

## **PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA DIFERENCIAÇÃO DE ROCHAS DURAS E BRANDAS EM AUDITORIAS COM O USO DO ESCLERÔMETRO SILVER SCHMIDT**

Sérgio Veiga Fleury / TCU / [sergioef@tcu.gov.br](mailto:sergioef@tcu.gov.br)  
Gustavo Ferreira Olkowski / TCU / [gustavogf@tcu.gov.br](mailto:gustavogf@tcu.gov.br)  
Edson Kurokawa / TCU / [edson.kurokawa@tcu.gov.br](mailto:edson.kurokawa@tcu.gov.br)

### **RESUMO**

*A atividade de desmonte de material de 3ª categoria (rocha dura) na modalidade a frio é um serviço de alto custo unitário (R\$/m³), que necessita de utilização de equipamentos especiais e depende de quantidades substanciais de recursos para sua execução. O DNIT em seu normativo define o material de 3ª categoria como rocha sã, viva, não fraturada e que possui dureza ou resistência à penetração igual ou superior à do granito. Uma classificação incorreta de material rochoso como de 3ª categoria, quando não o é, pode ocasionar o superfaturamento, gerando prejuízos na realização de uma obra pública. Em auditoria do TCU realizada no ano de 2011 em uma obra de esgotamento sanitário foram constatadas medições e faturamentos significativos de escavação de material de 3ª categoria na execução de valas. O material rochoso presente no local havia sido classificado como de 3ª categoria, sem que houvesse um laudo de sondagem adequado para ampará-lo. Verificou-se por avaliação expedita que o material não poderia ser classificado como de 3ª categoria. A partir da experiência desse trabalho buscaram-se novas formas de se classificar rochas duras no local da obra. Este artigo visa propor uma metodologia objetiva e prática de avaliação de rochas, por meio de realização de ensaios no local da obra, para definir se a rocha é de 2ª (branda) ou de 3ª categoria, com a utilização do esclerômetro Silver Schmidt e do índice de dureza Schmidt.*

**Palavras-chave:** Esclerômetro Silver Schmidt, rocha dura, rocha branda, índice de dureza Schmidt.

### **1. INTRODUÇÃO**

No ano de 2011, a Secretaria de Fiscalização de Obras do Tribunal de Contas da União - TCU realizou auditoria em obra de construção de sistema de esgotamento sanitário na cidade de Floriano/PI, no valor de R\$ 77 milhões. A partir do orçamento do projeto básico, verificou-se, que os itens mais significativos financeiramente eram os serviços de escavação de valas em rochas, especificamente, nas modalidades branda e dura (3ª categoria). Esses itens representavam aproximadamente 24% do valor da obra.

Durante a realização da auditoria nessa obra foram realizadas algumas inspeções em campo, nos locais de execução das valas para o assentamento da rede de esgoto e de bota fora. A equipe de fiscalização constatou a existência de material rochoso no local da obra que estava sendo escavado na modalidade a frio, com a utilização de um marteleto hidráulico acoplado a uma escavadeira.

Foram solicitados os laudos de sondagem para verificar a caracterização da rocha existente. Observou-se que o quantitativo de rochas presente no orçamento do projeto básico foi estimado a partir de sondagens realizadas por meio do trado manual. RICARDO e CATALANI (2007) descrevem a aplicação do trado manual em sondagens de solo:

*Este equipamento permite a perfuração até 3,0 metros em solos de pouca consistência, classificáveis na 1ª categoria. Entretanto, convém assinalar, quando os materiais atingem certa compacidade e se apresentam com baixos teores de umidade, o trado manual pode encontrar dificuldade no seu desmonte ou até mesmo não conseguir a penetração na camada. Ainda assim, esses materiais seriam classificados na 1ª categoria.*

Dessa forma, a categorização do material rochoso presente no projeto básico da obra com utilização de sondagem a trado foi tecnicamente inadequada para levantar os quantitativos presentes no orçamento, pois não é possível por meio da sondagem a trado estimar quantitativos de rochas e nem classificá-las.

Em inspeção no local, verificou-se visualmente que a rocha predominante era o arenito e apresentava-se na condição alterada, fragmentada e decomposta, características de rocha branda ou de material de 2ª categoria. Porém, não foi possível confirmar a resistência mecânica da rocha à penetração nem sua dureza, haja vista inexistirem laudos de sondagem adequados e/ou ensaios geotécnicos de laboratório realizados com as amostras das rochas do local.

