



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA

Karísia Larice Bezerra Franco

**CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO
GEOTÉCNICO DE MISTURAS DE RESÍDUO DE PNEUS E SOLO
LATERÍTICO**

Natal/RN
2012

Karísia Larice Bezerra Franco

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Yuri Daniel Jatobá Costa

Co-orientador: Prof. Dr. Olavo Francisco dos Santos Junior

Natal/RN

2012

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Central

Zila Mamede. Divisão de Serviços Técnicos

Franco, Karísia Larice Bezerra.

Caracterização do comportamento geotécnico de mistura de resíduo de pneus e solo laterítico / Karísia Larice Bezerra Franco - Natal, 2012.

120 p. : il.

Orientador : Prof. Dr. Yuri Daniel Jatobá Costa.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária.

KARÍSIA LARICE BEZERRA FRANCO

**CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO
GEOTÉCNICO DE MISTURAS DE RESÍDUO DE PNEUS E SOLO
LATERÍTICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Yuri Daniel Jatobá Costa – Orientador

Dr. Olavo Francisco dos Santos Junior – Examinador UFRN

Dra. Carina Maia Lins Costa – Examinadora Externa IFRN

Dr. Francisco Chagas da Silva Filho – Examinador Externo UFC

Natal, 27 de janeiro de 2012

A Deus,
A minha mãe, Eveline,
Ao meu pai, Osvaldo,
Esteios da minha vida,

Dedico esta dissertação.

AGRADECIMENTOS

Expresso a minha gratidão ao Prof. Dr. Yuri Daniel Jatobá Costa, pela preciosa orientação e contribuição para meu crescimento profissional durante o desenvolvimento do presente trabalho.

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pela oportunidade de realizar o Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos, meios sem os quais não seria possível este aperfeiçoamento.

Aos professores do Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (Larhisa), pelas excelentes aulas ministradas.

Aos professores Olavo dos Santos Junior e Carina Costa, pelas valiosas sugestões no decorrer do Exame de Qualificação e do trabalho.

Ao professor Francisco Chagas da Silva Filho, pela honra de tê-lo como integrante da banca de defesa da minha dissertação.

Aos demais funcionários do Larhisa sempre disponíveis na retirada dos entraves burocráticos.

Aos bolsistas de iniciação científica do Laboratório de Mecânica dos Solos (UFRN) Avelino Junior, João Paulo, Anízio Neto e Victor Fernandes, pela dedicação e interesses oferecidos durante a execução dos ensaios.

Aos colegas de Pós-graduação pelas discussões, críticas e conhecimentos compartilhados.

Agradecimento especial fica para minha mãe e meu pai, Eveline e Osvaldo Franco, meus irmãos Kelita Sara e Osvaldo Junior e minha prima, Ilana Alves, pelo exemplo e amor

que nos une. Ao meu namorado Rodrigo Buriti meu sincero agradecimento, pelo carinho, compreensão e apoio recebidos nos momentos mais difíceis desta caminhada. Amo todos vocês.

RESUMO

Dentre as alternativas tecnológicas para a destinação correta de pneus está o uso na construção de aterros de misturas de solo e resíduo de pneus triturados. A utilização de resíduo de pneus em solos tropicais requer o conhecimento prévio das propriedades e limitações desses materiais. Nesta dissertação, apresentam-se os resultados de um programa experimental para caracterização de misturas de resíduo de pneus em um solo laterítico. O resíduo utilizado neste estudo é classificado como desbastes de pneus, com tamanho médio de 1,4 mm. O programa laboratorial incluiu ensaios de análise granulométrica, limites de consistência, compactação, cisalhamento direto, permeabilidade e compressão confinada com as misturas de solo – resíduos de pneus. Foram utilizadas proporções de 0% (solo puro), 10%, 20%, 40%, 50% e 100% (resíduo puro) em peso. Para os níveis de tensão confinantes utilizados no estudo, a presença do resíduo de pneu proporcionou um aumento considerável da resistência ao cisalhamento da mistura. A máxima resistência ao cisalhamento foi obtida para um teor de resíduo de 40% em peso. Os ensaios de permeabilidade em amostras de resíduos sob uma tensão confinante de 100 kPa revelaram que a permeabilidade cresce significativamente com o aumento do teor de resíduo até um teor de 20%, estabilizando-se em seguida. Os ensaios de compressão confinada evidenciaram que o solo misturado ao resíduo de pneus torna-se mais compressível que o solo puro. O estudo demonstra que o módulo de compressão confinada secante (Msec) para uma mesma tensão vertical diminui com o aumento da porcentagem de resíduo.

PALAVRAS-CHAVE : resíduo de pneus, solo laterítico, aterro, resistência ao cisalhamento, permeabilidade, compressão confinada.

