

# DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE ATRITO DINÂMICO EM SUPERFÍCIES DE ROCHAS ORNAMENTAIS BRASILEIRAS SUBMETIDAS A DIFERENTES TIPOS DE ACABAMENTOS

**LETÍCIA VALDO**

Aluna de Graduação em Engenharia de Minas

6º período, IFES

Período PIBIC/CETEM: agosto de 2012 a julho de 2013,

lvaldo@cetem.gov.br

**CARLOS CÉSAR PEITER**

Orientador, Eng. Metalúrgico, D.Sc.

cpeiter@cetem.gov.br

**LEONARDO LUIZ LYRIO DA SILVEIRA**

Coorientador, Geólogo, D.Sc.

leolysil@cetem.gov.br

## 1. INTRODUÇÃO

Uma das principais características, quanto à segurança, que um pavimento deve apresentar, é dispor de uma superfície que garanta aderência para a estabilidade na locomoção dos usuários. Para uma boa aderência é de suma importância que o coeficiente de atrito dinâmico seja alto, visto que este valor reflete a resistência ao deslizamento. De acordo com Barton e Bandis (1990) *apud* Brandani (2011) o Coeficiente de Rugosidade de Juntas (JRC), parâmetro este que compõe a classificação geomecânica de acordo com o Sistema Q (Barton & Choubey, 1977), pode ser estimado com um simples ensaio de escorregamento em uma superfície inclinada (*tilt test*). A partir desta afirmativa, este trabalho visa medir o ângulo de escorregamento de superfícies de rochas ornamentais submetidas a diferentes tipos de acabamento.

## 2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é determinar o coeficiente de atrito dinâmico, a partir de ensaios de *tilt test*, nas superfícies de rochas ornamentais brasileiras, submetidas a diferentes tipos de acabamentos e correlacioná-los com parâmetros de rugosidade.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho está inserido no projeto "Apoio à Normalização e Avaliação de Conformidade de Rochas Ornamentais", encomendado pelo MCTI no qual o CETEM é co-executor e é coordenado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Este artigo tem com intuito aumentar a competitividade do setor de rochas ornamentais à medida que proporcionará ao consumidor um parâmetro de segurança.

O setor de rochas ornamentais destaca-se por seu volume de produção e considerável variedade de produtos. Para tantas variedades, a necessidade de caracterização tecnológica desses produtos é de fundamental importância. Uma das propriedades mais importantes para a utilização desses revestimentos é o coeficiente de atrito dinâmico, já que essa propriedade está relacionada a questões de segurança quanto à locomoção, uma vez que, a nível mundial, segundo a Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo (2010), as quedas respondem por 20% a 30% dos ferimentos leves, e são causa subjacente de 10% a 15% de todas as consultas aos serviços de emergência.

A determinação do coeficiente de atrito dinâmico pode ser obtido por meio do *tilt test*, o qual, de forma resumida, consiste em colocar a amostra sobre uma superfície e incliná-la até um determinado ângulo em que ocorra o deslizamento da amostra. Deste modo, para a realização dos ensaios, o material escolhido é classificado como Granada Gnaisse Monzogranítico com Sillimanita, comercialmente conhecido no setor de rochas ornamentais como Arabesco.

Após a serragem, o passo seguinte do beneficiamento é o acabamento final das chapas. Os acabamentos são responsáveis pela textura final do material, realizados a partir de diferentes processos, tendo funções distintas como decoração e anti-derrapagem. Em vista disso, foram coletados seis ladrilhos (30cm x 30cm) com os seguintes acabamentos: levigado (produzido por abrasão mecânica em diferentes graus, deixando uma superfície suave, totalmente lisa e plana), flameado (processo elaborado a base de fogo), apicoado (a partir de processo de impactos aplicados), jateado (jato de partículas abrasivas em alta velocidade), escovado (por meio de escova abrasiva deixando uma superfície semirrugosa) e polido (por abrasão mecânica e polimento proporcionando uma superfície brilhante e espelhada que realça a coloração).