A título de ilustração, naquela obra o serviço de desmonte de rocha dura (3ª categoria) na modalidade a frio foi contratado ao preço de R\$ 185,00/m<sup>3</sup> (com quantitativo de 83.808 m<sup>3</sup>), enquanto que o mesmo serviço em rocha branda possuía o valor contratual de R\$ 45,53/m<sup>3</sup>.

A partir desse contexto, buscou-se na literatura especializada e em contato com especialistas da área, técnicas de classificação de rochas aplicáveis a auditorias de campo, especificamente para diferenciação de rocha branda e dura, por meio de métodos objetivos.

Assim, este artigo visa apresentar uma proposta de metodologia para diferenciação entre rocha branda e dura com a utilização do aparelho esclerômetro Silver Schmidt para determinação do índice de dureza Schmidt. Os valores dos índices de dureza determinados no local da obra, por meio do ensaio com o uso do esclerômetro, e comparados com um bloco padrão em granito, poderá subsidiar o auditor na avaliação se o material rochoso existente pode ser classificado como de 2ª ou de 3ª categoria.

Inicialmente, será apresentada uma revisão bibliográfica sobre conceitos referentes à caracterização dos materiais de 3ª categoria (rochas duras), fazendo-se um panorama sobre os principais normativos de classificação de material de 3ª categoria utilizados em obras públicas no país.

Em seguida, será discorrido sobre o instrumento esclerômetro, suas aplicações em avaliação de rochas e os índices/medidas que podem ser levantados com a utilização do aparelho.

Após, serão apresentados alguns resultados consolidados de testes de campo com utilização do esclerômetro em alguns tipos de rochas.

Finalizando o trabalho, será proposta uma metodologia com a utilização do aparelho para permitir a classificação de materiais em atividades de campo, a partir do índice de dureza Schmidt. Esclarece-se que a metodologia proposta de auditoria encontra-se em nível de proposta e estágio inicial de experimentação, necessitando da realização de outras avaliações de campo para sua consolidação.

### **Objetivos da pesquisa**

O objetivo geral deste trabalho é apresentar uma proposta de classificação da dureza de rochas em auditorias de campo com a utilização do Esclerômetro Silver Schmidt e a utilização do índice Schmidt. Para tanto, foi necessário atender ao objetivo específico que era a realização de ensaios em alguns tipos de rocha para determinar a dureza Schmidt das rochas paradigmas.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Uma vez que o objetivo do presente trabalho versa sobre a classificação das rochas com o uso do equipamento martelo de Schmidt, o marco teórico foi dividido nos seguintes temas principais: classificação das rochas quanto ao grau de alteração e dureza de Schmidt.

### **2.1. Classificação das rochas quanto ao grau de alteração**

Visando reunir e definir os termos técnicos relativos aos materiais da crosta terrestre, ou inspecionáveis visualmente, ou retirados por meio de sondagens, ou por outro processo, para fins de engenharia de fundação e obras de terra, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou a NBR 6502/1995 – Terminologia de solos e rochas.

A referida NBR classifica rochas como materiais sólidos de elevada resistência, consolidados e constituídos por um ou mais minerais, com características físicas e mecânicas específicas para cada tipo, provenientes da solidificação do magma ou de lavas vulcânicas ou da consolidação de depósitos sedimentares, tendo ou não sofrido transformações metamórficas.

Já os solos, a ABNT os classifica como materiais constituintes especiais da crosta terrestre, provenientes da decomposição *in situ* das rochas pelos diversos agentes geológicos, ou pela sedimentação não consolidada dos grãos elementares constituintes das rochas, com adição eventual de partículas fibrosas de material carbonoso e matéria orgânica coloidal.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes - DNIT (2010), não existe um contato ou limite direto e brusco entre o solo e a rocha que o originou. A passagem entre eles é gradativa e permite a separação de, pelo menos, duas faixas distintas: aquela logo abaixo do solo propriamente dito, que é chamada de solo de alteração de rocha, e uma outra, acima da rocha, chamada de rocha alterada ou rocha decomposta.

