



EDITAL Nº 01/2024  
TÉCNICO DE LABORATÓRIO/GEOTECNIA

**PROVA DISCURSIVA - PADRÃO DE RESPOSTA**

**Questão 01.** Resposta:

As correntes de convecção são originadas pela energia gerada no Núcleo, que funciona como uma fonte de calor. Como resultado disso, o manto localizado nas proximidades do Núcleo, mais aquecido, sobe para porções mais próximas à superfície da Terra; enquanto o manto mais próximo da superfície, mais frio, desce, para porções mais próximas do Núcleo.

Como resultado desse movimento podem ser criadas correntes convergentes, divergentes e transcorrentes, daí gerando zonas de choque de placas (Subducção), zonas de afastamento de placas (Zonas de Acresção) e zonas transcorrentes (ou transformantes), em que as placas se deslocam paralelamente à superfície de encontro das placas.

**Questão 02.** Resposta:

A afirmação de que o “intemperismo físico controla o intemperismo químico” é considerada verdadeira.

Justificativa: O intemperismo físico atua de forma mais rápida e aumenta a superfície específica (o mesmo volume de rocha passa a ter uma superfície exposta muito maior), por conta do aumento do fraturamento no interior do maciço. Como o intemperismo químico depende da exposição do maciço rochoso ao ar e/ou à água, que são os agentes que promovem o intemperismo químico, portanto, a atuação do intemperismo físico torna-se essencial para o intemperismo químico.

**Questão 03.** Resposta:

A formação de rochas ígneas e metamórficas depende de processos relacionados à pressão e temperaturas elevadas, que ocorrem em profundidade, já que tanto a temperatura quanto a pressão aumentam com a mesma. Assim, apenas processos relacionados à dinâmica interna são capazes de criar o ambiente propício à formação de rochas ígneas e metamórficas. Já as rochas sedimentares, dependem de processos como intemperismo, erosão, transporte e sedimentação, que ocorrem apenas na superfície ou em suas proximidades, por dependerem de uma fonte externa de energia (Sol). Assim, processos de dinâmica interna originam rochas ígneas e metamórficas enquanto processos de dinâmica externa originam rochas sedimentares.

**Questão 04.** Respostas:

a) Inicialmente a amostra deve ser seca ao ar, até próximo à umidade higroscópica, desmanchando os torrões existentes, evitando quebra de grãos e homogeneizada.

A seguir, com auxílio de um repartidor de amostras, ou por quarteamento, deve-se reduzir a quantidade de material até se obter uma amostra representativa em quantidade suficiente para realizar o ensaio.

O material assim obtido deve ser passado na peneira de 76 mm, desprezando-se o material eventualmente retido.

Do material passado na peneira de 76 mm, a quantidade mínima a ser tomada para o ensaio de granulometria, dependerá da dimensão estimada para os grãos maiores, por observação visual:

- Dimensão dos grãos maiores < 5 mm → Quantidade mínima de 1 kg
- Dimensão dos grãos maiores entre 5 e 25 mm → Quantidade mínima de 4 kg
- Dimensão dos grãos maiores > 25 mm → Quantidade mínima de 8 kg

b) Um ensaio de granulometria somente por peneiramento consiste nas etapas de peneiramento grosso e de peneiramento fino, cuja sequência deve ser:

- Tomar a quantidade de amostra preparada para o ensaio (1 kg, 4 kg ou 8 kg) e passar na peneira de 2,0 mm.
- Lavar a parte retida na peneira de 2,0 mm para eliminar o material fino aderente e secar em estufa à temperatura de 105°C a 110°C, até constância de massa.
- Realizar o peneiramento grosso com esse material.
- Do material passado na peneira de 2,0 mm tomar cerca de 120 g e pesar. Além disso, realizar três determinações da umidade higroscópica do material passado na peneira de 2,0 mm.
- Lavar a amostra de 120 g na peneira de 0,075 mm, vertendo-se água potável sob baixa pressão.
- Secar em estufa à temperatura de 105°C a 110°C, até constância de massa.
- Realizar o peneiramento fino com esse material.

**Questão 05.** Respostas:

**Poço:** Escavação vertical de seção circular ou quadrada, projetada em um plano horizontal, com dimensões mínimas suficientes para permitir o acesso de um observador, visando à inspeção das paredes e do fundo e à retirada de amostras de solo.

**Trincheira:** Escavação geralmente vertical ao longo de uma determinada linha ou seção, de modo a se obter uma exposição contínua do terreno, com dimensões variáveis, sendo as mínimas suficientes para permitir o acesso seguro de um observador, visando à inspeção das paredes e do fundo e à retirada de amostras de solo.

