

### ENSAIOS DE ALTERABILIDADE

#### VII.1 - Introdução

Conforme descrito por Aires-Barros (1991 e 2001), os conceitos de alteração e alterabilidade são duas feições que, embora afetem o mesmo material, agem de modo espacial e temporal de maneiras completamente diferentes. É por meio da alterabilidade que se tenta prever e prevenir com antecedência a ocorrência de futuras patologias que irão afetar, por vezes de modo irreversível, as condições químicas e mecânicas das rochas.

A avaliação temporal, ainda que feita de forma qualitativa, dos processos de alteração e de alterabilidade constitui um dos grandes desafios, tanto da Geologia como da Engenharia, pois, mesmo determinada de modo aproximado poderá contribuir significativamente para a economia e especialmente para a segurança das obras (Rodrigues, 1978). Já a determinação quantitativa da alterabilidade pelo fato de englobar além de parâmetros inerentes à rocha e inerentes ao ambiente, envolve grandes dificuldades laboratoriais, uma vez que sua investigação requer simulações, as mais aproximadas possíveis, das condições ambientais naturais, sendo de determinação muito dispendiosa, demorada e pouco freqüente.

Apesar disso, este ainda é um dos poucos meios de que dispomos para averiguar a resposta de materiais pétreos às mais adversas condições ambientais e climáticas e, portanto constitui ferramenta importante no auxílio aos profissionais do setor de rochas que pretendem utilizar esses materiais com maior segurança e confiabilidade.

A alterabilidade considera um determinado tempo humano e sua avaliação pode ser efetuada por várias técnicas, desde que se possa medir, no tempo, uma grandeza intrínseca ou com ela intimamente associada (Aires-Barros, 1991). Entre as várias causas e mecanismos de alteração de rochas apresentados no Capítulo IV, foram considerados neste trabalho, como métodos de investigação da alterabilidade de rochas os ensaios resumidos na Tabela VII.1.

Tabela VII.1: Condições potencialmente degradadoras de rochas ornamentais e de revestimento

CONDIÇÃO	ENSAIO	OBJETIVO
Variações Térmicas	Exposição de placas polidas a choque térmico	Verificar eventuais modificações após ciclos de aquecimento e resfriamento em água
Ação de poluentes	Exposição de placas polidas a condições ácidas e alcalinas	Simulação de ambientes urbanos poluídos (umidade, produtos químicos de limpeza)
Ação da cristalização de sais	Imersão total em solução de sulfato de sódio	Simulação da cristalização de sais na face polida de placas de rocha para observação dos efeitos deletérios

Os ensaios de alterabilidade foram idealizados a partir de verificações em situações reais, onde muitas vezes as causas não são completamente conhecidas. Assim, foram simuladas condições de alterabilidade a um conjunto diferente de rochas (esteatitos e granitos *lato sensu*), identificando-se as respostas que cada rocha com suas características intrínsecas apresentaram quando expostas às mesmas condições potencialmente degradadoras, para subsidiar o conhecimento da durabilidade de rochas nas diversas aplicações a que são submetidas.

## VII.2 – Ensaios de Lixiviação Estática

Este ensaio, denominado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológica como "ensaio de alterabilidade por imersão em líquidos reativos", envolve equipamentos simples, tais como bandejas plásticas e soluções ácidas, que são tampadas para evitar a evaporação da solução (Figura VII.1).



Figura VII.1: Disposição dos corpos de prova de granitos e esteatitos em recipientes com solução de  $\text{HNO}_3$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4$  no ensaio de lixiviação estática.

Antes dos ensaios são determinados os índices físicos. Para este ensaio utilizam-se corpos de prova de dimensões  $7 \times 7 \times 2 \text{ cm}$  ou de 250 gramas, que são imersos em recipientes plásticos fechados preenchidos com uma mistura de duas soluções reagentes por um período de 20 dias.

No LABTEC Rochas do CPMTC/IGC-UFMG foram realizados ensaios de lixiviação estática nos granitos, esteatitos e quartzitos. Para cada litotipo foram usados 5 corpos de prova de dimensões 7x7x2cm, os quais foram submetidos à ação da solução de HNO<sub>3</sub> (65%) + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (96%) diluídas na proporção de 1:2:100.000 e com pH igual a 3, simulando o pH de chuvas ácidas.

Após 20 dias as amostras são retiradas da solução, lavadas e secas em estufa a 110<sup>o</sup> C. Os parâmetros avaliados foram:

- Mudanças estéticas e desgaste visual da rocha por comparação antes e depois da lixiviação
- Perda de massa: variação percentual de peso das amostras antes e depois da lixiviação

### **VII.3 - Ensaios de susceptibilidade à Oxidação**

#### ***VII.3.1 – Por choque Térmico***

A oxidação de rochas graníticas através do aparecimento de manchas antiestéticas é um dos fatores que afeta em maior ou menor grau algumas variedades comerciais e deve ser avaliada para detectar as possibilidades de oxidação, embora nem sempre sua aptidão ou facilidade para oxidar seja de fácil constatação. Por isto, tradicionalmente têm sido empregados métodos químicos para a determinação deste parâmetro.

González Messones (2002) recomenda o ensaio por choque térmico para verificação da possível oxidação, em rochas ígneas, e de desagregação, em mármore e granitos.

