

2ª Edição revisada e ampliada

EDITORES: ADÃO BENVINDO DA LUZ & FERNANDO A. FREITAS LINS

# ROCHAS & MINERAIS INDUSTRIAIS

## usos e especificações



## SUMÁRIO

### **PARTE I: INTRODUÇÃO GERAL**

01. PANORAMA DAS ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS NO BRASIL 3  
*Fernando A. Freitas Lins*

02. DESEMPENHO FUNCIONAL DOS MINERAIS INDUSTRIAIS: 25  
DESAFIOS TECNOLÓGICOS, FERRAMENTA DE MARKETING E ESTRATÉGIA DE VALORIZAÇÃO  
*Renato R. Ciminelli*

### **PARTE II: ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS: USOS E ESPECIFICAÇÕES**

03. AGALMATOLITO 69  
*Adão Benvindo da Luz, Paulo Tomedi e Rodrigo Martins*

04. AMIANTO 79  
*Normando Claudino Moreira de Queiroga, William Bretas Linares, Joselito Dasio da Silva  
e Adão Benvindo da Luz*

05. AREIA INDUSTRIAL 103  
*Adão Benvindo da Luz e Fernando A. Freitas Lins*

06. AGROMINERAIS - ENXOFRE 125  
*Gildo de Araújo Sá C. de Albuquerque (in memoriam), Ronaldo Simões L. Azambuja (in memoriam.)  
e Fernando A. Freitas Lins*

07. AGROMINERAIS - FOSFATO 141  
*Francisco E. Lápido Loureiro, Marisa Bezerra de Mello Monte e Marisa Nascimento*

08. AGROMINERAIS - POTÁSSIO 175  
*Marisa Nascimento, Marisa Bezerra de Mello Monte e Francisco E. Lápido Loureiro*

09. AGROMINERAIS - ROCHAS SILICÁTICAS COMO FONTES MINERAIS 205  
ALTERNATIVAS DE POTÁSSIO PARA A AGRICULTURA  
*Éder de Souza Martins, Claudinei Gouveia de Oliveira, Álvaro Vilela de Resende e Marcello  
Silvino Ferreira de Matos*

10. ARGILA - ATAPULGITA E SEPIOLITA 223  
*Adão Benvindo da Luz e Salvador Luiz M. de Almeida*

11. ARGILA - BENTONITA 239  
*Adão Benvindo da Luz e Cristiano Honório de Oliveira*

12. ARGILA - CAULIM	255
<i>Adão Benvindo da Luz, Antônio Rodrigues de Campos, Eduardo Augusto de Carvalho, Luis Carlos Bertolino e Rosa Bernstein Scorzelli</i>	
13. BARITA	295
<i>Adão Benvindo da Luz e Carlos Adolpho Magalhães Baltar</i>	
14. BAUXITA	311
<i>João Alves Sampaio, Mônica Calixto de Andrade e Achilles Junqueira Bourdot Dutra</i>	
15. BERILO	339
<i>Marcelo Soares Bezerra e Júlio de Rezende Nesi</i>	
16. CALCÁRIO E DOLOMITO	363
<i>João Alves Sampaio e Salvador Luiz Matos de Almeida</i>	
17. CIANITA REFRACTÁRIA	389
<i>Caroline Meira Lopes de Castro Joffily e Claudinei Gouveia de Oliveira</i>	
18. CROMITA	403
<i>João Alves Sampaio, Mônica Calixto de Andrade e Paulo Renato Perdigão Paiva</i>	
19. DIAMANTE	427
<i>Mario Jorge Costa e Adão Benvindo da Luz</i>	
20. DIATOMITA	451
<i>Silvia Cristina Alves França, Adão Benvindo da Luz e Paulo Francisco Inforçati</i>	
21. FELDSPATO	467
<i>Adão Benvindo da Luz, Fernando A. Freitas Lins e José Mario Coelho</i>	
22. FLUORITA	487
<i>João Alves Sampaio, Carlos Adolpho Magalhães Baltar e Mônica Calixto de Andrade</i>	
23. GIPSITA	505
<i>Carlos Adolpho Magalhães Baltar, Flavia de Freitas Bastos e Adão Benvindo da Luz</i>	
24. GRAFITA	527
<i>João Alves Sampaio, Paulo Fernando Almeida Braga e Achilles Junqueira Bourdot Dutra</i>	
25. HALITA	551
<i>Paulo Roberto Cabral de Melo, Renato Senna de Carvalho e Dorival de Carvalho Pinto</i>	

