

Esclerômetro de Schmidt em Basalto: Comparação com Ensaio de Compressão Uniaxial

Fernando Alves Cantini Cardozo

UFRGS, Porto Alegre, Brasil, fernando.cantini3@hotmail.com

Lauriene Ferreira de Almeida

CEUPA/ULBRA, Palmas, Brasil, laurienealmeida05@gmail.com

André Cezar Zingano

UFRGS, Porto Alegre, Brasil, andrezin@ufrgs.com

Matheus Montes Pimenta

UFRGS, Porto Alegre, Brasil, matheusmontespimenta@gmail.com

Renan Teixeira Nogueira

UFRGS, Porto Alegre, Brasil, renan.t.nogueira@gmail.com

Nelton Rodrigues de Souza

UFRGS, Porto Alegre, Brasil, nelton.souza@ufrgs.com

RESUMO: A resistência à compressão uniaxial é de fundamental importância quando se deseja caracterizar uma rocha ou maciço rochoso, seja isto para diversos fins, tais como: abertura de minas, sejam elas subterrâneas, ou a céu aberto, ou para qualquer obra que envolva alteração nas condições originais das rochas. Para ser determinada a resistência à compressão uniaxial, o método mais aceito e mais comum é o de ensaio de compressão uniaxial sendo este normalmente realizado em laboratório de acordo com as normas em vigor para realização do ensaio e equipamentos para o mesmo, tal como prensa mecânica para ruptura de amostras. Este trabalho tem como objetivo comparar os resultados de resistências a compressão obtidas no ensaio uniaxial com as obtidas no ensaio com Esclerômetro de Schmidt, visando a utilização do esclerômetro para fazer a estimativa de resistências á compressão de rochas, uma vez que esse tipo de ensaio tem baixo custo, além de ser de rápida execução e com a vantagem de poder ser realizado em campo. Para isso foram realizadas medições do Índice de Schmidt em amostras de basalto da formação Serra Geral provenientes de uma pedreira do município de Campo Bom, no estado do Rio Grande do Sul, onde o material extraído tem como destino a construção civil, para tanto se faz necessária a caracterização do material tanto para fins de estabilidade de taludes quanto para caracterização do produto. Os índices esclerométricos foram correlacionados com a densidade das amostras no Ábaco de Miller, no qual se obteve as resistências uniaxial correspondentes às amostras. Posteriormente foram realizados ensaios de compressão uniaxial nas amostras de basalto onde se obtiveram os valores da resistência para este ensaio. Os valores das resistências encontradas pelos dois ensaios foram tratados e organizados para que pudessem ser correlacionados. Após a análise estatística dos dados observou-se que os valores das médias das resistências à compressão encontrados são próximos, com pequena variação para a média dos resultados cerca de 5%, levando em consideração 75 valores estimados por Esclerômetro comparados com 15 resultados obtidos por ensaio de compressão uniaxial realizados em laboratório. Assim se concluiu quanto a credibilidade da estimativa de resistência com o uso do Esclerômetro de Schmidt em basaltos, assim respaldando o seu uso.

PALAVRAS-CHAVE: Compressão Uniaxial; Esclerômetro de Schmidt; Basalto.

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento da capacidade de suporte dos maciços rochosos é fundamental para que o desenvolvimento de Minas, seja a céu aberto ou subterrânea, ou de qualquer outra obra que envolva o corte ou detonação de rochas, é de suma importância para o desenvolvimento seguro dessas estruturas. A seleção da técnica que permita estimar a resistência desses maciços rochosos é influenciada por diversos fatores como obtenção e preparação de amostras, custos dos ensaios, entre outros (GONZATTI, 2007).

Para o conhecimento da resistência desses maciços é muito usado o ensaio de compressão uniaxial, o qual é realizado em laboratório com amostras preparadas de acordo com normas em vigor. No entanto, a realização destes ensaios em laboratório é laboriosa e lenta, visto a necessidade de preparação de amostras.

Uma opção mais simples para estimar a resistência de rochas é o uso do Esclerômetro de Schmidt, onde a resistência a compressão simples da rocha é correlacionada com a sua dureza, a dureza nas rochas é um conceito diferente daquele que é considerado nos minerais geralmente conhecida como dureza Schmidt, pois é obtida através de ensaio com o Martelo de Schmidt (BRANDI *et al.*, 2015). O ensaio com o martelo quando aplicado em rochas de resistências muito baixas tem sua aplicação reduzida, porém para rochas de maior resistência apresenta boa correlação com a resistência a compressão uniaxial.