Para avaliar a susceptibilidade à oxidação, enfatizamos os seguintes ensaios: ensaio de choque térmico e ataque por peróxido de hidrogênio (Lombardero, 2001), realizado no Laboratório do CPMTC/UFMG, tendo como base métodos adaptados à nossa realidade, tais como: norma UNE 22-197-85 estabelecida para ardósias.

O ensaio de alteração por choque térmico deve ser baseado nos procedimentos estabelecidos na CEN 14066: 2003 (*in*: Frasca, 2003). O ensaio visa verificar o decaimento da rocha após ciclos de aquecimento e resfriamento rápido, ou seja, decorrente de variações térmicas bruscas que propiciem dilatação e contração constantes, causa de uma das principais degradações de materiais rochosos na construção civil.

O ensaio de choque térmico determinado neste trabalho foi adaptado à realidade de infra-estrutura do LABTECRochas/ CPMTC. O procedimento de oxidação acelerada consiste em tomar duas placas de rochas de dimensões de 7x7x2 cm, secá-las a 105 °C e submeter uma delas a sucessivas variações de temperatura durante 18 h e imersão em água deionizada durante 6 h. Este ciclo se repetiu por 25 vezes. Se a rocha contiver mineral susceptível à oxidação, após poucos ciclos observam-se mudanças de cor, em comparação com a placa de referência.

As amostras utilizadas para o ensaio são esteatitos e granitos *lato sensu* (Branco Eliane, Ás de Paus, Preto Rio, Café Imperial). A Figura VII.2 mostra o esquema geral do ensaio.

Antes de iniciar o ensaio, a petrografia deve estar bem detalhada, enfatizando a presença de minerais metálicos, presença de pontos de oxidação na superfície das chapas, pátinas de óxido sobre as microfissuras, presença de minerais opacos, a aparência das áreas adjacentes, o aspecto das bordas etc.

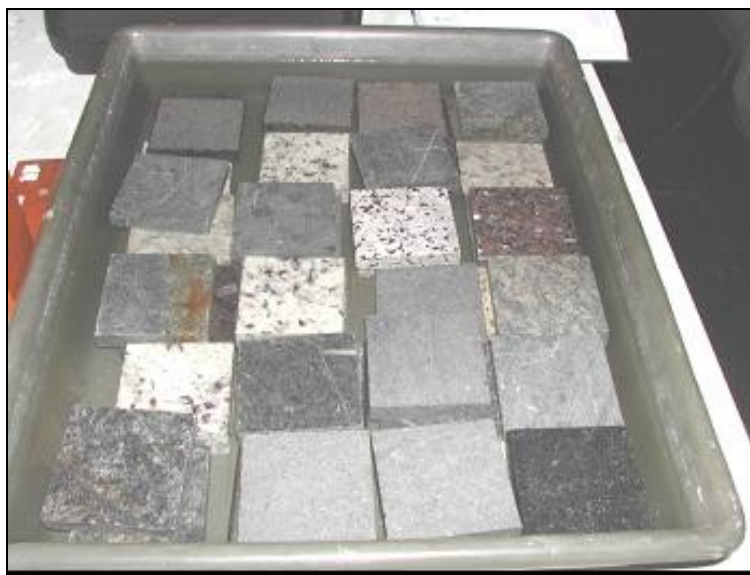


Figura VII. 2: Disposição das amostras de granitos e esteatitos imersas em água durante ensaio de choque térmico

### VII.3.2 – Ataque por peróxido de hidrogênio

Para outra avaliação da susceptibilidade à oxidação, foi reproduzido no LABTECRochas do CPMTC/IGC-UFMG o ensaio com peróxido de hidrogênio em seis variedades de rochas ornamentais: *Granitos*: (Ás de Paus, Preto Rio, Branco Eliane, Café Imperial) e *Esteatitos*.

Para cada uma dos litotipos foram escolhidas duas placas de 7x7x2 cm completamente sãs, que foram submetidas ao ataque de uma solução de peróxido de hidrogênio altamente concentrado

(14%) expostas durante sete dias (Figura VII.3). Após esse período, foram feitas medidas das variações de massa e observadas as prováveis mudanças estéticas.

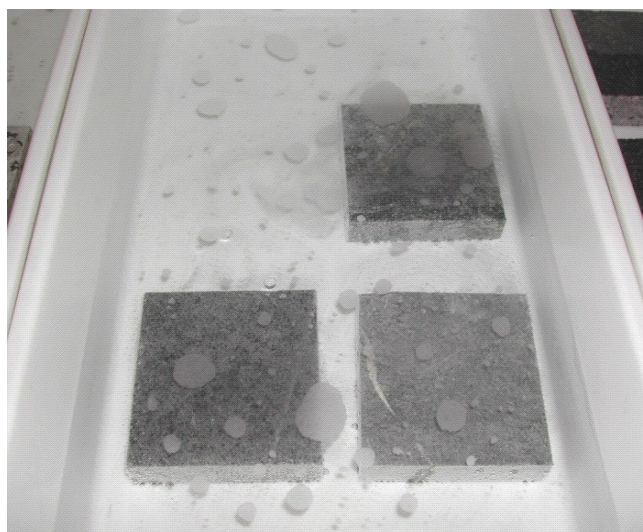


Figura VII.3: Ensaio de susceptibilidade à oxidação em esteatitos numa solução a 14% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

#### VII.4 - Ensaio de Cristalização de Sais

Entre as quatro principais causas da degradação das rochas utilizadas nas construções brasileiras estão as variações intensas de temperatura e umidade, características do clima tropical. Também, em climas tropicais e em ambientes marinhos, um dos agentes de intemperismo mais severos é a cristalização de sais nos poros dos materiais rochosos, resultando em fortes pressões que ocasionam a expansão dos poros e a conseqüente fissuração ou desagregação da matriz sólida do material (Frasca, 2001).