26. LÍTIÓ	585
<i>Paulo Fernando Almeida Braga e João Alves Sampaio</i>	
27. MAGNESITA	605
<i>Luís Rodrigues Armôa Garcia, Paulo Roberto Gomes Brandão e Rosa Malena Fernandes Lima</i>	
28. MANGANÊS	633
<i>João Alves Sampaio, Mônica Calixto de Andrade, Achilles Junqueira Bourdot Dutra e Márcio Torres Moreira Penna</i>	
29. MICA	649
<i>Carlos Adolpho Magalhães Baltar, João Alves Sampaio e Patrícia Maria Tenório Cavalcante</i>	
30. NEFELINA SIENITO	663
<i>João Alves Sampaio, Sílvia Cristina Alves França e Paulo Fernando Almeida Braga</i>	
31. QUARTZO	681
<i>Pedro Luiz Guzzo</i>	
32. RMIS: ROCHAS E MINERAIS PARA CERÂMICA DE REVESTIMENTO	723
<i>Mônica Calixto de Andrade, João Alves Sampaio, Adão Benvindo da Luz e Alberto Buoso</i>	
33. RMIS: ARGILA PARA CERÂMICA VERMELHA	747
<i>Marsis Cabral Junior, José Francisco Marciano Motta, Amilton dos Santos Almeida e Luiz Carlos Tanno</i>	
34. RMIS: ARGILA PLÁSTICA PARA CERÂMICA BRANCA	771
<i>José Francisco Mariano Motta, Adão Benvindo da Luz, Carlos Adolpho Magalhães Baltar, Marcelo Soares Bezerra, Marsis Cabral Júnior e José Mario Coelho</i>	
35. TALCO	793
<i>Ivan Falcão Pontes e Salvador Luiz Matos de Almeida</i>	
36. TERRAS-RARAS	817
<i>Simon Rosental</i>	
37. TITÂNIO: MINERAIS DE TITÂNIO	841
<i>Carlos Adolpho Magalhães Baltar, João Alves Sampaio, Mônica Calixto de Andrade e Dorival de Carvalho Pinto</i>	
38. VERMICULITA	865
<i>José Fernandes de Oliveira Ugarte, João Alves Sampaio e Sílvia Cristina Alves França</i>	
39. ZEOLITAS NATURAIS	889
<i>Nélio das Graças de Andrade da Mata Resende, Marisa Bezerra de Mello Monte e Paulo Renato Perdigão Paiva</i>	
40. ZIRCONITA	917
<i>Luiz Carlos Bertolino, Nely Palermo, João Alves Sampaio e Sílvia Cristina Alves França</i>	

**PARTE III: OS MINERAIS E O MEIO AMBIENTE**

41. MINERAIS APLICADOS À TECNOLOGIA AMBIENTAL: MINERAIS VERDES 933  
*Silvia Cristina Alves França, José Fernandes de Oliveira Ugarte e Adriana de A. Soeiro da Silva*
42. EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL E AMBIENTAL A POEIRAS DE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS 961  
*Zuleica Carmen Castilhos, Reiner Neumann e Olívia Bezerra*

**GLOSSÁRIO**

# CAPÍTULO 29

## Mica

Carlos Adolpho Magalhães Baltar<sup>1</sup>  
João Alves Sampaio<sup>2</sup>  
Patrícia Maria Tenório Cavalcante<sup>3</sup>

### 1. INTRODUÇÃO

Mica, do latim *micare* (brilho), é um termo genérico aplicado ao grupo dos minerais constituído por silicatos hidratados de alumínio, potássio, sódio, ferro, magnésio e, por vezes, lítio, cristalizado no sistema monoclinico, com diferentes composições químicas e propriedades físicas. Dentre outras, podem ser citadas: clivagem fácil, que permite a separação em lâminas muito finas; flexibilidade; baixa condutividade térmica e elétrica; resistência a mudanças abruptas de temperaturas. Tais características conferem a esse mineral múltiplas aplicações industriais.