**Amostra deformada:** Amostra extraída por raspagem ou escavação, implicando na destruição da estrutura original e na alteração das condições naturais de compactação ou consistência.

**Amostra indeformada:** Amostra extraída com o mínimo de perturbação, procurando manter sua estrutura original e condições naturais de umidade e compactação ou consistência

**Questão 06.** Respostas:

- Coeficiente de adensamento ( $c_v$ ): Processo de Casagrande e Processo de Taylor

Informação necessária para o processo de Casagrande: Curva de altura do corpo de prova, em função do logaritmo do tempo.

Informação necessária para o processo de Taylor: Curva de altura do corpo de prova, em função da raiz quadrada do tempo.

- Índice de compressão ( $C_c$ ): O processo para determinar o  $C_c$  consiste em inicialmente traçar a curva índice de vazios em função do logaritmo da pressão aplicada e, em seguida, sendo retilíneo o trecho compressão virgem, determinar o seu coeficiente angular, cujo valor será igual ao  $C_c$ , ou seja:

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\text{Log} \sigma_2 - \text{Log} \sigma_1}$$

onde:

$e_1$  e  $e_2$  são os valores do índice de vazios correspondentes a dois pontos quaisquer do trecho virgem

$\sigma_1$  e  $\sigma_2$  são os valores de pressão aplicada associados aos índices de vazios  $e_1$  e  $e_2$ , respectivamente.

- Pressão de pré-adensamento: Processo de Casagrande e Processo de Pacheco Silva

A informação necessária para ambos os processos é a curva índice de vazios em função do logaritmo da pressão aplicada.

**Questão 07.** Respostas:

a) Processos de preparação de amostras para o ensaio de compactação:

- Preparação com secagem prévia até a umidade higroscópica.
- Preparação a 5% abaixo da umidade ótima presumível.
- Preparação a 3% acima da umidade ótima presumível.

Energias de compactação: Normal, Intermediária e Modificada

b) Como a curva de compactação de um solo é traçada utilizando-se coordenadas cartesianas normais, em que no eixo das abscissas devem ser marcados os teores de umidade,  $w$ , e nas ordenadas as massas específicas aparentes secas correspondentes,  $\rho_d$ , portanto, aquela curva que expressar essa correspondência será a curva de compactação do solo.

Onde  $\rho_d = M_s / V$ , em que  $M_s$  é a massa de solo seco e  $V$  o volume do cilindro

A seguir são apresentados os cálculos referentes aos pontos do ensaio, sendo que pode ser utilizado somente um deles para justificar a escolha da curva de compactação correta:

Ponto 1: Massa de solo úmido compactada ( $M_{u1}$ ) = 4244 - 2500 = 1744 g

Teor de umidade ( $w_1$ ) = 9,7%

Cálculo da massa de solo seco ( $M_{s1}$ ):

Como:  $M_u = M_s + M_w$  e  $w = M_w/M_s$

$$M_u = M_s + w.M_s \quad \rightarrow \quad M_u = M_s.(1 + w) \quad \rightarrow \quad M_s = \frac{M_u}{1 + w}$$

$M_{s1} = 1744/(1+0,097) = 1589,79 \text{ g} \approx 1590 \text{ g}$

Massa específica seca do ponto 1:  $\rho_{d1} = M_{s1}/V = 1590/1000 = 1,590 \text{ g/cm}^3$

Ponto 2:  $M_{u2} = 4453 - 2500 = 1953 \text{ g}$

$w_2 = 11,6\%$

$M_{s2} = 1953/(1+0,116) = 1750 \text{ g}$

$\rho_{d2} = M_{s2}/V = 1750/1000 = 1,750 \text{ g/cm}^3$

$$\text{Ponto 3: } M_{u3} = 4613 - 2500 = 2113 \text{ g} \qquad w_3 = 13,6\%$$

$$M_{S3} = 2113 / (1 + 0,136) = 1860,03 \text{ g} \approx 1860 \text{ g}$$

$$\rho_{d3} = M_{S3} / V = 1860 / 1000 = 1,860 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Ponto 4: } M_{u4} = 4645 - 2500 = 2145 \text{ g} \qquad w_4 = 15,5\%$$

$$M_{S4} = 2145 / (1 + 0,155) = 1857,14 \text{ g} \approx 1857 \text{ g}$$

$$\rho_{d4} = M_{S4} / V = 1857 / 1000 = 1,857 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Ponto 5: } M_{u5} = 4573 - 2500 = 2073 \text{ g} \qquad w_4 = 17,8\%$$

$$M_{S4} = 2073 / (1 + 0,178) = 1759,76 \text{ g} \approx 1760 \text{ g}$$

$$\rho_{d5} = M_{S5} / V = 1760 / 1000 = 1,760 \text{ g/cm}^3$$

**Conclusão:** conforme os cálculos apresentados, verifica-se que a Curva B é a que apresenta a relação entre a umidade,  $w$ , e a massa específica aparentes seca,  $\rho_d$ , sendo, portanto, a curva de compactação do solo.