Uma vez preparadas as amostras, houve a necessidade de desenvolver um dispositivo, especialmente para a realização dos ensaios, que apresentasse uma plataforma que fosse suspensa vagarosamente e que possibilitasse que uma rocha deslizesse sobre a outra, para que, a partir daí, fosse realizada a medição dos ângulos através de um clinômetro. Uma visão geral deste equipamento está ilustrado na Figura 1.

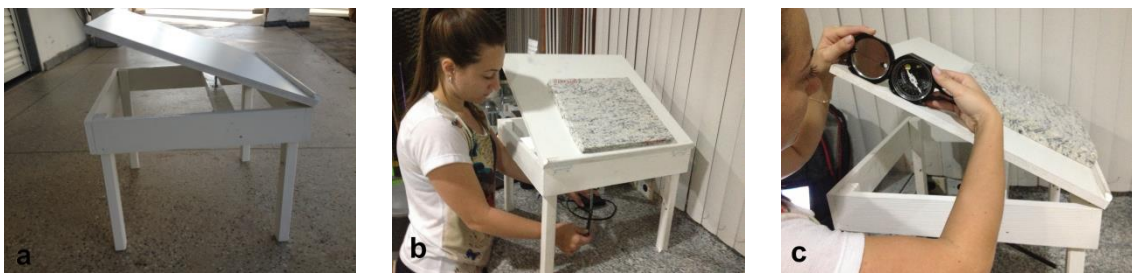
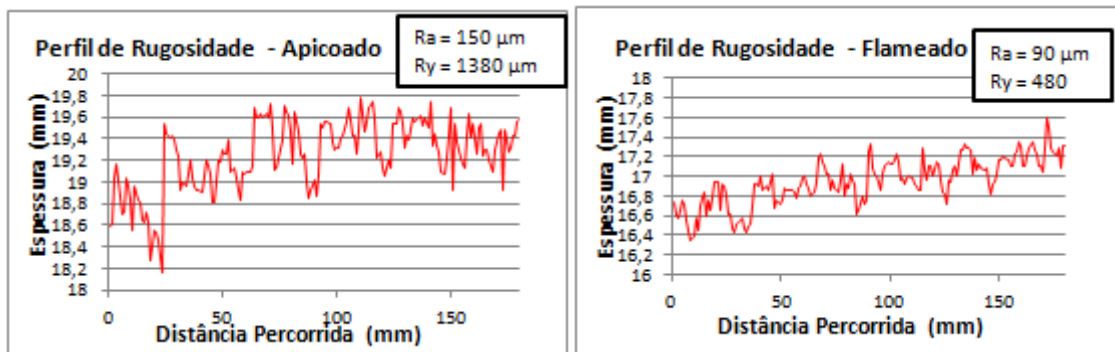


Figura 1 - a) tilt test; b) realização do ensaio; c) medição do ângulo com o clinômetro.

Para traçar o perfil de rugosidade de cada acabamento de rocha, é sugerido por Souza (2012) um ensaio que utiliza o anel comparador adaptado com uma ponta de agulha hipodérmica na parte inferior da haste. Para isso foram realizadas 360 medições em cada amostra, sendo 180 na direção principal (paralela a orientação) e 180 perpendicular, dando um total de 2160 medições de espessura.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As superfícies apresentam irregularidades que são provocadas por sulcos ou marcas deixadas pela ferramenta que atuou sobre essa superfície. Os parâmetros de rugosidade são os principais fatores que controlam a resistência ao escorregamento. Assim sendo, foram traçados perfis para cada tipo de acabamento, como é mostrado na Figura 2.