O grupo das micas possui mais de 30 minerais classificados em micas ditas verdadeiras, frágeis e as de intercadas deficientes. Os minerais de mica mais conhecidos são: moscovita, biotita, lepidolita, glauconita, paragonita, flogopita, dentre outros. Por ser o grupo das micas composto de inúmeros minerais, neste trabalho, propõe-se fazer uma abordagem da moscovita, por ser o mineral mais conhecido e com maior número de usos industriais.

Todas as micas são compostas por lâminas de silicatos tetraédricos. Estas lâminas são compostas por seis anéis interconectados que são responsáveis por uma típica estrutura simétrica pseudo-hexagonal monoclinica ou triclinica, com destacado plano de clivagem paralelo às superfícies maiores. Essas características permitem o desfolhamento do mineral em lâminas com espessuras tão finas quanto 1,0 µm, porém aqueles com aplicações comerciais possuem espessuras mais grossas, da ordem de 15 µm.

---

<sup>1</sup>Engº de Minas/UFPE, D.Sc. em Engenharia Metalúrgica e de Materiais/COPPE-UFRJ, Professor do Departamento de Engenharia de Minas da UFPE.

<sup>2</sup>Engº de Minas/UFPE, D.Sc. em Engenharia Metalúrgica/COPPE-UFRJ, Tecnologista Sênior do CETEM/MCT.

<sup>3</sup>Engª. Mecânica/USU, D.Sc. em Engenharia Metalúrgica/COPPE-UFRJ.

Nas micas moscovitas, duas categorias se destacam: são encontradas nas formas de “folha” (*sheet*) e “moída” (*ground*). A mica folha pode ser classificada com base na cor, e no tamanho máximo de lâminas, o que permite a sua subclassificação em:

- (i) blocos - com espessura mínima de lâmina de 180  $\mu\text{m}$ ;
- (ii) finos - com espessura entre 50 e 180  $\mu\text{m}$ ;
- (iii) filmes - qualidade superior aos blocos, com espessura entre 20 e 180  $\mu\text{m}$ ;
- (iv) *splittings* - lâmina com máximo de espessura de 30  $\mu\text{m}$  e área útil de 483  $\text{mm}^2$ .

A mica moída domina, em termos de volume, as aplicações comerciais, incluindo-se nesta categoria a mica micronizada (tamanho médio de partícula < 53  $\mu\text{m}$ ), moída a seco (tamanho de partícula entre 1,2 mm e 150  $\mu\text{m}$ ) ou a úmido (entre 45 e 90  $\mu\text{m}$ ) (Andry, 1992).

A comercialização mais significativa da mica ocorre segundo a conhecida forma, folhas de mica, cujo preço varia em função das dimensões de suas folhas. Assim, aquelas folhas mais puras e sem defeitos, que não prejudicam o corte e a perfuração das mesmas, são as que possuem melhores ofertas de mercado. Entretanto, há demanda crescente por mica com granulometria fina para fins nobres, como pigmentos para indústrias de coloríficos, plásticos e cosméticos. Esses produtos de mica são obtidos por flotação e ainda moídos ou micronizados. Essas micas podem ser obtidas a partir de pegmatitos com zoneamento bem desenvolvido.

A natureza, quantidade e qualidade de muitos minerais e minérios podem ser avaliadas com base em evidências geológicas. Entretanto, essas facilidades não podem ser aplicadas aos depósitos de micas, em virtude das suas formas de ocorrência, essencialmente, nos pegmatitos. Igualmente, o beneficiamento das micas difere dos demais minérios, em especial, o da mica em folha, muito embora a mica fina possa ser tratada por flotação.

A produção de mica no Brasil é estimada, por Batista (2007), em 4 mil t/ano, já há alguns anos, pela dificuldade de acesso a informações mais confiáveis. A mica, proveniente, principalmente, de atividades de pequenas mineradoras no Nordeste, é resultante da exploração de pegmatitos para produção de feldspato, caulim e outros (Batista, 2007).

