

Sessão – dia 03/08/76

**CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS
DE CARVÕES NACIONAIS**

W.T. Hemnies
Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo

F. Fujimura
Instituto de Pesquisas Tecnológicas

R.N. de Oliveira
Bolsista da Fundação para o Desenvolvimento da Tecnologia
e Engenharia.
Eng^{ndo} do Depto. de Eng. de Minas da EPUSP, membro do centro Moraes Rego

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO
2. GENERALIDADES
3. COLETA DAS AMOSTRAS
4. PREPARO DAS AMOSTRAS
5. ENSAIOS MECÂNICOS
6. RESULTADO DOS ENSAIOS
7. CONCLUSÕES
8. AGRADECIMENTOS
9. BIBLIOGRAFIA

RESUMO

Pela carência de dados sobre as características tecnológicas de carvões nacionais, principalmente com referência a parâmetros para projeto de aberturas subterrâneas, procura-se neste trabalho apresentar algumas destas propriedades mecânicas.

A fase inicial dos trabalhos constou de coleta das amostras na mina 4 da Companhia Carbonífera Prospera S.A. em Santa Catarina. A seguir, foram preparados corpos de prova cúbicos de 3, 5, 10 e 15 centímetros de lado, com umidade natural ou saturados, que foram submetidos a ensaios mecânicos de resistência a compressão.

A resistência a compressão de nossos carvões é um parâmetro útil no dimensionamento dos pilares de sustentação do teto das aberturas subterrâneas, e na escolha de equipamentos utilizados em trabalhos subterrâneos.

1. INTRODUÇÃO

A literatura técnica brasileira ainda hoje é carente em dados sobre as características tecnológicas de carvões nacionais, com respeito a propriedades mecânicas. Procurando contribuir para coleta de alguns dados sobre as propriedades mecânicas de nossos carvões foi planejado um trabalho de levantamento de alguns parâmetros úteis para o dimensionamento de pilares de sustentação do teto das aberturas subterrâneas, através de ensaios de compressão uniaxial. Este trabalho de equipe reuniu os três AA. onde um professor do Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo orientou um aluno do curso de engenharia de minas, bolsista da Fundação para o Desenvolvimento da Tecnologia e Engenharia, e, para a realização dos ensaios e seu planejamento participou um engenheiro do Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

Durante o mês de janeiro de 1976, o aluno estagiou na Companhia Carbonífera Prospera S/A. para coleta de 25 blocos de carvão. Estes blocos serviram para a confecção posterior de corpos de prova. Convenientemente embalados e protegidos estes blocos foram cuidadosamente transportados para São Paulo.

O preparo dos corpos de prova a partir dos blocos de carvão e seu ensaio foram realizados na Seção de Mecânica de Rochas do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo.

2. GENERALIDADES

Para o correto dimensionamento de aberturas múltiplas subterrâneas, necessitamos realizar ensaios mecânicos do material que compõem a estrutura das minas. Assim, no caso das camadas de carvão o parâmetro tecnológico necessário é sua resistência a compressão, útil para o estabelecimento da dimensão dos pilares.

As camadas de carvão de Santa Catarina são, pelas suas peculiaridades geológicas, em geral, subdivididas em três partes, que do teto para a base são denominadas de forro, quadração e banco. O forro é composto de um carvão maciço de melhor qualidade. A quadração é a parte intermediária, onde as finas camadas de carvão se intercalam em folhelhos dominantes. Finalmente, o banco é constituído predominantemente de carvão com intercalações finas de folhelhos. (vide fig. 1 para maiores detalhes, apud. 2).

Como o material supostamente de menor resistência a compressão é o carvão, a coleta de amostras nas frentes de lavra foi feita visando blocos de carvão do forro e do banco. Contudo, também algumas amostras da quadração foram coletadas para termos alguns parâmetros comparativos.

3. COLETA DAS AMOSTRAS

Os 25 blocos de carvão foram coletados na mina 4 da companhia Carbonífera Próspera, situada nas vizinhanças de Crisciuma, no Estado de Santa Catarina. Estes blocos possuíam dimensão em espessura da ordem de 20 cm normal à camada e atingindo até 30 × 30 cm ou mais no sentido da camada.

As amostras provinham de 4 locais distintos, dentro da área atualmente explorada. Os pontos de coleta dos blocos foram duas galerias de traçagem de novas áreas a serem futuramente exploradas e duas frentes amplas (long wall), zona de produção atual.

Os blocos foram selecionados após o desmonte e escolhidos aqueles que se apresentavam em melhores condições.

