

# **Desenvolvimento de Aplicativo para Especificadores de Rochas Ornamentais**

## **Application Development for Dimension Stones Specifiers**

**Bruna Xavier Faitanin**

Bolsista PCI, Geóloga

**Francisco Wilson Hollanda Vidal**

Supervisor, Engenheiro de Minas, D. Sc.

**Leonardo L. Lyrio da Silveira**

Co-supervisor, Geólogo, D. Sc.

### **Resumo**

As rochas naturais possuem particularidades distintas e seu comportamento físico-mecânico varia de acordo com as solicitações de uso. A utilização delas como elemento construtivo deve atender a exigências acerca da sua qualidade, que é obtida por meio de ensaios tecnológicos e análise petrográfica. A partir dos resultados é que se tem um direcionamento para a aplicação das mesmas. Com o objetivo de desenvolver um aplicativo para orientar os profissionais especificadores de rochas ornamentais, utilizou-se métodos estatísticos multivariados, bem como, PCA (Principal Component Analysis) e AHP (Analytic Hierarchy Process) para tratar os dados e classificar as rochas de acordo com o uso pretendido. Por meio de um algoritmo que verifica quais rochas atenderam aos critérios estabelecidos, foi possível especificar todas as rochas cadastradas no banco de dados.

**Palavras chave:** Rochas ornamentais, aplicativo, PCA, AHP, classificação.

### **Abstract**

Natural rocks have different characteristics and their physical-mechanical behavior varies according to the use requests. Their use as a constructive element must meet requirements regarding their quality, which is obtained through technological tests and petrographic analysis. Based on the results, it is possible to have a direction for their application. In order to develop an application to guide professionals who specify dimension stones, multivariate statistical methods were used, as well as PCA (Principal Component Analysis) and AHP (Analytic Hierarchy Process) to treat the data and classify the rocks according to the intended use. Through an algorithm that checks which rocks met the established criteria, it was possible to specify all rocks registered in the data base.

**Key words:** Dimension stones, application, PCA, AHP, classification.

## 1. Introdução

As rochas naturais são amplamente utilizadas para ornamentação e revestimento, devido a sua variedade de cores e estruturas. Cada rocha possui particularidades distintas e seu comportamento físico-mecânico varia de acordo com as solicitações de uso. Com isso, sua utilização na construção civil deve atender a certas exigências acerca da sua qualidade, que é obtida por meio de ensaios tecnológicos e análise petrográfica. A partir dos resultados, é que se tem um direcionamento para a aplicação das mesmas. Porém, esses parâmetros não são traduzidos de forma clara aos profissionais especificadores - arquitetos e *designers* - visto que grande parte desses não possuem conhecimentos específicos sobre as propriedades dos materiais rochosos. Este trabalho é a parte final do projeto iniciado em setembro de 2019, com intuito de estudar a correlação entre as características petrográficas e tecnológicas das rochas ornamentais e gerar um material orientativo/instrutivo aos profissionais especificadores.

## 2. Objetivos

O objetivo deste trabalho é elaborar um aplicativo que permita a classificação das rochas ornamentais de acordo com o ambiente de uso, a fim de orientar a especificação por meio dos arquitetos e *designers*.

## 3. Material e Métodos

Para o desenvolvimento desse trabalho foram realizadas as seguintes etapas: levantamento de dados, correlação entre as propriedades tecnológicas e petrográficas das rochas, determinação dos ensaios principais para cada ambiente de uso e classificação das rochas. Os resultados de ensaios tecnológicos e análises petrográficas foram obtidos por meio do Atlas de Rochas Ornamentais do Espírito Santo (CPRM, 2013) e relatórios de ensaios fornecidos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) e foram compilados em um banco de dados, totalizando 201 rochas.

Para obtenção da correlação entre as propriedades tecnológicas e petrográficas das rochas utilizou-se o *software Past 3.0* e as características: massa específica aparente (M E), absorção d'água (AB), desgaste abrasivo *Amsler* (DE) dilatação térmica (DT), compressão uniaxial (CO), resistência ao impacto de corpo duro (IM), resistência à tração na flexão (FL3), resistência à flexão por carregamento em 4 pontos (FL4), granulação fina, média e grossa, grau de micro fissuramento baixo, médio e alto, grau de alteração baixo, médio e alto, estrutura maciça e anisotrópica e mineralogia. Os dados foram inseridos no *software* e submetidos à Análise de Principais Componentes (PCA), que é uma técnica de análise multivariada, muito utilizada para analisar inter-relações entre um grande número de variáveis e explicar essas variáveis em termos de suas dimensões próprias (Componentes). Para esse trabalho utilizou-se a matriz de correlação, logo não foi necessário padronizar os dados.