As reservas mundiais de mica são desconhecidas. Estima-se que os depósitos mais importantes de moscovita situam-se África do Sul, Brasil, Índia e Rússia. A produção mundial, em 2005, foi da ordem de 290.000 t (Batista, 2007).

## 2. MINERALOGIA E GEOLOGIA

### Mineralogia

Os silicatos ocorrem na crosta terrestre com elevada abundância. Acredita-se que cerca de 90% da crosta terrestre seja constituída, de alguma forma, por minerais da classe dos silicatos. A unidade básica na constituição desses minerais é o composto  $\text{SiO}_4$ , formando uma estrutura tetraédrica e um grupamento aniônico com quatro cargas negativas. As diferentes maneiras por meio das quais esses tetraedros se combinam resultam nas subclasses de silicatos, descritas no Quadro 1.

Quadro 1 – Subclasses dos silicatos, segundo o arranjo da suas estruturas tetraédricas e não de acordo com a sua estrutura química.

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

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

A unidade estrutural básica das micas forma uma espécie de sanduíche (lamela), na qual duas camadas tetraédricas de sílica envolvem uma camada octaédrica de alumina. Nas camadas de sílica, ocorre substituição de um quarto do silício por alumínio, ou seja, um dos quatro átomos de silício (tetraivalente) do tetraedro é substituído por um átomo de alumínio (trivalente) 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 (Ernst, 1971). No caso da moscovita, o potássio exerce a função de cátion de compensação, ficando entre as lamelas em posição equidistante a doze átomos de oxigênio, sendo seis de cada lamela adjacente (Velho *et al.*, 1998).

Dentro das camadas que compõem o sanduíche, as ligações covalentes de silício-oxigênio e alumínio-oxigênio são bastante energéticas e, portanto, possuem dificuldade de ruptura. Por sua vez, os sucessivos sanduíches são unidos por ligações frágeis estabelecidas pelos cátions de compensação. Como consequência, as unidades estruturais são facilmente separadas resultando na clivagem perfeita.

A estrutura das micas é semelhante as das esmectitas que, comparativamente, possuem uma menor disponibilidade de cátions de compensação e uma maior quantidade de água entre as lamelas, o que resulta na propriedade de inchamento, característica dessas argilas.

A mais importante das micas, a moscovita, é um filossilicato de alumínio e potássio,  $KAl_2(Si_3AlO_{10})(OH,F_2)$ , que cristaliza no sistema monoclínico. Caracteriza-se pela clivagem basal perfeita e hábito laminar (Figura 1). As lâminas são flexíveis e elásticas (Dana-Hurlbut, 1957), com brilho vítreo, variando de incolor a verde pálido. Na Tabela 1, constam suas principais propriedades físicas, segundo Tanner (1994).

Tabela 1 – Propriedades físicas da moscovita.

Propriedades		Propriedades	
Módulo de Elasticidade (Pa.10 <sup>9</sup> )	172	Densidade Relativa	2,77-2,88
Resistência à Compressão (Pa.10 <sup>6</sup> )	221	Dureza Mohs	2,8-3,2
Resistência à Tração (Pa.10 <sup>6</sup> )	225-297	Resistividade (ohms/cm <sup>3</sup> )	2x10 <sup>13</sup> -1x10 <sup>17</sup>
Temperatura de Decomposição* (°C)	850-940	Constante Dielétrica	6,5-9,0
* Dados experimentais dos autores.			



Figura 1 – Moscovita proveniente da província pegmatítica da Borborema (RN).

### Geologia

A moscovita é um dos tipos de mica mais comuns, podendo ocorrer em uma grande variedade de ambientes geológicos, em rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. Em geral, a moscovita é obtida industrialmente a partir de pegmatitos graníticos nos quais é gerada por metassomatismo dos feldspatos, com a remoção de KOH (Velho *et al.*, 1998), segundo a reação descrita na Equação 1.



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

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

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.

No Brasil, as micas são encontradas em diversas regiões pegmatíticas, a exemplo das ocorrências pré-cambrianas da província pegmatítica da Borborema, localizada na borda ocidental do Planalto da Borborema e na região do Seridó, nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. Nessa região, há centenas de corpos pegmatíticos encaixados em micaxistos, quartzitos e gnaisses. Outras ocorrências importantes de pegmatitos no Brasil são as 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).

