

# Estudo do Comportamento Mecânico de uma Areia-Siltosa na Região de Bragança: Ensaio Triaxial

Rafael Augusto Palmeira

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e de Gestão,  
para obtenção do Grau de Mestre em: Engenharia da Construção.

Versão após defesa pública.

Orientado por:

**António Miguel Verdelho Paula**  
**Manuel Joaquim da Costa Minhoto**

Bragança

2019/2020



# **Estudo do Comportamento Mecânico de uma Areia-Siltosa na Região de Bragança: Ensaio Triaxial**

**Rafael Augusto Palmeira**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e de Gestão,  
para obtenção do Grau de Mestre em: Engenharia da Construção.

**Relatório da UC de Projeto  
Mestrado em Engenharia Construção  
Escola Superior de Tecnologia e Gestão**

Orientado por:

**António Miguel Verdelho Paula  
Manuel Joaquim da Costa Minhoto**

Bragança  
2019/2020



# Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus, pelas bênçãos derramadas todos os dias em minha vida, pois através de sua iluminação tive forças e sabedoria para concluir este trabalho.

Devo os mais sinceros agradecimentos a minha família, sendo meus pais, irmã e minha tia avó Nilsa, alicerces da minha vida, eles que sempre me apoiaram e dedicaram cuidados desde o meu nascimento, me guiando para os melhores caminhos e influenciando na tomada de melhores decisões e também são eles que muitas vezes expressaram palavras de carinho, incentivando a prosseguir com meus objetivos.

Agradeço aos amigos próximos, que me animaram, incentivaram e ajudaram a manter firme na execução desta dissertação. Gostaria de lembrar o nome dos que estiveram mais próximos durante o período que estive redigindo este trabalho, sendo Issan Pereira, Karina Andrade, Mariana Castanheiro, Otávio Conde e Thales Sbroglia.

Quero agradecer ao Instituto Politécnico de Bragança, instituição que me acolheu e disponibilizou recursos, estrutura e suporte para realizar todos os ensaios apresentados, também devo agradecer aos funcionários, em especial a engenheira Hermínia Morais e os técnicos responsáveis pelo laboratório de Geotecnia, que me ajudaram enquanto preparava os ensaios.

Agradeço aos colegas de curso, que estagiaram no laboratório e estiveram comigo ajudando a realizar os ensaios, são eles Lara Guizi, Micael Rubens e Nadine Martelozo.

Agradecimentos a todos os professores que fizeram parte da minha vida e compartilharam preciosos conhecimentos. Agradeço imensamente a meus orientadores, que tiveram paciência e cuidado em me guiar neste estudo, mas quero citar em especial o professor

PhD. António Miguel Verdelho Paula, que compartilhou seu conhecimento e sempre se prontificou em ajudar, quero citar o caso em particular dos ensaios, o mesmo sempre demonstrou muito interesse em me auxiliar durante toda a fase de realização dos mesmos, por tanto sou muito grato por sua contribuição.

Meus mais sinceros agradecimentos a todos os envolvidos.

# Resumo

O trabalho proposto caracteriza mecanicamente uma areia-siltosa da região de Bragança, através de ensaios laboratoriais de identificação e ensaios triaxiais, com objetivo de apresentar o comportamento drenado e não drenado das amostras, realizando a comparação dos resultados em amostras indeformadas recolhidas in-situ e reconstituídas em laboratório, também há a apresentação de todos os procedimentos do ensaio triaxial, demonstrando e relatando todas as particularidades do equipamento usado nos testes. O ensaio triaxial é um teste de laboratório direcionado para a caracterização mecânica de solos, fornecendo a resistência ao corte e a rigidez do solo para a realização de projetos geotécnicos. No ensaio triaxial há vantagens em relação a outros ensaios com mesmo propósito, pois possui controle de drenagem da amostra e medição da poro pressão ao longo de todas as fases do ensaio. O ensaio triaxial disponibiliza os parâmetros de resistência, como o ângulo de atrito interno, a coesão drenada, e não drenada. As amostras são isoladas em uma membrana de borracha, após as devidas preparações a mesma é saturada, consolidada e por fim submetida a corte, valendo ressaltar que há três variações de ensaio, sendo o consolidado drenado (CD), consolidado não-drenado (CU) e não consolidado não drenado (UU). Todas estas possibilidades serão testadas em laboratório em uma areia-siltosa da região de Bragança. Como resultado final analisou o seu comportamento in-situ, por meio das amostras indeformadas, buscando comparar com resultados obtidos nas amostras reconstituídas em laboratório, no entanto houveram diferenças relativas a consolidação de cada amostra, valendo ressaltar que todas as amostras possuem o mesmo volume e valores aproximados de teor em água, apesar da comparação de resultados estar prejudicada e o solo testado não ser o ideal para todas as variações de ensaio, ao decorrer de toda a

dissertação está contida todas as particularidades encontradas no ensaio e as experiências adquiridas com o uso do equipamento.

**Palavras-chave:** triaxial; caracterização geotécnica; amostragem; ensaios laboratoriais.

# Abstract

The proposed work mechanically characterizes a silty sand from the region of Bragança, through laboratory tests of identification and triaxial tests, with the objective of presenting the drained and undrained behavior of the samples, performing the comparison of the results in undisturbed samples collected in-situ and reconstituted in laboratory, there is also a presentation of all the procedures of the triaxial test, demonstrating and listing all the peculiarities of the equipment used in the tests. The triaxial test is a laboratory test aimed at the mechanical characterization of soils, providing cut resistance and soil stiffness for carrying out geotechnical projects. In the triaxial test, there are advantages in relation to other tests with the same objective, as it has control of sample drainage and pressure pore measurement throughout all phases of the test. The triaxial test provides resistance parameters, such as the angle of internal friction, drained and undrained cohesion. The samples are isolated on a rubber membrane, after the preparations are saturated, consolidated and finally cut, it is worth mentioning that there are three types of tests, the consolidated being drained (CD), consolidated not draining (CU) and the unconsolidated undrained (UU). All of these possibilities will be tested in a silty sand laboratory in the region of Bragança. With the final result, his behavior in situ was analyzed, using undisturbed samples, trying to compare with the results obtained in samples reconstituted in the laboratory, but there were differences regarding the consolidation of each sample, it is worth mentioning that all samples have the same volume and approximate values to the water content, although the comparison of the results is impaired and the soil is not ideal for all tests, throughout the dissertation is contained particularities shown in the tests and in the experiences acquired with the use of the equipment.

**Keywords:** triaxial; geotechnical characterization; sampling; laboratory tests.

# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Enquadramento Teórico . . . . .	1
1.2	Objetivos . . . . .	3
1.3	Metodologia . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Ensaaios Laboratoriais de</b>	
	<b>Caracterização Mecânica de Maciços Terrosos</b>	<b>5</b>
2.1	Considerações Iniciais . . . . .	5
2.2	Generalidades de Ensaaios Laboratoriais de Caracterização Mecânica e Deformabilidade de Solos . . . . .	6
2.3	Ensaio de Corte Direto . . . . .	8
2.3.1	Generalidades . . . . .	8
2.3.2	Particularidades do Ensaio . . . . .	10
2.4	Ensaio de Corte Direto Simples . . . . .	12
2.4.1	Generalidades . . . . .	12
2.4.2	Particularidades do Ensaio . . . . .	12
2.5	Ensaio de Corte Rotativo . . . . .	14
2.5.1	Generalidades . . . . .	14
2.5.2	Particularidades do Ensaio . . . . .	15
2.6	Ensaio Edométrico . . . . .	15
2.6.1	Generalidades . . . . .	15

2.6.2	Particularidades do Ensaio . . . . .	16
2.7	Ensaio Triaxial . . . . .	17
2.7.1	Generalidades . . . . .	17
2.7.2	Particularidades do Ensaio . . . . .	17
2.7.3	Ensaio Consolidado não Drenado (CU) e Consolidado Drenado (CD) . . . . .	19
2.7.4	Ensaio não consolidado não Drenado (UU) . . . . .	21
2.8	Considerações Finais . . . . .	22
<b>3</b>	<b>Metodologia de Trabalhos</b>	<b>23</b>
3.1	Considerações Iniciais . . . . .	23
3.2	Amostragem . . . . .	25
3.2.1	Local de Retirada das Amostras . . . . .	26
3.2.2	Preparo em Laboratório . . . . .	28
3.3	Caracterização Física e Classificação do Solo . . . . .	32
3.3.1	Pesos Volúmicos e Teor em Água . . . . .	33
3.3.2	Ensaio de Compactação Proctor . . . . .	33
3.3.3	Determinação do Índice de Vazios e Compacidade . . . . .	34
3.3.4	Análise Granulométrica . . . . .	36
3.3.5	Limites de Consistência . . . . .	38
3.3.6	Classificação Unificada de Solos . . . . .	41
3.4	Equipamento do Ensaio Triaxial . . . . .	42
3.4.1	Máquina Eletromecânica de Teste . . . . .	42
3.4.2	Unidade de Pressão . . . . .	43
3.4.3	Unidade de Variação de Volume . . . . .	44
3.4.4	Sistema de Aquisição de Dados . . . . .	45
3.4.5	Sistema de Água . . . . .	46
3.4.6	Células Triaxiais e Acessórios . . . . .	47
3.5	Considerações Finais . . . . .	49

<b>4</b>	<b>Ensaio Triaxial - Resultados de Ensaios</b>	<b>50</b>
4.1	Considerações Iniciais . . . . .	50
4.2	Ensaio Consolidado não Drenado (CU) e Consolidado Drenado (CD) . . . . .	51
4.2.1	Montagem da Amostra no Equipamento . . . . .	51
4.2.2	Saturação . . . . .	60
4.2.3	Consolidação . . . . .	63
4.2.4	Rotura da Amostra . . . . .	65
4.3	Ensaio não Consolidado não Drenado . . . . .	67
4.4	Resultados e Análises . . . . .	68
4.4.1	Ensaio Consolidado não Drenado . . . . .	68
4.4.2	Ensaio Consolidado Drenado . . . . .	75
4.4.3	Ensaio não Consolidado não Drenado . . . . .	80
4.5	Considerações Finais . . . . .	83
<b>5</b>	<b>Conclusões</b>	<b>85</b>
5.1	Conclusão . . . . .	85
5.2	Sugestões para Trabalhos Futuros . . . . .	87
	<b>Bibliografia</b>	<b>88</b>
<b>A</b>	<b>Anexos - Caracterização Mecânica</b>	<b>A1</b>

# Lista de Tabelas

3.1	Metodologia de trabalhos para a execução do ensaio triaxial . . . . .	24
3.2	índices físicos das amostras indeformadas . . . . .	30
3.3	Dados de amostras reconstituídas . . . . .	32
3.4	Resultados: pesos volúmicos e teor em água . . . . .	33
3.5	Resultados do ensaio de compactação proctor. . . . .	33
3.6	Índice de compactidade relativa. . . . .	35
3.7	Classificação do solo pelo índice de plasticidade.[7] . . . . .	39
3.8	Classificação do solo pelo índice de consistência. . . . .	40
3.9	Classificação quanto ao grau de atividade da argila presente no solo. . . . .	40
3.10	Nomenclatura da classificação unificada de solos pela (ASTM D 2487-98,[28]).	41
4.1	Índices físicos - Ensaio consolidados não drenados . . . . .	68
4.2	Tensões atuantes nas amostras no fim da consolidação - Ensaio consolidados não drenados . . . . .	69
4.3	Dados relativos a rotura - Ensaio consolidados não drenados. . . . .	71
4.4	Parâmetros de resistência mecânica - Ensaio consolidados não drenados . . . . .	73
4.5	Índices físicos - Ensaio consolidados drenados. . . . .	75
4.6	Tensões no fim da consolidação - Ensaio consolidados drenados . . . . .	76
4.7	Dados relativos a rotura - Ensaio consolidados drenados. . . . .	78
4.8	Parâmetros de resistência mecânica - Ensaio consolidado drenado (reconstituídas). . . . .	80
4.9	Índices físicos - Ensaio não consolidados não drenados. . . . .	81

4.10 Parâmetros de rotura - Ensaio não consolidado não drenado. . . . .	82
---	----

# Lista de Figuras

1.1	Amostragens após ensaio triaxial. . . . .	2
1.2	Sistema de ensaio triaxial,[30]. . . . .	3
2.1	Esquema simplificado do processo de dimensionamento de estruturas geotécnicas com base em ensaios de laboratório,[19]. . . . .	8
2.2	(a) Representação esquemática da caixa de corte; (b) representação gráfica da tensão de corte com o deslocamento horizontal; (c) representação gráfica do deslocamento vertical com o deslocamento horizontal, [15]. . . . .	9
2.3	Rotação das tensões principais num ensaio de corte direto,[19]. . . . .	11
2.4	Representação do ensaio de corte direto simples[9]. . . . .	13
2.5	Equipamento de corte rotativo. . . . .	14
2.6	Representação do ensaio edométrico. . . . .	16
2.7	Representação da Câmara Triaxial. . . . .	18
2.8	Rotura de amostra após ensaio triaxial . . . . .	20
3.1	Imagem via satélite do local da retirada de amostras. . . . .	26
3.2	a) Perfil do patamar de retirada de amostras; b) Regularização mecânica do patamar de retirada de amostras. . . . .	27
3.3	a) Regularização manual do patamar de retirada de amostras; b) Cravação dos amostradores. . . . .	27
3.4	a) Retirada das amostras; b) Amostras embaladas após a retirada. . . . .	28
3.5	a) Amostra embalada; b) Amostra sendo nivelada; c) Amostra após nivelamento. . . . .	28

3.6	a) Amostra na base de retirada; b) Amostra sendo retirada; c) Amostra após retirada. . . . .	29
3.7	a) Pesagem do solo; b) Pesagem da água. . . . .	31
3.8	a) Adição de água no solo; b) Mistura manual do solo. . . . .	31
3.9	Amostra reconstituída após desmoldagem. . . . .	32
3.10	Gráfico de análise granulométrica. . . . .	36
3.11	Equipamento triaxial do laboratório de geotecnia do IPB. . . . .	42
3.12	Máquina eletromecânica de teste. . . . .	43
3.13	Unidade de pressão constante. . . . .	44
3.14	Unidade de mudança de volume. . . . .	45
3.15	a) Transdutores de pressão b) Unidade de registro de dados c) Interface do software CU e CD. . . . .	46
3.16	a) Painel de controle, reservatórios e filtro de ar. b) Bomba de vácuo. . . .	47
3.17	Células triaxiais. . . . .	48
3.18	Acessórios. . . . .	48
4.1	Amostra com os filtros e pedra porosa. . . . .	54
4.2	Amostra com adaptador de topo e conexão da contra pressão. . . . .	55
4.3	a) Amostra após colocação da membrana b) Amostra com a membrana e as o-rings instaladas c) Amostra dentro da câmara triaxial. . . . .	56
4.4	a) Câmara triaxial instalada na máquina eletromecânica de teste. . . . .	57
4.5	Dados relativos a amostra reconstituída no ensaio CU para 150kPa. . . . .	59
4.6	Dados relativos a amostra reconstituída no ensaio CU para 150kPa. . . . .	60
4.7	Interface do software - Saturação (Pressão de câmara). . . . .	61
4.8	Interface do software - Saturação (contra pressão). . . . .	62
4.9	Interface do software - Amostra saturada. . . . .	63
4.10	Interface do software - Consolidação. . . . .	64
4.11	Interface do software - Rotura da amostra. . . . .	66

4.12	Gráficos de amostras consolidadas não drenadas. a) Tensão de desvio x Extensão axial (reconstituídas). b) Pressão neutra x Extensão axial (reconstituídas). c) Tensão de desvio x Extensão axial (indeformadas). d) Pressão neutra x Extensão axial (indeformadas). . . . .	70
4.13	Círculos de Mohr - Ensaios consolidados não drenados; a) Amostras reconstituídas b) amostras indeformadas. . . . .	73
4.14	Resistência não drenada x Tensão de consolidação efetiva - Ensaios consolidados não drenados. . . . .	75
4.15	Gráficos de amostras consolidadas drenadas. a) Tensão de desvio x Extensão axial (reconstituídas). b) Deformação volumétrica x Extensão axial (indeformadas). . . . .	77
4.16	Amostras reconstituídas. . . . .	79
4.17	Gráfico Tensão de desvio x Extensão axial - Ensaios não consolidados não drenados. . . . .	81
4.18	Cículo de Mohr em tensões totais: a) Amostras reconstituídas b) Amostras indeformadas. . . . .	83

# Simbologia

$A_f$  - Parâmetro de tensão neutra

$A_t$  - Atividade de um mineral de argila

B - Parâmetro de Skempton

$c$  - Coesão do solo

$c'$  - Coesão não drenada no solo

$C_c$  - Coeficiente de curvatura

$C_u$  - Coeficiente de Uniformidade

$C_U$  - Resistência não drenada do solo

$D_{10}$  - Diâmetro efetivo, dimensão correspondente a 10% de material passado numa curva granulométrica

$D_{30}$  - Diâmetro efetivo, dimensão correspondente a 30% de material passado numa curva granulométrica

$D_{60}$  - Diâmetro efetivo, dimensão correspondente a 60% de material passado numa curva granulométrica

$\Delta\sigma_{1f}$  - Variação de tensão vertical

$\Delta_u$  - Variação de pressão neutra

$\varepsilon$  - Extensão axial

$e_0$  - Índice de vazios natural

$e_{máx}$  - Índice de vazios máximo

$e_{min}$  - Índice de vazios mínimo

$\phi$  - Ângulo de atrito  
 $\phi'$  - Ângulo de atrito efetivo  
G - Densidade das partículas sólidas  
 $\gamma$  - Peso volúmico do solo  
 $\gamma_{nat}$  - Peso volúmico do solo em estado natural  
 $\gamma_{otm}$  - Peso volúmico do solo com teor ótimo de água  
 $\gamma_s$  - Peso volúmico das partículas sólidas  
 $I_c$  - Índice de consistência  
 $I_d$  - Índice de deformabilidade  
 $I_P$  - Índice de plasticidade  
 $k_0$  - Coeficiente de impulso de repouso  
LL - Limite de liquidez  
LP - Limite de plasticidade  
ML - Silte de baixa plasticidade  
N - Força axial  
 $\sigma$  tensão normal  
S Grau de saturação máxima no solo  
 $\sigma_1$  Tensão vertical total  
 $\sigma'_1$  Tensão vertical efetiva  
 $\sigma_{1f}$  Tensão vertical total na rotura  
 $\sigma'_{1f}$  Tensão vertical efetiva na rotura  
 $\sigma_3$  Tensão horizontal total  
 $\sigma'_3$  Tensão horizontal efetiva  
 $\sigma_{3f}$  Tensão horizontal total na rotura  
 $\sigma'_{1f}$  Tensão horizontal efetiva na rotura  
SM - Areia siltosa  
T - Força horizontal transversa  
 $\tau$  - Tensão de corte  
 $\tau_{máx}$  - Tensão de corte máxima

$\tau_{res}$  - Tensão de corte residual  
 $u_0$  - Pressão neutra em repouso  
 $w$  - Teor em água  
 $W$  - Massa húmida  
 $w_0$  - Teor em água natural  
 $W_h$  - Massa de húmida  
 $W_s$  - Massa seca  
 $W_w$  - Massa de água  
ASTM - American Society for testing Materials  
CD - Consolidado drenado  
CU - Consolidado não drenado  
IPB - Instituto Politécnico de Bragança  
LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil  
NGI - Instituto Norueguês de Geotecnia  
NP - Norma Portuguesa  
UU - Não consolidado não drenado



# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Enquadramento Teórico

Dentro do campo da engenharia civil é necessário o devido conhecimento do solo, pois o mesmo está presente em toda e qualquer obra, ter isto em mente evita problemas futuros como desmoronamentos, rompimentos e deformações em estruturas, ou seja, auxilia para que os estados limites últimos e de utilização não sejam garantidos devido a falhas geotécnicas.

Tendo em vista tamanha importância e complexidade, há uma área específica para estudar os efeitos do solo e rochas, a engenharia geotécnica, ela tem como objetivo determinar características físicas e mecânicas do solo, buscando informações válidas que prevejam o comportamento dos maciços terrosos ao receberem esforços provenientes das estruturas presentes na engenharia civil, também é essencial verificar outros fatores, que estão localizados ao redor e influenciam diretamente nestes aspetos, como por exemplo níveis freáticos, presença de vegetação e relevo local.

Conhecer de maneira consolidada as devidas características dos solos presentes em uma obra, acarreta em tomadas de decisão mais seguras e económicas, analisando melhores locais de implantação, tendo o poder de optar pelo devido tipo de fundação se for o caso, escolha consciente de materiais e conseqüentemente gerando maior velocidade de execução,

sendo assim é de suma importância recorrer a inclusão das tecnologias disponíveis no mercado, a fim de cumprir as exigências normativas, que com o passar dos tempos veem se tornando cada vez mais rígidas e precisas.

No entanto não é nada simples determinar estas características, pois não há um solo igual, são heterogêneos e anisótipos, cada um apresenta um comportamento diferente, mesmo que estejam submetidos as mesmas condições físicas e de tensões, caso que não ocorre na natureza, tornando ainda mais difícil prever os devidos resultados. Por isso são utilizados diversos métodos de estudos e ensaios, baseados em teorias clássicas e modernas que buscam as devidas respostas com a maior precisão possível e se derivam em novas análises e tecnologias.

Dentro destas respostas, vale ressaltar a busca pela capacidade resistente de um maciço terroso, ou seja, qual a capacidade de carga sem perder sua estabilidade e causar danos as obras ao seu redor. Esta capacidade é traduzida pela resistência ao corte, quando a resistência é excedida toda a massa de solo se rompe (CAPUTO, 1988, [7]). E para determinar essa resistência foram desenvolvidos os equipamentos de ensaio triaxial, estes possuem grande relevância, proporcionando melhorias nos dimensionamentos de obras geotécnicas.

O ensaio triaxial analisa uma determinada porção de solo, sob diferentes cargas e condições de drenagem. Estas condições são representativas do tipo de rotura que o solo pode sofrer em campo (Georgetti, 2010,[6]). Segundo Henkel e Bishop (1967),[1], as principais vantagens da análise dos solos mediante uso de equipamento triaxial são: controle das condições de drenagem e a possibilidade de medir a pressão de poro. A figura 1.1 a seguir demonstra provetes rompidos após o ensaio traxial.



Figura 1.1: Amostragens após ensaio triaxial.

## 1.2 Objetivos

A realização deste trabalho de estudo visa realizar ensaios triaxiais em amostras indeformadas e amostras reconstituídas de um solo arenoso-siltoso da região de Bragança, através das três variedades possíveis de ensaio, sendo a compressão consolidada drenada (CD), consolidada não drenada (CU) e não consolidada não drenada (UU).

Os ensaios foram aplicados em amostras reconstituídas e indeformadas com dimensão de 70 mm de diâmetro e 140 mm de altura, constituídas por Areia-Siltosa da região de Bragança, buscou realizar cada ensaio para três situações distintas de tensão e comparar os resultados das duas variedades de amostragem, analisando as diferenças obtidas nos resultados de amostras reconstituídas e indeformadas.

Para além de caracterizar mecanicamente o solo, previamente foram efetuados ensaios de caracterização física afim de executar uma correta classificação, estão demonstradas todas as etapas desde a amostragem em campo até os devidos tratamentos dentro do laboratório de geotecnia do Instituto Politécnico de Bragança. Por último, como segundo objetivo, também foi demonstrado e relatado todas as particularidades do equipamento utilizado para testes. A seguir pode ser visualizado na figura 1.2, um sistema de ensaio triaxial idêntico ao utilizado neste trabalho de estudo.



Figura 1.2: Sistema de ensaio triaxial,[30].

## **1.3 Metodologia**

O presente trabalho de estudo divide-se em 5 capítulos, abordando ensaios laboratoriais com foco nos de caracterização mecânica e detalhando o funcionamento do ensaio triaxial, cujo objetivo é de analisar um solo arenoso-siltoso da região de Bragança e determinar parâmetros de resistência ao corte.

No primeiro capítulo contém uma breve contextualização da importância dos ensaios laboratoriais geotécnicos para a construção civil, no segundo capítulo é demonstrado como são os métodos de funcionamento de ensaios mecânicos, com suas particularidades e a vantagem de serem fortes aliados aos ensaios de campo, decorreu de maneira mais abrangente no ensaio triaxial, pelo fato de ser o foco do estudo.

O terceiro capítulo demonstra o programa de trabalho adotado na realização dos ensaios mecânicos, abordando o processo de retirada de amostras indeformadas, e porções de solo destinadas a reconstituição e caracterização física do solo em estudo, no mesmo demonstrou alguns parâmetros físicos importantes e classificou o solo baseando-se em normativas pertinentes. No capítulo três também abordou o equipamento de ensaio triaxial, referindo cada parte do equipamento e explicando suas funcionalidades.

O quarto capítulo é destinado para demonstrar todo o processo do ensaio triaxial, abordando os procedimentos indicados por norma e relatando as particularidades de cada etapa, nele contém as maiores dificuldades enfrentadas durante a realização do estudo e as decisões tomadas para concretizar os ensaios, em seu final estão apontado os resultados com comentários a respeito dos mesmos.

No quinto capítulo estão tecidas as conclusões relativas ao estudo, com indicações de possíveis trabalhos futuros a serem feitos em cima desta temática que podem agregar conhecimento ao assunto.

# Capítulo 2

## Ensaio Laboratoriais de Caracterização Mecânica de Maciços Terrosos

### 2.1 Considerações Iniciais

Atualmente a sociedade é cada vez mais competitiva, sendo assim é inevitável que a engenharia civil não esteja imersa neste meio, as grandes obras exigem controles precisos de qualidade e para que isso seja possível, torna-se necessário a busca de informações cada vez mais fiáveis. Levando em consideração que as construções são normalmente executadas sobre o solo, é fundamental conhecer o comportamento de tal material.

Durante muito tempo as regras de construção foram essencialmente empíricas e baseadas na experiência dos construtores, transmitidas de geração em geração, construindo-se apenas em zonas que se consideravam seguras e aptas para tal, ao longo do tempo esta tendência tem-se invertido e hoje a construção assenta em regras mais ou menos precisas, permitindo a construção em locais onde antes era impensável.

Vale ressaltar que para construir em qualquer local, com a devida confiança e segurança é necessário adotar medidas que possibilitem e assegurem corretamente estas medidas, isso

torna-se possível através da modelação do meio em que vai se trabalhar, recorrendo as teorias da mecânica dos solos, porém antes mesmo de aplicar tais teorias é fundamental o conhecimento do máximo de parâmetros relacionados ao solo, sendo eles físicos, hidráulicos e mecânicos.

Uma possível forma de determinar os referidos parâmetros, é através da recolha de amostra em campo do maciço, sendo elas deformada ou indeformadas, para logo após serem transportados para laboratório onde se pode proceder com ensaios normalizados que estimam com alta fiabilidade todos os parâmetros pretendidos. Estes ensaios laboratoriais, podem ser descritos como simulações de condições controladas para se determinar o que se passa "in-situ".

Podem ser feitos diversos ensaios para estimar o que irá ocorrer em obra, evitando surpresas quanto ao comportamento de um maciço terroso, e com essas características em mãos é realizado um planeamento adequado, conseqüentemente aumentando as hipóteses de sucesso. É importante referir que para os mais diversos tipos de solo, é necessário fazer a escolha correta quanto ao ensaio que será utilizado, pois cada solo apresenta comportamentos diferentes fazendo-se necessário abordagens distintas em seu estudo.

## **2.2 Generalidades de Ensaios Laboratoriais de Caracterização Mecânica e Deformabilidade de Solos**

É explícito como todas as estruturas relacionadas a engenharia civil provocam estados de tensão aos maciços terrosos com que interagem, constatando também mudanças consideráveis ao estado de repouso dos mesmos. Tratando de dimensionamento, estes são aspetos de grande importância, pois ligam diretamente ao estado limite último e estado limite de utilização, ambos devem garantir uma margem de segurança com relação as tensões aplicadas ao solo.

No primeiro caso é verificado que não haja deformações infinitas, ou seja, o colapso

global do maciço, já o segundo limite garante que a interação solo-estrutura mantenha deformações aceitáveis, sem afetar as funcionalidades da própria estrutura, ou até mesmo das implantadas ao redor. Vale levar em conta, que durante o dimensionamento é de suma importância se atentar a sensibilidade de trazer as tensões para um meio termo entre as duas situações, para não construir obras super dimensionadas devido ao limite último.

Como constatado, os engenheiros necessitam de conhecer tais informações para prosseguir com dimensionamentos e concepções de novas estruturas. Os limites citados acima são transcritos respectivamente pela resistência e rigidez do maciço terroso, para ter tais valores em mãos, podem ser utilizados ensaios de laboratório, que buscam transcrever da melhor forma possível os dados acima expostos, esta transcrição é denominada por caracterização do comportamento mecânico dos solos.

O comportamento mecânico de um solo engloba todos os aspectos do seu comportamento relacionados, direta ou indiretamente, com os processos de mobilização de resistência ao corte, variação de volume e deformação (Prietto, 1996, [24]).

Existem vários ensaios de laboratório, cada um pode apresentar diferentes informações sob diferentes perspectivas, ou até mesmo chegarem a valores próximos com distintos procedimentos, sendo que todos tem em comum o fato de serem realizados por meio de amostragens retiradas em campo, sendo elas reconstituídas ou indeformadas. Estas amostras tem como objetivo trazer uma visão global do maciço terroso por meio de diferentes frações do solo.

Os processos laboratoriais podem ser representados pelo esquema da figura 2.1 e explicado a seguir:

1. No campo, recolha de amostras indeformadas;
2. No laboratório, submissão de ensaios que determina os estados de tensão, deformação e condições de drenagem controladas;
3. A resposta do solo é então passível de interpretação relativamente simples, que conduz à obtenção dos chamados parâmetros de resistência, que definem os estados de tensão que provocam num elemento de solo a rotura, a interpretação dos ensaios permite ainda caracterizar as relações tensões-deformações na fase prévia à mobilização da resistência,

ou, simplesmente, os parâmetros de deformabilidade;

4. Estes parâmetros de resistência e de deformabilidade são depois usados nas teorias e metodologias com que se procura satisfazer, em cada caso, os dois limites acima mencionados.

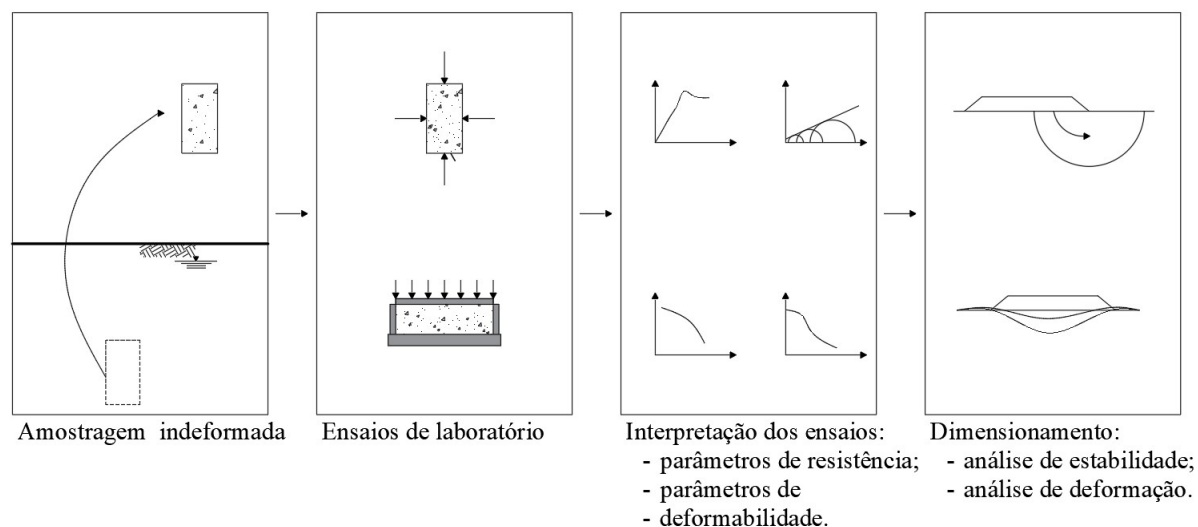


Figura 2.1: Esquema simplificado do processo de dimensionamento de estruturas geotécnicas com base em ensaios de laboratório,[19].

O esquema apresentado não é única forma de se obter tais informações, pode se recorrer a ensaios in-situ. Sequencialmente será apresentado os distintos ensaios laboratoriais, suas metodologias de trabalho com ênfase em suas particularidades.

## 2.3 Ensaio de Corte Direto

### 2.3.1 Generalidades

Um ensaio mais antigo e simples, que até os tempos de hoje ainda é muito utilizado para definir a resistência ao corte em solos, o mesmo se baseia nos critérios de Mohr-Coulomb. Para realizar o ensaio aplica-se tensão vertical no plano da amostra, através da ruptura causada na mesma é observada a tensão de corte longitudinal provocada. Na ocorrência do ensaio são utilizados provetes de solo em formato quadrangular com uma determinada espessura, o mesmo é colocado na caixa de corte assim como representado na figura 2.2(a).

Os principais fatores que envolvem este ensaio é a aplicação de forças verticais ( $N$ ) e o horizontais ( $T$ ), sendo a primeira definida antes do início do ensaio, a mesma é aplicada na parte superior da amostra por meio de um sistema de alavanca movida por pesos, esta força tem como objetivo provocar consolidação no solo testado e é constante ao longo de todo o ensaio. A segunda força é uma reação causada na parte superior do aparelho de corte direto, que é medida a cada instante por um anel dinamométrico, para causar esta reação é efetuada uma translação horizontal com velocidade constante na parte inferior da caixa de corte, sendo esta ação responsável por obter a resistência de pico de rotura do solo.

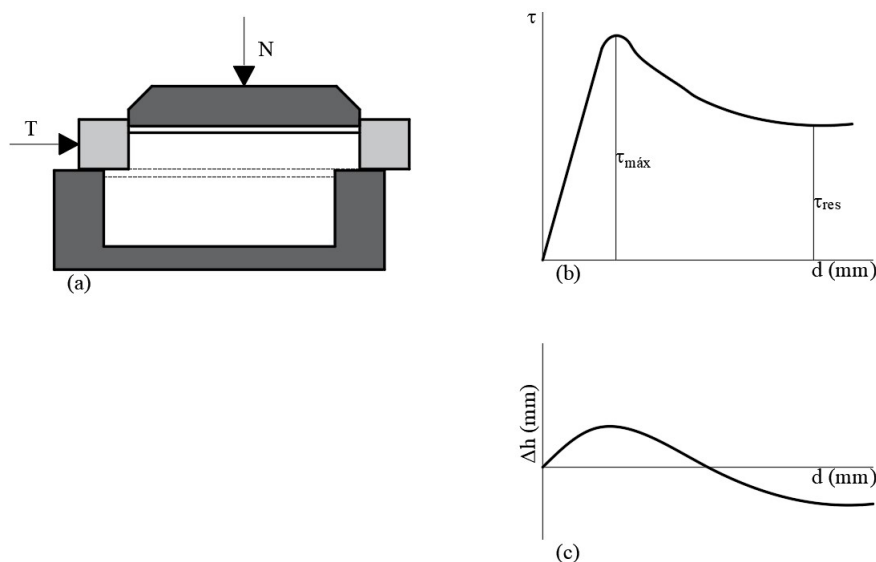


Figura 2.2: (a) Representação esquemática da caixa de corte; (b) representação gráfica da tensão de corte com o deslocamento horizontal; (c) representação gráfica do deslocamento vertical com o deslocamento horizontal, [15].

Os resultados são obtidos através das forças aplicadas, elas são divididas pela área de secção transversal do corpo de prova, sendo que o resultado desta divisão fornece as tensões  $\sigma$  (normal) e  $\tau$  (corte) sofrida pelo provete. A tensão  $\tau$  normalmente é expressa em função do deslocamento causado na amostra, com isso torna possível estimar tensão de rotura ( $\tau_{\text{máx}}$ ) e a tensão que o provete irá resistir após a rotura ( $\tau_{\text{res}}$ ), assim como representado pelo gráfico na figura (2.2(b)). O ensaio ainda pode fornecer informações relativas ao deslocamento vertical do provete e a alteração de volume durante o corte,

como descrito na figura (2.2(c)).

Todos os procedimentos para a execução deste ensaio estão definidos segundo as normas ASTM D-3080/D-3080M-11.

### **2.3.2 Particularidades do Ensaio**

Como já referido, o ensaio de corte direto é um ensaio mais antigo para determinar a resistência mecânica, sendo assim possui certas limitações se comparado ao ensaio triaxial, que acaba por ser mais moderno e completo, mas devido a sua facilidade ainda é muito empregado. Estas limitações implicam em suas particularidades, como por exemplo a impossibilidade de controlar as tensões iniciais e a pressão neutra do interior da amostra, isto é consequência de não haver possibilidade de aplicar leituras de drenagem na amostra.

Mesmo havendo tais limitações foram determinadas maneiras de contorná-las. Pode consolidar uma amostra em estado de tensão efetiva de repouso, basta aplicar a força  $N$ , como referido no tópico anterior e aguardar um tempo suficiente para que a tensão neutra seja dissipada, as normas pertinentes indicam um tempo de espera aproximado de 24 horas, vale ressaltar que há o empecilho de reproduzir condições de  $k_0$  na amostra, isto se dá pelo confinamento da mesma a caixa de corte.

O ensaio de corte direto pode conferir apenas tensões no plano de corte, sendo impossível a determinação das tensões em outros planos, como o exemplo das tensões principais e das respectivas direções. Acrescente-se que estas, a partir do momento em que a força tangencial atua sobre a amostra, experimentam naturalmente uma rotação progressiva em relação às direções vertical e horizontal (Matos Fernandes, 2006), [19]. Vale ressaltar o fator que o círculo de Mohr representado será hipotético, pois o único ponto conhecido são das tensão do plano de corte. Tais informações são representadas pela figura 2.3 e podendo ser melhor esclarecidas visualmente.

Outra dificuldade já indicada é a limitação de não controlar a pressão interna nem a drenagem ao longo das etapas de ensaio, isto trás problemas para tecer resultados, principalmente quando se trata de solos argilosos. Para contornar tais problemas, as

normas pertinentes sugerem o controle da velocidade de corte ao longo do ensaio, quando se quer resultados não drenados usa-se velocidades maiores, porém quando quer resultados drenados diminui-se a velocidade de aplicação de carga, para que deste modo haja tempo para dissipar a pressão neutra do interior da amostra, no entanto vale considerar que não é tão fiável em velocidades lentas, pois não haverá a garantia que houve a completa dissipação da pressão neutra.

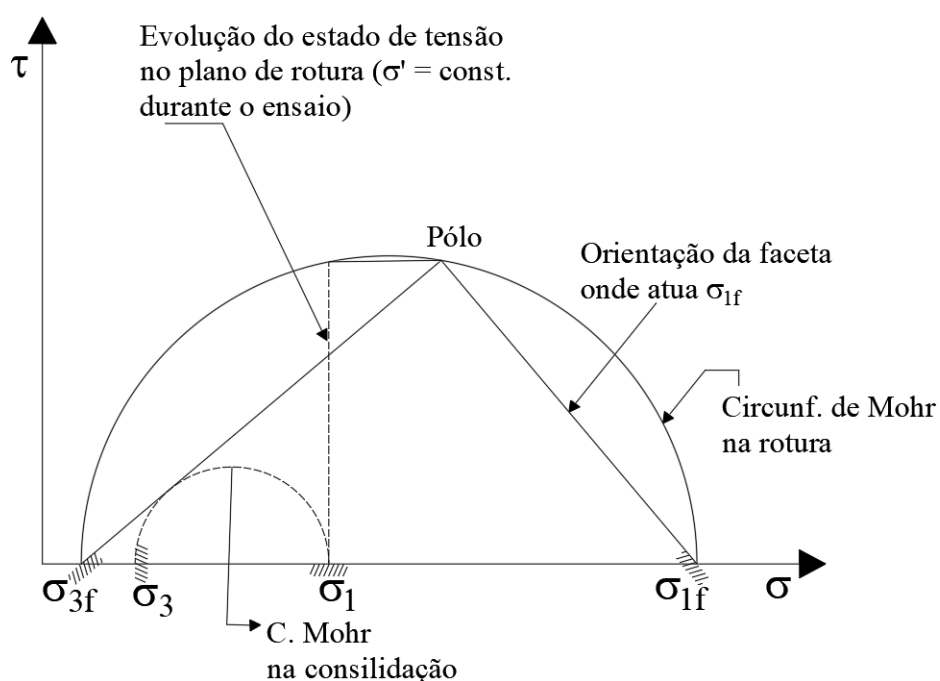


Figura 2.3: Rotação das tensões principais num ensaio de corte direto,[19].

A falta de heterogeneidade das deformações no plano de rotura da amostra também pode ser visto como uma imprecisão de resultados, isto justifica-se pelo fato das tensões serem maiores junto a aplicação da reação T, que conseqüentemente trás maiores deformações deste lado e influencia diretamente na rotura da amostra, pois o rompimento vai avançar das deformações mais elevadas até as menores, que é o sentido do deslocamento da meia caixa móvel. Este caso é designado como rotura progressiva, e isto pode influenciar na resistência de solos com rotura de pico, pois demonstra valores menores que o real.

Um outro caso a ser citado é a possibilidade de sobrestimar a resistência, e isso é acarretado quando o plano de rotura é imposto. Com efeito, já que as partículas têm espessura finita, a rotura exige que as que são intersectadas por aquele plano sejam arrancadas das posições iniciais, que em particular nos solos mais grossos exigirá a mobilização de forças significativas (Folque,1987,[12]).

É viável referir que a união do corte direto ao triaxial pode trazer benefícios, como a avaliação da dependência dos parâmetros de resistência em relação às condições de deformação, este benefício da-se devido a amostra estar em um estado plano de deformação no corte direto, por ficar confinada na caixa de corte.

## **2.4 Ensaio de Corte Direto Simples**

### **2.4.1 Generalidades**

O aparelho de corte direto simples foi criado posterior ao corte direto, e tem como objetivo resolver algumas falhas de seu antecessor, este ensaio foi desenvolvido por Landva e Bjerrum em 1960, no Instituto Norueguês de Geotecnia (NGI). O mesmo oferece o avanço de submeter uma amostra de solo a um estado de tensão e deformação uniforme, e ainda dá a possibilidade de aplicar cargas estáticas e cíclicas. Na figura (2.4) a seguir demonstra uma representação do funcionamento do corte direto simples.

Todos os procedimentos para este ensaio podem ser realizados em acordo com a norma ASTM D6528 - 17.

### **2.4.2 Particularidades do Ensaio**

A execução deste ensaio ocorre em amostras cilíndricas, a mesma será envolta em uma membrana de borracha, que possui o objetivo de impedir a deformação radial e permitir deformação vertical e corte simples, havendo ainda possibilidade de controlar as tensões neutra e drenagem na amostra. A amostra de solo é submetida a consolidação por etapas, sendo que quando se trata de amostragens super-consolidadas, as mesma serão carregadas

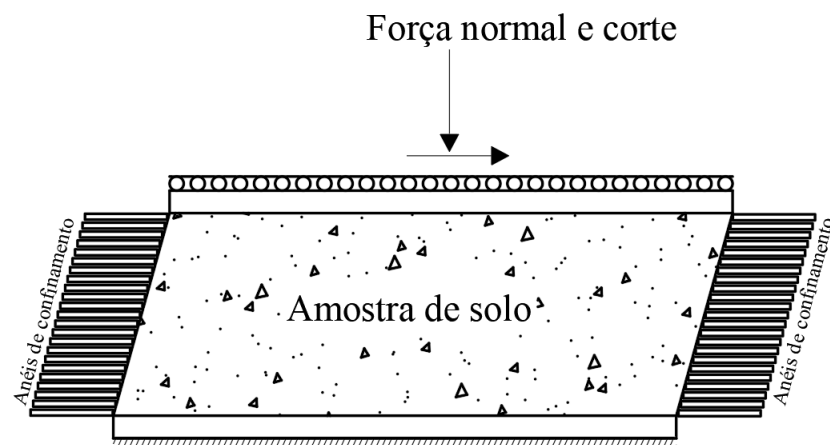


Figura 2.4: Representação do ensaio de corte direto simples[9].

até a tensão vertical máxima passada, para em seguida serem descarregadas e sofrerem corte, com isso obtém-se uma tensão horizontal representativa.

O ensaio possui a possibilidade de variar entre condições drenadas e não drenadas. A condição não drenada é executada mantendo a tensão vertical constante e garantindo que não haja variação na altura da amostra, sendo assim é esperado que também não haja variações no volume, tendo isto como base, afirma que qualquer mudança na tensão vertical resultará em uma mesma mudança de volume.

O teste também abre a possibilidade de controlar a carga estática e cíclica por meio da tensão, ou deformação aplicadas a amostra, submete-se a amostra a frequências variáveis de tensão/deformação cíclicas. Para determinar testes de fluência não drenados e drenados, basta sustentar uma tensão de cisalhamento horizontal na amostra e registrar a tensão cisalhante no tempo.

Apesar de ser intitulado como ensaio de corte simples, suas análises não correspondem realmente a este sinónimo, para que houvesse apenas corte simples em um estado de tensões isotrópicas, as tensões laterais deveriam se igualar as verticais, sendo que ambos seriam representáveis por uma única circunferência de mohr.

A realidade é que as tensões ao longo das paredes da amostra não podem ser medidas pelo equipamento, porém é suposto que sejam menores que a tensão vertical, isto faz com que surja excentricidade ao longo da amostra para compensar o momento gerado, a

consequência disto é a necessidade de traçar vários círculos de mohr para representar os diferentes estados de tensão no interior da amostra. De qualquer forma só é conhecido o estado de tensão na base da amostra, que de todas as formas ainda é designado com um valor médio.

Este ensaio apesar de ser criado para complementar falhas relativas a seu antecessor corte direto, ainda possui alguns aspetos que limitam a obtenção completa de resultados.

## 2.5 Ensaio de Corte Rotativo

### 2.5.1 Generalidades

Este é um outro modelo de ensaio criado a partir do corte direto, muitos testes foram realizados durante a década de 70, tornando ele reconhecido e definindo como uma excelente alternativa para analisar a resistência residual de solos argilosos em condições drenadas, seu diferencial com relação ao antecessor está na possibilidade de haver deslocamentos torcionais contínuos sem reversão em sua direção, sendo que graças a este fator o aparelho demonstrado na figura (2.5) permite medições precisas da resistência residual drenada em solos argilosos.

Todos os procedimentos para a execução deste ensaio podem ser vistos e seguidos segundo a norma ASTM D7608 - 18.



Figura 2.5: Equipamento de corte rotativo.

## **2.5.2 Particularidades do Ensaio**

As amostragens deste tipo de ensaio são montadas em provetes anelares, que possuem diâmetro externo de 100 mm e interno de 70 mm, com espessura de 5 mm. Assim como no ensaio de corte direto, também há a aplicação de tensões normais, mas neste, as tensões são aplicadas por meio de pesos colocados em um suporte que recebe o auxílio de uma alavanca, a carga fornecida pelos pesos é transmitida por meio da alavanca para uma placa anelar de bronze encaixada na parte superior da amostra.

A parte inferior da amostra irá rotacionar com uma velocidade escolhida antes do início do ensaio, sendo que a parte superior estará conectada a alavanca e será impedida de girar por receber reação de um par de anéis dinamométricos, e justamente estes anéis irão permitir a leitura das deformações ao longo do ensaio, para conseqüentemente medir a força resistente de corte.

## **2.6 Ensaio Edométrico**

### **2.6.1 Generalidades**

A principal utilização do ensaio edométrico é para determinar as características de consolidação de solos com baixa permeabilidade, como o exemplo das argilas. O mesmo exprime basicamente 2 parâmetros muito importantes, sendo o coeficiente de compressibilidade que é o quanto o solo é carregado e comprimido permitindo sua consolidação final, e o coeficiente de consolidação que indica a taxa de compressão, mais especificamente o tempo que o solo leva para a completa consolidação.

O que justifica sua maior utilização em solos de baixa permeabilidade como as argilas é precisamente o fator tempo, pois ao aplicar cargas neste tipo de solo seu assentamento completo pode levar grandes intervalos de tempo, variando de meses a anos, sendo assim é necessário prever o tempo que irá levar para haver a completa dissipação de pressão neutra e não gerar prejuízos as edificações que forem fundadas nestes solos.

Todos os procedimentos deste tipo de ensaio podem ser seguidos em acordo com a norma BS EN ISO 17892-5: 2017. Na figura (2.6) a seguir pode ser visualizado uma representação do funcionamento do ensaio referido.

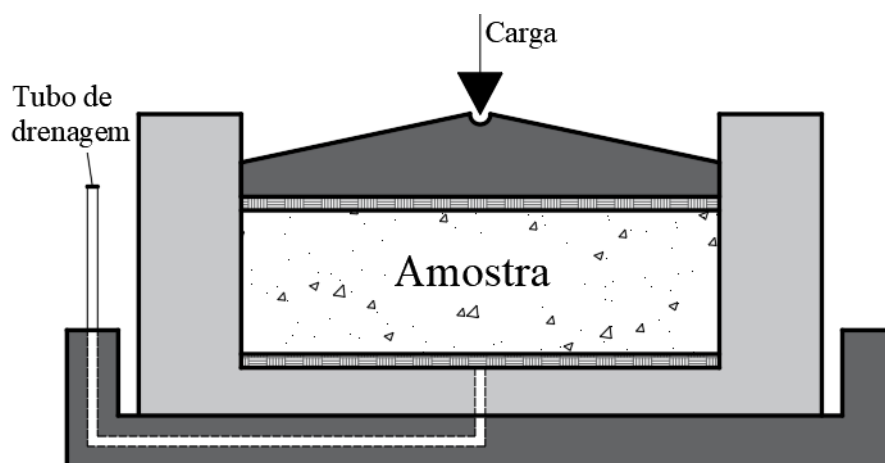


Figura 2.6: Representação do ensaio edométrico.

### **2.6.2 Particularidades do Ensaio**

Os testes ocorrem em um molde que possui a funcionalidade de apoiar rigidamente a amostra, há um invólucro externo preenchido de água na qual está imerso, na parte superior e inferior são feitas drenagens no provete e ainda há uma tampa responsável por realizar os carregamentos axiais. As amostras a serem utilizadas seguem padrões designados em norma, cujo medidas são de 75 mm de diâmetro e 20 mm de espessura.

Basicamente o ensaio acontece com a aplicação de cargas verticais em uma amostra confinada lateralmente. É acompanhado o deslocamento vertical da amostragem ao longo do tempo, as normas sugerem um acompanhamento de cerca de 24 horas, sendo que há intervalos de tempos já designados para serem feitas as leituras. O teste não permite deformação lateral dos provetes, por tanto trata-se de um ensaio unidimensional com parâmetros de consolidação unidimensionais.

## **2.7 Ensaio Triaxial**

### **2.7.1 Generalidades**

Para conhecer o comportamento de um solo buscando informações a respeito de resistência ao corte e tensão-deformação, basta aplicar ensaios laboratoriais como o exemplo do triaxial. Este teste aplica solicitações de carregamento em amostras de solo, de forma que possa reproduzir condições aproximadas das situações experimentadas em campo, podem ser feitos através de três ensaios distintos, sendo em condições não consolidadas e não drenadas (UU), consolidadas e não drenadas (CU) e consolidadas e drenadas (CD).

Este ensaio é o mais utilizado atualmente pelo fato de oferecer controle das condições de carregamento, deformação e drenagem. O mesmo trás a possibilidade de medir as mudanças de volume no interior da amostra, controlando a poro pressão durante todo o ensaio, tanto para ensaios drenados quanto não drenados.

### **2.7.2 Particularidades do Ensaio**

Os três ensaios referidos ocorrem no interior de um equipamento designado como câmara triaxial, nelas são colocadas amostras cilíndricas de solo que podem variar de tamanho, normalmente os tamanhos são de 38 mm, 52 mm, 70mm e 100 mm de diâmetro, sendo que as normas ASTM D2850, D4767 e D7181 informam que suas alturas devem ser o dobro do diâmetro.

As amostras referidas são protegidas e isoladas em uma membrana de borracha totalmente impermeável, para em seguida serem colocadas em um pedestal da câmara, sendo que o eixo da amostra e da câmara devem obrigatoriamente coincidir, vale dizer que nas extremidades da amostra são encaixadas pedras porosas afim de permitir a passagem de água sem que haja transporte de partículas sólidas.

A câmara fica cheia de água para submergir toda a amostra como pode ser visto na figura (2.7), sendo que a pressão interior da câmara é controlada por meio da ligação a uma unidade de pressão exterior, que injeta ou retira água simulando as tensões horizontais

na amostra conforme desejado. A tensão vertical na amostra é aplicada por meio de um êmbolo localizado no topo da câmara, transmitindo cargas axiais que podem ser mensuradas pelo equipamento, durante a aplicação de cargas também são registradas leituras de deformação.

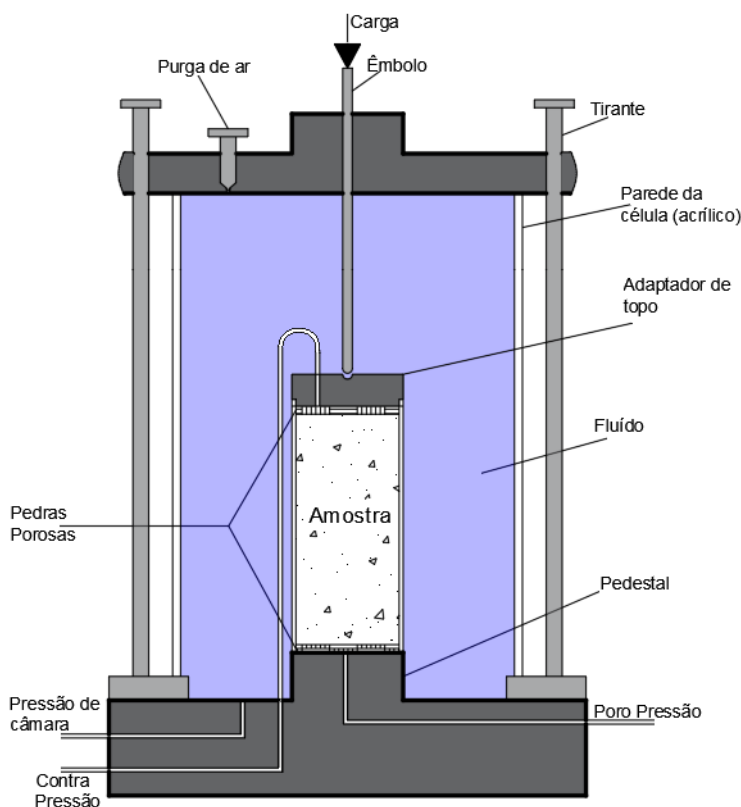


Figura 2.7: Representação da Câmara Triaxial.

Referente a poro pressão, há algumas formas de ser controlada durante o ensaio, primeiro a mesma pode ser considerada nula em caso de amostras secas, também pode ser aplicada pressão por meio de uma ligação localizada no topo da amostra, a mesma é conectada a uma unidade de pressão que tem a capacidade de injetar água em seu interior gerando pressão neutra controlada, ou até mesmo pode ser conectado um transdutor de pressão na parte inferior da amostra, responsável por obter as leituras de pressão neutra pertinentes. A aparelhagem utilizada neste caso de estudo usa das duas últimas alternativas em conjunto, como pode ser melhor observado no capítulo 4 do presente trabalho.

Segundo (Matos Fernandes, 2006), [19]) os ensaios triaxiais foram concebidos de forma a permitirem um controle completo dos estados de tensão total e efetiva, da pressão neutra e do estado de deformação das amostras, como pode ser confirmada nas informações deste tópico.

### **2.7.3 Ensaio Consolidado não Drenado (CU) e Consolidado Drenado (CD)**

Ambos os ensaios abrem a possibilidade para determinar parâmetros de resistência mecânica em condições efetivas ( $c'$  e  $\phi'$ ), estes ensaios requerem a realização de diversas etapas para adquirir todos os resultados possíveis, são estas a saturação, consolidação e rotura, cada etapa segue uma sequência de recomendações normalizadas, valendo ressaltar que para estimar todos os parâmetros os ensaios devem ocorrer em pelo menos 3 amostras distintas sob diferentes tensões efetivas.

A fase de saturação tem como objetivo preencher todos os espaços vazios do interior da amostra por água, eliminando todo o ar presente na mesma. Este processo decorre aplicando contra pressão na parte superior da amostra, fazendo com que a pressão elevada faça com que o ar do interior seja dissolvido em água, mas vale dizer que esta pressão é colocada através de incrementos pré definidos e com cautela, ao mesmo tempo que a contra pressão é elevada também deve se fazer o mesmo com a pressão da câmara, mantendo sempre a mesma diferença e que a da câmara seja ligeiramente maior, isto impede que haja perturbações desnecessárias na amostra.