O ensaio de cristalização é recomendado para rochas de elevada porosidade a serem utilizadas em revestimento e pavimentos externos em áreas de clima frio a temperaturas abaixo de 0°C, e/ ou em áreas litorâneas e nos materiais sujeitos às situações inadequadas de assentamento com argamassa. O objetivo é ter uma idéia preliminar do comportamento da rocha submetida a tensões internas devido à cristalização de sais (Mendes, 1999).

Para simular os aspectos da cristalização de sais é possível a realização de testes laboratoriais de alteração acelerada por imersão total e por imersão parcial contínua dos corpos-de-prova numa solução salina de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 14%, em peso.

O sistema Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O tem três características importantes que o tornam recomendável para uso em experimentos de alteração acelerada com materiais de construção civil: 1) as fases minerais que se

formam têm grandes volumes molares, o que produz uma grande deterioração do meio poroso; 2) o grau de supersaturação é muito sensível a pequenas mudanças de temperatura e 3) a formação da fase mineral sólida a partir da solução tem uma reação cinética muito rápida. As características físico-químicas da solução aquosa de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  a 14% em peso é que permitem estabelecer as condições experimentais do teste de imersão parcial (Benavente *et al.*, 2001).

No ensaio de imersão total, cada ciclo de ensaio de 24 horas tem três estágios: imersão, secagem e resfriamento. Devem ser testados dez corpos-de-prova de  $2,5 \times 2,5 \times 5 \text{cm}^3$  cobertos em mais de 1,5cm pela solução salina, numa sala climatizada com temperatura de  $22^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ , por 11h45min (estágio de imersão). A seguir, deve ser feita a secagem estável dos corpos-de-prova por 11h20min, a uma temperatura de  $70^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  (estágio de secagem em estufa). Ao fim do tempo de secagem os corpos-de-prova devem ser resfriados ao ar, durante 40 minutos, até a temperatura ambiente. Com o resfriamento, completa-se um ciclo de imersão e secagem de 24 horas. A cada cinco ciclos ou dias de alteração avalia-se a massa seca dos corpos-de-prova e a sua perda média de massa seca ou índice de alteração médio, ao fim de 48h de secagem. A duração total do ensaio é de 25 ciclos ou dias.

No ensaio de imersão parcial, cada ciclo de ensaio de 24 horas tem quatro estágios: imersão a quente, resfriamento ambiental, imersão a frio e aquecimento ambiental. Devem ser testados dez corpos-de-prova de  $2,5 \times 2,5 \times 5 \text{cm}^3$  introduzidos em reservatório fechado na solução salina até esta atingir a altura de  $5 \text{mm} \pm 1 \text{mm}$  ( $\approx 10\%$  da altura do corpo-de-prova), a uma temperatura de  $40^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ , por 11h30min (estágio de imersão a quente). A seguir, os corpos-de-prova são deixados na bancada da sala climatizada com temperatura de  $22^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ , por 30min. No terceiro estágio, é feita a imersão parcial em reservatório fechado na solução salina até esta atingir a altura de  $5 \text{mm} \pm 1 \text{mm}$  ( $\approx 10\%$  da altura do corpo-de-prova), a uma temperatura de  $8^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ , por 11h30min. Finalmente, os corpos de prova são aquecidos ao ar, durante 30 minutos, à temperatura ambiente. Com o quarto estágio, completa-se um ciclo de teste de 24 horas. A cada cinco ciclos ou dias de alteração, avalia-se a massa seca dos corpos-de-prova e a sua perda média de massa seca ou índice de alteração médio, ao fim de 48h de secagem. A duração total do ensaio é de 25 ciclos, ou dias.

Benavente *et al.* (2001) verificou que o ensaio de imersão parcial tende a induzir índices de alteração maiores do que o ensaio de imersão total; isso explica por que alguns materiais, considerados duráveis nos ensaios de imersão ou saturação total, apresentam alterações consideradas inexplicáveis quando usados em placas de revestimento de paredes, onde se faz sentir o efeito da ascensão de sais por capilaridade e a resultante cristalização com o desenvolvimento de

grandes pressões desagregadoras. Neste pormenor, o ensaio de imersão parcial se apresenta mais consentâneo com a realidade, para os materiais rochosos que são habitualmente utilizados em revestimento de paredes, onde o movimento da água se dá efetivamente por capilaridade.

