

SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

Aplicação de resíduos de mármore na produção de cosméticos

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Luiz Inácio Lula da Silva

José Alencar Gomes da Silva

Vice-Presidente

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Sérgio Machado Rezende

Ministro da Ciência e Tecnologia

Luiz Antonio Rodrigues Elias

Secretário-Executivo

José Edil Benedito

Subsecretário de Coordenação das Unidades de Pesquisa

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

José Farias de Oliveira

Diretor do CETEM

Carlos César Peiter

Coordenador de Apoio Tecnológico à Micro e Pequena Empresa

Arnaldo Alcover Neto

Coordenador de Análises Minerais

Silvia Cristina Alves França

Coordenadora de Processos Minerais

Cosme Antônio de Moraes Regly

Coordenador de Administração

Ronaldo Luiz Correa dos Santos

Coordenador de Processos Metalúrgicos e Ambientais

Andrea Carmadella de Lima Rizzo

Coordenadora de Planejamento, Acompanhamento e Avaliação

SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

ISSN 0103-7374

ISBN 978-85-61121-58-7

STA - 54

Aplicação de resíduos de mármore na produção de cosméticos

Carolina Nascimento de Oliveira

Graduanda em Engenharia de Petróleo e Gás pela UNES, Bolsista de Iniciação Científica CNPq do CETEM.

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Eng. Químico formado pela UERJ, D.Sc. em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química da UFRJ, Pesquisador Adjunto do CETEM.

Joedy Patrícia Cruz Queiroz

Geóloga formada pela UFPA, D.Sc. em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela PUC-RJ, Bolsista PCI do CETEM.

CETEM/MCT

2010

SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

Luis Gonzaga Santos Sobral

Editor

Andréa Camardella de Lima Rizzo

Subeditor

CONSELHO EDITORIAL

Marisa Bezerra de M. Monte (CETEM), Paulo Sergio Moreira Soares (CETEM), Saulo Rodrigues P. Filho (CETEM), Silvia Gonçalves Egler (CETEM), Vicente Paulo de Souza (CETEM), Antonio Carlos Augusto da Costa (UERJ), Fátima Maria Zanon Zotin (UERJ), Jorge Rubio (UFRGS), José Ribeiro Aires (CENPES), Luis Enrique Sánches (EPUSP), Virginia Sampaio Ciminelli (UFMG).

A Série Tecnologia Ambiental divulga trabalhos relacionados ao setor minero metalúrgico, nas áreas de tratamento e recuperação ambiental, que tenham sido desenvolvidos, ao menos em parte, no CETEM.

O conteúdo desse trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Thatyana Pimentel Rodrigo de Freitas

Coordenação Editorial

Vera Lúcia Espírito Santo Souza

Programação Visual

Carolina Nascimento de Oliveira

Editoração Eletrônica

Andrezza Milheiro da Silva

Revisão

Oliveira, Carolina Nascimento

Aplicação de resíduos de mármore na produção de cosméticos/
Carolina Nascimento de Oliveira, Roberto Carlos C. Ribeiro,
Joedy Patrícia C. Queiroz. – Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.
40 p. (Série Tecnologia Ambiental, nº 54)

1. Rochas Ornamentais. 2. Resíduos sólidos. 3. Cosméticos. I.
Centro de Tecnologia Mineral. II. Ribeiro, Roberto Carlos. III.
Queiroz, Joedy Patrícia. IV. Título. V. Série

CDD - 553

SUMÁRIO

RESUMO _____	07
ABSTRACT _____	08
1 INTRODUÇÃO _____	09
1.1 O impacto ambiental do setor de rochas _____	09
1.2 O setor de cosméticos _____	12
1.3 Resíduos de rochas ornamentais como carga na indústria de cosméticos _____	18
2 OBJETIVO _____	19
3 MATERIAIS E MÉTODOS _____	20
3.1 Ensaio de caracterização do resíduo _____	20
3.2 Avaliação das propriedades do sabonete _____	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES _____	25
4.1 Ensaio de caracterização do resíduo _____	25
4.2 Ensaio específico para sabonetes _____	27
5 CONCLUSÕES _____	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	30

RESUMO

O beneficiamento de rochas ornamentais gera uma quantidade significativa de resíduos, em forma de lascas de rocha e/ou de lama, que representam um grave problema ambiental, pois estes são lançados no ecossistema sem um tratamento prévio. Para buscar maneiras de mitigar o impacto gerado por esses resíduos, sugere-se seu aproveitamento na aplicação no setor de cosméticos, como carga em sabonetes. Para tal, foram realizados ensaios de caracterização química e mineralógica de um resíduo oriundo do corte de mármore da região de Cachoeiro de Itapemirim - ES. Posteriormente, o resíduo do mármore foi submetido a uma classificação granulométrica, da qual, em cada peneira, retiraram-se alíquotas para adição na massa do sabonete, variando-se seus teores de 5 a 70%, em massa. Os sabonetes foram avaliados segundo as normas para cosméticos, por meio de ensaios de densidade, absorção de água, porosidade, geração de rachaduras e desgaste. Além disso, os mesmos foram testados em cobaias de coelhos albinos até se observar alguma variação na pele das cobaias. (Melhores resultados indicaram a utilização de 40%, em massa, de resíduos como carga em sabonetes sem o surgimento de problemas dermatológicos e resultados adequados de absorção de água e não formação de rachaduras).

Palavras-chave

Resíduos de mármore, carga em cosméticos, cosméticos.