O processo de saturação está melhor descrito no tópico 4.3.2 deste trabalho, e demonstrado todo o processo de saturação e como é verificado o momento que a amostra está totalmente saturada, permitindo que siga para a próxima fase do ensaio.

A segunda fase é precisamente a consolidação, que só deve ser iniciada após a completa saturação da amostra ensaiada. Esta fase é crucial para o ensaio global, pois através dela pode se controlar dois aspetos do teste.

Primeiro que é nesta fase que se atinge a tensão efetiva na amostra, sendo que para

adquirir os parâmetros desejados devem ser ensaiadas três amostras em tensões efetivas distintas. O segundo aspecto é relativo a informações a serem utilizadas durante a rotura, pois através do tempo decorrido na fase de consolidação que determina a velocidade de aplicação de carga axial para romper a amostra.

A última etapa é referente a rotura, nesta fase os dois tipos de ensaios possuem diferenças entre si, pois em um a rotura irá acontecer com drenagem e liberação de pressão neutra e no outro não, com isto são definidos diferentes parâmetros de resistência mecânica.

### **Consolidado não Drenado (CU)**

Para este ensaio a amostra deve ser isolada da contra pressão assim que finaliza a consolidação, não permitindo que haja drenagem da amostra, em seguida mantendo a pressão da câmara constante pode dar início a aplicação de carga vertical, com taxa de deformação estimada de acordo com a fase de consolidação. Durante a rotura da amostra são recolhidos os dados relativos a diferenças de pressão, deformação, de pressão neutra, etc. São plotados círculos de Mohr para as diferentes tensões efetivas em cada amostra, com isso se pode traçar a linha tangente entre os círculos e estimar os parâmetros de coesão efetiva ( $c'$ ) e ângulo de atrito efetivo ( $\theta'$ ). Na figura 2.8 a seguir pode ser visto uma amostra seca em estufa, após sofrer rotura em um ensaio consolidado não drenado.



Figura 2.8: Rotura de amostra após ensaio triaxial

## **Consolidado Drenado (CD)**

A fase de rotura deste teste ocorre com medição da alteração de volume na amostra (drenagem), a contra pressão permanece conectada e a válvula de leituras de poro pressão deve estar aberta, isto é feito para que evite o aumento de pressão neutra no interior da amostra. As demais partes desta fase é igual descrito no consolidado não drenado, mas a aplicação de carga é feita mais lentamente, conseqüentemente esta fase é mais demorada para este ensaio.

### **2.7.4 Ensaio não consolidado não Drenado (UU)**

É suposto que as amostras já estejam saturadas antes que ocorra este ensaio. Este teste é muito mais simples se comparado com os dois anteriores, para este apenas é aplicada uma tensão de confinamento dentro da câmara triaxial, sob o qual a amostra estará submetida, após passado 10 min que a amostra está experimentando a pressão desejada na câmara triaxial, é aplicada a carga axial em uma taxa de deformação constante até a rotura da amostra.

Neste ensaio não é feita nem a saturação nem a consolidação da amostra, isto faz com que os teores em água não sejam alterado, durante todo o ensaio as leituras de contra pressão e poro pressão estarão fechadas, conseqüentemente os resultados serão apresentados apenas para tensões totais, tornando indisponível a obtenção de tensões efetivas.

Este ensaio também é feito para três amostras distintas em diferentes tensões de confinamento, pelo fato delas estarem supostamente saturadas é esperado que a resistência a rotura de todas seja praticamente similar. Os resultados são todos em questão de tensões totais, ao plotar os círculos de Mohr irá traçar a tangente entre os três círculos, assim como nos ensaios anteriores e definir a coesão não drenada ( $c$ ) e ângulo de atrito ( $\phi$ ).

## **2.8 Considerações Finais**

Este capítulo encerra ressaltando a importância de ensaios laboratoriais de caracterização mecânica. Buscou abordar as peculiaridades de alguns ensaios, enfatizando suas formas de funcionamento e analisando os pontos positivos e negativos de cada um.

Há a evolução dos ensaios mecânicos em solos ao longo do tempo, cada ensaio trás melhorias em relação a seu antecessor, buscando sanar falhas e pontos cegos que fugiam do controle dos operadores. Também é nítida a evolução com relação as teorias da mecânica dos solos, cada ensaio criado aproxima mais a teoria da realidade, confirmando a forma em que os solos podem se comportar ao introduzir cargas nas mais diversas situações.

A execução de diversos ensaios, variando as condições das amostragens pode agregar muito aos estudos relacionados aos solos, estes ensaios trazem conhecimentos que podem ser aplicados nos dimensionamentos de estruturas geotécnicas, fornecendo informações que tornam as construções cada vez mais seguras e económicas.

Para além de trazer parâmetros a serem utilizados no dimensionamento direto de obras da engenharia civil, ainda pode fornecer dados a serem utilizados de forma mais genérica, trazendo maior fiabilidade as relações de dimensionamento, pois ao conhecer o comportamento de variados tipos de solo, torna-se possível criar novas e melhores equações, mas claro sempre aliando com as teorias já existentes.

# Capítulo 3

## Metodologia de Trabalhos

### 3.1 Considerações Iniciais

Uma correta metodologia de trabalhos, pode interferir diretamente em projetos que necessitem de análises geotécnicas, estudos detalhados de caracterização contribuem para um dimensionamento mais racional das obras a serem realizadas. É indispensável um programa avançado de ensaios laboratoriais para determinar corretamente a tensão-deformação do solo, podendo aliar os ensaios realizados em campo com os ensaios laboratoriais.

Os ensaios realizados neste trabalho de estudo visam caracterizar mecanicamente, uma areia-siltosa da região de Bragança. Todo ensaio de caracterização mecânica requer cuidados iniciais, como a retirada em campo do material a ser ensaiado podendo ser através de amostragens indeformadas, ou fazendo reconstituição de amostras em laboratório, mesmo havendo os devidos cuidados com as amostras é importante fazer identificações por meio de ensaios de caracterização física como : Análise granulométrica, determinação dos limites de consistência, peso específico, teor em água e compactação proctor. Um conjunto de ensaios como este, permite a obtenção de parâmetros que identificam não só a natureza do solo, mas também pode correlacionar com as propriedades mecânicas.

A execução do ensaio triaxial possibilita a determinação de propriedades mecânicas

nos solos, propriedades estas que são de fundamental importância nas áreas da construção civil, fornecendo dados confiáveis e necessários para a construção de edifícios, aterros, túneis, etc. Os ensaios triaxiais simulam com sucesso as relações entre tensões e deformações do solo, através de amostras reconstituídas e indeformadas, que são submetidas a diferentes tensões e condições de drenagem.

O equipamento do laboratório de geotecnia do Instituto Politécnico de Bragança (IPB), utilizado para realizar todos os ensaios apresentados neste estudo, fornece a opção de aplicar três tipos de ensaio, sendo de compressão não consolidada não drenada (UU), consolidada não drenada (CU) e consolidada drenada (CD), para diferentes níveis de tensão em amostras cilíndricas de 100 mm x 200 mm e 70 mm x 140 mm, todas as etapas são controladas por um software de computador, que relata todas as variações automaticamente.

No estudo aplicado a este trabalho foram utilizadas tanto amostras reconstituídas, quanto indeformadas, todas com a dimensão de 70 mm x 140 mm, apesar de haver a possibilidade em amostras de mais dimensões, não foram realizados neste trabalho. As amostras foram previstas de ser consolidadas para tensão de 75kPa, 150kPa e 300kPa, para os três tipos de ensaios já mencionadas em amostras reconstituídas e indeformadas, para no final comparar os resultados entre as duas tipologias de amostra como demonstrado na tabela (3.1).

Tabela 3.1: Metodologia de trabalhos para a execução do ensaio triaxial

Ensaio Triaxial	Amostras - 70x140mm					
	Reconstituídas			Indeformadas		
	Consolidação (kPa)			Consolidação (kPa)		
	75	150	300	75	150	300
Consolidados Drenados (CD)	x	x	x	x	x	x
Consolidados Não Drenados (CU)	x	x	x	x	x	x
Não Consolidados Não Drenados (UU)	x	x	x	x	x	x

No entanto houveram complicações quanto as tensões de consolidação em cada amostra, o que por consequência fez obter valores distintos dos apresentado na tabela (3.1), como poderá ser melhor visualizado no capítulo 4 durante a apresentação de resultados.

## **3.2 Amostragem**

Para realizar ensaios laboratoriais como os referidos no capítulo 2, que tem como objetivo apresentar uma estimativa aproximada do comportamento mecânico dos solos em campo, é necessário utilizar amostras indeformadas, ou reconstituídas em laboratório, no caso deste trabalho de estudo será utilizada os dois tipos de amostragem afim de comparação entre seus comportamentos.

O primeiro tipo de amostragem citada tem como única interferência a retirada de suas tensões originais, suas demais componentes devem permanecer intactas, no entanto isto pode ser considerada uma utopia, pois sempre haverá algumas perturbações, sendo elas na fase de retirada em campo, ou até mesmo nas preparações em laboratório.

Tendo isso em mente, para os efeitos propriamente práticos, uma amostra indeformada é aquela que não tem distorções, variações de volume e teor de água, ou seja, a estrutura do solo é conservada sem nenhuma alteração, sendo assim com os devidos ensaios pode ser representado o teor de humidade, a textura, composição mineral, o coeficiente de permeabilidade, parâmetros de compressibilidade e resistência ao corte, dentre muitos outros fatores que podem ser bem definidos com boas amostragens.

A segunda tipologia de amostragem é criada em laboratório com o mesmo solo da retirada de amostras indeformadas, no entanto este modelo de amostra é totalmente perturbada, os parâmetros como teor de humidade, grau de compactação e peso volúmico podem ser alterados conforme desejado pelo operador do ensaio, mas a composição mineral, textura, coeficiente de permeabilidade, parâmetros de compressibilidade e resistência ao corte permanecem inalterados. Tendo isto em vista serão reconstituídas buscando cumprir as mesmas características físicas das amostras indeformadas abordando o controle do teor de água inicial e peso volúmico seco das amostras, com a intenção de haver

um comparação justa entre as amostras.

### 3.2.1 Local de Retirada das Amostragens

A retirada das amostras ocorreu em um local destinado a construção de armazéns industriais, no ponto de retirada das amostras passará a via de acesso a essas estruturas. Esta localização foi escolhida devido a estudos geotécnicos realizados próximos, onde foram encontrados solos silto-argilosos caracteristicamente sendo os mais finos na região de Bragança, tendo isto em vista a proposta do estudo seria aplicar ensaios triaxiais neste tipo de solo, no entanto não foi exatamente este o solo encontrado, como poderá ser visto mais adiante na caracterização física e classificação do mesmo. A figura (3.1) a seguir demonstra a região destinada a construção dos armazéns, sendo marcado em vermelho o perímetro do terreno e em azul o ponto de retirada de amostras:

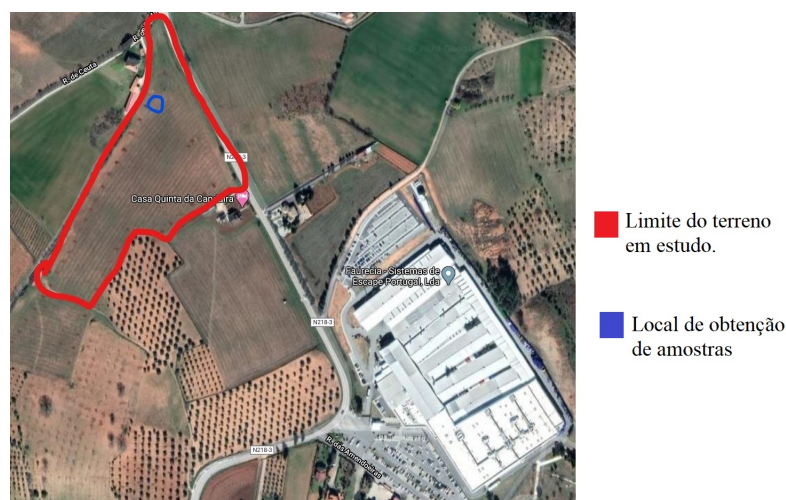


Figura 3.1: Imagem via satélite do local da retirada de amostras.

Neste terreno já havia sido realizado uma escavação, tendo por volta de 1.5 m na localização do poço de retirada de amostras, para ser feita a colheita neste ponto ainda foi necessário escavar uma vala com aproximadamente 1 m de profundidade como na figura (3.2 (a)), de modo que houvesse liberdade para cravar e retirar os amostradores. Foi encontrado solo bastante homogêneo, como pode ser observado no perfil de corte da vala na figura (3.2 (b) e (c)).



Figura 3.2: a) Perfil do patamar de retirada de amostras; b) Regularização mecânica do patamar de retirada de amostras.

Após ser feita a base destinada para cravar as amostras, realizou uma pequena regularização manual, para que os amostradores não entrassem distorcidos no terreno como apresentado na figura (3.3(a)), utilizou amostradores metálicos com 70mm de diâmetro interno e 140 mm de altura, a cravação foi feita com o auxílio da pá mecânica da escavadora e um tronco de madeira, o tronco foi colocado entre a pá e três amostradores por vez, como demonstrado na figura (3.3(b)).

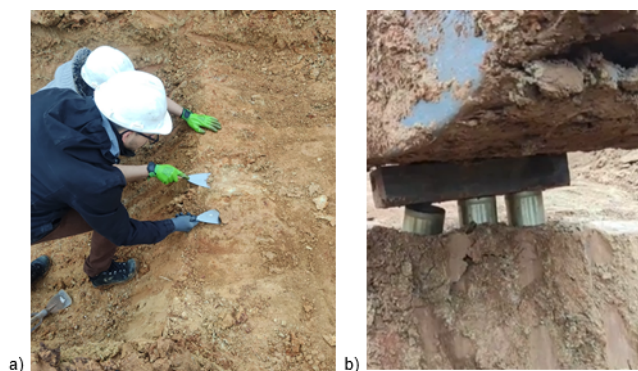


Figura 3.3: a) Regularização manual do patamar de retirada de amostras; b) Cravação dos amostradores.

A retirada dos amostradores foi executada manualmente, com pás e enxadas, todo o procedimento foi realizado com o máximo cuidado, para que não houvesse nenhuma perturbação na amostra, assim que elas iam sendo retiradas de imediato era envolvida uma película plástica presa por elásticos, para que não ocorresse a variação no teor de humidade, ambos os procedimentos estão retratados na figura (3.4).



Figura 3.4: a) Retirada das amostras; b) Amostras embaladas após a retirada.

### 3.2.2 Preparo em Laboratório

Após transportar cuidadosamente as amostras do local de extração para o laboratório, foi necessário mantê-las bem confinadas a fim de não haver variações de humidade, para isso foram utilizados caixotes plásticos bem vedados, onde foram guardadas ainda com as películas acima mencionadas.

Cada amostra foi retirada dos amostradores separadamente em dias distintos, conforme iam sendo utilizadas para o teste triaxial. Logo depois de ser retirada a película que protegia, a amostra era nivelada no amostrador cuidadosamente com uma espátula, pois ao serem retiradas do maciço terroso sobrou solo nas extremidades, todo este processo é identificado a seguir na figura (3.5):

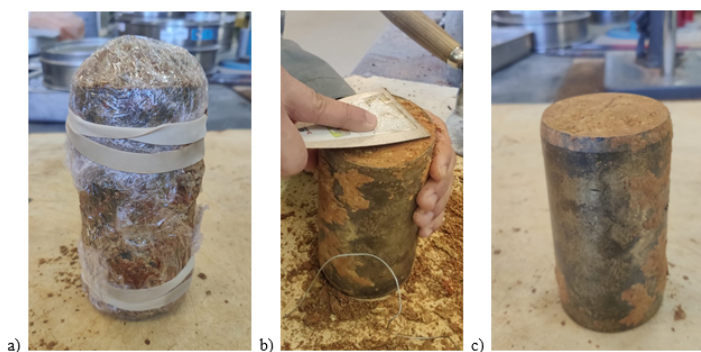


Figura 3.5: a) Amostra embalada; b) Amostra sendo nivelada; c) Amostra após nivelamento.

Com a amostra devidamente nivelada é feita a retirada do amostrador. Primeiramente

o cilindro é encaixado em uma base metálica com um furo no meio para passar a amostra, um disco com o diâmetro da amostra é colocado no fundo e por meio de um macaco hidráulico a amostra é retirada lentamente com o mínimo de perturbações possíveis, como representado pela figura (3.6):

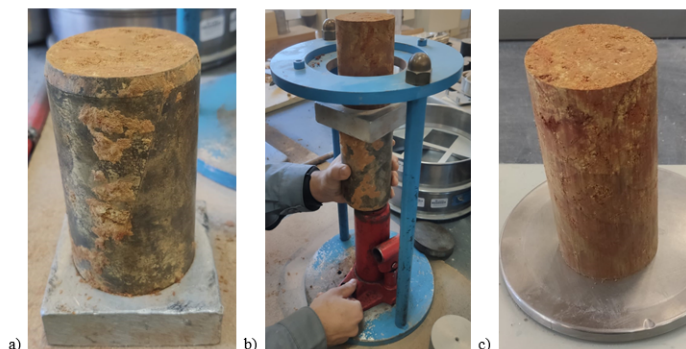


Figura 3.6: a) Amostra na base de retirada; b) Amostra sendo retirada; c) Amostra após retirada.

As amostras reconstituídas passam por um processo completamente diferente das indeformadas, pois sua preparação é focada em alterar o teor em água inicial e o peso volúmico seco para o mesmo das amostras indeformadas, afim de trazer uma correta comparação mecânica pelos ensaios triaxiais. Para montar as amostras reconstituídas, utilizou do mesmo solo retirado durante a escavação das valas de colheita de amostras indeformadas, sendo assim pode-se considerar que ambos os tipos de amostra possuem o mesmo tipo de solo. A reconstituição foi baseada nos requisitos indicados pelo item 6.3 da norma ASTM D 4767\_2011,[25].

Para utilizar o solo retirado em campo, primeiro foi necessário realizar o devido preparo, realizou uma limpeza, retirando pedras e algumas vegetações que haviam em seu meio, para posteriormente fazer a peneiração com a malha de 9.5 mm, o uso deste peneiro está cumprindo as recomendações da norma ASTM D 4767\_2011,[25], pois o item 6.1 indica que, a maior partícula de solo deve ser menor do que  $\frac{1}{6}$  do diâmetro da amostra, sendo assim a maior dimensão recomendada para uma amostra com 70 mm de diâmetro seria 11.66 mm, portanto dentre as malhas da norma ASTM, a que está mais próxima de garantir o recomendado é a com malha de 9.5 mm.

Havendo a intenção de atingir um padrão entre as amostras indeformadas e reconstituídas, buscou manter a mesma relação água solo que as amostras indeformadas, sendo assim foi necessário definir alguns valores e tomar algumas medidas de controle para obter a mistura pretendida.

Primeiro buscou obter a quantia de água e solo seco presente nas amostras indeformadas, para isso foi pesado 3 amostras, colocou em estufa a 105 °c no tempo necessário para secar completamente, esperou arrefecer e pesou novamente. Obtendo os dados da tabela (3.2) a seguir:

Tabela 3.2: índices físicos das amostras indeformadas

<b>Índices Físicos Indeformadas</b>				
<b>Parâmetros</b>	<b>Provete 1</b>	<b>Provete 2</b>	<b>Provete 3</b>	<b>Média</b>
Massa húmida - W (g)	930	893	926	916
Massa seca - W <sub>s</sub> (g)	683	651	663	666
Massa água - W <sub>w</sub> (g)	247	235	263	248
Peso volúmico - $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	17	17	17	17
Peso volúmico seco - $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	13	12	12	12
Teor em água - w (%)	36	36	40	37

Com os dados obtidos, determinou o peso volúmico, peso volúmico seco e teor em água de cada amostra, para posteriormente realizar uma média como demonstrado na tabela anterior. Após realizar a média das amostras, tomou estes valores para obter as amostras reconstituídas, todas foram montadas com 732.00 g de solo seco em estufa, misturado com 272.00 g de água, observa-se que houve um aumento de 10 % nos pesos, para suprir as possíveis perdas durante o preparo, figura (3.7) é demonstrado a pesagem da água e solo utilizados na preparação das amostras reconstituídas.

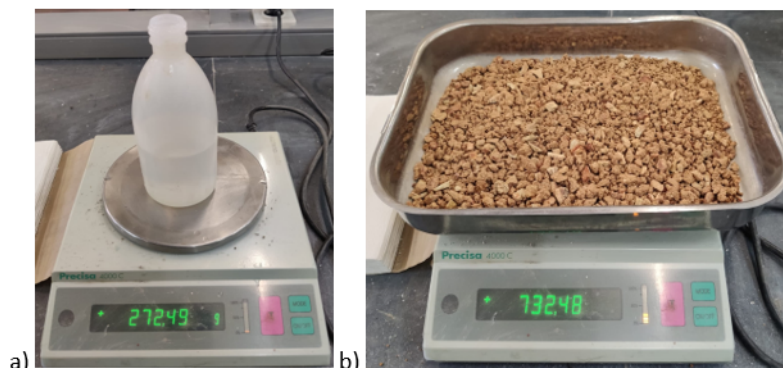


Figura 3.7: a) Pesagem do solo; b) Pesagem da água.

A mistura solo água é feita manualmente como visualizado na figura (3.8), valendo ressaltar que deve ser feito com cuidado, introduzindo água aos poucos na mistura para distribuir bem a relação água solo, sendo que após seu preparo ela deve ser tampada por 16 horas, a fim de cumprir as indicações da norma, ao passar esse tempo pode ser feita a compactação para o volume pretendido.

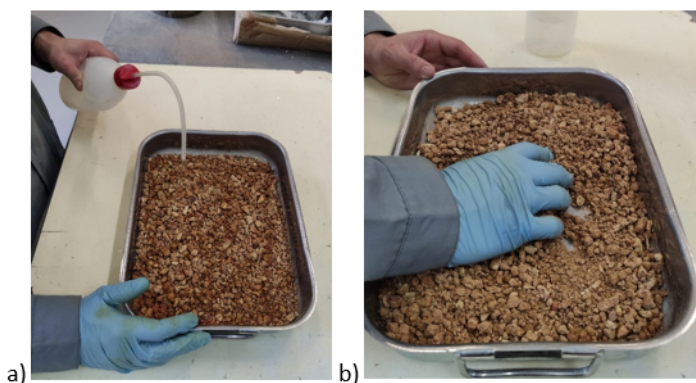


Figura 3.8: a) Adição de água no solo; b) Mistura manual do solo.

A compactação da amostra reconstituída foi realizada com 6 camadas de 152 g, sendo que as 4 primeiras levam 3 pancadas cada uma e as duas últimas levam 2 pancadas, a compactação foi realizada manualmente com um compactador de mesmo diâmetro do molde. Vale ressaltar que este número de pancadas foi testado até conseguir colocar toda a amostragem de solo dentro do volume pretendido, de modo que não sobrasse nem faltasse muito solo, todo este procedimento segue a ASTM D 4767\_2011,[25].

Tabela 3.3: Dados de amostras reconstituídas

<b>Provetes Reconstituídos</b>	
Nº de camadas	6,0
Massa úmida - W (g)	916,5
Massa seca - Ws (g)	732,5
Massa de água - Ww (g)	272,9
Massa úmida por camada - Wcm (g)	152,7
Altura total - H (cm)	14,0
Altura por camada - h (cm)	2,3

A retirada da amostra de dentro do cilindro de compactação é realizado como demonstrado na figura (3.6), assim como nas amostras indeformadas também é utilizado um macaco hidráulico para desmoldar a amostra cuidadosamente, ao final deste processo a amostra fica como demonstrado na figura (3.9).

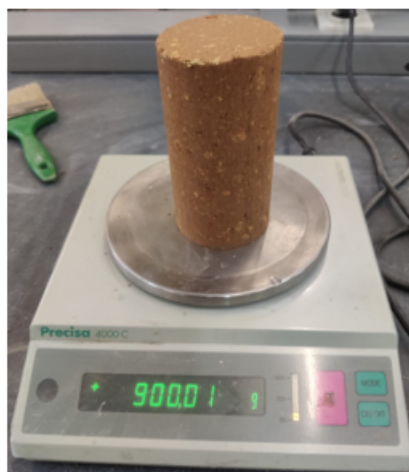


Figura 3.9: Amostra reconstituída após desmoldagem.

### **3.3 Caracterização Física e Classificação do Solo**

Todo o processo de ensaios destinados a caracterização física do solo apresentado, foi realizado nas dependências do Laboratório de Geotecnia do Instituto Politécnico de Bragança,

com o auxílio dos técnicos responsáveis pelo laboratório e em acordo com as normas pertinentes em cada ensaio, as mesmas estão devidamente citadas em seus respectivos tópicos.

### 3.3.1 Pesos Volúmicos e Teor em Água

Os pesos volúmicos foram determinados a partir das amostras indeformadas utilizadas nos ensaios mecânicos. O teor em água do solo foi realizado com base nas indicações pertinentes da norma (NP-84, 1965,[22]). Os dados relativos aos pesos volúmicos e teor em água estão apresentados na tabela (3.4).

Tabela 3.4: Resultados: pesos volúmicos e teor em água

Parâmetros	Amostras			
	1	2	3	Média
Peso volúmico - $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	17,2	16,5	17,1	16,9
Peso volúmico seco - $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	12,6	12,0	12,3	12,3
Teor em água - w (%)	36,1	36,0	39,6	37,3

### 3.3.2 Ensaio de Compactação Proctor

O ensaio de compactação proctor obedeceu os critérios e indicações, previstos pela norma (LNEC E 197:1966,[16]) e os teores de humidade foram determinados de acordo com a norma (NP-84, 1965,[22]). Os resultados obtidos estão na tabela (3.5).

Tabela 3.5: Resultados do ensaio de compactação proctor.

Parâmetros	Amostras				
	1	2	3	4	5
Teor em água - w (%)	21,1	24,2	26,3	28,9	31,4
Peso volúmico seco (kN/m <sup>3</sup> )	13,8	14,1	14,2	14,1	13,8

### 3.3.3 Determinação do Índice de Vazios e Compacidade

Uma porção de solo rico em areias e seixos, pode assumir uma gama infinita de disposições entre suas partículas sólidas, a diferença entre estas disposições corresponde ao índice de vazios, que fica compreendido para um determinado intervalo.

Este índice é referido em valores máximos e mínimos ( $e_{máx}$  e  $e_{min}$ ), que podem ser obtidos por meio de ensaios em laboratório, sendo que na minha opinião, tais resultados dependem completamente da curva granulométrica obtida.

Tais índices podem indicar a qualidade granulométrica do solo, mostrando a variabilidade das dimensões das partículas sólidas presentes no mesmo, solos ditos bem graduados com dimensões variadas e bem distribuídas em termos de quantidade, possuem uma diferença ampla entre o  $e_{máx}$  e  $e_{min}$ , nestes casos é típico o  $e_{min}$  atingir valores bem baixos, pois as partículas de menor tamanho se alocam entre as maiores, por consequência reduz os vazios do solo.

Para além destas variações de índices de vazio, também pode ser determinado para o estado natural do solo, na forma que o mesmo é encontrado na natureza. As variações de máximo e mínimo não foram determinadas neste estudo, porém com alguns dados obtidos durante a recolha de amostras indeformadas e com o seu devido preparo em laboratório, tornou-se possível obter o índice de vazios natural ( $e_0$ ), o resultado obtido através da relação demonstrada a seguir, considera um grau de saturação máximo (S) e o teor de água do solo em campo ( $w_0$ ).

$$e_0 = \frac{G * w_0}{S} = \frac{2.65 * 0.37}{1} = 0.98 \quad (3.1)$$

- $e_0$  - Índice de vazios natural;
- G - Densidade das partículas sólida;
- $w_0$  - Teor de humidade natural;
- S - Grau de saturação do solo.

Outro índice a ser determinado é o de compacidade, o mesmo é de grande utilidade

no estudo de solos arenosos, pois indica informações sobre a suscetibilidade do solo experimentar deformações volumétricas ao receber carregamento, quanto maior for o índice de compacidade menos compressível será o solo, tal parâmetro é fundamental se tratando de solos destinados a aterros, pois como o mesmo dá indicações relevantes acerca da graduação, isto acarreta na indicação de como será a atuação perante as cargas atuantes.

Normalmente o índice de compacidade é determinado por meio de uma expressão que utiliza o índice de vazio máximo, mínimo e natural, porém como não foram feitos os ensaios laboratoriais relacionados a  $e_{máx}$  e  $e_{min}$ , buscou uma outra relação com os dados já obtidos neste estudo, como visto a seguir:

$$I_d = \frac{\gamma_{dnat}}{\gamma_{dotm}} * 100 \quad (3.2)$$

$$I_d = \frac{12.36}{14.19} * 100 = 87.13\%$$

- $I_d$  - Índice de compacidade;
- $\gamma_{dnat}$  - Baridade seca máxima natural;
- $\gamma_{dotm}$  - Baridade seca máxima ótima.

Após obter o resultado do índice de compacidade pode classificar a compacidade relativa pela tabela (3.6), como pode ser visto para esta porção de solo a classificação é de muito compactada a muito densa.

Tabela 3.6: Índice de compacidade relativa.

<b>Areia</b>	<b><math>I_d(\%)</math></b>
Muito Solta	0 - 20
Solta	20 - 40
Mediamente Compacta	40 - 60
Compacta a Densa	60 - 80
Muito Compactada a Muito Densa	80 - 100

### 3.3.4 Análise Granulométrica

As vertentes utilizadas para este solo foram: análise granulométrica por peneiramento húmido e análise granulométrica por sedimentação, solos mais grossos como areias e pedregulhos que não possuem uma quantidade significativa de finos, pode ter sua curva determinada apenas por peneiração, já para solos que possuem quantidades significativas de finos como os solos argilosos, é recomendado um ensaio conjunto entre as duas alternativas, aliando a peneiração a sedimentação, que é o caso que era esperado para o solo estudado neste trabalho.

A peneiração húmida obedeceu as recomendações da norma (LNEC-E-239, 1970),[18], e tomando como auxílio as recomendações indicadas na (NP-EN-933-1, 2012),[23], já a sedimentação foi realizada em acordo com a norma (LNEC-E-196, 1966),[17]. Com os dados obtidos da peneiração húmida e na sedimentação, tornou - se possível traçar a curva granulométrica do solo em estudo, como demonstrado a seguir na figura (3.10).

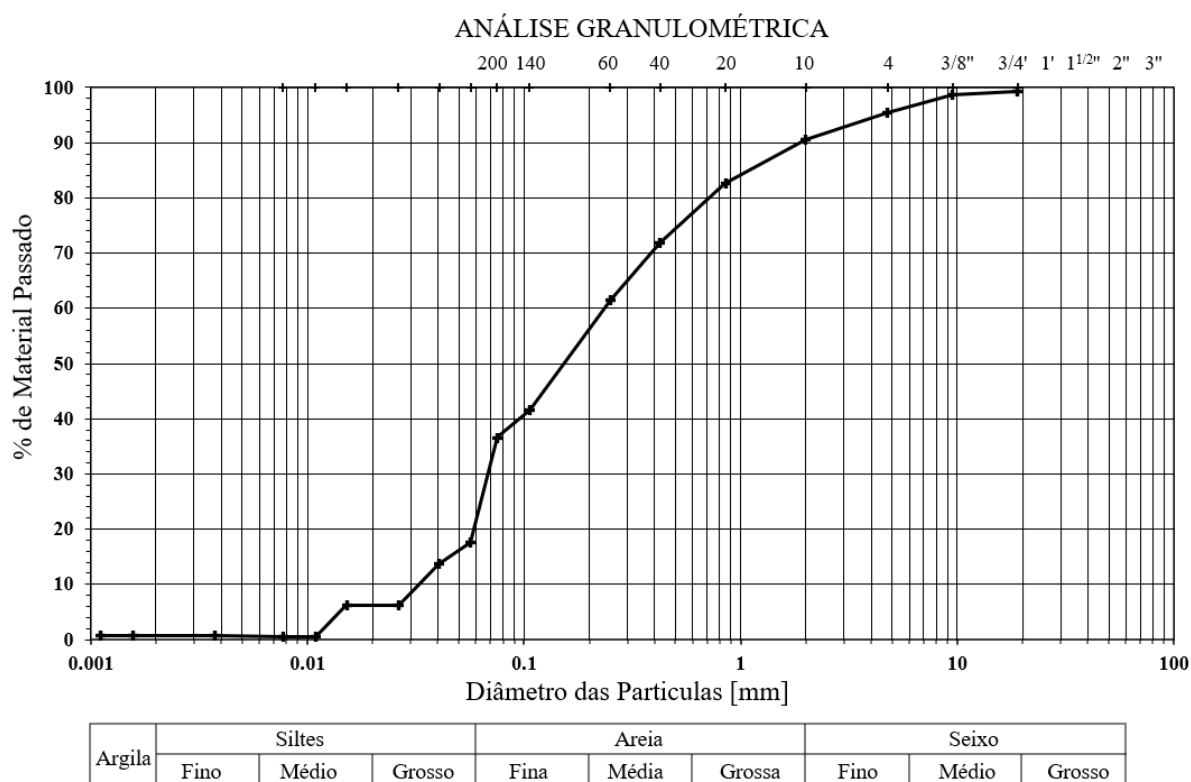


Figura 3.10: Gráfico de análise granulométrica.

Ao obter a curva granulométrica do solo, é possível realizar uma série de análises e determinar alguns parâmetros físicos importantes, e os tipos de solos presentes na amostra.

Analisando o gráfico da figura 3.14, pode-se observar que aproximadamente 10% da composição deste solo é composta por seixo, 70% areia e 20% de solo fino sendo silte e argila, no entanto a quantidade de material argiloso é praticamente irrisória, possuindo menos de 1% de material.

Outra medida importante, é a de verificar o diâmetro das partículas correspondentes a 10%, 30% e 60%, que estão respectivamente demonstrados a seguir, tais valores serão essenciais na determinação de alguns parâmetros expostos neste tópico.

- Diâmetro efetivo  $D_{10} \simeq 0.03$  mm;
- Diâmetro efetivo  $D_{30} \simeq 0.07$  mm;
- Diâmetro efetivo  $D_{60} \simeq 0.25$  mm.

Os diâmetros efetivos ditam o valor do coeficiente de uniformidade ( $C_U$ ), através da expressão a seguir:

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (3.3)$$

$$C_U = \frac{0.25}{0.03} = 8.33$$

Este parâmetro indica a variedade das partículas de solo, maiores valores de  $C_U$  demonstram curvas bem graduadas, ou seja, há grande variedade no tamanho das partículas de solo, já para valores mais baixos é indicado ao contrário, expressa curvas pobres e mal graduadas, com pouca variedade de partículas.

Há ainda um outro parâmetro análogo, chamado de coeficiente de curvatura ( $C_C$ ), indicado pela expressão a seguir:

$$C_C = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}} \quad (3.4)$$

$$C_C = \frac{0.07^2}{0.03 * 0.25} = 0.65$$

Este coeficiente indica a forma da curva granulométrica entre  $D_{10}$  e  $D_6$ , se sua evolução é suave, ou não, curvas com crescimento suave indicam composições bem graduadas, e estão compreendidas com valores de  $C_C$  aproximadamente de 1 a 3, longe deste intervalo é considerado um solo mal graduado.

### **3.3.5 Limites de Consistência**

Nos limites de consistência foram determinados apenas o limite de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP) pela norma NP - 143, 1969, pois são os únicos que trazem informações úteis para a determinação dos parâmetros de limites de consistência, que são muito importantes na classificação do solo. O limite de liquidez é a quantia de água necessária para deixar o solo em comportamento líquido, sendo que para este solo foi encontrado que é necessário 47.9% de teor de humidade, após realização do ensaio do limite de plasticidade, foi constatado 43.1% para o solo em questão.

Após a determinação dos limites de consistência expostos a cima, torna-se possível estabelecer alguns parâmetros relativos a tais resultados, são eles o índice de plasticidade, índice de consistência e a atividade de argila presente no solo.

O índice de plasticidade expressa a quantia de água que o solo pode absorver dentro do estado plástico, ou seja, a percentagem existente entre o limite plástico e de líquido, o mesmo é definido pela expressão demonstrada a seguir, já apresentando os resultados relativos ao solo em estudo.

$$I_P = LL - LP \tag{3.5}$$

$$I_P = 47.9 - 43.1$$

$$I_P = 4.8 \simeq 5\%$$

$I_P$  - Índice de Plasticidade;

$LL$  - Limite de Liquidez;

$LP$  - Limite de Plasticidade.

Este índice exprime a característica plástica do solo, quanto maior o valor mais plástico será o solo, e no caso de argilas apresenta maior compressibilidade para valores maiores. Há uma classificação do solo por Jenkins(Caputo, 1987,[7]) representado na tabela (3.7):

Tabela 3.7: Classificação do solo pelo índice de plasticidade.[7]

<b>Classificação</b>	<b>Critério</b>
Fracamente plástico	$1 < I_p < 7$
Mediamente plástico	$7 < I_p < 7$
Altamente plástico	$I_p > 7$

O índice de consistência define a consistência do solo, através de uma equação que utiliza o teor em água natural do solo e os limites de consistência, como demonstrado a seguir:

$$I_C = \frac{LL - w}{I_p} \quad (3.6)$$

$$I_C = \frac{47.9 - 27.6}{4.8}$$

$$I_C = 4.22$$

$I_C$  - Índice de Consistência;

$w$  - Teor em Água Natural.

Solos argilosos podem ser classificados segundo sua consistência da seguinte forma (tabela (3.8))(Matos Fernandes, 2006), [1]:

Tabela 3.8: Classificação do solo pelo índice de consistência.

<b>Classificação</b>	<b>Critério</b>
Muito mole	$0 < I_c < 0.25$
Mole	$0.25 < I_c < 0.50$
Média	$0.50 < I_c < 0.75$
Dura, Muito dura e Rija	$I_c > 0.75$

Por fim pode ser demonstrado a atividade da argila no solo, o quanto a porção de argila presente pode afetar em seu comportamento. Skempton realizou estudos que relacionam o índice de plasticidade e a percentagem em peso da fração argilosa presente na amostra, esta atividade pode ser verificada por uma expressão e seu resultado comparado em uma tabela.

$$A_t = \frac{I_P}{\% < 2\mu m} \quad (3.7)$$

$$A_T = \frac{4.8}{0.73} = 6.57$$

Este parâmetro pode auxiliar na determinação da composição mineralógica da argila, classificando a mesma em montmorilonitas que são muito ativas, ilites consideradas normais e caulinites sendo pouco ativas, seguindo a classificação apresentada na tabela (3.9).

Tabela 3.9: Classificação quanto ao grau de atividade da argila presente no solo.

<b>Classificação</b>	<b>Critério</b>
Muito ativa	$A_T > 1.25$
Normal	$0.75 < A_T < 1.25$
Pouco ativa	$I_c < 0.75$

### 3.3.6 Classificação Unificada de Solos

A classificação unificada tem como objetivo determinar a utilização do solo como material de aterro, os solos são divididos em 15 grupos distintos, tal divisão é feita de acordo com os resultados provenientes da análise granulométrica e limites de consistência. Cada grupo recebe duas letras maiúsculas e um nome para representa-los, esta nomenclatura é ditada pela norma (ASTM D 2487-98,[28]), a tabela 3.11 demonstra cada letra separadamente e seus respectivos significados, conforme descrito pela norma em termos originais.

Tabela 3.10: Nomenclatura da classificação unificada de solos pela (ASTM D 2487-98,[28]).

Letra	G	S	M	C	O	P	W	H	L
Significado	Gravel	Sand	Silt	Clay	Organic	Poorly graded	Well graded	High plasticity	Low plasticity

Esta classificação está dividida em acordo com alguns critérios a serem obedecidos, tais critérios são expostos em tabelas que fornecem um passo a passo a ser seguido, as tabelas devem ser observadas em conjunto, e ainda com o auxílio da carta de plasticidade de casa grande, todas as informações necessária foram seguidas em acordo com a norma ASTM D 2487-98,[28].

Todo o percurso adotado ao longo das tabelas fornecidas pela norma referida, estão indicados a seguir em um pequeno resumo das informações importantes.

- % retida n°200 > 50 → Solos grossos;
- % areia > % cascalho → areia;
- % finos > 12%, ira a tabela de solos finos:
  - Inorgânico;
  - $w_L = 47.9\% < 50\%$ ;
  - $IP = 4.8$ ,  $w_L = 47.9$ , pela carta de plasticidade de casa grande;
  - Ponto abaixo da linha A, finos ML;
- Para finos ML solo SM, areia siltosa.

Como já referido, a classificação unificada de solos tem como objetivo verificar a aplicabilidade do solo em obras, principalmente no caso de aterros, tendo isto em vista há uma tabela que designa as propriedades para cada um dos 15 grupos, ao aplicar a norma foi encontrado uma areia - siltosa designada pela norma como SM.

### 3.4 Equipamento do Ensaio Triaxial

O equipamento necessário para realizar os procedimentos do ensaio triaxial é composto por diversas máquinas, dispositivos e acessórios, que devem ser montados da maneira correta para uma execução ideal, o equipamento deste estudo segue o padrão das normas (ASTM D2850,[27], D4767,[25] e D7181,[26]) e pode ser visto na figura (3.11).



Figura 3.11: Equipamento triaxial do laboratório de geotecnia do IPB.

#### 3.4.1 Máquina Eletromecânica de Teste

Esta é uma máquina servocontrolada, equipada com célula de carga de 5 e 50 kN, transdutor potenciométrico linear de 25 mm e unidade de controle touch screen, a mesma possibilita aplicar velocidades de teste compreendidas entre 0.00001 mm/min e 51 mm/-min, conforme a escolha do operador, a mesma pode ser identificada na figura (3.12).

Esta parte do equipamento tem a função de receber a célula triaxial e transmitir uma força controlada a um êmbolo embutido na célula, que direciona a força diretamente para a amostra gerando tensão vertical na mesma até sua rotura, enquanto esta força é aplicada, há um transdutor medindo a deformação da mesma, possibilitando realizar a colheita de dados, gerando gráficos de tensão-deformação e transferindo os resultados para um computador.

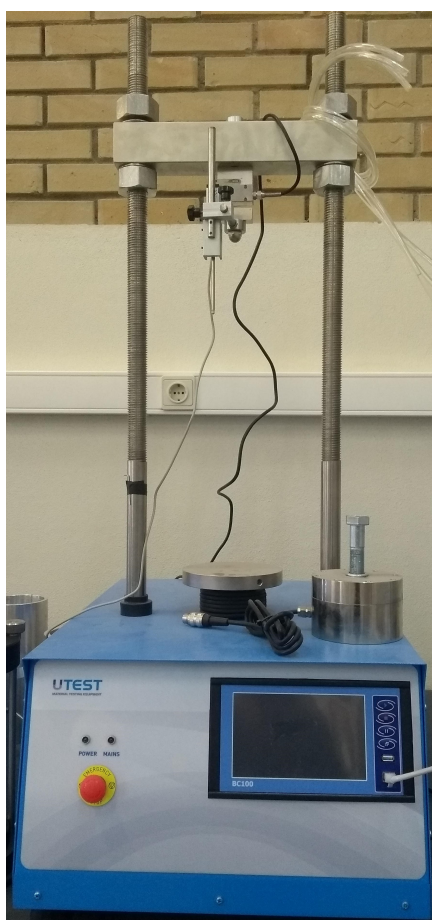


Figura 3.12: Máquina eletromecânica de teste.

### 3.4.2 Unidade de Pressão

A unidade de pressão funciona através de um mecanismo que funciona por água e óleo, permitindo aplicar pressões variáveis e contínuas até 1700 kPa, sua utilização é simples, basta girar o botão de controle localizado na parte da frente do equipamento, que libera

óleo de seu reservatório empurrando a água e gerando a pressão desejada, o equipamento esta demonstrado na figura (3.13).

Os ensaio CU e CD requerem duas unidades para sua execução, sendo uma responsável por aplicar pressão dentro da célula e outra para aplicar contra pressão na amostra. As leituras de pressão são realizadas por um transdutor, que encaminha os dados para um software no computador.



Figura 3.13: Unidade de pressão constante.

### 3.4.3 Unidade de Variação de Volume

Este componente tem como objetivo fazer as leituras de variação de volume do interior da amostra, registrando a água que entra e sai da amostra. A mesma tem um pistão conectado a um leitor de deslocamento linear de 25 mm, o movimento do pistão permite ler o volume de água que passa no interior do equipamento, o mesmo é ilustrado na figura (3.14).

O aparelho é ligado a unidade de pressão responsável pela contrapressão, ou seja, ambos trabalham em conjunto. A variação do volume de água é registrado pelo mesmo sistema de aquisição de dados das pressões, e enviado para o software do computador.

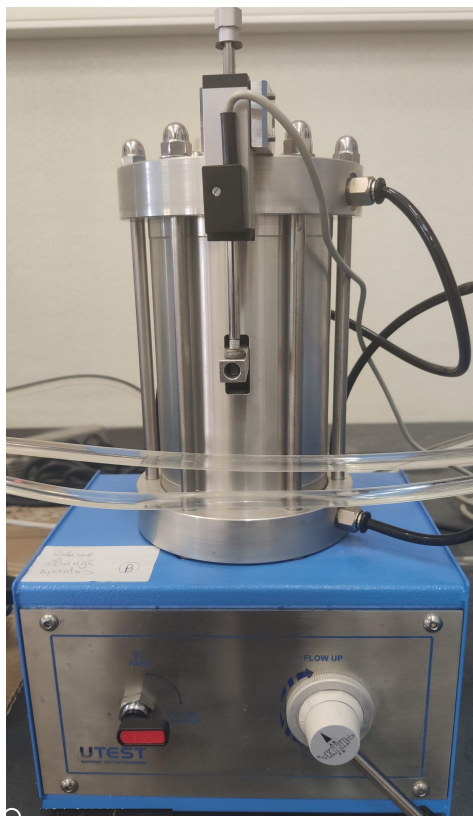


Figura 3.14: Unidade de mudança de volume.

### **3.4.4 Sistema de Aquisição de Dados**

O ensaio triaxial é complexo, requer a leitura de diversos dados ao mesmo tempo para cada instante do ensaio, sendo assim necessita de um sistema bem integrado em que suas partes trabalhem em simultâneo.

O aparelho utilizado para estudos neste trabalho possui basicamente três vertentes distintas dentro do sistema de aquisição de dados. A primeira vertente é composta por transdutores responsáveis por obterem as leituras de dados, sendo que destes transdutores há um grupo ligado a máquina eletromecânica de testes, o primeiro componente deste grupo faz leituras de deslocamentos relativos ao tamanho da amostra e o segundo lê as aplicações de cargas axiais durante a fase de rotura. Há ainda um grupo de três componentes responsáveis por obter todas as pressões que influenciam o ensaio, sendo a pressão de câmara, a poro pressão e a contra pressão, este grupo é representado na

figura (3.15 (a)). Por fim na unidade de variação de volume também há um transdutor de pressão, que pode ser visto na figura (3.14).

A segunda vertente é composta por dois aparelhos, são responsáveis por receber as leituras de dados, registrar e transmitir para o software de computador. Um dos aparelhos recebe a leitura das três pressões e mudança de volume e esta demonstrado na figura (3.15(b)), o outro é a máquina eletromecânica de teste que recebe as leituras de deslocamento e aplicação de carga.

Por fim há os softwares, que além de direcionar os usuários durante a realização do ensaio, também demonstra as leituras e apresenta os gráficos e tabelas de resultados. O aparelho conta com dois softwares, um para os ensaios CU e CD na figura (4.15(c)) e outro para o ensaio UU.



Figura 3.15: a) Transdutores de pressão b) Unidade de registro de dados c) Interface do software CU e CD.

### 3.4.5 Sistema de Água

As pressões aplicadas na amostra, são realizadas por meio de um sistema de água e óleo através das unidades de pressão, o óleo já é contido dentro do equipamento, no entanto é necessário aplicar água ao mecanismo de ensaio. Sendo assim há um sistema responsável por abastecer o ensaio com água, e preparar a mesma conforme indicado pela norma.

Este sistema de água é composto por 4 componentes, sendo o painel de controle, reservatórios de 7 litros, filtro de ar e bomba de vácuo, todos ligados por meio de mangueiras plásticas que distribuem toda a água para o mecanismo de ensaio. Primeiro vem o painel de controle ilustrado na figura (3.16(a)), que permite ou restringe a entrada de água no reservatório, após abastecimento do tanque, é aplicado vácuo durante 1 hora por meio da

bomba de vácuo que está ligada ao filtro de ar, responsável por não permitir a passagem de água para o interior da bomba de vácuo, como da figura (3.16(b)). O processo de retirada de ar da água, é controlado pelo painel que possui um manômetro para ler a pressão aplicada pela bomba.

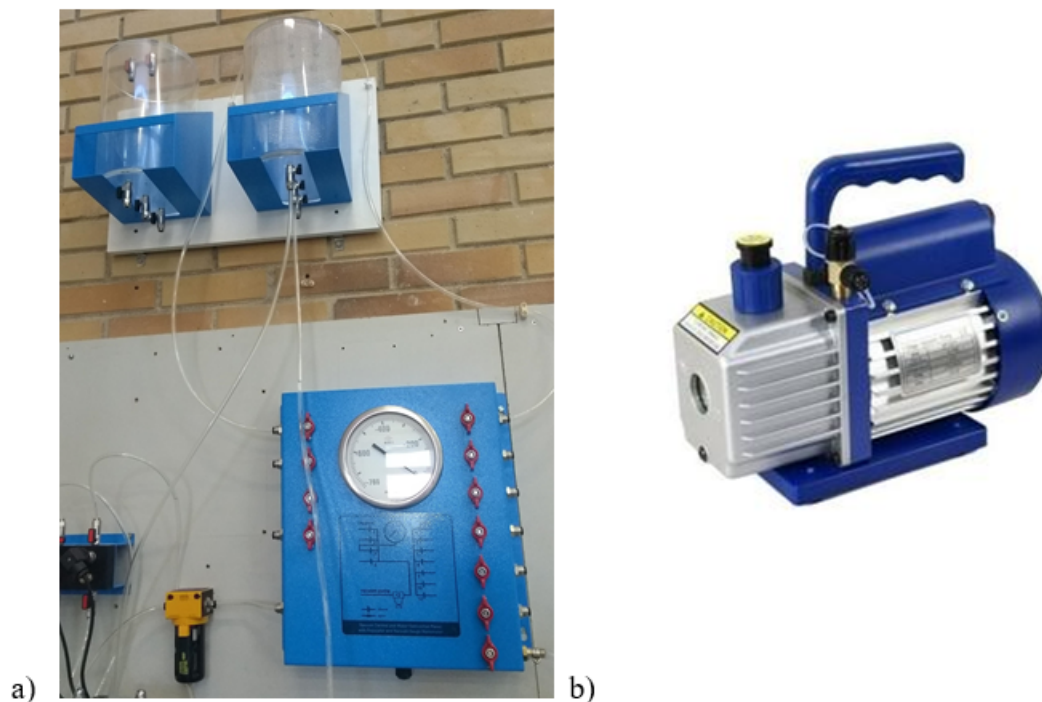


Figura 3.16: a) Painel de controle, reservatórios e filtro de ar. b) Bomba de vácuo.

### **3.4.6 Células Triaxiais e Acessórios**

São duas células de acrílico, a menor permite realizar ensaios com amostras de 38 mm e 50 mm de diâmetro, e a maior com amostras de 70 mm e 100 mm de diâmetro, as células estão representadas pela figura (3.17).

Elas possuem um pistão no topo com a função de aplicar cargas axiais nas amostras, o mesmo é envolto com anel de vedação no intuito de não permitir saída de água. As células possuem seis saídas cada, uma no topo com parafuso de rosca, para permitir retirada de ar, permitindo abastecer a célula com água, as outras cinco estão localizadas na base e são responsáveis pela entrada e saída de pressões, como poro pressão, contra pressão e pressão da câmara triaxial.



Figura 3.17: Células triaxiais.

Para montar as amostras nas células triaxiais requer o auxílio de diversos acessórios, que são colocados em conjunto com a amostra para o devido funcionamento do ensaio, estes acessórios estão representados pela figura (4.18) e suas funcionalidades estão explicadas no tópico 4.3.1.



Figura 3.18: Acessórios.

## **3.5 Considerações Finais**

Este capítulo encerra demonstrando todos os procedimentos de trabalho utilizados em campo e em laboratório, para a recolha, preparação, e caracterização física do solo em estudo, expondo seu resultados e indicando as normas utilizadas durante a operação dos procedimentos de ensaio.

Valendo afirmar a importância da correta determinação de cada um dos parâmetros apresentados, pois através dos mesmos pode ser previsto parcialmente as tendências comportamentais do solo estudado, que com o apoio dos ensaios mecânicos trará informações confiáveis para a elaboração de projetos voltados a área de geotecnia.

A atenção em seguir fielmente todas as recomendações impostas por cada norma, é essencial, pois se as mesmas forem devidamente entendidas, respeitadas e unidas ao conhecimento científico, então assim os resultados se tornarão cada vez mais precisos, refletindo melhor a realidade do comportamento dos solos em campo.

Para além de aplicar os ensaios físicos, também foi demonstrado o plano de trabalhos idealizado para a execução do ensaio triaxial. Foi exposto cada parte do equipamento utilizado para a caracterização mecânica, demonstrando suas funcionalidades e modos de operação. Sendo que no capítulo a seguir será apresentado mais claramente a utilização do equipamento e expondo os resultados dos ensaios triaxiais.

# Capítulo 4

## Ensaio Triaxial - Resultados de Ensaaios

### 4.1 Considerações Iniciais

No capítulo 3 apresenta através da tabela o planeamento de ensaios, no mesmo verifica-se que a rotura das amostras indeformadas e reconstituídas são para tensões de consolidação esperadas de 75 kPa, 150 kPa e 300 kPa, no entanto ensaios experimentais podem fugir do controle do operador, como os ensaios utilizados nesta dissertação foram os primeiros no laboratório de geotecnia do Instituto Politécnico de Bragança, na prática as tensões de consolidação são diferentes do programado inicialmente, como poderá ser observado nos tópicos a seguir.

A principal alteração detetada é relativa as tensões de consolidação, como as amostras não foram rompidas sob a atuação das tensões esperadas, dificultou tanto a fiabilidade da determinação dos parâmetros de resistência, quanto a comparação entre as duas variedades de amostragem.

Tendo em vista as dificuldades obtidas na consolidação, houve a necessidade de descartar resultados de algumas amostras, como não houve tempo de realizar testes complementares para contornar estas divergências, os parâmetros estão determinados através

da comparação das amostras que foram possíveis, sendo que tanto os resultados utilizados quanto os descartados estão identificados. Vale referir que a maioria dos resultados finais estão expostos através de apenas duas amostras, este fator trás desconfiança nos resultados, pois o ideal é aliar pelo menos 3 amostragens diferentes no fornecimento dos parâmetros de resistência mecânica.

## **4.2 Ensaio Consolidado não Drenado (CU) e Consolidado Drenado (CD)**

Ambos possuem o mesmo procedimento durante a execução do ensaio que é composto por várias etapas, envolvendo a saturação, consolidação e rompimento da amostra, no entanto há diferença entre eles na última etapa, pois quando se inicia a aplicação de carga axial para romper a amostra, o ensaio consolidado drenado requer que seja permitida a expulsão de água de seu interior, por consequência libera a pressão neutra.

Após ter as amostras devidamente constituídas e preparadas para serem utilizadas no ensaio, como demonstrado nos tópicos 3.2 e 3.3 deste trabalho, devem ser seguidas mais uma série de recomendações realizadas pelas normas, sendo assim serão demonstradas todas as etapas que envolvem os ensaios, esclarecendo suas particularidades e buscando detalhar o método de execução utilizado neste trabalho.

A metodologia do ensaio consolidado não drenado (CU) e consolidado drenado (CD), segue respectivamente as normas (ASTM *D4767\_2011*, [25]) e (ASTM *D7181\_2011*, [26]).

### **4.2.1 Montagem da Amostra no Equipamento**

Para dar início a montagem da amostra na câmara triaxial, primeiro deve-se separar e preparar os acessórios a serem utilizados. Os acessórios utilizados são:

- Filtros de papel em tiras e discos;
- Pedras porosas;
- Membrana de Borracha;

- O-rings;
- Ferramenta de colocar membrana;
- Ferramenta de colocar o-rings;
- Paquímetro;
- Balança;
- Bandeja.