ABSTRACT

A technological alternative for the correct disposal of tires is the use in the construction of embankment with soil and shredded tires. The use of waste tires in tropical soils requires prior knowledge of the properties and limitations of these materials. In this work, the results of an experimental program was devised to characterize the behavior of mixtures of waste tires and a lateritic soil. The residue used in this study is classified as tire buffings with an average size of 1.4 mm. The laboratory program included testing of particle size analysis, Atterberg limits, compaction, direct shear tests, permeability and confined compression tests with pure soil, pure tire and the mixtures. Proportions of 0% (pure soil), 10%, 20%, 40%, 50 % and 100% (pure tire) by weight were used. For the confining stress levels used in the study, the presence of tire residue provided a considerable increase in shear strength of the mixture. The maximum shear strength was obtained for a residue content of 40% by weight. Permeability tests on samples of waste under a confining stress of 100 kPa showed that the permeability increases significantly with increasing residue content until a residue content of 20%. The increase in permeability after that value showed to be negligible. Confined compression tests showed that the soil mixed with tire residue becomes more compressible than the pure soil. The secant constrained modulus (M_{sec}) for the same vertical stress decreases with increasing percentage of residue.

KEYWORDS : waste tires, lateritic soil, embankment, shear strength, permeability, confined compression.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1	- Estrutura do pneu (http://www.braziltires.com.br)	5
FIGURA 2.2	- Recapagem de pneus (http://recapadoraitajai.com.br)	6
FIGURA 2.3	- Muro experimental solo-pneus com 60 m de comprimento e 4 m de altura (Sieira et al., 2000)	8
FIGURA 2.4	- Diferentes tamanhos de pneus processados (Edinçliler et al., 2010)	9
FIGURA 2.5	- Resultados dos ensaios de Proctor Normal com solo puro e misturas para os resíduos de pneu: a) maior granulação; b) menor granulação (Cetin et al., 2006)	12
FIGURA 2.6	- Representação esquemática da influência do teor de resíduos de pneus na resistência ao cisalhamento da mistura solo – resíduos de pneus para uma constante densidade relativa da matriz do solo (Zornberg et al., 2004a)	15
FIGURA 2.7	- Condutividade hidráulica de misturas de ADP e areia (ASTM D 6270-08)	17
FIGURA 3.1	- Distribuição das áreas de ocorrência de Latossolos no Brasil (Camargo et al., 1986)	22
FIGURA 4.1	- Amostra com defloculante	25
FIGURA 4.2	- Curva granulométrica do solo utilizado no estudo	26
FIGURA 4.3	- Difratomia de raios X de amostra do solo estudado	29
FIGURA 4.4	- a) Processo de raspagem da banda de rodagem; b) resíduos de pneus resultantes desse processo	30
FIGURA 4.5	- Curva granulométrica dos desbastes de pneus	31
FIGURA 4.6	- Amostras de desbastes de pneus imersos em água destilada para ensaio de absorção	32
FIGURA 4.7	- Corpo de prova moldada com $\chi = 10\%$ de desbastes de pneus	35
FIGURA 4.8	- Curvas de compactação do solo puro e das misturas solo – desbaste de pneu	36
FIGURA 4.9	- a) Preparação de um corpo de prova diretamente na caixa de cisalhamento; b) compactação da amostra em três camadas; c) montagem da caixa de testes na prensa de cisalhamento	37

FIGURA 4.10	- Corpo de prova da mistura solo – resíduo de pneus no anel de adensamento	40
FIGURA 4.11	- Montagem do ensaio de compressão confinada	41
FIGURA 4.12	- Ensaio de permeabilidade à carga variável realizado após a aplicação de sobrecarga de 100 kPa por um período de 30 dias	44
FIGURA 5.1	- Tensão de cisalhamento e a variação de volume versus as curvas de deslocamento horizontal ($\chi = 0\%$)	46
FIGURA 5.2	- Tensão de cisalhamento e a variação de volume versus as curvas de deslocamento horizontal ($\chi = 10\%$)	47
FIGURA 5.3	- Tensão de cisalhamento e a variação de volume versus as curvas de deslocamento horizontal ($\chi = 20\%$)	48
FIGURA 5.4	- Tensão de cisalhamento e a variação de volume versus as curvas de deslocamento horizontal ($\chi = 40\%$)	49
FIGURA 5.5	- Tensão de cisalhamento e a variação de volume versus as curvas de deslocamento horizontal ($\chi = 50\%$)	50
FIGURA 5.6	- Tensão de cisalhamento e a variação de volume versus as curvas de deslocamento horizontal ($\chi = 50\%$)	51
FIGURA 5.7	- Envoltórias da resistência ao cisalhamento de diferentes porcentagens de resíduos de pneu	52
FIGURA 5.8	- Relação teor resíduo de pneu <i>versus</i> coesão	53
FIGURA 5.9	- Relação teor resíduo de pneu <i>versus</i> ângulo de atrito interno	53
FIGURA 5.10	- Resistência ao cisalhamento versus teor de desbaste: a) tensão confinante de 50 kPa; b) tensão confinante de 100 kPa e c) tensão confinante de 200 kPa	55
FIGURA 5.11	- Resistência ao cisalhamento em deformação horizontal de 2%	56
FIGURA 5.12	- Variação do coeficiente de permeabilidade com o teor de desbastes para amostras submetidas a uma tensão confinante de 100 kPa	57
FIGURA 5.13	- Relação tensão vertical <i>versus</i> deformação específica	57
FIGURA 5.14	- Módulo secante (M_{sec}) para $\sigma_v = 40$ kPa <i>versus</i> teor de resíduo de pneus	59
FIGURA 5.15	- Módulo secante (M_{sec}) para $\sigma_v = 150$ kPa <i>versus</i> teor de resíduo de	60

