



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
UNIDADE CURVELO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
MECÂNICA DOS SOLOS II

NOTAS DE AULA

PRÁTICAS DE LABORATÓRIO

MECÂNICA DOS SOLOS II

Elaboração:

Professora Juliana Reinert

Estagiário Kainam Lopes dos Santos

CURVELO

2017

	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7	REV. 8
DATA	11/10/2015	24/04/2017							
EXECUÇÃO	KAINAM	JULIANA							
APROVAÇÃO	JULIANA	JULIANA							

SUMÁRIO

1. DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE À CARGA CONSTANTE.....	3
2. DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE À CARGA VARIÁVEL	6
3. ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO	9
4. ENSAIO DE ADENSAMENTO UNIDIMENSIONAL.....	11
5. ENSAIO DE COMPRESSÃO NÃO CONFINADA (SIMPLES).....	21
6. ENSAIO DE COMPRESSÃO TRIAXIAL.....	24
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	28

1. DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE À CARGA CONSTANTE

A permeabilidade de um determinado tipo de solo é a propriedade que esse solo apresenta de permitir o escoamento de água através de seus poros (facilidade que a água possui de atravessar o solo).

Portanto solos com maior porosidade, como as areias, apresentam facilidade no fluxo de água, caracterizando assim um solo mais permeável. Esse processo acontece de forma inversa com solos de material mais fino e coesivo, como as argilas, apresentando menor porosidade, e sendo, portanto, menos permeáveis, e mais indicados para obras como barragens.

O objetivo do ensaio de permeabilidade a carga constante é determinar o coeficiente de permeabilidade de solos não coesivos (solos compostos de pedras, pedregulhos, cascalhos e areias).

1.1 Preparação da amostra

A preparação da amostra para realização do ensaio de determinação de coeficiente de permeabilidade dos solos segue orientações estabelecidas na norma NBR 13292/95, em que ficam detalhados os procedimentos para a formação do corpo de prova.

1.2 Procedimento de ensaio

Os procedimentos para realizar a determinação de coeficiente de permeabilidade dos solos, seguem as orientações presentes na norma NBR 13292/95. Os dados colhidos devem ser preenchidos na Ficha de Ensaio 001.

1.3 Cálculos

Expressão para cálculo de permeabilidade (equação de Darcy):

$$q = k \times \frac{h}{L} \times A \quad e \quad q = \frac{V}{t}$$

$$\therefore k = \frac{V \times L}{t \times h \times A}$$

Onde:

q = vazão por percolação (cm³/seg);

V = volume de água (cm³);

t = tempo (s);

A = área de seção transversal da amostra (cm²);

L = altura da amostra (cm);

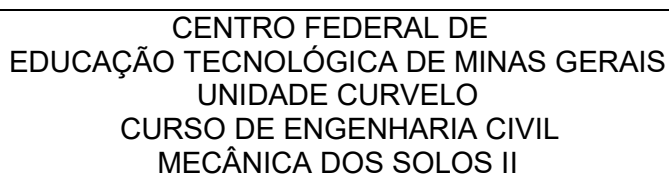
h = altura da carga hidráulica (cm).

O coeficiente de permeabilidade obtido no ensaio é válido para a temperatura no tempo t . Para que os resultados sejam padronizados, utiliza-se o coeficiente de permeabilidade a 20 °C. Portanto, o coeficiente obtido em cada tempo t do ensaio deve ser corrigido pela relação de viscosidade da água à temperatura 20°C e à temperatura no tempo t do ensaio.

Esta relação é dada na Tabela 2 da NBR 13292/95.

1.4 Observações

- Necessário assinalar as dimensões do permeâmetro utilizado;
- Registrar a natureza da água utilizada no ensaio (natural, destilada);
- Indicar qualquer anormalidade que tenha ocorrido, como, por exemplo, segregação de finos.



**Fichade
Ensaio
001**

PERMEABILIDADE À CARGA CONSTANTE

Revisão: 0

2. DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE À CARGA VARIÁVEL

O objetivo do ensaio é determinar o coeficiente de permeabilidade de solos coesivos (solos compostos de siltes e argilas).

2.1. Preparação da amostra

O preparo da amostra e a confecção dos corpos de prova devem ser feitos em câmara úmida para que os teores de umidade sejam rigorosamente controlados, seguindo os procedimentos estabelecidos na norma NBR 14545/2000.

2.2. Procedimento de ensaio

Os procedimentos para realizar a determinação de coeficiente de permeabilidade dos solos à carga variável seguem as orientações presentes na norma NBR 14545/2000. Os dados colhidos devem ser preenchidos na Ficha de Ensaio 002.