A classificação das rochas segundo o ambiente de uso se baseou nos resultados de ensaios tecnológicos, onde foi analisado se os resultados se enquadravam ou não nos parâmetros de referência sugeridos nos documentos técnicos “As Rochas Ornamentais e de Revestimento” (CHIODI FILHO e CHIODI, 2019), “Orientações para Especificação de Rochas Ornamentais” (FRASCÁ, et. al., 2019) e no “Guia de Aplicação de Rochas em Revestimentos - Projeto Bula” (CHIODI FILHO e RODRIGUES, 2009). Porém, a maior parte das rochas cadastradas não possui resultados de todos os ensaios e isso acarretava em uma eliminação delas no momento da classificação. Partindo do pressuposto de que em cada ambiente de uso as solicitações as quais as rochas são submetidas variam, não há necessidade de analisar todos os ensaios em todos ambientes de uso. Por exemplo, não há porque analisar a resistência ao desgaste de uma rocha que será utilizada em revestimento vertical, por isso, optou-se por estabelecer os ensaios mais importantes (ensaios principais) para cada ambiente de uso.

Para essa etapa utilizou-se o método AHP (Analytic Hierarchy Process), que é um método de multicritério utilizado em tomadas de decisões complexas, por meio de uma ferramenta disponível na web, chamada AHP Online System - AHP-OS. Determinaram-se os ensaios tecnológicos e as características petrográficas, a saber: Massa específica aparente (M E), Absorção d'água (AB), Desgaste Abrasivo Amsler (DE) Dilatação Térmica (DT), Compressão Uniaxial (CO), Resistência ao Impacto de Corpo Duro (IM ), Resistência à Tração na Flexão (FL3), Resistência à Flexão por carregamento em 4 pontos (FL4) e Granulação, Grau de microfissuramento, Grau de alteração, Estrutura, Mineralogia, Porcentagem de quartzo, Porcentagem de feldspatos e Porcentagem de calcita/dolomita. Os ambientes de uso estabelecidos foram: pisos residenciais e comerciais, com molhagem eventual e frequente; pisos elevados residenciais e comerciais, com molhagem eventual e frequente; paredes, com molhagem eventual e frequente; fachadas convencionais; fachadas ventiladas e pias/bancadas.

Para o desenvolvimento do sistema de gestão de dados e da API utilizou-se a linguagem “.NET”. O banco de dados utilizado foi o “SQL Server” e para o registro das imagens, utilizou-se um repositório de arquivos. Esse ambiente foi todo hospedado em Nuvem Azure. O desenvolvimento do aplicativo foi feito utilizando linguagem Angular, com Framework Ionic e foi hospedado inicialmente (ambiente de testes) na plataforma Ionic e depois migrado para o Firebase (Google). Todos os ambientes montados em nuvem foram construídos em caráter de teste, utilizando camadas de custo muito baixo ou gratuitas, e as linguagens “. Net/Angular/Ionic” são todas open-source.

#### **4. Resultados e Discussão**

Depois de inseridos no *software* Past, os dados foram submetidos à Análise de Principais Componentes, gerando 36 componentes principais, correspondentes as 36 variáveis em questão (características tecnológicas e petrográficas das rochas). A Figura 1 exibe o gráfico contendo a correlação entre as variáveis (características petrográficas e tecnológicas) baseada nos resultados de ensaios das rochas.

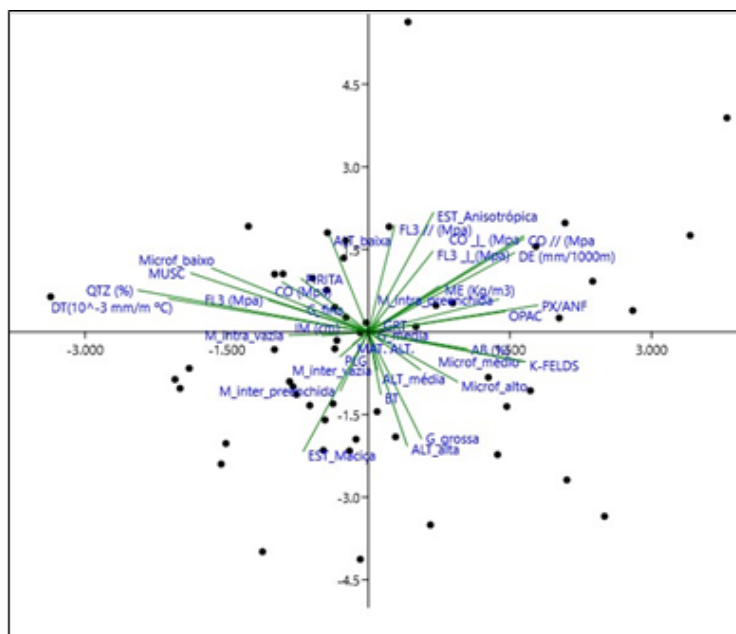


Figura 1. Correlação entre as características petrográficas e propriedades tecnológicas das rochas ornamentais.