A amostra deve ser pesada e medida em pelo menos 3 medidas de altura e diâmetro, no intuito de realizar uma média, segundo as normas não deve haver mais de 5% de diferença entre cada medida individual, antes do início do ensaio o resultado desta média deve ser introduzido no programa de teste.

Após conferir as dimensões da amostra, é adicionado água em uma bandeja, de preferência que seja a mesma água dessecada e utilizada na execução do ensaio. Nesta bandeja com água devem ser colocados os filtros de papel, pois percebeu que com eles previamente molhados auxilia na fase de saturação da amostra, facilitando a passagem de água e retirada de ar, conseqüentemente reduzindo o tempo de espera até a saturação, outro processo que tem a mesma finalidade é o de ferver as pedras porosas em água e permitir que seu resfriamento seja feito em temperatura ambiente. Ambos os processos foram utilizados em todos os ensaio deste estudo.

Antes de dar início a colocação da amostra na câmara triaxial, deve-se ligar todos os equipamentos e o software, certificando que haja todas as leituras necessárias para o ensaio, as leituras podem ser observadas através da interface do software no computador, assim como demonstrado na figura (4.7). O primeiro tubo a ser conectado na base da câmara será o responsável pela leitura de poro pressão, assim que seja feita a sua conexão, deve permitir que a água flua do reservatório até a base passando pelos transdutores de pressão, este procedimento é para garantir a expulsão de qualquer bolha de ar presente na tubulação, com a água ainda fluindo deve-se ir até o software e zerar a leitura de pressão e imediatamente fechar as válvula (h) que ficam entre o transdutor de pressão e o reservatório, como representado no esquema da figura (4.5) .

Finalizando o processo anterior, a amostra é colocada no centro da base da câmara

triaxial, nesta base há um adaptador que se encaixa perfeitamente com o seu diâmetro, o mesmo funciona como um pedestal, na figura (4.1) pode ser visualizado a amostra já em cima do pedestal após mais algumas etapas, neste adaptador há um furo ligado até ao tubo de leitura de poro pressão, permitindo aferir as leituras da pressão interna da amostra durante o ensaio. Ao colocar a amostra, é necessário ter alguns cuidados que podem fazer a diferença durante a fase de saturação e serão citados a seguir.

A amostra não pode ser colocada diretamente no pedestal da base, entre elas deve haver uma pedra porosa e um filtro de papel em que ambos possuem o mesmo diâmetro da amostra, em contacto com a base estará a pedra porosa, mas antes de ser colocada deve certificar que haja uma pequena lamina de água em cima do adaptador, isto indicará que o caminho para leitura de pressão está completamente preenchido com água. Em seguida é colocado o filtro na pedra porosa para impedir que pequenas partículas de solo passem pela pedra porosa, cuidadosamente pingue gotículas de água em cima do filtro já húmido pela imersão em água e coloque a amostra por cima.

Com a amostra já em cima do adaptador de base, inicia o processo de envolver as paredes da amostra com o filtro de papel em formato de tiras. Inicialmente neste estudo foram feitos muitos ensaios sem colocar estes filtros, no entanto não se conseguia atingir os 90% de saturação indicados pela norma, para contornar esta situação adotou a utilização destes filtros que auxiliam na passagem de água e consequentemente expulsão de ar do interior da amostra, na figura (4.1) demonstra a amostra envolvida pelo filtro de papel com as pedras porosas.

O procedimento de inserir os filtros é moroso e requer muito cuidado para não estragar a amostra, para grudar as tiras de papel é necessário pincelar de água tira por tira e coloca-lás nas paredes até que estejam completamente aderidas, se este procedimento não for feito corretamente e deixar partes do filtro salteados, haverá problemas durante etapa de inserção da membrana de borracha. Logo após são colocados mais um filtro de papel e pedra porosa, desta vez no topo da amostra recorrendo aos mesmos cuidados já indicados.

Com a pedra porosa já localizada no topo da amostra é colocado o adaptador de topo, que tem a função de receber a carga axial proveniente do pistão e transmitir de maneira

uniforme para a amostra na fase de rotura, nele também há um furo com conector, que será ligado por meio de tubos à máquina de variação de volume, que por sua vez é conectada a unidade de pressão 2, ambos estão representados no esquema da figura (4.5), os mesmos são respetivamente responsáveis por registrar a variação de água dentro da amostra e aplicação de contra pressão, entre a ligação da máquina de variação de volume e a unidade de pressão está um dos transdutores demonstrados na figura (3.15(a)) registrando as variações de pressão. Na figura (4.2) pode ser visto a amostra com o adaptador de topo e o tubo responsável pela contra pressão.



Figura 4.1: Amostra com os filtros e pedra porosa.

O próximo passo será envolver a amostra com a membrana de borracha, que não deve estar danificada antes de sua utilização, este procedimento requer o auxílio de uma ferramenta cilíndrica e oca com o diâmetro pouco maior do que a amostra, vale ressaltar que normalmente a membrana entra com um pouco de dificuldade, mas não deve ser forçada para não estragar as laterais da amostra, a membrana fica presa no pedestal e no adaptador de topo por meio de o-rings, que são colocadas com o auxílio de outra ferramenta cilíndrica e oca, a figura (4.3 (a)) demonstra a amostra após envolver a membrana na

amostra.

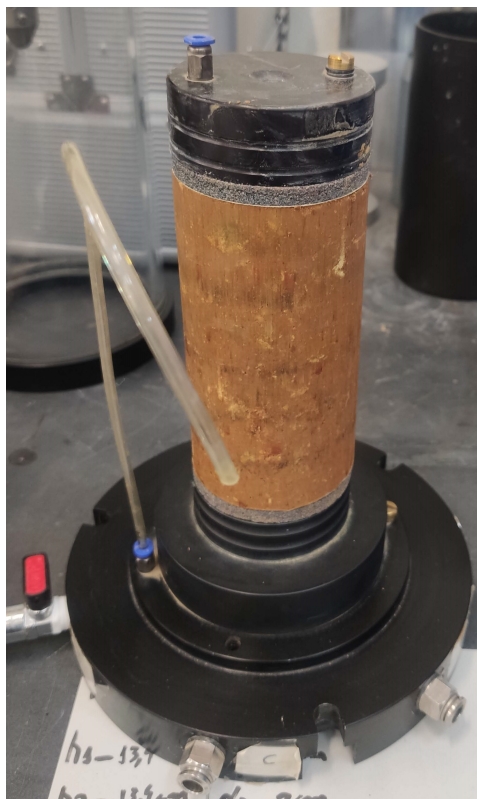


Figura 4.2: Amostra com adaptador de topo e conexão da contra pressão.

Com a membrana devidamente colocada será conectado um tubo na parte exterior da base e outro na parte interior, ambos estão ligados, sendo que o interior também deve ser conectado no topo da amostra (estas conexões podem ser visualizadas no esquema da figura (4.5)), mas antes de conectar a parte superior deve permitir que a água flua por pressão atmosférica no sistema desde o reservatório até a extremidade deste tubo para que haja a expulsão de qualquer bolha de ar.

Durante este processo a unidade de pressão pode estar ligada sem aplicar pressão no sistema, e a máquina de variação de volume deve ter sua válvula voltada para "volume change", isto permite que seja aferida a mudança de volume, outra consideração é com a haste de leitura localizada na mesma, ela possui as opções "flow down" e "flow up", não importando a opção que esteja selecionada, mas a que estiver ativa deve permanecer até a fase de consolidação sem nenhuma alteração, a haste indica apenas se o cursor de leitura

está lendo de cima para baixo, ou de baixo para cima, não interferindo nas fases iniciais do ensaio, estes componentes podem ser vistos na (figura 3.14) sendo que a válvula vermelha é a responsável pelo "volume change" e a haste com ponta preta por fazer as alterações de "flow down" e "flow up".

Com a água fluindo lentamente nas tubagens é conectado o tubo na parte superior da amostra, como pode ser visualizado na figura (4.3)(b)), sendo que imediatamente deve zerar as leituras de pressão no software e fechar as válvulas relacionadas a contra pressão, com exceção das válvulas (b) e (d), representadas na figura (4.5).

Após todo o procedimento indicado a câmara triaxial pode ser fechada com sua parte superior de acrílico, mas antes de isolar a amostra deve certificar que tenha uma o-ring entre a base e a parte superior, pois esta é responsável por vedar qualquer saída de água ou pressão durante o teste. Assim que fechado, a norma recomenda que o pistão seja encostado lentamente e com cuidado na parte superior da amostra, para que não haja perturbações, o final deste procedimento esta demonstrado na figura (4.3(c)).

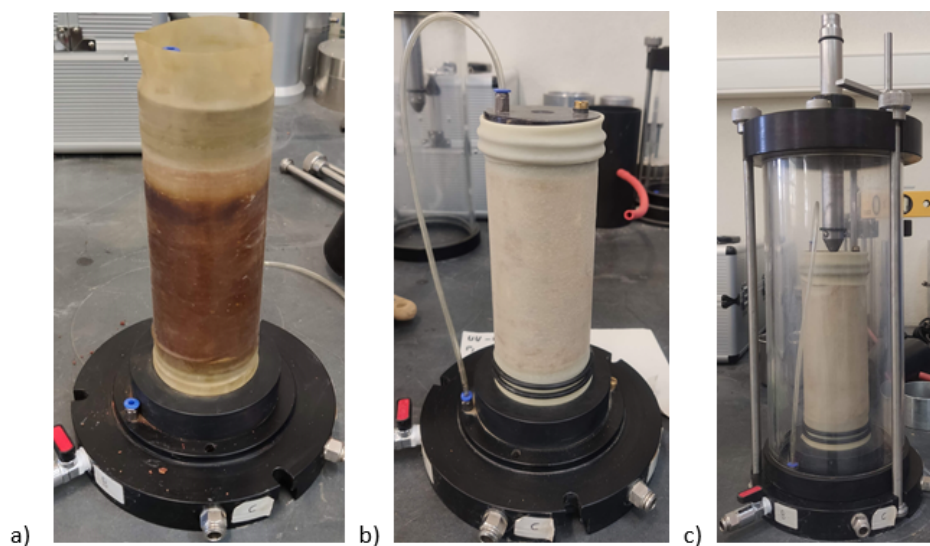


Figura 4.3: a) Amostra após colocação da membrana b) Amostra com a membrana e as o-rings instaladas c) Amostra dentro da câmara triaxial.

A célula triaxial é colocada no interior da máquina eletromecânica de teste e presa pelo pistão, em seguida deve ajustar o transdutor responsável por medir as deformações,

sendo que posteriormente pode dar início ao preenchimento de água na câmara, após este processo irá ficar como demonstrado na figura (4.4).



Figura 4.4: a) Câmara triaxial instalada na máquina eletromecânica de teste.

O procedimento de encher a câmara deve ser feito com a água contida no reservatório, que irá fluir para seu interior expulsando o ar presente dentro da câmara triaxial, por meio de uma purga localizada na parte superior da câmara, que pode ser vista na representação da câmara triaxial na figura (2.7), quando começar a derramar água deve zerar a leitura de pressão da célula no software, e imediatamente fechar a válvula (m) que permite entrada de água na unidade de pressão 1 (representado na figura (4.5)), em seguida a amostra é completamente isolada fechando o parafuso da purga no topo da câmara.

No momento em que a válvula for fechada, o software estará registrando pressões negativas em todos os leitores. Nos ensaios de teste, foram zeradas as pressões no software novamente clicando no botão "reset" de cada leitor de pressão (Estes leitores podem ser visualizados na figura (4.7)), assim como recomendado pelos manuais do equipamento, no entanto esta ação resultava em dificuldades durante a fase de saturação da amostra, não

havia aumento da poro pressão, ou seja, não era identificado entrada de água e expulsão de ar no interior da amostra, conseqüentemente não cumpria o objetivo de saturar a amostra.

Tendo em vista este problema buscou analisar as possíveis causas, chegando a conclusão que a ação de zerar as leituras estava causando significativas diferenças nas leituras de pressão, passando a registrar valores irreais na amostra dificultando o processo de saturação. Para contornar a situação, encontrou um procedimento que fazia com que as pressões se aproximassem de zero, conseqüentemente diminuindo a discrepância entre as mesmas e mantendo as leituras reais.

A figura 4.5 possui um esquema representativo do equipamento utilizado em todos os ensaios triaxiais deste trabalho, sendo o mesmo que está ilustrado na figura 3.11. Esta figura tem como objetivo auxiliar na explicação do procedimento adotado para tornar reais as leituras de pressão, os passos indicados a seguir estarão se referindo a ela.

O primeiro passo foi fazer com que a pressão de câmara elevasse para zero por meio da unidade de pressão 1, para isto basta girar lentamente o botão preto de incremento de pressão, no sentido horário faz incremento e no anti horário reduz, o mesmo está localizado no lado esquerdo do equipamento, para controlar o valor da pressão basta observar os valores marcados no leitor de "cell pressure" idêntico ao demonstrado na figura (4.7), que estará aberto no software do computador. Após identificar 0 no leitor "cell pressure", deve certificar que as válvulas (a), (e), (h), (n) e (q) sejam abertas para garantir que a poro pressão esteja em pressão atmosférica, em seguida deve ir até o computador e pressionar reset na leitura "pore pressure" na mesma interface da figura (4.7), isto irá zerar a leitura de poro pressão.

Ao zerar a poro pressão deve fechar a válvula (h) e esperar que todas as leituras de pressão se estabilizem, isto é acompanhado na interface do software. Assim que estabilizado, deve ser feito o mesmo procedimento de deixar apenas pressão atmosférica na contra pressão e zerar a leitura, no entanto o procedimento é distinto do realizado na poro pressão, pois antes deve ser retirada a influência da unidade de pressão 2 e unidade de variação de volume.

A conexão entre a válvula (p) e (l) deve ser interrompida, para que a extremidade (l) deste tramo seja ligada na válvula (g), deixando o reservatório ligado diretamente no transdutor de pressão T1, após esta alteração as válvulas (q), (p), (g), (d) e (b) devem estar abertas, rapidamente deve pressionar "reset" na leitura "back pressure" da interface do software e em seguida fechar a válvula (g) e (d). Posteriormente o circuito da contra pressão deve ser conectado conforme apresentado na figura (4.5), em seguida a válvula (l) deve estar fechada e as válvulas (j), (g), (d) e (b) devem estar abertas, ao analisar a interface do software será verificado leituras negativas na "back pressure", sendo assim deve aplicar lentamente incremento de pressão com a unidade 2 até obter 0 e fechar a válvula (g).

Deve esperar todas as leituras estabilizarem, sendo que a poro pressão estará marcando valores negativos, sendo assim deve pressionar "reset" mais uma vez na interface do software e logo após pode dar prosseguimento com o ensaio.

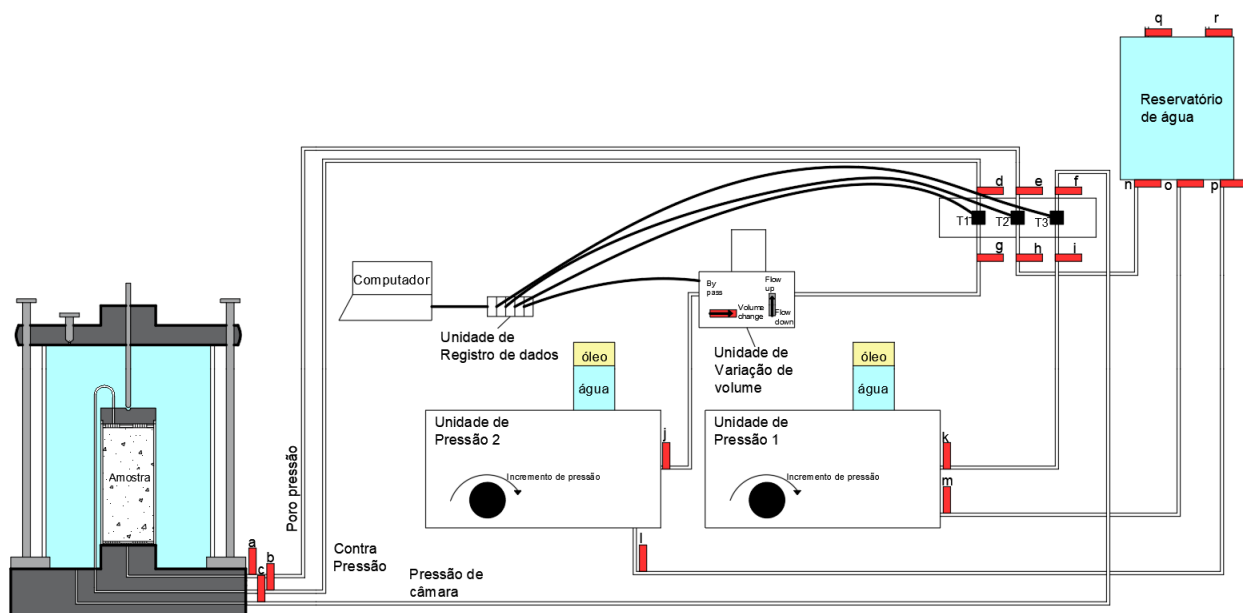


Figura 4.5: Dados relativos a amostra reconstituída no ensaio CU para 150kPa.

Com o final destes procedimentos os dados relativos a amostra são inseridos no software, como demonstrado na figura (4.6) a seguir:

Standert Name	BS 1377-8 CU	Diameter mm	70	Drainage	TOP
Job No	.	Height mm	130	Side Drains	Side Drains
Company Name	ESTIG	Initial Area mm2	3848.34	Membrane Thickness mm	0.00
Project or Contract	Rafael	Initial Volume cm3	500.28		
Location	Bragança	Sample Weight g	906.74		
Borehole ID	.	Bulk Density Mg/m3	1.81		
Sample Depth (m)	2				
Date	07-02-2020				
Cell Pressure Increment Steps kPa	50				
Back Pressure Differential kPa	20				
Required Effective Stress kPa	150				

1 VENT PRESSURE TRANSDUCERS TO ATMOSPHERE AND RESET

2 MOUNT SAMPLE AND FILL TRIAXIAL CELL

Reset Cell, Back and Pore Pressures

OK ABORT

Figura 4.6: Dados relativos a amostra reconstituída no ensaio CU para 150kPa.

## 4.2.2 Saturação

A fase de saturação tem como objetivo preencher os espaços vazios da amostra com água, sem aplicar esforços indesejados na amostra e também não permitindo que haja inchaço da mesma. A norma regulamentar indica métodos a serem seguidos para atingir a saturação, o aparelho utilizado para os testes está configurado para operar de acordo com o tópico 8.2.3 das normas (ASTM D4767,[25] e D7181,[26]), sendo o método de saturação por via húmida.

O método indicado faz incrementos de pressão em degraus para a pressão da câmara e a contra pressão, buscando manter a mesma diferença entre ambas ao final de cada ciclo de incremento, a norma também indica que espere um intervalo de tempo adequado entre os incrementos, para que haja tempo de equalizar a pressão de poro no interior da amostra não gerando esforços desnecessários. A norma prevê um intervalo limite para os incrementos, sendo compreendido entre 35 kPa e 140 kPa, a diferença entre a contra pressão e a pressão da câmara não deve ultrapassar 35 kPa, pois acima deste valor pode causar inchaço na amostra.

A saturação da amostra é constatada com base no aumento da poro pressão, sendo assim ao final da equalização das pressões deve ser verificado o valor da poro pressão. A verificação dos aumentos de pressão, permite a utilização da equação (4.1) do valor B de

Skempton, que é a razão entre a diferença de um ciclo de incremento para outro da poro pressão e pressão da câmara.

$$B = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_3} \quad (4.1)$$

A norma sugere que seja considerada saturada a amostra que atingir um valor B próximo a 0.95, ou se ao incrementar novas pressões não verificar nenhum aumento em B.

O software de testes possui uma interface bem simples de ser compreendida, indica o quanto de pressão deve ser incrementada a cada momento, registra todas as variações de pressão, desenha gráficos para poro pressão, mudança de volume e valor B (figura 4.7), como será demonstrado a seguir pela descrição de passos do ensaio.

A primeira parte da fase de saturação solicita o quanto deve ser incrementado de pressão na câmara, este valor é previamente escolhido pelo operador na etapa de inserção de dados da amostra (figura 4.6), todos os ensaios deste estudo foram executados com incrementos de 50kPa, mantendo 20 kPa de diferença entre a contra pressão e a pressão de câmara, caso que obedece os intervalos indicados pela norma.

Ao incrementar a pressão recomendada pelo software, é aberta uma tela que registra gráficos para o valor de B e poro pressão em função do tempo, como pode ser observado pela figura a seguir:

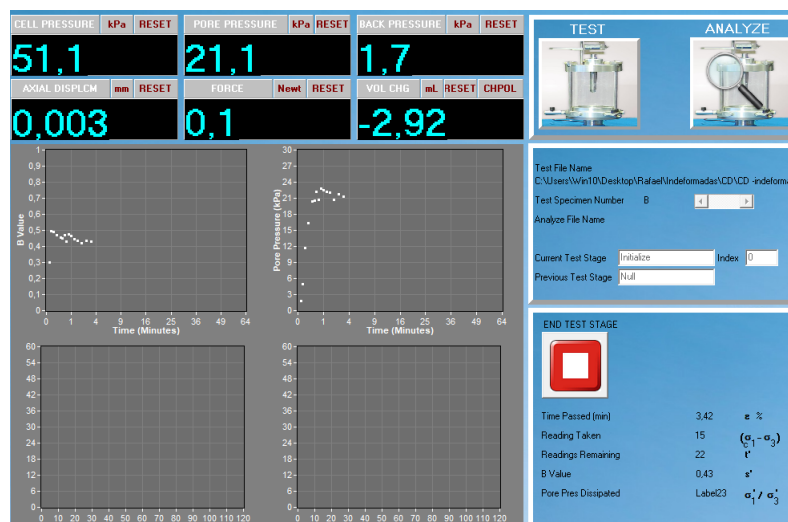


Figura 4.7: Interface do software - Saturação (Pressão de câmara).

Esta parte é encerrada pelo operador quando a poro pressão estiver estabilizada sem apresentar variações significativas, logo depois o software irá solicitar um incremento de contra pressão que respeite a diferença de 20 kPa, levando em consideração as leituras que estiverem sendo registradas naquele momento.

Com o incremento devidamente feito deve esperar novamente que as leituras se estabilizem, nesta nova etapa o programa estará apresentando gráficos relativos a variação de poro pressão e volume, como demonstrado na figura (4.8) a seguir:

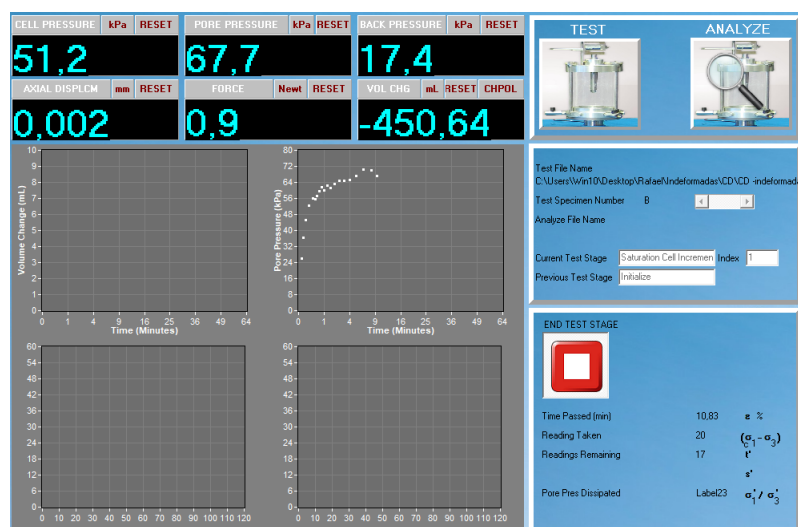


Figura 4.8: Interface do software - Saturação (contra pressão).

Na etapa de aplicação de contra pressão é melhor observar as leituras de poro pressão para encerrar e prosseguir para a próxima, pois em algumas situações as leituras de volume podem estar negativas e não haver registros de gráfico, as leituras de volume serem negativas não representa que a água esteja saindo da amostra ao invés de entrar, a questão de leitura positiva e negativa tem haver com a forma que o aparelho de mudança de volume está registrando, influenciado pela posição que a haste de "flow up" e flow down" estiver.

Ao verificar a estabilização da poro pressão, deve fechar as válvulas que permitem a aplicação de pressão na câmara e de contra pressão, isto indica que um ciclo de incremento foi fechado.

O software irá indicar um novo incremento de pressão para a câmara, que após aplicação retorna para a interface da figura (4.7), novamente deve ser observado o valor B, se ele estabilizar e não estiver marcando próximo de 0.95, deve prosseguir para a contra pressão e realizar quantos ciclos forem necessários para atingir o valor esperado, mas pode encerrar a fase de saturação no caso de ao final de dois ciclos seguidos o valor de B apresentar o mesmo resultado de estabilização.

A figura (4.9) a seguir demonstra pelo gráfico o valor B estabilizando próximo a 0.95, permitindo que a fase de saturação seja encerrada para dar prosseguimento com a fase de consolidação da amostra.

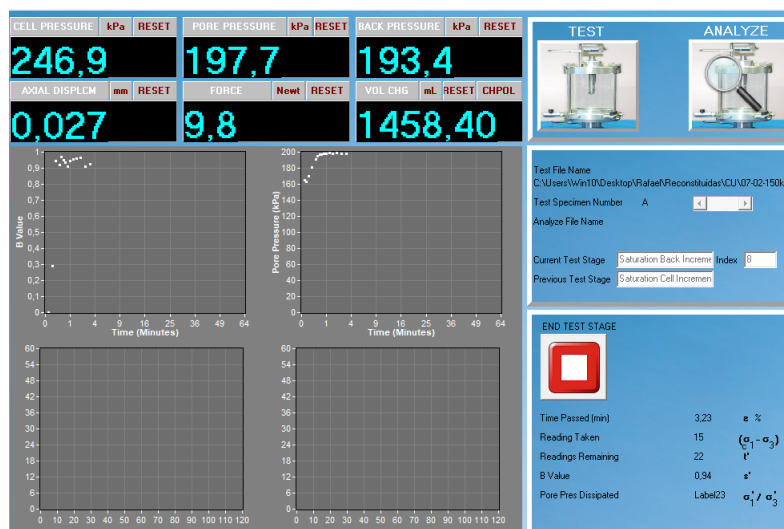


Figura 4.9: Interface do software - Amostra saturada.

### 4.2.3 Consolidação

A fase de consolidação tem o intuito de equilibrar um estado de tensão de consolidação efetiva, para a qual será determinada a resistência do solo. Para além de atingir um estado de tensão efetiva, também serão recolhidos dados pertinentes para serem utilizados durante o processo de rotura da amostra.

Segundo as recomendações normativas, após atingir a saturação deve ser fechada a válvula que permita drenagem na amostra, deve-se manter constante a contra pressão máxima atingida durante a saturação e em seguida aplicar a pressão de câmara necessária

para obter a tensão de consolidação efetiva pretendida. A tensão de consolidação efetiva é a diferença entre a pressão de câmara e a contra pressão

Após aumentar a pressão de câmara como desejado, deve abrir novamente as válvulas que permitam a drenagem na amostra e fazer registros de mudança de volume em intervalos crescentes de tempo, a norma indica leituras em (0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 4, 8, 15 e 30 min / 1, 2, 4, 8h). Este processo irá encerrar quando a pressão de poro se estabilizar em um valor próximo da contra pressão, atingindo cerca de 90% da consolidação pretendida.

O software de execução de ensaio para este estudo, segue todas as indicações da norma mostradas anteriormente. Assim que encerra a saturação, é aberta uma página informando a pressão que deve ser incrementada na câmara para atingir a tensão de consolidação efetiva desejada, a mesma é previamente descrita pelo operador na fase de inserção de dados. Esta mesma interface informa o momento em que as válvulas devem ser abertas e fechadas, e solicita que a haste de "flow up"/"flow down"tenha o seu sentido invertido, pois isso fará com que zere as leituras de mudança de volume, registrando a quantidade de água que está se movendo na amostra para assim determinar o momento de encerrar a consolidação.

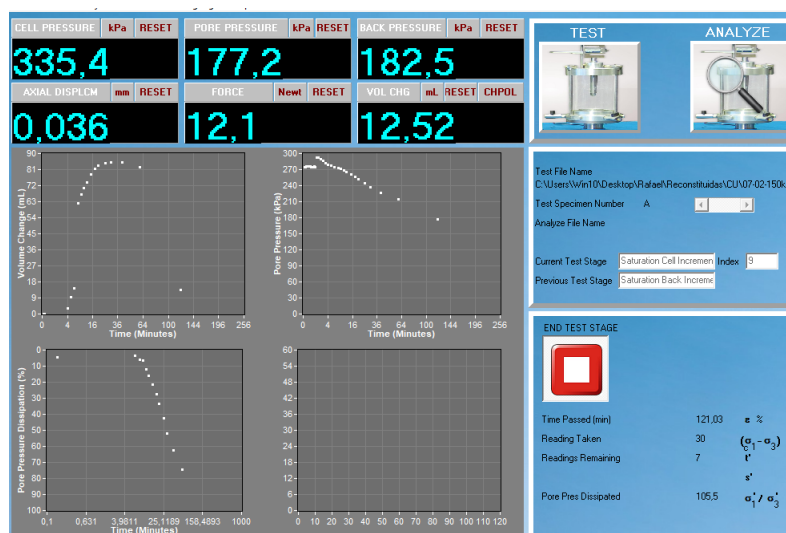


Figura 4.10: Interface do software - Consolidação.

A figura anterior (4.10) demonstra a interface do software durante a consolidação da

amostra, plotando gráficos para a mudança de volume, poro pressão e sua percentagem de dissipação, quando a percentagem passar de 90% pode prosseguir para a fase de corte da amostra. Nesta figura pode ser observado no canto inferior direito, que foi atingido 105.5 % de dissipação, ou seja, ainda atingiu uma consolidação efetiva maior do que o planeado.

A tensão efetiva pode ser constatada pela diferença entre a pressão de câmara (cell pressure) e a poro pressão (pore pressure), ao efetuar esta operação obtém 158.2 kPa de tensão efetiva como pode ser constatado para a figura (4.10), sendo que o planeado para a amostra em questão seria de 150 kPa.

#### **4.2.4 Rotura da Amostra**

Para esta etapa a norma também indica alguns procedimentos que devem ser cumpridos, a amostra deve estar isolada com a pressão de câmara constante durante todo o tempo de aplicação de carga axial, sendo que ao aplicar carga axial deve obedecer uma taxa de deformação que equalize as pressões porosas em toda a amostra na rotura, esta taxa é determinada por uma equação baseada no tempo que a amostra levou para consolidar 50%, neste estudo não foi necessário utilizar esta equação diretamente, pois o próprio software registrava o tempo e indicava a taxa a ser utilizada em cada amostra.

A última indicação das normas para esta etapa é o que difere a consolidação não drenada (CU) da consolidação drenada (CD), para a situação não drenada as válvulas que permitem a drenagem da amostra devem estar fechadas e a poro pressão deve estar realizando leituras, já na consolidação drenada a drenagem da amostra estará liberada, sendo que durante a rotura a mudança de volume é registrada e a falha alcançada lentamente, pois o excesso de poro pressão será dissipado sob condições drenadas.

Com o encerramento da fase de consolidação, o software abre uma página distinta para cada um dos dois tipos de ensaio, em ambas indicando a velocidade em que a carga axial deve ser aplicada, no entanto há a possibilidade do operador escolher uma velocidade diferente se for o caso, para estes estudos tomou como base as indicações do software para

cada amostra. As páginas de cada situação também informa as válvulas que devem estar abertas ou fechadas durante a rotura da amostra.

Assim que se insere as informações necessárias e movimentada as válvulas apropriadas, o operador deve permitir que a máquina eletromecânica de teste inicie a aplicação de carga axial no pistão. O software abre a última interface do ensaio, registrando gráficos em função das tensões de desvio e deslocamento da amostra, perda de pressão e volume como os da figura (4.11), dentre muitos outros resultados que podem ser consultados por planilhas fornecidas no final do ensaio.

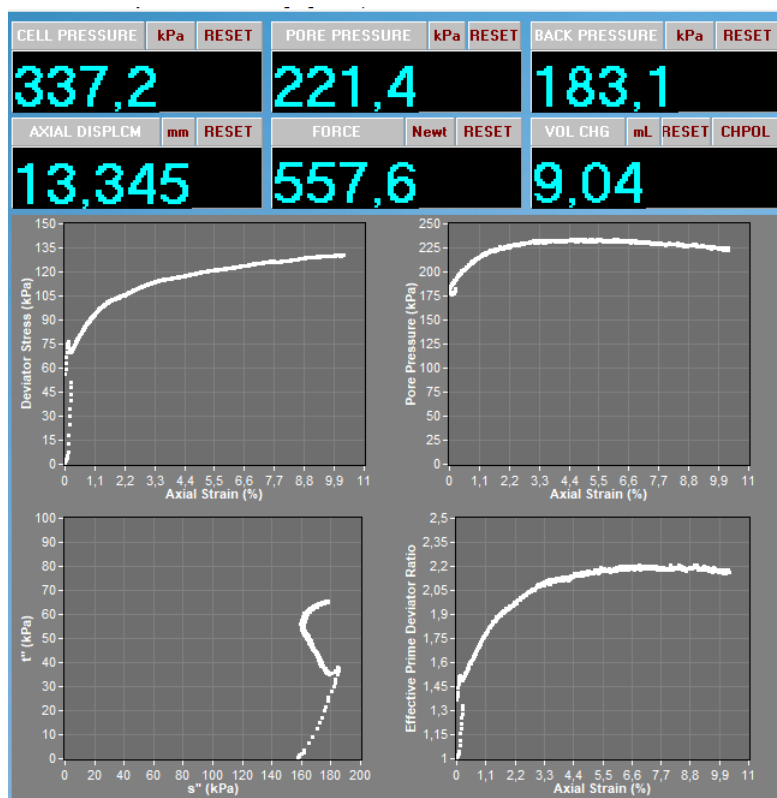


Figura 4.11: Interface do software - Rotura da amostra.

### **4.3 Ensaio não Consolidado não Drenado**

Este ensaio é mais simples e rápido se comparado com os dois expostos anteriormente, assim como indicado pelo nome não requer consolidar e drenar a amostra, apenas é aplicada uma carga axial sob uma tensão de confinamento desejada. A norma obedecida para operar o ensaio foi a (ASTM D2850\_ 2015,[27]), a mesma faz algumas recomendações importantes a serem seguidas para obter resultados confiáveis.

O processo de montagem da amostra na câmara triaxial é basicamente o mesmo explicado no tópico 4.2.1, utiliza dos mesmos acessórios e procedimentos, no entanto não é colocado o filtro de papel em tiras ao redor da amostra e nem necessita de ajustar as leituras de contra pressão e poro pressão, os circuitos relativos a estas pressões estarem fechados durante todo o ensaio sem que haja influência dos mesmos.

Após a montagem da câmara triaxial e preenchimento completo de água em seu interior, é necessário verificar as leituras da pressão de câmara e deslocamento, constatando que estejam zeradas. Este ensaio requer dois softwares para a sua execução, um deles é o já apresentado nos ensaios anteriores, que será responsável apenas para auxiliar no controle da pressão a ser aplicada, o outro software tem como objetivo receber as informações relativas a amostra e exprimir todos os dados e resultados adquiridos durante o teste.

Para iniciar o ensaio deve primeiro ser aplicada a tensão pretendida, a mesma é ajustada inicialmente na unidade de pressão pelo operador e verificada no software de leitura, assim que atingir a pressão desejada deve abrir lentamente a válvula responsável por alimantar a pressão na câmara triaxial. A norma indica que a amostra deve experimentar por pelo menos 10 minutos essa pressão antes que seja aplicada a força axial.

Após este tempo o operador pode dar início a aplicação de carga na amostra pelo software, que antes irá solicitar a taxa de deformação pretendida, a norma propõe que seja entre 0,3 e 1 %/min não permitindo que o tempo de falha ultrapasse 15 min, todos os ensaios foram executados para 0,75 %/min garantindo as recomendações normativas. Durante a aplicação de carga o software gera gráficos e recolhe todos os dados pertinentes, sendo que no final são disponibilizados para exportação em excel.

## 4.4 Resultados e Análises

### 4.4.1 Ensaio Consolidado não Drenado

Em cada amostra foi identificado os índices físicos como pesos, pesos volúmicos, teores em água, dimensões e massas. Valendo ressaltar que como citado no capítulo 3 desta dissertação buscou manter um padrão na constituição de todas as amostras, mas mesmo tomando todos os cuidados necessários ainda é observado certo desvio nas características físicas das amostragens.

A tabela (4.1) a seguir demonstra as informações relativas as amostras utilizadas em todos os ensaios consolidados não drenados, valendo ressaltar que as tensões de consolidação deveriam ser iguais ao exposto na metodologia de trabalhos apresentado no capítulo 3, no entanto as tensões esperadas não foram atingidas:

Tabela 4.1: Índices físicos - Ensaios consolidados não drenados

Parâmetros Físicos	Consolidado não Drenado					
	Amostras					
	Reconstituídas			Indeformadas		
	1 (*)	2	3	1	2	3 (*)
Tensão de consolidação (kPa)	322	156	376	17	130	166
Peso volúmico - $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	18	18	17	18	18	17
Peso volúmico seco - $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	16	15	13	14	14	13
Teor em água - w (%)	15	22	38	31	33	39
Diâmetro médio (mm)	70	70	70	70	70	70
Altura média (mm)	131	133	132	140	140	140

(\*) - Ensaio descartado

A consolidação sob a qual a amostra esta submetida pode ser identificada no fim da fase de consolidação, a mesma depende das tensões efetivas atuantes, que é o resultado das tensões totais individuais subtraídas pela leitura de poro pressão. Antes do início da fase de rotura não há nenhuma aplicação de carga axial, por tanto a amostra está

submetida a um carregamento isotrópico de mesmo valor da pressão de câmara. Os dados obtidos no fim da consolidação estão expostos na tabela (4.2) a seguir:

Tabela 4.2: Tensões atuantes nas amostras no fim da consolidação - Ensaios consolidados não drenados

Parâmetros (kPa)	Fim da Consolidação					
	Amostras					
	Reconstituídas			Indeformadas		
	1 (*)	2	3	1	2	3 (*)
<b>Tensão isotrópica total (<math>\sigma_0</math>)</b>	447,8	335,5	528,2	145,3	354,1	430,4
<b>Tensão isotrópica efetiva (<math>\sigma'_0</math>)</b>	321,9	156,2	376,4	17	129,8	165,9
<b>Pressão neutra (<math>u_0</math>)</b>	125,9	179,3	151,8	128,3	224,3	264,5

(\*) - Ensaio descartado

A fase de rotura da amostra disponibiliza informações pertinentes na caracterização mecânica do solo estudado, precisamente através destes dados torna-se possível descrever seu comportamento. Os resultados obtidos pela leitura ao longo do ensaio foram plotados em gráficos para melhor visualização.

Deve ser observado que todos os ensaios realizados apresentam regressão na tensão de desvio, este fenômeno ocorre no início de aplicação de carga, sendo sempre antes de completar 1% de extensão axial na amostra, a provável causa é uma falha do equipamento durante a aplicação de carga axial, possivelmente o pistão trava por um curto período de tempo durante a fase de aplicação de carga vertical, como não foi possível contornar este problema todos os ensaios possuem esta pequena particularidade.

A figura (4.12) a seguir demonstra as relações entre tensão de desvio, pressão neutra e extensão axial para as duas variações de amostragens.

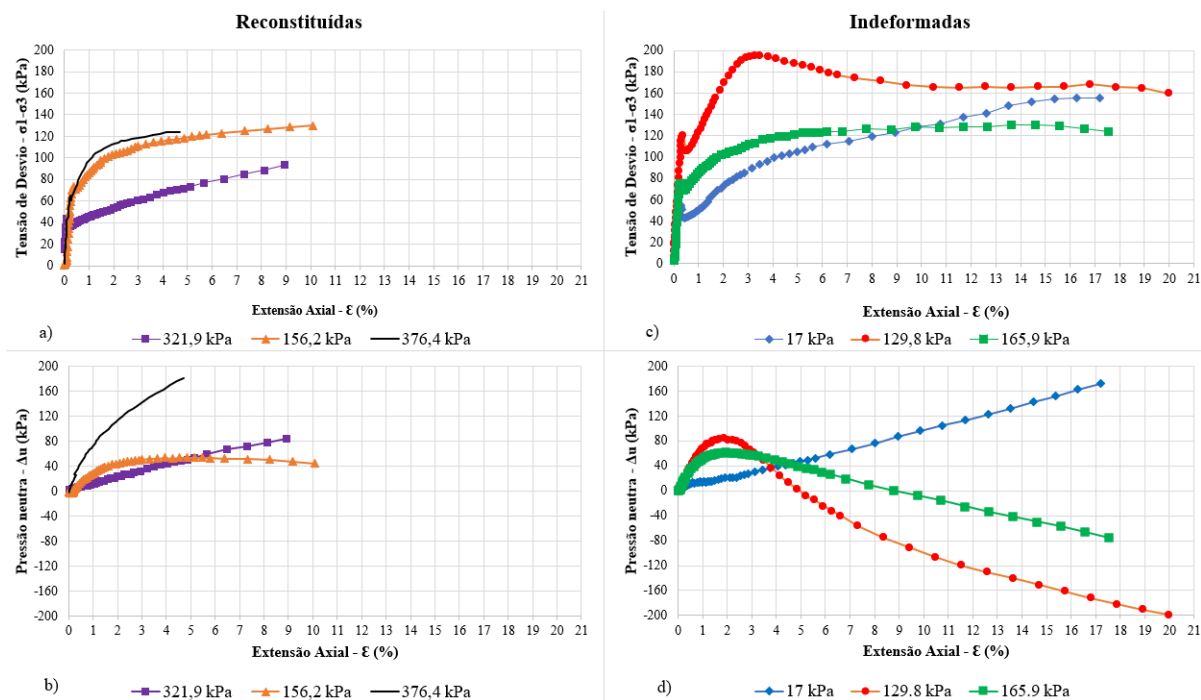


Figura 4.12: Gráficos de amostras consolidadas não drenadas. a) Tensão de desvio x Extensão axial (reconstituídas). b) Pressão neutra x Extensão axial (reconstituídas). c) Tensão de desvio x Extensão axial (indeformadas). d) Pressão neutra x Extensão axial (indeformadas).

O gráfico a) da figura (4.12) mostra que as amostras reconstituídas com tensão de consolidação de 156,2 kPa e 376,4 kPa, apresentaram um pequeno aumento na tensão de desvio mesmo após sofrerem rotura. Por outro lado a amostra consolidada a 321,9 kPa nem se quer apresenta rotura, demonstrando apenas aumento na tensão de desvio como se a amostra permanecesse resistindo as aplicações de carga axial até o fim do ensaio, por oferecer um resultado tão estranho é melhor descartar o uso desta amostra.

Ao visualizar o gráfico b) da figura (4.12), que retrata a atuação da tensão neutra nas amostras reconstituídas, pode perceber que as amostras de 321,9 kPa e 376,4 kPa apresentam comportamento distinto da amostra de 156,2 kPa, sendo que nelas a pressão neutra permanece crescente durante todo o tempo de aplicação de carga axial, o que é esperado pelo fato da amostra estar sofrendo compressão, mas após o momento de rotura deveria haver queda na tensão de desvio.

Já analisando as amostras indeformadas a partir do gráfico c) da figura (4.12), é

nítido um pico na tensão de desvio apenas na amostra de 129,8 kPa de consolidação, demonstrando com clareza o momento de rotura, posteriormente há declínio na tensão indicando perda de resistência mecânica. No gráfico de pressão neutra também ocorre o mesmo com esta amostra, pode-se observar que o pico no gráfico d) é um pouco antes do que no gráfico c), isso deve ao fato da amostra começar a romper e liberar pressão neutra antes da completa rotura, após a rotura a queda da pressão neutra é agravada e conduzida para números negativos.

Nas indeformadas a amostra de 165,9 kPa de tensão de consolidação apresenta comportamento semelhante a amostra consolidada a 129,8 kPa, no entanto suas curvas são mais discretas não oferecendo um pico de rotura tão nítido. Tendo em vista que foram apresentados resultados axiais para a amostra de 165.9 kPa, achou melhor descartar o uso desta amostra e recomenda-se a execução de um novo ensaio.

A amostra de 17 kPa demonstra comportamento uniforme nos gráficos c) e d) da figura 4.12, sendo que respectivamente registra apenas aumento na tensão de desvio e na pressão neutra. Indicando um comportamento atípico, pelo fato de demonstrar que ainda resistiria a maiores aplicações de carga.

Com base nos gráficos da figura 4.12 é possível obter os resultados apresentados na tabela (4.3), representando os dados disponibilizados durante a rotura de cada amostra.

Tabela 4.3: Dados relativos a rotura - Ensaios consolidados não drenados.

Parâmetros (kPa)	Rotura					
	Amostras					
	Reconstituídas			Indeformadas		
	1(*)	2	3	1	2	3 (*)
Pressão neutra ( $u_f$ )	154	220,3	247	164	273,4	321
Extensão axial - $\varepsilon$ (%)	2,68	2,09	0,92	3,76	3,45	3,04
Variação de pressão neutra ( $\Delta_u$ )	28	41	95	36	49	57

<b>Tensão vertical total (<math>\sigma_{1f}</math>)</b>	506	435	635	241	549	542
<b>Tensão horizontal total (<math>\sigma_{3f}</math>)</b>	447	335	528	145	354	430
<b>Variação de tensão vertical total (<math>\Delta\sigma_{1f}</math>)</b>	59	99	107	95	195	111
<b>Tensão vertical efetiva (<math>\sigma_{1f}'</math>)</b>	352	214	388	76	276	220
<b>Tensão horizontal efetiva (<math>\sigma_{3f}'</math>)</b>	293	115	281	-19	80	108

(\*) - Ensaio descartado

Com as informações recolhidas na tabela 4.3 torna-se possível estimar a resistência mecânica do solo em questão, este ensaio tem como foco determinar em relação a resistência não drenada. Para isto depende das tensões totais atuantes em cada amostra, com as mesmas pode se aplicar a expressão 4.2.

$$C_u = \frac{\sigma_{1f} - \sigma_{3f}}{2} \quad (4.2)$$

Este mesmo parâmetro também pode ser determinado por outra expressão mais complexa, que envolve o uso de tensões efetivas de repouso, ângulo de atrito efetivo, coesão efetiva e parâmetros de tensão neutra. Como demonstrado na expressão 4.3:

$$C_u = \frac{c' \cos \phi'}{1 - \sin \phi' + 2A_f \sin \phi'} + \sigma'_{10} \frac{\sin \phi' (K_0 + A_f - K_0 A_f)}{1 - \sin \phi' + 2A_f \sin \phi'} \quad (4.3)$$

A primeira expressão requer apenas a aplicação dos dados adquiridos na tabela 4.3, já a segunda necessita que sejam encontrados novos parâmetros também baseados nas informações dos resultados dos ensaio se em conjunto com a tabela 4.2 referente as tensões no fim da consolidação.

$$A_f = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_{1f}} \quad (4.4)$$

$$K_0 = \frac{\sigma'_{30}}{\sigma'_{10}} \quad (4.5)$$

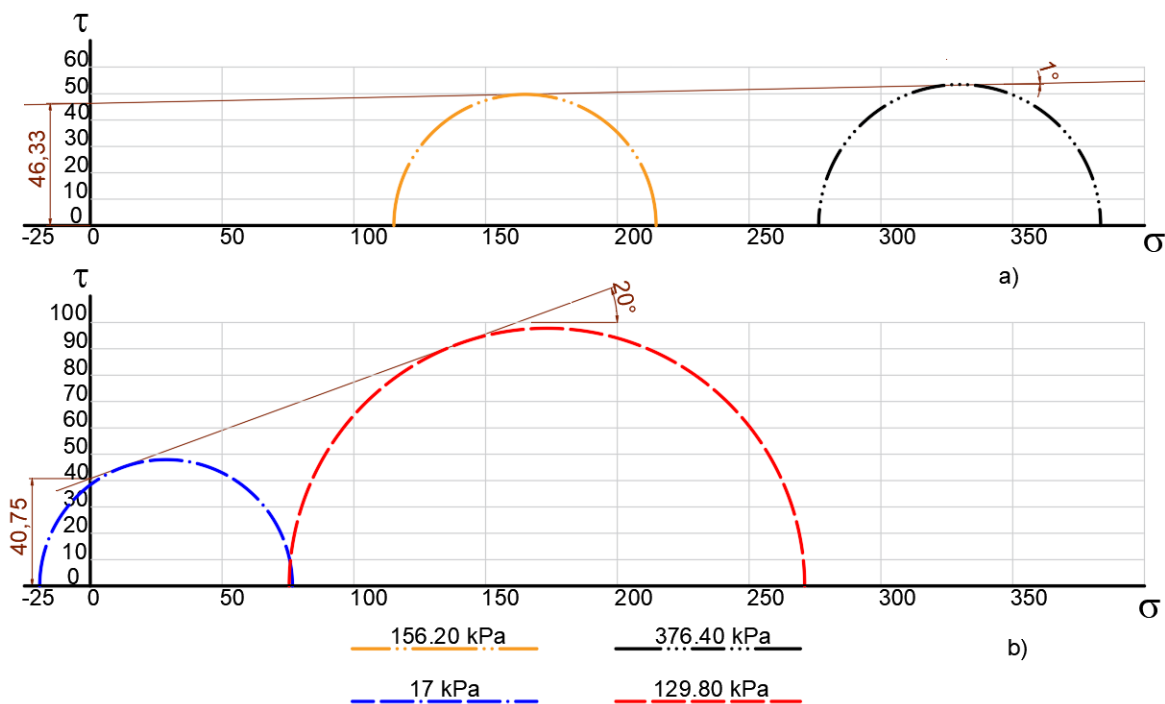


Figura 4.13: Círculos de Mohr - Ensaios consolidados não drenados; a) Amostras reconstituídas b) amostras indeformadas.

A determinação do ângulo de atrito efetivo e coesão efetiva, é realizada traçando uma tangente nas circunferências de Mohr geradas em função das tensões efetivas na rotura, como representado na figura 4.13.

Os resultados estão apresentados na tabela 4.4 e figura 4.14:

Tabela 4.4: Parâmetros de resistência mecânica - Ensaios consolidados não drenados

Resistência Mecânica						
Parâmetros (kPa)	Amostras					
	Reconstituídas			Indeformadas		
	1(*)	2	3	1	2	3(*)
Tensão de Consolidação	322	156	376	17	130	166
Resistência drenada ( $C_u$ )(**)	30	50	54	48	98	56
Ângulo de atrito efetivo - $\phi'$ (°)	-	1		20		-

<b>Coesão efetiva (<math>c'</math>)</b>	-	46	41	-		
<b>Parâmetro de tensões neutras <math>A_f</math></b>	0,49	0,41	0,89	0,38	0,25	0,51
<b>Resistência drenada (<math>C_u</math>)(***)</b>	-	49,20	52,18	48,14	99,66	-

(\*) - Ensaio descartado

(\*\*) - Determinação por meio da expressão 4.1

(\*\*\*) - Determinação por meio da expressão 4.2

Mesmos que as tensões de consolidação não foram as mesmas entre as amostras indeformadas e amostras reconstituídas, considerou interessante aplicar um gráfico que apresente a resistência não drenada de cada amostra em função da tensão de consolidação, tendo isto como base foi plotado um gráfico que demonstre a resistência não drenada de todas as amostras que tiveram os resultados aprovados.

Ao comparar as duas variedades de amostragens pela figura 4.14, nota-se que as linhas de tendência entre as amostras reconstituídas e indeformadas não seguem o mesmo padrão, nas indeformadas a restência não drenada cresce drasticamente conforme há aumento na tensão de consolidação, já as reconstituídas possuem um aumento muito mais discreto.

O ideal seria que ambas possuíssem a mesma tensão de consolidação para que fosse feita a comparação quanto a resistência não drenada, mas mesmo que não haja a mesma tensão o crescimento da linha de tendência deveria ter comportamentos aproximados. E pelo fato das reconstituídas estarem sob maiores consolidações é esperado que a resistência seja superior ao apresentado pelas indeformadas ou vice versa.

Também é necessário que sejam feitos mais pontos para aumentar a fiabilidade das linhas de tendência, mas como as amostras descartadas causariam grande desvio se comparadas com as outras amostras foi fundamental suas retiradas, sendo assim é aconselhado a realização de novos ensaios para complementar as informações adquiridas.

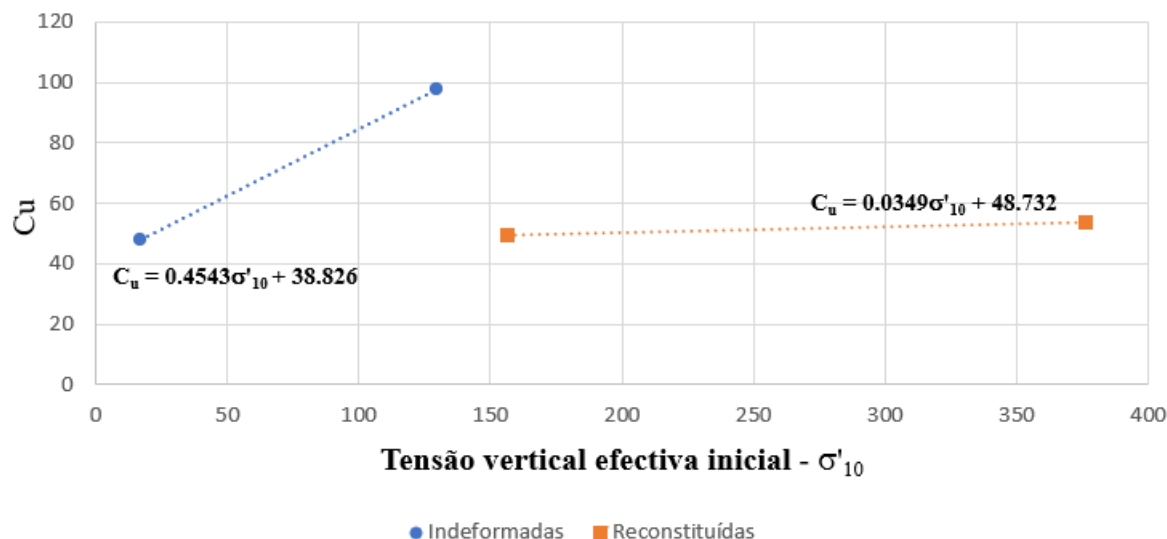


Figura 4.14: Resistência não drenada x Tensão de consolidação efetiva - Ensaios consolidados não drenados.

#### 4.4.2 Ensaio Consolidado Drenado

Foram identificados todos os índices físicos como pesos, pesos volúmicos, teores em água, dimensões e massas. Assim como expresso no capítulo 3 desta dissertação, buscou manter um padrão nos índices físicos de todas as amostra a serem ensaiadas, se comparado com o ensaio consolidado não drenado este conjunto de amostragens possui menor desvio entre seu índices físicos, principalmente nas amostras reconstituídas.

A tabela 4.5 apresenta as informações relativas as amostra utilizadas em todos os ensaios consolidados drenados:

Tabela 4.5: Índices físicos - Ensaios consolidados drenados.

Consolidado Drenado						
Parâmetros Físicos	Amostras					
	Reconstituídas			Indeformadas		
	1	2	3	1	2	3
Tensão de consolidação (kPa)	79	154	253	25	105	289

<b>Peso volúmico <math>\gamma</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	19	19	19	20	18	18
<b>Peso volúmico seco <math>\gamma_s</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	15	15	15	16	13	13
<b>Teor em água - w (%)</b>	32	33	30	24	35	34
<b>Diâmetro médio (mm)</b>	70	70	70	70	70	70
<b>Altura média (mm)</b>	135	137	138	140	140	140

Este ensaio também não atingiu as consolidações planeadas de 75 kPa, 150 kPa e 300 kPa, mas as amostra reconstituídas apresentam melhor aproximação entre suas 3 amostras do que em todas as amostragens do ensaio consolidado não drenado, em contra partida nas amostra infedormadas pode ser visto que a segunda e terceira amostra apresentam consolidações muito próximas. Todos os dados obtidos ao final da consolidação estão expressos na tabela (4.6).