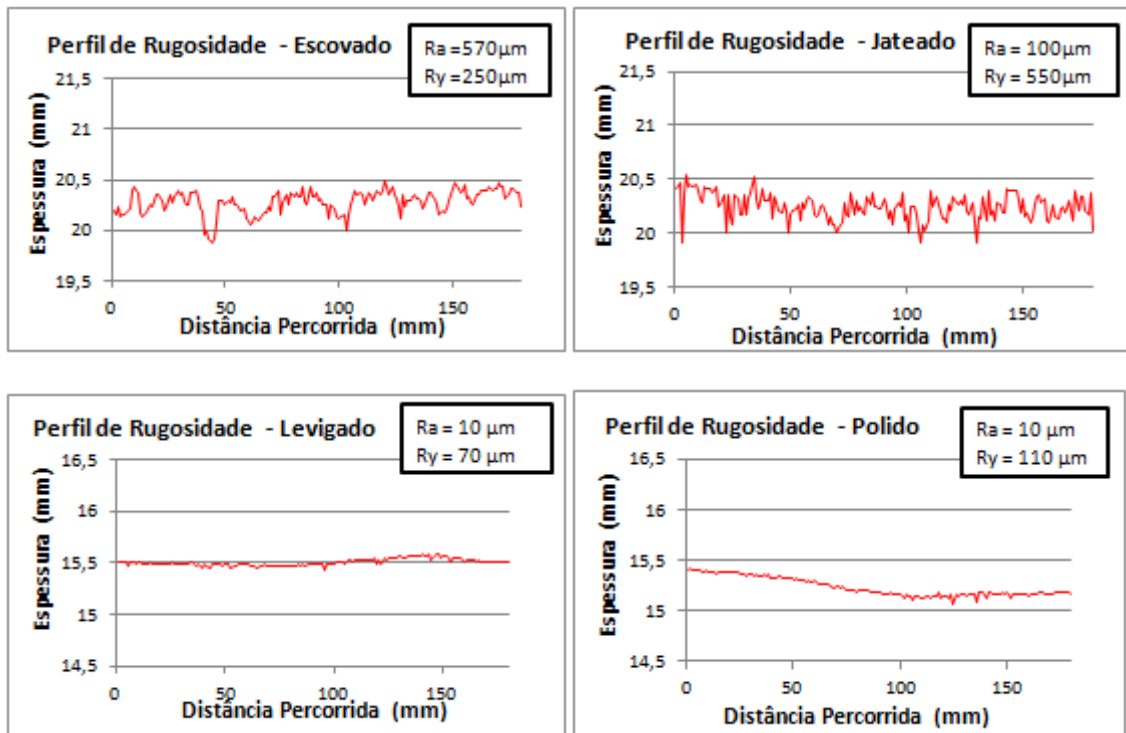


Figura 2) Perfis de rugosidade dos diferentes tipos de acabamentos.

Observa-se que,  $R_y$  do acabamento Apicoado ( $1380\mu\text{m} \pm 30\mu\text{m}$ ) é consideravelmente maior que todos os outros tipos de acabamento. Este parâmetro ( $R_y$ ) indica a máxima distância pico-vale, correspondendo a máxima rugosidade da superfície. Em contra partida, o Levigado e o Polido apresentaram mesmo valor médio ( $R_a=10\mu\text{m} \pm 30\mu\text{m}$ ), e valores próximos de  $R_y$  ( $70\mu\text{m} \pm 30\mu\text{m}$  e  $110\mu\text{m} \pm 30\mu\text{m}$ ) respectivamente.

O escorregamento pode ser definido como sendo um decréscimo intenso no valor do coeficiente de atrito entre o corpo em movimento e a superfície de apoio, ocorrido de maneira brusca (Ueno, 1999). Os resultados de ensaio de escorregamento com o *tilt test* é mostrado no gráfico a seguir (Figura 3).