A correlação entre as características é analisada de acordo com o ângulo entre os vetores, quanto mais próximos de  $0^\circ$ , maior é a correlação, logo, tem-se uma correlação positiva e quanto mais próximos de  $180^\circ$ , menor é a correlação entre as características, tem-se então, uma correlação negativa. Analisando o gráfico, observa-se que o ângulo entre o vetor “AB” e o vetor “k-felds” é praticamente zero, logo, quanto maior a porcentagem de feldspato potássico na rocha, maior o resultado do ensaio de absorção d’água. O vetor “DT” encontra-se à aproximadamente  $180^\circ$  dos vetores “grau micro fissuramento médio e alto”, evidenciando uma correlação negativa, ou seja, quanto maior o grau de micro fissuramento da rocha, menor é o resultado do ensaio de dilatação térmica. Realizaram-se essas análises para todas as características, obtendo a correlação entre elas e após isso, pode-se notar que as correlações positivas e negativas entre as características petrográficas e tecnológicas das rochas ornamentais coincidem com a realidade.

Em relação ao método AHP, a partir das comparações paritárias dos critérios e subcritérios e avaliação da razão de consistência (RC) das matrizes, obteve-se uma escala prioritária dos ensaios tecnológicos e então foram estabelecidos os ensaios mais importantes para cada ambiente de uso, que são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Ensaio tecnológicos mais importantes para cada ambiente de uso.

PRI ME	PRI MF	PRE	PCI ME	PCI MF	PCE	PEI ME	PEI MF	PEE	P MF	FC	FV	BI	BE
CO	AB	AB	DE	DE	DE	FL3	FL3	FL3	AB	AB	FL3	AB	AB
	CO	DT	CO	AB	AB	FL4	AB	AB		D	DT	FL3	FL3
		CO		CO	DT		FL4	DT			AB	FL4	DT
					CO			FL4			FL4		FL4

ME: molhagem eventual; MF: molhagem frequente; PRI: pisos residenciais internos; PRE: pisos residenciais externos; PCI: pisos comerciais internos; PCE: pisos comerciais externos; PEI: pisos elevados internos; PEE: pisos elevados externos; P: paredes; FC: fachadas convencionais; FV: fachadas ventiladas; BI: pias e bancadas internas; BE: pias e bancadas externas; AB: Absorção d’água, DE: Desgaste Amsler, DT: Dilatação Térmica, CO: Compressão Uniaxial, FL3: Resistência à Tração na flexão, FL4: Resistência à flexão em 4 pontos.

Após todos os dados serem cadastrados no sistema de gestão, que foi hospedado na Nuvem Azure – Microsoft, foi possível visualizar as telas do aplicativo. A figura 2 exibe a página inicial, onde é possível clicar nas opções “Escolher rocha”, “Observações”, “Cuidados”, “Quem somos” e “Metodologia”. Selecionando a primeira opção, o aplicativo exibirá a aba mostrada na Figura 3, onde o usuário irá escolher a cor da rocha e o ambiente de uso que deseja.



Figura 2. Página inicial do aplicativo.