Tabela 4.6: Tensões no fim da consolidação - Ensaio consolidados drenados

<b>Fim da Consolidação</b>						
<b>Parâmetros (kPa)</b>	<b>Amostras</b>					
	<b>Reconstituídas</b>			<b>Indeformadas</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3(*)</b>	<b>1(*)</b>	<b>2(*)</b>	<b>3(*)</b>
<b>Tensão isotrópica total (<math>\sigma_0</math>)</b>	159	238	345	189	331	384
<b>Tensão isotrópica efetiva (<math>\sigma_0'</math>)</b>	79	154	253	25	105	289
<b>Pressão neutra (<math>u_0</math>)</b>	80	84	91	164	226	95

(\*) - Ensaio descartado

No final da fase de consolidação são geradas as informações pertinentes na caracterização mecânica do solo, permitindo estimar seu comportamento ao mecânico. As informações mais importantes adquiridas durante a fase de rotura estão expressas por

meio de gráficos, facilitando a visualização de resultados.

Deve ser observado que todos os ensaios realizados apresentam perturbação na tensão de desvio, este fenômeno ocorre no início de aplicação de carga, sendo sempre antes de completar 1% de extensão axial na amostra, a provável causa é alguma falha do equipamento durante a aplicação de carga axial, possivelmente o pistão trava por um curto período de tempo durante a fase de rotura, como não foi possível contornar o problema todos os ensaios possuem esta pequena falha.

A figura (4.15) demonstra as relações entre tensão de desvio, deformação volumétrica e extensão axial para as duas variações de amostragens.

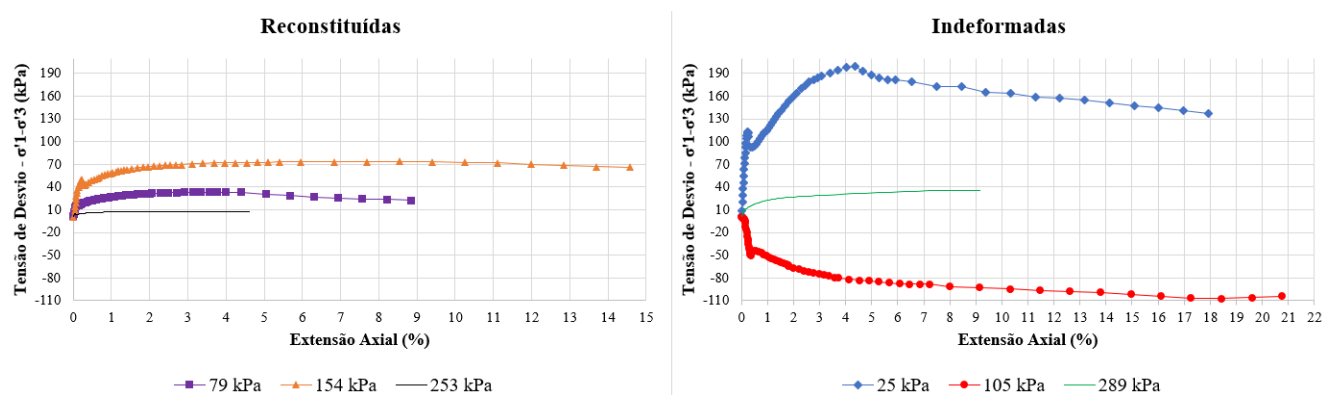


Figura 4.15: Gráficos de amostras consolidadas drenadas. a) Tensão de desvio x Extensão axial (reconstituídas). b) Deformação volumétrica x Extensão axial (indeformadas).

No gráfico a) da figura (4.15) pode ser visto o comportamento das amostras reconstituídas, a curva das três amostras são bem suaves e não apresenta pico para representar nitidamente o momento de rotura em cada amostra o que indica a reestruturação da estrutura das amostras, mas apesar disso a curva da amostra de 79 kPa possui um declínio mais drástico se comparado as outras. Neste gráfico é curioso o fato da amostra de 253 kPa indicar tensões de desvio menores, pois como pode ser visto na tabela 4.6 sua tensão de consolidação é maior, devido a este resultado optou por excluir a amostra e indicar nova realização de ensaio.

Analisando as amostragens indeformadas, pode perceber que apenas a amostra de 25

kPa apresenta pico na curva de tensão de desvio, e como indicado nas amostras reconstituídas é curioso o fato de mesmo que esta amostra tenha a menor tensão de consolidação ainda mantém com as maiores tensões de desvio. A amostra de 289 kPa demonstrou uma curva bem suave assim com a de 253 kPa das amostras reconstituídas, também desenvolvendo menores extensões axiais, sendo que ambas possuem tensões de consolidação aproximadas, como pode ser visualizado na tabela 4.6.

A segunda amostra indeformada com consolidação de 105 kPa apresenta um comportamento completamente atípico, por este motivo foi melhor retirá-la das análises de resultados.

Com base nos gráficos apresentados na figura (4.15) é possível obter os dados apresentados na tabela (4.7) para representar os dados disponibilizados durante a rotura de cada amostra, os dados expostos em cada amostra foi retirado conforme a maior tensão de desvio apresentada em cada curva antes que houvessem registros de queda de tensão.

Tabela 4.7: Dados relativos a rotura - Ensaios consolidados drenados.

<b>Rotura</b>						
<b>Parâmetros (kPa)</b>	<b>Amostras</b>					
	<b>Reconstituídas</b>			<b>Indeformadas</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3(*)</b>	<b>1</b>	<b>2(*)</b>	<b>3(*)</b>
<b>Extensão axial - <math>\varepsilon</math> (%)</b>	3,98	8,54	8,16	4,35	18,43	8,66
<b>Tensão vertical total (<math>\sigma_{1f}</math>)</b>	192	311	352	389	224	420
<b>Tensão horizontal total <math>\sigma_{3f}</math></b>	159	238	345	189	331	384
<b>Pressão neutra (<math>u_0</math>)</b>	80	84	91	164	226	95
<b>Tensão vertical efetiva (<math>\sigma_{1f}'</math>)</b>	112	228	261	224	-3	325
<b>Tensão horizontal efetiva (<math>\sigma_{1f}'</math>)</b>	79	154	253	25	105	289

(\*) - Ensaio descartado

Para determinar os parâmetros de resistência em termos de tensões efetivas, sendo ângulo de atrito e coesão, é necessário traçar os círculos de Mohr para cada amostra e verifica-los através da reta tangente correspondente a envoltória de cada circunferência. Neste tipo de ensaio é necessário que haja a expulsão da poro pressão enquanto são aplicadas as cargas axiais de maneira lenta para que não haja excesso de pressão neutra, tendo isto como base os círculos de Mohr são plotados para tensões totais, como indicado na figura (4.16).

Vale ressaltar que não foram apresentados círculos de Mohr para as amostras indeformadas, pois apenas a amostra com 25 kPa de consolidação obteve resultados válidos, sendo assim é indicado a realização novos ensaios para determinar corretamente os parâmetros mecânicos.

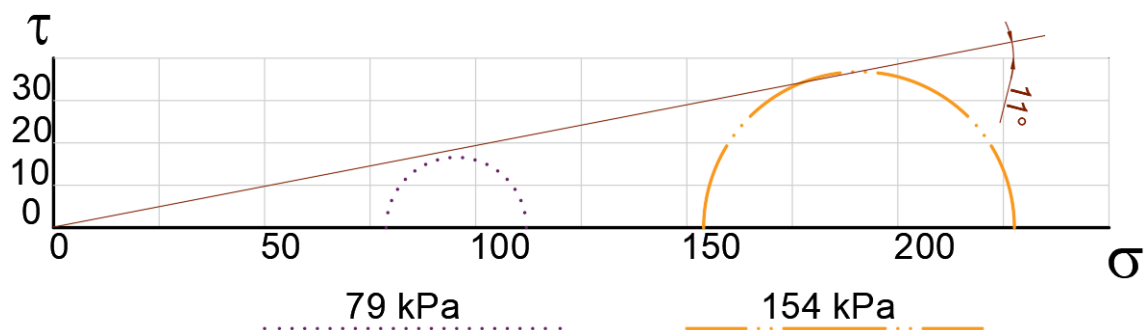


Figura 4.16: Amostras reconstituídas.

Ao verificar os círculos de Mohr gerados por tensões efetivas é nítido que, só há possibilidade de utilizar as amostras reconstituídas para determinar parâmetros de resistência, pois as circunferências obtidas pelas indeformadas inviabilizam traçar qualquer reta tangente entre os círculos.

E mesmo nas amostra reconstituídas é indicado realizar novo ensaio para a amostra de 345 kPa, que seria a de 300 kPa pelo programa de ensaios, pois a mesma apresenta raio muito inferior as demais sendo esperado que seja um raio maior devido a tensão de consolidação no início do ensaio, a possível solução é aplicar uma tensão de consolidação maior para trazer resultados mais fiáveis.

A tabela 4.8 a seguir apresenta os parâmetros mecânicos para as amostras reconstituídas 79 kPa e 154 kPa:

Tabela 4.8: Parâmetros de resistência mecânica - Ensaio consolidado drenado (reconstituídas).

Parâmetros de Resistência Mecânica	
$\phi'$ (°)	$c'$
11	0

### 4.4.3 Ensaio não Consolidado não Drenado

Tal como nos ensaios anteriores, procedeu-se à identificação física em todas as amostras ensaiadas, demonstrando pesos, pesos volúmicos, teores em água, dimensões e massas. As amostragens indeformadas e reconstituídas apresentaram um padrão físico ideal, com teores em água e pesos volúmicos aproximados, as amostras indeformadas demonstraram maior variabilidade se comparadas com as reconstituídas.

A tabela a seguir 4.9 a seguir apresenta as informações relativas as amostras utilizadas em todos os ensaios não consolidados não drenados:

Este ensaio como já explicado é mais simples e rápido se comparado aos anteriores, o mesmo não requer saturação e consolidação da amostra, apenas é aplicada a tensão de confinamento desejada na câmara triaxial e após 10 minutos aplica-se carga axial para romper a amostra. As tensões de confinamento para este ensaio correspondem as apresentadas na tabela 3.1, logo após o ensaio os dados relativos a rotura foram transcritos para os gráficos apresentados na figura 4.17.

Tabela 4.9: Índices físicos - Ensaios não consolidados não drenados.

Parâmetros Físicos	Amostras					
	Reconstituídas			Indeformadas		
	1	2	3	1(*)	2	3
Tensão de confinamento (kPa)	75	150	300	75	150	300
Peso volúmico - $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	18	18	18	17	17	17
Peso volúmico seco - $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	14	14	14	13	13	13
Teor em água - w (%)	34	33	28	27	33	25
Diâmetro médio (mm)	70	70	70	70	70	70
Altura média (mm)	135	137	138	140	140	140

(\*) - Ensaio descartado

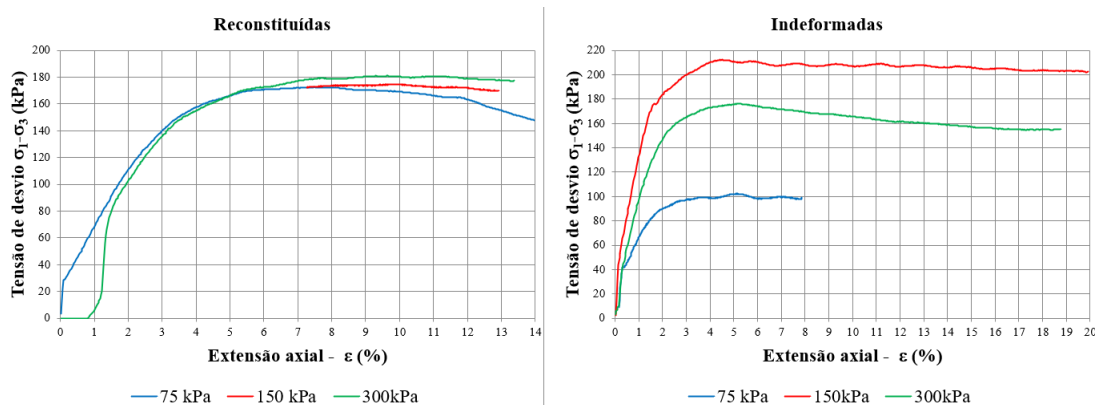


Figura 4.17: Gráfico Tensão de desvio x Extensão axial - Ensaios não consolidados não drenados.

Este ensaio não apresenta leituras de poro pressão e nem há movimentação volumétrica de água no interior da amostra, portanto são apresentados apenas resultados em função da tensão de desvio x extensão axial. Ao observar o gráfico das reconstituídas é nítido que a trajetória das três curvas é aproximado, mas não deveria pois estão confinadas em tensões diferentes, isto será melhor evidenciado nos círculos de mohr apresentados posteriormente, a segunda amostra não possui o traçado completo de sua curvatura por haver um erro no momento da leitura de seus resultados, a leitura no software teve início

um tempo após iniciar a aplicação de carga axial.

Nas amostras indeformadas é curioso o fato da curva relativa a tensão confinante de 300 kPa estar menor que a da amostra de 150 kPa, mas mesmo assim é recomendável executar um novo ensaio para a amostra de 75 kPa. A trajetória de todas as curvas foi de mudança suave sem haver nem um pico, demonstrando perfeita reorganização na estrutura dos provetes.

Ao analisar as curvas de todas as amostras, traçou tangentes em dois tramos de cada curva e no ponto de intersecção foi definido como o de rotura da amostra, reunindo os dados de extensão e tensões totais neste momento para reproduzir os círculos de mohr de rotura das amostras e determinar seus respectivos parâmetros mecânicos.

A tabela 4.10 a seguir apresenta os dados no momento de rotura e parâmetros mecânicos de cada amostragem:

Tabela 4.10: Parâmetros de rotura - Ensaio não consolidados não drenados.

<b>Rotura</b>						
<b>Parâmetros (kPa)</b>	<b>Amostras</b>					
	<b>Reconstituídas</b>			<b>Indeformadas</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1(*)</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Pressão de confinamento</b>	75	150	300	75	150	300
<b>Extensão axial - <math>\varepsilon</math> (%)</b>	7,48	9,78	9,64	5,10	4,50	5,05
<b>Tensão vertical total (<math>\sigma_{1f}</math>)</b>	248	325	481	177	362	476
<b>Tensão horizontal total (<math>\sigma_{3f}</math>)</b>	75	150	300	75	150	300

(\*) - Ensaio descartado

A figura 4.18 a seguir apresenta os círculos de mohr das amostras ensaiadas em condições não consolidadas não drenadas:

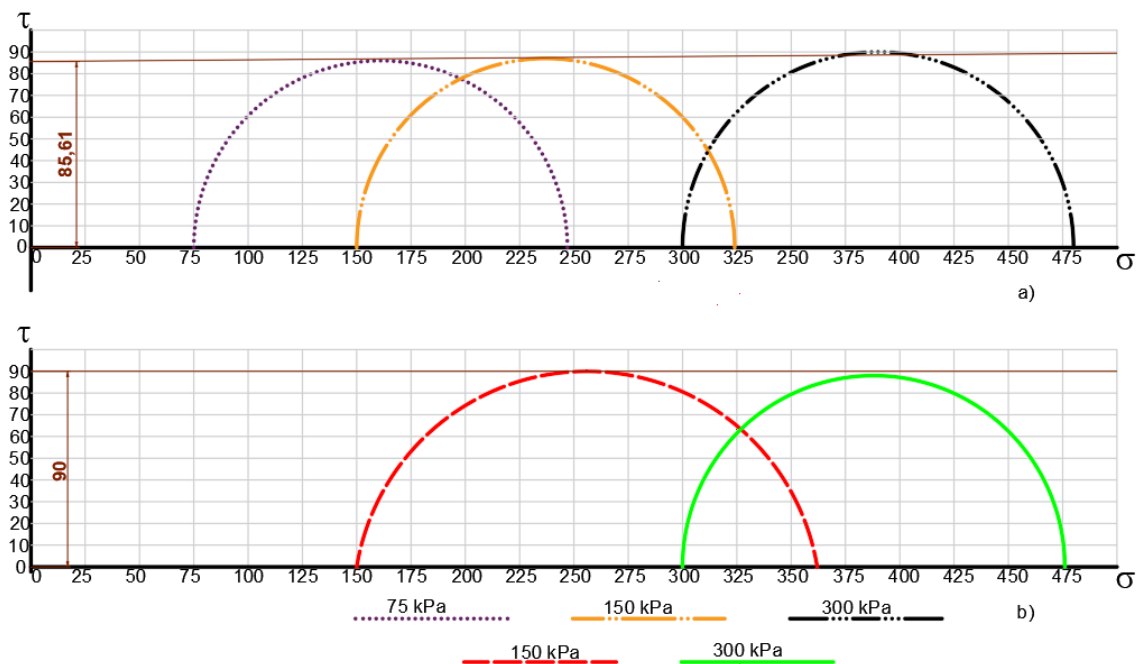


Figura 4.18: Cículo de Mohr em tensões totais: a) Amostras reconstituídas b) Amostras indeformadas.

A figura 4.18 a) apresenta os círculos de mohr correspondentes as amostra reconstituídas, como pode ser observado todas possuem aproximadamente o mesmo raio nas circunferências, resultando em um  $C_u$  de 85.61.

Na figura 4.18 b) pode ser analisados os resultados provenientes das amostra indeformadas, as circunferências apresentam raios iguais e bem próximos se comparados com as amostras reconstituídas, produzindo uma resistência não drenada de 90.

## 4.5 Considerações Finais

Foram apresentadas todas as etapas necessárias para a execução dos possíveis ensaios triaxiais a serem realizados no laboratório de geotecnia do Instituto Politécnico de Bragança, detalhou cada procedimento apresentando imagens e informações das decisões tomadas ao longo de cada modalidade de ensaio.

Estão expressos os resultados dos 18 ensaios realizados, sendo 6 para cada tipo, e destes metade são realizados em amostras indeformadas e a outras amostras reconstituídas

em laboratório, todas provenientes do mesmo solo. Pode concluir que infelizmente não foi possível caracterizar claramente a resistência mecânica do solo utilizado no trabalho de estudo, pois houve muitas divergências nos resultados adquiridos, indicando que é necessário repetir os ensaios com resultados não esperados.

Foi observado que a fase com maiores imprevistos é precisamente a consolidação da amostra, as tensões isotrópicas foram controladas apenas pelo equipamento e durante a operação confio nos procedimentos indicados pelo software, mas na realidade deveria ter sido observado e calculado durante a execução do ensaios as reais tensões aplicadas na amostra.

É clara a importância dos ensaios laboratoriais de caracterização mecânica em solos, de maneira especial as pesquisas voltadas para o equipamento de ensaio triaxial, é explícito o quanto o mesmo pode trazer fiabilidade na obtenção de resultados, demonstrando claramente o controle de todas as tensões que estão sendo aplicadas na amostra, havendo a possibilidade de controlar completamente as variações volumétricas de água nas mesmas.

A correta aplicação do ensaio triaxial aliado a teoria da mecânica dos solos e as normas regulamentares relacionadas, pode trazer maior confiança nos dimensionamentos de estruturas que envolvem diretamente o campo da geotecnia, pois trará parâmetros mais confiáveis que geram menores riscos futuros as obras.

É importante observar a grande diferença obtida entre os resultados dos três tipos de ensaio triaxial, mesmo sem haver as 3 amostragens como recomendável pela norma, ainda é de se esperar que não haja discrepâncias tão grandes, isto se dá pelo tipo de solo, pois cada ensaio é indicado para solos distintos, por exemplo o ensaio não consolidado não drenado é normalmente executado em solos de baixa permeabilidade como a argila, sendo assim a resposta em um solo arenoso não é algo normal, pois é de se esperar ângulo de atrito, não é o que ocorreu neste caso.

# Capítulo 5

## Conclusões

### 5.1 Conclusão

Esta dissertação teve como objetivo relatar a importância dos ensaios laboratoriais de caracterização mecânica, abordando com ênfase no ensaio triaxial. Foram expostas as peculiaridades dos principais ensaios de resistência mecânica que podem ser utilizados em laboratório, enfatizando os processos de funcionamento e analisando pontos positivos e negativos de cada um.

Demonstrou a evolução dos ensaios mecânicos em solos ao longo do tempo, apontando a melhoria de cada um em relação a seus antecessores, onde foram sanadas falhas e pontos cegos que acabavam fugindo do controle dos operadores. Pode se afirmar a importância de se aliar estes ensaios as teorias da mecânica dos solos, pois através dos mesmos são retiradas várias dúvidas relacionadas a este material tão complicado de ser estudado, devido a seu comportamento poder variar drasticamente conforme a situação que estiver exposto.

Foram constatadas as grandes vantagens do ensaio triaxial, principalmente as questões de controle das tensões em que as amostras estão submetidas, criando a possibilidade de alterar as condições que os solos estão submetidos, recriando diversas situações que podem ser vividas em campo e conseqüentemente analisando como será o comportamento

do mesmo nas situações a serem previstas.

Para além de ensaios mecânicos foram demonstrados ensaios complementares, que auxiliam na classificação e identificação dos solos a serem estudados, foram representadas suas normas e procedimentos que devem ser seguidos para a correta execução de cada um deles, enfatizou a importância dos mesmos e como a caracterização dos mesmos pode dar indícios de como será o comportamento do solo.

Vê-se o quanto é essencial seguir as recomendações das normas em vigor, para que não haja erros durante a execução de qualquer ensaio, pois o resultado dos mesmos pode afetar nos projetos de dimensionamento de obras que envolvem o solo, estes possíveis erros podem trazer consequências graves tanto para lado econômico, mas principalmente prejudicar a saúde e segurança de pessoas, porém é claro que a perfeita união entre projetos e ensaios de caracterização trará ótimos resultados, como obras mais rápidas, inteligentes, econômicas e seguras.

Ao finalizar a determinação dos resultados mecânicos desta areia-siltosa, ficou explícita a necessidade de realizar novos ensaios para algumas amostras que não obtiveram os resultados esperados. Outro fator que prejudicou nos resultados finais é relativo as tensões de consolidação atuantes em cada amostra, não foram atingidas como o esperado.

Apesar dos pequenos imprevistos com as amostras descartadas e tensões de consolidação, foram encontrados resultados que trazem informações quanto a resistência mecânica deste solo, em todos os modelos de ensaios previstos durante a metodologia de trabalhos.

Através da experiência adquirida neste trabalho de estudo pode ser realizados novos ensaios com maior fiabilidade nos resultados finais, e que permitam melhor comparação entre as amostras reconstituídas e indeformadas. A aplicação das tensões isotrópicas devem ser melhor controladas, não confiando apenas nas informações disponibilizadas pelo software, realizando cálculos para verificar as reais tensões de consolidação aplicadas nas amostras, para assim obter valores finais mais confiáveis.

## 5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

Como visto é crucial o estudo relativo a caracterização de solos, os mesmos podem trazer maiores confianças quando se diz respeito a projetos geotecnicos, para continuidade deste método de ensaio podem ser realizados em novas amostras com não só tipos de amostragens distintas, mas também pode diferir no diâmetro das mesmas, variando para secções maiores e menores, evidenciando o quanto isto irá afetar no comportamento do solo estudado.

Também seria interessante verificar como seria a determinação de parâmetros mecânicos pelo ensaio triaxial e ensaio de corte direto sob as mesmas condições de ensaio, analisando quais seriam as diferenças encontradas nos resultados de ambos, ou se encontraria informações próximas. Podem ser aliadas outras comparações envolvendo ensaios in-situ, como vane test, ou outros laboratoriais como o de corte direto simples.

Tendo em vista os imprevistos executadas nos testes triaxiais desta dissertação, seria interessante realizar novos ensaios tendo em conta a experiência adquirida neste trabalho, variando a metodologia das fases do ensaio, como por exemplo fazendo montagem da câmara por via seca como indicado pelas normas ASTM D2850, D4767 e D7181. Este trabalho também segue as recomendações destas normas, porém com montagem húmida, outro aspeto a se ter em atenção é com a fase de consolidação, certificando-se que a amostra realmente consolide nas tensões desejadas.

# Bibliografia

- [1] A. W. Bishop and D. J. Henkel, *The Measurement of Soil Properties in the Triaxial Test*. 1976.
- [2] B. de Freitas, “Caracterização mecânica de um solo fino,” Master’s thesis, Instituto Politécnico de Bragança, 2018.
- [3] C. de Bessa, “Caracterização mecânica dos maciços através de ensaios “in situ”,” Master’s thesis, Universidade da Beira Interior, 2016.
- [4] C. M. de Aguiar Miguens, “Resistência residual ao corte em solos,” Master’s thesis, Universidade de Coimbra, 2016.
- [5] *FORSYTHE, W.M. Manual de laboratório de física de suelos. Turrialba, IICA, 1972. 216p.*
- [6] G. Georgetti, “Resistência de um solo não saturado a partir de ensaios com teor de umidade constante (cw),” Master’s thesis, Universidade de São Paulo, 2010.
- [7] H. Caputo, *Mecânica dos Solos e suas Aplicações*. 04 1988.
- [8] C. S. C. C. Heraldo Pitanga, Dario Cardoso and P. Barbosa, “Influência da velocidade de carregamentos sobre a resistência ao cisalhamento de solos residuais tropicais,” *Geotecnia*, 2006.
- [9] I. R. Assaf Klar, Michael Roed and I. Paegle, “Evaluation of horizontal stresses in soil during direct simple shear by high-resolution distributed fiber optic sensing,” *Sensors*, 2019.

- [10] J. Corrêa, “Limites de consistência de solos da amazônia central e sua importância agrícola,” *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 1982.
- [11] J. Dias, *A ANÁLISE SEDIMENTAR E O CONHECIMENTOS DOS SISTEMAS MARINHOS (Uma Introdução à Oceanografia Geológica)*,. 04 2004.
- [12] J. Folque, “Introdução à mecânica dos solos,” *LNEC*, 1987.
- [13] J. Ortigão, *Introdução à Mecânica dos Solos dos Estados Críticos*. 04 2007.
- [14] J. Silva, “Estudo comparativo de diversas técnicas de compactação laboratorial e suas implicações,” Master’s thesis, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2016.
- [15] L. I. N. Figueira, “Caracterização físico-mecânica dos solos da bacia hidrográfica de santa luzia no Âmbito do projeto “monitorizaribeiras” do Irec,” Master’s thesis, Universidade da Madeira, 2015.
- [16] *LNEC. E197 1996. Ensaio de Compactação*.
- [17] *LNEC.1966.E-196 Granulometria, Sedimentação. 1966*.
- [18] *LNEC-E-239.1970.Análise granulométrica por peneiração húmida.1970*.
- [19] M. de Matos Fernandes, *Mecânica dos Solos Conceitos e Princípios Fundamentais*. FEUP edições, 2006.
- [20] M. Viegas, “Estabilidade de taludes naturais,” Master’s thesis, Universidade de Coimbra, 2017.
- [21] *NP - 143. 1969. Determinação dos limites de consistência. 1969*.
- [22] *NP-84, 1965. Determinação do teor em água*.
- [23] *NP-EN-933-1.2012.Análise Granulométrica - Método de Peneiração. 2012*.
- [24] P. D. M. Prietto, “Estudo do comportamento mecânico de um solo artificialmente cimentado,” Master’s thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996.

- [25] *Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils.*
- [26] *Standard Test Method for Consolidated Drained Triaxial Compression Test for Soils.*
- [27] *Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on cohesive Soils.*
- [28] *Standard Test Method for Unified Soil Classification.*
- [29] H.-S. Y. Yao Li, Yunming Yang and G. Roberts, “Monotonic direct simple shear tests on sand under multidirectional loading,” *ASCE - Library*, 2017.
- [30] UTEST, “Triaxial uu-cu-cd test systems.,” Master’s thesis, Disponível em: <http://www.utest.com.tr/en/23141/Triaxial-UU-CU-CD-Test-Systems>, 2020.

# Apêndice A

## Anexos - Caracterização Mecânica

**Ensaio de Compressão Triaxial - Consolidado não Drenado**

Norma de Referência: ASTM D 4767\_2011

**Tipo de Solo:** Areia - Siltosa

**Data da Colheita:** 19/11/2019

**Obra:** Tese Mestrado

**Local:** Bragança


**Cliente:** Rafael Palmeira

<b>Tipo de Amostra:</b>	Reconstituída	<b>Tensão horizontal total <math>\sigma_3</math> (kPa):</b>	447.8
<b>Nº da Amostra:</b>	1	<b>Tensão neutra inicial <math>u_0</math> (kPa):</b>	125.9
<b>Diâmetro (mm):</b>	70	<b>Tensão de consolidação (kPa):</b>	321.9
<b>Altura (mm):</b>	131	<b>Velocidade de ensaio (mm/min):</b>	Não identificado

$\Delta L$ mm	$\epsilon$ %	As mm <sup>2</sup>	P N	u kPa	u-u <sub>0</sub> kPa	( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) <sub>m</sub> kPa	$\sigma_{dr}$ kPa	$\sigma_{mb}$ kPa	( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) <sub>c</sub> kPa	$\sigma_1$ kPa	$\sigma_1''$ kPa	$\sigma_3''$ kPa	$\sigma_1''/\sigma_3''$	S''	t''
0.02	0.013	4840.12	72.2	127.4	1.5	14.9	0	0	14.9	462.7	335.3	320.3	1	327.8	7.5
0.033	0.023	4840.58	107.4	127.5	1.5	22.2	0	0	22.2	470	342.5	320.3	1.1	331.4	11.1
0.046	0.031	4840.98	132.7	127.1	1.2	27.4	0	0	27.4	475.2	348.1	320.7	1.1	334.4	13.7
0.062	0.042	4841.51	158.3	128.7	2.7	32.7	0	0	32.7	480.5	351.8	319.1	1.1	335.4	16.3
0.089	0.06	4842.4	174.5	128.6	2.7	36	0	0	36	483.8	355.2	319.2	1.1	337.2	18
0.118	0.08	4843.35	189.6	127.8	1.9	39.1	0	0	39.1	486.9	359.1	319.9	1.1	339.5	19.6
0.135	0.092	4840.04	210.5	128.4	2.5	43.5	0	0	43.5	491.3	362.9	319.4	1.1	341.1	21.7
0.147	0.1	4840.42	213.5	128.9	2.9	44.1	0	0	44.1	491.9	363	318.9	1.1	340.9	22
0.166	0.113	4841.07	204.4	128.8	2.8	42.2	0	0	42.2	490	361.2	319	1.1	340.1	21.1
0.202	0.137	4842.23	197	128.8	2.8	40.7	0	0	40.7	488.5	359.7	319.00	1.1	339.3	20.3
0.216	0.147	4842.70	184.8	128.4	2.4	38.2	0	0	38.1	485.9	357.5	319.40	1.1	338.5	19.1
0.233	0.158	4843.26	178.2	130.2	4.3	36.8	0	0	36.8	484.6	354.3	317.60	1.1	335.9	18.4
0.251	0.171	4843.86	175.5	128.7	2.8	36.2	0	0	36.2	484	355.3	319.00	1.1	337.2	18.1
0.27	0.183	4844.47	176	130.7	4.8	36.3	0	0	36.3	484.1	353.4	317.10	1.1	335.2	18.2
0.289	0.196	4845.10	176	130.2	4.3	36.3	0	0	36.3	484.1	353.9	317.60	1.1	335.7	18.2
0.306	0.208	4845.67	176.6	130.4	4.4	36.5	0	0	36.4	484.2	353.9	317.40	1.1	335.6	18.2
0.334	0.227	4846.59	178.4	131	5	36.8	0	0	36.8	484.6	353.6	316.8	1.1	335.2	18.4
0.355	0.241	4847.29	177.7	129.9	4	36.7	0	0	36.6	484.4	354.5	317.9	1.1	336.2	18.3
0.449	0.305	4851.35	184	131.5	5.6	37.9	0	0	37.9	485.7	354.1	316.2	1.1	335.2	18.9
0.539	0.366	4854.31	186.8	132.9	7	38.5	0	0.1	38.4	486.2	353.3	314.9	1.1	334.1	19.2
0.634	0.430	4857.47	191	132.7	6.8	39.3	0	0.1	39.3	487	354.3	315	1.1	334.7	19.6
0.757	0.514	4861.56	195.8	133.3	7.4	40.3	0	0.1	40.2	488	354.7	314.5	1.1	334.6	20.1
0.833	0.566	4864.09	200.8	134.3	8.3	41.3	0	0.1	41.2	489	354.7	313.5	1.1	334.1	20.6
0.949	0.645	4867.95	205	134.7	8.8	42.1	0	0.1	42	489.8	355.1	313.1	1.1	334.1	21
1.025	0.696	4870.47	207.4	134.5	8.6	42.6	0	0.1	42.5	490.2	355.7	313.2	1.1	334.5	21.2
1.133	0.770	4874.09	210.5	135.3	9.3	43.2	0	0.1	43.1	490.8	355.6	312.5	1.1	334	21.5
1.236	0.840	4877.52	214.5	137.2	11.2	44	0	0.1	43.8	491.6	354.4	310.6	1.1	332.5	21.9
1.343	0.913	4881.09	218.1	136.6	10.6	44.7	0	0.2	44.5	492.3	355.7	311.2	1.1	333.5	22.3
1.421	0.966	4883.7	221.1	137.8	11.9	45.3	0	0.2	45.1	492.9	355.1	310	1.1	332.5	22.6
1.541	1.048	4887.74	223.5	137.7	11.8	45.7	0	0.2	45.6	493.3	355.6	310	1.1	332.8	22.8
1.642	1.116	4891.12	226.4	139.200	13.2	46.3	0	0.2	46.1	493.9	354.7	308.6	1.1	331.6	23
1.739	1.182	4894.4	230.8	140.300	14.3	47.2	0	0.2	47	494.8	354.5	307.5	1.2	331	23.5
1.841	1.251	4897.82	233.8	141.100	15.1	47.7	0	0.2	47.5	495.3	354.2	306.7	1.2	330.5	23.8
1.938	1.317	4901.09	236.3	141.8	15.9	48.2	0	0.2	48	495.8	354	306	1.2	330	24
2.127	1.445	4907.46	240.7	142.8	16.8	49	0	0.2	48.8	496.6	353.8	305	1.2	329.4	24.4
2.333	1.585	4914.44	246.7	145.6	19.7	50.2	0	0.3	49.9	497.7	352.1	302.2	1.2	327.1	25
2.539	1.726	4921.46	250.6	146.4	20.5	50.9	0	0.3	50.6	498.4	352	301.4	1.2	326.7	25.3
2.739	1.862	4928.27	257.7	147.8	21.8	52.3	0	0.3	52	499.8	352	300	1.2	326	26
2.947	2.003	4935.36	265.5	149.5	23.5	53.8	0	0.3	53.5	501.2	351.8	298.3	1.2	325	26.7
3.146	2.138	4942.19	271.4	150.5	24.6	54.9	0	0.4	54.5	502.3	351.8	297.3	1.2	324.5	27.3
3.332	2.265	4948.59	279.4	152.4	26.5	56.5	0	0.4	56.1	503.9	351.5	295.4	1.2	323.4	28
3.529	2.399	4955.37	284.3	152.9	27	57.4	0	0.4	57	504.8	351.8	294.9	1.2	323.4	28.5
3.754	2.552	4963.15	289.2	154	28	58.3	0	0.4	57.8	505.6	351.6	293.8	1.2	322.7	28.9
3.947	2.683	4969.85	295.7	155.7	29.8	59.5	0	0.4	59.1	506.8	351.1	292	1.2	321.6	29.5
4.347	2.955	4983.76	305.1	158.5	32.6	61.2	0	0.5	60.7	508.5	350	289.3	1.2	319.6	30.4
4.74	3.222	4997.49	312.2	161.7	35.8	62.5	0	0.5	61.9	509.7	348	286.1	1.2	317	31
5.139	3.493	5011.54	322.1	165.1	39.2	64.3	0	0.6	63.7	511.5	346.3	282.6	1.2	314.5	31.9
5.55	3.773	5026.08	335.3	168.1	42.1	66.7	0	0.6	66.1	513.9	345.8	279.7	1.2	312.8	33
5.942	4.040	5040.05	345.9	170.1	44.2	68.6	0	0.7	68	515.8	345.7	277.7	1.2	311.7	34

6.352	4.318	5054.71	353.8	173.5	47.6	70	0	0.7	69.3	517.1	343.6	274.3	1.3	308.9	34.7
6.741	4.583	5068.73	361.1	174.7	48.8	71.2	0	0.7	70.5	518.3	343.6	273.1	1.3	308.3	35.3
7.151	4.862	5083.57	368.6	176.5	50.6	72.5	0	0.8	71.7	519.5	343	271.3	1.3	307.1	35.9
7.55	5.133	5098.11	378.9	179.6	53.7	74.3	0	0.8	73.5	521.3	341.7	268.1	1.3	304.9	36.8
8.345	5.673	5127.29	399.9	185.3	59.4	78	0	0.9	77.1	524.9	339.6	262.5	1.3	301	38.6
9.544	6.489	5171.96	422.6	193.4	67.5	81.7	0	1	80.7	528.5	335.1	254.4	1.3	294.7	40.4
10.748	7.307	5217.6	449.9	197.8	71.9	86.2	0	1.1	85.1	532.9	335.1	250	1.3	292.5	42.6
11.944	8.12	5263.76	472.8	204.1	78.2	89.8	0	1.2	88.6	536.4	332.3	243.7	1.4	288	44.3
13.148	8.939	5311.04	503	210.8	84.8	94.7	0	1.3	93.4	541.2	330.4	237	1.4	283.7	46.7

Bragança, 09 de Fevereiro de 2020

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		<b>Ensaio de Compressão Triaxial - Consolidado não Drenado</b>	
		Norma de Referência: ASTM D 4767_2011	
<b>Cliente:</b> Rafael Palmeira		<b>Tipo de Solo:</b>	Areia - Siltosa
		<b>Data da Colheita:</b>	19/11/2019
		<b>Obra:</b>	Tese Mestrado
		<b>Local:</b>	Bragança

<b>Tipo de Amostra:</b>	Reconstituída	<b>Tensão horizontal total <math>\sigma_3</math> (kPa):</b>	335.5
<b>Nº da Amostra:</b>	3	<b>Tensão neutra inicial <math>u_0</math> (kPa):</b>	179.3
<b>Diâmetro (mm):</b>	70	<b>Tensão de consolidação (kPa):</b>	156.2
<b>Altura (mm):</b>	133	<b>Velocidade de ensaio (mm/min):</b>	0.13

$\Delta L$ mm	$\epsilon$ %	$A_s$ mm <sup>2</sup>	$P$ N	$u$ kPa	$u-u_0$ kPa	$(\sigma_1-\sigma_3)_m$ kPa	$\sigma_{dr}$ kPa	$\sigma_{mb}$ kPa	$(\sigma_1-\sigma_3)_c$ kPa	$\sigma_1$ kPa	$\sigma_1''$ kPa	$\sigma_3''$ kPa	$\sigma_1''/\sigma_3''$	$S''$	$t''$
0.009	0.007	3791.64	1	177.5	-1.8	0.3	0	0	0.3	335.8	158.3	158	1	158.1	0.1
0.028	0.021	3792.2	4.3	178.4	-0.9	1.1	0	0	1.1	336.7	158.3	157.2	1	157.7	0.6
0.046	0.036	3792.74	8.6	178.2	-1.1	2.3	0	0	2.3	337.8	159.6	157.3	1	158.5	1.1
0.063	0.049	3793.24	10.8	178.3	-1	2.9	0	0	2.8	338.4	160.1	157.2	1	158.6	1.4
0.087	0.067	3793.93	13.8	177	-2.3	3.6	0	0	3.6	339.2	162.1	158.5	1	160.3	1.8
0.12	0.092	3794.9	19.1	176.5	-2.8	5	0	0	5	340.6	164.1	159.1	1	161.6	2.5
0.144	0.111	3795.59	28.1	177.7	-1.6	7.4	0	0	7.4	342.9	165.2	157.9	1	161.5	3.7
0.159	0.122	3796.02	48.2	177.1	-2.2	12.7	0	0	12.7	348.2	171.2	158.5	1.1	164.8	6.3
0.168	0.129	3796.29	67.1	177.2	-2.1	17.7	0	0	17.7	353.2	176	158.4	1.1	167.2	8.8
0.204	0.157	3797.34	94.2	177.2	-2.1	24.8	0	0	24.8	360.3	183.1	158.4	1.2	170.7	12.4
0.234	0.18	3798.24	113.6	178.4	-0.9	29.9	0	0	29.9	365.4	187.1	157.2	1.2	172.1	14.9
0.249	0.191	3798.66	131	178.7	-0.6	34.5	0	0	34.5	370	191.3	156.9	1.2	174.1	17.2
0.26	0.2000	3798.98	150.5	179.8	0.5	39.6	0	0	39.6	375.1	195.3	155.70	1.3	175.5	19.8
0.271	0.2090	3799.32	165.1	180.8	1.5	43.5	0	0	43.4	379	198.2	154.80	1.3	176.5	21.7
0.283	0.2170	3799.65	181.2	181.2	1.9	47.7	0	0	47.6	383.2	202	154.30	1.3	178.2	23.8
0.297	0.2290	3800.08	192.7	182.7	3.4	50.7	0	0	50.7	386.2	203.5	152.90	1.3	178.2	25.3
0.309	0.2380	3791.73	212.4	182.9	3.6	56	0	0	56	391.6	208.7	152.70	1.4	180.7	28
0.33	0.2540	3792.35	225.9	183.5	4.2	59.6	0	0	59.6	395.1	211.6	152.00	1.4	181.8	29.8
0.347	0.2670	3792.84	239.2	183.8	4.5	63.1	0	0	63	398.6	214.8	151.70	1.4	183.3	31.5
0.378	0.2910	3793.75	252.2	185.5	6.2	66.5	0	0	66.5	402	216.5	150.10	1.4	183.3	33.2
0.403	0.3110	3794.49	265.4	186.3	7	69.9	0	0	69.9	405.5	219.2	149.2	1.5	184.2	35
0.478	0.3680	3796.67	278.2	189.2	9.9	73.3	0	0	73.3	408.8	219.6	146.3	1.5	183	36.6
0.588	0.4530	3799.91	268	191.5	12.2	70.5	0	0	70.5	406	214.5	144	1.5	179.3	35.2
0.692	0.5330	3802.95	277	194.7	15.4	72.8	0	0.1	72.8	408.3	213.7	140.9	1.5	177.3	36.4
0.793	0.6100	3805.9	285.3	197.4	18.1	75	0	0.1	74.9	410.4	213	138.1	1.5	175.6	37.4
0.876	0.6750	3808.36	295	199.1	19.8	77.5	0	0.1	77.4	412.9	213.8	136.4	1.6	175.1	38.7
0.994	0.7650	3811.83	304.5	201.5	22.2	79.9	0	0.1	79.8	415.3	213.8	134.1	1.6	173.9	39.9
1.099	0.8450	3814.91	313.5	203.7	24.4	82.2	0	0.1	82.1	417.6	213.9	131.8	1.6	172.9	41
1.196	0.9200	3817.79	322.2	205.8	26.5	84.4	0	0.1	84.3	419.8	214.1	129.8	1.6	171.9	42.1
1.296	0.9970	3820.74	330.7	207.2	27.9	86.5	0	0.1	86.4	422	214.8	128.4	1.7	171.6	43.2
1.393	1.0720	3823.62	337.9	209.3	30	88.4	0	0.1	88.2	423.8	214.5	126.3	1.7	170.4	44.1
1.489	1.1460	3826.48	344.6	212.3	33	90.1	0	0.2	89.9	425.4	213.1	123.2	1.7	168.2	44.9
1.582	1.2170	3829.22	351.4	213.4	34.1	91.8	0	0.2	91.6	427.1	213.8	122.2	1.7	168	45.8
1.704	1.3110	3832.88	357.9	215	35.7	93.4	0	0.2	93.2	428.7	213.7	120.5	1.8	167.1	46.6
1.788	1.3750	3835.36	362.8	216.2	36.9	94.6	0	0.2	94.4	429.9	213.7	119.3	1.8	166.5	47.2
1.897	1.4600	3838.63	368.6	217.9	38.6	96	0	0.2	95.8	431.3	213.5	117.7	1.8	165.6	47.9
1.924	1.479	3841.31	375.2	218.1	38.8	97.7	0	0.2	97.5	433	214.9	117.5	1.8	166.2	48.7
2.13	1.638	3847.5	383.6	220.3	41	99.7	0	0.3	99.4	435	214.7	115.3	1.9	165	49.7
2.326	1.789	3853.4	390.4	222.7	43.4	101.3	0	0.3	101	436.6	213.9	112.8	1.9	163.4	50.5
2.528	1.944	3859.48	397.4	222.8	43.5	103	0	0.3	102.7	438.2	215.4	112.7	1.9	164	51.3
2.721	2.093	3865.33	402.2	224.3	45	104	0	0.3	103.7	439.3	214.9	111.2	1.9	163.1	51.9
2.918	2.244	3871.3	406.8	225.8	46.5	105.1	0	0.4	104.7	440.3	214.5	109.8	2	162.1	52.4
3.127	2.405	3877.66	411.6	227.2	47.9	106.1	0	0.4	105.8	441.3	214.1	108.3	2	161.2	52.9
3.335	2.565	3884.02	416.7	227.2	47.9	107.3	0	0.4	106.9	442.4	215.2	108.4	2	161.8	53.4
3.528	2.713	3889.93	423.7	229.3	50	108.9	0	0.4	108.5	444	214.7	106.2	2	160.4	54.2
3.736	2.873	3896.34	429.8	229.3	50	110.3	0	0.5	109.9	445.4	216.1	106.2	2	161.1	54.9
3.916	3.011	3901.87	433.9	230.3	51	111.2	0	0.5	110.7	446.3	215.9	105.2	2.1	160.6	55.4
4.316	3.319	3914.28	442.5	231.1	51.8	113	0	0.5	112.5	448.1	216.9	104.4	2.1	160.7	56.3
4.725	3.634	3927.03	451.7	231.6	52.3	115	0	0.6	114.4	450	218.4	103.9	2.1	161.2	57.2

5.122	3.939	3939.49	457.2	232.9	53.6	116	0	0.6	115.4	451	218.1	102.7	2.1	160.4	57.7
5.519	4.245	3952.03	463.4	231.6	52.3	117.3	0	0.7	116.6	452.1	220.5	103.9	2.1	162.2	58.3
5.92	4.553	3964.78	467.6	233	53.7	117.9	0	0.7	117.2	452.8	219.8	102.6	2.1	161.2	58.6
6.309	4.852	3977.22	473.7	232.9	53.6	119.1	0	0.8	118.3	453.9	221	102.7	2.2	161.8	59.2
6.72	5.168	3990.43	480.9	232.8	53.5	120.5	0	0.8	119.7	455.3	222.4	102.7	2.2	162.6	59.9
7.115	5.472	4003.23	485.8	233	53.7	121.4	0	0.8	120.5	456.1	223.1	102.6	2.2	162.8	60.3
7.512	5.777	4016.18	490.6	232.1	52.8	122.2	0	0.9	121.3	456.8	224.7	103.4	2.2	164	60.6
8.314	6.394	4042.58	499.9	231.7	52.4	123.7	0	1	122.7	458.2	226.5	103.9	2.2	165.2	61.3
9.529	7.328	4083.27	515.6	230.7	51.4	126.3	0	1.1	125.2	460.7	230	104.8	2.2	167.4	62.6
10.726	8.249	4124.17	527.9	230.3	51	128	0	1.2	126.8	462.3	232.1	105.3	2.2	168.7	63.4
11.913	9.161	4165.52	541.7	227.3	48	130	0	1.3	128.8	464.3	237	108.3	2.2	172.7	64.4
13.135	10.101	4208.98	553.6	224	44.7	131.5	0	1.4	130.1	465.7	241.7	111.5	2.2	176.6	65.1

Bragança, 07 de Fevereiro de 2020

### Ensaio de Compressão Triaxial - Consolidado não Drenado

Norma de Referência: ASTM D 4767\_2011

**Tipo de Solo:** Areia - Siltosa

**Data da Colheita:** 19/11/2019

**Cliente:** Rafael Palmeira

**Obra:** Tese Mestrado

**Local:** Bragança

<b>Tipo de Amostra:</b>	Reconstituída	<b>Tensão horizontal total <math>\sigma_3</math> (kPa):</b>	528.2
<b>Nº da Amostra:</b>	3	<b>Tensão neutra inicial <math>u_0</math> (kPa):</b>	151.8
<b>Diâmetro (mm):</b>	70	<b>Tensão de consolidação (kPa):</b>	376.4
<b>Altura (mm):</b>	132	<b>Velocidade de ensaio (mm/min):</b>	0.0077

$\Delta L$ mm	$\epsilon$ %	As mm <sup>2</sup>	P N	u kPa	u-u <sub>0</sub> kPa	$(\sigma_1-\sigma_3)_m$ kPa	$\sigma_{dr}$ kPa	$\sigma_{mb}$ kPa	$(\sigma_1-\sigma_3)_c$ kPa	$\sigma_1$ kPa	$\sigma_1''$ kPa	$\sigma_3''$ kPa	$\sigma_1''/\sigma_3''$	S''	t''
0.002	0.001	4587.40	8.5	150	-1.9	1.8	0	0	1.8	530	380	378.20	1	379.1	0.9
0.014	0.010	4587.79	22.7	151.5	-0.3	5	0	0	5	533.1	381.6	376.70	1	379.1	2.5
0.036	0.025	4588.50	51.8	153.3	1.5	11.3	0	0	11.3	539.4	386.1	374.90	1	380.5	5.6
0.068	0.047	4589.52	77.7	155.9	4.1	16.9	0	0	16.9	545.1	389.2	372.20	1	380.7	8.5
0.087	0.061	4590.15	106.5	156	4.2	23.2	0	0	23.2	551.3	395.4	372.20	1.1	383.8	11.6
0.106	0.074	4590.74	127.9	158.6	6.7	27.9	0	0	27.8	556	397.4	369.60	1.1	383.5	13.9
0.119	0.083	4591.17	150.2	160.6	8.8	32.7	0	0	32.7	560.9	400.3	367.60	1.1	383.9	16.3
0.125	0.088	4591.37	169.4	161.5	9.7	36.9	0	0	36.9	565	403.5	366.70	1.1	385.1	18.4
0.145	0.101	4592.01	192.2	164	12.2	41.8	0	0	41.8	570	406	364.20	1.1	385.1	20.9
0.109	0.151	4587.61	210.7	165	13.2	45.9	0	0	45.9	574.1	409.1	363.1	1.1	386.1	23
0.131	0.166	4588.31	227.5	166.3	14.5	49.6	0	0	49.6	577.7	411.4	361.8	1.1	386.6	24.8
0.147	0.177	4588.83	244	167.7	15.8	53.2	0	0	53.2	581.3	413.7	360.5	1.1	387.1	26.6
0.166	0.191	4589.44	260.6	168	16.2	56.8	0	0	56.8	584.9	416.9	360.1	1.2	388.5	28.4
0.181	0.201	4589.91	274.8	169	17.1	59.9	0	0	59.9	588	419.1	359.2	1.2	389.1	29.9
0.207	0.219	4590.74	285.1	171.2	19.4	62.1	0	0	62.1	590.2	419	357	1.2	388	31
0.224	0.231	4591.32	295.4	172.7	20.9	64.3	0	0	64.3	592.5	419.7	355.4	1.2	387.6	32.2
0.242	0.244	4591.88	297.3	173.5	21.7	64.7	0	0	64.7	592.9	419.4	354.7	1.2	387	32.4
0.263	0.258	4592.54	293.8	175	23.1	64	0	0	64	592.1	417.2	353.2	1.2	385.2	32
0.274	0.266	4592.9	287.1	175.5	23.7	62.5	0	0	62.5	590.7	415.1	352.6	1.2	383.9	31.2
0.311	0.292	4594.11	278.4	177.4	25.5	60.6	0	0	60.6	588.7	411.4	350.8	1.2	381.1	30.3
0.342	0.239	4594.94	277.6	178.3	26.5	60.4	0	0	60.4	588.5	410.2	349.8	1.2	380	30.2
0.429	0.300	4597.73	289.4	183.6	31.8	62.9	0	0	62.9	591.1	407.5	344.6	1.2	376	31.5
0.520	0.364	4600.68	307.2	188.4	36.6	66.8	0	0.1	66.7	594.9	406.5	339.8	1.2	373.1	33.4
0.624	0.436	4604.04	327.4	193.3	41.5	71.1	0	0.1	71	599.2	405.9	334.8	1.2	370.3	35.5
0.720	0.504	4607.16	346.7	197.5	45.7	75.3	0	0.1	75.2	603.3	405.8	330.6	1.2	368.2	37.6
0.809	0.566	4610.04	365.2	202.3	50.5	79.2	0	0.1	79.1	607.3	405	325.9	1.2	365.4	39.6
0.918	0.643	4613.58	382.9	206.3	54.5	83	0	0.1	82.9	611.1	404.7	321.8	1.3	363.3	41.4
1.022	0.715	4616.96	399.5	211	59.1	86.5	0	0.1	86.4	614.6	403.6	317.2	1.3	360.4	43.2
1.123	0.786	4620.26	413.9	214	62.1	89.6	0	0.1	89.5	617.6	403.6	314.2	1.3	358.9	44.7
1.221	0.855	4623.46	428.6	218.5	66.7	92.7	0	0.1	92.6	620.7	402.2	309.6	1.3	355.9	46.3
1.313	0.919	4626.46	441	221.2	69.4	95.3	0	0.1	95.2	623.3	402.1	306.9	1.3	354.5	47.6
1.422	0.996	4630.02	451.6	225.8	74	97.5	0	0.2	97.4	625.5	399.8	302.4	1.3	351.1	48.7
1.531	1.072	4633.59	460.1	228.9	77.1	99.3	0	0.2	99.1	627.3	398.3	299.2	1.3	348.8	49.6
1.615	1.131	4636.34	469.1	232.8	81	101.2	0	0.2	101	629.1	396.3	295.3	1.3	345.8	50.5
1.709	1.197	4639.43	476.9	235.4	83.6	102.8	0	0.2	102.6	630.8	395.3	292.7	1.4	344	51.3
1.810	1.267	4642.75	483.6	238.4	86.6	104.2	0	0.2	104	632.1	393.7	289.7	1.4	341.7	52
1.906	1.335	4645.92	489.5	242.7	90.9	105.4	0	0.2	105.1	633.3	390.6	285.5	1.4	338	52.6
2.113	1.479	4652.74	499.3	247.1	95.3	107.3	0	0.2	107.1	635.2	388.1	281.1	1.4	334.6	53.5
2.323	1.626	4659.67	509.2	251.9	100.1	109.3	0	0.3	109	637.2	385.2	276.2	1.4	330.7	54.5
2.524	1.767	4666.35	516.5	257.9	106	110.7	0	0.3	110.4	638.6	380.7	270.3	1.4	325.5	55.2
2.715	1.901	4672.73	524.4	263	111.2	112.2	0	0.3	111.9	640.1	377	265.1	1.4	321.1	56
2.923	2.047	4679.66	532.2	267.6	115.8	113.7	0	0.3	113.4	641.5	373.9	260.5	1.4	317.2	56.7
3.137	2.197	4686.83	538.4	271.8	120	114.9	0	0.4	114.5	642.7	370.9	256.4	1.4	313.6	57.3
3.315	2.321	4692.8	544.6	276.4	124.6	116.1	0	0.4	115.7	643.8	367.4	251.7	1.5	309.6	57.8
3.508	2.456	4699.29	547.7	280.5	128.7	116.5	0	0.4	116.1	644.3	363.8	247.6	1.5	305.7	58.1
3.727	2.610	4706.69	551.7	284.4	132.6	117.2	0	0.4	116.8	644.9	360.5	243.7	1.5	302.1	58.4
3.928	2.751	4713.51	555.7	287.6	135.7	117.9	0	0.5	117.4	645.6	358	240.6	1.5	299.3	58.7
4.319	3.024	4726.8	562.4	294.5	142.7	119	0	0.5	118.5	646.6	352.2	233.7	1.5	292.9	59.2

4.710	3.298	4740.16	570.8	302.5	150.6	120.4	0	0.5	119.9	648	345.6	225.7	1.5	285.6	59.9
5.114	3.581	4754.07	578.9	309.1	157.3	121.8	0	0.6	121.2	649.4	340.3	219.1	1.6	279.7	60.6
5.525	3.868	4768.27	587	314.4	162.6	123.1	0	0.6	122.5	650.6	336.2	213.7	1.6	275	61.2
5.923	4.148	4782.15	594.1	322	170.2	124.2	0	0.7	123.6	651.7	329.7	206.1	1.6	267.9	61.8
6.324	4.428	4796.19	597.6	328.5	176.6	124.6	0	0.7	123.9	652	323.6	199.7	1.6	261.6	61.9
6.722	4.706	4810.17	601.4	333.4	181.5	125	0	0.7	124.3	652.4	319.1	194.8	1.6	256.9	62.1

Bragança, 12 de Fevereiro de 2020

### Ensaio de Compressão Triaxial - Consolidado não Drenado

Norma de Referência: ASTM D 4767 2011

<b>Tipo de Solo:</b>	Areia - Siltosa
<b>Data da Colheita:</b>	19/11/2019
<b>Obra:</b>	Tese Mestrado
<b>Local:</b>	Bragança