Ainda segundo o citado órgão, a ação intensa do intemperismo químico nas áreas de climas quentes e úmidos provoca a decomposição profunda das rochas com a formação de solos residuais, cujas propriedades dependem fundamentalmente da composição e tipo de rocha existente na área. Por exemplo, numa região de granito e gnaisses, distinguem-se três zonas específicas, distintas de material decomposto. Próximo à superfície, ocorre um

horizonte de características silto-arenosas e finalmente aparece uma faixa de rocha parcialmente decomposta (também chamada de solo de alteração de rocha), na qual se pode distinguir ainda a textura e estrutura da rocha original. Esse horizonte corresponde a um estágio intermediário entre solo e rocha. Abaixo desta faixa a rocha aparece ligeiramente decomposta ou fraturada, com transições para rocha-sã.

Depreende-se do exemplo acima que rocha alterada é um material que lembra a rocha no aspecto original, preservando parte da sua estrutura e de seus minerais, porém com um estágio de dureza ou resistência inferior ao da rocha. A rocha sã é a própria rocha inalterada (DNIT, 2010).

A NBR 6502/1995 define o conceito de grau de alteração de rocha como sendo a identificação do estágio em que se encontram os constituintes minerais modificados e transformados pela ação de agentes externos e/ou internos. Esta caracterização tem sido aplicada a todos os tipos de rocha, sendo correlacionada às suas propriedades mecânicas. De acordo com o grau ou intensidade dessa modificação, a referida norma classifica as rochas em:

1. Rocha sã ou quase sã: Rocha com componentes mineralógicos originais intactos, sem apresentar indícios de decomposição com juntas ligeiramente oxidadas e sem haver perda de sua resistência mecânica.

2. Rocha pouco alterada: Rocha com alteração incipiente ao longo das fraturas e com alguns componentes mineralógicos originais muito pouco transformados. Resistência mecânica pouco abaixo à da rocha sã.

3. Rocha medianamente alterada: Rocha com alguns componentes originais apenas parcialmente transformados, onde 1/3 da espessura do corpo da rocha está alterada. As superfícies das discontinuidades mostram de forma parcial a ação do intemperismo, e sua resistência mecânica é inferior à da rocha pouco decomposta.

4. Rocha muito alterada: Rocha apresentando uma decomposição não uniforme de matriz, com 2/3 do corpo da rocha apresentando alteração. Alguns minerais originais acham-se totalmente ou parcialmente transformados em outros e as superfícies das discontinuidades apresentam os efeitos nítidos do intemperismo, com intensa decomposição. Esta rocha desagrega-se parcialmente na presença de água e quebra-se facilmente com choque mecânico.

5. Rocha extremamente alterada: Rocha em que todos os componentes mineralógicos iniciais foram, com exceção do quartzo, quando presente, transformados total ou parcialmente pelo intemperismo químico, apresentando-se ainda com a estrutura da rocha matriz totalmente friável, nem sempre se desagregando na presença de água. Do ponto de vista geomecânico, esta rocha constitui material de transição entre rocha e solo. Esta rocha é também denominada “saprolito” ou “saprólito”.

Já a definição das categorias de material escavado, no âmbito do DNIT (2010), é a seguinte:

a) 1ª categoria: terra em geral, piçarra ou argila, rocha em adiantado estado de decomposição, seixos rolados ou não, com diâmetro máximo inferior de 15 cm, qualquer que seja o teor de umidade, compatíveis com a utilização de equipamentos tipo “dozer” ou “scraper” rebocado ou motorizado.

b) 2ª categoria: rocha com resistência à penetração mecânica inferior ao granito, blocos de pedra de volume inferior a 1m<sup>3</sup>, matações e pedras de diâmetro médio superior a 15 cm, cuja extração se processa com emprego de explosivo ou uso combinado de explosivos, máquinas de terraplenagem e ferramentas manuais comuns. A 2ª categoria pode então ser subdividida em duas subcategorias, conforme seja necessária a pré-escarificação e/ou o emprego de explosivos de baixa potência:

- 2ª categoria com material pré-escarificável;

- 2ª categoria com emprego descontínuo de explosivos e pré-escarificação.

c) 3ª categoria: rocha com resistência à penetração mecânica superior ou igual à do granito e blocos de rocha de volume igual ou superior a 1 m<sup>3</sup>, cuja extração e redução, para tornar possível o carregamento, se processam com o emprego contínuo de explosivo.

A 3ª categoria, a rocha viva ou sã, é a melhor caracterizada, porque só a ela pertencem os materiais que apenas admitem o desmonte pelo emprego contínuo e exclusivo de explosivos de média e alta potência, e apresentam dureza igual ou superior à do granito (DNIT, 2010).