A partir disso este trabalho visa à caracterização do basalto quanto a sua resistência a compressão, por meio da utilização do Esclerômetro de Schmidt, também chamado de Martelo de Schmidt. O ensaio foi realizado em amostras de basalto provenientes de uma pedreira do município de Campo Bom, no estado do Rio Grande do Sul denominada PAVICON. Sendo estes basaltos pertencentes a Formação Serra Geral.

A aplicabilidade do ensaio com o Martelo de Schmidt será analisada em comparação com ensaio de compressão uniaxial tradicional.

O uso do Esclerômetro é sustentado pelo fato do mesmo poder ser utilizado em campo, sendo um ensaio não destrutivo, com resultados de

medições rápidas e de baixo custo, além do basalto ser uma rocha que permite boas correlações entre a dureza Schmidt e a resistência a compressão uniaxial.

2 FORMAÇÃO SERRA GERAL

A Formação Serra Geral é uma formação geológica relacionada aos eventos de vulcanismo fissural e intrusões que recobrem 1,2 milhões de km² da Bacia do Paraná, abrangendo toda a região centro-sul do Brasil e estendendo-se ao longo das fronteiras do Paraguai, Uruguai e Argentina (SCHNEIDER *et al.*, 1974).

Constitui-se, litologicamente, de uma sequência básica predominante, e de uma sequência ácida, mais abundante no topo do pacote, porém com possibilidades de intercalações locais junto à sequência básica inferior. A Formação Serra geral é resultado do intenso vulcanismo de fissura, iniciado quando ainda perduravam as condições desérticas de sedimentação da Formação Botucatu, fato este atestado pela presença de inúmeros corpos arenosos de origem eólica na parte basal da formação (SCHNEIDER *et al.*, 1974).

É o mais volumoso episódio de extravasamento intracontinental de lavas do planeta como manifestação magmática dos estágios precoces da ruptura do Gondwana e abertura do Atlântico Sul, que resultou no empilhamento de até 2000 m de rocha vulcânica sobre os sedimentos da Bacia do Paraná, além de intrudir-se por entre os mesmos, na forma de uma intrincada rede de diques e soleiras. A intercalação das lavas, na parte basal Formação. Serra Geral, com os arenitos da Formação Botucatu posicionam estas duas unidades com idade jurássica-eocretácea (MILANI *et al.*, 1994).

3 METODOLOGIA APLICADA

O trabalho se iniciou com a seleção de blocos de basaltos oriundos da Pedreira PAVICON, localizada no município de Campo Bom/ RS. Tomou-se o cuidado para que os blocos fossem de uma mesma área, para que fatores como

anisotropia do derrame e desmorte e intemperes não afetassem os resultados dos ensaios. De posse das amostras foram realizados os testes com o Martelo de Schmidt da marca Controls (Figura 1), sendo realizado de acordo com a norma ASTM D5873 (2014).



Figura 1. Esclerômetro de Schmidt

A aplicação do martelo foi feita 10 vezes em cada bloco de basalto, sendo que tiveram direção de impacto vertical. Para que os valores obtidos pudessem ser correlacionados no Ábaco de Miller (Figura 2) foi realizado ensaio de densidade nas amostras de basalto. O ensaio de densidade foi realizado seguindo o proposto na norma NBR 15845 (2005) – Anexo B. Com os índices esclerométricos e a densidade foram obtidos os valores correspondentes a resistência a compressão uniaxial dessas amostras, com os quais foram realizados os cálculos de média, desvio padrão e coeficiente de variação; para posterior comparação com os resultados obtidos pelo ensaio de compressão uniaxial tradicional.

A realização do ensaio de compressão uniaxial foi feita com a retirada de amostras dos mesmos blocos de basalto onde se efetuou os testes com o Esclerômetro. A preparação dos corpos de prova (CP's) seguiu as orientações da norma americana ASTM Standard – D 4543 (2008) que orienta quanto à preparação para ensaios mecânicos em rochas. A norma orienta para utilizar a relação altura/diâmetro de 2-2,5 e desnível máximo das faces de 0,02 mm. Cabe salientar a existência de norma brasileira, porém é consenso que as normas americanas apresentam maior grau de especificação.