**Cliente:** Rafael Palmeira

<b>Tipo de Amostra:</b>	Indeformada	<b>Tensão horizontal total <math>\sigma_3</math> (kPa):</b>	145
<b>Nº da Amostra:</b>	1	<b>Tensão neutra inicial <math>u_0</math> (kPa):</b>	128.3
<b>Diâmetro (mm):</b>	70	<b>Tensão de consolidação (kPa):</b>	16.7
<b>Altura (mm):</b>	140	<b>Velocidade de ensaio (mm/min):</b>	0.1306

$\Delta L$ mm	$\varepsilon$ %	As mm <sup>2</sup>	P N	u kPa	u-u <sub>0</sub> kPa	( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) <sub>m</sub> kPa	$\sigma_{dr}$ kPa	$\sigma_{mb}$ kPa	( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) <sub>c</sub> kPa	$\sigma_1$ kPa	$\sigma_1''$ kPa	$\sigma_3''$ kPa	$\sigma_1''/\sigma_3''$	S''	t''
0.009	0.007	3333.43	12.5	130.9	2.5	3.8	0	0	3.8	148.7	17.9	14.1	1.3	16	1.9
0.02	0.015	3333.71	40.9	130.7	2.4	12.3	0	0	12.3	157.2	26.5	14.3	1.9	20.4	6.1
0.034	0.026	3334.08	59.2	130.7	2.3	17.7	0	0	17.7	162.7	32.1	14.3	2.2	23.2	8.9
0.056	0.043	3334.64	76.2	130.2	1.9	22.9	0	0	22.9	167.8	37.6	14.7	2.6	26.2	11.4
0.082	0.063	3335.31	91.9	131.6	3.3	27.5	0	0	27.5	172.5	40.9	13.4	3.1	27.2	13.8
0.102	0.078	3335.81	108.3	131.7	3.3	32.5	0	0	32.5	177.4	45.8	13.3	3.4	29.5	16.2
0.123	0.094	3336.35	122.7	133.4	5	36.8	0	0	36.8	181.7	48.4	11.6	4.2	30	18.4
0.14	0.107	3336.79	134.7	133.5	5.2	40.4	0	0	40.3	185.3	51.8	11.5	4.5	31.6	20.2
0.162	0.124	3337.34	149.1	134	5.6	44.7	0	0	44.7	189.7	55.7	11	5.1	33.3	22.3
0.177	0.136	3337.74	158.4	133.3	4.9	47.4	0	0	47.4	192.4	59.1	11.7	5.1	35.4	23.7
0.187	0.143	3337.99	166.5	134.4	6	49.9	0	0	49.9	194.9	60.5	10.60	5.7	35.5	24.9
0.209	0.16	3338.55	173.5	135.5	7.2	52	0	0	51.9	196.9	61.4	9.50	6.5	35.4	26
0.234	0.179	3339.19	176.3	134.2	5.9	52.8	0	0	52.8	197.7	63.5	10.80	5.9	37.2	26.4
0.262	0.201	3339.91	178.7	135.4	7	53.5	0	0	53.5	198.4	63.1	9.60	6.6	36.4	26.7
0.277	0.212	3340.30	180	136.2	7.8	53.9	0	0	53.9	198.8	62.7	8.80	7.1	35.7	26.9
0.294	0.225	3340.74	184	136.3	8	55.1	0	0	55.1	200	63.7	8.70	7.4	36.2	27.5
0.312	0.239	3341.20	183.9	136.6	8.3	55	0	0	55	200	63.3	8.30	7.6	35.8	27.5
0.345	0.264	3342.04	182.5	136.1	7.7	54.6	0	0	54.6	199.5	63.5	8.9	7.1	36.2	27.3
0.364	0.279	3342.53	181.6	136.3	8	54.3	0	0	54.3	199.3	62.9	8.7	7.3	35.8	27.1
0.385	0.295	3343.06	177.6	135.6	7.3	53.1	0	0.1	53.1	198.1	62.4	9.3	6.7	35.9	26.5
0.407	0.312	3343.64	170.1	136.3	7.9	50.9	0	0.1	50.8	195.8	59.5	8.7	6.8	34.1	25.4
0.489	0.374	3345.73	147.6	137.4	9.1	44.1	0	0.1	44	189	51.6	7.6	6.8	29.6	22
0.599	0.459	3348.57	143.6	138.8	10.4	42.9	0	0.1	42.8	187.8	49	6.2	7.9	27.6	21.4
0.698	0.534	3351.11	145.4	139.7	11.4	43.4	0	0.1	43.3	188.3	48.6	5.3	9.2	26.9	21.6
0.788	0.603	3353.43	148.8	141.1	12.7	44.4	0	0.1	44.3	189.3	48.2	3.9	12.3	26.1	22.1
0.889	0.680	3356.04	152.6	140.7	12.4	45.5	0	0.1	45.3	190.3	49.6	4.3	11.6	26.9	22.7
0.993	0.760	3358.75	156.5	141.5	13.2	46.6	0	0.1	46.5	191.5	49.9	3.5	14.4	26.7	23.2
1.1	0.842	3361.53	160.5	141.9	13.5	47.7	0	0.1	47.6	192.6	50.7	3.1	16.2	26.9	23.8
1.196	0.915	3364	164.6	142.7	14.4	48.9	0	0.2	48.8	193.8	51	2.3	22.6	26.6	24.4
1.296	0.992	3366.62	170.1	142.3	14	50.5	0	0.2	50.4	195.3	53	2.7	19.9	27.8	25.2
1.393	1.066	3369.14	175.2	142.700	14.3	52	0	0.2	51.8	196.8	54.1	2.3	23.5	28.2	25.9
1.489	1.140	3371.64	179.8	141.500	13.1	53.3	0	0.2	53.1	198.1	56.6	3.5	16.1	30.1	26.6
1.59	1.217	3374.28	184.9	143.500	15.1	54.8	0	0.2	54.6	199.6	56.1	1.5	37	28.8	27.3
1.698	1.300	3377.12	189.9	143.300	15	56.2	0	0.2	56	201	57.7	1.7	34.2	29.7	28
1.794	1.373	3379.63	196.2	143.900	15.5	58	0	0.2	57.8	202.8	58.9	1.1	52.2	30	28.9
1.919	1.469	3386.41	207.3	145.6	17.3	62.1	0	0	62.1	207.1	61.5	-0.6	-95.6	30.4	31.1
2.119	1.622	3341.54	217.1	146.4	18.1	65	0	0	64.9	209.9	63.5	-1.4	-44.5	31	32.5
2.304	1.764	3346.28	229.3	147.4	19	68.5	0	0.1	68.5	213.4	66.1	-2.4	-27.5	31.8	34.2
2.509	1.920	3351.56	238.6	149.2	20.9	71.2	0	0.1	71.1	216.1	66.9	-4.2	-15.9	31.3	35.5
2.731	2.090	3357.28	249.5	149.7	21.3	74.3	0	0.1	74.2	219.2	69.5	-4.7	-14.8	32.4	37.1
2.913	2.230	3362.01	258.7	150.2	21.9	76.9	0	0.2	76.8	221.8	71.6	-5.2	-13.7	33.2	38.4
3.121	2.389	3367.41	266.5	150	21.7	79.1	0	0.2	79	223.9	73.9	-5.1	-14.6	34.4	39.5
3.332	2.551	3372.94	275.2	151.9	23.6	81.6	0	0.2	81.4	226.4	74.4	-7	-10.7	33.7	40.7
3.518	2.693	3377.78	281.8	154.5	26.1	83.4	0	0.2	83.2	228.2	73.7	-9.5	-7.8	32.1	41.6
3.709	2.839	3382.81	288.2	155.7	27.4	85.2	0	0.3	84.9	229.9	74.2	-10.7	-6.9	31.7	42.5
4.105	3.142	3398.64	307.2	158.8	30.5	90.4	0	0.3	90	235	76.2	-13.9	-5.5	31.2	45
4.506	3.450	3409.33	319.6	162.2	33.9	93.8	0	0.4	93.4	238.4	76.1	-17.3	-4.4	29.4	46.7
4.918	3.765	3420.35	330.7	164.5	36.1	96.7	0	0.4	96.2	241.2	76.8	-19.5	-3.9	28.6	48.1
5.31	4.065	3430.93	342.4	167.4	39	99.8	0	0.5	99.3	244.3	76.9	-22.4	-3.4	27.3	49.7

5.718	4.377	3441.98	351.3	170.1	41.7	102.1	0	0.5	101.5	246.5	76.4	-25.1	-3	25.7	50.8
6.11	4.677	3452.67	358.4	173	44.6	103.8	0	0.6	103.2	248.2	75.3	-28	-2.7	23.6	51.6
6.507	4.981	3463.59	365.8	175.2	46.9	105.6	0	0.6	105	250	74.8	-30.2	-2.5	22.3	52.5
6.918	5.296	3474.95	374.7	177.3	48.9	107.8	0	0.7	107.2	252.1	74.9	-32.3	-2.3	21.3	53.6
7.312	5.597	3485.91	383	180.4	52	109.9	0	0.7	109.2	254.1	73.8	-35.4	-2.1	19.2	54.6
7.712	6.184	3508.21	395.9	186.6	58.3	112.8	0	0.8	112	257	70.4	-41.6	-1.7	14.4	56
8.899	7.093	3542.09	409.5	195.6	67.3	115.6	0	0.9	114.7	259.7	64	-50.6	-1.3	6.7	57.3
10.112	8.022	3577.39	430	204.5	76.2	120.2	0	1	119.2	264.1	59.6	-59.6	-1	0	59.6
11.308	8.937	3612.88	447.9	215.3	87	124	0	1.2	122.8	267.8	52.5	-70.3	-0.7	-8.9	61.4
12.516	9.862	3649.46	472.1	224.5	96.2	129.4	0	1.3	128.1	273.1	48.6	-79.5	-0.6	-15.5	64
13.701	10.769	3686.08	488.5	232.9	104.6	132.5	0	1.4	131.2	276.2	43.2	-88	-0.5	-22.4	65.6
14.924	11.705	3724.65	516.5	241.8	113.5	138.7	0	1.4	137.2	282.2	40.4	-96.8	-0.4	-28.2	68.6
16.114	12.616	3762.95	538.1	250.9	122.6	143	0	1.5	141.5	286.4	35.5	-105.9	-0.3	-35.2	70.7
17.301	13.525	3801.96	568.9	259.7	131.4	149.6	0	1.6	148	293	33.3	-114.8	-0.3	-40.8	74
18.518	14.456	3842.77	588.9	270.5	142.2	153.3	0	1.7	151.6	296.6	26	-125.5	-0.2	-49.7	75.8
19.715	15.373	3883.82	606.7	279.9	151.6	156.2	0	1.7	154.5	299.4	19.5	-134.9	-0.1	-57.7	77.2
20.903	16.282	3925.4	618.8	290.6	162.3	157.6	0	1.8	155.8	300.8	10.2	-145.6	-0.1	-67.7	77.9
22.105	17.203	3968.42	624.1	299.8	171.5	157.3	0	1.9	155.4	300.4	0.6	-154.8	0	-77.1	77.7

Bragança, 28 de Fevereiro de 2020

### Ensaio de Compressão Triaxial - Consolidado não Drenado

Norma de Referência: ASTM D 4767 2011

<b>Tipo de Solo:</b>	Areia - Siltosa
<b>Data da Colheita:</b>	19/11/2019
<b>Obra:</b>	Tese Mestrado
<b>Local:</b>	Bragança

**Cliente:** Rafael Palmeira

<b>Tipo de Amostra:</b>	Indeformada	<b>Tensão horizontal total <math>\sigma_3</math> (kPa):</b>	354.1
<b>Nº da Amostra:</b>	2	<b>Tensão neutra inicial <math>u_0</math> (kPa):</b>	224.3
<b>Diâmetro (mm):</b>	70	<b>Tensão de consolidação (kPa):</b>	129.8
<b>Altura (mm):</b>	140	<b>Velocidade de ensaio (mm/min):</b>	0.1138

$\Delta L$ mm	$\varepsilon$ %	As mm <sup>2</sup>	P N	u kPa	u-u <sub>0</sub> kPa	( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) <sub>m</sub> kPa	$\sigma_{dr}$ kPa	$\sigma_{mb}$ kPa	( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) <sub>c</sub> kPa	$\sigma_1$ kPa	$\sigma_1''$ kPa	$\sigma_3''$ kPa	$\sigma_1''/\sigma_3''$	S''	t''
0.008	0.007	2407.6	16.9	226.3	2	7	0	0	7	361.2	134.9	127.8	1.1	131.4	3.5
0.023	0.020	2407.93	29.1	225.2	0.8	12.1	0	0	12.1	366.2	141.1	129	1.1	135	6.1
0.035	0.03	2408.17	46.8	226.8	2.5	19.4	0	0	19.4	373.6	146.7	127.3	1.2	137	9.7
0.052	0.046	2408.54	60.5	225.8	1.5	25.1	0	0	25.1	379.3	153.5	128.4	1.2	140.9	12.6
0.071	0.062	2408.94	75.2	226.3	2	31.2	0	0	31.2	385.3	159	127.8	1.2	143.4	15.6
0.084	0.074	2409.21	89	226.9	2.6	37	0	0	36.9	391.1	164.2	127.2	1.3	145.7	18.5
0.104	0.091	2409.64	103.9	226.6	2.3	43.1	0	0	43.1	397.2	170.6	127.5	1.3	149.1	21.6
0.118	0.104	2409.95	115.3	227.4	3.1	47.8	0	0	47.8	402	174.5	126.7	1.4	150.6	23.9
0.132	0.116	2410.24	128.3	227.2	2.9	53.2	0	0	53.2	407.3	180.1	126.9	1.4	153.5	26.6
0.153	0.135	2410.69	140.5	227.6	3.3	58.3	0	0	58.3	412.4	184.8	126.5	1.5	155.7	29.1
0.186	0.163	2411.38	161.2	229.4	5	66.9	0	0	66.8	421	191.6	124.8	1.5	158.2	33.4
0.204	0.179	2411.76	178.1	231.3	6.9	73.9	0	0	73.8	428	196.7	122.9	1.6	159.8	36.9
0.217	0.1910	2412.04	193.9	233.3	9	80.4	0	0	80.4	434.5	201.2	120.80	1.7	161	40.2
0.227	0.226	2407.66	210.2	235.3	10.9	87.3	0	0	87.3	441.4	206.2	118.90	1.7	162.5	43.6
0.257	0.253	2408.29	226	236.8	12.5	93.9	0	0	93.9	448	211.2	117.30	1.8	164.3	46.9
0.279	0.272	2408.76	240.5	237.6	13.2	99.9	0	0	99.8	454	216.4	116.60	1.9	166.5	49.9
0.288	0.279	2408.94	252.2	240.4	16.1	104.7	0	0	104.7	458.8	218.4	113.80	1.9	166.1	52.3
0.293	0.284	2409.05	266.1	240.5	16.2	110.4	0	0	110.4	464.6	224.1	113.70	2	168.9	55.2
0.31	0.299	2409.42	277	243.3	19	115	0	0	115	469.1	225.8	110.80	2	168.3	57.5
0.341	0.326	2410.07	285.1	245.1	20.8	118.3	0	0	118.3	472.4	227.3	109	2.1	168.1	59.1
0.438	0.384	2412.77	291.3	254.5	30.2	120.7	0	0	120.7	474.8	220.3	99.6	2.2	160	60.3
0.552	0.485	2415.21	255.5	260.9	36.6	105.8	0	0.1	105.7	459.9	199	93.2	2.1	146.1	52.9
0.643	0.565	2417.15	255.3	268.7	44.4	105.6	0	0.1	105.5	459.7	190.9	85.4	2.2	138.2	52.8
0.741	0.65	2419.23	261.3	273.8	49.5	108	0	0.1	107.9	462.1	188.2	80.3	2.3	134.3	54
0.841	0.739	2421.38	269.6	279.6	55.3	111.3	0	0.1	111.2	465.4	185.8	74.5	2.5	130.2	55.6
0.938	0.824	2423.45	278.9	283.1	58.8	115.1	0	0.1	115	469.1	186	71	2.6	128.5	57.5
1.024	0.899	2425.3	287.8	287.4	63.1	118.7	0	0.1	118.5	472.7	185.3	66.7	2.8	126	59.3
1.13	0.992	2427.57	298.1	291.7	67.4	122.8	0	0.1	122.6	476.8	185	62.4	3	123.7	61.3
1.241	1.091	2429.98	308.8	294.3	69.9	127.1	0	0.2	126.9	481	186.8	59.9	3.1	123.3	63.4
1.326	1.165	2431.8	319.6	298.8	74.5	131.4	0	0.2	131.2	485.4	186.6	55.3	3.4	120.9	65.6
1.426	1.253	2433.97	330.1	299.7	75.4	135.6	0	0.2	135.4	489.6	189.9	54.4	3.5	122.1	67.7
1.54	1.353	2436.44	339.4	301.5	77.2	139.3	0	0.2	139.1	493.2	191.7	52.6	3.6	122.2	69.5
1.621	1.424	2438.19	349.4	304.1	79.7	143.3	0	0.2	143.1	497.2	193.2	50.1	3.9	121.6	71.5
1.719	1.51	2440.31	360.3	305.5	81.2	147.6	0	0.2	147.4	501.6	196.1	48.7	4	122.4	73.7
1.828	1.606	2442.68	370.9	306.1	81.8	151.8	0	0.3	151.6	505.7	199.6	48	4.2	123.8	75.8
1.908	1.676	2444.43	380.9	307.2	82.8	155.8	0	0.3	155.6	509.7	202.5	47	4.3	124.7	77.8
2.116	1.859	2448.98	399.2	308.1	83.8	163	0	0.3	162.7	516.8	208.7	46	4.5	127.4	81.3
2.326	2.044	2453.59	418.3	305.9	81.5	170.5	0	0.3	170.1	524.3	218.4	48.3	4.5	133.4	85.1
2.521	2.215	2457.88	433.7	305.3	81	176.5	0	0.4	176.1	530.3	224.9	48.8	4.6	136.9	88.1
2.721	2.391	2462.3	449.1	304.5	80.2	182.4	0	0.4	182	536.1	231.6	49.6	4.7	140.6	91
2.933	2.577	2467	462.8	301.6	77.2	187.6	0	0.4	187.2	541.3	239.8	52.6	4.6	146.2	93.6
3.125	2.746	2471.27	471.7	296.2	71.9	190.9	0	0.4	190.5	544.6	248.4	57.9	4.3	153.2	95.2
3.323	2.92	2475.69	480.2	289.5	65.2	194	0	0.5	193.5	547.6	258.2	64.7	4	161.4	96.7
3.505	3.08	2479.78	484	285	60.7	195.2	0	0.5	194.7	548.8	263.8	69.1	3.8	166.4	97.3
3.719	3.268	2484.58	486.4	279.8	55.5	195.8	0	0.5	195.2	549.4	269.6	74.4	3.6	172	97.6
3.939	3.461	2489.56	488.2	273.4	49.1	196.1	0	0.6	195.5	549.7	276.3	80.8	3.4	178.5	97.8
4.326	3.801	2498.33	486.7	261.2	36.8	194.8	0	0.6	194.2	548.3	287.2	93	3.1	190.1	97.1
4.718	4.146	2507.29	483.3	248.1	23.7	192.8	0	0.7	192.1	546.3	298.2	106.1	2.8	202.1	96.1
5.112	4.492	2516.38	478.4	237.4	13.1	190.1	0	0.7	189.4	543.5	306.1	116.7	2.6	211.4	94.7

5.517	4.848	2525.77	477	227.1	2.8	188.9	0	0.8	188.1	542.3	315.1	127	2.5	221.1	94.1
5.926	5.207	2535.32	474.8	215.8	-8.5	187.3	0	0.8	186.5	540.6	324.8	138.3	2.3	231.5	93.2
6.329	5.562	2544.83	471.9	209.4	-15	185.4	0	0.9	184.6	538.7	329.3	144.8	2.3	237.1	92.3
6.72	5.905	2554.09	466.2	200	-24.4	182.5	0	0.9	181.6	535.8	335.8	154.2	2.2	245	90.8
7.13	6.266	2563.91	461.9	192.2	-32.1	180.2	0	0.9	179.2	533.4	341.2	161.9	2.1	251.6	89.6
7.523	6.611	2573.38	457.5	183.8	-40.5	177.8	0	1	176.8	530.9	347.2	170.4	2	258.8	88.4
8.337	7.326	2593.18	454.5	168.3	-56	175.3	0	1.1	174.2	528.3	360	185.8	1.9	272.9	87.1
9.512	8.359	2622.36	453.1	149.4	-75	172.8	0	1.2	171.6	525.7	376.3	204.8	1.8	290.6	85.8
10.709	9.411	2652.75	447.5	133.5	-90.9	168.7	0	1.3	167.4	521.5	388.1	220.7	1.8	304.4	83.7
11.918	10.473	2684.18	448.6	117.6	-106.7	167.1	0	1.4	165.7	519.8	402.2	236.5	1.7	319.3	82.8
13.119	11.529	2716.15	452.6	104.4	-119.9	166.6	0	1.5	165.1	519.3	414.8	249.7	1.7	332.3	82.6
14.323	12.587	2748.96	461.2	93.7	-130.6	167.8	0	1.6	166.1	520.3	426.6	260.5	1.6	343.5	83.1
15.516	13.635	2782.28	464.7	83.6	-140.7	167	0	1.7	165.3	519.5	435.9	270.6	1.6	353.2	82.7
16.733	14.704	2817.09	472.8	73.3	-151	167.8	0	1.8	166.1	520.2	446.9	280.9	1.6	363.9	83
17.933	15.759	2852.29	479	63.2	-161.1	167.9	0	1.8	166.1	520.2	457	290.9	1.6	374	83
19.112	16.795	2887.74	491.6	52.3	-172	170.2	0	1.9	168.3	522.5	470.2	301.8	1.6	386	84.2
20.327	17.863	2925.21	490.6	42.7	-181.6	167.7	0	1.9	165.8	519.9	477.2	311.4	1.5	394.3	82.9
21.528	18.918	2963.19	493.9	33.9	-190.4	166.7	0	2	164.7	518.9	484.9	320.2	1.5	402.6	82.4
22.73	19.975	3002.23	485.4	25.1	-199.2	161.7	0	2	159.7	513.8	488.7	329	1.5	408.9	79.8

Bragança, 25 de Fevereiro de 2020

**Ensaio de Compressão Triaxial - Consolidado não Drenado**

Norma de Referência: ASTM D 4767\_2011


**Tipo de Solo:** Arcia - Siltosa  
**Data da Colheita:** 19/11/2019

**Cliente:** Rafael Palmeira

**Obra:** Tese Mestrado  
**Local:** Bragança


<b>Tipo de Amostra:</b>	Indeformada	<b>Tensão horizontal total <math>\sigma_3</math> (kPa):</b>	430.4
<b>Nº da Amostra:</b>	3	<b>Tensão neutra inicial <math>u_0</math> (kPa):</b>	264.5
<b>Diâmetro (mm):</b>	70	<b>Tensão de consolidação (kPa)</b>	165.9
<b>Altura (mm):</b>	140	<b>Velocidade de ensaio (mm/min):</b>	0.0025

$\Delta L$ mm	$\epsilon$ %	$A_s$ mm <sup>2</sup>	$P$ N	$u$ kPa	$u-u_0$ kPa	$(\sigma_1-\sigma_3)_m$ kPa	$\sigma_{dr}$ kPa	$\sigma_{mb}$ kPa	$(\sigma_1-\sigma_3)_c$ kPa	$\sigma_1$ kPa	$\sigma_1''$ kPa	$\sigma_3''$ kPa	$\sigma_1''/\sigma_3''$	$S''$	$t''$
0.014	0.012	2937.13	8	265	0.5	2.7	0	0	2.7	433.1	168.1	165.40	1	166.7	1.4
0.030	0.024	2937.50	11.9	265.5	1	4	0	0	4	434.4	168.9	164.90	1	166.9	2
0.058	0.047	2938.16	18.6	266.1	1.6	6.3	0	0	6.3	436.7	170.6	164.30	1	167.4	3.2
0.077	0.063	2938.63	31.1	266.5	1.9	10.6	0	0	10.6	441	174.5	163.90	1.1	169.2	5.3
0.094	0.076	2939.03	55.3	267	2.5	18.8	0	0	18.8	449.2	182.2	163.40	1.1	172.8	9.4
0.111	0.090	2939.43	75.8	268.1	3.6	25.8	0	0	25.8	456.2	188.1	162.30	1.2	175.2	12.9
0.135	0.109	2940.01	96	271	6.5	32.7	0	0	32.6	463	192	159.40	1.2	175.7	16.3
0.163	0.132	2940.67	116.3	271.3	6.8	39.6	0	0	39.5	469.9	198.7	159.10	1.2	178.9	19.8
0.174	0.141	2940.94	133.4	272.2	7.7	45.4	0	0	45.3	475.7	203.5	158.20	1.3	180.8	22.7
0.194	0.158	2941.42	149.1	274	9.5	50.7	0	0	50.7	481.1	207	156.4	1.3	181.7	25.3
0.222	0.180	2942.07	166.2	275	10.5	56.5	0	0	56.4	486.8	211.9	155.4	1.4	183.7	28.2
0.235	0.190	2942.39	180.8	276.8	12.3	61.4	0	0	61.4	491.8	215	153.6	1.4	184.3	30.7
0.238	0.193	2942.47	192.7	278.5	14	65.5	0	0	65.4	495.8	217.3	151.9	1.4	184.6	32.7
0.258	0.209	2937.26	207	279.1	14.6	70.5	0	0	70.5	500.9	221.7	151.3	1.5	186.5	35.2
0.278	0.226	2937.75	215.6	280.3	15.8	73.4	0	0	73.4	503.8	223.5	150.1	1.5	186.8	36.7
0.287	0.233	2937.96	219.7	280.8	16.3	74.8	0	0	74.8	505.2	224.3	149.6	1.5	187	37.4
0.312	0.253	2938.55	219.7	283	18.5	74.8	0	0	74.7	505.1	222.1	147.4	1.5	184.8	37.4
0.352	0.286	2939.51	219.6	284.6	20.1	74.7	0	0	74.7	505.1	220.5	145.8	1.5	183.1	37.3
0.361	0.293	2939.73	220.8	284.3	19.7	75.1	0	0	75.1	505.5	221.2	146.1	1.5	183.7	37.5
0.379	0.308	2940.16	217.3	286.5	22	73.9	0	0	73.9	504.3	217.7	143.9	1.5	180.8	36.9
0.485	0.393	2943.05	201.6	292	27.5	68.5	0	0	68.5	498.9	206.9	138.4	1.5	172.6	34.2
0.572	0.463	2945.13	206.9	296	31.5	70.2	0	0.1	70.2	500.6	204.6	134.4	1.5	169.5	35.1
0.670	0.543	2947.48	213.8	301	36.5	72.5	0	0.1	72.5	502.9	201.9	129.4	1.6	165.6	36.2
0.778	0.631	2950.09	222	303.6	39.1	75.2	0	0.1	75.2	505.6	201.9	126.8	1.6	164.3	37.6
0.880	0.713	2952.54	229.9	308.5	44	77.9	0	0.1	77.8	508.2	199.7	121.9	1.6	160.8	38.9
0.982	0.796	2954.99	237.3	311.6	47.1	80.3	0	0.1	80.2	510.6	199	118.8	1.7	158.9	40.1
1.080	0.875	2957.34	243	313.4	48.9	82.2	0	0.1	82	512.4	199	117	1.7	158	41
1.185	0.960	2959.87	248.9	314.8	50.3	84.1	0	0.1	84	514.4	199.6	115.6	1.7	157.6	42
1.273	1.031	2962.01	255	316.8	52.3	86.1	0	0.2	85.9	516.3	199.6	113.6	1.8	156.6	43
1.377	1.116	2964.53	261.2	319.2	54.7	88.1	0	0.2	87.9	518.3	199.1	111.2	1.8	155.2	44
1.479	1.198	2967	266.6	320.7	56.1	89.9	0	0.2	89.7	520.1	199.4	109.7	1.8	154.6	44.8
1.592	1.290	2969.75	271.2	321.6	57.1	91.3	0	0.2	91.1	521.5	199.9	108.8	1.8	154.3	45.6
1.688	1.368	2972.09	276.4	322.6	58	93	0	0.2	92.8	523.2	200.6	107.8	1.9	154.2	46.4
1.782	1.444	2974.39	281.4	323.9	59.4	94.6	0	0.2	94.4	524.8	200.9	106.5	1.9	153.7	47.2
1.879	1.522	2976.75	286.7	323.9	59.3	96.3	0	0.2	96.1	526.5	202.6	106.5	1.9	154.6	48
1.977	1.602	2979.15	290.8	325.3	60.7	97.6	0	0.2	97.4	527.8	202.5	105.1	1.9	153.8	48.7
2.148	1.740	2983.34	297.7	325.2	60.7	99.8	0	0.3	99.5	529.9	204.7	105.2	1.9	154.9	49.8
2.376	1.925	2988.94	305.7	326.1	61.6	102.3	0	0.3	102	532.4	206.3	104.3	2	155.3	51
2.589	2.097	2994.2	310.7	324.5	60	103.8	0	0.3	103.4	533.8	209.3	105.9	2	157.6	51.7
2.766	2.242	2998.61	315	324.8	60.3	105	0	0.4	104.7	535.1	210.3	105.6	2	157.9	52.3
2.983	2.417	3003.98	319.3	325.4	60.8	106.3	0	0.4	105.9	536.3	211	105	2	158	53
3.193	2.587	3009.22	323.2	323.6	59.1	107.4	0	0.4	107	537.4	213.7	106.8	2	160.3	53.5
3.383	2.741	3013.97	329	324.1	59.6	109.1	0	0.4	108.7	539.1	215	106.3	2	160.6	54.4
3.583	2.904	3019.01	333.8	322.4	57.9	110.6	0	0.5	110.1	540.5	218.1	108	2	163.1	55.1
3.763	3.049	3023.55	339.4	321.8	57.3	112.2	0	0.5	111.8	542.2	220.4	108.6	2	164.5	55.9
3.931	3.261	3028.84	345.2	319.7	55.2	114	0	0.5	113.4	543.8	224.1	110.7	2	167.4	56.7
4.316	3.573	3038.61	355.2	316.5	52	116.9	0	0.6	116.3	546.7	230.2	113.9	2	172	58.2
4.733	3.911	3049.28	361.6	314.8	50.3	118.6	0	0.6	118	548.4	233.6	115.6	2	174.6	59
5.134	4.236	3059.6	366	310.7	46.2	119.6	0	0.7	119	549.4	238.7	119.7	2	179.2	59.5
5.536	4.562	3070.03	369.9	308	43.5	120.5	0	0.7	119.8	550.2	242.2	122.4	2	182.3	59.9
5.932	4.882	3080.34	375.7	303.8	39.3	122	0	0.8	121.2	551.6	247.8	126.6	2	187.2	60.6
6.339	5.212	3091.04	381.4	300	35.4	123.4	0	0.8	122.6	553	253	130.4	1.9	191.7	61.3
6.722	5.523	3101.18	384.3	298.6	34.1	123.9	0	0.8	123.1	553.5	254.9	131.8	1.9	193.3	61.5
7.131	5.854	3112.07	386.8	294.3	29.8	124.3	0	0.9	123.4	553.8	259.5	136.1	1.9	197.8	61.7
7.539	6.185	3123.01	388.8	290.5	26	124.5	0	0.9	123.6	554	263.4	139.9	1.9	201.6	61.8
8.326	6.822	3144.32	392.2	284.1	19.6	124.7	0	1	123.7	554.1	270	146.3	1.8	208.1	61.9
9.507	7.779	3176.87	404.6	274.5	10	127.4	0	1.1	126.2	556.6	282.1	155.9	1.8	219	63.1
10.736	8.775	3211.47	409	265.3	0.8	127.4	0	1.2	126.1	556.5	291.2	165.1	1.8	228.1	63.1
11.927	9.740	3245.73	421.7	257.4	-7.1	129.9	0	1.4	128.6	559	301.6	173	1.7	237.3	64.3
13.117	10.704	3280.67	424.4	248.7	-15.8	129.4	0	1.4	127.9	558.3	309.6	181.7	1.7	245.6	64
14.331	11.688	3317.12	432.4	239.5	-25.1	130.3	0	1.5	128.8	559.2	319.8	190.9	1.7	255.3	64.4
15.522	12.653	3353.69	437.3	231.3	-33.2	130.4	0	1.6	128.8	559.2	327.9	199.1	1.6	263.5	64.4
16.737	13.637	3391.8	448.1	223.7	-40.8	132.1	0	1.7	130.4	560.8	337.1	206.7	1.6	271.9	65.2
17.936	14.609	3430.29	452.1	214.7	-49.8	131.8	0	1.8	130	560.4	345.7	215.7	1.6	280.7	65
19.136	15.581	3469.7	456.2	207.2	-57.3	131.5	0	1.8	129.7	560.1	352.8	223.2	1.6	288	64.8
20.346	16.561	3510.35	451.2	199	-65.5	128.5	0	1.9	126.7	557.1	358	231.4	1.5	294.7	63.3
21.553	17.540	3551.9	446.2	189.1	-75.4	125.6	0	1.9	123.7	554.1	365	241.3	1.5	303.2	61.8

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão							<b>Ensaio de Compressão Triaxial - Consolidado Drenado</b> Norma de Referência: ASTM D 7181_2011												
<b>Cliente:</b> Rafael Palmeira							<b>Tipo de Solo:</b> Areia - Silty					<b>Data da Colheita:</b> 19/11/2019							
							<b>Obra:</b> Tese Mestrado					<b>Local:</b> Bragança							
							<b>Tipo de Amostra:</b> Reconstituída					<b>Tensão horizontal total <math>\sigma_3</math> (kPa):</b> 158.8							
							<b>Nº da Amostra:</b> 1					<b>Tensão neutra inicial <math>u_0</math> (kPa):</b> 80							
<b>Diâmetro (mm):</b> 70					<b>Tensão de consolidação (kPa):</b> 78.8					<b>Altura (mm):</b> 135					<b>Velocidade de ensaio (mm/min):</b> Não definido				
$\Delta L$ mm	$\epsilon$ %	$\epsilon V$ %	$A_s$ mm <sup>2</sup>	$P$ N	$\Delta V$ mL	$(\sigma_1 - \sigma_3)_m$ kPa	$\sigma_{dr}$ kPa	$\sigma_{mb}$ kPa	$(\sigma_1 - \sigma_3)_c$ kPa	$\sigma_1$ kPa	$\sigma_1''$ kPa	$\sigma_3''$ kPa	$\sigma_1''/\sigma_3''$	$S''$	$t''$				
0.005	0.002	-57.475	11515	19.2	-677.8	1.7	0	0	1.7	160.4	80.4	78.7	1	79.6	0.8				
0.018	0.01	-57.489	11516.9	53.4	-678	4.6	0	0	4.6	163.4	83.4	78.7	1.1	81.1	2.3				
0.038	0.02	-57.51	11519.6	81.1	-678.2	7	0	0	7	165.8	85.8	78.7	1.1	82.3	3.5				
0.066	0.035	-57.523	11522.3	108.6	-678.4	9.4	0	0	9.4	168.2	88.2	78.7	1.1	83.5	4.7				
0.091	0.048	-57.532	11524.4	130	-678.5	11.3	0	0	11.3	170	90	78.7	1.1	84.4	5.6				
0.108	0.057	-57.542	11526.3	147.9	-678.6	12.8	0	0	12.8	171.6	91.6	78.7	1.2	85.2	6.4				
0.115	0.061	-57.547	11527	167.6	-678.7	14.5	0	0	14.5	173.3	93.3	78.7	1.2	86	7.3				
0.126	0.067	-57.543	11527.5	181	-678.6	15.7	0	0	15.7	174.4	94.4	78.7	1.2	86.6	7.8				
0.159	0.084	-57.543	11529.4	193.9	-678.6	16.8	0	0	16.8	175.6	95.5	78.7	1.2	87.1	8.4				
0.163	0.086	-57.545	11520.2	201.8	-678.7	17.5	0	0	17.5	176.3	96.3	78.7	1.2	87.5	8.8				
0.171	0.09	-57.546	11520.6	204.9	-678.7	17.8	0	0	17.8	176.5	96.5	78.7	1.2	87.6	8.9				
0.19	0.1	-57.546	11521.8	200.4	-678.7	17.4	0	0	17.4	176.1	96.1	78.7	1.2	87.4	8.7				
0.222	0.117	-57.553	11524.3	193.1	-678.7	16.8	0	0	16.8	175.5	95.5	78.7	1.2	87.1	8.4				
0.25	0.132	-57.558	11526.4	189.3	-678.8	16.4	0	0	16.4	175.2	95.2	78.7	1.2	87	8.2				
0.267	0.141	-57.565	11527.9	186.4	-678.9	16.2	0	0	16.2	174.9	94.9	78.7	1.2	86.8	8.1				
0.281	0.149	-57.569	11529.1	187.5	-678.9	16.3	0	0	16.3	175	95	78.7	1.2	86.9	8.1				
0.298	0.158	-57.57	11530.2	188.2	-678.9	16.3	0	0	16.3	175.1	95	78.7	1.2	86.9	8.2				
0.317	0.168	-57.57	11531.3	190.7	-678.9	16.5	0	0	16.5	175.3	95.3	78.7	1.2	87	8.3				
0.344	0.182	-57.571	11533	193.9	-679	16.8	0	0	16.8	175.6	95.5	78.7	1.2	87.1	8.4				
0.362	0.191	-57.57	11534.1	195.8	-678.9	17	0	0	17	175.7	95.7	78.7	1.2	87.2	8.5				
0.429	0.227	-57.559	11540.5	210.7	-678.8	18.3	0	0	18.2	177	97	78.7	1.2	87.9	9.1				
0.534	0.282	-57.543	11545.7	221.5	-678.6	19.2	0	0	19.1	177.9	97.9	78.7	1.2	88.3	9.6				
0.626	0.331	-57.517	11549.5	232	-678.3	20.1	0	0	20	178.8	98.8	78.7	1.3	88.8	10				
0.724	0.383	-57.486	11553.2	242.2	-678	21	0	0.1	20.9	179.7	99.7	78.7	1.3	89.2	10.5				
0.82	0.433	-57.44	11555.7	251.3	-677.4	21.8	0	0.1	21.7	180.4	100.4	78.7	1.3	89.6	10.8				
0.927	0.49	-57.401	11559.4	259.4	-676.9	22.4	0	0.1	22.4	181.1	101.1	78.7	1.3	89.9	11.2				
1.019	0.539	-57.36	11562.1	266.3	-676.5	23	0	0.1	22.9	181.7	101.7	78.7	1.3	90.2	11.5				
1.12	0.592	-57.318	11565.2	273.5	-676	23.7	0	0.1	23.6	182.3	102.3	78.7	1.3	90.5	11.8				
1.223	0.647	-57.262	11567.4	280.1	-675.3	24.2	0	0.1	24.1	182.9	102.8	78.7	1.3	90.8	12.1				
1.321	0.699	-57.214	11569.9	285.7	-674.8	24.7	0	0.1	24.6	183.3	103.3	78.7	1.3	91	12.3				
1.419	0.75	-57.154	11571.5	290.8	-674	25.1	0	0.1	25	183.8	103.8	78.7	1.3	91.2	12.5				
1.523	0.805	-57.083	11572.7	295.9	-673.2	25.6	0	0.1	25.4	184.2	104.2	78.7	1.3	91.5	12.7				
1.619	0.856	-57.036	11575.2	301.3	-672.7	26	0	0.1	25.9	184.6	104.6	78.7	1.3	91.7	12.9				
1.732	0.916	-57.011	11580.3	306.5	-672.4	26.5	0	0.2	26.3	185.1	105.1	78.7	1.3	91.9	13.2				
1.821	0.963	-56.993	11584.5	311.7	-672.1	26.9	0	0.2	26.7	185.5	105.5	78.7	1.3	92.1	13.4				
1.928	1.071	-56.982	11590.3	315.4	-672	27.2	0	0.2	27	185.8	105.8	78.7	1.3	92.3	13.5				
2.121	1.173	-56.918	11597.5	324.5	-671.3	28	0	0.2	27.8	186.5	106.5	78.7	1.4	92.6	13.9				
2.327	1.281	-56.886	11607.9	333.6	-670.9	28.7	0	0.2	28.5	187.3	107.3	78.7	1.4	93	14.3				
2.516	1.381	-56.85	11617	340.2	-670.5	29.3	0	0.2	29.1	187.8	107.8	78.7	1.4	93.3	14.5				
2.725	1.492	-56.83	11628.5	348.9	-670.2	30	0	0.2	29.8	188.5	108.5	78.7	1.4	93.6	14.9				
2.913	1.591	-56.821	11639.5	355.1	-670.1	30.5	0	0.3	30.2	189	109	78.7	1.4	93.9	15.1				
3.1	1.69	-56.819	11651.2	361.4	-670.1	31	0	0.3	30.7	189.5	109.5	78.7	1.4	94.1	15.4				
3.321	1.807	-56.821	11665.1	366.6	-670.1	31.4	0	0.3	31.1	189.9	109.9	78.7	1.4	94.3	15.6				
3.508	1.906	-56.816	11676.5	368.8	-670.1	31.6	0	0.3	31.3	190	110	78.7	1.4	94.4	15.6				
3.703	2.009	-56.813	11688.6	371.6	-670	31.8	0	0.3	31.5	190.2	110.2	78.7	1.4	94.5	15.7				
3.902	2.064	-56.813	11701.1	375.6	-670	32.1	0	0.3	31.8	190.5	110.5	78.7	1.4	94.6	15.9				
4.305	2.277	-56.81	11726.4	381.3	-670	32.5	0	0.4	32.1	190.9	110.9	78.7	1.4	94.8	16.1				
4.688	2.479	-56.807	11750.6	386	-669.9	32.8	0	0.4	32.4	191.2	111.2	78.7	1.4	95	16.2				
5.119	2.707	-56.813	11778.5	390.9	-670	33.2	0	0.4	32.7	191.5	111.5	78.7	1.4	95.1	16.4				
5.524	2.922	-56.814	11804.6	397.6	-670	33.7	0	0.5	33.2	192	111.9	78.7	1.4	95.3	16.6				

5.918	3.13	-56.817	11830.2	401.6	-670.1	33.9	0	0.5	33.4	192.2	112.2	78.7	1.4	95.5	16.7
6.316	3.34	-56.834	11857.2	401.5	-670.3	33.9	0	0.5	33.3	192.1	112.1	78.7	1.4	95.4	16.7
6.72	3.554	-56.877	11886.7	401.2	-670.8	33.8	0	0.6	33.2	191.9	111.9	78.7	1.4	95.3	16.6
7.121	3.766	-57.237	11940.2	403.8	-675	33.8	0	0.6	33.2	192	112	78.7	1.4	95.3	16.6
7.53	3.982	-57.73	12004.6	407	-680.8	33.9	0	0.6	33.3	192	112	78.7	1.4	95.4	16.6
8.313	4.396	-59.718	12208.5	409.7	-704.3	33.6	0	0.7	32.9	191.6	111.6	78.7	1.4	95.2	16.4
9.523	5.036	-65.83	12761.1	401.1	-776.4	31.4	0	0.8	30.6	189.4	109.4	78.7	1.4	94.1	15.3
10.712	5.665	-72.974	13399.5	399	-860.6	29.8	0	0.9	28.9	187.6	107.6	78.7	1.4	93.2	14.4
11.912	6.3	-81.139	14127	394.1	-956.9	27.9	0	1	26.9	185.7	105.7	78.7	1.3	92.2	13.5
13.132	6.945	-88.204	14779.7	394.7	-1040.2	26.7	0	1.1	25.7	184.4	104.4	78.7	1.3	91.6	12.8
14.321	7.574	-92.532	15222.4	385.4	-1091.3	25.3	0	1.1	24.2	182.9	102.9	78.7	1.3	90.8	12.1
15.536	8.217	-94.609	15494.3	384.6	-1115.8	24.8	0	1.2	23.6	182.4	102.4	78.7	1.3	90.6	11.8
16.724	8.845	-96.289	15735.7	369.7	-1135.6	23.5	0	1.3	22.2	181	101	78.7	1.3	89.9	11.1

Bragança, 18 de Fevereiro de 2020

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		<b>Ensaio de Compressão Triaxial - Consolidado Drenado</b>	
		Norma de Referência: ASTM D 7181_2011	
<b>Cliente:</b> Rafael Palmeira		<b>Tipo de Solo:</b>	Areia - Siltosa
		<b>Data da Colheita:</b>	19/11/2019
		<b>Obra:</b>	Tese Mestrado
		<b>Local:</b>	Bragança

<b>Tipo de Amostra:</b>	Reconstituída	<b>Tensão horizontal total <math>\sigma_3</math> (kPa):</b>	237.5
<b>Nº da Amostra:</b>	2	<b>Tensão neutra inicial <math>u_0</math> (kPa):</b>	83.5
<b>Diâmetro (mm):</b>	70	<b>Tensão de consolidação (kPa):</b>	154
<b>Altura (mm):</b>	137	<b>Velocidade de ensaio (mm/min):</b>	0.1398

$\Delta L$ mm	$\epsilon$ %	$\epsilon V$ %	$A_s$ mm <sup>2</sup>	P N	$\Delta V$ mL	$(\sigma_1 - \sigma_3)_m$ kPa	$\sigma_{dr}$ kPa	$\sigma_{mb}$ kPa	$(\sigma_1 - \sigma_3)_c$ kPa	$\sigma_1$ kPa	$\sigma_1''$ kPa	$\sigma_3''$ kPa	$\sigma_1''/\sigma_3''$	S''	t''
0.004	0.003	-17.222	5136.980	4.8	-104.6	0.9	0	0	0.9	238.4	154.9	154	1	154.5	0.5
0.046	0.033	-17.223	5138.550	44.8	-104.7	8.7	0	0	8.7	246.2	162.7	154	1.1	158.4	4.4
0.063	0.045	-17.222	5139.170	76.3	-104.6	14.8	0	0	14.8	252.3	168.8	154	1.1	161.4	7.4
0.088	0.063	-17.223	5140.100	101.5	-104.6	19.8	0	0	19.7	257.2	173.7	154	1.1	163.9	9.9
0.103	0.074	-17.224	5140.690	127.2	-104.7	24.7	0	0	24.7	262.2	178.7	154	1.2	166.4	12.4
0.11	0.078	-17.224	5140.930	147.2	-104.7	28.6	0	0	28.6	266.1	182.6	154	1.2	168.3	14.3
0.123	0.088	-17.224	5141.460	166.6	-104.7	32.4	0	0	32.4	269.9	186.4	154	1.2	170.2	16.2
0.141	0.101	-17.225	5142.130	183.6	-104.7	35.7	0	0	35.7	273.2	189.7	154	1.2	171.8	17.8
0.143	0.142	-17.223	5136.910	203.6	-104.6	39.6	0	0	39.6	277.1	193.6	154	1.3	173.8	19.8
0.162	0.156	-17.224	5137.680	217.8	-104.7	42.4	0	0	42.4	279.9	196.4	154	1.3	175.2	21.2
0.197	0.181	-17.224	5138.980	231.7	-104.7	45.1	0	0	45.1	282.6	199.1	154	1.3	176.5	22.5
0.214	0.193	-17.225	5139.650	242.5	-104.7	47.2	0	0	47.2	284.6	201.2	154	1.3	177.6	23.6
0.223	0.2	-17.222	5139.850	250.9	-104.6	48.8	0	0	48.8	286.3	202.8	154	1.3	178.4	24.4
0.244	0.214	-17.221	5140.570	254	-104.6	49.4	0	0	49.4	286.9	203.4	154	1.3	178.7	24.7
0.264	0.229	-17.223	5141.380	246.7	-104.7	48	0	0	48	285.4	202	154	1.3	178	24
0.296	0.252	-17.223	5142.590	234.9	-104.7	45.7	0	0	45.7	283.1	199.7	154	1.3	176.8	22.8
0.315	0.265	-17.225	5143.330	224.6	-104.7	43.7	0	0	43.6	281.1	197.6	154	1.3	175.8	21.8
0.338	0.282	-17.222	5144.080	219.5	-104.6	42.7	0	0	42.6	280.1	196.6	154	1.3	175.3	21.3
0.352	0.292	-17.223	5144.63	216.1	-104.7	42	0	0	42	279.5	196	154	1.3	175	21
0.368	0.303	-17.224	5145.26	215.9	-104.7	42	0	0	41.9	279.4	195.9	154	1.3	175	21
0.457	0.326	-17.223	5149.64	226.9	-104.7	44.1	0	0	44	281.5	198	154	1.3	176	22
0.551	0.394	-17.222	5153.11	237.5	-104.6	46.1	0	0.1	46	283.5	200	154	1.3	177	23
0.661	0.472	-17.223	5157.2	248.2	-104.7	48.1	0	0.1	48.1	285.5	202.1	154	1.3	178	24
0.75	0.536	-17.221	5160.41	258.2	-104.6	50	0	0.1	50	287.4	204	154	1.3	179	25
0.858	0.614	-17.224	5164.56	267.2	-104.7	51.7	0	0.1	51.6	289.1	205.6	154	1.3	179.8	25.8
0.95	0.679	-17.221	5167.84	274.3	-104.6	53.1	0	0.1	53	290.5	207	154	1.3	180.5	26.5
1.064	0.760	-17.222	5172.12	282.3	-104.6	54.6	0	0.1	54.5	291.9	208.5	154	1.4	181.2	27.2
1.147	0.820	-17.223	5175.25	289.3	-104.6	55.9	0	0.1	55.8	293.3	209.8	154	1.4	181.9	27.9
1.25	0.893	-17.22	5178.98	296.1	-104.6	57.2	0	0.1	57	294.5	211	154	1.4	182.5	28.5
1.35	0.965	-17.222	5182.78	302.4	-104.6	58.4	0	0.2	58.2	295.7	212.2	154	1.4	183.1	29.1
1.431	1.023	-17.22	5185.74	307.4	-104.6	59.3	0	0.2	59.1	296.6	213.1	154	1.4	183.6	29.6
1.562	1.117	-17.221	5190.71	312.2	-104.6	60.1	0	0.2	60	297.5	214	154	1.4	184	30
1.646	1.177	-17.219	5193.77	317.3	-104.6	61.1	0	0.2	60.9	298.4	214.9	154	1.4	184.5	30.5
1.749	1.251	-17.221	5197.71	321.9	-104.6	61.9	0	0.2	61.7	299.2	215.7	154	1.4	184.9	30.9
1.857	1.328	-17.22	5201.78	326.2	-104.6	62.7	0	0.2	62.5	300	216.5	154	1.4	185.2	31.2
1.946	1.391	-17.221	5205.15	329.5	-104.6	63.3	0	0.2	63.1	300.6	217.1	154	1.4	185.5	31.5
2.146	1.535	-17.221	5212.73	336.5	-104.6	64.6	0	0.3	64.3	301.8	218.3	154	1.4	186.2	32.2
2.35	1.680	-17.22	5220.4	342.8	-104.6	65.7	0	0.3	65.4	302.9	219.4	154	1.4	186.7	32.7
2.552	1.825	-17.22	5228.05	347.8	-104.6	66.5	0	0.3	66.2	303.7	220.2	154	1.4	187.1	33.1
2.745	1.963	-17.22	5235.45	353.1	-104.6	67.4	0	0.3	67.1	304.6	221.1	154	1.4	187.6	33.6
2.957	2.115	-17.219	5243.49	356.3	-104.6	68	0	0.4	67.6	305.1	221.6	154	1.4	187.8	33.8
3.156	2.257	-17.22	5251.17	359.8	-104.6	68.5	0	0.4	68.1	305.6	222.1	154	1.4	188.1	34.1
3.353	2.398	-17.217	5258.62	362.6	-104.6	69	0	0.4	68.6	306	222.6	154	1.4	188.3	34.3
3.537	2.530	-17.219	5265.81	364	-104.6	69.1	0	0.4	68.7	306.2	222.7	154	1.4	188.4	34.4
3.736	2.673	-17.107	5268.46	367.1	-103.9	69.7	0	0.4	69.2	306.7	223.2	154	1.4	188.6	34.6
3.953	2.828	-17.121	5277.53	369.5	-104	70	0	0.5	69.6	307	223.6	154	1.5	188.8	34.8
4.353	3.114	-17.121	5293.08	376.3	-104	71.1	0	0.5	70.6	308.1	224.6	154	1.5	189.3	35.3
4.751	3.398	-17.127	5308.96	381.4	-104.1	71.9	0	0.6	71.3	308.8	225.3	154	1.5	189.6	35.6
5.145	3.680	-17.135	5324.84	384.5	-104.1	72.2	0	0.6	71.6	309.1	225.6	154	1.5	189.8	35.8

5.541	3.964	-17.134	5340.52	387.1	-104.1	72.5	0	0.6	71.8	309.3	225.8	154	1.5	189.9	35.9
5.936	4.246	-17.139	5356.47	389.6	-104.1	72.7	0	0.7	72.1	309.5	226.1	154	1.5	190	36
6.344	4.538	-17.137	5372.76	391.9	-104.1	72.9	0	0.7	72.2	309.7	226.2	154	1.5	190.1	36.1
6.733	4.817	-17.135	5388.35	395.2	-104.1	73.3	0	0.8	72.6	310.1	226.6	154	1.5	190.3	36.3
7.144	5.111	-17.132	5404.9	397.8	-104.1	73.6	0	0.8	72.8	310.3	226.8	154	1.5	190.4	36.4
7.54	5.394	-17.132	5421.08	399.7	-104.1	73.7	0	0.8	72.9	310.4	226.9	154	1.5	190.4	36.4
8.327	5.957	-17.133	5453.56	403.3	-104.1	73.9	0	0.9	73	310.5	227	154	1.5	190.5	36.5
9.54	6.825	-17.132	5504.26	408.7	-104.1	74.2	0	1	73.2	310.7	227.2	154	1.5	190.6	36.6
10.736	7.680	-17.132	5555.21	414.7	-104.1	74.7	0	1.1	73.5	311	227.5	154	1.5	190.8	36.8
11.935	8.539	-17.127	5607.05	419.7	-104.1	74.9	0	1.2	73.6	311.1	227.6	154	1.5	190.8	36.8
13.128	9.392	-17.095	5658.27	421.8	-103.9	74.5	0	1.3	73.2	310.7	227.2	154	1.5	190.6	36.6
14.325	10.249	-17.091	5712.03	423.9	-103.8	74.2	0	1.4	72.8	310.3	226.8	154	1.5	190.4	36.4
15.531	11.112	-17.091	5767.42	424.4	-103.8	73.6	0	1.5	72.1	309.6	226.1	154	1.5	190	36
16.753	11.986	-17.089	5824.57	418.8	-103.8	71.9	0	1.6	70.3	307.8	224.3	154	1.5	189.2	35.2
17.941	12.836	-17.088	5881.26	414.2	-103.8	70.4	0	1.6	68.8	306.3	222.8	154	1.4	188.4	34.4
19.15	13.701	-17.09	5940.28	408.8	-103.8	68.8	0	1.7	67.1	304.6	221.1	154	1.4	187.6	33.6
20.366	14.571	-17.089	6000.67	407.2	-103.8	67.9	0	1.8	66.1	303.6	220.1	154	1.4	187	33

Bragança, 14 de Fevereiro de 2020



INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

### Ensaio de Compressão Triaxial - Consolidado Drenado

Norma de Referência: ASTM D 7181\_2011

Tipo de Solo: Areia - Silteosa

Data da Colheita: 19/11/2019

Obra: Tese Mestrado

Local: Bragança

Cliente: Rafael Palmeira

Tipo de Amostra:	Reconstituída	Tensão horizontal total $\sigma_3$ (kPa):	344.5
Nº da Amostra:	3	Tensão neutra inicial $u_0$ (kPa):	97.4
Diâmetro (mm):	70	Tensão de consolidação (kPa):	247.1
Altura (mm):	138	Velocidade de ensaio (mm/min):	0.0864