ABSTRACT

The benefitment of natural stones processing generates a significant amount of wastes, either in slurry or solid form, that represents an environmental problem, as they are usually discharged in the ecosystem without a previous treatment. Searching ways to mitigate the impact generated by those wastes, their use in the cosmetics industry is suggested with emphasis in soaps. For such, some slurry from marble processing of the Espírito Santo State, Southeast Brazil, was chemically and mineralogically characterized. Later, marble waste was submitted to granulometric classification, from which wastes were added to a soap composition in aliquots ranging from 5 to 70% of the total mass. The produced soaps were tested regarding density, water absorption, porosity, cracks generation and wear rate. Moreover, they were tested in albinic rabbits in order to assess skin irritation. The best results demonstrated that those wastes are suitable for being used in esfoliant soaps composition and better results, suitable to the absorption of water and not to form cracks, up to 40% of the total soap mass.

Keywords

Marble waste, charge in cosmetics, cosmetics.

1 | INTRODUÇÃO

1.1 | O impacto ambiental do setor de rochas

O Brasil é o quinto produtor mundial de rochas ornamentais, com uma produção anual de cerca de 7 milhões de toneladas de rocha (ABRIROCHAS, 2007).

O estado do Espírito Santo é responsável pela produção de 2,4 milhões de toneladas por ano de rocha (mármore e granito), correspondendo a aproximadamente 46% da produção brasileira. Neste contexto, Cachoeiro de Itapemirim, cidade do estado do Espírito Santo, é hoje, sobretudo, um centro de extrativismo e beneficiamento mineral (mármore, granitos e moagem de calcário).

As atividades de beneficiamento de rochas ornamentais geram uma quantidade significativa de resíduos, parte em forma de lascas de rocha (casqueiros, chapas quebradas), parte na forma de lama, geralmente composta de água, pó de rocha e algum tipo de abrasivo.

Estima-se que só no município de Cachoeiro de Itapemirim sejam produzidas cerca de 400 ton/ano de resíduos em forma de polpa (lama) (ABIROCHAS, 2007). Esta quantidade de resíduos gerados no beneficiamento de rochas ornamentais é explicada se pensarmos que de 25% a 30% de um bloco é reduzido a pó no processo de serragem.

Devido à enorme quantidade de lama abrasiva que é gerada, há uma grande preocupação com o meio ambiente, pois estes resíduos podem alcançar rios, lagos, córregos e até mesmo os reservatórios naturais de água, uma vez que são lançados no ecossistema sem o devido tratamento prévio. Além disso, são necessários espaços para estocagem até que haja o recolhimento do resíduo, causando assim, também, um custo para o

produtor (Silva, 1998). Nas figuras 1.1 e 1.2 pode-se observar o grande problema com a disposição inadequada dos resíduos de rochas ornamentais.



Fonte: CETEM

Figura 1.1. Situação de rios e córregos após lançamento inadequado de resíduos.



Fonte: CETEM

Figura 1.2. Despejo inadequado de resíduos em rios e córregos.

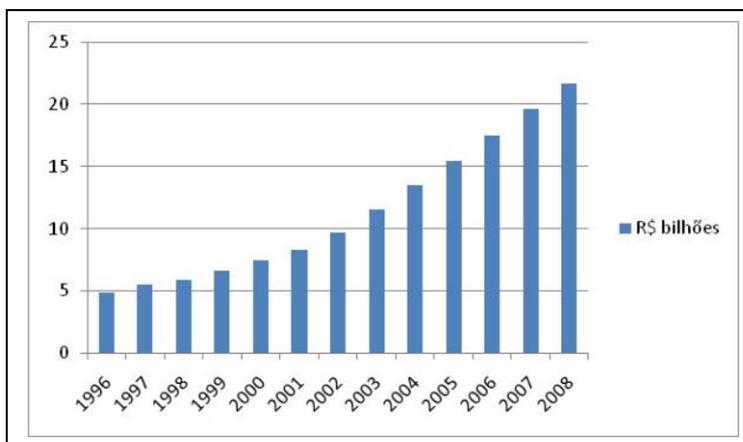
A fim de buscar maneiras de mitigar o impacto ambiental gerado por esses resíduos, várias pesquisas para aplicação desse material vêm sendo realizadas em todo o mundo. O setor de pavimentação asfáltica apresenta diversas pesquisas que visam substituir os agregados minerais comumente utilizados pelos resíduos de rochas (Akbulut e Güreç, 2007, Terzi e Karasahin, 2003, Cetin, 1997, Ribeiro, 2003). O setor de cerâmica é o que apresenta a maior quantidade de estudos de aplicação de resíduos de rochas em seus materiais, pois os resíduos atuam como fundentes no processamento cerâmico (Anderson e Jackson, 1983, Dominguez e Ulmann, 1996, Fernandes *et al.* 2003, Ferreira *et al.*, 2004, Holanda *et al.*, 2008, Segadães *et al.* 2005). Outro campo de estudos é o setor agrícola que visa à aplicação dos resíduos oriundos do corte de mármore para correção do pH do solo e os resíduos de granitos para fertilização do solo por meio da liberação de potássio (Bakken *et al.*, 2000, Barral Silva *et al.*, 2005, Bolland e Bakker, 2000, Jeng, 1985, Van Straaten, 2007). No que se refere à aplicação de resíduos no setor de polímeros, Souza *et al.* (2009) apresentaram resultados que indicavam a possibilidade de utilização de resíduos oriundos do corte de mármore, como carga no processamento de compósitos a base de polipropileno. Em termos de aplicação de resíduos minerais no setor de cosméticos ou farmacêuticos, os estudos ainda são muito preliminares, observando-se, apenas, poucos trabalhos voltados a este assunto. Atualmente, Carretero e Pozo (2009) realizaram um trabalho descrevendo a possibilidade de utilização de diversos minerais no setor farmacêutico e de cosméticos, indicando as características e condições necessárias desses minerais para estes fins. No entanto, eles não se referem em nenhum momento à possibilidade de utilização de resíduos minerais nesses setores.

