



Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP
Escola de Minas – EM
Centro Tecnológico de Geotecnia Aplicada - CTGA



Roteiro e Normas Gerais para

Ensaio de Resistência à

Compressão Uniaxial

Ouro Preto, Junho / 2020

SUMÁRIO

1. Introdução.....	3
2. Preparação dos Corpos de Prova.....	3
3. Instrumentação.....	4
4. Instalação/Aferição do Aparelho.....	5
5. Execução dos Ensaios.....	6
6. Gráfico.....	6
7. Cálculo.....	7
8. Cuidados com os Equipamentos.....	8
9. Considerações Finais.....	8
Referências Bibliográficas.....	8

1. INTRODUÇÃO

O presente documento foi elaborado pelo Técnico Administrativo em Educação (TAE) Luiz Henrique Cardoso, responsável pelo Laboratório de Mecânica das Rochas do Centro Tecnológico de Geotecnia Aplicada (CTGA) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Trata de um roteiro técnico prático que apresenta as orientações necessárias para o Ensaio de Resistência à Compressão Uniaxial, de forma objetiva aos usuários do laboratório. O referencial técnico aqui é baseado em Normas Espanholas (UNE), na Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas (ISRM), na Sociedade Americana para Testes e Materiais (ASTM) e em Eurocódigos que são Normas Europeias Experimentais. Ressalta-se que há outro roteiro no laboratório para apresentar as orientações para o ensaio de compressão simples com medida da deformação. As informações aqui apresentadas são para uso restrito na UFOP.

A compressão uniaxial é a compressão produzida pela aplicação de uma carga normal à direção axial do corpo de prova (cp). Daí, o ensaio de Resistência à Compressão Uniaxial objetiva determinar parâmetros de resistência das rochas em resposta ao carregamento uniaxial de compressão. A ASTM D 3148-02, a ISRM (1999), a UNE 22950-90 (Partes 1 e 3) e o Eurocódigo UNE-ENV 1997-2 definem a metodologia utilizada para a realização deste ensaio.

2. PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

- (1) Os cps devem ser cilíndricos com a razão l/D entre 2,5 e 3,0. O valor de D deve ser dez vezes maior que o maior grão da rocha, bem como, deve ser superior a 50 mm;
- (2) A superfície do cp deve ser lisa e livre de irregularidades;
- (3) As faces circulares do cp devem ser planas, paralelas entre si e perpendiculares ao seu eixo axial (longitudinal). Para isso, o cp deve ser submetido à retífica, por meio de desbaste por esmeril. As guias nas máquinas de retífica permitem avaliar a amplitude das irregulares, paralelismos topo/base e perpendicularismo com a base/eixo axial, de acordo com a figura a seguir:



Preparação de Topo e Base:

- 1) Irregularidades c/amplitude ≤ 0.02 mm;
- 2) Desvio c/relação à paralelismo: desvio da perpendicularidade ≤ 0.001 rad (0.05/50 mm/mm etc.);



Figura ilustrando os procedimentos de retífica de cps para o ensaio de Resistência à Compressão Uniaxial. Fonte: Notas de aula do Prof. Rodrigo Figueiredo (NUGEO/UFOP).

- (4) **Não** se deve recobrir as faces do cp com outro material como resinas e argamassas acoplantes para satisfazer as condições de paralelismo, e sim fazer o acabamento, desbastando-as e polindo-as, por meio dos procedimentos da figura anterior;
- (5) Quando uma amostra de rocha apresenta foliação, acamamento ou outro modo observável anisotrópico, deve ser testado em direções que dão o maior e o menor valor de carga, em geral paralelas e normais aos planos de anisotropia;
- (6) É recomendado o ensaio de cinco cps de uma amostra, no mínimo;
- (7) A velocidade do carregamento deve estar entre a faixa de 0,5 a 1,0 MPa/s. A ruptura do cp ocorrerá decorridos 5 a 10 min do início da aplicação de carga.

3. INSTRUMENTAÇÃO

O sistema do CTGA para realização do ensaio de Resistência à Compressão Uniaxial é automatizado, e foi adquirido da empresa nacional Martins Campelo que também é responsável pela manutenção. Em suma, trata de uma prensa hidráulica (estrutura de aço/reação por onde o cp se movimenta e é comprimido) com cerca de 2 m de altura e com saída para conexão a um cabo de rede que, por sua vez, se conectará a um

notebook. Alternativamente, a prensa possui um sistema de rede sem cabo também. O notebook possui um software para administração e execução do ensaio.