### **3. LAVRA E PROCESSAMENTO**

#### **Lavra**

O método de lavra utilizado para a produção de moscovita depende, naturalmente, das condições da ocorrência e do tipo de minério. No caso da mica lixó, utiliza-se a lavra a céu aberto, com emprego de métodos convencionais. Nesses casos, a remoção do minério é feita com uso de equipamentos convencionais, como trator, retroescavadeira e pá mecânica. O baixo valor agregado da mica, em várias situações, é um fator limitante ao uso da lavra subterrânea (Luz *et al.*, 2001). Em situações onde a moscovita ocorre em rochas mais duras, o desmonte é feito com perfuração e explosivo.

A produção da mica em placas pode ocorrer a céu aberto ou por meio de lavra subterrânea, com a abertura acompanhando o mergulho do corpo mineralizado (Tanner, 1994). Na lavra dos blocos de mica em placas, o plano de fogo deve ser realizado de forma a preservar a integridade do bloco de moscovita. Para tanto, são usadas técnicas especiais de desmontes com explosivos.

Na região do Seridó (estados da Paraíba e Rio Grande do Norte), a moscovita é obtida de pegmatitos, por meio de operações rudimentares de lavra. A lavra pode ser a céu aberto ou subterrânea, com o uso de explosivos. Em afloramentos e sob condições favoráveis, é comum realizar-se uma lavra manual com o uso de ferramentas elementares (Figura 2).



Figura 2 – Lavra manual de moscovita com o uso do “pixote”, na mina de Ubadeira, em Currais Novos, RN.

### Processamento

Há duas situações distintas: o beneficiamento da mica em placa, *sheet*, e o beneficiamento da mica em escamas ou em fragmentos, *flake*, conhecida no Brasil como mica lixo.

O processo de beneficiamento da mica em placa consiste em operações manuais e, portanto, demanda significativa de mão-de-obra. De início, é feita 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).

Por sua vez, a moscovita lixo, que geralmente ocorre associada a silicatos, como quartzo, feldspato e caulim, exige técnicas de concentração mais sofisticadas. O processo convencional consiste, segundo Tanner (1987), basicamente, em:

- (i) moagem em moinho de barras;
- (ii) classificação granulométrica, com uso opcional de classificadores de arraste (*rake*), classificador hidráulico ou hidrociclones;
- (iii) espirais de concentradoras e/ou flotação.

Desse modo é feito o beneficiamento da mica na usina de Oglebay Norton, localizada em Kings Mountain (Carolina do Norte, EUA). O minério proveniente de um pegmatito alterado é inicialmente britado em britador de mandíbulas a uma granulometria abaixo de 6 mm. O produto da moagem é diluído com água, em seguida, efetua-se a operação de classificação em Akins. A concentração é realizada em espirais de concentradoras (Figura 3A) e flotação (Figura 3B) realizada com amina, em meio ácido (pH 2,5 a 3,0), obtendo-se um concentrado grosso. O rejeito da flotação passa por um classificador espiral e, na etapa seguinte, sofre um processo de atrição e deslamagem e é, finalmente, submetido a flotação para se obter um concentrado fino (Luz *et al.*, 2001). Em Spruce Pine (Carolina do Norte), a Feldspar Corporation obtém um concentrado de mica no estágio inicial da flotação de feldspato. O minério com granulometria abaixo de 25 mm é moído e flotado com acetato de amina, em pH 2,5 a 2,7. O flotado constitui-se no concentrado de mica (Luz *et al.*, 2001).