1.2 | O setor de cosméticos

A indústria de cosméticos é um dos setores da economia que vem crescendo muito nos últimos anos, como indica a figura 1.3. Uma das características dessa indústria é a necessidade contínua de pesquisas em toda a cadeia produtiva e a introdução de inovações em suas linhas de produto. Estas inovações, que são importantes para a competitividade do setor, ocorrem não só na formulação dos produtos, mas também no desenvolvimento de embalagens diferenciadas e exclusivas (Avelar e Souza, 2005).

A Indústria Brasileira de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos apresentou um crescimento médio deflacionado composto de 10,6% nos últimos 13 anos, tendo passado de um faturamento "Ex-Factory", líquido de imposto sobre vendas, de R\$ 4,9 bilhões em 1996 para R\$ 21,7 bilhões em 2008. A queda das vendas em dólares no período entre 1999 e 2002 deveu-se à desvalorização do real, que sofreu valorização de 1994 a 1996, devido a sua utilização como âncora no controle inflacionário após a implantação do Plano Real em meados de 1994. A partir de 2003, o real passou a ser novamente valorizado vigorosamente até 2007. O forte crescimento em dólar nos recentes anos foi motivado por esta valorização do real, em conjunto com o crescimento deflacionado no mercado interno.

Em relação ao mercado mundial de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos, conforme dados de 2008 do *Euromonitor* (2009), o Brasil ocupa a terceira posição, apresentando o maior percentual de crescimento, se comparado aos 10 maiores produtores mundiais. É o primeiro mercado em desodorante; segundo mercado em produtos infantis, produtos masculinos, higiene oral, produtos para cabelos, proteção solar, perfumaria e banho; quarto em cosméticos; sexto em pele e oitavo em depilatórios.



Fonte: Euromonitor (2008).

Figura 1.3. Crescimento do setor de cosméticos no Brasil

Tabela 1.1. Situação mundial do setor de cosméticos

Países	US\$ bilhões (preço ao consumidor em 2008)	Crescimento (%)
1. EUA	52,14	-0,05
2. Japão	33,75	11,92
3. Brasil	28,77	27,46
4. China	17,73	22,10
5. Alemanha	16,86	8,04
6. França	16,23	6,80
7. Reino Unido	15,72	-3,54
8. Rússia	12,38	14,51
9. Itália	12,25	7,97
10. Espanha	10,64	10,69
Mundo	333,50	9,13

Fonte: Euromonitor (2008).

Dentre as pesquisas relacionadas à indústria de cosméticos, está a utilização de minerais industriais para desenvolvimento de novos produtos. Segundo Campos (2001), entende-se por minerais industriais todas as rochas e minerais, inclusive os sintéticos, predominantemente não metálicos, que por suas características físicas ou químicas, e não pela energia gerada ou pelos metais extraídos, podem ser utilizados em processos industriais, de modo geral com múltiplas funções, com maior ou menor valor agregado, ou como aditivo, diretamente ou após beneficiamento e processamento.

1.2.1 | Minerais industriais utilizados na produção de cosméticos

Dentre os minerais industriais utilizados no setor de cosméticos, destacam-se o talco, a pirofilita, o caulim e a muscovita.

O talco pode ser utilizado em produtos farmacêuticos e veterinários, na produção de comprimidos e drágeas, na fabricação de cápsulas e como carga na produção de pós, granulados, pomadas e cremes; em perfumarias, sabões e velas, onde é exigível um talco de alta qualidade e pureza, sendo este um insumo de grande importância e participação nesse setor. As exigências deste mercado obrigam o desenvolvimento de técnicas e processos de beneficiamento visando à eliminação de impurezas. Em função de suas propriedades de adsorção e fluidez, o talco é utilizado como suporte para pigmentos orgânicos e inorgânicos, sendo conhecido, há séculos, por sua função de limpeza e desodorização. Atualmente engloba um grande número de aplicações em cosméticos, as quais estão sempre se renovando. Como o talco, a pirofilita também é utilizada como carga nos sabonetes e sabões, após a saponificação e formação da base (Campos, 2001).

O caulim tem muitas aplicações industriais, e a partir dele, novos produtos têm sido constantemente desenvolvidos. Trata-se de um mineral industrial com características especiais, porque é quimicamente inerte dentro de uma ampla faixa de pH; tem cor branca; apresenta ótimo poder de cobertura quando usado como pigmento ou como extensor em aplicações de cobertura e carga; é macio e pouco abrasivo; possui baixa condutividade de calor e eletricidade e seu custo é mais baixo que a maioria dos materiais concorrentes (Campos, 2001).

A muscovita tem diversas aplicações industriais, dentre elas destaca-se a sua utilização para obter pigmentos necessários à indústria de tintas, cosméticos e plásticos (Gomes, 2004).