Por outro lado, nem todos os órgãos públicos do país adotam a mesma definição, pois alguns outros, por exemplo a Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar (1997) e a Empresa Municipal de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro - EMOP (2010), adotam os seguintes níveis de classificação para os materiais rochosos:

i) Rocha branda ou alterada: material com agregação natural de grãos minerais, ligados mediante forças coesivas permanentes, apresentando grande resistência à escavação manual, constituído de rocha alterada, "pedras-bola" com diâmetro acima de 25 cm, matações, folhelhos com ocorrência contínua. Escavado com rompedores, picaretas, alavancas, cunhas, ponteiras, talhadeiras, fogachos e, eventualmente, com uso de explosivos;

ii) Rocha dura (ou viva ou sã): material altamente coesivo, constituído de todos os tipos de rocha viva como granito, basalto, gnaisse, etc. Escavado normalmente com uso de explosivos.

Como se pode observar, além de existir mais de uma classificação para o material rochoso, ainda não há critérios objetivos para a classificação e diferenciação de rochas duras (3ª categoria) e rochas brandas (2ª categoria).

Ressalta-se que as propriedades do subsolo têm uma importância particular no planejamento, execução e custo dos projetos de engenharia civil, pois a facilidade/dificuldade de manuseio/escavação do material do subsolo impactará diretamente na composição, no dimensionamento e na produtividade das equipes responsáveis pelos serviços, sendo que o conhecimento dessas propriedades possibilita a adequada classificação do material, de acordo com critérios técnicos (LIMA e MENEZES, 2008).

## **2.2. Dureza de Schmidt**

Conforme exposto acima, para o DNIT, rocha viva ou sã é aquela que apresenta dureza igual ou superior à do granito (DNIT, 2010). LIMA e MENEZES (2008) ensinam que dureza e resistência à compressão são propriedades correlacionáveis das rochas. Explicam, ainda, que a dureza das rochas é um conceito associado com a chamada dureza de Schmidt (R), que é determinada através do ensaio com o martelo de Schmidt.

O martelo de Schmidt, também denominado de esclerômetro Silver Schmidt, é um instrumento portátil para ensaio não-destrutivo que tem como base a aplicação de um impacto através de uma massa de aço na superfície a ser ensaiada (no caso a rocha), a qual reage, sendo essa reação proporcional à sua dureza (GUERREIRO, 2000).

Por causa da sua aparente simplicidade, o esclerômetro tem se revelado um dos mais utilizados métodos para indicar a resistência das rochas (HUDSON e HARRISON, 2000).

O aparelho é usado empurrando o êmbolo do martelo contra a superfície a testar. Quando o êmbolo é largado, origina a libertação de uma carga sobre a superfície a ensaiar, a qual reage originando um “ressalto” no martelo, que é designado por R (número de Schmidt). Este ressalto é registrado instantaneamente numa escala existente no martelo, que pode ir de 10 a 100 (WEST, 1991).

Conforme consta no Manual Schmidt Hammers (PROCEQ, 2011), para o estudo das propriedades mecânicas das rochas, podem ser utilizados dois tipos de martelos, tipo N ou tipo L, que possuem diferentes energias de impacto, senão vejamos:

Tipo N: Energia de impacto padrão de 2,207 Nm (1.63 lb pé). O objeto de teste deve ter espessura mínima de 100 mm (3,9 pol.) e estar firmemente fixo na estrutura.

Tipo L: Energia de impacto padrão de 0,735 Nm (0,54 lb pé). Para objetos frágeis ou unidades estruturais com espessura inferior a 100 mm (3,9 pol.).

Ainda de acordo com o referido manual, no uso do martelo é necessário ter atenção ao estado da superfície a ensaiar, ou seja, à existência de descontinuidades a separar a superfície de ensaio do maciço rochoso, pois os resultados obtidos nestas condições serão diferentes dos resultados dos demais locais do maciço. Além disso, a superfície a testar deve ser relativamente plana e limpa.

Já no Manual Silver Schmidt (PROCEQ, 2010), consta que os esclerômetros, no geral, possuem a deficiência de o valor do impacto variar um pouco em função do ângulo em que for aplicado o impacto. Além disso, o valor do impacto é afetado pela fricção interna do martelo, devendo-se, neste caso, atentar à sua correta manutenção.