pneus

FIGURA 5.16	- Módulo secante (M_{sec}) para $\sigma_v = 300$ kPa <i>versus</i> teor de resíduo de pneus	60
FIGURA 5.17	- Índice de vazios <i>versus</i> tensão vertical para $\chi = 0\%$	61
FIGURA 5.18	- Índice de vazios <i>versus</i> tensão vertical para $\chi = 10\%$	61
FIGURA 5.19	- Índice de vazios <i>versus</i> tensão vertical para $\chi = 20\%$	62
FIGURA 5.20	- Índice de vazios <i>versus</i> tensão vertical para $\chi = 40\%$	62
FIGURA 5.21	- Índice de vazios <i>versus</i> tensão vertical para $\chi = 50\%$	63
FIGURA 5.22	- Índice de vazios <i>versus</i> tensão vertical para $\chi = 100\%$	63

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1	- Diferentes classes de resíduos de pneus relatados na literatura	10
TABELA 4.1	- Frações constituintes do solo estudado	26
TABELA 4.2	- Fluorescência de raios X de amostra do solo estudado	28
TABELA 4.3	- Sequência de ensaios de compactação e parâmetros de compactação	36
TABELA 4.4	- Resumo da sequência e características dos ensaios de cisalhamento direto	39
TABELA 4.5	- Resumo da sequência e características dos ensaios de compressão confinada	42
TABELA 4.6	- Relação da coesão (c) e o ângulo de atrito interno (ϕ) com o teor de resíduo (χ)	53
TABELA 5.1	- Módulos secantes obtidos para as tensões de 40, 150 e 300 kPa	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIP	- Associação Brasileira da Indústria de Pneus Remoldados
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADP	- Agregado Derivado de Pneus
ANIP	- Associação Nacional das Indústrias de Pneumáticos
ASTM	- American Society for Testing and Materials (Sociedade Americana para Testes e Materiais)
CTGAS-ER	- Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CP	- Corpo de prova
LABEMAT	- Laboratório de Ensaios de Materiais
LL	- Limite de liquidez
LP	- Limite de Plasticidade
NBR	- Norma Brasileira Registrada

LISTA DE SÍMBOLOS

A	- área da seção transversal da bureta
A	- seção transversal do corpo de prova
c	- coesão
h_f	- altura final do nível d`água na bureta
h_i	- altura inicial do nível d`água na bureta
k	- coeficiente de permeabilidade
L	- comprimento do corpo de prova
M_h	- massa da amostra saturada, superficialmente seca
M_s	- massa da amostra seca
M_{sec}	- módulo de compressão confinada secante
P_p	- peso dos desbastes de pneus
O_s	- peso do solo seco
Q	- vazão
S	- absorção da água em porcentagem
w_{ot}	- umidade ótima
Δh	- carga hidráulica
χ	- teor de pneus
ϕ	- ângulo de atrito interno
γ_{dmax}	- peso específico seco máximo
σ_n	- tensão normal
σ_v	- tensão vertical
τ_f	- tensão de cisalhamento

SUMÁRIO

RESUMO	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS	vii
LISTA DE SÍMBOLOS	viii
INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Organização do texto	4
2 REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1 Processos de reúso de pneus	5
2.2 Classificação dos resíduos de pneus usados na construção civil	8
2.3 Aplicação dos resíduos de pneus na construção civil	10
2.4 Comportamento de misturas de solo – resíduo de pneus	11
2.4.1 Compactação	11
2.4.2 Resistência ao cisalhamento	13
2.4.3 Compressibilidade	15
2.4.4 Permeabilidade	16
2.4.5 Considerações finais	18
3 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	19
3.1 Introdução	19
3.2 Caracterização do solo e geologia do local	19
3.2.1 Localização e geologia da área estudada	19
3.2.2 Características pedológicas dos solos lateríticos	20
3.2.3 Breve descrição do comportamento de engenharia dos solos lateríticos	24

<i>Ensaio de granulometria conjunta</i>	25
<i>Ensaio de massa específica dos sólidos</i>	27
<i>Ensaio de limite de liquidez e plasticidade</i>	27
<i>Ensaio de caracterização química: difratometria e fluorescência de raios X</i>	27
3.3 Caracterização dos resíduos de pneus	30
3.3.1 Ensaio de peneiramento	31
3.3.2 Ensaio da massa específica dos sólidos	31
3.3.3 Absorção de água	32
4 ENSAIOS COM AS MISTURAS DE SOLO E RESÍDUOS DE PNEUS	34
4.1 Preparo das amostras	34
4.2 Ensaio de compactação	34
4.3 Ensaio de cisalhamento direto	36
4.4 Ensaio de compressão confinada	39
4.5 Ensaio de permeabilidade	42
5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	45
5.1 Ensaio de cisalhamento direto	45
5.1.1 Tensão de cisalhamento e variação de volume versus deslocamento horizontal	45
5.1.2 Envoltórias de resistência ao cisalhamento	52
5.1.3 Influência do teor de resíduo de pneus na resistência ao cisalhamento	54
5.2 Ensaio de permeabilidade	56
5.3 Ensaio de compressão confinada	57
6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	64
6.1 Conclusões	64
6.2 Sugestões para pesquisas futuras	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXOS	78
ANEXO A – Planilha do ensaio da análise granulométrica com o solo	78
ANEXO B – Planilha do ensaio do limite de liquidez e plasticidade com o solo	79