Carretero e Pozo (2009) desenvolveram uma tabela que sintetiza os tipos de minerais, o método de administração e a ação cosmética ou farmacêutica de cada um deles, o que é apresentado na tabela 1.2.

Tabela 1.2. Utilização de minerais em cosméticos e produtos farmacêuticos – método de administração e atividade.

Composto	Método de administração	Atividade cosmética ou farmacêutica
Óxido de titânio	Tópico	Protetor solar
Óxido de Zinco	Tópico	Antisséptico e desinfetante, protetor solar
Carbonato de cálcio	Oral e Tópico	Antiácido, suplemento mineral, branqueador em pastas de dentes
Óxido de magnésio	Oral	Antiácido, laxante e suplemento mineral
Sulfato de magnésio	Oral e tópico	Sais de banhos e laxante
Sulfato ferroso	Oral e tópico	Antianemia e suplemento mineral
Sulfato cúprico	Oral e tópico	Antisséptico e desinfetante
Cloreto de sódio	Oral e Tópico	Suplemento mineral e sais de banho
Cloreto de potássio	Oral e Tópico	Suplemento mineral e sais de banho
Hidróxido de magnésio	Oral	Antiácido, suplemento mineral e laxante.
Hidróxido de alumínio	Oral	Antiácido e protetor gastrointestinal

Composto	Método de administração	Atividade cosmética ou farmacêutica
Enxofre	Tópico	Antisséptico e desinfetante
Bórax	Tópico	Antisséptico e desinfetante
Hidroxiapatita	Oral	Suplemento Mineral.
Nitrato de potássio	Tópico	Anestésico em pastas de dentes
Esmeclitas	Oral e Tópico	Antiácido, protetor gastrointestinal, protetor dermatológico, cosméticos em pós e emulsões.
Caulinita	Oral e Tópico	Protetor gastrointestinal, protetor dermatológico, cosméticos em pós e emulsões
Talco	Tópico	Protetor dermatológico, cosméticos em cremes, pós e emulsões
Mica	Tópico	Cosméticos, cremes, pós e emulsões

1.2.2 | Aplicações específicas de minerais em cosméticos

Minerais são utilizados em produtos cosméticos como protetor solar, carga em cremes, pastas de dentes, pós e emulsões, sais de banho e desodorantes.

a) Protetor solar

Protetores solares são substâncias que minimizam a exposição da pele ao sol, prevenindo que a radiação ultravioleta penetre na mesma. Minerais utilizados em protetores apresentam, preferencialmente, alto índice de refração e boa propriedade de dispersão. O dióxido de titânio é um mineral branco que apresenta um alto índice de refração, cerca de 2,7. É um excelente mineral para ser aplicado em protetores solares, pois reflete radiação ultravioleta quando aplicado em uma fina camada na pele (Hewitt, 1992).

b) Pasta de dentes

A utilização de minerais como cargas em pastas de dentes tem dois propósitos principais: formulação para dentes sensíveis e

agente de abrasão durante a escovação. No que concerne à formulação de pastas para dentes sensíveis, utilizam-se, geralmente, minerais contendo potássio e ânions não tóxicos com grande solubilidade em água, como é o caso do nitrato de potássio. Este mineral é amplamente utilizado, pois ele se dissolve em presença da saliva e com isto, ocorre liberação de K^+ , que atua nos nervos dos dentes desestimulando o surgimento de dor em pessoas com sensibilidade nos dentes.

No que se refere à função de agente abrasivo, a calcita é amplamente utilizada, pois é um mineral não tóxico para o organismo, apresenta baixa dureza, 3 na escala de Mohr, que é inferior à dureza do esmalte dos dentes que é 5 (Orchardson and Gillan, 2000, Wara-aswapati *et al.*, 2005).

c) Cosméticos em cremes, pós e emulsões

Cremes, pós e emulsões são utilizados na parte externa do corpo com a função de embelezamento, modificação de aparência física ou preservação das condições físico-químicas da pele. Geralmente, utilizam-se minerais opacos com alta capacidade de adsorção, capazes de formar um filme sob a pele. Os minerais mais utilizados nesse processo são a caulinita, esmectitas e talco. Em alguns casos, como na produção de sombras de olhos e batons, utiliza-se a mica devido a sua alta característica de reflexão, o que proporciona o efeito de brilho desses materiais. Recentemente, alguns cremes utilizam micas como carga em suas misturas para gerar um efeito luminoso quando aplicados à pele.

d) Sais de banho

Para utilização como sal de banho, a característica que o mineral deve apresentar é a alta solubilidade em água. Os principais minerais com essa característica são a halita e silvita (Carretero e Pozo, 2009).

1.3 | Resíduos de rochas ornamentais como cargas na indústria de cosméticos

O resíduo do beneficiamento de mármore é composto, basicamente, por pó de pedra e cal, onde estão presentes minerais como o carbonato de cálcio e carbonato de magnésio. Além disso, o resíduo também é composto de água e granalha.

Esses minerais carbonatados são largamente utilizados como carga na produção de cosméticos, visto que dentre outras finalidades, reduzem o custo de formulação em substituição de parte da massa base (Andrade e Zegaib, 2002).