c) Parâmetros de compactação segundo a norma ABNT NBR 7182 (2016)

- Massa específica aparente seca máxima: Valor correspondente à ordenada máxima da curva de compactação, expresso com aproximação de  $0,001 \text{ g/cm}^3$ .

- Umidade ótima: Valor da umidade correspondente, na curva de compactação, ao ponto de massa específica aparente seca máxima, expresso com aproximação de  $0,1 \%$ .

Com base no gráfico apresentado: O valor estimado para a massa específica seca máxima deve estar entre  $1,866 \text{ g/cm}^3$  e  $1,878 \text{ g/cm}^3$ . O valor estimado para a umidade ótima deve estar entre  $14,2\%$  e  $14,6\%$

**Questão 08.** Resposta:

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Conforme a definição de massa específica:

Onde  $M$  é a massa do corpo de prova, que é um valor conhecido ( $M_u$ ), e  $V$  é o volume do corpo de prova, a ser determinado com o emprego do método da balança hidrostática, com base no desenvolvimento apresentado a seguir.

O volume do corpo de prova ( $V$ ) será igual à diferença entre o volume total do corpo de prova parafinado ( $V_p$ ) e o volume de parafina ( $V_{paraf}$ ), utilizado para parafinar sua superfície antes da imersão em água, ou seja:

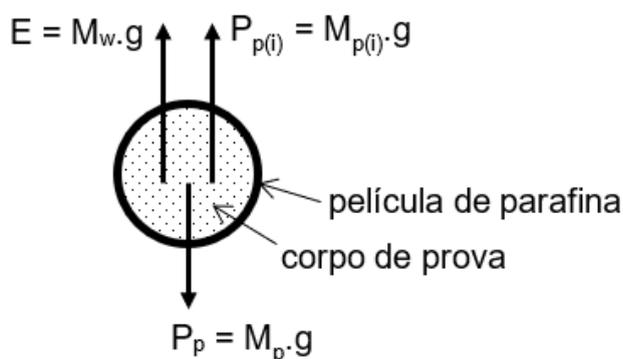
$$V = V_p - V_{paraf}$$

Como  $\rho_{paraf} = \frac{M_{paraf}}{V_{paraf}}$ , tem-se que:  $V_{paraf} = \frac{M_{paraf}}{\rho_{paraf}}$

A massa de parafina utilizada será igual à massa do corpo de prova parafinado menos a massa do corpo de prova, ou seja,  $M_{paraf} = M_p - M_u$

Portanto,  $V_{paraf} = \frac{M_p - M_u}{\rho_{paraf}}$

O cálculo do volume total do corpo de prova parafinado ( $V_p$ ) pode ser feito com base no princípio de Arquimedes, segundo o qual quando um corpo está total ou parcialmente submerso em um fluido, ele recebe do fluido a ação de uma força, denominada empuxo ( $E$ ), dirigida para cima e com módulo igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo. Portanto, no caso em questão as forças atuantes sobre o corpo de prova totalmente submerso seriam aquelas ilustradas da figura a seguir:



Condição de equilíbrio:

$$E + P_{p(i)} = P_p$$

$$E = P_p - P_{p(i)}$$

$$m_w.g = M_p.g - M_{p(i)}.g$$

$$m_w = M_p - M_{p(i)}$$

Como  $\rho_w = \frac{M_w}{V_w}$ , tem-se que:  $V_w = \frac{M_w}{\rho_w} = \frac{M_p - M_{p(i)}}{\rho_w}$

Como o volume total do corpo de prova parafinado será igual ao volume de água deslocado durante sua imersão para a pesagem, tem-se:

$$V_p = V_w \quad \rightarrow \quad V_p = \frac{M_p - M_{p(i)}}{\rho_w}$$

Com isso, a expressão para cálculo do volume, V, do corpo de prova será:

$$V = V_p - V_{\text{paraf}} \quad \rightarrow \quad V = \frac{M_p - M_{p(i)}}{\rho_w} - \frac{M_p - M_u}{\rho_{\text{paraf}}}$$

$$\rho = \frac{M_u}{V} = \frac{M_u}{\frac{M_p - M_{p(i)}}{\rho_w} - \frac{M_p - M_u}{\rho_{\text{paraf}}}}$$