$\Delta L$ mm	$\epsilon$ %	$\epsilon_v$ %	$A_s$ mm <sup>2</sup>	P N	$\Delta V$ mL	$(\sigma_1 - \sigma_3)_m$ kPa	$\sigma_{dr}$ kPa	$\sigma_{mb}$ kPa	$(\sigma_1 - \sigma_3)_c$ kPa	$\sigma_1$ kPa	$\sigma_1''$ kPa	$\sigma_3''$ kPa	$\sigma_1''/\sigma_3''$	S''	t''
0.003	0.001	-87.822	41260.6	12.9	-3564.2	0.3	0	0	0.3	344.8	253.4	253.1	1.0	253.2	0.2
0.01	0.002	-87.835	41264	40.3	-3564.7	1	0	0	1	345.5	254	253.1	1.0	253.6	0.5
0.027	0.006	-87.847	41268.4	60.9	-3565.2	1.5	0	0	1.5	346	254.5	253.1	1.0	253.8	0.7
0.053	0.012	-87.858	41273.1	82.3	-3565.6	2	0	0	2	346.5	255.1	253.1	1.0	254.1	1
0.071	0.016	-87.867	41276.8	99.2	-3566	2.4	0	0	2.4	346.9	255.5	253.1	1.0	254.3	1.2
0.084	0.019	-87.871	41279	120.2	-3566.2	2.9	0	0	2.9	347.4	256	253.1	1.0	254.5	1.5
0.095	0.022	-87.879	41281.6	135.6	-3566.5	3.3	0	0	3.3	347.8	256.4	253.1	1.0	254.7	1.6
0.122	0.028	-87.887	41286	150.2	-3566.8	3.6	0	0	3.6	348.1	256.7	253.1	1.0	254.9	1.8
0.141	0.032	-87.896	41289.8	165.9	-3567.2	4	0	0	4	348.5	257.1	253.1	1.0	255.1	2
0.17	0.039	-87.902	41293.8	176.5	-3567.4	4.3	0	0	4.3	348.8	257.3	253.1	1.0	255.2	2.1
0.189	0.043	-87.907	41296.6	186.8	-3567.6	4.5	0	0	4.5	349	257.6	253.1	1.0	255.3	2.3
0.206	0.047	-87.912	41299.5	193.3	-3567.8	4.7	0	0	4.7	349.2	257.7	253.1	1.0	255.4	2.3
0.23	0.052	-87.917	41302.6	193.1	-3568	4.7	0	0	4.7	349.2	257.7	253.1	1.0	255.4	2.3
0.246	0.056	-87.926	41306.2	180.5	-3568.4	4.4	0	0	4.4	348.9	257.4	253.1	1.0	255.3	2.2
0.264	0.06	-87.934	41309.7	169.1	-3568.7	4.1	0	0	4.1	348.6	257.2	253.1	1.0	255.1	2
0.277	0.063	-87.939	41312.1	163.6	-3568.9	4	0	0	3.9	348.4	257	253.1	1.0	255	2
0.295	0.067	-87.946	41315.3	160.3	-3569.2	3.9	0	0	3.9	348.4	256.9	253.1	1.0	255	1.9
0.325	0.074	-87.951	41319.2	156.9	-3569.4	3.8	0	0	3.8	348.3	256.9	253.1	1.0	255	1.9
0.361	0.082	-87.961	41324.6	150.9	-3569.8	3.7	0	0	3.6	348.1	256.7	253.1	1	254.9	1.8
0.374	0.085	-87.972	41328.5	151	-3570.3	3.7	0	0	3.6	348.1	256.7	253.1	1	254.9	1.8
0.398	0.091	-87.988	41334.1	151.9	-3570.9	3.7	0	0	3.7	348.2	256.7	253.1	1	254.9	1.8
0.496	0.113	-88.037	41354.1	159	-3572.9	3.8	0	0	3.8	348.3	256.9	253.1	1	255	1.9
0.586	0.134	-88.098	41376.1	168	-3575.4	4.1	0	0	4	348.5	257.1	253.1	1	255.1	2
0.676	0.154	-88.15	41396.2	177.3	-3577.5	4.3	0	0	4.3	348.8	257.3	253.1	1	255.2	2.1
0.776	0.177	-88.213	41419.5	184.8	-3580	4.5	0	0	4.4	348.9	257.5	253.1	1	255.3	2.2
0.881	0.201	-88.272	41442.3	192.6	-3582.4	4.6	0	0	4.6	349.1	257.7	253.1	1	255.4	2.3
0.987	0.225	-88.327	41464.4	199.9	-3584.6	4.8	0	0	4.8	349.3	257.9	253.1	1	255.5	2.4
1.106	0.252	-88.374	41392.8	206.6	-3586.6	5	0	0	5	349.5	258.1	253.1	1	255.6	2.5
1.182	0.269	-88.417	41409.4	212.8	-3588.3	5.1	0	0	5.1	349.6	258.2	253.1	1	255.6	2.6
1.289	0.294	-88.478	41433	219.3	-3590.8	5.3	0	0	5.3	349.8	258.4	253.1	1	255.7	2.6
1.387	0.316	-88.538	41455.3	222.8	-3593.2	5.4	0	0	5.4	349.9	258.4	253.1	1	255.8	2.7
1.484	0.338	-88.607	41479.7	228.2	-3596	5.5	0	0	5.5	350	258.6	253.1	1	255.8	2.7
1.585	0.361	-88.67	41503.1	233.9	-3598.6	5.6	0	0	5.6	350.1	258.7	253.1	1	255.9	2.8
1.69	0.385	-88.738	41528.1	238.7	-3601.3	5.7	0	0	5.7	350.2	258.8	253.1	1	255.9	2.9
1.782	0.406	-88.826	41556.1	243.2	-3604.9	5.9	0	0	5.8	350.3	258.9	253.1	1	256	2.9
1.89	0.431	-88.911	41585.1	246.1	-3608.4	5.9	0	0	5.9	350.4	259	253.1	1	256	2.9
1.995	0.455	-88.983	41610.8	250	-3611.3	6	0	0	6	350.5	259	253.1	1	256.1	3
2.176	0.496	-89.119	41658	257.3	-3616.8	6.2	0	0	6.1	350.6	259.2	253.1	1	256.1	3.1
2.384	0.543	-89.223	41700.8	261.5	-3621	6.3	0	0.1	6.2	350.7	259.3	253.1	1	256.2	3.1
2.587	0.59	-89.32	41741.5	267.6	-3624.9	6.4	0	0.1	6.3	350.8	259.4	253.1	1	256.2	3.2
2.789	0.636	-89.41	41780.7	272.3	-3628.6	6.5	0	0.1	6.4	350.9	259.5	253.1	1	256.3	3.2
2.981	0.679	-89.501	41819.2	275.7	-3632.3	6.6	0	0.1	6.5	351	259.6	253.1	1	256.3	3.3
3.184	0.726	-89.597	41859.8	280.9	-3636.2	6.7	0	0.1	6.6	351.1	259.7	253.1	1	256.4	3.3
3.388	0.772	-89.667	41894.7	284.8	-3639	6.8	0	0.1	6.7	351.2	259.8	253.1	1	256.4	3.4
3.592	0.819	-89.761	41935.2	288.5	-3642.8	6.9	0	0.1	6.8	351.3	259.8	253.1	1	256.5	3.4
3.785	0.863	-89.956	41997	292.8	-3650.8	7	0	0.1	6.9	351.4	259.9	253.1	1	256.5	3.4
4.18	0.953	-90.218	42113.4	302.1	-3661.4	7.2	0	0.1	7	351.5	260.1	253.1	1	256.6	3.5
4.566	1.041	-90.778	42274.8	308.8	-3684.1	7.3	0	0.2	7.2	351.7	260.2	253.1	1	256.6	3.6
4.97	1.133	-91.45	42463.1	313.6	-3711.4	7.4	0	0.2	7.2	351.7	260.3	253.1	1	256.7	3.6
5.371	1.224	-91.981	42620.3	317.4	-3733	7.4	0	0.2	7.3	351.8	260.3	253.1	1	256.7	3.6
5.773	1.316	-92.306	42732.1	322.6	-3746.1	7.6	0	0.2	7.4	351.9	260.4	253.1	1	256.7	3.7
6.165	1.405	-92.709	42860.3	328.2	-3762.5	7.7	0	0.2	7.4	351.9	260.5	253.1	1	256.8	3.7
6.58	1.5	-93.02	42970.4	331.9	-3775.1	7.7	0	0.2	7.5	352	260.6	253.1	1	256.8	3.7
6.966	1.588	-93.214	43052.2	334.3	-3783	7.8	0	0.2	7.5	352	260.6	253.1	1	256.8	3.8
7.368	1.679	-93.537	43164.3	336	-3796.1	7.8	0	0.3	7.5	352	260.6	253.1	1	256.8	3.8
8.157	1.859	-93.892	43322.5	340.5	-3810.5	7.9	0	0.3	7.6	352.1	260.6	253.1	1	256.9	3.8
9.367	2.135	-94.267	43528.4	347.1	-3825.7	8	0	0.3	7.6	352.1	260.7	253.1	1	256.9	3.8
10.569	2.409	-94.392	43678.6	347.5	-3830.8	8	0	0.4	7.6	352.1	260.6	253.1	1	256.9	3.8
11.775	2.684	-94.508	43827.9	351.8	-3835.5	8	0	0.4	7.6	352.1	260.7	253.1	1	256.9	3.8
12.961	2.954	-94.653	43982.4	350.9	-3841.4	8	0	0.5	7.5	352	260.6	253.1	1	256.8	3.8
14.187	3.234	-94.741	44129.1	355	-3845	8	0	0.5	7.5	352	260.6	253.1	1	256.8	3.8
15.376	3.505	-94.828	44272.7	355.9	-3848.5	8	0	0.6	7.5	352	260.6	253.1	1	256.8	3.7
16.581	3.78	-94.879	44410.5	361.6	-3850.6	8.1	0	0.6	7.5	352	260.6	253.1	1	256.8	3.8
17.775	4.052	-94.915	44544.4	360.9	-3852	8.1	0	0.6	7.5	352	260.5	253.1	1	256.8	3.7
18.991	4.329	-94.964	44684.4	362.2	-3854	8.1	0	0.7	7.4	351.9	260.5	253.1	1	256.8	3.7
20.202	4.605	-94.974	44815.6	357.6	-3854.4	8	0	0.7	7.3	351.8	260.3	253.1	1	256.7	3.6


 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		<b>Ensaio de Compressão Triaxial - Consolidado Drenado</b>	
		Norma de Referência: ASTM D 7181_2011	
<b>Cliente:</b>		<b>Tipo de Solo:</b>	
		Areia - Silteosa	
		<b>Data da Colheita:</b>	
		19/11/2019	
		<b>Obra:</b>	
		Tese Mestrado	
		<b>Local:</b>	
		Bragança	

<b>Tipo de Amostra:</b>	Indeformada	<b>Tensão horizontal total <math>\sigma_3</math> (kPa):</b>	189.1
<b>Nº da Amostra:</b>	1	<b>Tensão neutra inicial <math>u_0</math> (kPa):</b>	164.4
<b>Diâmetro (mm):</b>	70	<b>Tensão de consolidação (kPa):</b>	24.7
<b>Altura (mm):</b>	140	<b>Velocidade de ensaio (mm/min):</b>	0.0017

$\Delta L$ mm	$\epsilon$ %	$\epsilon V$ %	$A_s$ mm <sup>2</sup>	$P$ N	$\Delta V$ mL	$(\sigma_1 - \sigma_3)_m$ kPa	$\sigma_{dr}$ kPa	$\sigma_{mb}$ kPa	$(\sigma_1 - \sigma_3)_c$ kPa	$\sigma_1$ kPa	$\sigma_1''$ kPa	$\sigma_3''$ kPa	$\sigma_1''/\sigma_3''$	S''	t''
0.003	0.002	39.696	1882.02	4.9	153.2	2.6	0	0	2.6	191.7	27.4	24.8	1.1	26.1	1.3
0.017	0.013	39.704	1881.98	15.4	153.3	8.2	0	0	8.2	197.3	33	24.8	1.3	28.9	4.1
0.04	0.031	39.718	1881.89	38	153.3	20.2	0	0	20.2	209.3	45	24.8	1.8	34.9	10.1
0.054	0.042	39.741	1881.38	54.9	153.4	29.2	0	0	29.2	218.3	53.9	24.8	2.2	39.3	14.6
0.075	0.059	39.755	1881.26	71.7	153.4	38.1	0	0	38.1	227.2	62.9	24.8	2.5	43.8	19.1
0.096	0.076	39.779	1880.81	86.6	153.5	46.1	0	0	46	235.2	70.8	24.8	2.9	47.8	23
0.115	0.091	39.783	1880.98	102.2	153.6	54.3	0	0	54.3	243.4	79	24.8	3.2	51.9	27.1
0.129	0.102	39.794	1880.83	119.2	153.6	63.4	0	0	63.4	252.5	88.1	24.8	3.6	56.4	31.7
0.147	0.116	39.842	1879.58	133.3	153.8	70.9	0	0	70.9	260	95.6	24.8	3.9	60.2	35.4
0.17	0.134	39.89	1878.45	146.6	154	78	0	0	78	267.1	102.8	24.8	4.2	63.8	39
0.189	0.149	39.948	1876.92	160.5	154.2	85.5	0	0	85.5	274.6	110.2	24.8	4.5	67.5	42.7
0.202	0.159	39.983	1875.99	172.9	154.3	92.1	0	0	92.1	281.2	116.9	24.8	4.7	70.8	46.1
0.219	0.173	40.047	1874.26	182.5	154.6	97.4	0	0	97.3	286.5	122.1	24.8	4.9	73.4	48.7
0.251	0.198	40.102	1873.01	194.6	154.8	103.9	0	0	103.9	293	128.6	24.8	5.2	76.7	51.9
0.255	0.201	40.133	1868.39	202.1	154.9	108.1	0	0	108.1	297.3	132.9	24.8	5.4	78.8	54.1
0.271	0.214	40.195	1866.69	206.7	155.1	110.7	0	0	110.7	299.9	135.5	24.8	5.5	80.1	55.4
0.294	0.232	40.235	1865.8	209.1	155.3	112.1	0	0	112.1	301.2	136.8	24.8	5.5	80.8	56
0.314	0.248	40.29	1864.35	209.8	155.5	112.6	0	0	112.5	301.7	137.3	24.8	5.5	81	56.3
0.336	0.265	40.328	1863.49	207.6	155.7	111.4	0	0	111.4	300.5	136.1	24.8	5.5	80.5	55.7
0.346	0.273	40.392	1861.65	199.5	155.9	107.2	0	0	107.2	296.3	131.9	24.8	5.3	78.3	53.6
0.412	0.325	40.728	1853.03	170.8	157.2	92.2	0	0	92.2	281.3	116.9	24.8	4.7	70.8	46.1
0.522	0.412	40.906	1849.07	170.2	157.9	92.1	0	0	92	281.1	116.8	24.8	4.7	70.8	46
0.601	0.474	41.081	1844.75	173.3	158.6	93.9	0	0.1	93.9	283	118.6	24.8	4.8	71.7	46.9
0.71	0.56	41.328	1838.58	178	159.5	96.8	0	0.1	96.7	285.8	121.5	24.8	4.9	73.1	48.4
0.816	0.643	41.53	1833.81	183.8	160.3	100.2	0	0.1	100.2	289.3	124.9	24.8	5	74.8	50.1
0.901	0.71	41.759	1827.87	189.8	161.2	103.8	0	0.1	103.7	292.9	128.5	24.8	5.2	76.6	51.9
1.011	0.797	41.982	1822.44	196.1	162	107.6	0	0.1	107.5	296.6	132.3	24.8	5.3	78.5	53.8
1.101	0.868	42.25	1815.32	202	163.1	111.3	0	0.1	111.1	300.3	135.9	24.8	5.5	80.3	55.6
1.21	0.954	42.395	1812.33	208.2	163.6	114.9	0	0.1	114.7	303.9	139.5	24.8	5.6	82.1	57.4
1.313	1.035	42.623	1806.64	212.9	164.5	117.8	0	0.2	117.7	306.8	142.4	24.8	5.8	83.6	58.8
1.415	1.116	42.716	1805.18	220.1	164.9	121.9	0	0.2	121.8	310.9	146.5	24.8	5.9	85.6	60.9
1.507	1.189	42.865	1801.82	226.4	165.5	125.6	0	0.2	125.5	314.6	150.2	24.8	6.1	87.5	62.7
1.599	1.261	43.002	1798.82	232.5	166	129.3	0	0.2	129.1	318.2	153.8	24.8	6.2	89.3	64.5
1.703	1.343	43.081	1797.8	239.5	166.3	133.2	0	0.2	133	322.1	157.8	24.8	6.4	91.3	66.5
1.8	1.42	43.15	1797.03	246.3	166.6	137.1	0	0.2	136.9	326	161.6	24.8	6.5	93.2	68.4
1.909	1.506	43.211	1796.65	252.7	166.8	140.7	0	0.2	140.4	329.5	165.2	24.8	6.7	95	70.2
2.104	1.66	43.328	1795.77	264	167.2	147	0	0.3	146.7	335.8	171.5	24.8	6.9	98.1	73.4
2.304	1.817	43.419	1795.76	276	167.6	153.7	0	0.3	153.4	342.5	178.2	24.8	7.2	101.5	76.7
2.497	1.969	43.444	1797.74	286.2	167.7	159.2	0	0.3	158.9	348	183.6	24.8	7.4	104.2	79.4
2.697	2.127	43.435	1800.91	296.4	167.7	164.6	0	0.3	164.2	353.4	189	24.8	7.6	106.9	82.1
2.92	2.303	43.452	1803.61	306.5	167.7	169.9	0	0.4	169.6	358.7	194.3	24.8	7.8	109.5	84.8
3.096	2.442	43.458	1806	314.7	167.7	174.2	0	0.4	173.9	363	198.6	24.8	8	111.7	86.9
3.305	2.607	43.465	1808.8	324	167.8	179.1	0	0.4	178.7	367.8	203.4	24.8	8.2	114.1	89.3
3.514	2.772	43.468	1811.79	329.6	167.8	181.9	0	0.4	181.5	370.6	206.2	24.8	8.3	115.5	90.7
3.701	2.919	43.47	1814.46	335.3	167.8	184.8	0	0.5	184.3	373.4	209.1	24.8	8.4	116.9	92.2
3.905	3.081	43.488	1816.9	340.2	167.9	187.2	0	0.5	186.7	375.8	211.5	24.8	8.5	118.1	93.4
4.298	3.39	43.514	1821.86	348.2	168	191.1	0	0.5	190.6	379.7	215.4	24.8	8.7	120.1	95.3
4.696	3.705	43.513	1827.84	355.7	168	194.6	0	0.6	194	383.2	218.8	24.8	8.8	121.8	97
5.106	4.027	43.511	1834.06	364	167.9	198.5	0	0.6	197.8	386.9	222.6	24.8	9	123.7	98.9
5.511	4.347	43.343	1845.65	369.2	167.3	200	0	0.7	199.4	388.5	224.1	24.8	9.1	124.4	99.7
5.911	4.663	42.024	1894.84	367.2	162.2	193.8	0	0.7	193.1	382.2	217.8	24.8	8.8	121.3	96.5
6.302	4.972	41.19	1928.36	364.5	159	189	0	0.8	188.3	377.4	213	24.8	8.6	118.9	94.1
6.705	5.289	40.236	1966.19	364	155.3	185.1	0	0.8	184.3	373.4	209.1	24.8	8.4	116.9	92.2
7.103	5.603	39.465	1998.18	365.4	152.3	182.9	0	0.9	182	371.1	206.8	24.8	8.4	115.8	91

7.508	5.923	38.817	2026.41	370.2	149.8	182.7	0	0.9	181.8	370.9	206.5	24.8	8.3	115.6	90.9
8.3	6.548	37.232	2092.79	376.4	143.7	179.8	0	1	178.9	368	203.6	24.8	8.2	114.2	89.4
9.49	7.486	35.471	2173.3	378.5	136.9	174.1	0	1.1	173	362.2	197.8	24.8	8	111.3	86.5
10.699	8.44	34.269	2236.8	388.5	132.3	173.7	0	1.2	172.5	361.6	197.2	24.8	8	111	86.2
11.899	9.387	32.169	2332.32	388.7	124.2	166.7	0	1.3	165.4	354.5	190.1	24.8	7.7	107.4	82.7
13.114	10.345	30.803	2404.67	397.8	118.9	165.4	0	1.4	164	353.1	188.8	24.8	7.6	106.8	82
14.303	11.283	29.235	2485.16	396.6	112.8	159.6	0	1.5	158.1	347.2	182.9	24.8	7.4	103.8	79
15.509	12.234	27.64	2568.64	410	106.7	159.6	0	1.6	158	347.1	182.8	24.8	7.4	103.8	79
16.723	13.192	25.689	2666.97	418.4	99.2	156.9	0	1.7	155.2	344.3	180	24.8	7.3	102.4	77.6
17.91	14.128	22.68	2805.14	427.3	87.5	152.3	0	1.7	150.6	339.7	175.3	24.8	7.1	100	75.3
19.128	15.089	20.524	2915.93	435.7	79.2	149.4	0	1.8	147.6	336.7	172.4	24.8	7	98.6	73.8
20.323	16.032	18.367	3028.65	444.7	70.9	146.8	0	1.8	145	334.1	169.7	24.8	6.9	97.2	72.5
21.536	16.989	15.693	3163.86	452.2	60.6	142.9	0	1.9	141	330.2	165.8	24.8	6.7	95.3	70.5
22.737	17.936	13.683	3276.58	457.6	52.8	139.6	0	1.9	137.7	326.8	162.5	24.8	6.6	93.6	68.9

Bragança, 24 de Fevereiro de 2020


 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		<b>Ensaio de Compressão Triaxial - Consolidado Drenado</b>	
		Norma de Referência: ASTM D 7181_2011	
		<b>Tipo de Solo:</b>	Areia - Siltosa
		<b>Data da Colheita:</b>	19/11/2019
<b>Cliente:</b>	Rafael Palmeira	<b>Obra:</b>	Tese Mestrado
		<b>Local:</b>	Bragança

<b>Tipo de Amostra:</b>	Indeformada	<b>Tensão horizontal total <math>\sigma_3</math> (kPa):</b>	331.2
<b>Nº da Amostra:</b>	2	<b>Tensão neutra inicial <math>u_0</math> (kPa):</b>	226.2
<b>Diâmetro (mm):</b>	140	<b>Tensão de consolidação (kPa):</b>	105
<b>Altura (mm):</b>	70	<b>Velocidade de ensaio (mm/min):</b>	0.0084

$\Delta L$ mm	$\epsilon$ %	$\epsilon V$ %	$A_s$ mm <sup>2</sup>	$P$ N	$\Delta V$ mL	$(\sigma_1 - \sigma_3)_m$ kPa	$\sigma_{dr}$ kPa	$\sigma_{mb}$ kPa	$(\sigma_1 - \sigma_3)_c$ kPa	$\sigma_1$ kPa	$\sigma_1''$ kPa	$\sigma_3''$ kPa	$\sigma_1''/\sigma_3''$	$S''$	$t''$
0.005	0.004	365.98	-4876.550	0.9	423.1	-0.2	0	0	-0.2	331	104.8	105	1	104.9	-0.1
0.014	0.013	365.98	-4877.020	3.6	423.1	-0.7	0	0	-0.7	330.4	104.2	105	1	104.6	-0.4
0.032	0.031	365.98	-4877.800	6	423.1	-1.2	0	0	-1.2	329.9	103.7	105	1	104.4	-0.6
0.063	0.061	365.98	-4879.300	8.1	423.1	-1.7	0	0	-1.7	329.5	103.3	105	1	104.1	-0.8
0.09	0.087	365.97	-4880.460	10.4	423.1	-2.1	0	0	-2.1	329	102.8	105	1	103.9	-1.1
0.107	0.103	365.97	-4881.180	13.4	423.1	-2.7	0	0	-2.8	328.4	102.2	105	1	103.6	-1.4
0.13	0.126	365.99	-4882.530	22.7	423.1	-4.6	0	0	-4.7	326.5	100.3	105	1	102.6	-2.3
0.142	0.137	365.98	-4882.940	34.7	423.1	-7.1	0	0	-7.1	324	97.8	105	0.9	101.4	-3.6
0.163	0.157	365.97	-4883.900	59.1	423.1	-12.1	0	0	-12.1	319	92.8	105	0.9	98.9	-6.1
0.193	0.187	365.98	-4885.440	79.4	423.1	-16.3	0	0	-16.3	314.9	88.7	105	0.8	96.8	-8.1
0.21	0.203	365.98	-4886.300	99.7	423.1	-20.4	0	0	-20.4	310.7	84.5	105	0.8	94.7	-10.2
0.231	0.224	365.98	-4887.280	121.1	423.1	-24.8	0	0	-24.8	306.3	80.1	105	0.8	92.6	-12.4
0.243	0.235	365.97	-4887.600	138.1	423.1	-28.2	0	0	-28.3	302.9	76.7	105	0.7	90.8	-14.1
0.257	0.248	365.97	-4888.350	155	423.1	-31.7	0	0	-31.7	299.4	73.2	105	0.7	89.1	-15.9
0.272	0.263	365.97	-4889.000	170.2	423.1	-34.8	0	0	-34.9	296.3	70.1	105	0.7	87.5	-17.4
0.309	0.299	365.98	-4890.980	188.3	423.1	-38.5	0	0.1	-38.5	292.6	66.4	105	0.6	85.7	-19.3
0.313	0.303	365.98	-4876.520	201.5	423.1	-41.3	0	0	-41.3	289.8	63.6	105	0.6	84.3	-20.7
0.327	0.316	365.99	-4877.270	215.2	423.1	-44.1	0	0	-44.1	287.1	60.9	105	0.6	82.9	-22.1
0.337	0.326	365.98	-4877.610	228.7	423.1	-46.9	0	0	-46.9	284.3	58.1	105	0.6	81.5	-23.4
0.353	0.342	365.98	-4878.37	238.4	423.1	-48.9	0	0	-48.9	282.3	56.1	105	0.5	80.5	-24.4
0.365	0.353	365.98	-4879.01	244.1	423.1	-50	0	0	-50	281.1	54.9	105	0.5	80	-25
0.481	0.465	365.97	-4884.24	217.8	423.1	-44.6	0	0	-44.6	286.5	60.3	105	0.6	82.7	-22.3
0.574	0.556	366	-4889.15	217.9	423.2	-44.6	0	0	-44.6	286.6	60.4	105	0.6	82.7	-22.3
0.682	0.660	366.02	-4894.72	224	423.2	-45.8	0	0.1	-45.8	285.4	59.2	105	0.6	82.1	-22.9
0.774	0.749	366.11	-4900.74	231	423.3	-47.1	0	0.1	-47.2	283.9	57.7	105	0.6	81.4	-23.6
0.875	0.846	366.16	-4906.49	240.7	423.3	-49.1	0	0.1	-49.2	282	55.8	105	0.5	80.4	-24.6
0.965	0.934	366.19	-4911.37	248	423.4	-50.5	0	0.1	-50.6	280.6	54.4	105	0.5	79.7	-25.3
1.081	1.046	366.23	-4917.63	256.8	423.4	-52.2	0	0.1	-52.4	278.8	52.6	105	0.5	78.8	-26.2
1.185	1.147	366.28	-4923.57	265.2	423.5	-53.9	0	0.1	-54	277.2	51	105	0.5	78	-27
1.269	1.228	366.27	-4927.44	273.2	423.5	-55.5	0	0.2	-55.6	275.6	49.4	105	0.5	77.2	-27.8
1.374	1.330	366.33	-4933.49	280.6	423.5	-56.9	0	0.2	-57.1	274.1	47.9	105	0.5	76.4	-28.5
1.481	1.433	366.33	-4938.74	287	423.5	-58.1	0	0.2	-58.3	272.9	46.7	105	0.4	75.8	-29.2
1.571	1.520	366.39	-4944.13	294	423.6	-59.5	0	0.2	-59.7	271.5	45.3	105	0.4	75.1	-29.8
1.669	1.615	366.4	-4949.17	301.2	423.6	-60.9	0	0.2	-61.1	270.1	43.9	105	0.4	74.4	-30.5
1.785	1.727	366.42	-4955.07	308.4	423.6	-62.2	0	0.2	-62.5	268.7	42.5	105	0.4	73.7	-31.2
1.869	1.809	366.41	-4959.07	314.9	423.6	-63.5	0	0.3	-63.8	267.4	41.2	105	0.4	73.1	-31.9
1.873	1.812	366.42	-4964.21	320.2	423.6	-64.5	0	0.3	-64.8	266.4	40.2	105	0.4	72.6	-32.4
2.069	2.002	366.45	-4974.45	331.8	423.7	-66.7	0	0.3	-67	264.2	38	105	0.4	71.5	-33.5
2.275	2.201	366.48	-4985.06	341.5	423.7	-68.5	0	0.3	-68.9	262.3	36.1	105	0.3	70.5	-34.4
2.485	2.404	366.49	-4995.55	349.3	423.7	-69.9	0	0.4	-70.3	260.9	34.7	105	0.3	69.8	-35.1
2.657	2.571	366.5	-5004.26	358.5	423.7	-71.6	0	0.4	-72	259.1	32.9	105	0.3	69	-36
2.863	2.770	366.5	-5014.53	366.6	423.7	-73.1	0	0.4	-73.5	257.6	31.4	105	0.3	68.2	-36.8
3.062	2.963	366.56	-5025.68	374.5	423.8	-74.5	0	0.5	-75	256.2	30	105	0.3	67.5	-37.5
3.266	3.160	366.59	-5036.51	382.8	423.8	-76	0	0.5	-76.5	254.7	28.5	105	0.3	66.7	-38.3
3.471	3.358	366.64	-5047.6	389.8	423.9	-77.2	0	0.5	-77.8	253.4	27.2	105	0.3	66.1	-38.9
3.674	3.555	366.7	-5059.09	397.2	424	-78.5	0	0.6	-79.1	252.1	25.9	105	0.2	65.4	-39.5
3.856	3.731	366.71	-5068.61	403.3	424	-79.6	0	0.6	-80.2	251	24.8	105	0.2	64.9	-40.1
4.27	4.131	366.83	-5091.85	414.4	424.1	-81.4	0	0.6	-82	249.1	22.9	105	0.2	64	-41

4.668	4.517	366.9	-5113.68	422.4	424.2	-82.6	0	0.7	-83.3	247.9	21.7	105	0.2	63.3	-41.7
5.06	4.896	367.03	-5136.53	427.7	424.3	-83.3	0	0.8	-84	247.2	21	105	0.2	63	-42
5.454	5.278	367.08	-5158.31	435.4	424.4	-84.4	0	0.8	-85.2	245.9	19.7	105	0.2	62.4	-42.6
5.861	5.671	367.08	-5179.59	444.5	424.4	-85.8	0	0.9	-86.7	244.5	18.3	105	0.2	61.6	-43.3
6.267	6.064	367.04	-5200.47	451.3	424.4	-86.8	0	0.9	-87.7	243.5	17.3	105	0.2	61.1	-43.9
6.659	6.443	366.95	-5219.7	455	424.2	-87.2	0	1	-88.1	243	16.8	105	0.2	60.9	-44.1
7.064	6.835	366.68	-5236.4	457.3	423.9	-87.3	0	1	-88.3	242.8	16.6	105	0.2	60.8	-44.2
7.452	7.211	365.43	-5233.01	458.2	422.5	-87.6	0	1.1	-88.6	242.5	16.3	105	0.2	60.7	-44.3
8.247	7.980	361.39	-5196.28	467.7	417.8	-90	0	1.2	-91.2	240	13.8	105	0.1	59.4	-45.6
9.459	9.153	357.15	-5177.86	474.2	412.9	-91.6	0	1.3	-92.9	238.3	12.1	105	0.1	58.5	-46.4
10.653	10.308	353.08	-5161.33	481.6	408.2	-93.3	0	1.4	-94.7	236.4	10.2	105	0.1	57.6	-47.4
11.852	11.468	350.38	-5173.14	490.4	405.1	-94.8	0	1.5	-96.3	234.9	8.7	105	0.1	56.8	-48.2
13.042	12.619	348.03	-5191.83	498.9	402.4	-96.1	0	1.6	-97.7	233.5	7.3	105	0.1	56.1	-48.9
14.261	13.799	346.72	-5234.87	511.5	400.9	-97.7	0	1.7	-99.4	231.8	5.6	105	0.1	55.3	-49.7
15.45	14.949	345.14	-5271.52	525.6	399	-99.7	0	1.8	-101.5	229.7	3.5	105	0	54.2	-50.7
16.659	16.119	343.56	-5310.37	543.6	397.2	-102.4	0	1.9	-104.2	227	0.8	105	0	52.9	-52.1
17.842	17.264	340.22	-5310	557.9	393.4	-105.1	0	1.9	-107	224.2	-2	105	0	51.5	-53.5
19.044	18.427	337.11	-5315.81	561.1	389.8	-105.6	0	2	-107.5	223.7	-2.5	105	0	51.2	-53.8
20.252	19.595	332.69	-5292.34	551.5	384.6	-104.2	0	2	-106.2	225	-1.2	105	0	51.9	-53.1
21.462	20.767	325.69	-5208.73	533.9	376.5	-102.5	0	2	-104.5	226.7	0.5	105	0	52.7	-52.3

Bragança, 29 de Fevereiro de 2020


 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		<b>Ensaio de Compressão Triaxial - Consolidado Drenado</b>					
		Norma de Referência: ASTM D 7181_2011					
		<b>Tipo de Solo:</b>		Areia - Siltosa			
		<b>Data da Colheita:</b>		19/11/2019			
<b>Cliente:</b>		Rafael Palmeira		<b>Obra:</b>		Tese Mestrado	
				<b>Local:</b>		Bragança	

<b>Tipo de Amostra:</b>	Indeformada	<b>Tensão horizontal total <math>\sigma_3</math> (kPa):</b>	383.6
<b>Nº da Amostra:</b>	3	<b>Tensão neutra inicial <math>u_0</math> (kPa):</b>	94.6
<b>Diâmetro (mm):</b>	70	<b>Tensão de consolidação (kPa):</b>	289
<b>Altura (mm):</b>	140	<b>Velocidade de ensaio (mm/min):</b>	0.2477

$\Delta L$ mm	$\epsilon$ %	$\epsilon V$ %	$A_s$ mm <sup>2</sup>	$P$ N	$\Delta V$ mL	$(\sigma_1 - \sigma_3)_m$ kPa	$\sigma_{dr}$ kPa	$\sigma_{mb}$ kPa	$(\sigma_1 - \sigma_3)_c$ kPa	$\sigma_1$ kPa	$\sigma_1''$ kPa	$\sigma_3''$ kPa	$\sigma_1''/\sigma_3''$	$S''$	$t''$
0.01	0.004	-69.779	16587.8	3.6	-1243.7	0.2	0	0	0.2	383.8	289.2	289	1	289.1	0.1
0.033	0.014	-69.78	16589.5	17.9	-1243.7	1.1	0	0	1.1	384.7	290.1	289	1	289.5	0.5
0.048	0.02	-69.78	16590.5	34.5	-1243.7	2.1	0	0	2.1	385.7	291.1	289	1	290	1
0.057	0.023	-69.779	16591	47.2	-1243.7	2.8	0	0	2.8	386.5	291.8	289	1	290.4	1.4
0.078	0.031	-69.779	16592.4	60.9	-1243.7	3.7	0	0	3.7	387.3	292.7	289	1	290.8	1.8
0.101	0.041	-69.779	16593.9	75.4	-1243.7	4.5	0	0	4.5	388.2	293.5	289	1	291.3	2.3
0.122	0.049	-69.779	16595.3	88	-1243.7	5.3	0	0	5.3	388.9	294.3	289	1	291.6	2.6
0.141	0.057	-69.779	16596.6	99.7	-1243.7	6	0	0	6	389.6	295	289	1	292	3
0.16	0.065	-69.779	16597.8	111.1	-1243.7	6.7	0	0	6.7	390.3	295.7	289	1	292.3	3.3
0.174	0.07	-69.778	16598.7	124.3	-1243.6	7.5	0	0	7.5	391.1	296.5	289	1	292.7	3.7
0.192	0.077	-69.78	16600	134.5	-1243.7	8.1	0	0	8.1	391.7	297.1	289	1	293	4
0.213	0.086	-69.783	16601.8	144.4	-1243.7	8.7	0	0	8.7	392.3	297.7	289	1	293.3	4.3
0.238	0.096	-69.787	16603.9	152.4	-1243.8	9.2	0	0	9.2	392.8	298.2	289	1	293.6	4.6
0.251	0.101	-69.784	16604.5	161.8	-1243.8	9.7	0	0	9.7	393.4	298.7	289	1	293.9	4.9
0.267	0.108	-69.785	16605.6	167.1	-1243.8	10.1	0	0	10	393.7	299	289	1	294	5
0.291	0.117	-69.784	16607.1	168.8	-1243.7	10.2	0	0	10.1	393.8	299.1	289	1	294.1	5.1
0.312	0.126	-69.787	16608.8	168.5	-1243.8	10.1	0	0	10.1	393.7	299.1	289	1	294.1	5.1
0.332	0.134	-69.804	16611.9	177.1	-1244.1	10.7	0	0	10.6	394.3	299.6	289	1	294.3	5.3
0.343	0.138	-69.838	16615.9	184.3	-1244.7	11.1	0	0	11.1	394.7	300.1	289	1	294.5	5.5
0.361	0.146	-69.875	16620.8	189.9	-1245.4	11.4	0	0	11.4	395	300.4	289	1	294.7	5.7
0.381	0.154	-69.915	16626	195.1	-1246.1	11.7	0	0	11.7	395.3	300.7	289	1	294.9	5.9
0.482	0.195	-70.042	16645.3	195.9	-1248.4	11.8	0	0	11.7	395.4	300.7	289	1	294.9	5.9
0.549	0.222	-70.235	16636.2	209.9	-1251.8	12.6	0	0	12.6	396.2	301.6	289	1	295.3	6.3
0.648	0.262	-70.515	16670.1	223.8	-1256.8	13.4	0	0	13.4	397	302.4	289	1	295.7	6.7
0.747	0.302	-70.772	16702	237.9	-1261.4	14.2	0	0	14.2	397.9	303.2	289	1	296.1	7.1
0.853	0.345	-71.14	16745.2	250.8	-1267.9	15	0	0	15	398.6	304	289	1.1	296.5	7.5
0.946	0.382	-71.587	16795.2	262.5	-1275.9	15.6	0	0	15.6	399.2	304.6	289	1.1	296.8	7.8
1.053	0.425	-72.129	16855.6	274	-1285.5	16.3	0	0	16.2	399.8	305.2	289	1.1	297.1	8.1
1.134	0.458	-72.379	16885.6	283.4	-1290	16.8	0	0	16.7	400.4	305.7	289	1.1	297.4	8.4
1.225	0.495	-72.693	16922.6	293.6	-1295.6	17.4	0	0.1	17.3	400.9	306.3	289	1.1	297.6	8.6
1.341	0.542	-72.812	16942.2	303.9	-1297.7	17.9	0	0.1	17.9	401.5	306.9	289	1.1	297.9	8.9
1.449	0.585	-72.948	16962.9	313.1	-1300.1	18.5	0	0.1	18.4	402	307.4	289	1.1	298.2	9.2
1.551	0.626	-73.08	16982.9	321.4	-1302.5	18.9	0	0.1	18.8	402.5	307.8	289	1.1	298.4	9.4
1.634	0.66	-73.256	17005.9	329.2	-1305.6	19.4	0	0.1	19.3	402.9	308.3	289	1.1	298.6	9.6
1.729	0.698	-73.437	17030.3	336.7	-1308.9	19.8	0	0.1	19.7	403.3	308.7	289	1.1	298.8	9.8
1.836	0.742	-73.594	17053.1	344.7	-1311.7	20.2	0	0.1	20.1	403.7	309.1	289	1.1	299.1	10.1
2.035	0.822	-74.234	17136.8	364	-1323.1	21.2	0	0.1	21.1	404.7	310.1	289	1.1	299.6	10.6
2.243	0.906	-74.652	17192.5	377.3	-1330.5	21.9	0	0.1	21.8	405.4	310.8	289	1.1	299.9	10.9
2.439	0.985	-74.888	17229.5	387.7	-1334.7	22.5	0	0.1	22.4	406	311.4	289	1.1	300.2	11.2
2.637	1.065	-75.122	17266.4	396.9	-1338.9	23	0	0.2	22.8	406.5	311.8	289	1.1	300.4	11.4
2.834	1.144	-75.347	17302.4	406.9	-1342.9	23.5	0	0.2	23.3	407	312.3	289	1.1	300.7	11.7
3.038	1.227	-75.496	17331.7	414.9	-1345.6	23.9	0	0.2	23.7	407.4	312.7	289	1.1	300.9	11.9
3.234	1.306	-75.687	17364.3	423.4	-1349	24.4	0	0.2	24.2	407.8	313.2	289	1.1	301.1	12.1
3.437	1.388	-75.841	17394	431.4	-1351.7	24.8	0	0.2	24.6	408.2	313.6	289	1.1	301.3	12.3
3.624	1.463	-75.934	17416.5	438.4	-1353.4	25.2	0	0.2	24.9	408.6	313.9	289	1.1	301.5	12.5
3.833	1.548	-76.057	17443.6	446.7	-1355.5	25.6	0	0.2	25.4	409	314.4	289	1.1	301.7	12.7
4.229	1.708	-76.304	17496.4	459.1	-1359.9	26.2	0	0.3	26	409.6	315	289	1.1	302	13
4.626	1.868	-76.487	17543.1	469.4	-1363.2	26.8	0	0.3	26.5	410.1	315.5	289	1.1	302.2	13.2

5.033	2.032	-76.6	17583.8	477.4	-1365.2	27.1	0	0.3	26.8	410.5	315.8	289	1.1	302.4	13.4
5.44	2.196	-76.627	17616	484.5	-1365.7	27.5	0	0.4	27.2	410.8	316.2	289	1.1	302.6	13.6
5.844	2.359	-76.653	17647.9	492.1	-1366.2	27.9	0	0.4	27.5	411.1	316.5	289	1.1	302.8	13.8
6.237	2.518	-76.654	17676.7	499	-1366.2	28.2	0	0.4	27.8	411.5	316.8	289	1.1	302.9	13.9
6.623	2.674	-76.654	17704.9	506.7	-1366.2	28.6	0	0.4	28.2	411.8	317.2	289	1.1	303.1	14.1
7.025	2.836	-76.682	17737.4	514.6	-1366.7	29	0	0.5	28.6	412.2	317.6	289	1.1	303.3	14.3
7.437	3.003	-76.694	17768.9	520.9	-1366.9	29.3	0	0.5	28.8	412.5	317.8	289	1.1	303.4	14.4
8.215	3.316	-76.475	17804.4	531.2	-1363	29.8	0	0.5	29.3	412.9	318.3	289	1.1	303.7	14.7
9.416	3.801	-75.922	17837.9	549	-1353.1	30.8	0	0.6	30.2	413.8	319.2	289	1.1	304.1	15.1
10.62	4.288	-75.305	17865.5	568.6	-1342.2	31.8	0	0.7	31.1	414.8	320.1	289	1.1	304.6	15.6
11.821	4.772	-74.415	17865.2	584.5	-1326.3	32.7	0	0.7	32	415.6	321	289	1.1	305	16
13.03	5.26	-73.44	17856.7	600	-1308.9	33.6	0	0.8	32.8	416.4	321.8	289	1.1	305.4	16.4
14.219	5.74	-72.53	17853.2	607.8	-1292.7	34	0	0.9	33.2	416.8	322.2	289	1.1	305.6	16.6
15.437	6.232	-70.595	17745.4	620.5	-1258.2	35	0	0.9	34	417.7	323	289	1.1	306	17
16.633	6.715	-69.182	17689.4	628.4	-1233	35.5	0	1	34.5	418.1	323.5	289	1.1	306.3	17.3
17.828	7.197	-67.268	17580	637.2	-1198.9	36.2	0	1.1	35.2	418.8	324.2	289	1.1	306.6	17.6
19.024	7.68	-65.888	17526.1	640	-1174.3	36.5	0	1.1	35.4	419	324.4	289	1.1	306.7	17.7
20.252	8.176	-63.478	17364.5	639.9	-1131.4	36.9	0	1.2	35.7	419.3	324.7	289	1.1	306.8	17.8
21.438	8.655	-60.474	17134.7	635.8	-1077.8	37.1	0	1.2	35.9	419.5	324.9	289	1.1	306.9	17.9
22.658	9.147	-58.193	16982.5	630.3	-1037.2	37.1	0	1.3	35.8	419.4	324.8	289	1.1	306.9	17.9

Bragança, 20 de Fevereiro de 2020

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio de Compressão Triaxial - Não Consolidado não Drenado</b>		
	Norma de Referência: ASTM ASTM D 2850 - 2015		
<b>Cliente:</b>	Rafael Palmeira	<b>Tipo de Solo:</b>	Areia - Siltosa
		<b>Data da Colheita:</b>	19/11/2019
		<b>Obra:</b>	Tese Mestrado
		<b>Local:</b>	Bragança

<b>Tipo de Amostragem:</b>	Reconstituídas	<b>Tensão de confinamento 1 (kPa):</b>	75
<b>Amostras:</b>	1 ; 2 ; 3	<b>Tensão de confinamento 2 (kPa):</b>	150
<b>Diâmetro (mm):</b>	70	<b>Tensão de confinamento 3 (kPa):</b>	300
<b>Altura (mm):</b>	140	<b>Velocidade de ensaio (mm/min):</b>	0.0177

Amostra 1				Amostra 2				Amostra 3			
$\epsilon$ %	As mm <sup>2</sup>	P Newton	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	$\epsilon$ %	As mm <sup>2</sup>	P Newton	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	$\epsilon$ %	As mm <sup>2</sup>	P Newton	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa
0.0107362	3848.7507	14	3.637544	7.270706	4150.077	716	172.5269	0.009195	3848.691	0	0
0.041411	3849.9318	49	12.7275	7.281442	4150.558	716	172.5069	0.050575	3850.285	0	0
0.0690184	3850.9954	84	21.81254	7.296779	4151.245	717	172.7193	0.075096	3851.23	0	0
0.0966258	3852.0596	111	28.81575	7.322853	4152.413	716	172.4299	0.096552	3852.057	0	0
0.1296012	3853.3315	112	29.06576	7.332822	4152.859	718	172.8929	0.127969	3853.269	0	0
0.1418712	3853.8049	113	29.32167	7.33589	4152.997	717	172.6464	0.147126	3854.008	0	0
0.1702454	3854.9003	118	30.61039	7.339724	4153.169	717	172.6393	0.190038	3855.665	0	0
0.2078221	3856.3519	123	31.89543	7.346626	4153.478	718	172.8672	0.208429	3856.375	0	0
0.2315951	3857.2707	128	33.18408	7.358896	4154.028	717	172.6036	0.239847	3857.59	0	0
0.2569018	3858.2494	133	34.47159	7.374233	4154.716	719	173.0564	0.266667	3858.627	0	0
0.2883436	3859.466	137	35.49714	7.383436	4155.129	718	172.7985	0.289655	3859.517	0	0
0.3159509	3860.5349	143	37.0415	7.39954	4155.851	718	172.7684	0.321839	3860.763	0	0
0.3458589	3861.6935	148	38.32515	7.407975	4156.23	718	172.7527	0.344061	3861.624	0	0
0.3742331	3862.7934	153	39.60864	7.419479	4156.746	718	172.7312	0.370115	3862.634	0	0
0.4003067	3863.8046	158	40.89234	7.440951	4157.711	719	172.9317	0.391571	3863.466	0	0
0.4240798	3864.727	162	41.91758	7.450153	4158.124	718	172.674	0.429119	3864.923	0	0
0.452454	3865.8286	166	42.94034	7.455521	4158.365	719	172.9045	0.452107	3865.815	0	0
0.4792945	3866.8712	171	44.2218	7.467791	4158.917	719	172.8816	0.470498	3866.529	0	0
0.5092025	3868.0336	177	45.75968	7.481595	4159.537	718	172.6154	0.498851	3867.631	0	0
0.5375767	3869.1371	182	47.03891	7.494632	4160.123	720	173.0718	0.531034	3868.883	0	0
0.5590491	3869.9725	186	48.06236	7.507669	4160.71	719	172.8071	0.555556	3869.837	0	0
0.5897239	3871.1667	190	49.08081	7.523006	4161.4	720	173.0187	0.581609	3870.851	0	0
0.6280675	3872.6604	195	50.35298	7.529141	4161.676	720	173.0072	0.609195	3871.925	0	0
0.6418712	3873.1984	200	51.63691	7.532209	4161.814	719	172.7612	0.630651	3872.761	0	0
0.6740798	3849.5774	205	53.2526	7.541411	4162.228	720	172.9843	0.652874	3873.627	0	0
0.6924847	3850.2863	210	54.5414	7.558282	4162.988	720	172.9527	0.676628	3874.554	0	0
0.7223926	3851.4387	215	55.82329	7.58589	4164.232	721	173.1412	0.700383	3875.481	0	0
0.7599693	3852.8877	220	57.10003	7.592791	4164.543	720	172.8881	0.739464	3877.007	0	0
0.7860429	3853.8937	225	58.38251	7.601227	4164.923	720	172.8724	0.763218	3877.935	0	0
0.8082822	3854.7522	230	59.66661	7.613497	4165.476	721	173.0895	0.798467	3879.313	0	0
0.8412577	3856.0259	235	60.94357	7.620399	4165.787	720	172.8365	0.819157	3880.122	1	0.257724
0.8680982	3857.0632	240	62.22351	7.625	4165.995	722	173.308	0.851341	3881.381	4	1.030561
0.8949387	3858.1011	245	63.50274	7.635736	4166.479	721	173.0478	0.875862	3882.341	8	2.060612
0.916411	3858.9318	250	64.78477	7.644172	4166.859	721	173.032	0.902682	3883.392	11	2.832575
0.9440184	3860.0004	255	66.06217	7.656442	4167.413	722	173.249	0.927203	3884.353	14	3.604204
0.9777607	3861.3072	260	67.33471	7.671012	4168.071	721	172.9817	0.951724	3885.315	16	4.11807
1.0069018	3862.4366	265	68.60954	7.679448	4168.452	722	173.2058	0.980077	3886.427	20	5.146114
1.0276074	3863.2394	271	70.14838	7.693252	4169.075	721	172.94	1.00613	3887.45	25	6.43095
1.0483129	3864.0426	276	71.42778	7.700153	4169.387	723	173.4068	1.032184	3888.474	29	7.457939
1.0858896	3865.501	280	72.43563	7.714724	4170.045	722	173.1396	1.064368	3889.739	33	8.483861
1.1058282	3866.2754	285	73.71436	7.72546	4170.53	722	173.1195	1.088889	3890.703	39	10.0239
1.1395706	3867.5865	290	74.98216	7.732362	4170.842	724	173.586	1.120307	3891.939	45	11.56236
1.166411	3868.63	295	76.25438	7.744632	4171.397	723	173.3232	1.135632	3892.542	51	13.10198
1.1878834	3869.4653	299	77.27166	7.759202	4172.056	724	173.5356	1.173946	3894.052	58	14.89451
1.2170245	3870.5994	305	78.79917	7.767638	4172.437	724	173.5197	1.199234	3895.048	70	17.97154
1.2423313	3871.5848	310	80.07057	7.77454	4172.75	724	173.5067	1.230651	3896.287	78	20.01906
1.2638037	3872.4213	315	81.34445	7.787577	4173.34	725	173.7218	1.255172	3897.255	113	28.99477
1.3044479	3874.0058	319	82.34371	7.805982	4174.173	724	173.4475	1.272031	3897.92	151	38.73861
1.3358896	3875.2323	325	83.86594	7.819785	4174.798	725	173.6611	1.301149	3899.07	186	47.70368

1.3665644	3876.4297	329	84.87191	7.833589	4175.423	724	173.3956	1.318008	3848.986	216	56.11867
1.3895706	3877.3283	334	86.14179	7.842025	4175.805	725	173.6192	1.347893	3850.137	240	62.33544
1.4240798	3878.6768	339	87.40094	7.85046	4176.187	725	173.6033	1.364751	3850.787	256	66.47992
1.4532209	3879.8164	344	88.66399	7.858129	4176.535	724	173.3494	1.391571	3851.82	267	69.31787
1.4739264	3880.6265	350	90.19162	7.865798	4176.883	725	173.5744	1.412261	3852.618	278	72.15872
1.4930982	3881.3768	353	90.94711	7.880368	4177.543	724	173.3076	1.445977	3853.919	290	75.24808
1.5283742	3882.7583	359	92.46004	7.891104	4178.03	725	173.5267	1.478927	3855.191	301	78.07654
1.5513804	3883.6597	364	93.72603	7.90184	4178.517	725	173.5065	1.498084	3855.931	308	79.87694
1.5797546	3884.7721	368	94.72885	7.917945	4179.248	725	173.4762	1.523372	3856.908	315	81.67163
1.6104294	3885.9754	373	95.9862	7.929448	4179.77	726	173.6938	1.558621	3858.271	322	83.45706
1.6388037	3887.0892	377	96.98774	7.937117	4180.118	725	173.4401	1.582375	3859.191	327	84.73279
1.6771472	3888.5952	383	98.49315	7.946319	4180.536	726	173.6619	1.603831	3860.021	333	86.26896
1.6894172	3889.0774	386	99.25233	7.956288	4180.989	726	173.6431	1.633716	3861.179	339	87.79703
1.7162577	3890.1326	391	100.5107	7.967791	4181.512	726	173.6214	1.654406	3861.98	343	88.81454
1.7507669	3891.4901	396	101.7605	7.973926	4181.79	726	173.6098	1.69272	3863.466	347	89.81573
1.7822086	3892.7277	400	102.7557	7.983896	4182.243	725	173.3519	1.706513	3864.001	352	91.09729
1.8121166	3893.9058	405	104.0087	7.998466	4182.906	727	173.8026	1.728736	3864.863	356	92.11193
1.8320552	3894.6915	409	105.0147	8.010736	4183.464	726	173.5404	1.758621	3866.023	361	93.3776
1.8657975	3896.0219	413	106.0056	8.026074	4184.161	727	173.7505	1.8	3867.631	366	94.63157
1.8949387	3897.1717	417	107.0007	8.037577	4184.685	727	173.7287	1.818391	3868.346	370	95.64811
1.9240798	3898.3221	421	107.9952	8.045245	4185.034	727	173.7143	1.838314	3869.121	374	96.66278
1.9539877	3899.5035	426	109.2447	8.055215	4185.488	728	173.9343	1.864368	3870.135	378	97.67102
1.976227	3900.3825	429	109.9892	8.071319	4186.221	727	173.665	1.901149	3871.567	382	98.66806
2.0038344	3901.4741	433	110.9837	8.091258	4187.129	728	173.8662	1.927969	3872.612	386	99.67433
2.0360429	3902.7485	437	111.9724	8.107362	4187.863	728	173.8357	1.948659	3873.418	391	100.9444
2.0628834	3903.8111	442	113.2227	8.110429	4188.002	727	173.5911	1.981609	3874.703	394	101.6852
2.0881902	3904.8136	446	114.218	8.114264	4188.177	728	173.8226	2.003065	3875.541	398	102.6954
2.1180982	3905.9989	449	114.9514	8.125767	4188.702	727	173.5621	2.030651	3876.617	402	103.6986
2.1464724	3907.1241	453	115.9421	8.139571	4189.331	729	174.0135	2.065134	3877.965	406	104.6941
2.1702454	3908.0674	456	116.6817	8.152607	4189.926	728	173.7501	2.08659	3878.803	410	105.7027
2.202454	3909.3461	460	117.6667	8.158742	4190.206	728	173.7385	2.111111	3879.762	414	106.7076
2.220092	3910.0467	463	118.4129	8.169479	4190.695	729	173.9568	2.136398	3880.751	418	107.7111
2.2607362	3911.662	467	119.3866	8.177147	4191.045	728	173.7037	2.170881	3882.101	421	108.4464
2.2776074	3912.3329	471	120.3885	8.183282	4191.325	729	173.9307	2.186973	3882.732	425	109.459
2.2998466	3913.2177	474	121.1279	8.192485	4191.746	729	173.9132	2.20613	3883.482	429	110.4679
2.3320552	3914.4998	477	121.8547	8.21319	4192.691	728	173.6355	2.235249	3884.624	433	111.4651
2.3711656	3916.0577	481	122.8276	8.233896	4193.637	729	173.8348	2.260536	3885.616	437	112.4661
2.3911043	3916.8524	484	123.5686	8.245399	4194.163	728	173.5746	2.291954	3886.849	441	113.4595
2.4087423	3917.5557	487	124.3122	8.256135	4194.654	729	173.7927	2.312644	3887.661	445	114.4647
2.4378834	3918.7182	491	125.2961	8.26227	4194.934	729	173.781	2.347893	3889.046	449	115.4525
2.4785276	3920.3407	494	126.0095	8.269172	4195.25	729	173.768	2.363218	3889.648	453	116.463
2.5030675	3921.321	497	126.743	8.27684	4195.601	730	173.9918	2.392337	3890.793	457	117.4568
2.5245399	3922.1791	500	127.4802	8.294479	4196.408	729	173.72	2.417625	3891.788	460	118.1976
2.5582822	3923.5284	503	128.2009	8.308282	4197.039	730	173.9321	2.449808	3893.055	464	119.1866
2.5812883	3924.4489	506	128.9353	8.324387	4197.777	729	173.6634	2.472797	3893.961	468	120.1861
2.6150307	3925.7998	509	129.6551	8.327454	4197.917	730	173.8958	2.496552	3894.897	471	120.9275
2.642638	3926.9057	512	130.3826	8.339724	4198.479	729	173.6343	2.512644	3895.532	475	121.9346
2.6694785	3927.9815	515	131.1106	8.354294	4199.147	730	173.8448	2.561686	3897.466	479	122.9004
2.6924847	3928.9041	518	131.8434	8.358896	4199.357	730	173.8361	2.587739	3898.495	482	123.6375
2.7285276	3930.3504	521	132.5582	8.370399	4199.885	729	173.5762	2.608429	3899.312	486	124.6374
2.7507669	3931.2433	524	133.2912	8.385736	4200.588	731	174.0233	2.63908	3900.524	489	125.3678
2.773773	3932.1675	528	134.2771	8.401074	4201.291	730	173.7561	2.665134	3901.554	492	126.1036
2.8021472	3933.3078	531	135.0009	8.41181	4201.784	730	173.7357	2.693487	3902.676	495	126.8361
2.827454	3934.3254	533	135.4743	8.425613	4202.417	731	173.9475	2.709579	3903.313	498	127.5839
2.8588957	3935.5905	536	136.193	8.434816	4202.839	730	173.6921	2.743295	3904.648	501	128.3086
2.8842025	3936.6093	539	136.9199	8.446319	4203.367	731	173.9082	2.764751	3905.498	504	129.0488
2.9202454	3938.0613	545	138.393	8.455521	4203.79	730	173.6528	2.792337	3906.592	508	130.0366
2.9378834	3938.7722	545	138.368	8.469325	4204.424	731	173.8645	2.82069	3907.717	511	130.7669
2.9654908	3939.8855	548	139.0903	8.483896	4205.093	731	173.8368	2.848276	3908.812	514	131.4978
2.9930982	3940.9993	551	139.8123	8.490798	4205.41	731	173.8237	2.868966	3909.633	518	132.4932
3.0214724	3942.1448	554	140.5326	8.499233	4205.798	732	174.0454	2.899617	3910.851	522	133.4748
3.0498466	3943.291	557	141.2526	8.507669	4206.186	731	173.7917	2.926437	3911.917	524	133.9497
3.077454	3944.4068	560	141.9732	8.517638	4206.644	732	174.0104	2.956322	3913.106	527	134.6756
3.1119632	3945.8025	563	142.6833	8.523773	4206.926	732	173.9988	2.969349	3913.625	530	135.4243