Nas Figuras 1 e 2, a seguir, é possível observar o martelo durante a realização de um ensaio sobre uma superfície rochosa e o esquema simplificado do funcionamento mecânico do esclerômetro, respectivamente.



Figura 1 – Aspecto do esclerômetro ou martelo de Schmidt durante a realização de um ensaio (fonte: GUERREIRO, 2000).

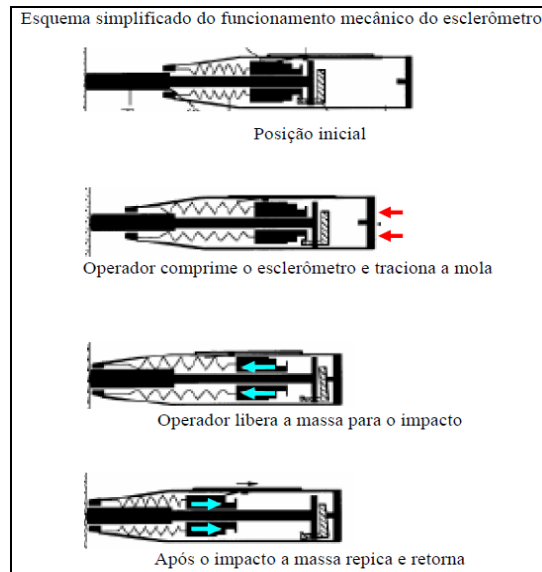


Figura 2 – Esquema simplificado do funcionamento mecânico do esclerômetro (fonte: THOMAZ).

A dureza de Schmidt é representada pelo valor do “ressalto” R. Este valor pode depois ser correlacionado com a resistência à compressão simples da rocha constituinte da superfície ensaiada ou com o seu módulo de elasticidade, de acordo com o valor do seu peso específico (GUERREIRO, 2000).

A figura 3, abaixo, ilustra um gráfico do correlacionamento da dureza de Schmidt com a resistência à compressão das rochas.

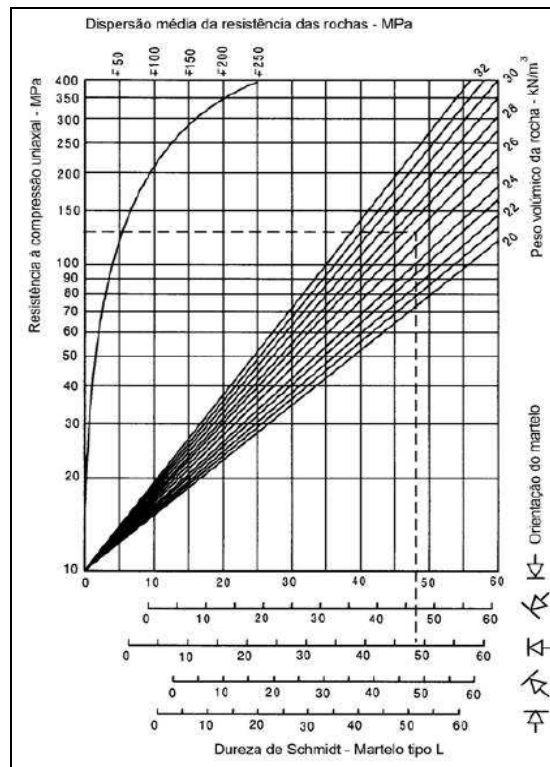


Figura 3 - Gráfico correlacionando dureza com a resistência à compressão das rochas (fonte: LIMA e MENEZES, 2008).

Como se pode observar no gráfico acima, tendo o conhecimento do peso específico da rocha, é possível determinar sua resistência à compressão apenas com base no ensaio do martelo de Schmidt.

AUFMUTH (1974 apud FIORI e CARMIGNANI, 2001), combinando valores obtidos pelo ensaio de carga pontual, para a determinação da resistência à compressão das rochas, e do esclerômetro, elaborou a seguinte equação, relacionando ambos os valores para predizer o valor do módulo de elasticidade:

$$\text{Log } E_t = 4,79 + 0,855MC + 0,299\text{Log } I_s$$

Na equação acima,  $E_t$  é a tangente do módulo de elasticidade, MC é o valor do martelo de Schmidt e  $I_s$  é o valor da resistência à compressão fornecida pelo ensaio da carga pontual.