2.3. Cálculos

Expressão para cálculo de permeabilidade:

$$K = \frac{a \cdot L}{A \cdot \Delta t} \cdot \ln \left(\frac{h_1}{h_2} \right)$$

Onde:

Δt = diferença entre os instantes t_1 e t_2 (segundos);

h_1 = carga hidráulica no instante t_1 (cm);

h_2 = carga hidráulica no instante t_2 (cm);

L = comprimento do corpo de prova (cm);

A = área do corpo de prova (cm²);

a = área interna da bureta (cm²).

Assim como no ensaio de permeabilidade a carga constante, o coeficiente de permeabilidade obtido no ensaio é válido para a temperatura no tempo t . Para que os resultados sejam padronizados, utiliza-se o coeficiente de permeabilidade a 20 °C. Portanto, o coeficiente obtido em cada tempo t do ensaio deve ser corrigido pela relação de viscosidade da água à temperatura 20°C e à temperatura no tempo t do ensaio.

Esta relação é dada na Tabela 1 da NBR 14545/2000.

2.4.Observações

- Deve-se utilizar em todas as etapas a mesma água utilizada para a percolação;
- Apresentar descrição tátil-visual do solo;
- Apresentar o método de compactação, caso tenha ocorrido.



CENTRO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
UNIDADE CURVELO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
MECÂNICA DOS SOLOS II

**Ficha de
Ensaio
002**

PERMEABILIDADE À CARGA VARIÁVEL

Peso específico dos grãos	g/cm ³							γ_s	Corpo de Prova nº	
Volume do Corpo de Prova	cm ³							$V = L \times A$	Comprimento (cm) - L	
Peso Específico do Solo Úmido	g/cm ³							$\gamma_{nat} = \frac{P}{V}$	Peso (g)	
Peso Específico do Solo Seco	g/cm ³							$\gamma_d = \frac{\gamma_{nat}}{1 + w}$	OBS.:	
Índice de Vazios								$e = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1$		
Saturação	%							$S = \frac{\gamma_s \cdot w}{\gamma_w \cdot e}$		
Teor de Umidade									Corpo de Prova nº	
Cápsula	Nº								Diâmetro (cm)	
Solo Úmido + Tara	g								Área (cm²) - A	
Solo Seco+Tara	g								Bureta nº	
Tara	g								Diâmetro (cm)	
Solo Seco	g								Área (cm²) - a	
Água	g								$K_T =$	$K_T = \frac{a \times L}{A \times t} \times \ln \frac{h_0}{h_i}$
Umidade (w)	%								$K_{20} =$	$K_{20} = \frac{V_T}{V_{20}} \times K_T$
Média	%									

Hora da Leitura	Tempo t (s)	Leitura da bureta	Altura inicial h ₀	Altura final h _i	h ₀ /h _i	ln (h ₀ /h _i)	Temp. °C	Coeficiente de Permeabilidade K _T (cm/s)	Relação de viscosidade da água V _T /V ₂₀	Coeficiente de Permeabilidade K ₂₀ (cm/s)

Cliente:	Laboratorista:	Data do ensaio:
----------	----------------	-----------------

3. ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO

Com o objetivo de determinar a resistência ao cisalhamento dos solos, este ensaio consiste em aplicar uma carga vertical por unidade de área do corpo de prova, aplicando-se em seguida uma força crescente numa das metades da caixa de cisalhamento, provocando um deslocamento em relação à outra metade.

3.1. Preparação da amostra

A amostra poderá ser indeformada ou deformada. Os corpos de prova deverão ter as estratificações na mesma direção na caixa de cisalhamento como no campo, devem ser moldados de forma prismática ou circular conforme as condições do aparelho.

1.5 Procedimento de ensaio

Os procedimentos para realizar a determinação da resistência ao cisalhamento seguem as orientações presentes na norma ASTM D3080, e os dados colhidos devem ser apresentados na Ficha de Ensaio 003.

1.6 Cálculos

Para a determinação da resistência de um solo ao cisalhamento são necessários os cálculos abaixo.

Tensão Cisalhante

$$\tau = \frac{T}{A'}$$

Onde:

τ = tensão cisalhante;

T = força tangencial;

A' = área corrigida da amostra:

$$A' = A - \delta_{hor} \times L$$

Onde:

A = Área da seção transversal;

δ_{hor} = deslocamento horizontal da amostra;

L = largura da amostra

Tensão Normal

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

Onde:

σ = Tensão normal;

N = carga vertical aplicada;

A = Área da seção transversal;

A partir dos dados obtidos no ensaio e dos resultados dos cálculos acima, devem-se traçar os gráficos “Tensão Cisalhante x Deslocamento Horizontal” e “Tensão Cisalhante máxima x Tensão Normal aplicada”, conforme apresentado na Ficha de Ensaio 004.