Segundo Andrade e Zegaib (2002) existem, basicamente, dois tipos de Carbonato de Cálcio: o natural, que é retirado da natureza e moído de acordo com a granulometria desejada, e o precipitado, que é produzido através de um processo químico (calcinação, hidratação, carbonatação e secagem) e é utilizado para a fabricação do produto. Através dos estudos desenvolvidos por Andrade e Zegaib, observou-se que os sabonetes apresentaram melhores resultados quanto utilizou-se como carga para sua produção, carbonatos de cálcio precipitado. Isso porque é possível controlar a morfologia cristalina do produto e a curva de distribuição granulométrica, o que permite conferir ao produto uma maior área superficial e, conseqüentemente, uma maior característica de absorção em água, fazendo com que a perda de umidade do sabonete seja menor; evitando, assim, possíveis rachaduras.

2 | OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é verificar a possibilidade de utilização de resíduos oriundos do beneficiamento de mármore, como carga na produção de sabonetes.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se um resíduo oriundo do corte de mármore de uma empresa da cidade de Cachoeiro de Itapemirim – ES.

3.1 | Ensaios de caracterização do resíduo

3.1.1 | Amostragem

O resíduo de mármore foi coletado em um tanque de decantação de uma empresa na cidade de Cachoeiro de Itapemirim. A amostragem foi feita de forma a manter a representatividade da mesma. Após a amostragem, o resíduo foi levado ao Laboratório do CETEM onde o mesmo foi pesado e seco em estufa durante 5 dias, sendo, após este período, desagregado.

3.1.2 | Análise química e mineralógica

O resíduo foi caracterizado segundo ensaios para determinação de sua composição química e mineralógica, por meio de Fluorescência de Raios-X (FRX) e Difração de Raios-X (DRX), respectivamente, realizados pela Coordenação de Análises Mineraias – COAM, do CETEM. Para isso, o resíduo foi homogeneizado, quarteado, e do quarteamento retirou-se uma alíquota, que foi moída até que fosse passante em peneira de 200 mesh para realização das análises química e mineralógica.

3.1.3 | Análise granulométrica

O resíduo foi submetido a ensaios de análise granulométrica, respeitando-se a série de peneiras tipo *Tyler* (2 a 0,074 mm). As peneiras utilizadas medem 8 polegadas de diâmetro e armação com 2 polegadas de altura, com tela e malha padronizadas. Além das peneiras, utilizou-se um fundo de aço, que foi

colocado na porção inferior da peneira de 0,074 mm para retenção de partículas abaixo de 0,074 mm. Neste ensaio, uma peneira foi colocada sobre a outra de maneira que o tamanho das partículas se organizasse de forma decrescente. O resíduo foi despejado sobre a peneira superior e tampado. Em seguida, as peneiras foram encaixadas no rotape (figura 3.1), para que fossem agitadas por 30 min. Após o peneiramento, separou-se e pesou-se o material retido em cada peneira, bem como o do fundo de aço, a fim de se obter a porcentagem granulométrica do resíduo em cada fração. Além disso, determinaram-se também os teores de ferro, a fim de selecionar a melhor fração (com menor quantidade de ferro) para a sua utilização como carga para os sabonetes.



Fonte: CETEM, 2009

Figura 3.1. Foto do equipamento rotape utilizado no ensaio de análise granulométrica.

3.1.4 | Produção dos sabonetes

Os sabonetes foram produzidos aquecendo-se, em banho-maria, 1 kg de glicerina, 200 g de óleo de côco, 20 mL de propilenoglicol, 30 mL de álcool etílico e 10 g de sacarose em agitação constante. Durante esse processo, adicionaram-se as frações de resíduos retidas nas peneiras de 0,037; 0,053; 0,074 e 0,149 mm, variando seu percentual de 5 a 70%, em massa, a uma velocidade de 150 r.p.m., a 60°C, durante 20 min. Após esse período, a massa gerada foi depositada em moldes de madeira para formação dos sabonetes, seguindo os procedimentos descritos em Krawcczyk (1997).

3.2 | Avaliação das propriedades dos sabonetes

3.2.1 | Perda de massa (desgaste) / amolecimento

Os sabonetes, de maneira geral, absorvem água quando deixados sobre uma saboneteira com residual de água após o seu uso. Esta absorção de água leva à formação de um material gelatinoso (amolecimento do sabonete), que é relacionado pelo consumidor à sua menor durabilidade (Corazza *et al.*, 1995).

Geralmente, quanto maior a formação deste material gelatinoso, maior será a tendência de desgaste do sabonete. Assim, verifica-se que o amolecimento e a taxa de desgaste são dependentes, em grande parte, da solubilidade da formulação (Meloan, 1976).

Para medir a taxa de desgaste (perda de massa), as barras foram pesadas (m_1), imersas em um recipiente contendo 50mL de água deionizada e deixadas em repouso por um período de 24 h a 25°C.

Após este período, foram colocadas sobre papel toalha, por 2 h, e posteriormente retiradas as partes amolecidas até que se verificasse a área sólida. A barra resultante foi pesada novamente (m_2), obtendo-se a porcentagem de perda em função do amolecimento, calculada da seguinte maneira: perda da massa = $m_1 - m_2 \cdot 100$.

3.2.2 | Teste de estabilidade acelerada

Os testes foram realizados sob as seguintes condições: as barras de sabonete foram mantidas em embalagens de papelão (individuais) sendo avaliadas quanto ao aspecto e odor, por um período de 30 dias, a 25°C.

Paralelamente, foi avaliada a solidez à luz, mantendo a metade da barra exposta à luz natural (à temperatura ambiente) e a outra metade coberta com papel alumínio, sendo verificado o efeito do aditivo sobre a cor e aspecto do produto, comparando-se a parte exposta à parte coberta (Shelley, 1995).