O ensaio é realizado sem confinamento do cp, bem como, é necessário, por questão de segurança, a utilização de uma proteção de tela metálica contra as projeções como consequência do seu rompimento. A seguir são apresentados esquemas dos componentes ligados à prensa.

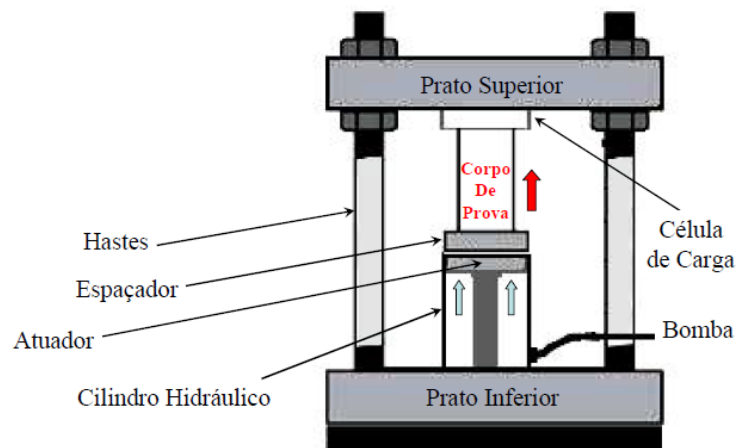


Figura esquematizando os componentes de uma prensa hidráulica para o ensaio de Compressão Uniaxial. Fonte: Notas de aula do Prof. Rodrigo Figueiredo (NUGEO/UFOP).

4. INSTALAÇÃO/AFERIÇÃO DO APARELHO

- (1) Ligar a prensa;
- (2) Ligar o notebook;
- (3) Conectar o cabo de rede na prensa e no notebook;
- (4) Abrir o software;
- (5) Posicionar o cp na prensa;
- (6) Certificar do contato entre a prensa e o cp (se necessário, aplicar um carregamento mínimo para garantir tal contato);
- (7) Colocar a tela de proteção;

(8) Preencher os dados solicitados no software.

5. EXECUÇÃO DOS ENSAIOS

Esta parte será redigida após a Martins Campelo definir e me treinar com o novo software (eles perderam o antigo). Aqui virá, principalmente, o passo-a-passo do software.

6. GRÁFICO

A curva de resistência à compressão uniaxial é dividida em cinco segmentos separados pelos pontos A, B, C e D. Cada segmento traz uma implicação sobre a resposta de deformação ε (comparação, em percentil, do estado físico final em relação ao inicial) da rocha ensaiada. A esquematização é apresentada na figura a seguir e, em suma, da origem da curva até o ponto A, em reação ao carregamento, os grãos / minerais se acomodam. Do ponto A até B é um segmento linear onde se tem deformação elástica, ou seja, se houver descarregamento a estrutura voltará ao seu estado original. De B até C são formadas microfaturas na rocha que se propagam nos contatos entre os grãos, bem como, pelo fraturamento de outros também, de forma a seguir uma direção preferencial de fraturamento. Neste caso a deformação é irreversível e denominada como plástica. *No ponto C há o carregamento máximo, onde ocorre o rompimento da rocha, ou seja, é o ponto onde a resistência à compressão é máxima.* Entre C e D as microfaturas continuam se propagando por causa da continuação da incrementação de carga, até que do ponto D em diante, a qualquer incremento de carga, não há respostas relativas à deformação.