1.7 Observações

- A norma indica executar o ensaio com, no mínimo, três valores diferentes de tensão normal aplicada;
- A velocidade de cisalhamento deverá ser tal que não permita a existência de excesso de poropressão no corpo de prova;
- Deverá ser preenchida uma Ficha de Ensaio 003 para cada tensão normal aplicada.



CENTRO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
UNIDADE CURVELO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
MECÂNICA DOS SOLOS II
CISALHAMENTO DIRETO

**Fichade
Ensaio
003**

Lado	cm		Cliente:				
Altura	cm		Laboratorista:				
Área	cm ²		Data do ensaio:				
Volume	cm ³		Observações:				
Solo + Tara	g						
Tara	g						
Peso Úmido	g						
Índice de Vazios							
Saturação	%						
Peso Específico do Solo Úmidog/cm ³							
Peso Específico dos grãos	g/cm ³						
Peso Específico do Solo Seco	g/cm ³						
Corpo de Prova	N°						Anel Dinamométrico
Molde	N°		Constante do Anel				
Teor de Umidade		Inicial			Final		Tensão normal aplicada:
Cápsula	N°						
Solo Úmido + Tara	g						
Solo Seco+Tara	g						
Tara	g						
Solo Seco	g						
Água	g						
Umidade (w)	%						
Média	%						
Deformação Horizontal		Cisalhamento				Deformação Vertical	
Δh %	Δh (mm)	Leitura	Tensão (kgf/cm ²)		Leitura Vertical (mm)	Δv (mm)	



CENTRO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
UNIDADE CURVELO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
MECÂNICA DOS SOLOS II
CISALHAMENTO DIRETO

**Fichade
Ensaio
004**

Folha 01/02

Tensão Cisalhante (kPa)	Tensão Cisalhante x Deslocamento Horizontal									
	120									
	100									
	80									
	60									
	40									
	20									
	0									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
Deslocamento Horizontal (mm)										

Tensão Normal Aplicada:

Tensão Cisalhante (kPa)	Tensão Cisalhante x Deslocamento Horizontal									
	120									
	100									
	80									
	60									
	40									
	20									
	0									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
Deslocamento Horizontal (mm)										

Tensão Normal Aplicada:

Tensão Cisalhante (kPa)	Tensão Cisalhante x Deslocamento Horizontal									
	120									
	100									
	80									
	60									
	40									
	20									
	0									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
Deslocamento Horizontal (mm)										

Tensão Normal Aplicada:



CENTRO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
UNIDADE CURVELO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
MECÂNICA DOS SOLOS II

**Fichade
Ensaio
004**

Folha 02/02

CISALHAMENTO DIRETO

Tensão Cisalhante (kPa)	Tensão Cisalhante x Deslocamento Horizontal									
	120									
	100									
	80									
	60									
	40									
	20									
	0									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Deslocamento Horizontal (mm)										

Tensão Normal Aplicada:

Tensão Cisalhante (kPa)																			
	120																		
	110																		
	100																		
	90																		
	80																		
	70																		
	60																		
	50																		
	40																		
	30																		
	20																		
	10																		
	0																		
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Tensão Normal (kPa)																			

Obra:

Cliente:

Laboratorista:

Data do ensaio:

4. ENSAIO DE ADENSAMENTO UNIDIMENSIONAL

Adensamento é a deformação plástica e a redução do índice de vazios de uma massa de solo em função do tempo e uma pressão aplicada. O ensaio é feito em corpos de prova indeformados e saturados.

Desse ensaio são interpretados parâmetros fundamentais para o cálculo de recalques por adensamento.

4.1. Preparação da amostra

O corpo de prova sem deformações é talhado através do próprio molde usado na prensa.

É instalado o corpo de prova entre duas pedras porosas, no edômetro cheio de água para a saturação por 24 horas.

1.8 Procedimento de ensaio

Os procedimentos para realização do ensaio de adensamento seguem as orientações presentes na norma NBR 12007/90. Os dados colhidos devem ser preenchidos na Ficha de Ensaio 005.

1.9 Cálculos

Peso Específico Inicial

$$\gamma_i = \frac{P_{total} - P_{anel}}{V_{anel}}$$

Onde:

γ_i = peso específico aparente inicial (gf/cm³);

P_{total} = peso solo+anel (gf);

P_{Anel} = peso do anel (gf);

V_{Anel} = volume do anel (cm³).

Peso Específico Seco Inicial

$$\gamma_{di} = \frac{100 \cdot \gamma_i}{100 + w_i}$$

Onde:

γ_{di} = peso específico seco inicial (gf/cm³);

w_i = umidade inicial (%).

Grau de saturação inicial

$$S_i = \frac{w_i \cdot \gamma_s}{e_i \cdot \gamma_w}$$

Onde:

S_i = grau de saturação inicial (%);

γ_w = peso específico da água.