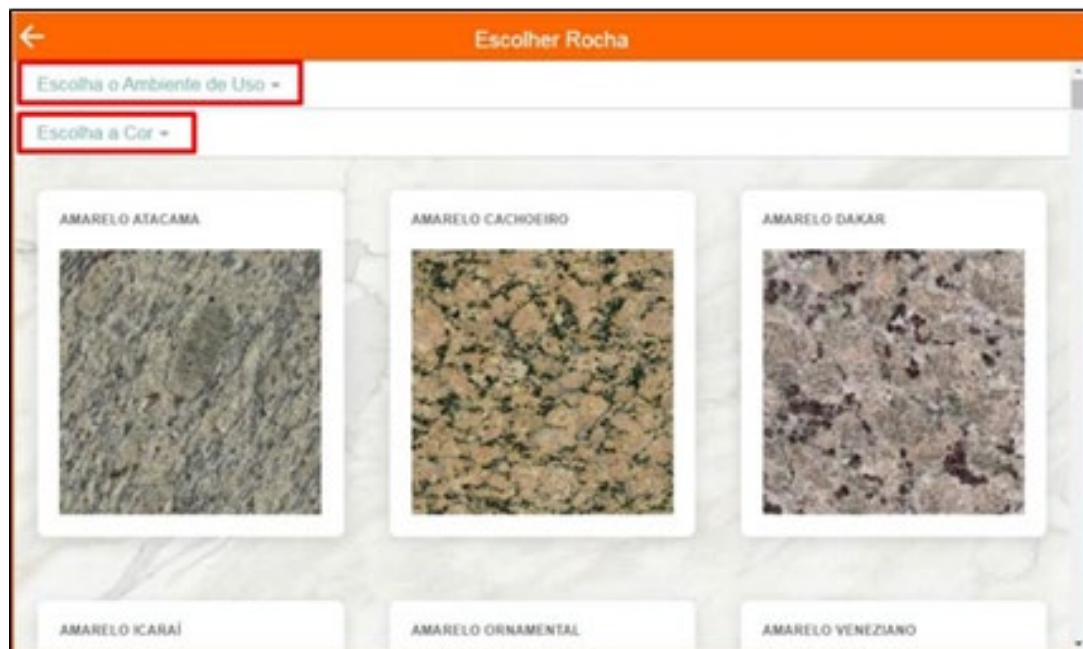


Figura 3. Aba “Escolher rocha”.

Em seguida, o aplicativo exibirá somente as rochas que se enquadraram nos critérios estabelecidos para aquele ambiente de uso (Figura 4).

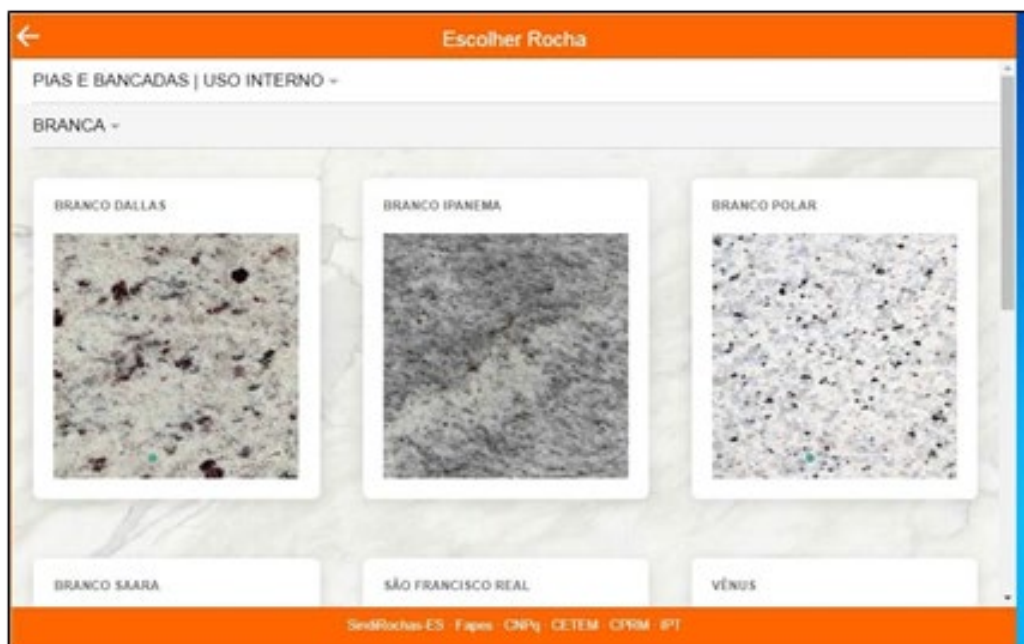


Figura 4. Rochas de cor branca sugeridas para utilizar em pias e bancadas de uso interno.

Após clicar sobre a rocha desejada, se houver mais de uma foto cadastrada, o usuário poderá visualizar outras imagens da mesma aplicada em alguns locais, basta deslizar para o lado (Figura 5).