Portanto, chega-se:

**Questão 09.** Resposta:

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$$

Conforme a definição de massa específica dos sólidos:

Onde  $M_s$  é a massa de sólidos presente na amostra utilizada no ensaio, a qual pode ser calculada como segue, onde  $M_w$  é a massa de água presente na amostra:

$$M_1 = M_s + M_w$$

Como  $w = \frac{M_w}{M_s} \rightarrow M_w = w.M_s$ , pode-se escrever:  $M_1 = M_s + w.M_s = M_s.(1 + w)$

$$M_s = \frac{M_1}{1 + w}$$

Portanto, a massa de sólidos da amostra será igual a:

O volume de sólidos ( $V_s$ ) será a diferença de volume de água entre as situações A e B, nas quais o volume total é o mesmo ( $V$ ) e a água se encontra na mesma temperatura.

Volume de água na situação A:  $V_{w(A)} = V - V_s \rightarrow V_s = V - V_{w(A)}$

Como  $\rho_w = \frac{M_w}{V_w}$ , tem-se que:  $V_{w(A)} = \frac{M_{w(A)}}{\rho_{w(T)}}$

$$V_{w(B)} = V = \frac{M_{w(B)}}{\rho_{w(T)}}$$

Volume de água na situação B:

Substituindo  $V_{w(A)}$  e  $V_{w(B)}$  na expressão  $V_s = V - V_{w(A)}$ , obtém-se:

$$V_s = \frac{M_{w(B)}}{\rho_{w(T)}} - \frac{M_{w(A)}}{\rho_{w(T)}} = \frac{M_{w(B)} - M_{w(A)}}{\rho_{w(T)}}$$

Massas de água em cada situação:

$$M_{w(B)} = M_3 - M_{\text{Balão}}$$

$$M_{w(A)} = M_2 - M_{\text{Balão}} - M_s$$

$$M_{w(B)} - M_{w(A)} = (M_3 - M_{\text{Balão}}) - (M_2 - M_{\text{Balão}} - M_s)$$

$$M_{w(B)} - M_{w(A)} = M_3 - M_2 + M_s$$

Logo: 
$$V_s = \frac{M_3 - M_2 + M_s}{\rho_{w(T)}}$$

Conforme a definição de massa específica dos sólidos: 
$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$$

$$\rho_s = \frac{M_s}{M_3 - M_2 + M_s} \cdot \rho_{w(T)}$$
 onde: 
$$M_s = \frac{M_1}{1 + w}$$

O que resulta em: 
$$\rho_s = \frac{[M_1 / (1 + w)]}{M_3 - M_2 + [M_1 / (1 + w)]} \cdot \rho_{w(T)}$$

Critério quanto à aceitação dos resultados: Considerar os ensaios satisfatórios quando seus resultados não diferirem em mais que 0,02 g/cm<sup>3</sup>.

Apresentação dos resultados: O resultado final, média obtida de pelo menos dois ensaios considerados satisfatórios, conforme o critério de aceitação descrito no parágrafo anterior, deve ser expresso com três algarismos significativos, em gramas por centímetro cúbico (g/cm<sup>3</sup>).

**Questão 10.** Respostas:

a) A fração de solo utilizada para a realização dos ensaios de Limite de Liquidez (LL) e de Limite de Plasticidade (LP) é a que passa na peneira de 0,42 mm.

b) Determinação dos valores do LL e do LP

b.1) Determinação do Limite de Plasticidade (LP)

Média dos valores:  $(43,48 + 43,56 + 42,74 + 40,57 + 45,26)/5 = 215,61/5 = 43,122\%$

Valor mínimo (5% abaixo da média) = 40,97%

Valor máximo (5% acima da média) = 45,28%

Conclusão: deve-se excluir o valor 40,57% da média

Nova Média:  $(43,48 + 43,56 + 42,74 + 45,26)/4 = 175,04/4 = 43,76\%$

Valor mínimo (5% abaixo da média) = 41,57%

Valor máximo (5% acima da média) = 45,95%

Conclusão: Todos os valores são válidos para compor a média

Portanto, arredondando a média para o inteiro mais próximo tem-se que: LL = 44%

b.2) Determinação do Limite de Liquidez (LL)

O Limite de Liquidez, corresponde ao teor de umidade com o qual a ranhura no ensaio do limite de liquidez se fecha com 25 golpes, que no gráfico corresponde a aproximadamente 69,7%

Como o resultado deve ser arredondado para o inteiro mais próximo: LL = 70%