Na construção civil, as eflorescências são um fenômeno muito comum em fachadas com revestimento de peças cerâmicas ou rochas ornamentais, alterando a aparência da superfície devido à manifestação, geralmente através de líquido esbranquiçado que escorre pelo revestimento podendo causar desagregação do revestimento e/ou falta de aderência entre camadas do revestimento. A ocorrência desta patologia está ligada ao conteúdo de sais solúveis existentes nos materiais componentes do revestimento ou do próprio material, como é caso das argamassas; com composições que liberam hidróxidos; à ascensão capilar de solução aquosa e da pressão necessária para que o composto atinja a superfície (Frazão, 2002).



Figura VII.4: Eflorescências devido à presença de sais provenientes de argamassa, em fachada revestida com sienite Café Imperial

#### ***VII.4.1 - Ensaio de Cristalização de Sais por imersão total***

O procedimento consiste em pesar os corpos de prova constituídos por placas de dimensões 7x7x2 cm dos granitos comerciais (Branco Eliane, Café imperial, Preto Rio, Ás de Paus) e esteatitos (ACA, FUR, LUN) após secagem, e colocá-los em bandejas imersos numa solução de 14% de sulfato de sódio (peso específico de 1,055) e água deionizada (Figura VII. 5). Para todas essas rochas foram determinados os índices físicos.



Figura VII.5: Corpos de prova de granito comercial Ás de Paus no ensaio de cristalização de sais por imersão total.

Devido ao fato da sensibilidade do ensaio à temperatura e à atual falta de condições de temperatura constante nos laboratórios do CPMTTC, fez-se modificações no procedimento do ensaio, tentando observar a penetração da solução salina nas rochas. As placas polidas foram colocadas em contacto com a solução de sulfato de sódio a 14% por duas horas e secagem em estufa a 105°C durante 10-15 horas, totalizando um número de 15 ciclos. Durante a realização do ensaio foi necessário adicionar mais solução no sistema devido ao abaixamento do nível desta.

A cristalização de sais provoca uma pressão na amostra, que pode chegar à ruptura dependendo da porosidade, textura e grau de alteração do material. Ocorrendo ruptura deve-se registrar em qual ciclo foi observada e fotografá-la.

### **VII.5 – Ensaio de Resistência ao Ataque Químico**

As rochas ornamentais e de revestimento são submetidas, nas suas variadas formas de revestimentos internos e externos entre outros usos, à ação de compostos químicos usados em ambientes sujeitos a limpezas constantes. A ação de reagentes presentes nos produtos de limpeza poderá se manifestar em alterações das características físicas e químicas das rochas, resultando em modificações irreversíveis que afetam drasticamente a estética destas.

A investigação destes efeitos nas rochas é um dos objetivos dos ensaios de alterabilidade simulados em laboratório. Este ensaio de resistência ao ataque químico simula os efeitos da utilização de substâncias químicas em produtos de limpeza, tratamento de águas de piscina, frutas cítricas, vinagres, refrigerantes gasosos isotônicos, ácido muriático, sabão etc. e também da incidência de

chuvas ácidas, devido às fontes de poluição ambiental, especialmente em áreas urbanas e industrializadas (Chiodi & Rodrigues, 1997 e Meyer *et al.*, 2003).

Levantamentos efetuados pela CETESB e CETEC evidenciaram a ocorrência de chuvas ácidas na região sudeste do Brasil. Os estudos do CETEC, em Belo Horizonte, Betim e Contagem, demonstraram inclusive que a acidez aumenta ao longo do período chuvoso, pelo esgotamento do cálcio e outras partículas alcalinas disponíveis na atmosfera para a neutralização (Fiodi, 1999).

Para a realização do ensaio de resistência ao ataque químico é feita a caracterização petrográfica e determinação de índices físicos. As rochas foram submetidas aos testes de alterabilidade adaptados segundo as normas estabelecidas pela NBR 13818/Anexo H (ABNT, 1997) para testes em pisos cerâmicos vidrados – “Determinação da resistência ao ataque químico”.

Os reagentes químicos indicados na norma assim como as concentrações e o tempo de exposição sobre as rochas encontram-se discriminados na Tabela VII.2.

Tabela VII.2: Relação dos agentes químicos, suas concentrações e tempo de exposição (adaptado da norma NBR 13818/Anexo H (ABNT, 1997)

Ensaio	Características/ Tempo de execução	Dimensões/ Número dos Cp's
Alterabilidade perante produtos de limpeza	Ácidos e Sais: Hipoclorito de Sódio (NaClO 20g/l) – 7dias Ácido Cítrico 100 g/l – 7dias Acido Clorídrico (HCl) (3 % (vv) – 7dias Álcális: Hidróxido de potássio (KOH – 30 g/l) – 7 dias	02 placas polidas (20 x 20 x 2cm) por ensaio

As soluções foram preparadas a partir da diluição de substâncias concentradas disponíveis comercialmente: Ácido clorídrico P.A (96%) Merck, Ácido cítrico P.A (96 %), Hipoclorito de sódio P.A. (6 %) Merck, e Hidróxido de Potássio P.A. (99 %) Merck.