3.2.3 | Irritabilidade dérmica cumulativa

Toda substância química que entra em contato com a pele ou mucosa do homem pode, em função de uma série de fatores, ser absorvida e determinar manifestações sistêmicas, produzir fenômenos irritativos ou de sensibilização. Assim, produtos para os quais se prevê exposição humana, como é o caso dos cosméticos, produtos de uso doméstico, higiene pessoal e medicamentos de uso tópico, devem ser submetidos a testes de previsão de efeitos lesivos (*Journal of The American College of Toxicology*, 1993).

Para avaliação das formulações, adotou-se o teste de irritabilidade dérmica cumulativa, pois se considera este como sendo o que melhor reflete o uso contínuo do sabonete.

Apesar de não ser desejável, alguns produtos cosméticos podem apresentar reações adversas aos usuários. Tais efeitos, muitas vezes, podem ser decorrentes de fatores individuais ou até mesmo de uso inadequado do produto. Logo, os ensaios biológicos para avaliação de segurança devem preceder a colocação do cosmético no mercado (Chorilli, 2009).

Dentre os testes citados na literatura para tal avaliação, destaca-se o teste Draize, J.H. segundo metodologia do INCQS/85 *apud* Diez (2000). A avaliação foi conduzida mediante aplicação do sabonete, em dorso escarificado e íntegro de coelhos albinos tipo Nova Zelândia (figura 3.2), sendo observada ou não a presença de edema e eritema por um período de 15 dias.



Fonte: UFRRJ

Figura 3.2. Coelhos albinos “Nova Zelândia” utilizados nos ensaios.

Todos os ensaios realizados com os sabonetes foram comparados com um sabonete comercial (formulação de referência).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 | Ensaios de caracterização do resíduo

4.1.1 | Análise química

A tabela 4.1 apresenta os resultados mais significativos dos elementos que constituem o resíduo de mármore, onde se pode observar altos teores de cálcio, o que configura, possivelmente, que o mármore que é beneficiado nessa empresa seja calcítico. Além disso, observa-se um alto teor de ferro, possivelmente oriundo da granalha utilizada no processo de corte.

Tabela 4.1. Composição elementar da amostra de resíduo de mármore expressa em óxidos, feita em equipamento de FRX, utilizando-se o método standerless.

Composição elementar	Concentração (%)
CaO	31,8
MgO	25,0
Fe ₂ O ₃	2,7

4.1.2 | Análise mineralógica

A figura 4.1 apresenta o resultado de difração de raios-x do resíduo, na qual se podem observar picos característicos de dolomita e calcita, corroborando os resultados observados na análise química.

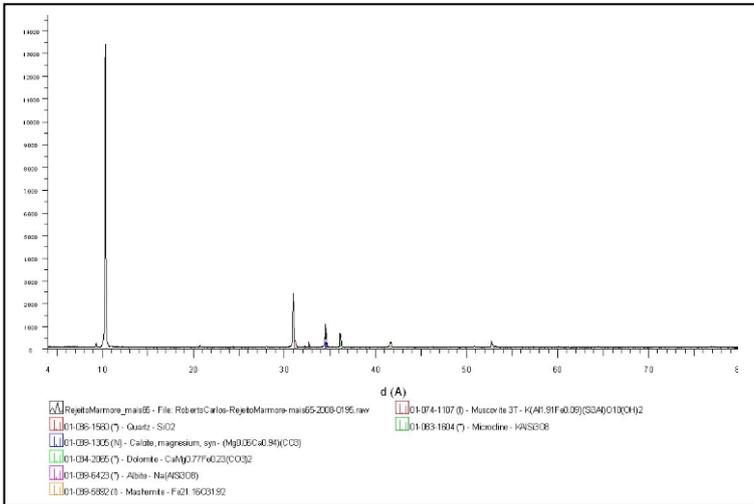


Figura 4.1. Difração de Raios-X do resíduo de mármore.

4.1.3 | Análise Granulométrica

A tabela 4.2 apresenta os resultados da distribuição granulométrica do resíduo associada à distribuição de ferro em cada fração. Pode-se observar que a fração inferior a 0,074 mm concentra o maior valor percentual do resíduo. Além disso, verifica-se que os teores de ferro diminuem à medida que a abertura das peneiras diminui. Dessa forma, pode-se observar que a fração abaixo de 0,074 mm apresenta o maior valor percentual da amostra, cerca de 47%, em massa, e que nessa fração, o teor de ferro não chega a 0,1%. Com isso, define-se essa fração como a mais adequada para preparação dos sabonetes.

Tabela 4.2. Distribuição Granulométrica dos Agregados Minerais Oriundos do Calcário.

Abertura das peneiras	Distribuição (%)	Fe ₂ O ₃ (%)
-2 mm + 1 mm	23,4	2,70
-1 mm + 0,5 mm	19,5	1,87
- 0,5 mm + 0,3 mm	3,6	0,66
- 0,3 mm + 0,177 mm	1,8	0,24
- 0,177 mm + 0,149 mm	2,5	0,08
- 0,149 mm + 0,074 mm	2,4	0,04
-0,074 mm	46,8	0,03

4.2 | Ensaios específicos para sabonetes

4.2.1 | Perda de Massa (Desgaste) / Amolecimento

Na tabela 4.3 observam-se os resultados de perda de massa dos sabonetes gerados com o resíduo, segundo os ensaios de desgaste e amolecimento. Pode-se constatar que o aumento do percentual de resíduos, em massa, na composição dos sabonetes, favorece a estabilidade do sabonete, pois nota-se a diminuição da perda de massa. No entanto, observou-se que o tamanho da partícula desse resíduo pouco afetou os resultados de perda de massa.