Com relação ao uso do esclerômetro, cabem ainda as seguintes ressalvas:

- Devido às diferentes energias entre os tipos de esclerômetro e ao fato de que as condições de manutenção do equipamento podem influenciar nos resultados, a utilização de diferentes equipamentos pode apresentar resultados um pouco divergentes. Portanto, deve-se evitar a comparação direta de índices obtidos com equipamentos diferentes, utilizando-se, nesses casos, fórmulas obtidas nos respectivos manuais para corrigir e padronizar os valores obtidos nos ensaios.
- Em alguns modelos de equipamento deve-se atentar ao ângulo de aplicação do martelo, pois ele pode influenciar nos resultados obtidos.

Por fim, cabe informar que atualmente no Brasil o ensaio com esclerômetro está normatizado somente para aplicação em concreto, por meio da norma ABNT NBR 7584/1995 – Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão.

### **3. METODOLOGIA**

Para produção desse artigo empregou-se um esclerômetro Silver Schmidt tipo N da marca Proceq, cuja energia de impacto é de 2,207 Nm.

Foram realizados diversos ensaios em diferentes tipos de rocha, que totalizaram 23 áreas de impactos e 308 leituras de índices esclerométricos. A aplicação do martelo foi realizada predominantemente em blocos de rocha e em alguns casos diretamente no maciço rochoso. Tomou-se o cuidado de registrar, além da litologia da rocha, o seu grau de alteração, conforme classificação visual. Registra-se que não houve preocupação quanto ao ângulo de aplicação do martelo, pois para o equipamento utilizado os resultados dos ensaios independem do ângulo do impacto, de modo que o índice obtido não necessita de correção angular.

Tendo em vista os objetivos desse trabalho, entre eles o de classificar a dureza da rocha em relação a um referencial, no caso o granito, conforme definido pelo DNIT, grande número de ensaios foram realizados nesse tipo de rocha.

Na realização dos ensaios esclerométricos procurou-se manter uma área de ensaio de aproximadamente 10 cm<sup>2</sup>, afastada dos cantos da rocha, com aplicação do esclerômetro



distribuída uniformemente nessa área. Sempre que possível, as superfícies irregulares, ásperas ou curvas foram evitadas por não fornecerem resultados homogêneos. Em cada área de ensaio foram efetuados no mínimo dez e no máximo dezesseis impactos. De cada área foi obtido um único índice esclerométrico médio.

Esclarece-se que são necessárias aferições periódicas e eventuais calibrações do esclerômetro, porque o tempo e o uso alteram as características das molas, produz desgastes e aumenta o atrito entre as partes deslizantes e móveis. Na atual pesquisa não foi necessária a realização de calibração, pois o equipamento ainda foi pouco utilizado. Logo, não foi utilizado nenhum coeficiente de correção dos índices esclerométricos obtidos.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios esclerométricos realizados no granito são, conforme metodologia acima, encontram-se na Tabela 1. A média dos resultados de índice esclerométrico obtidos para o granito foi de 69,8 e o desvio-padrão 4,6. Vale o registro que os valores das medianas se aproximaram bastante dos valores médios.