ANEXO C – Planilha do ensaio da massa específica dos sólidos com o solo	80
ANEXO D – Ensaio de peneiramento com o resíduo de pneus	81
ANEXO E – Ensaio da massa específica dos sólidos com o resíduo de pneus	82
ANEXO F – Ensaio de compactação com o teor $\chi = 0\%$ (solo puro)	83
ANEXO G – Ensaio de compactação com o teor $\chi = 10\%$	84
ANEXO H – Ensaio de compactação com o teor $\chi = 20\%$	85
ANEXO I – Ensaio de compactação com o teor $\chi = 40\%$	86
ANEXO J – Ensaio de compactação com o teor $\chi = 50\%$	87
ANEXO K – Ensaio de compactação com o teor $\chi = 100\%$ (resíduo puro)	88
ANEXO L – Ensaio de permeabilidade à carga constante com o teor $\chi = 0\%$	89
ANEXO M – Ensaio de permeabilidade à carga variável com o teor $\chi = 0\%$	90
ANEXO N – Ensaio de permeabilidade à carga variável com o teor $\chi = 100\%$	91
ANEXO O – Ensaio de permeabilidade à carga variável com o teor $\chi = 10\%$	92
ANEXO P – Ensaio de permeabilidade à carga variável com o teor $\chi = 20\%$	93
ANEXO Q – Ensaio de permeabilidade à carga variável com o teor $\chi = 40\%$	94
ANEXO R – Ensaio de permeabilidade à carga variável com o teor $\chi = 50\%$	95
ANEXO S – Ensaio de compressão confinada com o teor $\chi = 0\%$	96
ANEXO T – Ensaio de compressão confinada com o teor $\chi = 10\%$	97
ANEXO U – Ensaio de compressão confinada com o teor $\chi = 20\%$	98
ANEXO V – Ensaio de compressão confinada com o teor $\chi = 40\%$	99
ANEXO X – Ensaio de compressão confinada com o teor $\chi = 50\%$	100
ANEXO Z – Ensaio de compressão confinada com o teor $\chi = 100\%$	101
ANEXO AA – Ensaio de cisalhamento direto com o teor $\chi = 0\%$	102
ANEXO AB – Ensaio de cisalhamento direto com o teor $\chi = 10\%$	105
ANEXO AC – Ensaio de cisalhamento direto com o teor $\chi = 20\%$	108
ANEXO AD – Ensaio de cisalhamento direto com o teor $\chi = 40\%$	111
ANEXO AE – Ensaio de cisalhamento direto com o teor $\chi = 50\%$	114
ANEXO AF – Ensaio de cisalhamento direto com o teor $\chi = 100\%$	117

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Os pneus usados estão se tornando um problema mundial, uma vez que seu descarte cresce ano após ano. No Brasil, mais de 65 milhões de pneus são produzidos anualmente (ANIP, 2010). Soma-se a este número uma grande quantidade de pneus importados.

Grande parte dos pneus fabricados no Brasil não recebe destinação adequada. Pneus usados são ilegalmente descartados em aterros sanitários, lixões, margens de rios, terrenos baldios e em outros locais inapropriados, resultando em prejuízos ambientais como o aumento de roedores, de insetos e a liberação de significativas quantidades de CO₂ para a atmosfera através da queima ou combustão espontânea. As estimativas indicam que existem mais de 100 milhões de pneus empilhados em todo o país (Lopes et al., 2002).

Na tentativa de reduzir a degradação dos recursos naturais, o país tem desenvolvido legislação específica sobre a destinação de pneus usados. Os fabricantes e importadores são obrigados a coletar e a dar destino final de forma ambientalmente correta aos produtos que colocam no mercado, na proporção de um pneu descartado para cada pneu novo fabricado no país ou importado (CONAMA, 2009). A Resolução determina, inclusive, que os fabricantes e importadores promovam pesquisas para o desenvolvimento de técnicas de reutilização e reciclagem de pneus usados.

Mais recentemente, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305 de agosto de 2010). Nesta, é estabelecida a logística reversa para alguns tipos de resíduos, dentre os quais os pneus, a qual prevê uma série de ações com o objetivo de facilitar o retorno dos resíduos para que sejam tratados ou reaproveitados em novos produtos. A lei torna explícito o princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, envolvendo os diferentes agentes da cadeia produtiva da construção civil e, dessa forma, promovendo a destinação correta de todo o tipo de resíduo (doméstico, industrial, eletroeletrônico, lâmpadas de vapores de mercúrio, agrosilvopastoril, área de saúde, resíduos perigosos).