Índice de vazios inicial

$$e_i = \frac{\gamma_s}{S_i} - 1$$

Onde:

e_i = índice de vazios inicial

γ_s = peso específico dos grãos

Altura dos sólidos

$$H_s = \frac{H_i}{1 + e_i}$$

Onde:

H_s = altura dos sólidos;

H_i = altura inicial do corpo de prova.

Índice de vazios final

$$e = \frac{H}{H_s} - 1$$

Onde:

e = índice de vazios ao final do estágio;

H = altura do corpo de provas ao final do estágio.

Grau de saturação final

$$S_f = \frac{w_f \cdot \gamma_s}{e_f}$$

Onde:

S_f = grau de saturação final (%);

w_f = teor de umidade final (%);

e_f = índice de vazios final (último carregamento).

Coeficiente de Adensamento (método de Taylor)

$$C_v = \frac{0,848 \times (0,5 \times H_{50})^2}{T_{90}}$$

Onde:

C_v = Coeficiente de Adensamento (cm²/s)

H_{50} = a altura do corpo de prova correspondente a 50% do adensamento primário (cm);

T_{90} = tempo correspondente a ocorrência de 90% do adensamento primário.

Índice de compressão

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

Onde:

C_c = índice de compressão

e_1, e_2 = são índices de vazios correspondentes a dois pontos quaisquer no trecho virgem,

σ_1, σ_2 = são as pressões associadas aos índices de vazios e_1, e_2 .

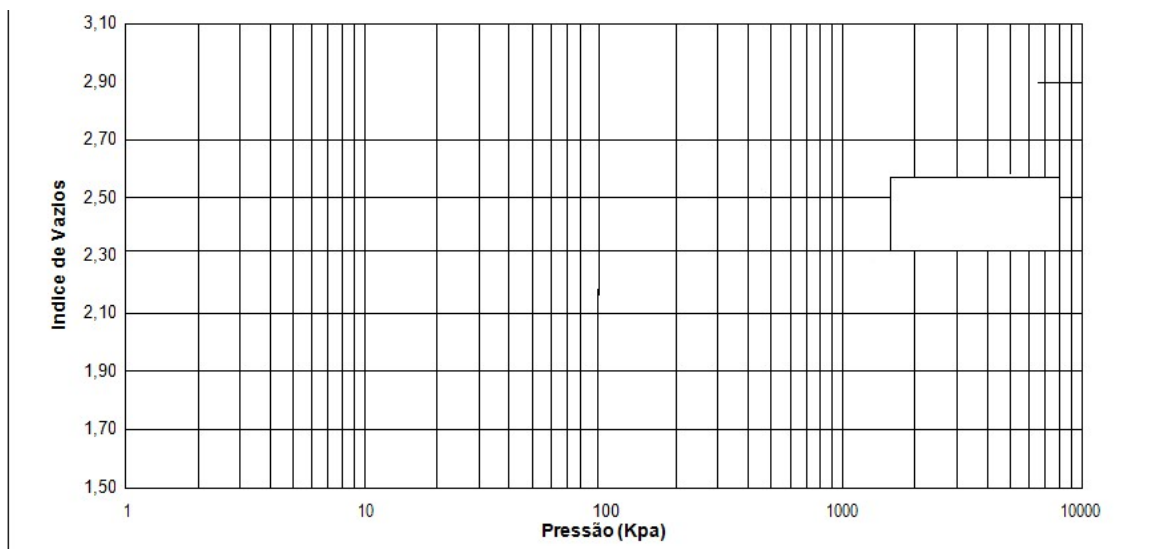


CENTRO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
UNIDADE CURVELO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
MECÂNICA DOS SOLOS II