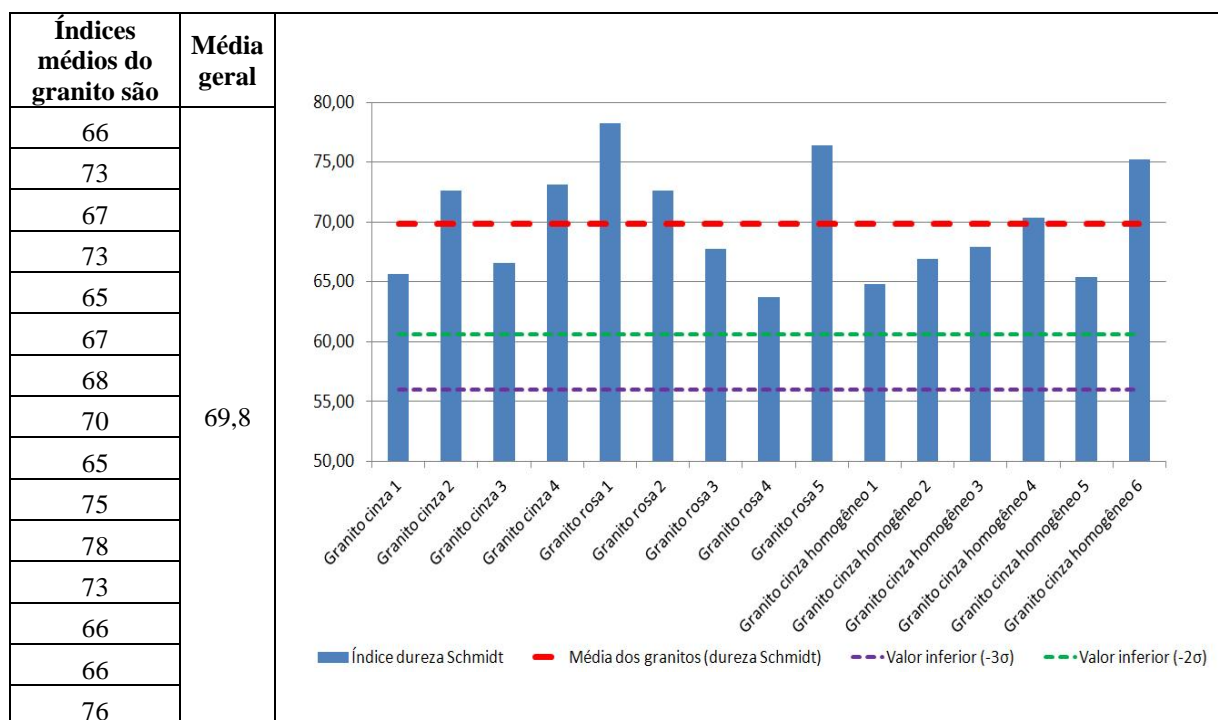


Tabela 1: Resultados dos ensaios esclerométricos no granito são.

Definiu-se que um índice esclerométrico de referência para servir de limite entre rochas duras e brandas deve garantir que 99,7% dos resultados obtidos em campo sejam superiores a ele. Para tanto foi subtraída da média encontrada no granito são o valor de três vezes o desvio padrão dos resultados das áreas de ensaio, ou seja, o valor referencial procurado é igual a 56,0.

Caso tivesse sido adotado como critério dois desvios padrão (limite com 95% de garantia de que os resultados obtidos em campo sejam superiores a ele), o índice esclerométrico limite entre rochas brandas e duras seria de 60,6.

Logo, em uma verificação em campo das condições do maciço rochoso a se escavar, a aplicação do esclerômetro, por exemplo, ao longo da vala ou canal permitiria avaliar a dureza da rocha em questão, sendo possível inclusive a definição de um perfil longitudinal da condição do maciço. Assim, áreas de aplicação com índices esclerométricos superiores a 56,0 indicariam rochas duras, classificadas pelo DNIT como rocha viva ou sã (DNIT, 2010), enquadrando-se então como material de 3ª categoria. Materiais com índices inferiores a 56,0 equivaleriam a materiais de 2ª categoria, por apresentarem um índice representativo da dureza Schmidt inferior ao granito.

Para avaliação inicial do parâmetro encontrado, foram realizados alguns ensaios em rochas com diferentes graus de alteração e em concreto não estrutural. Os resultados estão apresentados na Tabela 2, a seguir.

Rocha	Índices médios por área de ensaio	Média geral
<b>Granito pouco alterado</b>	61	61
<b>Granito medianamente alterado</b>	48	50
	52	
<b>Granito muito alterado</b>	23	23
<b>Gnaiss muito alterado</b>	19	19
<b>Xisto extremamente alterado</b>	12	13
	12	
	13	
<b>Concreto não estrutural fck 15 Mpa</b>	45	45

Tabela 2: Resultados dos ensaios esclerométricos em demais materiais.

Como se pode observar, o granito pouco alterado se enquadraria como sendo rocha dura, mas rochas medianamente alteradas já seriam classificadas como sendo de 2ª categoria. Observa-se que o índice esclerométrico é muito sensível ao grau de alteração da rocha, variando de 70 para os granitos sãos até 13 para os xistos extremamente alterados. Como referência indicativa de valores, foi realizado um ensaio em um concreto não estrutural de 15 MPa de resistência, que apresentou índice igual a 45.

No caso de rochas extremamente alteradas o martelo utilizado, cuja energia de percussão é de 2.207 Nm, mostrou-se em alguns casos inadequado, pois os índices estariam abaixo de 10 (a escala do esclerômetro é de 10 a 100). A aplicação em materiais dessa natureza exige utilização de esclerômetros com energia inferior.