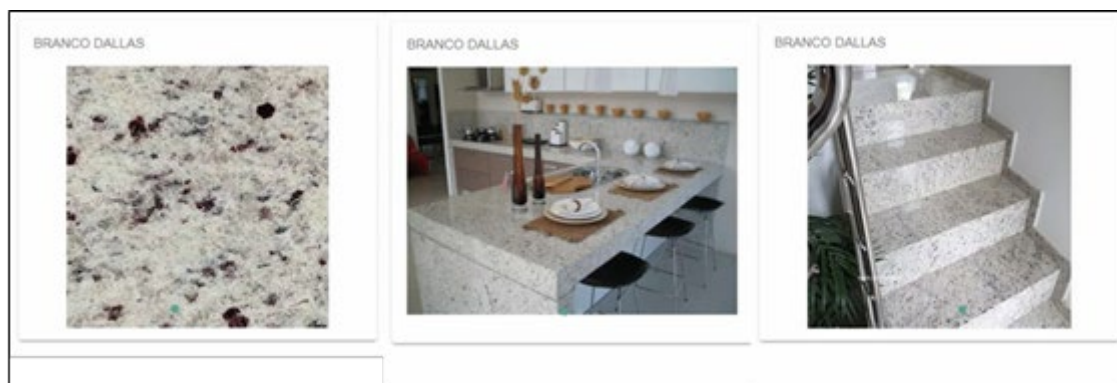


Figura 5. Exibição de imagens da rocha selecionada “Branco Dallas”.

## 5. Resultados e Discussão

Por meio da Análise de Principais Componentes foi possível obter uma correlação entre as propriedades tecnológicas e petrográficas das rochas e utilizá-las como base para atribuição de pesos às matrizes de julgamento do método AHP. Tal método auxiliou de forma satisfatória na classificação das rochas ornamentais, visto que foi possível estabelecer uma priorização entre seus ensaios tecnológicos e características petrográficas e posteriormente classificá-las de acordo com o ambiente de uso, utilizando como critério de qualificação, os parâmetros de referência sugeridos nos documentos técnicos.

## 6. Agradecimentos

Agradeço ao CNPq pela bolsa concedida (Processo 301875/2021-9), ao IPT por fornecer resultados de ensaios, a CPRM por fornecer imagens das rochas, ao meu co-supervisor D.Sc. Leonardo L. Lyrio da Silveira por toda orientação, ao Douglas Dias Fiorio pelo apoio na parte de programação e ao CETEM por todo apoio.

## 7. Referências Bibliográficas

ABIROCHAS. 2020. Exportações/Importações Brasileiras - Balanço. Disponível em: <https://abirochas.com.br/site/balancos/>. Acesso em: 22/09/2020.

ALVES, J. R. X.; ALVES, J. M. **Definição de localidade para instalação industrial com o apoio do método de análise hierárquica (AHP)**. Production, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 13-26, jan./mar. 2015. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-65132015000100013&lng=pt&tng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132015000100013&lng=pt&tng=pt). Acesso em: 25/08/2020.

ANFACER. 2020. Setor cerâmico - Números do setor. Disponível em: <https://www.anfacer.org.br/numeros-do-setor>. Acesso em: 22/09/2020  
CHIODI FILHO, C.; CHIODI, D. **As rochas ornamentais e de revestimento**. Brasília: ABIROCHAS, 2019. Disponível em: [http://cms.academiadarocha.com.br/wp-content/uploads/2020/06/DT\\_Arquitetura/DTA\\_01/DTA-01.html](http://cms.academiadarocha.com.br/wp-content/uploads/2020/06/DT_Arquitetura/DTA_01/DTA-01.html). Acesso em: 25/08/2020.

CHIODI FILHO, C.; RODRIGUES, E. **Guia de aplicação de rochas em revestimentos - Projeto Bula**. São Paulo: ABIROCHAS, 2009.

FIGUEIREDO, D. B., SILVA JÚNIOR, J. A. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). Revista Política Hoje, vol. 18, n. 1, 2009.

FILHO, R. S. et al. **Atlas de Rochas Ornamentais do Estado do Espírito Santo**. Brasília: CPRM, 2013.

FRASCÁ, M. H. B. de O.; RODRIGUES, E. de P.; PALDÊS, R. J. A. **Orientações para especificação de rochas ornamentais**. Brasília: ABIROCHAS, 2019. Disponível em: [http://cms.academiadarocha.com.br/wpcontent/uploads/2020/06/DT\\_Arquitetura/DTA\\_11/DTA-11.html](http://cms.academiadarocha.com.br/wpcontent/uploads/2020/06/DT_Arquitetura/DTA_11/DTA-11.html). Acesso em: 25/08/2020.

GOTELLI, N. J., ELLISON, A. M. Princípios de Estatística em Ecologia. Porto Alegre: Artmed, 2011.

REGAZZI, A. J. Análise multivariada, notas de aula INF 766, Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa, vol. 2, 2000.

SILVA, D. M. R. **Aplicação do método AHP para a avaliação de projetos industriais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 128. 2007. Disponível em: [http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0511098\\_07\\_cap\\_03.pdf](http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0511098_07_cap_03.pdf). Acesso em: 11/11/2019.

VICINI, L. Análise Multivariada da Teoria à Prática. Monografia. Especialização - Universidade Federal de Santa Maria, 2005.