Adensamento

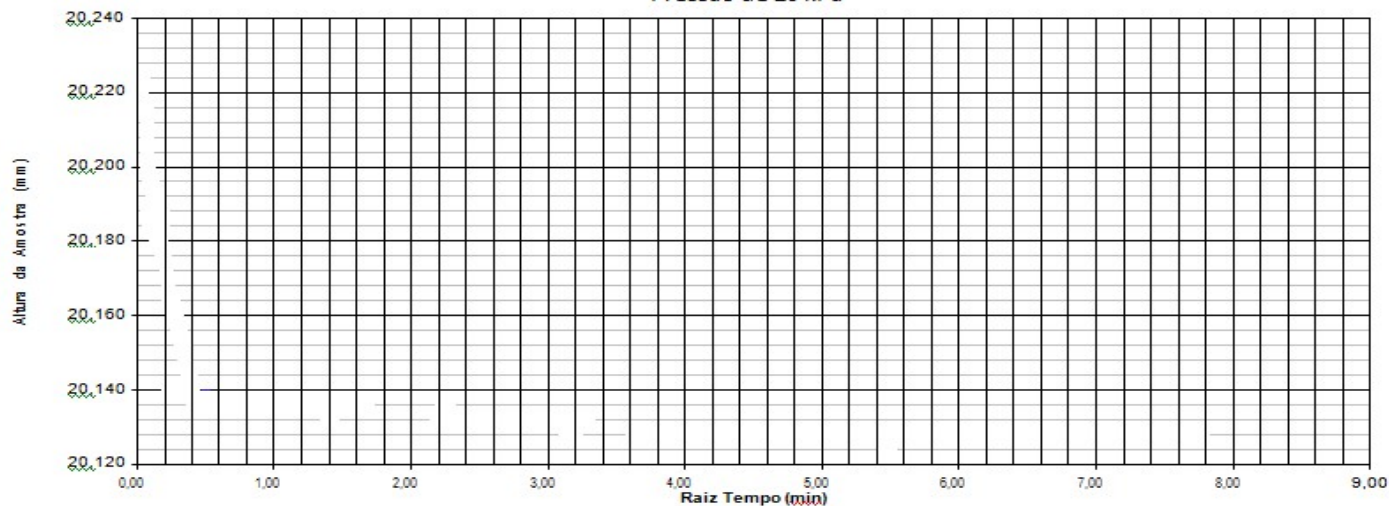
**Ficha de
Ensaio
006**

Folha 01/03



CURVA DE ADENSAMENTO

Pressão de 20 kPa



Obra:

Cliente:

Laboratorista:

Data do ensaio:



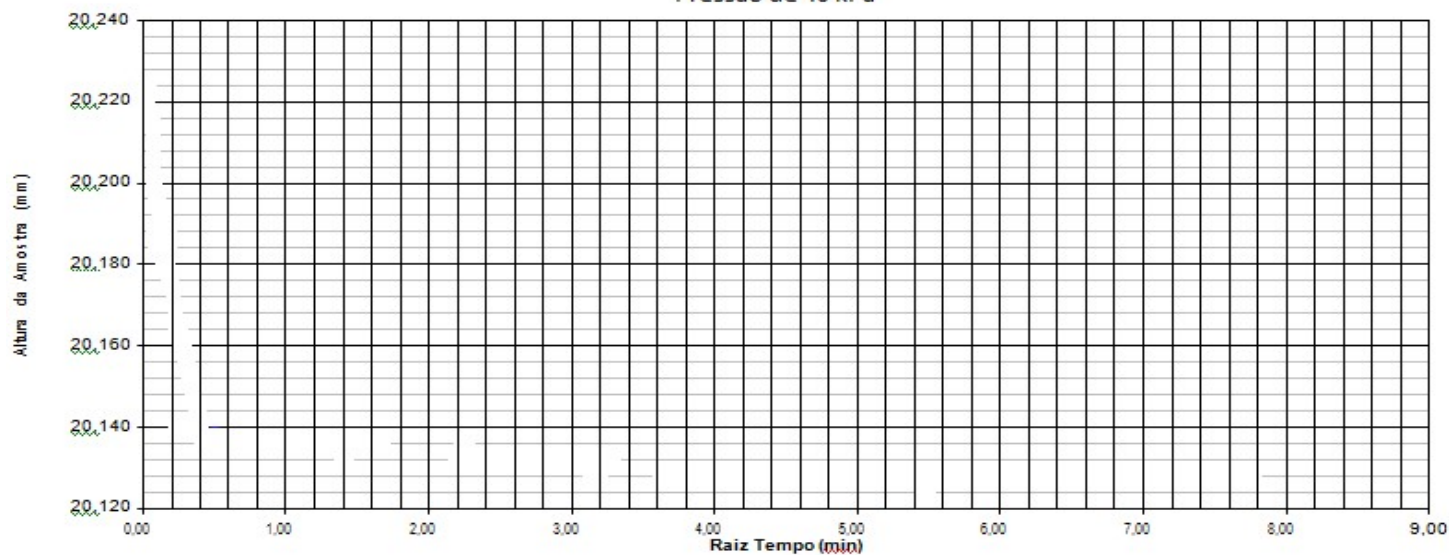
CENTRO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
UNIDADE CURVELO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
MECÂNICA DOS SOLOS II
Adensamento