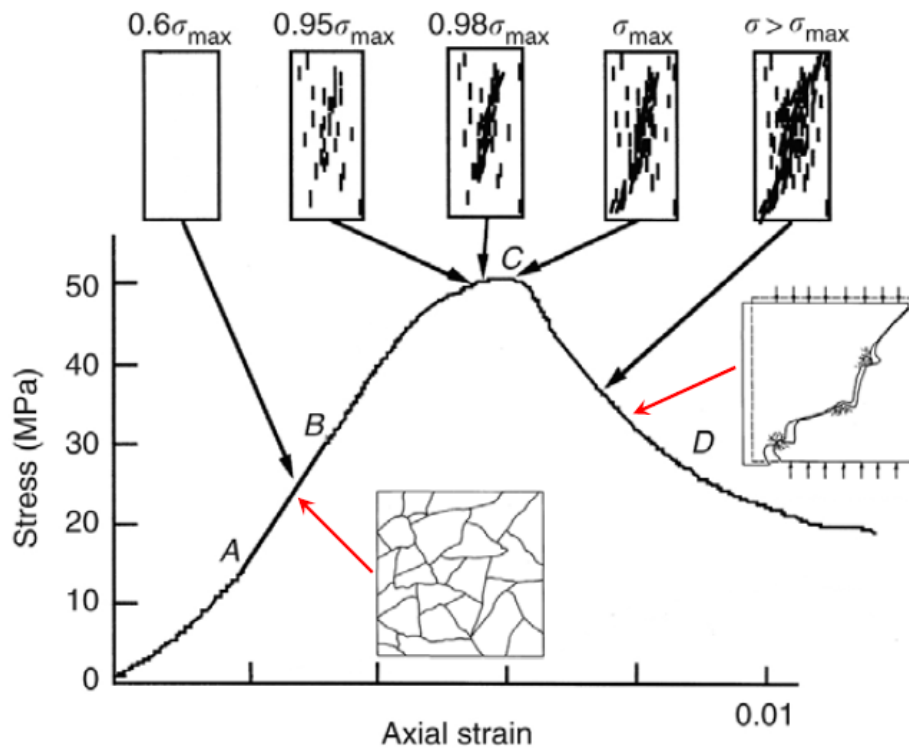


Figura esquematizando a curva típica do ensaio de Resistência à Compressão Uniaxial, tensão (stress) x deformação (strain). Fonte: Azevedo & Marques (2002).

7. CÁLCULO

O cálculo para determinação da resistência à compressão uniaxial no instante da ruptura do cp é dado pela seguinte equação:

$$\sigma_c = \frac{P}{\pi D^2 / 4}$$

Onde,

σ_c = resistência à compressão uniaxial (MPa);

P = carga na ruptura do cp (N);

D = diâmetro do cp (mm).

8. CUIDADOS COM OS EQUIPAMENTOS

- (1) No decorrer do ensaio, ficar fora da sala por questão de segurança, pois mesmo com a proteção metálica, são perigosas as projeções de lascas de rochas como consequência das altas energias envolvidas no “estouro” (rompimento) do cp;
- (2) Limpar o excesso de detritos oriundos dos rompimentos de amostras em ensaios consecutivos;
- (3) Na prensa há um botão de desligamento emergencial, caso alguma avaria grave for constatada no decorrer do ensaio.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As normas aqui referenciadas foram repassadas do docente coordenador do laboratório de Mecânica das Rochas do CTGA e revisor deste documento, PhD. Pedro Alameda, ao TAE que o elaborou. O laboratório disponibiliza uma planilha para preenchimento e tratamento dos dados levantados pelos ensaios. Para maiores informações, consultar as normas e recomendações listadas nas referências a seguir.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM D 3148-02, Standard Test Method for Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens in Uniaxial Compression, p.1-6.

Azevedo, I. C. D. & Marques. E. A. G. Introdução à Mecânica das Rochas – Caderno Didático 85, Viçosa: UFV. Ed. 2002.

Eurocódigo 7, Proyecto Geotécnico, Parte 2 Proyecto asistido por ensayos de laboratorio. 110 p, 1997-2.

ISRM, Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 36: p.279- 289. 1999.

Notas de aula do Professor Rodrigo Figueiredo da disciplina Mecânica das Rochas ofertada no NUGEO/DEMIN – UFOP. 2014.

UNE 22950, Propiedades mecánicas de la rocas, Ensayos para la determinación de la resistencia, Parte 1: Resistencia a la compresión uniaxial. 4 p, 1990.

UNE 22950, Propiedades mecánicas de la rocas, Ensayos para la determinación de la resistencia, Parte 3: Determinación del módulo de elasticidade (Young) y del coeficiente de Poisson, 10 p, 1990.

**TAE/UFOP MSc. Luiz Henrique Cardoso / SIAPE: 1.340.856
Ouro Preto, 19 de Junho de 2020.**