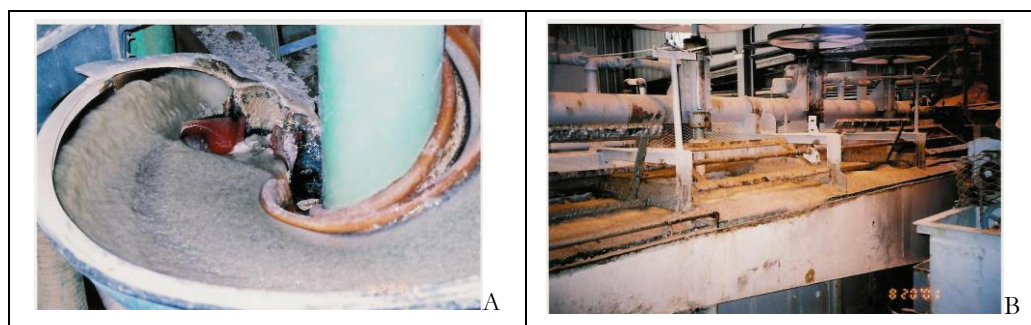


Figura 3 – Em A, concentração de moscovita por meio de espirais concentradora na usina da Oglebay Norton, Carolina do Norte. Em B, concentração de moscovita por meio de flotação na mesma usina.

Browning (1970) descreveu dois processos de flotação para concentração de mica proveniente de pegmatitos de Alabama, Geórgia e Carolina do Norte: um circuito para mica grossa e um circuito para mica fina. No primeiro, procedeu-se a flotação da mica com amina, em pH 4,0, após condicionamento com 40 a 45% de sólidos, em ácido sulfúrico. No segundo caso outro processo, a flotação foi levada a efeito ocorre em meio alcalino, com uma etapa de deslamagem inicial para remoção de argilas. A polpa foi submetida à operação de condicionamento, utilizando carbonato de sódio e sulfonato de lignina, em polpa com 40 a 45% de sólidos. Como coletor, utilizou-se uma combinação de ácido graxo e amina, em pH 8,0 a 10,5. Pugh *et al.* (1996) sugeriram um circuito de flotação da mica, em meio alcalino, com um cloreto de dodecilamina.

## 4. USOS E FUNÇÕES

### **Moscovita folha**

Possuem várias aplicações industriais, particularmente na indústria eletroeletrônica, devido à sua elevada resistência dielétrica e resistividade, baixa perda de potência (elevado fator Q) e baixo coeficiente de temperatura. Além destas propriedades, a moscovita resiste a temperaturas de 600 a 900°C e pode ser facilmente moldada em diferentes formas e tamanhos (Rajgarhia, 1987, citado em Tanner, 1994).

Comercialmente, a moscovita é desfolhada em lâminas nunca maiores que 2,54 cm de espessura. Estas finas lâminas são classificadas em dez diferentes qualidades, de acordo com o tamanho e o número de impurezas presentes. A seguir são descritas algumas aplicações deste tipo de moscovita.

**Janelas de microondas** - estas janelas possuem excelente resistência mecânica e baixa perda de energia. A mica pode ser colocada utilizando métodos de baixa temperatura.

**Condensador** - a moscovita possui, em média, uma constante dielétrica em torno de 7,0. Tal 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 espirais usadas em transformadores classe H. 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, inclusive 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, além de permitir sua moldagem com precisão.

**Tubos e buchas** - isolantes para componentes elétricos requerem tubos inorgânicos que podem ser feitos por moscovita.

**Mísseis teleguiados** - o uso da moscovita neste tipo de aplicação é secreto. Entretanto, as propriedades físicas da moscovita e a 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 néon lasers de hélio, filtros ópticos especiais, pirômetros e reguladores térmicos etc.

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, neste tipo de aplicação, a mica assegura a suspensão de outros sólidos constituintes das lamas de perfuração.

### **Moscovita Moída a Úmido**

A moscovita moída a úmido é utilizada nos seguintes produtos, devido às suas propriedades de brilho, deslizamento e alta razão de aspecto (Preston, 1971 e Rajgarhia, 1987; citados por Tanner, 1994).

**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. A penetração nas superfícies porosas promove maior adesão do produto à superfície.

**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.

**Moscovita micronizada** - é aquela composta de partículas muito finas, abaixo de 40  $\mu\text{m}$ . Em geral, é moída em moinho a jato, 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 lubricidade, adesão à pele e compressibilidade. É coberta por alguns metais como o dióxido de titânio, para produzir esse efeito perolizante (Tanner, 1994).