No desenvolvimento do ensaio utilizou-se duas placas polidas de cada uma das rochas (esteatitos e granitos comerciais - Ás de Paus, Branco Eliane, Café Imperial e Preto Rio) tradicionalmente empregados como materiais de revestimento. Antes de submeter as amostras aos ensaios, as placas polidas foram escaneadas para comparação das alterações visuais antes e depois dos ensaios. As placas com dimensões de (10x10x2cm) foram cortadas a partir de uma mesma placa de utilização comercial com uma das faces polidas e isentas de defeitos. Uma das placas de cada rocha foi utilizada como referência para comparação com as outras após a realização dos ensaios. Em cada

um destes corpos-de-prova foram colados pequenos tubos de PVC ( $\phi = 55\text{mm}$ ), que depois de 24 h foram preenchidos com os reagentes químicos, cujas concentrações e tempos de exposição encontram-se listados na Tabela VII.2 e mostrados na figura VII.6. Após 07 dias de contato de cada reagente sobre as placas polidas, estas foram lavadas com água corrente e, depois de secas naturalmente, foram submetidas à avaliação visual sob luz branca. Com base nas feições observadas nas diferentes rochas testadas, foram estabelecidas correlações entre a cor, composição mineralógica e a resistência aos ataques químicos. Neste sentido foram realizadas observações macroscópicas, cujos resultados acham-se descritos no capítulo sobre análise dos ensaios de alterabilidade.



Figura VII.6: Disposição dos tubos de PVC durante ensaio de resistência ao ataque químico em placas polidas de esteatito.

## VII.6 - Resultados dos Ensaios de Alterabilidade

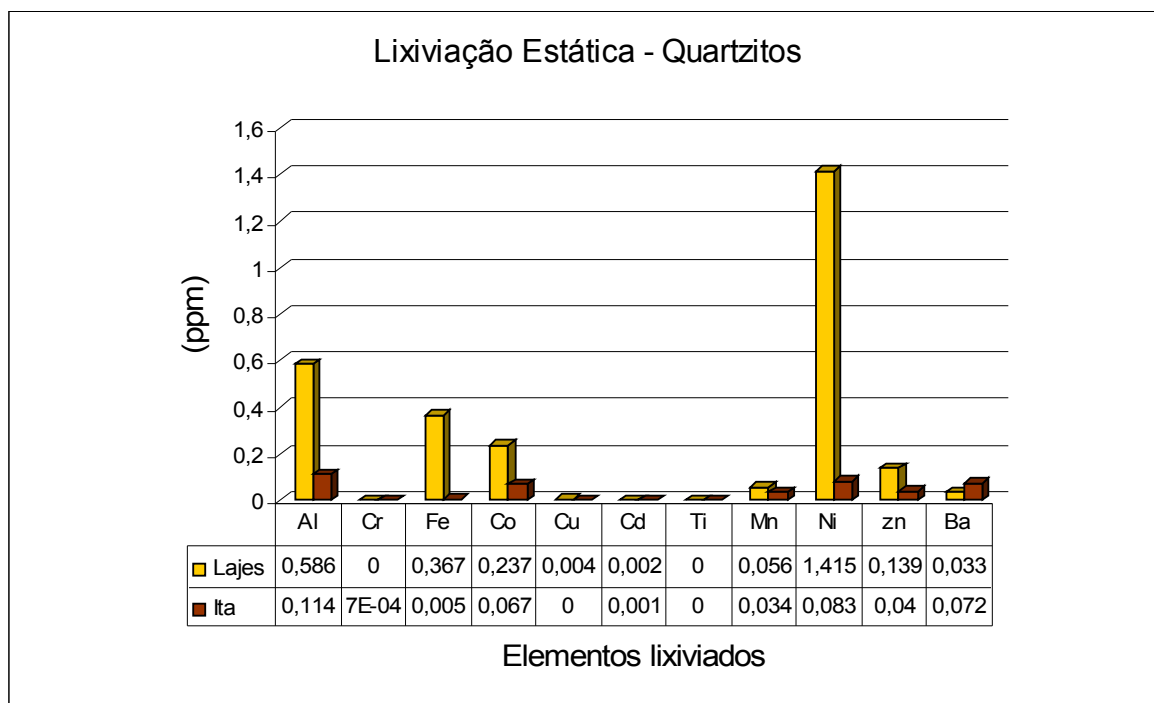
### VII.6.1 - Lixiviação estática

Nos esteatitos as mudanças estéticas e as perdas de massa não foram significativas, situando-se na faixa de 0,06 g para o ACA, de 0,05 (FUR) e de 0,05 (LUN) (Tabela VII.3). Nos demais tipos petrográficos, as mudanças estéticas também não foram significativas. O granito Preto Rio apresentou uma leve mudança superficial de tonalidade para cinza escuro. O sienito Café Imperial mostrou uma mudança superficial de marrom esverdeado escuro para tons mais claros. As perdas de massa do Café Imperial chegaram a 0,06 g, enquanto nos demais materiais ficaram nas seguintes faixas: Branco Eliane (0,05g); Ás de Paus (0,04) e Preto Rio (0,04) (Tabela VII.3).

Tabela VII.3: Perda de massa nos esteatitos ACA, FUR, LUN e nos granitos PR, BRE, CI, AZP após o ensaio de Lixiviação estática com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+HNO<sub>3</sub>

Rochas	Perda de massa (g) (média de 5 cp's)
ACA	0,06g
FUR	0,05g
LUN	0,05g
PR	0,04g
BRE	0,05g
CI	0,06g
AZP	0,04g

Para analisar os resultados dos ensaios de lixiviação estática nos quartzitos Itacolomi foram realizadas análise por fluorescência de raios X dos quartzitos Itacolomi e Lages dos elementos lixiviados após ensaio (Figura VII.7), no Laboratório de química do CPMTC.