Ficha de
Ensaio
006

Folha 02/03

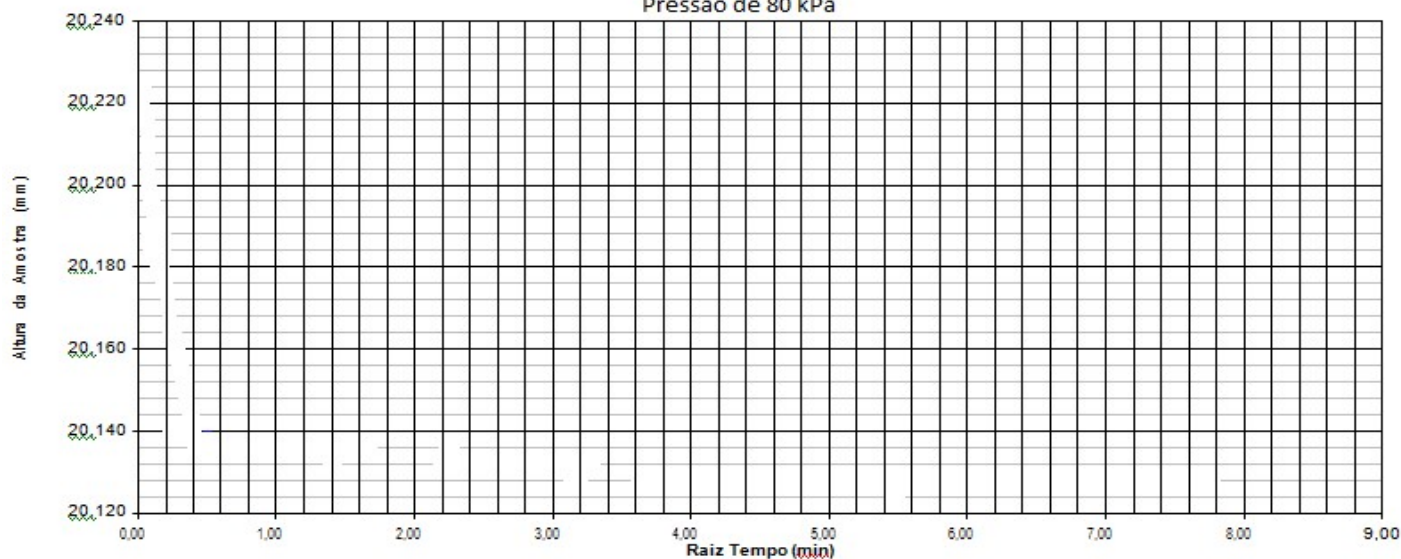
CURVA DE ADENSAMENTO

Pressão de 40 kPa



CURVA DE ADENSAMENTO

Pressão de 80 kPa



Obra:

Cliente:

Laboratorista:

Data do ensaio:



CENTRO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
UNIDADE CURVELO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
MECÂNICA DOS SOLOS II