Observa-se a menor perda de massa nos sabonetes contendo 70% de resíduo, independente do tamanho da partícula do resíduo. No entanto, resultados de irritabilidade dérmica devem indicar o teor mais adequado do resíduo na mistura do sabonete.

Tabela 4.3. Valores de Perda de Massa (%) nos sabonetes gerados.

Percentual de resíduo em massa na mistura (%)	Tamanho do resíduo (mm)			
	0,037	0,053	0,074	0,149
5	26	24	20	21
10	24	23	21	20
20	14	12	16	10
30	10	13	13	10
40	11	14	10	8
50	8	11	10	9
60	8	9	5	7
70	4	4	5	4

4.2.2 | Estabilidade Acelerada

Verificou-se que os sabonetes sob as condições do teste não apresentaram diferenciação comparativamente à formulação de referência.

4.2.3 | Irritabilidade Dérmica Cumulativa

Os ensaios indicaram que a adição de valores acima de 50%, em massa, de resíduos na composição dos sabonetes gera irritabilidade na pele dos coelhos. Observa-se, também, que tamanhos de partícula acima de 0,053 mm dos resíduos são capazes de gerar irritabilidade na pele dos coelhos. Dessa forma, verifica-se que a adição de resíduo na composição dos sabonetes fica limitada a 40%, em massa, com tamanhos de partícula de até 0,053 mm, para que não haja irritabilidade dérmica.

5 | CONCLUSÕES

Pode-se concluir que os resíduos oriundos do corte de mármore podem ser adicionados à massa de produção de sabonetes, após um simples tratamento de peneiramento, pois os resultados indicaram baixa perda de massa e alta estabilidade do produto final. No entanto, a utilização do resíduo fica limitada a 40%, em massa, com tamanho de partícula de até 0,053 mm para que não haja irritabilidade dérmica.

O valor de aplicação de resíduos de 40%, em massa, como carga é considerado substancial se pensarmos no aumento do setor de cosméticos nos últimos anos, o que indica a potencialidade de utilização desse material.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIROCHAS - Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais, 2007.
- Anderson, M and Jackson, G., The beneficiation of power station coal ash and its use in heavy clay ceramics, *Trans. Br. Ceram. Soc.* 1, 50-55, 1983.
- Akbulut, H. and Gürer, C., Use of aggregates produced from marble quarry waste in asphalt pavements, *Building and Environment*, 42, 2007, 1921-1930.
- Avelar, A.C.M. & Souza, C.G. Desenvolvimento de produtos na indústria nacional de cosméticos: um estudo de caso. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Porto Alegre, RS, Brasil (2005).
- Bakken, A. k., Gautneb, H., Sveistrup, Myhr, K., Crushed rocks and mine tailings applied as K fertilizers on grassland, *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 56, 2000, 53-57.
- Barral Silva, M. T., Silva Hermo, B., García-Rodeja, E. and Vázquez freire, N., Reutilization of granite powder as na amendment and fertilizer for acid soils, *Chemosphere* 61, 2005, 993-1002.
- Bolland, M. D. A., Bakker, M. J., Powdered granite is not an effective fertilizer for clover and wheat in sandy solis from Western Australia, *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 56, 2000, 59-68.
- Campos, L. E. G. **Talco e Pirofilita** - Balanço Mineral Brasileiro, DNPM, 2001.
- Carretero, M. I. and Pozo, M., Clay and non-clay minerals in the pharmaceutical and cosmetic industries Part II. Active ingredients, *Applied Clay Science*, 2009.
- Cetin, A., Assessment of industrial wastes in asphalt concrete pavement mixtures, M.Sc. Thesis, Department of Civil Engineering, Natural Sc. Inst., Anadolu University, Turkey, 1997.
- Chorilli, M.1; Tamascia, P.2; Rossim, C.2; Salgado, H.R.N.3; Ensaios biológicos para avaliação de segurança de produtos cosméticos, *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, Vol. 30, Nº 1 (2009).

- Corazza, S., Barreto, D. W., Gouvea, M. C. , Barreto, R.C.R., Algas marinhas em sabonetes, *Cosmetics & Toiletries*, 7 , 56-60 (1995).
- Diez, M.A. & Carvalho, G.S.C. Aditivos para sabonetes em barra, Artigo Técnico ART CS001 – 06/00, Oxitênio S/A Industria e Comercio, 2000.
- Dominguez, E. A. and Ulmann, R.; Ecological bricks made with clay and steel dust pollutants, *Appl Clay Sci.* 11, 237-249, 1996.
- Euromonitor - International market intelligence on industries, countries and consumers, 2008.
- Fernandes, H. R., Torres, P., Agathopoulos, S., Tulyaganov, D. and Ferreira, J. M. F., Utilization of solid wastes from granite cutting processing in porcelain industry, *Al-Azhar Bulletin of Science*, 2003, 33-43.
- Ferreira, J. M. F., Tulyaganov, D. U., Agathopoulos, S., Fernandes, H. R. and Torres, P., Incorporation of granite cutting sludge in industrial porcelain tile formulations, *Journal of the European Ceramic Society* 24, 2004, 3177-3185.
- Gomes, M.L. Utilização industrial e quotidiana de alguns dos minerais mais Comuns. Dep. de Ciências da Terra – Universidade do Minho – Portugal (2004).
- Hewitt, J. P., Titanium dioxide: a different kind of sunshield, *Drug and cosmetic industry* 151, 3, 1992, 26 – 32.
- Holanda, J. N. F., Manhães, J. P. V. T. and Moreira, J. M. S., Processing of red ceramic using ornamental rock powder waste, *Journal of materials processing technology*, 196, 2008, 89-93.
- Jeng, A. S., Vekstforsok med blandinger av steinmjol og torv (Growth experiments with mixtures of crushed rock and peat) In Norwegian. Department of Soil Fertility and Management, Agricultural University of Norway, Rapport 2-85, 1985.
- Journal of The American College of Toxicology*, 12 (5), 429-427 (1993).
- Jungermann, E.. Glycerine in Bar Soaps, *Cosmetic Science and Technology*, 11, 395-406 (1989).
- Krawcczyk, T.; Soap Bars, *Inform*, 7 (5), 475-489 (1996).