## 5. ESPECIFICAÇÕES

Para cada tipo de aplicação da moscovita, existe uma distribuição específica para os tamanhos de partículas dos produtos de mica. A Tabela 2 ilustra as faixas granulométricas das micas e os correspondentes métodos de moagem, além da composição química genérica para dois minerais de mica. No caso particular da micronização, a granulometria do produto final encontra-se abaixo de 44  $\mu\text{m}$  (Harben, 1989).

## 6. MINERAIS E MATERIAIS ALTERNATIVOS

Os principais minerais alternativos à mica variam de acordo com a aplicação, conforme descrito no Quadro 2.

Quadro 2 – Principais minerais alternativos à moscovita em algumas aplicações.

Aplicações	Substitutos
Mica folha	Alumina cerâmica, quartzo fundido e polímeros orgânicos.
Sistemas elétricos	Mica sintética, polímero e elastômero.
Como carga	Barita, carbonato de cálcio, diatomita, feldspato, caulim, nefelina sienito, perlita, talco, wollastomita e sílica.
Lubrificante	Grafita, talco, lubrificante de lítio, dissulfeto de molibdênio e talco.
Agregados leves	Diatomita e vermiculita.

Tabela 2 – Distribuições granulométricas da mica moída a seco e a úmido, para diversas aplicações, e a composição química genérica para dois minerais de mica.

Tamanho de partículas (µm)	Percentagens (%) da fração de partículas maiores (M) ou menores (m) que				
	Moagem a seco		Moagem a úmido		Micronização
	C1	C2	C3	C4	C5
	M	M	M	m	m
3.360		0-10			
2.800		25-55			
850	Traços				
500	10-30				
250	10-50		1,0		
150	10-70	25-65	30,0	100	
106	10-30	10-20	50,0		
105				99,9	
74				85	
53			80,0	80	
44 (325#)			15,0	75	100
44 (-325#)			5,0		99,9

C1 = poço petrolífero (fino); C2 = poço petrolífero (grosso); C3 = plásticos; C4 = borracha; C5 = tintas. Fonte: extraída e adaptada de Harben (1995).

Composição química (%) genérica para dois minerais de mica					
Constituintes	Moscovita	Flogopita	Constituintes	Moscovita	Flogopita
SiO <sub>2</sub>	44-47	37-43	MgO	03,-1,5	23-29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30-38	12-17	CaO	0,1	0,1-0,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,2-5	0,2-2	Li <sub>2</sub> O	0,1-0,8	0-0,1
K <sub>2</sub> O	8,5-11,5	8,5-11,5	F	0-0,15	0,5-5,0
Na <sub>2</sub> O	0,1-0,8	0,3-0,8	P	traços	traços
TiO <sub>2</sub>	0-0,9	0-1,5	S	traços	traços
BaO	-	0-0,7	PF	4-5	1-3

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ANDRY S. (1992) - Mica, grounds for optimism. *Industrial Minerals*, November, p. 26-36.
- BATISTA, C. M. (2007) - Sumário Mineral, DNPM.
- 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*, vol. 247, p. 269-273.
- CASTRO, C. e JATOBÁ, L. (2004) - *Litosfera: Minerais, Rochas, Relevo*”, Editora Universitária da UFPE, 109p.
- DANA, H. (1959) - (Anual de Mineralogia) - Editora da Universidade de São Paulo, vol. 2, 642p.
- DEER, W. A.; HOWIE, R. A. e ZUSSMAN, J. (1962) - *Rock-Forming Minerals*, vol. 3, Longmans, 270p.
- ERNST, W. G. (1971). *Minerais e Rochas*, Editora Edgard Blücher, 163p. 1962.
- HARBEN, P. W. (1995) - Mica. *The Industrial Minerals Handbook*, 2ª Edição.
- 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.
- MILOVSKY, A.V. e KONONOV, O.V. (1985) - *Mineralogy*, Mir Publishers, Moscow, 320p.
- PRESTON, J. B. (1971) - Mica. Draft of report for Pigment Handbook, 30p.
- PUGH, R. J.; RUTLAND, M. W.; MANEV, E. e CLAESSION, 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. Ground mica. Mica Manufacturing Company. Pvt Ltd., 30p.
- TANNER Jr., J. T. (1994). Mica. In: *Industrial Minerals and Rocks*, 6ª Edição, Ed. Donald D. Carr, 1987.