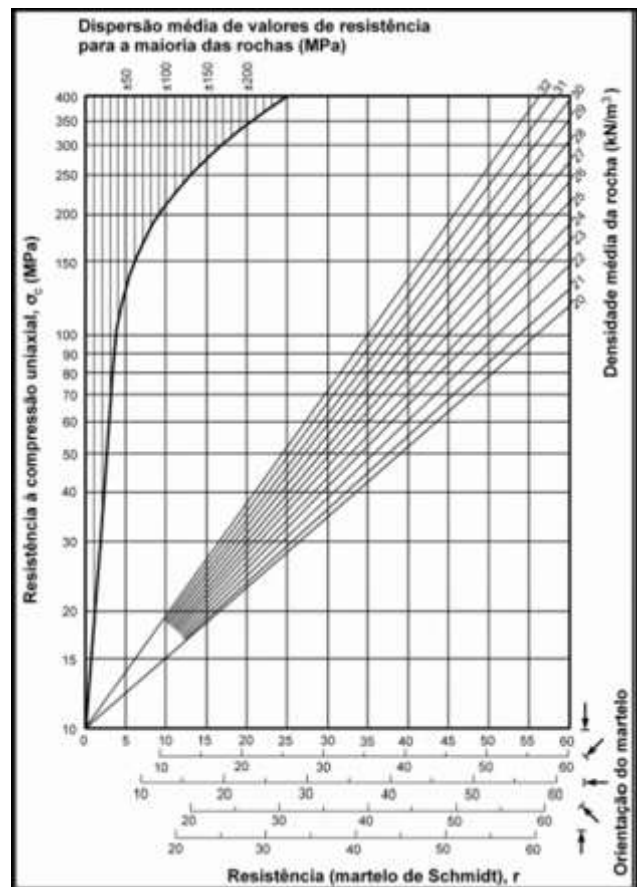


Figura 2. Ábaco Correlacionando a Dureza Schmidt com a Resistência a Compressão Uniaxial (Fonte Lima e Menezes, 2008).

As amostras foram extraídas em perfuratriz rotativa, com a utilização de cálices de diâmetro 50 mm com coroa diamantada (Figura 3-A). Para serrar os CP's, a fim de manter suas faces paralelas, foi utilizada serra com disco diamantado (Figura 3-B). As medidas de diâmetro e altura foram verificadas com paquímetro digital (Figura 3-C e D).



Figura 3. (A) extração de amostras com perfuratriz; (B) preparação dos corpos de prova; (C) medida de diâmetro; (D) medida de altura.

O ensaio de compressão uniaxial foi realizado em prensa servo-controlada da marca Controls com 200 ton (2000 KN) de capacidade e controle de carga de 1000 N/s. As medidas das deformações axiais foram realizadas por meio de LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*) com curso máximo de 10 mm.

3 RESULTADOS

3.1 Resultados obtidos com ensaio esclerométrico:

A partir dos índices esclerométricos obtidos nos ensaios das amostras de basalto, foram estimados 75 valores correspondentes a resistência à compressão uniaxial das amostras. A obtenção desses valores foi obtida com a correlação dos índices esclerométricos obtidos e a densidade das amostras, fixada em 25 kN/m³ no ábaco de Miller.

A partir das resistências obtidas, foi calculada a média das resistências, juntamente com desvio padrão e coeficiente de variação (tabela 1). Na Figura 4 é apresentado o histograma dos valores estimados de tensão de ruptura.

Tabela 1. Resultado de ensaios com Martelo de Schmidt

Ensaio Martelo de Schmidt	σ_c (MPa)
Média aritmética	91
Desvio padrão	23.74
Coeficiente de variação	0.26



Figura 4. Histograma das resistências das amostras de basalto

3.2 Resultados obtidos no ensaio de compressão uniaxial:

Depois de realizados os ensaios geomecânicos,

os dados foram tratados e organizados, de modo que a tensão de ruptura, objeto de estudo, é apresentada na tabela 2.

Tabela 2. Resultado para ensaios de Compressão Uniaxiais

Diâmetro (mm)	Altura (mm)	Razão (h/D)	σ_c (MPa)
49.37	89.37	1.81	55.42
49.5	106.23	2.15	93.18
49.19	102.82	2.09	109.31
49.45	99.86	2.02	72.04
49.42	100.62	2.04	146.32
49.55	101.52	2.05	125.60
49.27	104.32	2.12	95.85
49.36	101.98	2.07	130.56
49.55	90.74	1.83	102.02
50.36	102.56	2.04	145.17
49.19	110.23	2.24	159.90
49.65	95.30	1.92	110.32
48.85	95.45	1.95	127.38
50.12	112.08	2.24	132.91
49.62	109.25	2.20	99.54

Para evidenciar a variabilidade dos resultados foi feita a análise estatística apresentada na forma de tabela (tabela 3). Para exemplificar a variabilidade nos ensaios a Figura 5 apresenta a curva deformação versus pressão de 4 amostras.