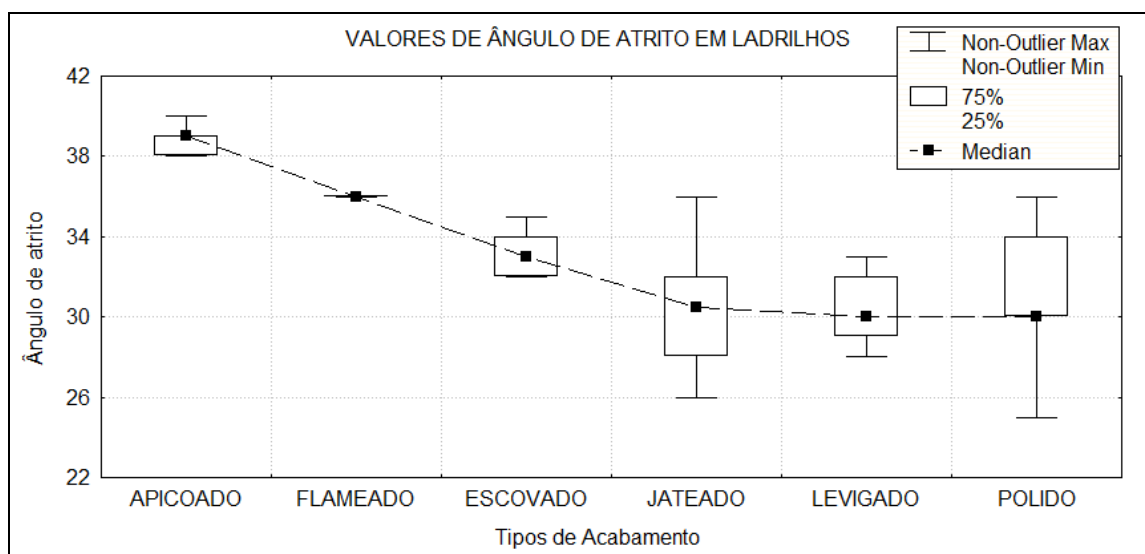


Figura 3) Valores dos ângulos de atrito para os diferentes tipos de acabamentos.

Diante dos resultados apresentados conclui-se que, os acabamentos Apicoado e o Flameado apresentaram os maiores valores, tanto na mediana como nos valores de máximos e mínimos, sendo então os mais recomendados para a aplicação de ambientes externos, visto que estes ambientes estão sujeitos às piores situações de escorregamento. É notável também, que esses dois acabamentos apresentaram menor dispersão o que infere melhor confiabilidade na sua aplicação. O Escovado, Jateado e Levigado apresentaram valores aproximados de mediana. Já o Polido apresentou um valor anômalo e com grande dispersão.

Um dos requisitos de conformidade de rocha ornamental mais importante é a sua segurança ao escorregamento, evitando acidentes por quedas, fato este que não é levado em consideração nos critérios de classificação de rochas ornamentais. Sendo assim, é necessário que as comunidades científicas cheguem a uma conclusão definitiva sobre a relação entre as propriedades da superfície e sua resistência ao deslizamento. Como sugestões para trabalhos futuros indica-se utilizar o dispositivo de medição de coeficiente de atrito Pêndulo (EN-14231/03), realizar os ensaios na situação molhada e comparar os resultados com os materiais cerâmicos.

## **5. AGRADECIMENTOS**

Agradeço a toda equipe do Núcleo Regional de Cachoeiro de Itapemirim do Centro de Tecnologia Mineral, principalmente a: Leonardo Luiz Lyrio da Silveira, Nuria Fernandez Castro, Pedro Vale e Flávio José da Silva. Aos amigos Lucas Batista Partelli e Davi Vargas de Souza. Ao Grupo Gramobras pelas amostras cedidas e ao CNPQ pela bolsa concedida.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR ISO 4287:2002 - Especificações geométricas do produto (GPS) - Rugosidade: Método do perfil - Termos, definições e parâmetros da rugosidade.

BARTON, N., CHOUBEY, V. - **The shear strength of rock joints in the theory and practice. Rock Mechanics.** 1977.

BRANDANI, Diogo Braga. **Estudo do comportamento geomecânico de pilares esbeltos modelados em rocha dura na bacia do corpo I, Mina Nova - Crixás/GO.** Ouro Preto-MG, Setembro de 2011.

BSI - British standards institution - BS EN 14231:2003 - Natural stone test methods. Determination of the slip resistance by means of the pendulum tester.

SECRETARIA DO ESTADO DE SÃO PAULO - **Relatório global da OMS sobre prevenção de quedas na velhice.** São Paulo, 2010

SOUZA, Davi Vargas - **Estudo comparativo da utilização de teares multilâminas e multifios no beneficiamento de granitos comerciais.** Cachoeiro de Itapemirim-ES, 2012

UENO, Oscar Khoiti - **Avaliação metrológica de um sistema de medição do coeficiente de atrito em pisos cerâmicos.** Florianópolis, Maio/2009