DE SOUZA.,1989 - **Ciência e Tecnologia de Argilas** - vol. 01. Ed. Edgard Blücher. Pg. 38-44.

SATOSHI NISHIMURA, PETER J. SALES, HIROSHI TATEYAMA, KINUE TSUNEMATSU, THOMAS W. HEALY.1995: **Cationic Modification of Muscovite Mica** (An Electrokinetic Study), Langmuri p. 291.

SILAS SENA.,2007 - **Pesquisa Mineral** - Lamil Lage Minérios Ltda.

SILVA, M. R. R., DANTAS, J. R. A., 1997, “**Província pegmatítica da Borborema-Seridó, Paraíba e Rio Grande do Norte**”. In: DNPM/CPRM (eds) **Principais Depósitos Minerais do Brasil**, 1 ed., v. 4b, Brasília, Brasil, Departamento Nacional de Produção Mineral.

SAMPAIO, J. A., LUZ, A. B. , LINS, F. F.,2001.**Usinas de Beneficiamento de Minérios do Brasil**, Publicação do CETEM.

TANNER Jr., J.T. 1994. **Mica**. In: **Industrial Minerals and Rocks**, 6ª edição, Ed.

Donald D. Carr.

TRAJANO, R.B.,1966. **Princípios de Tratamento de Minérios**.

VALDIVIEZO, E.V, MONTES, S. E SILVA, S.S. 2005, Remoção de Metais Pesados Empregando-se como Adsorbentes Vermiculita Natural e Modificada. In: **XXI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**, Natal-RN, v.1. p.664 – 671.

VALDIVIEZO, E.V.,2003, Caracterização e Processamento de Vermiculitas Para Fluidos de Perfuração de Petróleo In: **Insumos Minerais Para a Perfuração de Poços de Petróleo**. Rio de Janeiro. Centro de Tecnologia Mineral/MCT, v.1, p. 63-82.

VALDIVIEZO, E.V. E LEITÃO, T.J.V.,2004, Intercalação Iônica de Vermiculita com Cátions Metálicos e seu Efeito sobre suas Propriedades de Esfoliação e Inchamento. In: **XX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**, Florianópolis-SC, v.1. p.57-64. Proposta Edital MCT/CNPq 014/2008 – Aplicação de Tecnologia para o Aproveitamento de Rejeitos de Mica Moscovita do Estado da Paraíba

VALDIVIEZO, E.V., GUERRA, E.A., SOUZA, M.M. E LEITÃO, T.J.V.,2002 Caracterização e Esfoliação Térmica de Vermiculitas dos Estados da Paraíba e do Piauí In: **XIX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**, Recife-PE, v.1. p.562 – 569.

VALDIVIEZO, E.V., WELLENKAMP, F.J., LUZ, A.B. E LINS, F.A.F., 1998, Influência do pH na Agregação- Dispersão e na Moagem Ultrafina de Mica. In: **XVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**, Águas de São Pedro-SP, v.1. p.597 – 606.

VIVIANE A. ESCÓCIO, AGNES F. MARTINS, LEILA L.Y. VISCONTE, REGINA C.R. NUNES.,2003: **Influência da Mica nas propriedades Mecânicas e Dinâmico-Mecânicas de Composições de Borracha Natural**, IMA, p. 130.

KUZWART, M. Prólogo. ,2000, In: **Rocas y Minerales Industriales de Iberoamérica**.Editores: Benjamin Calvo Perez, Anibal Gajurdo Cubillos e Mario Maia Sanchez, Instituto Tecnológico Geominero de Espanha, p. 436.

KLEIN, CORNELIS - **Mineralogy Tutorials, Manual of Mineralogy** - 21ª Ed., Prod. by S.M. Stoller Corporation.

WELLENKAMP F.J., 1999. Moagens Fina e Ultrafina de Minerais Industriais: **Uma revista , Tecnologia Mineral**, MCT-CETEM.