FiguraVII.7: Elementos lixiviados dos quartzitos Itacolomi e Lages durante ensaio de lixiviação estática com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+HNO<sub>3</sub>

Os dados obtidos revelaram que os quartzitos LAG apresentam uma maior susceptibilidade á lixiviação dos elementos Al, Fe, Co, Mn, Ni, Zn em relação aos quartzitos ITA. No entanto, essas correlações devem ser consideradas com reservas, visto que a amostragem destas rochas podem não ter sido criteriosas o suficiente para a discussão dos dados sob o ponto de vista de uma abordagem geoquímica.

## VII.6.2 - Susceptibilidade à oxidação

### VII.6.2.1 – Choque Térmico

O ensaio de choque térmico para avaliar a susceptibilidade da rocha à oxidação foi realizado sobre cinco amostras para cada um dos tipos estudados em 25 ciclos (Figura VII.8). As condições impostas pelo ensaio sobre as amostras de rocha não produziram efeitos degradativos à olho nu nos granitos e esteatitos. Uma das amostras de esteatitos apresentou manchas avermelhadas na superfície devido a fatores externos durante a execução do ensaio.



Figura VII.8: Disposição dos corpos de prova após ensaio de choque térmico

As variações de massa nos esteatitos ACA, FUR, LUN, revelaram uma perda de massa cerca de 0,08g no esteatito ACA e no FUR de 0,04g. No esteatito LUN houve uma perda de massa da ordem de 0,05 g (Tabela VII.4). As variações de massa antes e após os ensaios de choque térmico nos granitos Ás de Paus, Café Imperial, Preto Rio, Branco Eliane podem ser vistas na tabela VII.4. A tendência de perda de massa ocorreu em todos os tipos de rocha, sendo que o Ás de Paus teve a perda mais significativa de 0,40g.

Tabela VII.4: Perda de massa nos esteatitos ACA, FUR e LUN e nos granitos Preto Rio, Branco Eliane, Ás de Paus e Café imperial após ensaio de choque térmico.

Rochas	Perda de massa (g) (média de 5 cp's)
ACA	0,08g
FUR	0,04g
LUN	0,05g
PR	0,0g
BRE	0,0g
CI	0,0g
AZP	0,40g

### VII.6.2.2. –Ataque com peróxido de hidrogênio

Neste ensaio foram feitas análises químicas dos esteatitos e granitos e dos produtos lixiviados após ensaio nos laboratórios da Lakefield Geosol Ltda (Figuras VII.9 a VII.12).

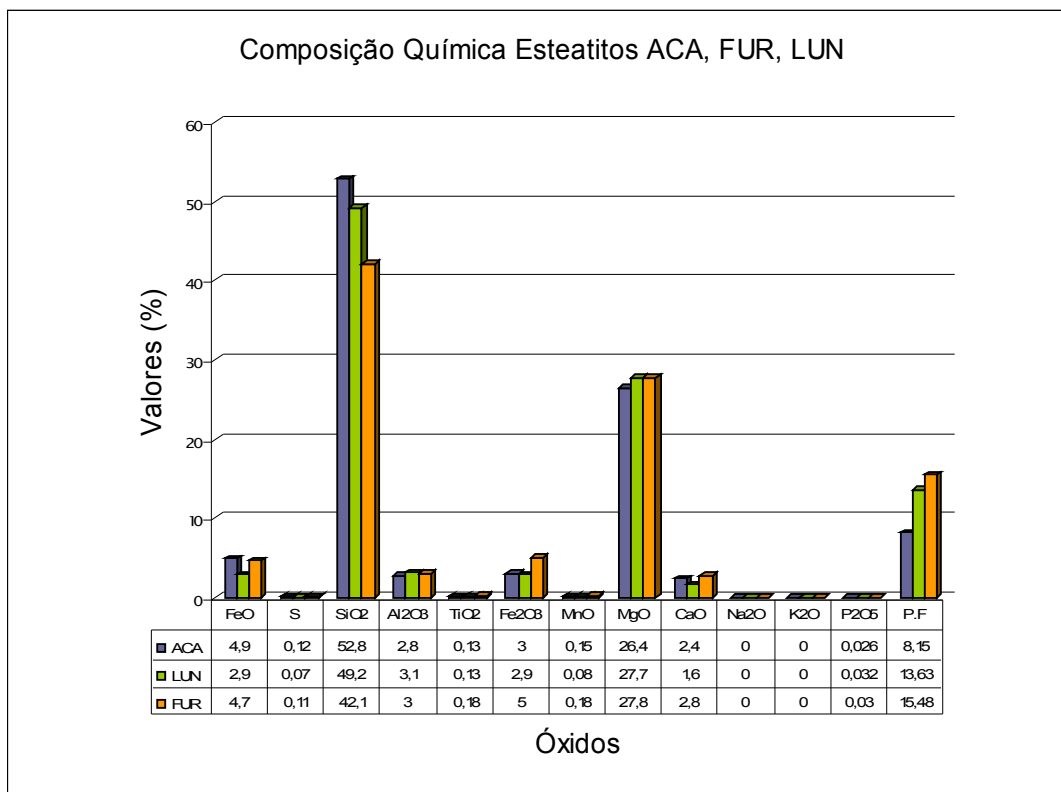


Figura VII.9: Composição química dos esteatitos ACA, FUR, LUN submetidos aos ensaios de alterabilidade.