3.1441718	3947.106	565	143.1429	8.529908	4207.209	732	173.9871	3.007663	3915.15	533	136.1378
3.1717791	3948.2239	568	143.8622	8.534509	4207.42	733	174.216	3.027586	3915.944	536	136.8763
3.2009202	3949.4047	571	144.5788	8.558282	4208.514	732	173.9331	3.055172	3917.043	539	137.6038
3.226227	3950.4307	574	145.3006	8.572086	4209.149	732	173.9069	3.100383	3918.847	542	138.306
3.2492331	3951.3639	576	145.7725	8.58589	4209.785	732	173.8806	3.115709	3919.458	545	139.0498
3.2753067	3952.422	578	146.2394	8.592791	4210.103	733	174.105	3.131801	3920.101	548	139.7923
3.3052147	3953.6364	581	146.9533	8.608896	4210.845	733	174.0743	3.164751	3921.417	551	140.5104
3.3343558	3954.8204	583	147.415	8.618098	4211.269	732	173.8193	3.191571	3922.489	555	141.4918
3.3581288	3955.7869	585	147.8846	8.634969	4212.046	733	174.0247	3.231418	3924.083	557	141.944
3.3803681	3956.6914	587	148.3563	8.646472	4212.577	732	173.7654	3.257471	3925.126	559	142.4158
3.4148773	3958.0957	589	148.8089	8.663344	4213.355	733	173.9706	3.282759	3926.138	562	143.1432
3.4378834	3959.0325	591	149.2789	8.668712	4213.603	733	173.9604	3.291954	3926.507	564	143.6391
3.4662577	3960.1885	594	149.9929	8.674847	4213.886	732	173.7114	3.323372	3927.766	567	144.3569
3.5030675	3961.6892	596	150.4409	8.684049	4214.31	733	173.9312	3.348659	3928.78	570	145.0832
3.5283742	3962.7216	598	150.9064	8.690184	4214.593	733	173.9195	3.378544	3929.979	573	145.8023
3.5460123	3963.4414	600	151.3836	8.718558	4215.904	734	174.1027	3.413793	3931.394	575	146.2586
3.5797546	3964.8193	602	151.8354	8.731595	4216.506	733	173.8406	3.440613	3932.471	578	146.9814
3.6019939	3965.7279	604	152.305	8.743098	4217.037	733	173.8187	3.458238	3933.18	580	147.4634
3.6464724	3967.5464	606	152.7392	8.744632	4217.108	734	174.0529	3.488889	3934.412	581	147.6714
3.6771472	3968.8016	608	153.1949	8.76227	4217.923	733	173.7822	3.515709	3935.491	583	148.1391
3.6940184	3969.4922	609	153.4201	8.770706	4218.313	734	174.0032	3.547893	3936.787	585	148.5983
3.7231595	3970.6858	611	153.8777	8.784509	4218.952	734	173.9769	3.574713	3937.867	587	149.0655
3.7469325	3971.66	613	154.3435	8.794479	4219.413	733	173.7209	3.591571	3938.547	589	149.5475
3.7875767	3973.3267	615	154.7821	8.804448	4219.874	734	173.9388	3.609962	3939.288	591	150.0271
3.8190184	3974.6169	616	154.9835	8.810583	4220.158	733	173.6902	3.639908	3940.463	593	150.4899
3.8496933	3975.8765	618	155.4374	8.815184	4220.371	734	173.9184	3.682759	3942.226	594	150.6763
3.8611963	3976.3491	620	155.9219	8.824387	4220.797	734	173.9008	3.708812	3943.278	596	151.1433
3.8903374	3977.5468	621	156.1264	8.833589	4221.223	734	173.8833	3.74023	3944.548	597	151.3481
3.9194785	3978.7451	624	156.8334	8.849693	4221.969	735	174.0894	3.763218	3945.478	599	151.8194
3.9501534	3980.0074	625	157.0349	8.863497	4222.608	734	173.8262	3.792337	3946.656	601	152.2808
3.9846626	3981.4283	627	157.4812	8.878067	4223.283	735	174.0352	3.82069	3947.804	603	152.7431
4.0115031	3982.5342	628	157.6885	8.888804	4223.781	734	173.7779	3.84751	3948.89	605	153.2076
4.0314417	3983.3562	629	157.907	8.903374	4224.457	735	173.9869	3.878927	3950.164	606	153.4114
4.059816	3984.5264	630	158.1116	8.910276	4224.777	735	173.9737	3.908812	3951.376	608	153.8704
4.0912577	3985.824	632	158.5619	8.92638	4225.524	734	173.7063	3.924904	3952.029	610	154.3511
4.125	3987.2174	634	159.0081	8.93635	4225.986	735	173.9239	3.95249	3953.149	611	154.5603
4.1518405	3988.3265	635	159.2146	8.950153	4226.627	734	173.6609	3.983142	3954.394	612	154.7645
4.166411	3988.9289	636	159.4413	8.954755	4226.841	735	173.8887	4.003831	3955.235	613	154.9845
4.1832822	3989.6266	637	159.6641	8.970092	4227.553	735	173.8594	4.035249	3956.512	615	155.4399
4.2254601	3991.3719	639	160.0953	8.976227	4227.838	735	173.8477	4.065134	3957.729	616	155.6448
4.2615031	3992.8645	640	160.2859	8.988497	4228.408	736	174.0608	4.078161	3958.259	618	156.1293
4.2860429	3993.8814	642	160.7459	9.002301	4229.049	735	173.7979	4.111877	3959.632	619	156.3277
4.3205521	3995.3123	643	160.9386	9.013804	4229.584	735	173.776	4.129502	3960.35	620	156.5518
4.3466258	3996.3941	644	161.1453	9.02454	4230.083	735	173.7555	4.159387	3961.569	622	157.0085
4.3726994	3997.4765	646	161.602	9.029141	4230.297	735	173.7467	4.191571	3962.881	624	157.4612
4.4026074	3998.7188	647	161.8018	9.039877	4230.796	736	173.9625	4.224521	3964.227	625	157.66
4.4340491	4000.0256	648	161.999	9.048313	4231.189	735	173.7101	4.251341	3965.322	627	158.1208
4.4639571	4001.2695	649	162.1985	9.068252	4232.116	736	173.9083	4.277395	3966.387	628	158.3305
4.4869632	4002.2268	650	162.4096	9.080521	4232.688	736	173.8848	4.295019	3967.108	630	158.8059
4.5122699	4003.2804	651	162.6166	9.095092	4233.366	736	173.8569	4.322605	3968.236	632	159.2647
4.5375767	4004.3346	652	162.8236	9.097393	4233.473	736	173.8525	4.354789	3969.553	633	159.4638
4.5690184	4005.6451	652	162.7703	9.110429	4234.08	736	173.8276	4.383908	3970.746	634	159.6677
4.5904908	4006.5405	654	163.2331	9.123466	4234.688	737	174.0388	4.407663	3971.719	636	160.1322
4.6296012	4008.1726	655	163.4161	9.133436	4235.152	736	173.7836	4.425287	3972.442	636	160.103
4.6480061	4008.9411	655	163.3848	9.144172	4235.653	737	173.9992	4.459004	3973.825	638	160.5506
4.6771472	4010.1585	656	163.5846	9.154141	4236.118	737	173.9801	4.489655	3975.083	639	160.7513
4.6978528	4011.0239	658	164.0479	9.171779	4236.94	736	173.7103	4.509579	3975.901	640	160.9698
4.7285276	4012.3067	658	163.9954	9.18865	4237.727	737	173.914	4.535632	3976.972	641	161.1779
4.7645706	4013.815	660	164.4321	9.195552	4238.05	736	173.6648	4.565517	3978.201	643	161.6309
4.797546	4015.196	661	164.6246	9.203988	4238.443	737	173.8846	4.59387	3979.367	644	161.8348
4.8266871	4016.4172	662	164.8235	9.215491	4238.98	737	173.8626	4.615326	3980.25	645	162.0501
4.8489264	4017.3496	663	165.0342	9.234663	4239.876	737	173.8258	4.642912	3981.386	647	162.5062
4.8696319	4018.2181	664	165.2474	9.244632	4240.341	738	174.0426	4.668199	3982.428	649	162.9659
4.8980061	4019.409	665	165.4472	9.257669	4240.951	737	173.7818	4.699617	3983.723	650	163.164

4.9325153	4020.8582	666	165.6363	9.265337	4241.309	738	174.0029	4.727203	3984.861	651	163.3683
4.9593558	4021.9861	667	165.8385	9.279908	4241.99	737	173.7392	4.758621	3986.158	652	163.566
4.9869632	4023.1469	669	166.2877	9.292945	4242.6	739	174.1856	4.783142	3987.17	654	164.0261
5.0069018	4023.9857	669	166.2531	9.299847	4242.923	739	174.1724	4.796169	3987.709	656	164.5055
5.041411	4025.4383	670	166.4415	9.315184	4243.64	738	173.9073	4.823755	3988.849	657	164.7092
5.0705521	4026.6657	672	166.8875	9.329755	4244.322	739	174.115	4.852107	3990.021	658	164.9114
5.0958589	4027.7322	672	166.8433	9.336656	4244.645	738	173.8661	4.881226	3991.226	659	165.1122
5.1288344	4029.1228	674	167.2821	9.346626	4245.112	739	174.0826	4.917241	3992.718	660	165.3009
5.1526074	4030.1258	674	167.2404	9.358896	4245.687	739	174.059	4.945594	3993.893	662	165.7531
5.1817485	4031.3561	676	167.6855	9.371166	4246.262	739	174.0354	4.968582	3994.846	663	165.9639
5.2055215	4032.3603	678	168.1397	9.379601	4246.657	740	174.2547	4.996935	3996.022	665	166.4155
5.2292945	4033.365	678	168.0979	9.389571	4247.124	739	174.0001	5.014559	3996.753	667	166.8855
5.2638037	4034.8244	679	168.2849	9.40184	4247.699	741	174.4474	5.049808	3998.217	668	167.0745
5.2944785	4036.1224	681	168.7263	9.422546	4248.67	740	174.1721	5.076628	3999.331	669	167.278
5.3228528	4037.3239	681	168.6761	9.433282	4249.174	741	174.3868	5.108812	4000.67	670	167.472
5.3527607	4038.5911	683	169.1184	9.442485	4249.606	740	174.1338	5.129502	4001.53	672	167.9358
5.3642638	4039.0787	683	169.098	9.453988	4250.146	740	174.1117	5.161686	4002.87	673	168.1294
5.3949387	4040.3795	684	169.291	9.46089	4250.47	741	174.3337	5.182375	4003.731	674	168.343
5.428681	4041.8113	685	169.4785	9.465491	4250.686	740	174.0896	5.205364	4004.689	675	168.5524
5.4532209	4042.8533	685	169.4348	9.48773	4251.73	741	174.282	5.232184	4005.807	677	169.0046
5.4923313	4044.5151	686	169.6124	9.499233	4252.271	741	174.2598	5.272031	4007.469	678	169.1841
5.5207055	4045.7216	687	169.809	9.504601	4252.523	741	174.2495	5.288123	4008.141	679	169.4052
5.5452454	4046.7656	688	170.0123	9.509202	4252.739	742	174.4758	5.31341	4009.197	680	169.61
5.5720859	4047.9081	688	169.9643	9.519172	4253.208	741	174.2214	5.338697	4010.253	681	169.8147
5.6019939	4049.1819	689	170.1578	9.539877	4254.181	742	174.4166	5.37318	4011.695	682	170.003
5.6265337	4050.2277	689	170.1139	9.555982	4254.939	741	174.1506	5.398467	4012.753	683	170.2073
5.6587423	4051.6011	690	170.303	9.565184	4255.372	741	174.1329	5.419923	4013.651	684	170.4184
5.6878834	4052.8445	691	170.4975	9.569785	4255.588	742	174.359	5.449042	4014.87	684	170.3667
5.7193252	4054.187	691	170.4411	9.579755	4256.057	741	174.1048	5.478161	4016.09	685	170.5639
5.75	4055.4975	692	170.6326	9.58589	4256.346	743	174.5629	5.505747	4017.247	686	170.7637
5.7661043	4056.1859	692	170.6036	9.60046	4257.032	742	174.2998	5.536398	4018.532	687	170.9579
5.7898773	4057.2025	692	170.5609	9.613497	4257.646	743	174.5096	5.560153	4019.529	687	170.9155
5.8374233	4059.2373	693	170.7217	9.632669	4258.549	743	174.4726	5.596935	4021.074	688	171.0986
5.8588957	4060.1569	693	170.6831	9.642638	4259.019	742	174.2185	5.622222	4022.137	689	171.302
5.8780675	4060.9783	693	170.6485	9.648773	4259.309	744	174.6762	5.645977	4023.136	690	171.508
5.9110429	4062.3919	693	170.5892	9.654908	4259.598	743	174.4296	5.669732	4024.135	691	171.7139
5.9417178	4063.7078	694	170.78	9.666411	4260.14	744	174.6421	5.695785	4025.232	692	171.9156
5.9708589	4064.9586	694	170.7274	9.677147	4260.647	744	174.6214	5.721073	4026.297	692	171.8701
5.9923313	4065.8808	694	170.6887	9.68865	4261.189	743	174.3645	5.744828	4027.298	693	172.0757
6.0253067	4067.2979	695	170.8751	9.697853	4261.623	745	174.816	5.783908	4028.945	694	172.2535
6.0513804	4068.419	695	170.828	9.705521	4261.985	744	174.5665	5.804598	4029.818	694	172.2162
6.077454	4069.5408	695	170.7809	9.716258	4262.492	745	174.7804	5.83295	4031.015	695	172.4131
6.1096626	4070.9273	696	170.9684	9.734663	4263.361	744	174.5102	5.862069	4032.245	695	172.3606
6.1395706	4072.2157	696	170.9143	9.75	4264.086	744	174.4805	5.887356	4033.314	696	172.5628
6.1779141	4073.8686	696	170.845	9.76227	4264.666	745	174.6913	5.903448	4033.994	696	172.5337
6.1993865	4074.7948	697	171.0516	9.772239	4265.137	744	174.4375	5.933333	4035.258	696	172.4797
6.2231595	4075.8208	697	171.0085	9.783742	4265.681	746	174.8842	5.96092	4036.426	696	172.4298
6.2507669	4077.0129	697	170.9585	9.80138	4266.515	745	174.6156	5.983908	4037.399	697	172.6359
6.273773	4078.0068	698	171.162	9.81135	4266.986	745	174.5963	6.011494	4038.568	697	172.5859
6.3029141	4079.2665	698	171.1092	9.822853	4267.531	746	174.8083	6.044444	4039.965	698	172.7738
6.3282209	4080.3611	699	171.3084	9.828988	4267.821	745	174.5621	6.068966	4041.005	698	172.7293
6.3673313	4082.0539	699	171.2373	9.833589	4268.039	746	174.7875	6.095019	4042.111	699	172.9294
6.3834356	4082.7513	699	171.2081	9.842025	4268.438	746	174.7712	6.121073	4043.217	699	172.8821
6.4202454	4084.3463	699	171.1412	9.859663	4269.273	746	174.737	6.148659	4044.39	699	172.832
6.4501534	4085.6432	700	171.3317	9.872699	4269.891	746	174.7117	6.181609	4045.791	700	173.0193
6.4685583	4086.4417	700	171.2982	9.888804	4270.654	746	174.6805	6.213793	4047.16	700	172.9608
6.493865	4087.5401	701	171.4968	9.904141	4271.381	747	174.8849	6.235249	4048.073	701	173.1688
6.5268405	4088.9723	701	171.4367	9.915644	4271.927	746	174.6285	6.262069	4049.216	701	173.1199
6.5521472	4090.072	702	171.6351	9.927147	4272.472	747	174.8402	6.281226	4050.032	702	173.332
6.5805215	4091.3058	702	171.5834	9.940184	4273.091	747	174.8149	6.30728	4051.143	703	173.5313
6.6142638	4092.774	702	171.5218	9.956288	4273.855	746	174.5497	6.334866	4052.32	704	173.7277
6.6434049	4094.0429	702	171.4686	9.968558	4274.437	747	174.7598	6.36705	4053.694	705	173.9155
6.666411	4095.0451	703	171.6709	9.976227	4274.801	746	174.511	6.394636	4054.872	705	173.8649
6.6894172	4096.0479	703	171.6289	9.979294	4274.947	747	174.739	6.416858	4055.822	706	174.0708

6.7223926	4097.486	703	171.5686	9.986963	4275.311	746	174.4902	6.443678	4056.968	707	174.2681
6.7653374	4099.3605	704	171.7341	10	4275.931	746	174.4649	6.462835	4057.788	708	174.4793
6.7875767	4100.3318	704	171.6934	10.01534	4276.659	747	174.669	6.489655	4058.936	708	174.43
6.8159509	4101.5718	705	171.8853	10.02224	4276.987	746	174.4218	6.51341	4059.953	709	174.6326
6.8397239	4102.6113	705	171.8418	10.04141	4277.899	747	174.6184	6.551724	4061.595	710	174.8082
6.8596626	4103.4835	705	171.8052	10.04985	4278.3	746	174.3683	6.577778	4062.712	711	175.0063
6.8872699	4104.6919	706	171.9983	10.05982	4278.774	747	174.5827	6.612261	4064.191	711	174.9426
6.9179448	4106.0353	706	171.942	10.07285	4279.395	747	174.5574	6.627586	4064.849	712	175.1603
6.9501534	4107.4468	707	172.1264	10.08206	4279.833	746	174.3059	6.652107	4065.902	713	175.3608
6.9754601	4108.5566	707	172.0799	10.08896	4280.161	747	174.5261	6.675862	4066.923	714	175.5627
7.0053681	4109.8689	707	172.025	10.09356	4280.38	746	174.2836	6.708812	4068.34	715	175.7474
7.0260736	4110.7779	707	171.9869	10.11043	4281.184	747	174.4845	6.736398	4069.526	716	175.9418
7.0513804	4111.8894	707	171.9404	10.13267	4282.243	747	174.4413	6.76705	4070.846	717	176.1305
7.0720859	4112.7993	708	172.1455	10.14187	4282.682	746	174.1899	6.790038	4071.836	717	176.0876
7.1127301	4114.5866	708	172.0707	10.14494	4282.828	747	174.4175	6.816092	4072.959	718	176.2846
7.1388037	4115.734	709	172.2658	10.15567	4283.34	746	174.1632	6.843678	4074.148	719	176.4786
7.1809816	4117.5913	709	172.188	10.16488	4283.778	747	174.3788	6.867433	4075.173	720	176.6796
7.1970859	4118.301	709	172.1584	10.17715	4284.363	747	174.355	6.895785	4076.397	720	176.6266
7.220092	4119.3151	709	172.116	10.19172	4285.059	746	174.0933	6.928736	4077.82	721	176.8101
7.2469325	4120.499	710	172.3092	10.20782	4285.827	747	174.2954	6.949425	4078.715	722	177.0166
7.2806748	4121.9882	710	172.247	10.21702	4286.266	746	174.0442	6.977011	4079.907	723	177.2099
7.3121166	4123.3769	710	172.189	10.22853	4286.816	747	174.2552	7.00613	4081.167	723	177.1552
7.3412577	4124.6647	710	172.1352	10.23083	4286.925	747	174.2508	7.028352	4082.129	724	177.3584
7.3696319	4125.9195	711	172.3252	10.23466	4287.109	746	174.0101	7.054406	4083.258	725	177.5543
7.4018405	4127.3447	711	172.2657	10.2477	4287.731	746	173.9848	7.081226	4084.42	725	177.5038
7.4210123	4128.1936	711	172.2303	10.26457	4288.537	746	173.9521	7.111111	4085.716	726	177.6922
7.4486196	4129.4165	712	172.4215	10.27684	4289.124	747	174.1614	7.140996	4087.013	727	177.8805
7.4800613	4130.8102	713	172.6054	10.29141	4289.821	746	173.9	7.161686	4087.911	727	177.8414
7.5138037	4132.3068	712	172.3009	10.30445	4290.444	747	174.1079	7.19387	4089.309	729	178.2697
7.5314417	4133.0896	712	172.2682	10.32209	4291.288	746	173.8406	7.218391	4090.375	729	178.2233
7.5690184	4134.7583	712	172.1987	10.33589	4291.949	746	173.8138	7.255172	4091.975	730	178.398
7.5897239	4135.6783	713	172.4022	10.34126	4292.206	747	174.0364	7.270498	4092.642	730	178.3689
7.6203988	4137.0421	713	172.3454	10.35429	4292.83	745	173.5452	7.29272	4093.609	730	178.3268
7.6449387	4138.1338	713	172.2999	10.35966	4293.087	746	173.7677	7.323372	4094.944	731	178.5128
7.6740798	4139.4309	713	172.2459	10.36503	4293.344	746	173.7573	7.357854	4096.447	732	178.6914
7.7116564	4141.1047	713	172.1763	10.37423	4293.785	746	173.7395	7.385441	4097.65	731	178.3949
7.7277607	4141.8225	713	172.1464	10.38497	4294.299	746	173.7187	7.411494	4098.788	732	178.5894
7.7615031	4143.3271	713	172.0839	10.40491	4295.255	745	173.4472	7.43908	4099.992	732	178.5369
7.7921779	4144.696	714	172.2684	10.42101	4296.027	746	173.6488	7.469732	4101.332	733	178.7224
7.8266871	4146.237	714	172.2043	10.43865	4296.873	745	173.3819	7.491188	4102.27	733	178.6816
7.8435583	4146.9908	714	172.173	10.44402	4297.131	746	173.6042	7.512644	4103.208	734	178.8844
7.8719325	4148.2592	714	172.1204	10.45169	4297.499	746	173.5894	7.550192	4104.851	734	178.8128
7.8980061	4149.4254	714	172.072	10.46626	4298.198	746	173.5611	7.574713	4105.925	735	179.0096
7.934816	4151.073	715	172.2446	10.47393	4298.566	747	173.7789	7.590805	4106.63	736	179.2224
7.9639571	4152.3782	715	172.1905	10.4862	4299.155	746	173.5225	7.631418	4108.411	736	179.1447
7.9923313	4153.6499	715	172.1378	10.5	4299.818	747	173.7283	7.645977	4109.05	736	179.1168
8.0199387	4154.8879	715	172.0865	10.51304	4300.445	746	173.4704	7.67433	4110.294	737	179.3059
8.0506135	4156.2644	715	172.0295	10.52147	4300.85	746	173.4541	7.716475	4112.145	737	179.2252
8.071319	4157.1941	716	172.2316	10.53067	4301.293	747	173.6687	7.728736	4112.684	737	179.2017
8.0966258	4158.3309	716	172.1845	10.53834	4301.661	746	173.4214	7.754023	4113.796	737	179.1533
8.1334356	4159.9855	716	172.116	10.54601	4302.03	747	173.639	7.794636	4115.582	737	179.0755
8.1556748	4160.9858	716	172.0746	10.56748	4303.063	746	173.3649	7.804598	4116.021	738	179.2994
8.1809816	4162.1247	716	172.0275	10.58819	4304.06	746	173.3247	7.835249	4117.371	737	178.9977
8.2131902	4163.575	716	171.9676	10.59893	4304.576	747	173.5362	7.860536	4118.485	737	178.9493
8.232362	4164.4388	716	171.9319	10.60966	4305.093	746	173.2831	7.895785	4120.039	737	178.8818
8.2691718	4166.0983	716	171.8634	10.61273	4305.241	747	173.5094	7.918774	4121.053	738	179.0804
8.2967791	4167.3438	716	171.8121	10.61733	4305.463	746	173.2683	7.949425	4122.406	738	179.0216
8.315184	4168.1746	715	171.5379	10.62423	4305.795	747	173.4871	7.982375	4123.862	737	178.716
8.3619632	4170.2875	715	171.451	10.64877	4306.978	747	173.4395	7.997701	4124.539	738	178.9291
8.3765337	4170.9461	715	171.4239	10.66104	4307.569	747	173.4157	8.030651	4125.997	738	178.8659
8.3934049	4171.7089	715	171.3926	10.67101	4308.05	747	173.3963	8.065134	4127.522	738	178.7998
8.4263804	4173.2007	714	171.0917	10.68021	4308.494	746	173.1464	8.085057	4128.405	738	178.7615
8.4616564	4174.7977	715	171.2658	10.69095	4309.012	747	173.3576	8.108812	4129.457	738	178.716
8.4884969	4176.0137	715	171.2159	10.70015	4309.456	746	173.1077	8.135632	4130.646	739	178.9067


8.5222393	4177.5433	714	170.9138	10.70859	4309.863	747	173.3234	8.159387	4131.699	738	178.619
8.5490798	4178.7608	714	170.864	10.72163	4310.492	747	173.2981	8.186973	4132.923	739	178.8081
8.5697853	4179.7006	714	170.8256	10.7362	4311.196	746	173.0378	8.211494	4134.012	739	178.761
8.5981595	4180.989	714	170.773	10.74847	4311.789	747	173.246	8.237548	4135.169	739	178.7109
8.6418712	4182.9755	714	170.6919	10.7592	4312.307	746	172.9932	8.272031	4136.702	740	178.8865
8.6602761	4183.8125	714	170.6577	10.7684	4312.752	746	172.9754	8.302682	4138.066	740	178.8275
8.6825153	4184.8243	714	170.6165	10.78911	4313.753	746	172.9353	8.322605	4138.952	740	178.7892
8.7116564	4186.1509	714	170.5624	10.80291	4314.421	746	172.9085	8.347893	4140.078	741	178.9821
8.7369632	4187.3036	714	170.5155	10.80675	4314.606	747	173.1328	8.383142	4141.649	741	178.9143
8.7653374	4188.5967	714	170.4628	10.81902	4315.2	746	172.8773	8.403831	4142.571	741	178.8744
8.7891104	4189.6808	714	170.4187	10.83359	4315.905	747	173.0807	8.429885	4143.733	742	179.0656
8.8136503	4190.8005	714	170.3732	10.84202	4316.313	746	172.8327	8.450575	4144.657	742	179.0257
8.8550613	4192.6912	715	170.5349	10.85353	4316.87	746	172.8104	8.484291	4146.162	743	179.2019
8.8780675	4193.7424	715	170.4921	10.86887	4317.613	747	173.0123	8.512644	4147.429	743	179.1471
8.9010736	4194.794	715	170.4494	10.875	4317.91	746	172.7688	8.543295	4148.8	744	179.329
8.9317485	4196.1971	716	170.6307	10.8773	4318.022	747	172.9959	8.574713	4150.205	744	179.2682
8.9647239	4197.7064	716	170.5693	10.88497	4318.393	746	172.7494	8.587739	4150.788	745	179.484
8.9838957	4198.5844	716	170.5337	10.89417	4318.839	747	172.9631	8.622222	4152.333	746	179.658
9.0099693	4199.7791	716	170.4852	10.90874	4319.546	746	172.7034	8.639847	4153.123	746	179.6239
9.0421779	4201.2559	716	170.4252	10.92945	4320.55	746	172.6632	8.672797	4154.6	747	179.8007
9.0736196	4202.6985	716	170.3667	10.95092	4321.592	747	172.853	8.709579	4156.25	748	179.9699
9.0958589	4203.7194	716	170.3254	10.95552	4321.815	745	172.3813	8.729502	4157.145	748	179.9312
9.142638	4205.8686	716	170.2383	10.96933	4322.485	747	172.8173	8.744828	4157.833	749	180.1419
9.1556748	4206.4679	717	170.4518	10.97469	4322.746	746	172.5755	8.784674	4159.624	749	180.0644
9.1871166	4207.9141	717	170.3932	10.9839	4323.192	747	172.789	8.804598	4160.52	750	180.2659
9.2078221	4208.867	717	170.3546	10.99693	4323.826	747	172.7637	8.836782	4161.968	750	180.2032
9.2269939	4209.7497	717	170.3189	11.01074	4324.496	746	172.5056	8.862835	4163.141	750	180.1524
9.273773	4211.905	717	170.2318	11.01994	4324.944	747	172.719	8.89272	4164.488	751	180.3343
9.2990798	4213.0719	717	170.1846	11.03144	4325.503	746	172.4655	8.912644	4165.386	751	180.2954
9.3144172	4213.7795	717	170.156	11.04294	4326.062	746	172.4432	8.941762	4166.699	752	180.4786
9.3581288	4215.7973	717	170.0746	11.05138	4326.472	747	172.658	8.965517	4167.771	752	180.4322
9.3796012	4216.7892	717	170.0346	11.05828	4326.808	746	172.4135	8.987739	4168.774	753	180.6286
9.404908	4217.9588	717	169.9874	11.07745	4327.741	747	172.6074	9.001533	4169.397	753	180.6017
9.4394172	4219.5548	717	169.9231	11.09202	4328.45	746	172.3481	9.040613	4171.163	754	180.7649
9.4685583	4220.9034	717	169.8688	11.10506	4329.085	747	172.5538	9.062835	4172.168	754	180.7214
9.493865	4222.0754	716	169.5848	11.12117	4329.869	746	172.2916	9.098084	4173.763	754	180.6523
9.5268405	4223.6034	717	169.7603	11.13574	4330.579	747	172.4942	9.127203	4175.082	755	180.8348
9.5437117	4224.3856	717	169.7288	11.14877	4331.215	747	172.4689	9.14636	4175.95	755	180.7972
9.5682515	4225.5238	717	169.6831	11.15414	4331.477	746	172.2276	9.186973	4177.791	755	180.7175
9.5973926	4226.8763	717	169.6288	11.16411	4331.963	748	172.67	9.209195	4178.799	755	180.6739
9.625	4228.1584	717	169.5774	11.16948	4332.224	747	172.4287	9.234483	4179.947	756	180.8636
9.6526074	4229.4413	718	169.7624	11.17638	4332.561	748	172.6462	9.261303	4181.165	756	180.8109
9.6924847	4231.2957	717	169.4516	11.18405	4332.935	748	172.6312	9.281992	4182.105	756	180.7702
9.7147239	4232.3306	718	169.6465	11.19555	4333.496	747	172.3781	9.301916	4183.01	757	180.9701
9.7446319	4233.7232	718	169.5907	11.21012	4334.207	748	172.5806	9.334866	4184.509	757	180.9053
9.7806748	4235.4026	718	169.5234	11.22009	4334.694	747	172.3305	9.362452	4185.765	757	180.8511
9.8044479	4236.5111	718	169.4791	11.2316	4335.256	747	172.3082	9.393103	4187.161	757	180.7908
9.8343558	4237.9064	718	169.4233	11.25077	4336.192	748	172.5016	9.416858	4188.243	757	180.744
9.8489264	4238.5865	719	169.632	11.26687	4336.979	747	172.2397	9.445211	4189.536	758	180.927
9.8742331	4239.7683	718	169.3489	11.28144	4337.692	748	172.4419	9.472031	4190.759	758	180.8741
9.9041411	4241.1657	719	169.5289	11.29294	4338.254	747	172.1891	9.494253	4191.774	758	180.8304
9.9394172	4242.8152	718	169.2273	11.29601	4338.404	748	172.4136	9.516475	4192.789	758	180.7866
9.9624233	4243.8916	719	169.42	11.30215	4338.704	748	172.4017	9.555556	4194.575	758	180.7096
9.993865	4245.3636	719	169.3612	11.31058	4339.117	748	172.3853	9.563985	4194.96	759	180.9314
10.019939	4246.5851	718	169.077	11.32285	4339.717	748	172.3615	9.605364	4196.853	759	180.8498
10.04908	4247.9511	718	169.0227	11.33742	4340.43	747	172.1027	9.635249	4198.221	760	181.029
10.072086	4249.0302	718	168.9797	11.34893	4340.994	748	172.3108	9.660536	4199.38	760	180.9791
10.099693	4250.3257	718	168.9282	11.3635	4341.707	748	172.2825	9.682759	4200.398	760	180.9352
10.131135	4251.8022	718	168.8696	11.3727	4342.158	748	172.2646	9.721839	4202.191	760	180.858
10.152607	4252.8111	717	168.5944	11.3819	4342.609	749	172.477	9.745594	4203.281	760	180.8111
10.18635	4254.3976	718	168.7666	11.38727	4342.872	748	172.2363	9.777778	4204.759	760	180.7476
10.218558	4255.913	717	168.4715	11.40567	4343.774	750	172.6609	9.799234	4205.745	760	180.7052
10.241564	4256.9961	717	168.4286	11.41794	4344.376	749	172.4068	9.828352	4207.084	760	180.6477
10.273006	4258.4772	717	168.37	11.42791	4344.865	749	172.3874	9.850575	4208.106	760	180.6038

10.302147	4259.8509	718	168.5505	11.44479	4345.693	750	172.5847	9.884291	4209.658	760	180.5372
10.332822	4261.2978	717	168.2586	11.45475	4346.182	749	172.3352	9.910345	4210.859	760	180.4858
10.360429	4262.6008	717	168.2072	11.46779	4346.822	750	172.5398	9.931801	4211.847	760	180.4434
10.384969	4263.7598	717	168.1614	11.47776	4347.312	749	172.2904	9.963985	4213.331	760	180.3798
10.417945	4265.3181	717	168.1	11.48236	4347.537	750	172.5115	9.980077	4214.074	760	180.348
10.441718	4266.4423	717	168.0557	11.48696	4347.763	750	172.5025	10.01762	4215.807	761	180.5111
10.474693	4268.0026	717	167.9943	11.49387	4348.103	749	172.259	10.03831	4216.763	761	180.4702
10.500767	4269.2371	717	167.9457	11.5138	4349.082	751	172.6801	10.05747	4217.648	760	180.1952
10.535276	4270.8722	717	167.8814	11.52224	4349.497	749	172.2038	10.09885	4219.562	760	180.1135
10.550613	4271.5993	717	167.8528	11.53144	4349.949	751	172.6457	10.11418	4220.271	760	180.0832
10.587423	4273.3453	716	167.5502	11.54294	4350.515	750	172.3934	10.14176	4221.548	760	180.0287
10.608896	4274.3645	716	167.5103	11.55368	4351.043	750	172.3725	10.16245	4222.507	760	179.9879
10.629601	4275.3477	716	167.4718	11.56902	4351.798	751	172.5724	10.1908	4223.821	761	180.1686
10.673313	4277.4249	716	167.3904	11.58052	4352.364	750	172.3201	10.22529	4225.42	760	179.8638
10.68865	4278.1542	716	167.3619	11.59816	4353.232	751	172.5155	10.25977	4227.02	761	180.0323
10.717791	4279.5406	716	167.3077	11.60813	4353.723	750	172.2663	10.28659	4228.266	760	179.7427
10.740031	4280.5992	716	167.2663	11.6204	4354.328	751	172.4721	10.30192	4228.978	760	179.7125
10.769939	4282.0238	716	167.2107	11.62883	4354.743	751	172.4556	10.33257	4230.403	760	179.6519
10.807515	4283.8149	716	167.1407	11.63497	4355.046	751	172.4437	10.37318	4232.292	761	179.808
10.841258	4285.4245	715	166.8446	11.64571	4355.575	752	172.6523	10.4	4233.541	761	179.755
10.865031	4286.5593	715	166.8004	11.65414	4355.991	751	172.4062	10.42989	4234.933	761	179.6959
10.885736	4287.5481	715	166.762	11.67101	4356.823	752	172.6028	10.44368	4235.576	762	179.9047
10.922546	4289.3072	715	166.6936	11.68405	4357.466	752	172.5774	10.4751	4237.041	762	179.8425
10.952454	4290.7375	714	166.405	11.69248	4357.882	751	172.3314	10.50268	4238.329	763	180.0238
10.989264	4292.4993	714	166.3367	11.70782	4358.639	752	172.5309	10.5341	4239.796	764	180.1974
11.013804	4293.6745	714	166.2911	11.72699	4359.586	751	172.2641	10.55096	4240.583	764	180.1639
11.036043	4294.7402	713	166.017	11.74387	4360.419	752	172.4605	10.58697	4242.267	764	180.0924
11.064417	4296.1006	713	165.9645	11.75537	4360.988	751	172.2087	10.60843	4243.271	765	180.2855
11.092025	4297.425	714	166.146	11.76227	4361.329	751	172.1952	10.63142	4244.346	765	180.2398
11.118865	4298.7134	713	165.8636	11.77071	4361.746	752	172.408	10.66513	4245.925	766	180.4083
11.141104	4299.7816	712	165.5898	11.77837	4362.125	751	172.1638	10.68966	4247.074	766	180.3595
11.178681	4301.5876	713	165.7528	11.79294	4362.845	752	172.3646	10.70498	4247.793	766	180.3289
11.195552	4302.399	712	165.4891	11.80368	4363.377	751	172.1144	10.7387	4249.374	766	180.2618
11.235429	4304.3179	712	165.4153	11.81058	4363.718	752	172.3301	10.76935	4250.813	767	180.4361
11.261503	4305.5736	712	165.3671	11.81595	4363.984	752	172.3196	10.80077	4252.289	767	180.3735
11.275307	4306.2386	712	165.3415	11.83052	4364.705	751	172.062	10.82146	4253.261	768	180.5673
11.309049	4307.8651	712	165.2791	11.84356	4365.35	753	172.4947	10.83985	4254.126	768	180.5306
11.345092	4309.6039	712	165.2124	11.85506	4365.92	752	172.2432	10.87663	4255.856	768	180.4572
11.376534	4311.1219	712	165.1542	11.8704	4366.68	752	172.2132	10.90421	4257.155	768	180.4022
11.398006	4312.1592	712	165.1145	11.87653	4366.984	752	172.2012	10.93103	4258.418	769	180.5835
11.413344	4312.9004	712	165.0861	11.88804	4367.554	752	172.1788	10.95862	4259.719	770	180.7631
11.459356	4315.1255	713	165.2327	11.89647	4367.972	753	172.3912	10.98238	4260.839	770	180.7156
11.484663	4316.3504	712	164.9542	11.90261	4368.276	752	172.1503	11.00383	4261.851	770	180.6727
11.511503	4317.6502	712	164.9045	11.91718	4368.999	753	172.3507	11.04521	4263.805	771	180.8244
11.539877	4319.0251	712	164.852	11.93328	4369.798	752	172.0903	11.07126	4265.036	771	180.7722
11.565951	4320.2894	713	165.0352	11.94479	4370.369	753	172.2967	11.08352	4265.616	771	180.7476
11.594325	4321.666	713	164.9827	11.95399	4370.825	753	172.2787	11.12107	4267.392	772	180.9067
11.633436	4323.5649	713	164.9102	11.96856	4371.549	752	172.0214	11.14023	4268.299	772	180.8683
11.65184	4324.4591	714	165.1074	11.97699	4371.968	753	172.2337	11.16245	4269.351	772	180.8237
11.684816	4326.0622	714	165.0462	11.9931	4372.768	753	172.2021	11.18927	4270.622	772	180.7699
11.709356	4327.2559	713	164.7695	12.0023	4373.225	753	172.1841	11.22069	4272.111	772	180.7069
11.731595	4328.3383	714	164.9594	12.00767	4373.492	753	172.1736	11.24981	4273.493	772	180.6485
11.763037	4329.8695	714	164.901	12.0138	4373.797	752	171.933	11.2728	4274.584	772	180.6024
11.794479	4331.4017	714	164.8427	12.02761	4374.483	753	172.1346	11.30345	4276.04	772	180.5409
11.819018	4332.5984	713	164.5664	12.03758	4374.979	752	171.8865	11.33027	4277.314	773	180.7209
11.845859	4333.908	713	164.5166	12.06365	4376.276	752	171.8356	11.34253	4277.897	772	180.4625
11.878834	4335.5181	712	164.2249	12.07515	4376.849	752	171.8131	11.36705	4279.064	773	180.647
11.907209	4336.9044	712	164.1724	12.08589	4377.383	752	171.7921	11.41609	4281.398	772	180.3149
11.921012	4337.5792	711	163.9163	12.09586	4377.88	752	171.7727	11.43448	4282.275	773	180.5115
11.944785	4338.7418	711	163.8724	12.10353	4378.262	751	171.5293	11.45594	4283.297	772	180.235
11.994632	4341.1814	710	163.5499	12.10966	4378.567	752	171.7457	11.48276	4284.576	772	180.1812
12.013037	4342.0829	710	163.516	12.1204	4379.102	752	171.7247	11.51264	4286.002	772	180.1212
12.043712	4343.5863	709	163.2292	12.13267	4379.714	752	171.7007	11.54176	4287.393	772	180.0628
12.07362	4345.053	708	162.9439	12.13804	4379.981	752	171.6902	11.57471	4288.967	772	179.9967

12.094325	4346.0691	708	162.9058	12.14647	4380.402	751	171.4455	11.6069	4290.506	772	179.9321
12.125767	4347.6128	707	162.618	12.16258	4381.205	752	171.6423	11.62759	4291.496	772	179.8906
12.162577	4349.4215	706	162.3204	12.17408	4381.779	751	171.3916	11.64215	4292.193	772	179.8614
12.192485	4350.8922	705	162.0357	12.18328	4382.238	751	171.3736	11.67126	4293.587	772	179.803
12.212423	4351.8733	704	161.7694	12.20015	4383.08	751	171.3407	11.70038	4294.983	772	179.7446
12.233896	4352.9302	703	161.5004	12.20859	4383.501	750	171.0961	11.73946	4296.857	771	179.4335
12.264571	4354.4411	702	161.2147	12.22469	4384.305	751	171.2928	11.75709	4297.703	771	179.3982
12.303681	4356.369	701	160.9138	12.2362	4384.88	750	171.0423	11.77778	4298.696	772	179.5893
12.330521	4357.693	700	160.6355	12.24693	4385.416	751	171.2494	11.81226	4300.352	771	179.2876
12.34816	4358.5635	699	160.3739	12.26074	4386.106	750	170.9945	11.83678	4301.531	771	179.2385
12.376534	4359.9646	699	160.3224	12.27301	4386.72	751	171.1985	11.86207	4302.747	771	179.1878
12.411043	4361.6699	697	159.8012	12.28221	4387.18	751	171.1806	11.89272	4304.222	771	179.1264
12.435583	4362.8834	696	159.5275	12.29294	4387.717	750	170.9317	11.92567	4305.809	771	179.0604
12.46089	4364.1355	695	159.2526	12.30905	4388.523	751	171.1282	11.94406	4306.695	771	179.0236
12.5	4366.0719	694	158.9529	12.31672	4388.907	750	170.8854	11.96322	4307.619	771	178.9852
12.523773	4367.2498	693	158.6811	12.32745	4389.444	750	170.8645	11.9908	4308.949	772	179.162
12.53681	4367.8961	692	158.4287	12.34126	4390.135	750	170.8376	12.01456	4310.096	771	178.8823
12.570552	4369.5695	691	158.1391	12.35813	4390.981	749	170.5769	12.04291	4311.465	771	178.8255
12.597393	4370.9016	691	158.091	12.36656	4391.403	751	171.016	12.07739	4313.131	771	178.7564
12.630368	4372.5392	690	157.803	12.37653	4391.903	750	170.7688	12.09502	4313.983	771	178.7211
12.658742	4373.9494	689	157.5235	12.38957	4392.556	751	170.9711	12.13487	4315.911	771	178.6413
12.677147	4374.8645	688	157.262	12.39571	4392.864	750	170.7314	12.15326	4316.801	771	178.6045
12.718558	4376.925	688	157.188	12.41104	4393.633	750	170.7016	12.19157	4318.658	772	178.7593
12.742331	4378.1088	687	156.9171	12.42561	4394.364	750	170.6732	12.21992	4320.032	772	178.7024
12.782209	4380.0959	686	156.6176	12.43865	4395.018	749	170.4202	12.23678	4320.85	772	178.6686
12.803681	4381.1667	686	156.5793	12.44479	4395.326	750	170.6358	12.26667	4322.3	772	178.6086
12.831288	4382.5441	685	156.3019	12.45859	4396.019	750	170.6089	12.29808	4323.826	772	178.5456
12.856595	4383.8075	685	156.2569	12.46319	4396.251	750	170.5999	12.32644	4325.204	771	178.2575
12.884969	4385.2249	684	155.9783	12.47776	4396.982	751	170.799	12.34943	4326.321	771	178.2114
12.91411	4386.6816	684	155.9265	12.4862	4397.406	750	170.5551	12.36398	4327.03	771	178.1823
12.934049	4387.6788	683	155.6632	12.4908	4397.637	751	170.7735	12.40153	4328.857	771	178.1071
12.96089	4389.0219	682	155.3877	12.5023	4398.216	750	170.5237	12.42912	4330.201	772	178.2827
12.995399	4390.75	682	155.3265	12.52607	4399.411	751	170.7047	12.46054	4331.732	772	178.2197
13.032975	4392.6333	681	155.0323	12.53681	4399.951	751	170.6837	12.47739	4332.554	772	178.1859
13.048313	4393.4024	680	154.7775	12.54601	4400.414	749	170.2113	12.50192	4333.751	773	178.3674
13.071319	4394.5566	679	154.5093	12.55828	4401.031	751	170.6418	12.54023	4335.621	773	178.2905
13.11273	4396.6357	679	154.4363	12.57592	4401.919	750	170.3802	12.56092	4336.632	773	178.2489
13.135736	4397.7917	678	154.1683	12.58512	4402.383	751	170.5894	12.58697	4337.906	774	178.4271
13.159509	4398.9867	677	153.8991	12.59586	4402.924	750	170.3414	12.6092	4338.993	773	178.1519
13.18635	4400.3368	676	153.6246	12.60046	4403.155	749	170.1053	12.63448	4340.23	773	178.1011
13.216258	4401.8421	676	153.5721	12.60966	4403.619	751	170.5415	12.66284	4341.619	774	178.2745
13.243098	4403.194	675	153.2978	12.6158	4403.928	749	170.0754	12.69732	4343.308	774	178.2052
13.276074	4404.8559	674	153.013	12.6296	4404.624	751	170.5026	12.72337	4344.586	774	178.1528
13.302914	4406.2096	673	152.739	12.64187	4405.243	750	170.2517	12.75019	4345.902	774	178.0988
13.33819	4407.99	672	152.4504	12.64954	4405.629	750	170.2367	12.77625	4347.181	774	178.0464
13.357362	4408.9582	671	152.1901	12.67408	4406.867	750	170.1889	12.80996	4348.837	774	177.9786
13.389571	4410.5857	671	152.134	12.68098	4407.216	749	169.9486	12.83218	4349.929	774	177.9339
13.417178	4411.9817	670	151.8592	12.69095	4407.719	750	170.156	12.85517	4351.06	774	177.8877
13.451687	4413.7279	669	151.5726	12.70475	4408.416	749	169.9023	12.88889	4352.719	774	177.8199
13.474693	4414.8928	669	151.5326	12.71702	4409.036	750	170.1052	12.91494	4354.002	774	177.7675
13.501534	4416.2527	668	151.2595	12.7316	4409.772	750	170.0768	12.93716	4355.097	775	177.9524
13.526074	4417.4967	668	151.2169	12.74003	4410.198	750	170.0604	12.95632	4356.042	774	177.6843
13.560583	4419.2473	667	150.9307	12.74387	4410.392	750	170.0529	12.99464	4357.932	774	177.6072
13.58589	4420.532	666	150.6606	12.75077	4410.741	749	169.8127	13.02222	4359.293	774	177.5517
13.618865	4422.207	666	150.6035	12.7615	4411.284	750	170.0185	13.04598	4360.467	774	177.5039
13.644172	4423.4934	665	150.3337	12.78451	4412.447	750	169.9737	13.07126	4361.717	774	177.4531
13.668712	4424.7415	664	150.0653	12.79601	4413.029	751	170.1779	13.09349	4362.815	774	177.4084
13.68865	4425.7561	663	149.8049	12.80675	4413.573	751	170.1569	13.12261	4364.256	774	177.3498
13.724693	4427.5914	663	149.7428	12.81595	4414.039	749	169.6859	13.15326	4365.774	775	177.5172
13.757669	4429.2718	662	149.4602	12.82439	4414.466	751	170.1225	13.17931	4367.064	775	177.4648
13.783742	4430.6014	661	149.1897	12.83359	4414.932	750	169.8781	13.20536	4368.356	775	177.4123
13.808282	4431.8536	660	148.9219	12.84279	4415.398	750	169.8601	13.23448	4369.8	775	177.3536
13.839724	4433.4589	660	148.868	12.8589	4416.214	750	169.8287	13.26207	4371.17	775	177.2981
13.864264	4434.7126	659	148.6004	12.8796	4417.263	749	169.562	13.28352	4372.235	775	177.2549

13.885736	4435.8102	659	148.5636	12.89724	4418.158	751	169.9803	13.30881	4373.492	775	177.204
13.935583	4438.3603	658	148.2529	12.91181	4418.897	750	169.7256	13.35172	4375.626	775	177.1175
13.960123	4439.6168	657	147.9857	12.92178	4419.403	750	169.7062	13.38008	4377.037	777	177.5174

Bragança, 15 de Dezembro de 2019

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Ensaio de Compressão Triaxial - Não Consolidado não Drenado</b>		
	Norma de Referência: ASTM ASTM D 2850 - 2015		
	<b>Tipo de Solo:</b>	Areia - Siltosa	
	<b>Data da Colheita:</b>	19/11/2019	
<b>Cliente:</b>	Rafael Palmeira	<b>Obra:</b>	Tese Mestrado
		<b>Local:</b>	Bragança

<b>Tipo de Amostragem:</b>	Ideformadas	<b>Tensão de confinamento 1 (kPa):</b>	75
<b>Amostras:</b>	1 ; 2 ; 3	<b>Tensão de confinamento 2 (kPa):</b>	150
<b>Diâmetro (mm):</b>	70	<b>Tensão de confinamento 3 (kPa):</b>	300
<b>Altura (mm):</b>	140	<b>Velocidade de ensaio (mm/min):</b>	0.0177

Amostra 1				Amostra 2				Amostra 3			
$\epsilon$ %	As mm <sup>2</sup>	P Newton	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	$\epsilon$ %	As mm <sup>2</sup>	P Newton	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	$\epsilon$ %	As mm <sup>2</sup>	P Newton	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa
0.1635846	3854.6431	34	8.82053	0.02914	3805.59	9	2.36494	0.01779	3849.02	11	2.85787
0.1834993	3855.4122	57	14.7844	0.07036	3807.16	58	15.2344	0.04199	3849.95	22	5.71435
0.1991465	3856.0166	80	20.7468	0.11016	3808.68	119	31.2444	0.08185	3851.49	28	7.26991
0.2091038	3856.4014	96	24.8937	0.14001	3809.82	168	44.0966	0.10747	3852.48	35	9.08506
0.2311522	3857.2536	111	28.777	0.19048	3811.74	190	49.846	0.14804	3854.04	41	10.6382
0.257468	3858.2713	129	33.4347	0.19261	3804.56	201	52.8313	0.17153	3854.95	48	12.4515
0.2731152	3858.8767	142	36.7983	0.23667	3806.24	217	57.0116	0.19858	3855.99	75	19.4502
0.2894737	3859.5098	154	39.9014	0.27434	3807.68	233	61.1922	0.23843	3857.54	108	27.9972
0.3072546	3860.1981	163	42.2258	0.31201	3809.11	249	65.3696	0.27402	3858.91	138	35.7614
0.3271693	3860.9694	163	42.2174	0.34826	3810.49	266	69.8072	0.31246	3860.4	156	40.4103
0.3492176	3861.8237	162	41.9491	0.38948	3812.07	281	73.7133	0.34804	3861.78	171	44.2801
0.3605974	3862.2647	161	41.6854	0.43852	3813.94	297	77.8722	0.38505	3863.21	183	47.3699
0.3669986	3862.5129	162	41.9416	0.47406	3815.3	312	81.776	0.42278	3864.68	197	50.9745
0.3847795	3863.2023	163	42.193	0.52239	3817.15	328	85.9279	0.44128	3849.05	208	54.0393
0.4025605	3863.892	164	42.4443	0.54869	3818.16	343	89.8339	0.48256	3850.64	220	57.1334
0.4118065	3864.2507	166	42.9579	0.59488	3819.93	358	93.719	0.51957	3852.07	232	60.2274
0.4267425	3864.8304	167	43.2102	0.63895	3821.62	374	97.8642	0.55801	3853.55	244	63.3183
0.4516358	3865.7968	170	43.9754	0.67306	3822.93	388	101.493	0.59858	3855.11	255	66.1459
0.4644381	3866.294	172	44.487	0.71002	3824.35	405	105.9	0.62491	3856.13	268	69.4997
0.4793741	3866.8743	174	44.9976	0.7484	3825.83	418	109.257	0.66833	3857.81	279	72.3208
0.4935989	3867.4271	177	45.7669	0.78394	3827.2	434	113.399	0.70107	3859.08	290	75.1475
0.5071124	3867.9524	178	46.0192	0.82232	3828.67	450	117.534	0.7395	3860.56	303	78.4859
0.5291607	3868.8097	181	46.7844	0.86709	3830.4	464	121.136	0.77651	3862	314	81.305
0.541963	3869.3077	184	47.5537	0.90263	3831.77	479	125.007	0.80712	3863.19	326	84.3863
0.5583215	3869.9442	185	47.8043	0.94101	3833.25	492	128.351	0.85979	3865.23	337	87.1876
0.5789474	3870.7471	189	48.8278	0.98792	3835.06	507	132.201	0.88826	3866.33	348	90.0077
0.5960171	3871.4118	191	49.336	1.02274	3836.41	520	135.543	0.9153	3867.39	358	92.569
0.6088193	3871.9104	193	49.8462	1.0661	3838.09	534	139.132	0.96584	3869.35	369	95.3648
0.6223329	3872.4369	195	50.3559	1.11016	3839.8	549	142.976	1.00142	3870.74	379	97.9142
0.6529161	3873.629	198	51.1149	1.1521	3841.42	561	146.04	1.05338	3872.76	390	100.703
0.6550498	3848.4196	201	52.2292	1.17839	3842.44	575	149.644	1.08185	3873.87	400	103.256
0.6728307	3849.104	204	52.9993	1.22814	3844.37	587	152.691	1.11459	3875.15	409	105.544
0.6834993	3849.5148	207	53.773	1.26439	3845.78	599	155.755	1.15089	3876.56	418	107.827
0.6920341	3849.8435	210	54.5477	1.30277	3847.28	611	158.814	1.19715	3878.37	427	110.098
0.7098151	3850.5284	211	54.7977	1.33547	3848.55	621	161.36	1.22349	3879.4	435	112.131
0.7268848	3851.1862	215	55.827	1.3774	3850.18	633	164.408	1.2548	3880.63	444	114.415
0.745377	3851.899	218	56.5955	1.41862	3851.79	641	166.416	1.30036	3882.41	452	116.423
0.7581792	3852.3927	219	56.8478	1.45558	3853.23	652	169.209	1.3452	3884.17	462	118.944
0.7752489	3853.051	223	57.8762	1.50036	3854.98	658	170.688	1.3694	3885.11	469	120.717
0.7837838	3853.3803	224	58.1308	1.54797	3856.84	667	172.94	1.41922	3887.07	478	122.972
0.8093883	3854.3685	227	58.8942	1.5764	3857.95	674	174.704	1.4427	3887.99	484	124.486
0.8271693	3855.0551	230	59.6619	1.61834	3859.59	678	175.666	1.49253	3889.95	493	126.737
0.8378378	3855.4671	232	60.1743	1.65814	3861.15	681	176.372	1.52384	3891.18	499	128.239
0.85633	3856.1815	234	60.6818	1.70149	3862.85	678	175.518	1.56014	3892.61	507	130.247