ELETRÔNICOS

Anuário mineral Brasileiro 2006, 2007 -

www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/anuariomineral2000/MICA.doc;

Revista Química e Derivados - <http://www.quimica.com.br/revista/qd397/tintas2.htm>

Site internacional de cooperação científica nos assuntos de mineralogia -

<http://www.webmineral.com/data/Muscovite.shtml>.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Disponível em:

<<http://www.dnpm.gov.br>>. Acesso em: 19 de Fevereiro de 2008.

ANEXOS



DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

CILAS 1064 Líquido

Faixa : 0.04 mu - 500.00 mu / 100 Classes



Ref da amostra : ProfHelberValdinezo_C
 Type produit : Argila
 Client : UFCG
 Comentários : Calibrado
 Líquido : Água
 Agente dispersante : Nenhum
 Operador : Romualdo
 Empresa : UFCG
 Localização : Campina Grande - PB
 Data : 30/06/2008 Hora : 08:19:06
 Índice med. : 973

Ultrassom : 60 s
 Concentração : 176
 Diâmetro a 10% : 3.02 mu
 Diâmetro a 50% : 13.93 mu
 Diâmetro a 90% : 35.28 mu
 Diâmetro médio : 16.77 mu
 Fraunhofer
 Densidade/Fator : -----
 Superfície específica : -----
 Dilução automática : Não / Não
 Medida./Limp. : 60/60/3
 SOP : Argila

Valores cumulados característicos

in volume / passante

x	0.04	0.07	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
Q3	0.03	0.09	0.13	0.32	0.57	0.77	0.96	1.22	1.55	1.98
q3	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.05	0.06	0.10	0.15	0.22
x	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20
Q3	2.44	2.89	3.32	3.74	4.14	4.53	5.27	5.97	6.64	7.29
q3	0.27	0.29	0.31	0.33	0.34	0.36	0.38	0.41	0.44	0.47
x	2.40	2.60	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30
Q3	7.94	8.59	9.25	9.94	10.65	11.38	12.13	12.90	13.67	14.86
q3	0.52	0.56	0.61	0.69	0.76	0.83	0.91	0.98	1.04	1.14
x	4.60	5.00	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50
Q3	16.07	17.68	18.88	20.08	21.66	23.60	25.51	27.38	29.23	31.05
q3	1.24	1.33	1.42	1.50	1.58	1.67	1.78	1.87	1.98	2.07
x	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Q3	32.86	36.42	39.95	43.44	46.87	50.22	53.47	56.62	59.62	62.47
q3	2.19	2.33	2.56	2.77	2.96	3.12	3.25	3.37	3.41	3.44
x	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	25.00	28.00	30.00	32.00	34.00
Q3	65.17	67.70	70.05	72.23	74.25	77.79	82.20	84.69	86.91	88.87
q3	3.45	3.40	3.32	3.23	3.14	2.93	2.69	2.49	2.37	2.23
x	36.00	38.00	40.00	43.00	45.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00
Q3	90.62	92.17	93.53	95.24	96.19	97.94	98.65	99.17	99.59	99.79
q3	2.11	1.98	1.83	1.63	1.44	1.15	0.84	0.65	0.42	0.28
x	66.00	71.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.0	112.0	125.0
Q3	99.91	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.18	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	130.0	140.0	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	212.0	224.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	240.0	250.0	280.0	300.0	315.0	355.0	400.0	425.0	450.0	500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