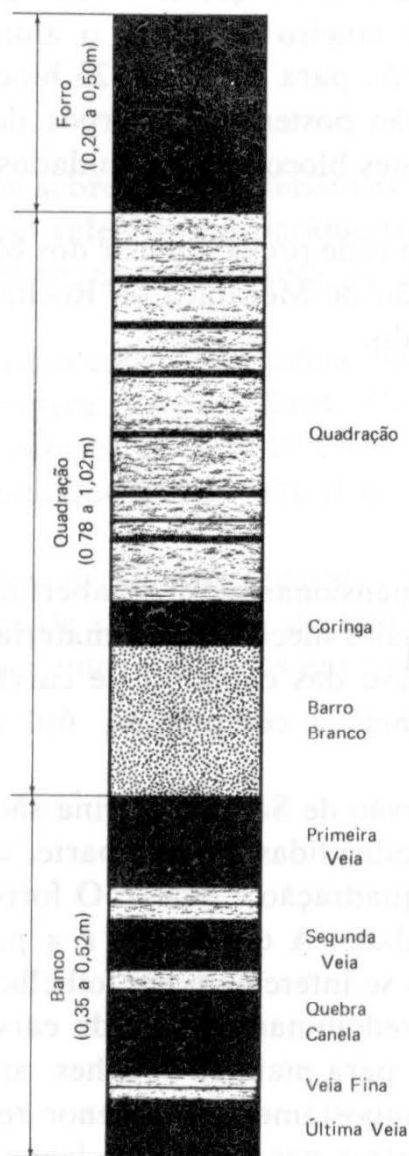


FIGURA 1 – PERFIL CARACTERÍSTICO DA CAMADA BARRO BRANCO.

4. PREPARO DAS AMOSTRAS

Os 25 blocos de carvão coletados foram convenientemente embalados e cuidadosamente transportados para São Paulo.

Destes blocos foram confeccionados corpos de prova cúbicos em quatro séries distintas. A série mais numerosa constituiu os corpos cúbicos menores com aproximadamente 3 cm de lado. Além disso, foram também preparados corpos cúbicos com 5 cm, 10 cm e 15 cm de lado, sendo decrescentes o número a medida que o tamanho aumentava.

Naturalmente, prepararam-se inicialmente os corpos de prova maiores e com as peças remanescentes foram preparados os de menor dimensão.

5. ENSAIOS MECÂNICOS

Os ensaios mecânicos consistiram em colocar os corpos de prova cúbicos em uma prensa, atuar com uma velocidade de carga constante de 10 kg/cm / min até a ruína. Foram anotadas as cargas de ruína, que, após divididas pela seção do corpo de prova, forneceram a resistência a compressão em kg/cm da amostra.

A atuação dos esforços foi feita em todos os ensaios normal aos estratos das camadas.

Além disso, as amostras foram subdivididas em duas séries, para simular duas condições diversas. Assim uma primeira série foi ensaiada com a umidade natural e uma segunda na condição saturada. No último caso, as amostras foram mergulhadas em água por 48 horas, antes do ensaio, para simular as condições menos propícias da existência do nível freático no interior da camada de carvão.

6. RESULTADO DOS ENSAIOS

O número total de amostras cúbicas dos vários tamanhos foi de 103, sendo 52 na dimensão de cubos de 3 cm de lado, 33 na dimensão de cubos de 5 cm de lado, 11 na dimensão de cubos de 10 cm de lado e 7 na dimensão de 15 cm de lado.

A tabela nº 1 resume os principais resultados dos ensaios com umidade natural apresentando o número de amostras ensaiadas, a altura da amostra, seu volume, a média da resistência a compressão uniaxial e o correspondente desvio padrão, distinguindo ainda se as amostras pertencem ao forro, quadrado ou banco.

Na tabela nº 2, os resultados dos ensaios e as mesmas características são apresentadas com referência as amostras ensaiadas na condição saturada.

TABELA N.º 1 – Resultado dos ensaios de compressão simples em amostras cúbicas de carvão com unidade natural

n.º de amostras	altura cm	volume cm ³	resistência a compressão média kg/cm ²	desvio padrão
Forro				
1 6	3	27	100	27
2 4	5	125	205	41
3 3	10	1000	118	31
4 1	15	3375	120	—
Quadrção				
1 8	3	27	145	34
2 5	5	125	204	87
3 —	—	—	—	—
4 1	15	3375	180	—
Banco				
1 9	3	27	136	33
2 6	5	125	200	40
3 2	10	1000	163	4
4 1	15	3375	160	—