A análise química mostra que os esteatitos possuem cerca de 26 a 28% de MgO; de 3 a 5% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e de FeO ; e 3% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Esses valores estão de acordo com os dados de análises químicas obtidas por Roeser *et al.* 1987 para as rochas da região sudeste do Quadrilátero Ferrífero. Os principais elementos lixiviados durante o ensaio de susceptibilidade à oxidação foram Ca e Mg (figura VII. 10).

Nos ensaios de oxidação com peróxido de hidrogênio, observou-se que os principais elementos lixiviados nos esteatitos foram Ca(60%), seguido pelo Mg(45%) e em menores proporções Na(5%) e K(1,3%). Os elementos lixiviados levam a perdas de massa conforme observado nos esteatitos ACA, FUR e LUN, uma vez que os constituintes mineralógicos essenciais dessas rochas contêm esses cátions em suas composições.

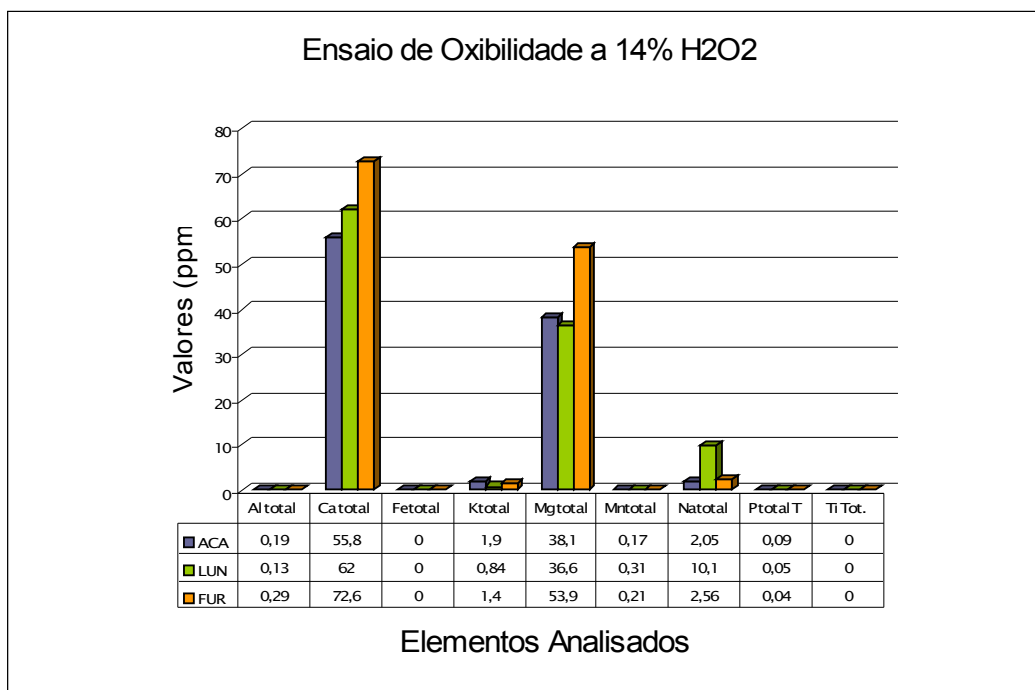


Figura VII.10: Elementos lixiviados de esteatitos ACA, FUR, LUN durante ensaio de oxibilidade.