0.8733997	3856.8412	236	61.19	1.74911	3864.72	682	176.468	1.60071	3894.21	513	131.734
0.8933144	3857.6111	240	62.2147	1.78181	3866	685	177.186	1.64342	3895.89	520	133.474
0.9032717	3857.9962	241	62.4677	1.82232	3867.6	690	178.405	1.67972	3897.32	527	135.221
0.9153627	3858.4639	244	63.2376	1.86212	3869.16	697	180.142	1.70819	3898.45	533	136.721
0.9267425	3858.9042	248	64.2669	1.89623	3870.5	701	181.113	1.74448	3899.88	539	138.209
0.9480797	3859.73	249	64.5123	1.94456	3872.41	707	182.574	1.77722	3901.18	545	139.701
0.9658606	3860.4185	252	65.2779	1.97157	3873.47	710	183.298	1.81922	3902.84	551	141.179
0.9772404	3860.8592	254	65.7885	2.03412	3875.94	715	184.471	1.86406	3904.61	556	142.396
0.9871977	3861.2449	256	66.2999	2.05615	3876.81	718	185.204	1.88612	3905.49	561	143.644
1.0092461	3862.0993	259	67.062	2.09453	3878.33	721	185.905	1.93167	3907.29	566	144.857
1.0241821	3862.6783	261	67.5697	2.14286	3880.24	725	186.844	1.9694	3908.79	572	146.337
1.0455192	3863.5057	264	68.3317	2.19048	3882.12	726	187.011	2.00498	3910.21	578	147.818
1.0583215	3864.0024	266	68.8405	2.23241	3883.79	730	187.961	2.04698	3911.87	582	148.778
1.0753912	3864.6647	268	69.3462	2.26013	3884.89	731	188.165	2.0911	3913.63	587	149.989
1.0853485	3865.0512	270	69.8568	2.30561	3886.69	734	188.85	2.12384	3914.93	591	150.96
1.1038407	3865.7692	272	70.3612	2.3511	3888.5	736	189.276	2.15872	3916.32	596	152.184
1.1209104	3866.4322	275	71.125	2.38237	3889.74	739	189.987	2.19004	3917.57	600	153.156
1.1365576	3867.0401	276	71.3724	2.42004	3891.24	742	190.685	2.23345	3919.3	603	153.854
1.1514936	3867.6206	279	72.1374	2.46127	3892.88	745	191.375	2.2726	3920.87	607	154.813
1.170697	3868.3672	281	72.6405	2.50746	3894.72	749	192.312	2.30534	3922.17	609	155.271
1.1877667	3869.031	282	72.8865	2.53802	3895.94	751	192.765	2.35374	3924.11	613	156.214
1.2083926	3869.8335	284	73.3882	2.58493	3897.81	754	193.442	2.37438	3924.94	615	156.69
1.2211949	3870.3318	286	73.8955	2.61478	3899.01	758	194.409	2.41139	3926.42	619	157.65
1.2354196	3870.8855	287	74.1432	2.66951	3901.19	760	194.812	2.45409	3928.13	620	157.836
1.2467994	3871.3287	290	74.9097	2.70078	3902.45	764	195.775	2.49039	3929.59	624	158.795
1.2617354	3871.9104	291	75.1567	2.74627	3904.27	766	196.196	2.52171	3930.84	626	159.253
1.2709815	3872.2707	293	75.6662	2.78962	3906	770	197.132	2.57295	3932.9	630	160.187
1.2830725	3872.7418	294	75.9152	2.82587	3907.46	773	197.827	2.60356	3934.13	631	160.391
1.3015647	3873.4627	296	76.4174	2.8607	3908.86	774	198.012	2.64128	3935.65	634	161.092
1.3214794	3874.2392	299	77.1764	2.89623	3910.28	777	198.707	2.67758	3937.11	636	161.54
1.3364154	3874.8219	299	77.1648	2.93603	3911.89	779	199.137	2.71601	3938.66	639	162.238
1.3541963	3875.5157	302	77.9251	2.98365	3913.8	782	199.806	2.76228	3940.53	640	162.415
1.3726885	3876.2376	303	78.1686	3.02203	3915.35	784	200.238	2.79217	3941.73	643	163.126
1.383357	3876.6542	304	78.4181	3.05686	3916.75	786	200.677	2.82776	3943.17	644	163.32
1.3975818	3877.2098	306	78.9227	3.09453	3918.27	788	201.109	2.87473	3945.07	647	164.002
1.4174964	3877.9878	308	79.4226	3.14428	3920.28	789	201.261	2.90391	3946.25	648	164.207
1.4260313	3878.3214	310	79.9315	3.17555	3921.54	792	201.961	2.93238	3947.4	649	164.412
1.4366999	3878.7384	310	79.9229	3.23028	3923.76	793	202.102	2.97865	3949.28	651	164.84
1.4502134	3879.2668	312	80.4276	3.258	3924.88	795	202.554	3.01352	3950.69	653	165.288
1.4651494	3879.8509	314	80.9309	3.30419	3926.75	797	202.967	3.04413	3951.93	655	165.742
1.4751067	3880.2405	315	81.1805	3.33973	3928.19	798	203.147	3.09181	3953.87	657	166.166
1.5007112	3881.2425	318	81.9325	3.38024	3929.83	802	204.08	3.12598	3955.26	658	166.361
1.5199147	3881.9943	318	81.9167	3.41862	3931.39	803	204.253	3.1758	3957.28	660	166.781
1.5334282	3882.5236	320	82.4206	3.45842	3933.01	806	204.932	3.19786	3958.18	662	167.249
1.5497866	3883.1645	322	82.9221	3.50533	3934.92	807	205.087	3.24698	3960.18	663	167.417
1.5711238	3884.0007	322	82.9042	3.53447	3936.11	809	205.533	3.27758	3961.43	665	167.869
1.583926	3884.5026	324	83.4084	3.57356	3937.7	812	206.212	3.31744	3963.05	666	168.052
1.5938834	3884.8931	325	83.6574	3.61478	3939.38	813	206.378	3.35801	3964.71	668	168.486
1.6102418	3885.5347	326	83.9009	3.65316	3940.94	816	207.057	3.38648	3965.87	669	168.689
1.6201991	3885.9254	328	84.4072	3.69439	3942.63	817	207.222	3.43701	3967.94	672	169.357
1.6394026	3886.6791	328	84.3908	3.73703	3944.37	820	207.891	3.46406	3969.05	673	169.562
1.6550498	3887.2934	331	85.1492	3.77186	3945.8	821	208.07	3.51246	3971.03	675	169.981
1.673542	3888.0196	331	85.1333	3.81876	3947.72	824	208.728	3.53737	3972.05	675	169.937
1.6877667	3888.5785	333	85.6354	3.85359	3949.14	826	209.159	3.58149	3973.86	679	170.867
1.7091038	3889.417	335	86.1312	3.9005	3951.07	827	209.311	3.61495	3975.23	679	170.808
1.7219061	3889.9204	335	86.12	3.94314	3952.82	829	209.724	3.65836	3977.02	681	171.234
1.7354196	3890.4518	337	86.6223	3.97584	3954.16	829	209.653	3.69466	3978.51	681	171.17
1.7482219	3890.9554	338	86.8681	4.01493	3955.77	832	210.326	3.72598	3979.8	684	171.868
1.7716927	3891.8789	339	87.1045	4.05828	3957.55	833	210.484	3.78363	3982.17	684	171.766

1.78734	3892.4949	341	87.6045	4.09311	3958.99	834	210.66	3.81637	3983.52	686	172.209
1.7965861	3892.859	341	87.5963	4.14144	3960.98	837	211.311	3.85552	3985.14	686	172.14
1.8122333	3893.4752	343	88.0961	4.17484	3962.36	836	210.986	3.89039	3986.58	689	172.83
1.8314367	3894.2318	344	88.3358	4.20896	3963.77	839	211.667	3.92313	3987.93	689	172.771
1.8513514	3895.0168	344	88.318	4.25586	3965.7	838	211.312	3.95943	3989.43	690	172.957
1.8598862	3895.3533	345	88.5671	4.30206	3967.61	841	211.966	4.00071	3991.14	691	173.134
1.8798009	3896.1386	345	88.5492	4.33831	3969.11	841	211.886	4.02989	3992.35	692	173.332
1.8926031	3896.6437	347	89.051	4.38095	3970.88	842	212.044	4.06833	3993.94	692	173.263
1.9018492	3897.0085	347	89.0427	4.41791	3972.41	843	212.214	4.11103	3995.71	693	173.436
1.9331437	3898.2439	348	89.271	4.45345	3973.89	842	211.883	4.14875	3997.28	693	173.368
1.9452347	3898.7214	349	89.5165	4.49609	3975.66	844	212.292	4.17153	3998.22	694	173.577
1.9530583	3899.0304	349	89.5094	4.5295	3977.05	843	211.966	4.22206	4000.32	695	173.736
1.9665718	3899.5644	350	89.7536	4.58138	3979.21	844	212.103	4.26477	4002.1	696	173.909
1.9857752	3900.3233	350	89.7362	4.61549	3980.63	844	212.027	4.30463	4003.76	696	173.837
1.9992888	3900.8576	351	89.9802	4.6624	3982.58	843	211.672	4.33594	4005.06	697	174.03
2.0184922	3901.6171	352	90.219	4.69225	3983.83	845	212.108	4.37224	4006.58	698	174.214
2.0334282	3902.208	352	90.2053	4.7349	3985.6	844	211.762	4.41779	4008.48	698	174.131
2.0462304	3902.7146	354	90.7061	4.76972	3987.06	845	211.936	4.45267	4009.93	699	174.317
2.0668563	3903.5311	354	90.6871	4.81663	3989.02	844	211.581	4.49537	4011.72	699	174.24
2.0775249	3903.9536	354	90.6773	4.85288	3990.54	844	211.5	4.52384	4012.91	701	174.686
2.0896159	3904.4325	355	90.9223	4.88202	3991.76	844	211.436	4.56157	4014.49	701	174.618
2.1102418	3905.2497	355	90.9033	4.94101	3994.23	842	210.804	4.59929	4016.07	703	175.047
2.1251778	3905.8417	356	91.1455	4.97868	3995.81	843	210.971	4.63772	4017.68	702	174.728
2.1365576	3906.2929	356	91.135	5.02345	3997.69	841	210.372	4.67402	4019.2	704	175.159
2.1614509	3907.2802	357	91.3679	5.06183	3999.3	842	210.537	4.71459	4020.91	704	175.085
2.1770982	3907.901	358	91.6093	5.09311	4000.62	842	210.468	4.75445	4022.58	706	175.509
2.185633	3908.2398	357	91.3455	5.13859	4002.53	841	210.117	4.78505	4023.87	705	175.204
2.1991465	3908.7762	358	91.5888	5.16631	4003.7	842	210.305	4.82278	4025.46	707	175.632
2.215505	3909.4258	359	91.8293	5.21535	4005.77	841	209.947	4.86833	4027.38	706	175.3
2.2311522	3910.0473	359	91.8147	5.25444	4007.42	843	210.36	4.9089	4029.09	708	175.722
2.2460882	3910.6407	361	92.3122	5.29993	4009.34	842	210.01	4.9452	4030.62	708	175.655
2.2624467	3911.2909	360	92.0412	5.32125	4010.24	843	210.212	4.97295	4031.79	709	175.852
2.284495	3912.1676	361	92.2762	5.3774	4012.61	843	210.088	5.01566	4033.6	709	175.774
2.3015647	3912.8466	362	92.5158	5.41862	4014.36	844	210.245	5.05053	4035.07	711	176.205
2.3186344	3913.5258	362	92.4997	5.4705	4016.56	845	210.379	5.08897	4036.7	710	175.886
2.3285917	3913.9221	364	93.0013	5.49396	4017.55	845	210.327	5.12527	4038.24	711	176.067
2.3456615	3914.6017	364	92.9852	5.53589	4019.33	847	210.732	5.16655	4039.99	711	175.991
2.3605974	3915.1966	365	93.2265	5.57498	4020.99	847	210.644	5.20427	4041.59	712	176.168
2.3769559	3915.8483	364	92.9556	5.62402	4023.08	849	211.032	5.23345	4042.82	712	176.114
2.3883357	3916.3018	365	93.2002	5.65245	4024.29	849	210.969	5.279	4044.76	712	176.03
2.4018492	3916.8404	367	93.698	5.68728	4025.77	850	211.14	5.30036	4045.67	712	175.991
2.4174964	3917.4643	366	93.4278	5.73134	4027.65	850	211.041	5.35018	4047.79	712	175.899
2.4381223	3918.287	368	93.9186	5.77114	4029.35	849	210.704	5.4	4049.91	712	175.806
2.4502134	3918.7694	368	93.907	5.81521	4031.23	851	211.102	5.42349	4050.91	712	175.763
2.4708393	3919.5927	369	94.1424	5.85288	4032.84	850	210.77	5.46904	4052.86	712	175.679
2.4786629	3919.905	370	94.39	5.89837	4034.78	851	210.916	5.51103	4054.65	712	175.601
2.4935989	3920.5015	370	94.3757	5.93106	4036.18	850	210.595	5.54804	4056.23	712	175.532
2.5170697	3921.4392	372	94.8631	5.97157	4037.92	850	210.505	5.58861	4057.97	711	175.211
2.527027	3921.8371	372	94.8535	6.0199	4039.99	850	210.397	5.61993	4059.31	712	175.399
2.5369844	3922.2351	373	95.0988	6.06752	4042.03	849	210.043	5.64982	4060.59	711	175.098
2.5519203	3922.8323	375	95.5942	6.0995	4043.41	850	210.219	5.7089	4063.12	712	175.235
2.5682788	3923.4865	374	95.3234	6.13077	4044.75	849	209.902	5.72242	4063.7	711	174.964
2.5917496	3924.4256	376	95.8102	6.1791	4046.83	850	210.041	5.76655	4065.59	712	175.128
2.6081081	3925.0804	376	95.7942	6.20896	4048.12	848	209.48	5.80569	4067.28	710	174.564
2.613798	3925.3082	375	95.5339	6.25018	4049.89	848	209.388	5.83772	4068.65	711	174.751
2.6230441	3925.6784	376	95.7796	6.28998	4051.61	848	209.3	5.88754	4070.8	710	174.413
2.6536273	3926.9035	376	95.7497	6.33689	4053.64	847	208.948	5.91815	4072.12	711	174.602
2.673542	3927.7017	377	95.9849	6.37385	4055.23	847	208.866	5.95445	4073.68	709	174.044
2.6820768	3928.0438	378	96.2311	6.41009	4056.8	846	208.539	5.99858	4075.58	710	174.208

2.6870555	3928.2434	378	96.2262	6.44279	4058.21	847	208.712	6.03986	4077.37	708	173.641
2.6998578	3928.7569	379	96.4682	6.48472	4060.03	845	208.127	6.0726	4078.78	710	174.072
2.7169275	3929.4416	378	96.1969	6.54087	4062.46	845	208.002	6.11103	4080.44	708	173.511
2.7382646	3930.2979	379	96.4303	6.57072	4063.76	846	208.182	6.14875	4082.08	709	173.686
2.7489331	3930.7262	379	96.4198	6.60981	4065.46	845	207.849	6.18719	4083.74	707	173.126
2.7766714	3931.8402	379	96.3925	6.66098	4067.68	845	207.735	6.22349	4085.31	708	173.304
2.7887624	3932.3259	380	96.6349	6.69439	4069.13	844	207.415	6.26477	4087.11	707	172.983
2.7972973	3932.6689	380	96.6265	6.74271	4071.24	844	207.308	6.29751	4088.53	708	173.167
2.814367	3933.355	380	96.6096	6.77541	4072.66	845	207.481	6.33665	4090.23	707	172.851
2.8357041	3934.213	380	96.5886	6.81023	4074.18	844	207.158	6.3758	4091.93	708	173.023
2.85633	3935.0428	380	96.5682	6.8607	4076.39	846	207.537	6.41922	4093.82	708	172.944
2.8634424	3935.329	381	96.8153	6.8806	4077.26	845	207.247	6.45125	4095.22	708	172.885
2.874111	3935.7584	380	96.5506	6.93674	4079.71	847	207.613	6.47972	4096.46	708	172.832
2.8933144	3936.5315	381	96.7857	6.96873	4081.11	847	207.542	6.52954	4098.63	708	172.741
2.9182077	3937.5341	381	96.7611	7.01919	4083.32	848	207.674	6.57011	4100.4	708	172.666
2.9359886	3938.2506	381	96.7435	7.05473	4084.88	850	208.085	6.60142	4101.77	708	172.608
2.9459459	3938.652	382	96.9875	7.09666	4086.72	849	207.746	6.63843	4103.39	709	172.784
2.9566145	3939.0821	382	96.9769	7.12935	4088.15	851	208.162	6.67046	4104.79	708	172.481
2.970128	3939.627	383	97.2173	7.17982	4090.37	851	208.05	6.70961	4106.51	707	172.166
2.9857752	3940.2582	383	97.2018	7.20896	4091.65	853	208.473	6.75658	4108.57	707	172.079
2.9978663	3940.746	383	97.1897	7.25444	4093.66	853	208.371	6.78221	4109.69	708	172.276
3.0142248	3941.4063	384	97.4272	7.29211	4095.32	855	208.775	6.81922	4111.32	707	171.964
3.0263158	3941.8944	384	97.4151	7.33333	4097.13	855	208.682	6.85694	4112.97	707	171.895
3.044808	3942.6412	385	97.6503	7.37313	4098.89	856	208.837	6.89893	4114.82	706	171.575
3.059744	3943.2446	385	97.6353	7.41791	4100.87	858	209.224	6.93096	4116.23	708	172.002
3.0775249	3943.9632	385	97.6175	7.45274	4102.41	857	208.902	6.97082	4117.98	707	171.686
3.086771	3944.3369	385	97.6083	7.49467	4104.27	859	209.294	7.00142	4119.33	708	171.872
3.101707	3944.9409	385	97.5934	7.53802	4106.19	858	208.953	7.05409	4121.66	707	171.533
3.1251778	3945.8902	385	97.5699	7.57356	4107.76	859	209.116	7.09324	4123.39	708	171.704
3.1394026	3946.4658	386	97.809	7.6162	4109.65	860	209.263	7.12669	4124.86	706	171.157
3.155761	3947.128	385	97.5393	7.64534	4110.95	859	208.954	7.17082	4126.82	707	171.318
3.1664296	3947.56	386	97.7819	7.69865	4113.32	861	209.32	7.20641	4128.39	706	171.011
3.1770982	3947.992	385	97.5179	7.73063	4114.74	860	209.005	7.24555	4130.13	707	171.181
3.1934566	3948.6547	386	97.7548	7.77541	4116.73	861	209.146	7.27758	4131.55	707	171.122
3.2169275	3949.6058	387	97.9845	7.8145	4118.48	860	208.815	7.32028	4133.44	708	171.286
3.2290185	3950.096	387	97.9723	7.85004	4120.06	861	208.978	7.35516	4134.99	707	170.98
3.2418208	3950.6152	387	97.9594	7.89481	4122.06	860	208.634	7.39359	4136.7	708	171.151
3.2567568	3951.221	387	97.9444	7.92679	4123.49	859	208.319	7.42349	4138.03	708	171.096
3.2702703	3951.7693	388	98.1839	7.96731	4125.3	860	208.47	7.46619	4139.93	708	171.017
3.2830725	3952.2889	388	98.171	8.0064	4127.05	858	207.897	7.50676	4141.74	707	170.701
3.2972973	3952.8664	388	98.1566	8.04762	4128.9	859	208.046	7.54093	4143.26	707	170.639
3.3165007	3953.6462	389	98.3902	8.08173	4130.42	858	207.727	7.58505	4145.23	706	170.316
3.3335704	3954.3397	388	98.12	8.12225	4132.24	858	207.635	7.62064	4146.82	707	170.492
3.3492176	3954.9756	390	98.61	8.15849	4133.87	858	207.554	7.65694	4148.44	706	170.184
3.3655761	3955.6406	390	98.5934	8.20824	4136.11	857	207.2	7.69893	4150.32	707	170.348
3.3968706	3956.9134	390	98.5617	8.25373	4138.15	858	207.339	7.73737	4152.04	706	170.037
3.4025605	3957.1449	391	98.8086	8.29353	4139.94	857	207.008	7.7694	4153.48	706	169.978
3.4068279	3957.3186	390	98.5516	8.33547	4141.83	858	207.155	7.8121	4155.39	707	170.14
3.4274538	3958.1581	391	98.7833	8.36603	4143.21	858	207.086	7.8427	4156.77	705	169.603
3.443101	3958.7952	391	98.7674	8.40938	4145.17	858	206.988	7.88327	4158.59	706	169.769
3.4559033	3959.3166	391	98.7544	8.44563	4146.81	859	207.147	7.92954	4160.67	705	169.444
3.4665718	3959.7513	392	98.9961	8.48827	4148.74	858	206.81	7.95231	4161.69	705	169.402
3.4815078	3960.3599	392	98.9809	8.53447	4150.83	860	207.188	7.99217	4163.49	704	169.089
3.5085349	3961.4617	393	99.2058	8.56361	4152.15	860	207.122	8.03559	4165.44	705	169.25
3.5248933	3962.1289	394	99.4415	8.60412	4153.98	861	207.271	8.06406	4166.73	704	168.957
3.5405405	3962.7673	393	99.1731	8.65032	4156.08	862	207.407	8.1089	4168.75	705	169.115
3.5490754	3963.1156	394	99.4167	8.68586	4157.69	862	207.326	8.14804	4170.52	703	168.564
3.5647226	3963.7544	393	99.1484	8.72992	4159.7	863	207.467	8.17865	4171.91	704	168.748
3.5846373	3964.5676	394	99.3803	8.77043	4161.54	863	207.375	8.21637	4173.61	703	168.439

3.601707	3965.2649	393	99.1107	8.80739	4163.22	864	207.531	8.26263	4175.71	704	168.594
3.6095306	3965.5845	393	99.1027	8.85217	4165.26	865	207.67	8.30036	4177.42	703	168.286
3.6294452	3966.3985	394	99.3344	8.88984	4166.98	866	207.824	8.33025	4178.77	704	168.471
3.6443812	3967.0092	393	99.0671	8.92751	4168.7	866	207.738	8.37295	4180.71	703	168.153
3.6614509	3967.7074	394	99.3017	8.9737	4170.81	867	207.873	8.40427	4182.13	705	168.574
3.6827881	3968.5804	394	99.2798	9.01137	4172.54	869	208.267	8.44413	4183.95	704	168.262
3.697724	3969.1918	393	99.0126	9.04122	4173.9	868	207.959	8.48399	4185.76	705	168.428
3.7069701	3969.5703	394	99.2551	9.08742	4176.02	871	208.572	8.51103	4186.99	704	168.14
3.7219061	3970.182	393	98.9879	9.12154	4177.58	870	208.254	8.5516	4188.84	705	168.304
3.7411095	3970.9687	394	99.2201	9.17058	4179.84	872	208.621	8.59146	4190.66	704	167.993
3.7532006	3971.4642	394	99.2077	9.20327	4181.34	873	208.785	8.6306	4192.45	704	167.921
3.7667141	3972.0181	394	99.1939	9.23881	4182.97	873	208.703	8.66904	4194.2	703	167.612
3.7823613	3972.6597	395	99.4296	9.2914	4185.39	875	209.06	8.69324	4195.31	705	168.045
3.7880512	3972.8931	394	99.1721	9.3248	4186.93	873	208.506	8.75302	4198.05	704	167.697
3.7980085	3973.3015	395	99.4135	9.36461	4188.76	875	208.892	8.77794	4199.19	705	167.89
3.8278805	3974.5273	395	99.3829	9.41507	4191.09	875	208.776	8.82349	4201.27	705	167.806
3.841394	3975.0821	394	99.1174	9.45274	4192.83	875	208.689	8.85979	4202.94	705	167.74
3.85633	3975.6955	395	99.3537	9.48543	4194.34	876	208.853	8.88968	4204.31	706	167.923
3.874111	3976.4259	394	99.084	9.52878	4196.35	874	208.276	8.93167	4206.24	705	167.608
3.8890469	3977.0397	394	99.0687	9.56148	4197.86	875	208.439	8.96584	4207.81	706	167.783
3.9110953	3977.9461	394	99.0461	9.59915	4199.61	874	208.115	9.0121	4209.94	706	167.698
3.9231863	3978.4434	393	98.7824	9.64392	4201.69	875	208.25	9.03986	4211.22	706	167.647
3.9302987	3978.7359	394	99.0264	9.68941	4203.8	875	208.145	9.0847	4213.29	706	167.565
3.9516358	3979.6138	393	98.7533	9.71997	4205.22	874	207.837	9.11246	4214.57	707	167.751
3.9758179	3980.6092	394	98.9798	9.76404	4207.27	874	207.736	9.16085	4216.81	706	167.425
3.9864865	3981.0486	393	98.7177	9.80028	4208.95	873	207.415	9.18149	4217.76	707	167.625
4.0007112	3981.6345	393	98.7032	9.8344	4210.54	873	207.337	9.24199	4220.56	706	167.276
4.0135135	3982.1619	394	98.9412	9.8877	4213.03	872	206.977	9.26406	4221.58	707	167.473
4.0348506	3983.0414	393	98.6683	9.92466	4214.75	873	207.13	9.30391	4223.43	706	167.163
4.0440967	3983.4226	394	98.9099	9.96588	4216.68	873	207.035	9.35801	4225.93	707	167.3
4.0526316	3983.7745	393	98.6502	10.0057	4218.54	872	206.707	9.39288	4227.55	706	167
4.0675676	3984.3906	393	98.6349	10.0384	4220.07	874	207.106	9.41423	4228.55	707	167.197
4.0817923	3984.9774	394	98.8713	10.0824	4222.13	873	206.767	9.45552	4230.46	705	166.648
4.0995733	3985.7113	393	98.6022	10.1201	4223.9	874	206.918	9.49395	4232.25	706	166.814
4.1180654	3986.4748	394	98.8342	10.1613	4225.83	875	207.06	9.53665	4234.24	705	166.5
4.1344239	3987.1505	394	98.8174	10.1976	4227.54	875	206.976	9.57082	4235.83	706	166.673
4.1479374	3987.7088	393	98.5528	10.2459	4229.81	876	207.102	9.60498	4237.43	705	166.375
4.1664296	3988.473	394	98.7847	10.2715	4231.01	875	206.806	9.64626	4239.35	705	166.299
4.1792319	3989.0023	393	98.5209	10.3184	4233.22	877	207.171	9.68754	4241.28	705	166.223
4.1870555	3989.3258	394	98.7636	10.3738	4235.83	877	207.043	9.70819	4242.25	705	166.185
4.2105263	3990.2967	394	98.7395	10.4023	4237.17	878	207.214	9.75943	4244.65	705	166.092
4.2233286	3990.8265	394	98.7264	10.4371	4238.82	879	207.369	9.79929	4246.51	705	166.019
4.2411095	3991.5625	395	98.9587	10.4812	4240.9	880	207.503	9.84128	4248.48	705	165.942
4.2524893	3992.0337	394	98.6966	10.533	4243.35	882	207.854	9.87544	4250.08	706	166.114
4.2617354	3992.4166	395	98.9376	10.5579	4244.53	881	207.561	9.91388	4251.89	706	166.044
4.2752489	3992.9764	396	99.1741	10.5999	4246.52	883	207.935	9.95231	4253.69	705	165.738
4.3015647	3994.067	395	98.8967	10.6411	4248.47	884	208.075	9.99359	4255.64	706	165.898
4.314367	3994.5977	397	99.3842	10.6873	4250.67	885	208.203	10.0278	4257.25	706	165.835
4.3200569	3994.8337	396	99.128	10.7193	4252.19	886	208.363	10.0655	4259.02	705	165.531
4.3470839	3995.9548	397	99.3505	10.7605	4254.15	885	208.032	10.1075	4261	705	165.454
4.359175	3996.4565	397	99.338	10.8109	4256.55	888	208.62	10.1367	4262.38	705	165.401
4.374111	3997.0765	397	99.3226	10.8394	4257.9	887	208.319	10.1758	4264.23	705	165.329
4.3961593	3997.9921	398	99.55	10.8671	4259.22	889	208.724	10.2036	4265.54	705	165.278
4.4082504	3998.4943	397	99.2874	10.9247	4261.97	890	208.824	10.2491	4267.7	705	165.195
4.4189189	3998.9376	398	99.5264	10.9673	4264.01	890	208.724	10.2947	4269.85	706	165.345
4.4388336	3999.7653	399	99.7559	11.0078	4265.94	892	209.098	10.331	4271.57	704	164.81
4.4594595	4000.6229	398	99.4845	11.0476	4267.85	891	208.77	10.363	4273.09	705	164.986
4.4687055	4001.0075	400	99.9748	11.0931	4270.03	893	209.132	10.4078	4275.22	704	164.67
4.4914651	4001.9545	399	99.7013	11.1329	4271.94	892	208.805	10.4427	4276.88	705	164.84

4.5078236	4002.6354	400	99.9342	11.1642	4273.44	893	208.965	10.4747	4278.4	704	164.547
4.5199147	4003.1388	400	99.9216	11.209	4275.59	894	209.094	10.5238	4280.74	705	164.691
4.5384068	4003.909	400	99.9024	11.248	4277.47	893	208.768	10.5573	4282.33	704	164.396
4.5497866	4004.3831	401	100.14	11.2814	4279.07	894	208.924	10.595	4284.13	705	164.561
4.5625889	4004.9166	401	100.127	11.3205	4280.96	894	208.832	10.6313	4285.86	704	164.261
4.5789474	4005.5986	402	100.36	11.3561	4282.67	894	208.748	10.6669	4287.56	705	164.429
4.5960171	4006.3104	402	100.342	11.4044	4285	892	208.168	10.7025	4289.26	704	164.131
4.6159317	4007.1411	402	100.321	11.4534	4287.37	893	208.286	10.7431	4291.2	705	164.29
4.6322902	4007.8238	403	100.553	11.4819	4288.74	892	207.986	10.7865	4293.28	703	163.744
4.6472262	4008.4473	402	100.288	11.5203	4290.6	891	207.663	10.8107	4294.44	704	163.933
4.6564723	4008.8334	403	100.528	11.5686	4292.94	891	207.55	10.8505	4296.35	702	163.394
4.6806543	4009.8435	404	100.752	11.602	4294.56	890	207.239	10.8904	4298.26	703	163.554
4.6934566	4010.3785	404	100.739	11.6432	4296.56	891	207.375	10.9381	4300.55	702	163.235
4.6991465	4010.6163	405	100.982	11.6816	4298.42	890	207.053	10.9708	4302.13	702	163.175
4.7169275	4011.3596	405	100.963	11.7235	4300.46	891	207.187	11.0043	4303.74	702	163.114
4.7396871	4012.3115	405	100.939	11.7647	4302.46	891	207.091	11.0456	4305.73	702	163.039
4.7503556	4012.7578	405	100.928	11.8053	4304.43	890	206.764	11.089	4307.82	702	162.96
4.7610242	4013.2043	405	100.917	11.838	4306.03	891	206.919	11.1238	4309.5	703	163.128
4.7716927	4013.6508	407	101.404	11.8827	4308.21	890	206.582	11.1616	4311.32	702	162.827
4.7930299	4014.5442	406	101.132	11.9339	4310.71	890	206.463	11.1943	4312.9	702	162.767
4.814367	4015.438	407	101.359	11.9602	4311.99	892	206.865	11.242	4315.21	701	162.449
4.8250356	4015.885	408	101.597	12.0043	4314.15	892	206.762	11.2698	4316.55	701	162.398
4.8328592	4016.2129	408	101.588	12.0455	4316.16	893	206.897	11.3075	4318.38	702	162.561
4.8513514	4016.9881	409	101.818	12.0959	4318.64	894	207.01	11.3459	4320.24	701	162.259
4.8648649	4017.5549	408	101.554	12.1357	4320.59	894	206.916	11.3836	4322.07	702	162.422
4.8769559	4018.062	409	101.79	12.1656	4322.05	896	207.309	11.4228	4323.97	701	162.119
4.8918919	4018.6887	410	102.023	12.209	4324.18	896	207.207	11.4569	4325.64	702	162.288
4.9103841	4019.4649	409	101.755	12.253	4326.35	897	207.334	11.5046	4327.96	701	161.97
4.9288762	4020.2414	410	101.984	12.2942	4328.38	897	207.237	11.5352	4329.45	702	162.145
4.9445235	4020.8987	410	101.967	12.3276	4330.02	898	207.389	11.5836	4331.8	700	161.595
4.9665718	4021.8252	411	102.192	12.3731	4332.27	898	207.282	11.6206	4333.61	701	161.759
4.9807966	4022.4232	411	102.177	12.4122	4334.2	899	207.42	11.6584	4335.45	701	161.69
4.9943101	4022.9914	410	101.914	12.4506	4336.09	900	207.56	11.694	4337.19	700	161.395
5	4023.2307	411	102.157	12.4961	4338.34	899	207.222	11.7352	4339.21	701	161.55
5.0163585	4023.9189	410	101.891	12.5309	4340.07	902	207.831	11.7715	4340.99	701	161.484
5.0355619	4024.727	411	102.119	12.57	4342	901	207.508	11.8185	4343.29	701	161.399
5.0583215	4025.6853	411	102.094	12.6084	4343.9	902	207.647	11.837	4344.19	701	161.365
5.0732575	4026.3143	411	102.078	12.6532	4346.13	903	207.771	11.8833	4346.46	702	161.511
5.0953058	4027.2433	412	102.303	12.7029	4348.6	903	207.653	11.9132	4347.93	702	161.456
5.1095306	4027.8429	411	102.04	12.7399	4350.44	905	208.025	11.9616	4350.31	703	161.598
5.1251778	4028.5027	412	102.271	12.7747	4352.17	904	207.713	11.995	4351.96	703	161.537
5.1337127	4028.8626	412	102.262	12.8131	4354.08	906	208.081	12.032	4353.78	703	161.469
5.1472262	4029.4327	411	101.999	12.8436	4355.6	905	207.778	12.0669	4355.5	704	161.635
5.1664296	4030.2431	412	102.227	12.8927	4358.05	907	208.121	12.1196	4358.1	704	161.538
5.1799431	4030.8135	411	101.965	12.9375	4360.29	907	208.014	12.1552	4359.85	704	161.473
5.1963016	4031.5043	412	102.195	12.9716	4361.99	907	207.932	12.1843	4361.29	703	161.191
5.2133713	4032.2253	412	102.177	13.0071	4363.77	907	207.848	12.2185	4362.98	704	161.357
5.2268848	4032.7963	411	101.914	13.0462	4365.73	906	207.526	12.2619	4365.13	704	161.278
5.2368421	4033.2172	412	102.152	13.0846	4367.65	908	207.892	12.3025	4367.14	704	161.204
5.2532006	4033.9088	411	101.886	13.1294	4369.9	906	207.327	12.3388	4368.94	703	160.909
5.2766714	4034.9015	412	102.109	13.167	4371.79	907	207.467	12.368	4370.39	704	161.084
5.2866287	4035.3228	412	102.098	13.2047	4373.68	906	207.148	12.3986	4371.91	703	160.799
5.2987198	4035.8344	411	101.838	13.2615	4376.54	906	207.013	12.4505	4374.49	704	160.933
5.3108108	4036.3463	412	102.073	13.2971	4378.33	906	206.928	12.4961	4376.76	704	160.85
5.3364154	4037.4305	411	101.797	13.3284	4379.91	904	206.397	12.5217	4378.03	705	161.031
5.3534851	4038.1537	411	101.779	13.3639	4381.7	906	206.769	12.5594	4379.91	703	160.505
5.3627312	4038.5455	411	101.769	13.4094	4384	905	206.433	12.6014	4382.01	704	160.657
5.3698435	4038.847	411	101.762	13.4463	4385.87	906	206.573	12.642	4384.03	704	160.583
5.3854908	4039.5103	411	101.745	13.4876	4387.95	906	206.474	12.6776	4385.81	705	160.746

5.4068279	4040.4153	410	101.475	13.5195	4389.57	905	206.17	12.716	4387.73	704	160.447
5.4253201	4041.1999	410	101.455	13.5608	4391.66	907	206.528	12.7516	4389.51	706	160.838
5.4438122	4041.9848	410	101.435	13.6091	4394.11	905	205.957	12.7915	4391.51	705	160.537
5.458037	4042.5888	409	101.173	13.6461	4395.99	906	206.097	12.8278	4393.33	706	160.698
5.4736842	4043.2534	410	101.403	13.6859	4398.01	905	205.775	12.8676	4395.33	705	160.398
5.487909	4043.8577	409	101.141	13.7257	4400.03	906	205.907	12.9053	4397.22	707	160.783
5.4943101	4044.1298	409	101.134	13.7704	4402.31	907	206.028	12.9395	4398.94	706	160.493
5.5113798	4044.8553	409	101.116	13.8017	4403.91	907	205.953	12.9872	4401.34	706	160.406
5.5369844	4045.9442	407	100.595	13.8515	4406.45	909	206.289	13.0164	4402.81	705	160.125
5.556899	4046.7915	408	100.821	13.8813	4407.97	908	205.991	13.0584	4404.93	706	160.275
5.5647226	4047.1244	407	100.565	13.9254	4410.22	909	206.112	13.0996	4407.01	705	159.972
5.5810811	4047.8208	407	100.548	13.9602	4412	909	206.029	13.1324	4408.66	707	160.366
5.5903272	4048.2145	407	100.538	14.01	4414.55	910	206.137	13.1701	4410.57	705	159.843
5.6073969	4048.9415	406	100.273	14.0419	4416.19	910	206.06	13.2185	4413.01	707	160.208
5.6280228	4049.8204	406	100.251	14.0846	4418.38	911	206.184	13.2548	4414.85	705	159.688
5.6372688	4050.2145	405	99.9947	14.1329	4420.86	913	206.521	13.2911	4416.69	707	160.075
5.6493599	4050.7299	406	100.229	14.1706	4422.79	912	206.205	13.3267	4418.5	705	159.557
5.6678521	4051.5186	405	99.9625	14.2118	4424.91	914	206.558	13.3687	4420.63	707	159.932
5.6970128	4052.7628	404	99.6851	14.2473	4426.74	915	206.698	13.4007	4422.25	706	159.647
5.7083926	4053.2485	405	99.9199	14.2886	4428.87	915	206.599	13.4413	4424.32	707	159.799
5.7197724	4053.7344	404	99.6612	14.3305	4431.03	917	206.95	13.4705	4425.8	706	159.519
5.7261735	4054.0078	404	99.6545	14.3774	4433.45	916	206.611	13.521	4428.38	707	159.652
5.7382646	4054.5242	404	99.6418	14.4115	4435.22	918	206.98	13.5438	4429.54	707	159.61
5.7674253	4055.7702	403	99.3646	14.4513	4437.27	917	206.658	13.5986	4432.33	708	159.735
5.7773826	4056.1959	403	99.3542	14.4911	4439.34	919	207.013	13.6149	4433.17	707	159.48
5.7916074	4056.8041	402	99.0928	14.5316	4441.44	918	206.69	13.6591	4435.42	708	159.624
5.8044097	4057.3517	402	99.0794	14.5707	4443.46	919	206.821	13.7046	4437.75	707	159.315
5.8200569	4058.0212	402	99.0631	14.5984	4444.9	919	206.754	13.7431	4439.72	708	159.469
5.8364154	4058.7213	401	98.7996	14.6567	4447.93	919	206.613	13.7801	4441.62	707	159.176
5.8541963	4059.4826	402	99.0274	14.6759	4448.93	920	206.791	13.8185	4443.59	708	159.331
5.8677098	4060.0613	401	98.767	14.7385	4452.18	919	206.416	13.8605	4445.74	708	159.253
5.8897582	4061.006	401	98.744	14.7555	4453.07	921	206.823	13.889	4447.21	708	159.201
5.9004267	4061.4632	401	98.7329	14.801	4455.45	919	206.264	13.9288	4449.26	707	158.903
5.9146515	4062.073	400	98.4719	14.8472	4457.86	920	206.377	13.9637	4451.05	707	158.839
5.93101	4062.7746	401	98.701	14.8856	4459.86	920	206.284	14.0028	4453.07	708	158.992
5.943101	4063.2932	400	98.4423	14.9225	4461.8	920	206.195	14.0441	4455.2	709	159.14
5.9637269	4064.1783	400	98.4209	14.9758	4464.59	921	206.29	14.0804	4457.07	708	158.849
5.9672831	4064.331	401	98.6632	15.0071	4466.23	919	205.767	14.111	4458.65	707	158.568
5.9793741	4064.85	399	98.1586	15.0405	4467.98	920	205.91	14.158	4461.08	708	158.706
5.9921764	4065.3998	400	98.3913	15.0768	4469.88	919	205.598	14.1907	4462.77	707	158.422
6.0263158	4066.8665	399	98.1099	15.1215	4472.23	921	205.937	14.227	4464.65	708	158.579
6.0391181	4067.4168	400	98.3425	15.1542	4473.95	920	205.635	14.2676	4466.75	708	158.504
6.0540541	4068.059	400	98.327	15.2061	4476.68	920	205.509	14.3196	4469.45	708	158.409
6.059744	4068.3037	399	98.0753	15.2367	4478.3	920	205.435	14.348	4470.93	708	158.356
6.0739687	4068.9156	401	98.5521	15.285	4480.84	919	205.095	14.3772	4472.44	709	158.526
6.0938834	4069.7725	400	98.2856	15.3149	4482.42	920	205.246	14.4214	4474.74	708	158.222
6.1116643	4070.5379	400	98.2671	15.3511	4484.34	919	204.936	14.4619	4476.85	708	158.147
6.1244666	4071.0892	401	98.4994	15.3994	4486.89	920	205.042	14.4968	4478.67	707	157.86
6.1422475	4071.8551	400	98.2353	15.4542	4489.79	919	204.687	14.5288	4480.34	708	158.024
6.1564723	4072.4681	401	98.4661	15.4762	4490.96	920	204.856	14.5708	4482.53	708	157.947
6.1792319	4073.4492	400	98.1969	15.5167	4493.11	920	204.758	14.6142	4484.8	709	158.09
6.1963016	4074.1853	401	98.4246	15.5508	4494.92	920	204.676	14.6491	4486.62	707	157.58
6.2140825	4074.9524	401	98.4061	15.5999	4497.52	921	204.779	14.684	4488.44	709	157.961
6.2233286	4075.3514	401	98.3964	15.6397	4499.64	920	204.461	14.7103	4489.82	708	157.69
6.2382646	4075.9961	402	98.6262	15.6716	4501.34	922	204.828	14.7609	4492.47	709	157.82
6.2460882	4076.3339	401	98.3727	15.7157	4503.69	922	204.721	14.7922	4494.11	708	157.539
6.257468	4076.8253	402	98.6061	15.7605	4506.08	923	204.834	14.837	4496.47	709	157.679
6.2773826	4077.6856	402	98.5853	15.7982	4508.09	924	204.965	14.8726	4498.34	708	157.391
6.2958748	4078.4847	402	98.566	15.833	4509.95	924	204.88	14.9132	4500.47	709	157.539

6.311522	4079.1612	403	98.7948	15.8593	4511.36	926	205.26	14.9559	4502.72	708	157.238
6.3364154	4080.2378	402	98.5237	15.9133	4514.25	925	204.907	14.9786	4503.92	709	157.418
6.3513514	4080.884	402	98.5081	15.9581	4516.65	927	205.241	15.0192	4506.06	708	157.122
6.35633	4081.0995	403	98.7479	15.99	4518.36	926	204.941	15.0569	4508.05	709	157.274
6.371266	4081.746	402	98.4873	16.0448	4521.3	928	205.251	15.0989	4510.27	707	156.753
6.386202	4082.3927	403	98.7166	16.0746	4522.91	928	205.178	15.1338	4512.12	708	156.911
6.4025605	4083.1013	402	98.4546	16.1116	4524.9	929	205.309	15.1715	4514.11	708	156.841
6.4210526	4083.9026	403	98.6801	16.1535	4527.15	930	205.427	15.2085	4516.07	708	156.773
6.4317212	4084.365	403	98.6689	16.1983	4529.57	930	205.318	15.2399	4517.73	707	156.494
6.4452347	4084.9509	403	98.6548	16.2345	4531.52	931	205.45	15.2861	4520.19	708	156.631
6.4651494	4085.8146	404	98.8787	16.2765	4533.79	931	205.347	15.3253	4522.27	708	156.559
6.4822191	4086.5552	403	98.6161	16.3092	4535.55	932	205.488	15.3651	4524.39	709	156.706
6.4964438	4087.1726	404	98.8458	16.3561	4538.09	932	205.373	15.3993	4526.21	709	156.643
6.5156472	4088.0063	404	98.8257	16.3888	4539.86	931	205.072	15.4427	4528.52	710	156.784
6.527027	4088.5006	404	98.8137	16.4328	4542.25	933	205.405	15.4776	4530.38	709	156.499
6.5334282	4088.7786	405	99.0516	16.4741	4544.49	931	204.864	15.5146	4532.35	709	156.431
6.5476529	4089.3967	404	98.7921	16.5167	4546.8	933	205.199	15.5559	4534.56	710	156.575
6.5654339	4090.1695	404	98.7734	16.5593	4549.12	932	204.875	15.5922	4536.5	710	156.508
6.5753912	4090.6024	405	99.0074	16.597	4551.17	932	204.782	15.6249	4538.25	711	156.668
6.5938834	4091.4066	404	98.7435	16.634	4553.18	932	204.692	15.6705	4540.69	711	156.584
6.6102418	4092.1183	405	98.9707	16.6809	4555.74	931	204.357	15.6982	4542.17	712	156.753
6.6251778	4092.7683	405	98.955	16.7164	4557.68	932	204.49	15.7452	4544.69	712	156.666
6.6493599	4093.8212	405	98.9296	16.7541	4559.74	931	204.178	15.7786	4546.49	712	156.604
6.658606	4094.2239	406	99.1641	16.8017	4562.34	933	204.5	15.8057	4547.94	711	156.334
6.6678521	4094.6267	406	99.1543	16.8294	4563.86	931	203.994	15.8548	4550.59	712	156.463
6.6849218	4095.3705	407	99.3805	16.8799	4566.62	932	204.089	15.8989	4552.96	710	155.942
6.7069701	4096.3316	407	99.3572	16.9097	4568.26	933	204.235	15.9281	4554.53	711	156.108
6.7183499	4096.8279	407	99.3452	16.9446	4570.17	931	203.712	15.9808	4557.37	711	156.011
6.7375533	4097.6656	407	99.3248	16.9936	4572.87	933	204.03	16.0206	4559.53	711	155.937
6.7588905	4098.5968	407	99.3023	17.0412	4575.49	931	203.476	16.0548	4561.37	710	155.655
6.7816501	4099.5905	408	99.5221	17.0682	4576.97	933	203.847	16.0904	4563.3	711	155.808
6.7866287	4099.8079	408	99.5169	17.1222	4579.95	932	203.496	16.1281	4565.34	710	155.52
6.7972973	4100.274	408	99.5055	17.1656	4582.34	932	203.39	16.1587	4567	712	155.901
6.8200569	4101.2685	409	99.7252	17.1947	4583.95	933	203.536	16.2071	4569.62	711	155.593
6.8278805	4101.6105	408	99.4731	17.2374	4586.31	932	203.214	16.2342	4571.09	712	155.762
6.8449502	4102.3568	409	99.6988	17.2779	4588.55	933	203.332	16.279	4573.53	711	155.46
6.8634424	4103.1657	409	99.6791	17.3127	4590.47	932	203.029	16.3046	4574.92	712	155.631
6.8762447	4103.7258	409	99.6655	17.3582	4593	934	203.353	16.3523	4577.51	711	155.324
6.8904694	4104.3484	409	99.6504	17.3923	4594.89	933	203.052	16.4	4580.11	712	155.455
6.9039829	4104.94	409	99.636	17.4271	4596.82	935	203.401	16.4199	4581.2	711	155.2
6.913229	4105.3449	410	99.8698	17.4705	4599.23	935	203.295	16.4811	4584.54	712	155.305
6.928165	4105.9992	409	99.6103	17.5139	4601.64	935	203.188	16.5039	4585.78	712	155.262
6.955192	4107.1835	409	99.5816	17.5473	4603.5	937	203.541	16.548	4588.2	714	155.617
6.9665718	4107.6824	410	99.813	17.5935	4606.08	936	203.21	16.5722	4589.52	713	155.354
6.9843528	4108.4622	409	99.5506	17.6347	4608.38	939	203.759	16.6285	4592.6	714	155.467
7.0021337	4109.2422	410	99.7751	17.6745	4610.6	938	203.444	16.6498	4593.77	713	155.21
7.0135135	4109.7416	409	99.5196	17.7107	4612.63	939	203.572	16.6975	4596.39	715	155.557
7.0234708	4110.1787	410	99.7524	17.7633	4615.57	939	203.442	16.7302	4598.19	714	155.279
7.0376956	4110.8032	410	99.7372	17.7861	4616.84	939	203.386	16.7715	4600.45	715	155.419
7.0547653	4111.5529	409	99.4758	17.8337	4619.51	941	203.701	16.8157	4602.88	714	155.12
7.0789474	4112.6155	410	99.6932	17.8706	4621.59	940	203.393	16.8491	4604.73	715	155.275
7.0938834	4113.272	410	99.6773	17.9147	4624.06	942	203.717	16.8861	4606.77	714	154.989
7.1038407	4113.7098	410	99.6667	17.9559	4626.38	942	203.615	16.906	4607.86	715	155.169
7.1130868	4114.1164	410	99.6569	17.9929	4628.46	943	203.739	16.9609	4610.89	715	155.068
7.1308677	4114.8986	409	99.3949	18.027	4630.38	943	203.655	16.99	4612.5	716	155.23
7.1422475	4115.3994	410	99.6258	18.0689	4632.75	943	203.551	17.0335	4614.9	716	155.149
7.158606	4116.1195	409	99.3654	18.1116	4635.15	945	203.877	17.0726	4617.07	717	155.293
7.1763869	4116.9024	409	99.3465	18.1493	4637.28	944	203.568	17.1153	4619.44	715	154.781
7.1891892	4117.4663	410	99.5758	18.1891	4639.53	945	203.684	17.1509	4621.41	716	154.931

7.2076814	4118.2812	409	99.3133	18.2381	4642.31	944	203.347	17.1794	4622.99	716	154.878
7.2254623	4119.0649	410	99.5372	18.2807	4644.73	945	203.457	17.2228	4625.41	717	155.013
7.2382646	4119.6295	409	99.2808	18.3063	4646.18	945	203.393	17.2698	4628.02	716	154.71
7.2560455	4120.4138	409	99.2619	18.3468	4648.48	945	203.292	17.2975	4629.56	717	154.874
7.2738265	4121.1983	410	99.4856	18.403	4651.67	947	203.583	17.3352	4631.67	717	154.804
7.2894737	4121.889	409	99.2263	18.4286	4653.12	946	203.304	17.3715	4633.69	718	154.952
7.302276	4122.4543	409	99.2127	18.4741	4655.71	947	203.406	17.4185	4636.31	717	154.649
7.3200569	4123.2397	409	99.1938	18.5075	4657.62	946	203.108	17.4498	4638.06	719	155.022
7.3399716	4124.1197	409	99.1727	18.5544	4660.29	947	203.206	17.4847	4640.01	719	154.956
7.3520626	4124.6541	409	99.1598	18.5864	4662.12	947	203.126	17.5189	4641.92	720	155.108
7.3662873	4125.2831	408	98.9023	18.6233	4664.23	947	203.034	17.5658	4644.56	720	155.02
7.3776671	4125.7864	409	99.1326	18.6645	4666.59	948	203.146	17.5922	4646.03	720	154.971
7.3975818	4126.6674	408	98.8691	18.71	4669.2	947	202.819	17.6399	4648.71	720	154.882
7.413229	4127.3599	409	99.0948	18.7413	4670.99	950	203.383	17.6826	4651.11	720	154.802
7.4317212	4128.1787	409	99.0752	18.7839	4673.44	949	203.063	17.7181	4653.11	721	154.95
7.4395448	4128.5252	408	98.8246	18.838	4676.54	950	203.142	17.7566	4655.27	722	155.093
7.4559033	4129.2498	409	99.0495	18.8692	4678.34	950	203.064	17.7929	4657.32	722	155.025
7.4651494	4129.6595	408	98.7975	18.9069	4680.51	950	202.97	17.8299	4659.41	722	154.955
7.4829303	4130.4477	408	98.7786	18.9488	4682.92	952	203.292	17.8641	4661.33	722	154.891
7.5042674	4131.3938	408	98.756	18.978	4684.6	951	203.006	17.9132	4664.11	723	155.014
7.5184922	4132.0248	407	98.4989	19.0227	4687.19	953	203.32	17.9409	4665.68	723	154.961
7.5362731	4132.8138	408	98.7221	19.0682	4689.81	952	202.993	17.9865	4668.26	724	155.09
7.5512091	4133.4768	407	98.4643	19.0988	4691.58	954	203.343	18.0228	4670.31	724	155.022
7.5661451	4134.1401	407	98.4485	19.15	4694.54	954	203.215	18.0555	4672.17	724	154.96
7.5746799	4134.5192	407	98.4395	19.1827	4696.44	954	203.133	18.094	4674.35	725	155.102
7.5903272	4135.2143	406	98.1811	19.2182	4698.5	955	203.256	18.1302	4676.41	725	155.033
7.6038407	4135.8149	407	98.4087	19.263	4701.1	954	202.931	18.1701	4678.68	727	155.386
7.6180654	4136.4472	406	98.1519	19.2999	4703.25	956	203.264	18.2114	4681.03	726	155.094
7.6379801	4137.3328	406	98.1309	19.3475	4706.02	955	202.932	18.252	4683.34	727	155.231
7.6536273	4138.029	407	98.356	19.3923	4708.63	956	203.032	18.2833	4685.12	726	154.959
7.6628734	4138.4404	406	98.1046	19.4279	4710.7	957	203.155	18.326	4687.56	726	154.878
7.6863442	4139.4852	407	98.3214	19.4698	4713.14	957	203.049	18.3601	4689.51	726	154.814
7.6984353	4140.0237	406	98.0671	19.5046	4715.18	958	203.174	18.3957	4691.55	726	154.746
7.7076814	4140.4355	406	98.0573	19.5473	4717.67	957	202.854	18.4384	4693.99	726	154.666
7.7297297	4141.4179	406	98.0341	19.5878	4720.04	959	203.176	18.4762	4696.15	728	155.021
7.7467994	4142.1788	405	97.7746	19.6233	4722.12	958	202.875	18.5075	4697.95	728	154.961
7.7553343	4142.5594	406	98.007	19.661	4724.33	959	202.992	18.5502	4700.4	730	155.306
7.7688478	4143.1621	405	97.7514	19.7043	4726.88	959	202.882	18.5851	4702.4	729	155.027
7.7852063	4143.8919	405	97.7342	19.747	4729.38	958	202.563	18.6214	4704.49	730	155.171
7.7972973	4144.4315	405	97.7215	19.7861	4731.68	959	202.676	18.6669	4707.11	730	155.085
7.8229018	4145.5746	405	97.6945	19.8237	4733.9	957	202.159	18.694	4708.67	732	155.458
7.8492176	4146.7501	405	97.6668	19.8614	4736.12	958	202.275	18.7367	4711.13	731	155.165
7.8627312	4147.3541	412	99.3404	19.9168	4739.39	960	202.558	18.7851	4713.92	732	155.285

Bragança, 14 de Dezembro de 2019