Por fim, a prática demonstrou ser necessária atenção às superfícies irregulares ou ásperas, pois podem fornecer resultados dispersos. Assim, é conveniente a utilização de uma máquina politriz para o desgaste da superfície em que se dará a realização do ensaio, já que Norma ABNT NBR 7584/1995 informa que o estado da superfície a ser ensaiada é normalmente o que mais acarreta variabilidade dos resultados.

## **5. CONCLUSÃO**

O esclerômetro pode ser considerado um método complementar, útil para avaliações expeditas em auditorias de campo, porém não substitui os demais métodos de investigação geotécnicas utilizados nas fases de projeto e construção.

Com o índice esclerométrico obtém-se informações a respeito da dureza superficial da rocha, fornecendo uma boa medida da dureza relativa dessa grandeza, podendo ser feitas, ainda, correlações com as demais propriedades da rocha, como por exemplo, a sua resistência e/ou o módulo de elasticidade.

O método mostra-se particularmente útil para estabelecer a comparação da dureza de rochas com um referencial. Para a efetivação de ensaios de campo, sugere-se como proposta a realização de testes comparativos entre o material rochoso do local e um referencial padrão de granito.

A rocha a ser testada seria comparada com os valores medidos no padrão, em séries mínimas de 10 a 15 impactos por área. O valor médio das leituras realizadas permitiria avaliar e classificar a rocha local, permitindo apurar de forma objetiva a ocorrência de rochas duras ou brandas.

Outra possibilidade seria determinar o valor do padrão médio de dureza do granito encontrado no país, com ampliação das amostragens, permitindo obter um valor de referência nacional de dureza Schmidt para esse material.

Neste artigo, apurou-se que o valor referencial de dureza Schmidt do granito presente no Vale do São Francisco é de 56,5 (limite com 99,7% das amostras superiores a esse valor de dureza Schmidt).

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 6502/1995*. Terminologia de Rochas e Solos.

\_\_\_\_\_. *NBR 7584/1995*. Concreto Endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. *Manual de Obras de Saneamento*. 3ª edição, 1997. Disponível em: <http://site.sanepar.com.br/categoria/informacoes-tecnicas/mos-manual-de-obras-de-saneamento> . Acesso em 09/05/2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. *Manual de Implantação Básica de Rodovia*. 3ª edição, 2010. Disponível em: [http://ipr.dnit.gov.br/manuais/manual\\_implantacao\\_basica\\_rodovia\\_publicacao\\_ipr\\_742.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/manuais/manual_implantacao_basica_rodovia_publicacao_ipr_742.pdf). Acesso em 26/04/2012.

EMPRESA MUNICIPAL DE OBRAS PÚBLICAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - EMOP. *Tabela de Custos*. 2010.

FIORI, A. P.; CARMIGNANI, L.; *Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas: Aplicação na Estabilidade de Taludes*; Editora da Universidade Federal do Paraná – UFPR, 20ª edição, 2001.

GUERREIRO, H. J. P.; *Exploração Subterrânea de Mármore - Aspectos Geotécnicos; Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Georrecursos - Área de Geotecnia) - Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2000.*

HUDSON, J. A.; HARRISON, J. P.; *Engineering Rock Mechanics: An Introduction to the Principles*; Pergamon, 1ª edição, UK, 2000.

LIMA, C; MENEZES, J. E.; *Propriedades Índice E Classificação Das Rochas: Textos de apoio da matéria Geologia de Engenharia ministrada na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - FEUP, Portugal, 2008. Disponível em: [http://paginas.fe.up.pt/~geng/ge/apontamentos/Cap\\_3\\_GE.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~geng/ge/apontamentos/Cap_3_GE.pdf). Acesso em 27/04/2012.*

PROCEQ S/A; *Manual Silver Schmidt*, Suíça, versão 01, 2010.

\_\_\_\_\_. *Manual Schmidt Hammers*, Suíça, versão 09, 2011.

PROCEQ S/A; *Instruções de uso*, Suíça, versão 01, 2007.

RICARDO, H. S.; CATALANI, G.; *Manual Prático de Escavação: Terraplenagem e Escavação de Rocha*; Editora PINI, 3ª Edição, 2007.

THOMAZ, E. C. S.; *Esclerômetro: material do curso ministrado no Instituto Militar De Engenharia - IME.*

WEST, G.; *The Field Description of Engineering Soils and Rocks*. Geological Society of London Professional Handbook. Open University Press. Milton Keynes, Philadelphia, 1991.