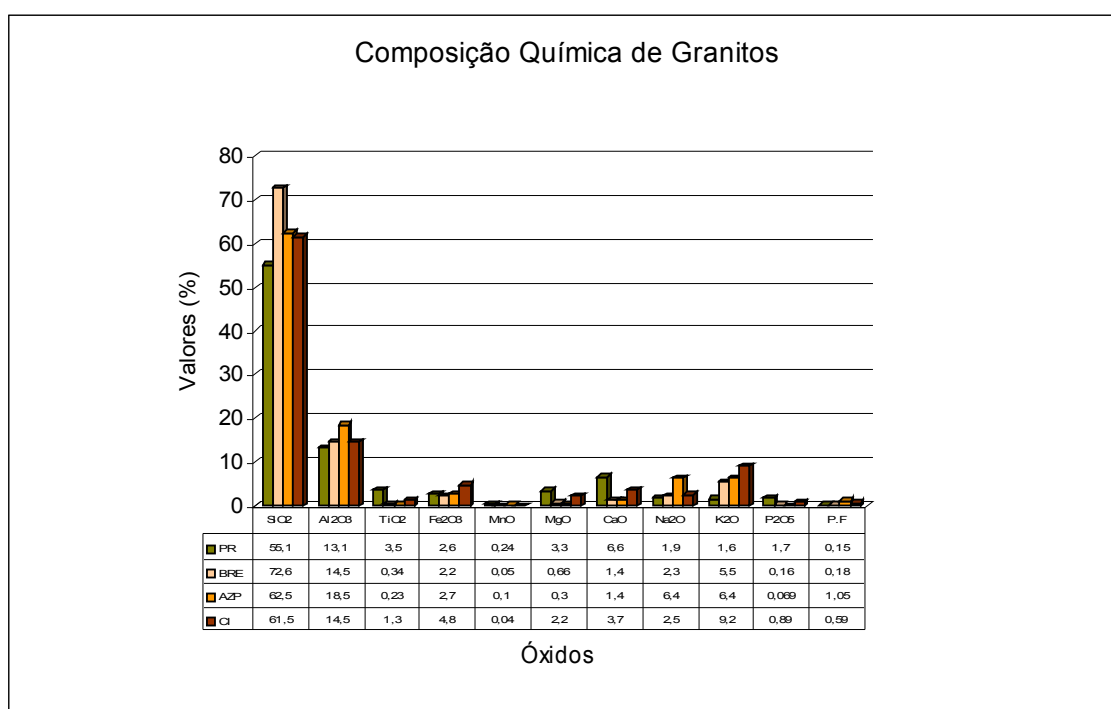


Figura VII.11: Composição química dos *granitos comerciais* Preto Rio, Branco Eliane, Ás de Paus, Café Imperial

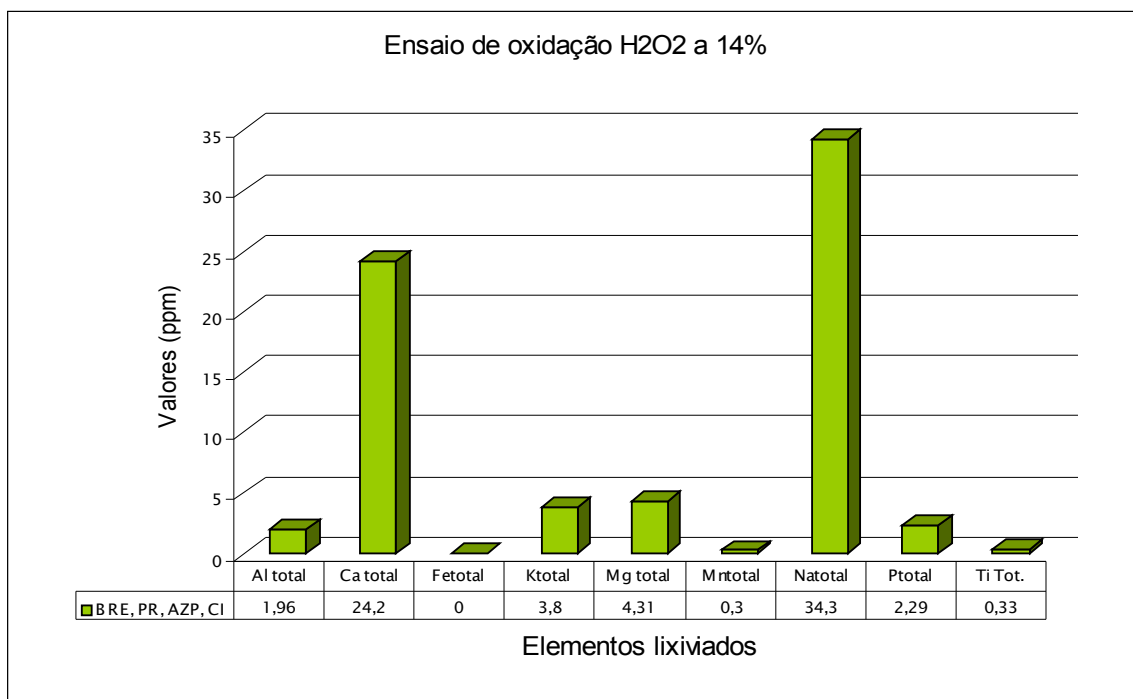


Figura VII.12: Elementos lixiviados das amostras de granitos PR, AZP, CI, BRE durante ensaio de oxibilidade.

Em relação aos granitos *lato sensu*, os principais elementos lixiviados foram Na (30%), seguidos pelo Ca (24%), Mg (4%), K (3%) e Al (2%), o que induziram a perdas de massa nos corpos de prova, conforme observado na figura VI.12.

Os ensaios de choque térmico realizados neste trabalho apresentaram variações de massa e não se observou mudanças significativas nas áreas claras correspondentes aos feldspatos e quartzo, apesar da perda de brilho na superfície das rochas. Algumas mudanças de coloração foram observadas no granito Ás de Paus que apresentou diminutos pontos ferruginosos e o granito Preto Rio com uma mudança superficial na coloração para tons mais claros.

Interpretações a nível geoquímico são aplicáveis nesse tipo de ensaio, porém são necessárias várias análises em cada tipo de rocha antes e após os ensaios, o que elevam os custos. Portanto, sugere-se que, os ensaios de alteração por choque térmico sejam realizados em corpos-de-prova nas dimensões daqueles submetidos a ensaios de flexão, uma vez que o decaimento por choque térmico é avaliado através da variação de resistência à flexão e da variação de velocidade de propagação de ondas longitudinais antes e após ensaios, conforme procedimentos da norma pr ENWI (*in*: Frascá, 2003).