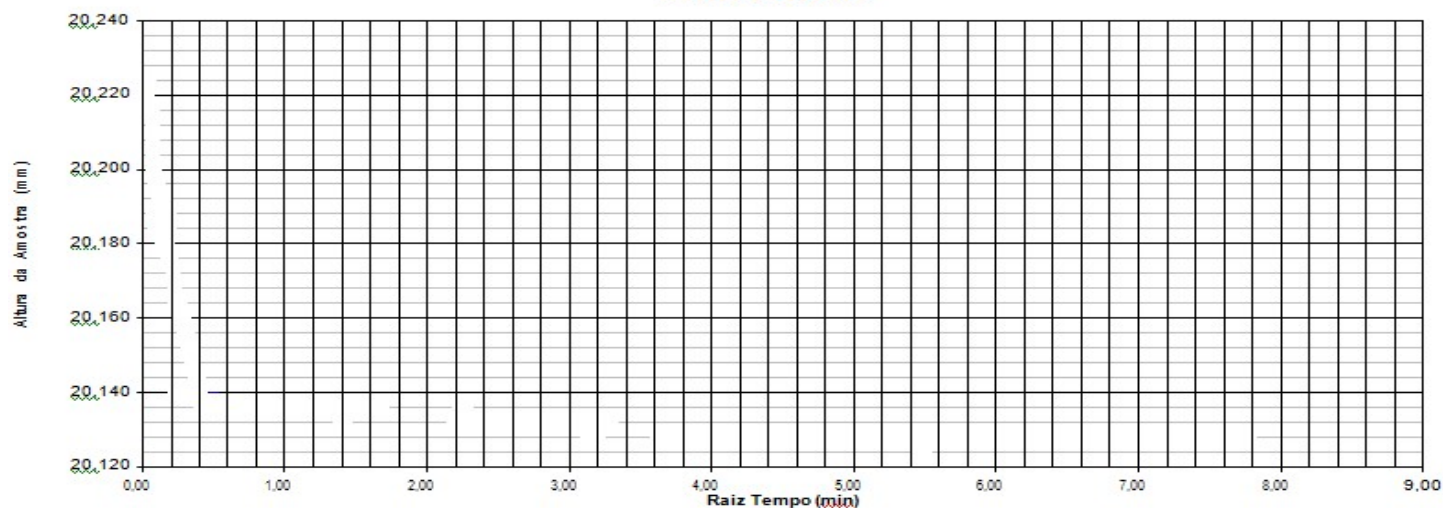
Ficha de
Ensaio
006

Folha 03/03

Adensamento

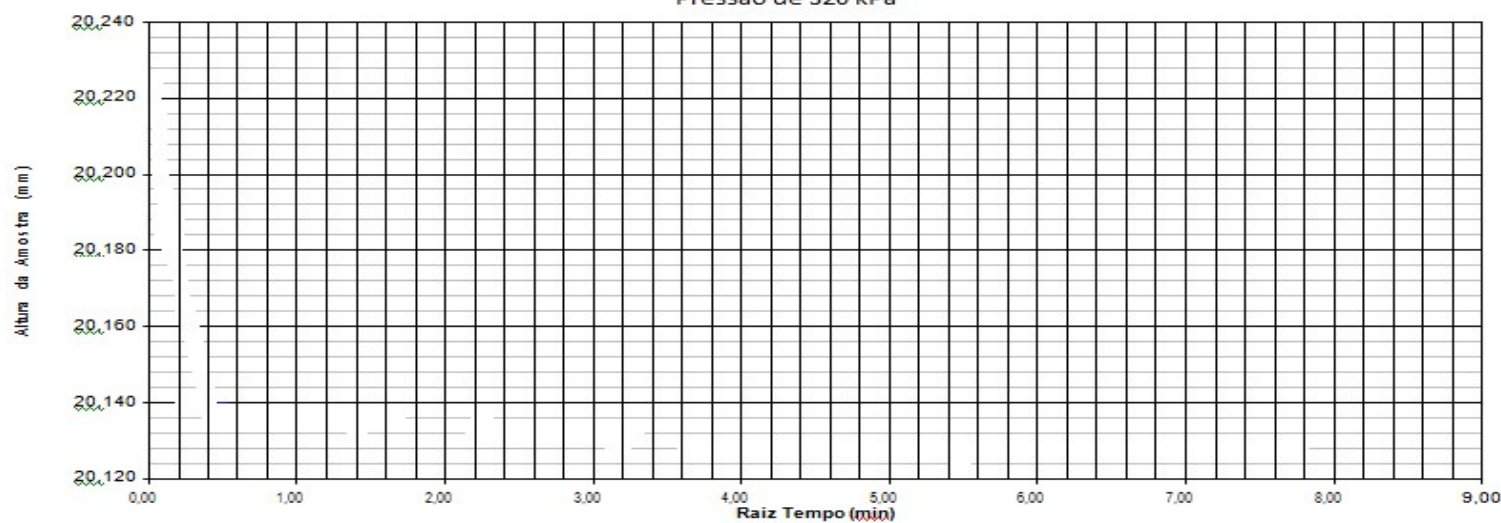
CURVA DE ADENSAMENTO

Pressão de 160 kPa



CURVA DE ADENSAMENTO

Pressão de 320 kPa



Obra:

Cliente:

Laboratorista:

Data do ensaio:

5. ENSAIO DE COMPRESSÃO NÃO CONFINADA (SIMPLES)

O ensaio de compressão simples visa a determinação de resistência à compressão não confinada de corpos de prova constituídos por solos coesivos, mediante aplicação de carga axial com controle de deformação.

5.1. Preparação da amostra

Os corpos de prova utilizados podem ser indeformados ou obtidos por compactação ou mesmo remoldagem.

5.2. Procedimento de ensaio

Os procedimentos para realizar a determinação da resistência ao cisalhamento seguem as orientações presentes na norma NBR 12770/92. E os dados obtidos devem ser apresentados na ficha de ensaio 007.

5.3. Cálculos

Deformação específica

$$\varepsilon = \frac{\Delta H}{H_0} \cdot 100$$

Onde:

ε = deformação específica (%);

ΔH = variação da altura do corpo de prova;

H_0 = altura inicial do corpo de prova;

Determinação da área corrigida

$$A = \frac{A_0 \cdot 100}{100 - \varepsilon}$$

Onde:

A = área corrigida;

A_0 = área inicial do corpo de prova;

ε = deformação específica (%).

5.4. Observações

- Informar se as amostras são indeformadas ou resultado de compactação ou remoldagem

6. ENSAIO DE COMPRESSÃO TRIAXIAL

É um ensaio para determinação da resistência ao cisalhamento dos solos, que possui como finalidade submeter a amostra a condições que simulem as existentes no campo de forma bastante segura.

6.1. Preparação da amostra

Moldadas em câmara úmida, as amostras para ensaio poderão ser indeformadas ou deformadas. Os corpos de prova deverão ser feitos ser cilíndricos e moldados de forma que a altura seja de 2(duas) a 2,5 (duas e meia) vezes maior que o diâmetro.