Tabela 3. Resultado de ensaios Uniaxiais

Ensaio Uniaxial	σ_c (MPa)
Média aritmética	95.11
Desvio padrão	35.33
Coeficiente de variação	0.37

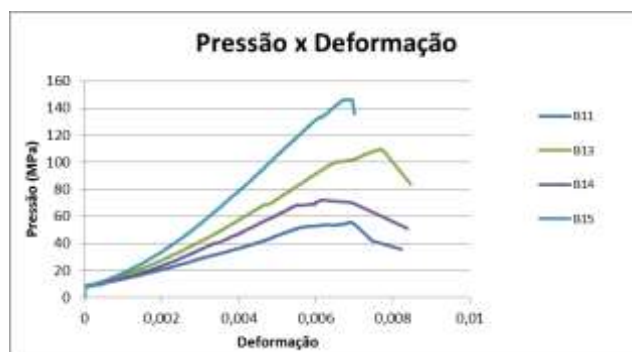


Figura 5. Gráfico pressão versus deformação para 4 amostras

4 CONCLUSÕES

Com base na comparação feita entre os dois ensaios concluímos em favor da utilização do Esclerômetro de Schmidt para a determinação da tensão de ruptura em basaltos. Este apresentou boa correlação com a média dos resultados obtidos pelos ensaios realizados em laboratório. Cerca de 5 % de diferença entre as médias. Porém como a acurácia está diretamente relacionada com o número de medidas tomadas, deve-se ter o cuidado de tomar o maior número de medidas quanto possível. Nos ensaios realizados observa-se uma grande dispersão dos resultados obtidos pelo ensaio de compressão o que leva a necessidade de um aumento do número de ensaios realizados para diminuição do coeficiente de variação porém considerou-se válida a correlação entre os dois métodos, visto a semelhança das médias obtidas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a suas respectivas instituições, aos organizadores do evento, pela possibilidade de divulgação deste trabalho e a empresa PAVICON, pela disposição das amostras.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15845 (2010): *Rochas para revestimento*. Rio de Janeiro.
- ASTM D 4543 (2008). *Standard Practices for Preparing Rock Core as Cylindrical Test Specimens and Verifying Conformance to Dimensional and Shape Tolerances*, ASTM International, West Conshohocken, USA, 9 p.
- ASTM D 5873 (2014): *Standard Test Method for Determination of Rock Hardness by Rebound Hammer Method*, ASTM International, West Conshohocken, USA, 6 p.
- BRANDI, I.; BARBOSA, M.; GUIMARÃES, R. (2015). *Uso do esclerômetro de Schmidt na avaliação da resistência geomecânica de cavidades naturais subterrâneas em terrenos ferríferos, Carajás- PA*. In: RASTEIRO, M.A.; SALLUN FILHO, W. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 33, 2015. Eldorado. Anais. Campinas: SBE. p.627-634. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe_627-634.pdf. Acesso em: 26 out. 2015.
- GONZATTI, Clovis. (2007) *Proposta para a Estimativa da Resistência á Compressão Uniaxial In Situ das Camadas de Carvão com a Utilização de Geofísica*. 274 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-27062008.../tese.pdf. Acesso em: 23 out. 2015.
- LIMA, C; MENEZES, J E. (2008) *Propriedades índices E Classificação Das Rochas*: Textos de apoio da matéria Geologia de Engenharia ministrada na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, Portugal. Disponível em: http://paginas.fe.up.pt/~geng/ge/apontamentos/Cap_3_GE.pdf. Acesso em: 26 out. 2015.
- MILANI, E.J.; FRANÇA, A, B.; SCHNEIDER, R. L. (1994). *Boletim de Geociências da Petrobrás*. Rio de Janeiro. V.8, no.1, jan-mar. 68-82.
- SCHNEIDER, R. L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. A. (1974). *Revisão estratigráfica da bacia do paraná*. In: XXVII Congresso Brasileiro de Geologia. Anais. Porto Alegre, 1: 41-67.