Os pneus inservíveis apresentam uma série de problemas, desde a degradação lenta e o formato de difícil armazenamento, até a necessidade de cuidados especiais de armazenagem e deposição. Segundo a norma da ABNT NBR 10.004, eles são classificados como resíduos classe II A (resíduos não inertes) em relação ao risco de sua degradação ao meio ambiente.

Uma destinação adequada dos pneus inservíveis consiste na utilização de resíduos de pneus, puros ou misturados com o solo, como materiais de preenchimento de aterro ou em misturas asfálticas. Segundo a norma da ASTM D 6270-08 o material utilizado na construção civil através da redução de resíduos de pneus em partículas menores medindo de 12 a 305 mm (Humphrey, 2004) é conhecido como agregado derivado de pneus (ADP). Os resíduos geralmente com tamanhos de 12 a 50 mm são denominados lascas de pneus e aqueles com partículas do tamanho de 50 a 305 mm são classificados como pedaços de pneus.

A utilização do resíduo apresenta várias vantagens. O resíduo tem baixo peso específico, alta durabilidade, e não causa efeito adverso à qualidade das águas subterrâneas (Bosscher et al., 1993). Misturado ao solo, o resíduo pode induzir mecanismos de reforço ao maciço, aumentando a resistência ao cisalhamento da mistura (Cetin et al., 2006), tornando o material resultante particularmente interessante para aplicações em obras de terra (Zornberg et al., 2004a). Além disso, o potencial de reação exotérmica do resíduo é drasticamente reduzido quando misturado ao solo, resolvendo assim o problema da combustão espontânea em pilhas de estocagem e em aterros de pneus puros (Humphrey, 1996; Gacke et al., 1997).

Diversas aplicações com resíduo têm sido propostas, como a construção de aterros rodoviários em geral (Bosscher et al., 1993; Dickson et al., 2001; Zornberg et al., 2004b), a construção de aterros de baixo peso específico sobre solos moles (Ahmed e Lovell, 1993; Humphrey et al., 2000) e aterros em estruturas de contenção (Balunaini e Prezzi, 2009).

Embora estudos anteriores tenham demonstrado o efeito benéfico do resíduo quando misturado ao solo, o comportamento de misturas do resíduo de pneus em solos tropicais ainda é praticamente desconhecido. Depósitos de solos lateríticos cobrem mais de 75% do Brasil, e muitas vezes são necessários para a construção de aterros rodoviários devido ao seu bom desempenho mecânico e hidráulico (Villibor et al., 2000). Mesmo os solos com maiores teores de finos mostram bom

comportamento após a compactação e são usados regularmente na construção de aterros de estradas vicinais.

Diante do exposto, a utilização de misturas do resíduo de pneus com solo laterítico para fins geotécnicos pode ser uma técnica promissora em ambientes tropicais, mas requer o conhecimento das propriedades e limitações desses materiais.

Reafirma-se, portanto, a importância do emprego de novas tecnologias que possam não somente oferecer subsídios à correta destinação final de pneus inservíveis, mas que também promovam o reaproveitamento sustentável dos mesmos.

1.1 OBJETIVOS

A presente pesquisa tem por objetivo geral avaliar o comportamento mecânico e hidráulico de misturas de um solo laterítico e resíduos de pneus para a construção de aterros. Ênfase em particular é dada à avaliação da dosagem ótima do resíduo no comportamento do sistema solo-resíduo.

Constituem-se objetivos específicos da pesquisa:

- a) Caracterizar o solo selecionado para a pesquisa, através de ensaios de análise granulométrica conjunta, limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP), massa específica dos sólidos, além de ensaios de compactação;
- b) Caracterizar quimicamente o solo selecionado através de ensaios de difratometria e fluorescência de raios X;
- c) Caracterizar o resíduo de pneu através de ensaios de massa específica dos sólidos, peneiramento, absorção da água e compactação;
- d) Definir as dosagens das misturas a serem utilizadas na investigação;

- e) Realizar com as misturas ensaios de cisalhamento direto, compressão unidimensional e permeabilidade, com o intuito de investigar diversos aspectos de seu comportamento mecânico e hidráulico.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

Além deste capítulo, a presente dissertação é dividida em mais cinco partes. O capítulo 2 apresenta uma revisão de literatura composta por três tópicos principais. No primeiro, são abordados alguns aspectos relativos aos processos de reúso de pneus. No segundo, são abordados assuntos referentes às propriedades dos resíduos de pneus usados na construção civil. Finalmente, no último tópico, são discutidas as propriedades mecânicas e hidráulicas de compactação, de resistência ao cisalhamento, de compressibilidade e de permeabilidade, no comportamento das misturas de solo – resíduos de pneus.

No capítulo 3, são apresentadas as características geológicas e pedológicas do solo estudado, bem como as peculiaridades dos latossolos reconhecidos no Brasil e uma breve descrição do comportamento de engenharia dos solos lateríticos.

No capítulo 4, são relacionadas as atividades desenvolvidas, discorrendo-se sobre os procedimentos adotados nos ensaios, os equipamentos e materiais utilizados.

No capítulo 5, exibem-se e discutem-se os resultados dos ensaios realizados com o solo puro (0%), as misturas de solo – resíduo de pneus nas proporções de 10%, 20%, 40% e 50% e com o teor de resíduo de pneus na proporção de 100% (resíduo puro) em peso.