TABELA N.º 2 – Resultado dos ensaios de compressão simples em amostras cúbicas de carvão saturado

n.º de amostras	altura cm	volume cm ³	resistência a compressão média kg/cm ²	desvio padrão
Forro				
1 8	3	27	84	29
2 4	5	125	214	17
3 2	10	1000	53	4
4 2	15	3375	33	35
Quadrção				
1 10	3	27	135	65
2 7	5	125	225	119
3 2	10	1000	160	57
4 1	15	3375	60	—
Banco				
1 11	3	27	116	37
2 7	5	125	154	47
3 2	10	1000	153	11
4 1	15	3375	125	—

Na quadração foram incluídas tanto amostras de folhelhos com finos leitões de carvão, quanto de siltitos da camada barro branco.

7. CONCLUSÕES

A cuidadosa análise dos resultados dos ensaios de compressão uniaxial, permite chegar a uma série de conclusões dentre as quais podemos destacar as seguintes:

1. Um primeiro fato anômalo e destacado é a menor resistência apresentada pelas amostras de menor dimensão. Nossa opinião quanto a este fato é a seguinte: Como os corpos de prova de menor dimensão foram preparados com os fragmentos remanescentes das amostra maiores, constituíam-se de fragmentos mais fisurados, tendo havido assim uma autoselação dos mesmos. Devido a isto, julgamos melhor desprezar inicialmente os valores de ensaios de cubos de 3 cm de lado.

2. A segunda conclusão, constitui-se em fato já esperado que é a menor resistência das amostras na condição saturada que aquel de umidade natural. Contudo, o confronto das tabelas 1 e 2 mostra que esta diferença não é na maioria dos casos significativa, sendo possível agrupar todos os ensaios conjuntamente. Disto resultou a tabela n.º 3, abaixo transcrita.

TABELA N.º 3 – Ensaios de resistência a compressão uniaxial saturados e com umidade natural de carvões e rochas associadas

3.1. Forro

n.º de ensaios	altura cm	área cm ²	volume cm ³	R.C. kg/cm ²	desvio padrão
1 14	3	9	27	91	28
2 8	5	25	125	203	38
3 5	10	100	1000	92	42
4 3	15	225	3375	62	56

3.2. Quadração

n.º de ensaios	altura cm	área cm ²	volume cm ³	R.C. kg/cm ²	desvio padrão
1 18	3	9	27	135	77
2 12	5	25	125	217	103
3 2	10	100	1000	160	57
4 2	15	225	3375	120	85

3.3. Banco

n.º de ensaios		altura cm	área cm ²	volume cm ³	R.C. kg/cm ²	desvio padrão
1	20	3	9	27	125	36
2	13	5	25	125	175	48
3	4	10	100	1000	158	9
4	2	15	225	3375	143	25

As imperfeições como fraturas estão distribuídas ao acaso nas amostras pelo seu volume, e Coates (1) indica uma relação do tipo

$$R = R_0 v^{-a} \quad \text{onde}$$

R_c é a resistência a compressão da amostra, cujo volume é V e R_0 é a resistência a compressão de uma amostra unitária (cubo com 1 cm de lado). Fazendo-se uma análise de regressão dos valores da tabela 3 e admitindo a primeira conclusão, isto é, desprezando os valores apresentados pelas amostras cúbicas de 3 cm de lado, encontram-se as seguintes equações:

$$\begin{aligned} \text{forro:} & \quad R_c = 1301 V^{-0,38} \\ \text{quadração:} & \quad R_c = 571 V^{-0,19} \\ \text{banco:} & \quad R_c = 260 V^{-0,07} \end{aligned}$$

Estabelecendo a proporcionalidade em relação a área A ou a dimensão do lado da amostra cúbica L , temos as seguintes equações:

$$\begin{aligned} \text{forro:} & \quad R_c = 1100 A^{-0,53} \quad \text{ou} \quad R_c = 1143 L^{-1,08} \\ \text{quadração:} & \quad R_c = 501 A^{-0,26} \quad \text{ou} \quad R_c = 489 L^{-0,50} \\ \text{banco:} & \quad R_c = 254 A^{-0,11} \quad \text{ou} \quad R_c = 275 L^{-0,25} \end{aligned}$$

Finalmente, esperamos que a presente contribuição, onde procuramos definir quantitativamente alguns parâmetros tecnológicos de carvão nacional, sirva de estímulo não só para futuras investigações, mas também para o melhor dimensionamento das aberturas subterrâneas e a aplicabilidade de equipamentos de corte. Neste últimos casos, os estudos influem diretamente sobre os custos de mineração do carvão.