- Meloan, C. E., Detergents - Soaps and Syndets, *Chemistry*, 49 (7) , 6-10 (1976).
- Orchardson, R. and Gillam, D. G., The efficacy of potassium salts as agents for treating dentin hypersensitivity, *Journal of Orofacial Pain* 14, 1, 9 – 19.
- Ribeiro, R. C. C., Interação entre cimentos asfálticos e seus constituintes com agregados minerais na formação do asfalto, Tese de Mestrado, EQ – UFRJ, 2003.
- Segadães, A. M., Carvalho, M. A. and Acchar, W., Using marble and granite rejects to enhance the processing of Clay products, *Applied Clay Science*, 2005.
- Shelley, M. Updating the Bar and Liquid Soap Market, *Cosmetics/Chemical Specialties*, 71 (10), 32-42 (1995).
- Silva, S. A. C. Caracterização do resíduo da serragem de blocos de granito: estudo do potencial de aplicação na fabricação de argamassas de assentamento e de tijolos de solo-cimento. dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES. 1998.
- Souza, L. R., Ribeiro, R. C. C., Carrisso, R. C. C., Silva, L. P., Pacheco, E. B. A. V. e Visconte, L. L. Y., Aplicação de resíduos de mármore na Indústria Polimérica, Série Tecnologia Ambiental – STA 52 – Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, Rio de Janeiro, RJ, 2009.
- Terzi, S. and Karasahin, M., Use of marble dust in the hot mix asphalt as a filler material, *J. Tech. Chamber Civil Eng. Turk.* 14, 2003, 2903-3022.
- Van Straaten, P., *Agrogeology – The use of rocks for crops*, University of Guelph, 2007, p. 440.
- Wara-aswapati, N., Krongnawakul, D., Jiraviboon, D., Adulyanon, S., Karimbux, N. and Pitphat, W., The effect of a new toothpaste containing potassium nitrate and triclosan on gingival health, plaque formation and dentine hypersensitivity, *Journal of Clinical Periodontology* 32, 1, 2005, 53 – 58.

SÉRIES CETEM

As Séries Monográficas do CETEM são o principal material de divulgação da produção científica realizada no Centro. Até o final do ano de 2009, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, cerca de 200 títulos, distribuídos entre as seis séries atualmente em circulação: Rochas e Minerais Industriais (SRMI), Tecnologia Mineral (STM), Tecnologia Ambiental (STA), Estudos e Documentos (SED), Gestão e Planejamento Ambiental (SGPA) e Inovação e Qualidade (SIQ). A Série Iniciação Científica consiste numa publicação eletrônica anual.

A lista das publicações poderá ser consultada em nossa homepage. As obras estão disponíveis em texto completo para download. Visite-nos em <http://www.cetem.gov.br/series>.

Últimos números da Série Tecnologia Ambiental

STA-52 – **Aplicação de resíduos de mármore na indústria polimérica.** Larissa Ribeiro de Souza, Roberto Carlos da Conceição Ribeiro, Regina Coeli Casseres Carrisso, Luciana Portal da Silva, Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco, Leila Léa Yuan Visconte, 2009.

STA-51 – **Utilização da fibra da casca de coco verde como suporte para a formação de biofilme visando o tratamento de efluentes.** Bianca de Souza Manhães de Azevedo, Andréa Camardella de Lima Rizzo, Selma Gomes Ferreira Leite, Luis Gonzaga dos Santos Sobral, Danielle Reichwald, Gustavo Mendes Walchan, 2008.

STA-50 – **Biorremediação de solo impactado com óleo cru: avaliação da potencialidade da utilização de surfatantes.** Valéria Souza Millioli, Luis Gonzaga Santos Sobral, Eliana Flávia Camponese Sérvulo e Denize Dias de Carvalho, 2008.

INFORMAÇÕES GERAIS

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral
Avenida Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ
Geral: (21) 3867-7222
Biblioteca: (21) 3865-7218 ou 3865-7233
Telefax: (21) 2260-2837
E-mail: biblioteca@cetem.gov.br
Homepage: <http://www.cetem.gov.br>

NOVAS PUBLICAÇÕES

Se você se interessar por um número maior de exemplares ou outro título de uma das nossas publicações, entre em contato com a nossa biblioteca no endereço acima.

Solicita-se permuta.

We ask for interchange.