Além das análises pertinentes, discutem-se também neste capítulo as relações entre a tensão de cisalhamento e variação de volume, a resistência ao cisalhamento e tensão normal e a resistência ao cisalhamento e teor de resíduo de pneus. Expõem-se também os resultados dos ensaios de permeabilidade e de compressão confinada nas porcentagens supracitadas.

Por fim, no capítulo 6, são expostas as principais conclusões obtidas no trabalho e apresentadas sugestões para pesquisas futuras.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PROCESSOS DE REÚSO DE PNEUS

A Resolução CONAMA nº 416/09, que dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis, define pneu ou pneumático como componente de um sistema de rodagem constituído de materiais que transmitem tração dada a sua aderência ao solo e sustentam elasticamente a carga do veículo.

Nesse sentido, ela define pneu novo como aquele de qualquer origem, que não sofreu qualquer uso, nem foi submetido a qualquer tipo de reforma e não apresenta sinais de envelhecimento nem deteriorações; como pneu usado aquele que foi submetido a qualquer tipo de uso e/ou desgaste; como pneu reformado aquele que foi submetido a processo de reutilização da carcaça com o fim específico de aumentar sua vida útil; e como pneu inservível aquele que não se presta mais à rodagem ou à reforma devido a danos irreparáveis em sua estrutura.

O pneu, como mostrado na Figura 2.1, possui a estrutura composta por: carcaça, a parte resistente do pneu; talões, constituídos internamente de arames de aço de grande resistência; paredes laterais, situadas nas laterais da carcaça; cintas de aço, aquelas que compreendem o feixe de cintas dimensionadas para suportar cargas em movimento; banda de rodagem, a parte do pneu que fica em contato direto com o solo; ombro, o apoio do pneu nas curvas e manobras; nervura central, aquela que proporciona um contato “circunferencial” do pneu com o solo.

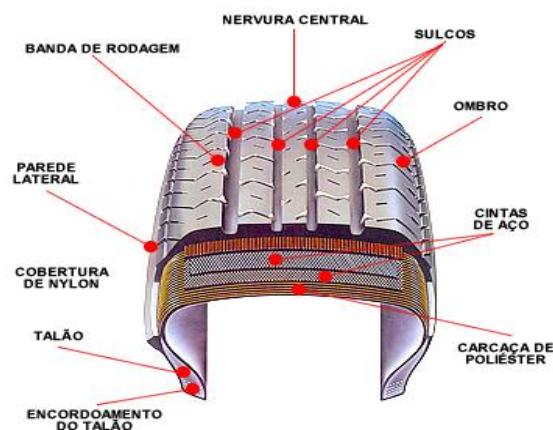


Figura 2.1 – Estrutura do pneu (<http://www.braziltires.com.br>).

As tecnologias desenvolvidas para dar destino aos pneus usados incluem reforma, reciclagem e reutilização. A reforma de pneus se dá através dos processos de recapagem, recauchutagem ou remoldagem.

Na recapagem, há a remoção da banda de rodagem, no reparo estrutural da carcaça com cordões de borracha e na utilização de cimento para colar a banda de rodagem na carcaça, conforme pode ser observado na Figura 2.2. De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Pneus Remoldados (ABIP), na remoldagem, o pneu é reconstruído através da remoção da borracha das carcaças, de talão a talão e, em seguida, o pneu é totalmente reconstruído e vulcanizado, sem qualquer emenda. Já na recauchutagem, o pneu é reconstruído através da remoção da banda de rodagem e dos ombros dos pneus.

Os requisitos para a reforma são que a sua estrutura geral não apresente cortes e deformações e que a banda de rodagem ainda apresente os sulcos e saliências, que permitem sua aderência ao solo (Lagarinhos e Tenório, 2008).



Figura 2.2 – Recapagem de pneus (<http://recapadoraitajai.com.br>).

Os pneus inservíveis podem ser utilizados nos processos de reciclagem, a qual consiste em várias operações, como: a separação da borracha, a separação do aço e as fibras têxteis (Lopes et al., 2009). O produto final, dependendo do destino, é o pó-de-borracha ou lascas de pneus. Um dos processos mais utilizados no Brasil é a trituração de pneus inservíveis à temperatura ambiente (Lagarinhos, 2004).

Na reciclagem, há necessidade de separar a borracha das partes metálicas e do nylon, além de reduzir o tamanho das partículas dos pneus. A granulação é a primeira etapa a ser feita, na qual, geralmente, os constituintes são separados. A trituração é conduzida em algumas etapas. Inicialmente, resulta em pedaços de uma granulometria elevada. Posteriormente, o material é triturado novamente para obter-se uma granulometria inferior. A moagem prossegue sucessivamente até que se obtenha o pó da borracha. O aço é retirado do processo através de eletroímã e os tecidos de nylon ficam depositados em peneiras. Os pneus reciclados podem ter várias utilidades: fabricar tapetes para automóveis; câmaras de ar; cobrir áreas de lazer e quadras esportivas; tiras para indústria de estofados, entre outros produtos.