x : diâmetro / mu Q3 : valor cumulativo / % q3 : Histograma / %

APÊNDICE

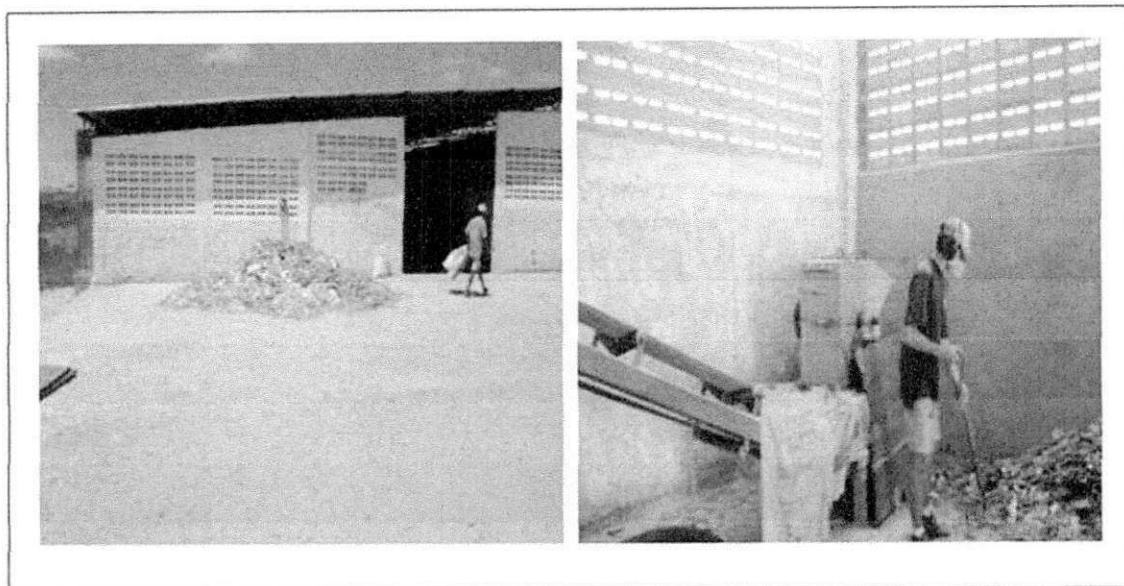


Figura A. Fotografia mostrando uma pilha de mica em blocos e área de estocagem da mica beneficiada

Figura B. Fotografia mostrando detalhe da usina de beneficiamento de mica em Pedra Lavrada

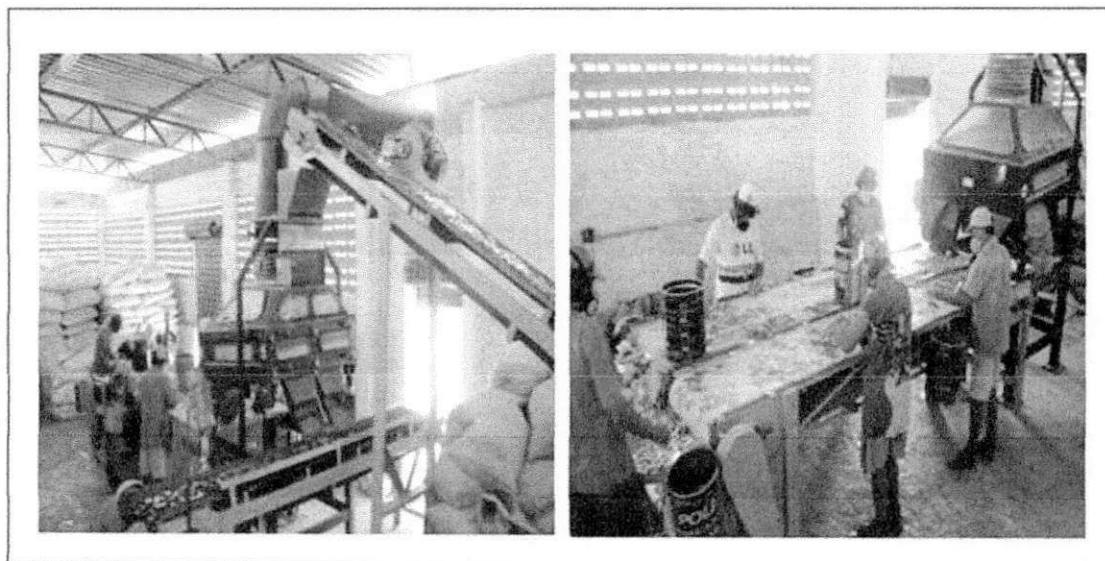


Figura C. Fotografia mostrando parte da usina de beneficiamento de mica

Figura C. Fotografia mostrando catadores de mica e sua separação manual