6.2. Procedimento de ensaio

Existem três tipos de ensaio de resistência à compressão triaxial: **CD**, adensado e drenado, regido pela norma ASTM D7181, **CU**, adensado e não drenado, regido pela norma ASTM D4767 e **UU**, não adensado e não drenado, regido pela norma ASTM D2850. Nessa apostila estudaremos a execução do ensaio triaxial lento (adensado e drenado), ensaio tipo CD, onde há permanente drenagem do corpo de prova. As etapas para realização do ensaio seguem as especificações determinadas na norma ASTM D7181. Os dados obtidos devem ser apresentados na ficha de ensaio 008.

6.3. Cálculos

a) Teor de umidade (%)

$$w = \frac{P_w}{P_s} \times 100$$

P_w = peso da água (g)

P_s = peso do solo seco (g)

b) Deformação axial específica (%)

$$\varepsilon = \frac{\Delta H}{H_0} \times 100$$

ΔH = variação da altura do corpo de prova (cm)

H_0 = altura inicial do corpo de prova (cm)

c) Deformação volumétrica (%)

$$\varepsilon_v = \frac{\Delta V}{V_0} \times 100$$

ΔV = variação do volume do corpo de prova (cm)

V_0 = volume inicial do corpo de prova (cm)

d) Área corrigida (cm²)

$$A = A_0 \cdot \frac{1 - \varepsilon_v}{1 - \varepsilon}$$

A_0 = área inicial do corpo de prova (cm²)

e) Tensão desviatória (kgf/cm²)

$$\Delta\sigma = \frac{F}{A} = \sigma_1 - \sigma_3$$

$\Delta\sigma$ = incremento de pressão axial (kgf/cm²)

F = carga axial (kgf)

A = área corrigida (cm²)

e) Tensão axial (kgf/cm²)

$$\sigma_1 = \Delta\sigma + \sigma_3$$

σ_1 = tensão axial (kgf/cm²)

σ_3 = tensão confinante (kgf/cm²)

f) Tensão efetiva (kgf/cm²)

$$\sigma' = \sigma - u$$

σ' = tensão efetiva (kgf/cm²)

σ = tensão total (kgf/cm²)

u = pressão neutra (kgf/cm²)

6.4. Observações

- Informar se as amostras são indeformadas ou resultado de compactação ou remoldagem;
- Informar o gráfico “Tensão desviatória x Deformação vertical” para cada tensão confinante solicitada;
- Apresentar a envoltória de resistência e os parâmetros de resistência obtidos através dela.



CENTRO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
UNIDADE CURVELO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
MECÂNICA DOS SOLOS II

**Ficha de
Ensaio
008**

Compressão Triaxial

Velocidade do ensaio (mm/min)		Cliente:				
Peso da Amostra (gf)		Laboratorista:				
Peso do Nivelador (gf)		Data do ensaio:				
Altura do Corpo de Prova (cm)		Observações:				
Diâmetro 1 (cm)						
Diâmetro 2 (cm)						
Diâmetro Médio (cm)						
Volume inicial (cm ³)						
Área inicial (cm ²)						
Teor de Umidade	Inicial	Final				
Cápsula N°						
Solo Úmido + Tara g						
Solo Seco+Tara g						
Tara g						
Solo Seco g						
Água g						
Umidade (w) %						
Média %						
Tensão Confinante (kgf/cm ²):						
Força (kgf)	Variação Volumétrica ΔV (cm ³)	Deformação Vertical ΔH (mm)	Área Corrigida	Tensão Desviatória (kgf/cm ²)	Deformação axial específica (%)	Deformação volumétrica (%)

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABNT. *NBR 6457 – Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização*. 1986

ABNT. *NBR 13292 – Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante*. 1995

ABNT. *NBR 14545 – Solo-Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável*. 2000.

ABNT. *NBR 12007– Solo - Ensaio de Adensamento unidimensional*. 1990.

ABNT. *NBR 12770– Solo coesivo -Determinação da resistência à compressão não confinada*.

ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTS AND METHODS. *ASTM D-3080: Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions*. Estados Unidos, 1998.

ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTS AND METHODS. *ASTM D-4767: Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils*. Estados Unidos, 2004.

ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTS AND METHODS. *ASTM D-7181: Method for Consolidated Drained Triaxial Compression Test for Soils*. Estados Unidos, 2011.

ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTS AND METHODS. *ASTM D-2850: Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils*. Estados Unidos, 2011.

PENA, Ana Lucia C. Cordeiro. *Notas de aula da Disciplina de Mecânica dos Solos I*. Belo Horizonte: PUC-MG.

PENA, Ana Lucia C. Cordeiro. *Notas de Aula da Disciplina Ensaios de Laboratório e Campo*. Belo Horizonte: PUC-MG.