O processo de trituração à temperatura ambiente é aquele que pode operar à temperatura máxima de 120 °C, reduzindo os pneus inservíveis a partículas de tamanhos finais de até 0,2 mm. Este processo tem alto custo de manutenção e alto consumo de eletricidade. Nesse processo os pneus passam pelo triturador e pelo granulador. No triturador ocorre uma redução dos pneus inteiros em pedaços de 50 a 200 mm (Lagarinhos, 2004).

A utilização de resíduos de pneus reciclados na construção civil tem crescido ultimamente. Lagarinhos e Tenório (2008) esclarecem que na construção civil, a maior utilização dos resíduos de pneus tem sido em misturas com asfalto para a pavimentação de vias e pátios de estacionamento. Esta tecnologia encontra-se ainda em fase experimental, porém estudos indicam que o resíduo de pneu confere uma maior resistência, permeabilidade, aderência e durabilidade à mistura asfáltica.

Estakhri et al. (1992) afirmam que muitos países têm desenvolvido legislação para direcionar seus departamentos de estradas de rodagem a investigar a possibilidade de utilização de materiais recicláveis em obras de pavimentação. As misturas de asfalto-borracha têm sido bastante empregadas nos Estados Unidos, principalmente nos estados do Arizona, Califórnia, Flórida e Texas, em trabalhos de recuperação estrutural de pavimentos degradados, em camadas de revestimentos de pavimentos novos e também em serviços de manutenção corretiva (Edel, 2002).

Serra e Leite (2005) enfatizam a relevância da participação da universidade e instituições de pesquisas tecnológicas brasileiras nos estudos de novas alternativas de reciclagem de pneus inservíveis.

Na reutilização existem vários processos, em menor escala, quando comparados com os métodos de reciclagem. Sandroni e Pacheco (2003) citam

exemplos, tais quais: o uso de pneus inteiros reutilizados na construção de muros de arrimo (Figura 2.3), na produção produtos artesanais, na ambientação ou na drenagem de gases em aterros sanitários; na contenção da erosão do solo; na construção de quebra-mares, protegendo portos e marinas dos efeitos das marés e gerando estabilidade para o solo marinho e para a praia.



Figura 2.3 – Muro experimental solo-pneus com 60 m de comprimento e 4 m de altura (Sieira et al., 2000).

Uma aplicação que tem chamado a atenção em outros países é a mistura do resíduo com solo para a construção de aterros rodoviários (Bosscher et al., 1993; Dickson et al., 2001; Zornberg et al., 2004b), cujas características são discutidas a seguir.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DE PNEUS USADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os resíduos de pneus são processados para formar pedaços de pneus (“tire shreds”), migalhas de pneus (“tire crumb”), lascas de pneus (“tire chips”) e desbastes de pneus (“tire buffings”), como mostrado na Figura 2.4 (ASTM D 6270).

Os pedaços de pneus possuem vários formatos e tamanhos que variam entre 50 e 300 mm (ASTM D 6270-08).

Lascas de pneus são resíduos de pneus que tem uma geometria retangular ou quadrada e possuem tamanho que variam de 12 mm a 50 mm com a maioria dos fios de aço retirados.

Desbastes de pneus são subprodutos da recapagem de pneus (Edinçliler et al., 2010). Devido ao formato fibroso e tamanho reduzido, eles são geralmente usados na melhoria das propriedades geotécnicas do solo (Edinçliler et al., 2004; Edinçliler et al., 2007).

As migalhas de pneus possuem formato arredondado e não possuem tiras de aço. Várias técnicas de redução do tamanho podem ser usadas para atingir uma ampla gama de partículas de até 0,6 mm ou menos. Edinçliler et al. (2010) afirmam que as migalhas de pneus tem sido utilizadas com sucesso em aplicações da engenharia civil.

Na construção de aterros com misturas de solo e resíduo de pneus, Edil e Bosscher (1994) afirmam que é mais desejável usar os menores resíduos com cerca de 50 mm, a fim de evitar problemas com a compactação.

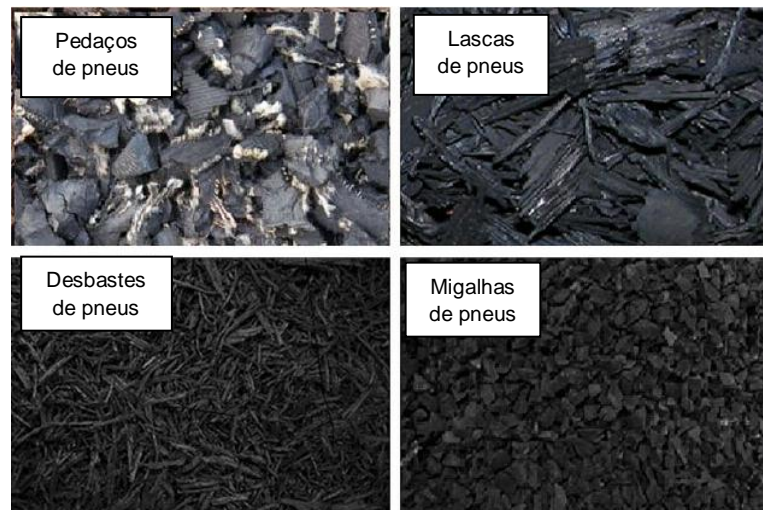


Figura 2.4 – Diferentes tamanhos de pneus processados (Edinçliler et al., 2010).

A Tabela 2.1 cita algumas referências de trabalhos publicados sobre o assunto, relacionando-a às classes de resíduos utilizadas.

Tabela 2.1 – Diferentes classes de resíduos de pneus relatados na literatura.

Classificação	Tamanho dos resíduos de pneus utilizados	Referência
Pedaços de pneus	50 mm, 50-100 mm, 100 -150 mm	Foose et al. (1996)
Pedaços de pneus	50,8 mm–152,4 mm	Zornberget al. (2004a)
Pedaços de pneus	150- 300 mm	Shalaby e Khan (2005)
Pedaços de pneus e Lascas de pneus	50-100 mm; 100-200 mm (pedaços de pneus); 9,5 mm (lascas de pneus)	Balunaini e Prezzi (2009)
Lascas de pneus	30 mm	Lee et al. (1999)
Desbastes de pneus	2-40 mm	Edinçliler et al. (2004)
Migalhas de pneus	< 0,6 mm	Ghasavi (2004)

2.3 APLICAÇÃO DOS RESÍDUOS DE PNEUS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os resíduos de pneus são materiais de baixo peso específico, quando comparados a outros materiais de preenchimento de aterros. Pesos específicos aparentes de 2,4 a 7 kN/m³ foram relatados para pedaços de pneus (Ahmed e Lovell, 1993; Humphrey et al., 1993).

Reddy e Marella (2001) relatam valores da massa específica dos sólidos de 26 a 28 kN/m³, equivalendo a duas vezes dos valores de peso específico encontrados para os resíduos de pneus, o qual variam de 1,02 a 1,36 g/cm³, dependendo da quantidade de tiras de aço presentes no pneu (Edil e Bosscher, 1994). Devido a essa propriedade e à alta durabilidade, o uso de resíduos de pneus é particularmente interessante para a composição de material de aterro para estruturas de contenção e sobre solos de baixa capacidade de carga (Ahmed e Lovell, 1993; Edil e Bosscher, 1994; Humphrey, 2007).

Resultados de ensaios de compressão simples sugerem que aterros preenchidos com resíduo de pneus podem alcançar resistência suficiente para atender às exigências da capacidade de carga enquanto ao mesmo tempo é reduzido o peso de sobrecarga sobre os solos subjacentes. Além disso, o uso do resíduo de pneus como material de baixo peso específico pode ajudar a reduzir os recalques do solo subjacente por constituir-se como um material de preenchimento para aterros com menor densidade (Pierce e Blackwell, 2003).

Aterros construídos sobre solos moles apresentam problemas de estabilidade. Diante disso, é cada vez mais popular a utilização de pneus usados na construção de rodovias em virtude da escassez de recursos minerais e naturais e o aumento dos custos da disposição dos resíduos (Edinçliler et al., 2010).

De uma forma geral, a aplicação de resíduos de pneus na engenharia civil, como por exemplo, na coleta de chorume em aterros sanitários e na construção de aterros rodoviários representa 15% do total de pneus inservíveis (Edinçliler et al., 2010).

É importante destacar que se faz necessário estudar as propriedades mecânicas e hidráulicas desses materiais para verificar o comportamento das misturas solo-resíduos na construção de aterros.

2.4 COMPORTAMENTO DE MISTURAS DE SOLO – RESÍDUO DE PNEUS

2.4.1 Compactação

Cetin et al. (2006) realizaram estudos sobre as propriedades geotécnicas de misturas de solo argiloso coesivo e resíduo de pneus para a construção de aterros e concluíram que os resultados dos ensaios de compactação indicaram que a massa específica seca do resíduo (puro) que a encontrada tipicamente para solos.

Os ensaios de compactação realizados por Cetin et al. (2006) com resíduos de pneus de maior granulação e com resíduos mais finos, ambos misturados a um solo argiloso são mostrados nas Figuras 2.5a e Figura 2.5b, respectivamente. As figuras exibem os valores correspondentes ao peso específico seco e teor de umidade obtidos com o solo puro, o resíduo puro e as misturas com proporções de 10%, 20%, 40% e 50% em peso. Observa-se que o teor de pneus (χ) exerce uma influência significativa na compactação do material. Quanto maior χ , menor é o peso específico seco máximo atingido.

Para o solo puro, o peso específico seco máximo (γ_{dmax}) de 15,79 kN/m³, é obtido na umidade ótima (w_{ot}) de 19%. Os pesos específicos secos, tanto para os resíduos de maior granulação quanto para aqueles mais finos, decrescem com o aumento da porcentagem de resíduo de pneus. Para o resíduo mais grosso, a w_{ot}

aumenta com o aumento do teor de pneus e para resíduo mais fino a w_{ot} parece não sofrer influência do teor de pneus.

De forma geral, os resultados indicam que os pesos específicos secos das misturas são menores que o peso específico seco dos solos típicos, o que determina o bom potencial da mistura solo – resíduos de pneus na construção de aterros de baixo peso específico aparente (Cetin et al., 2006).

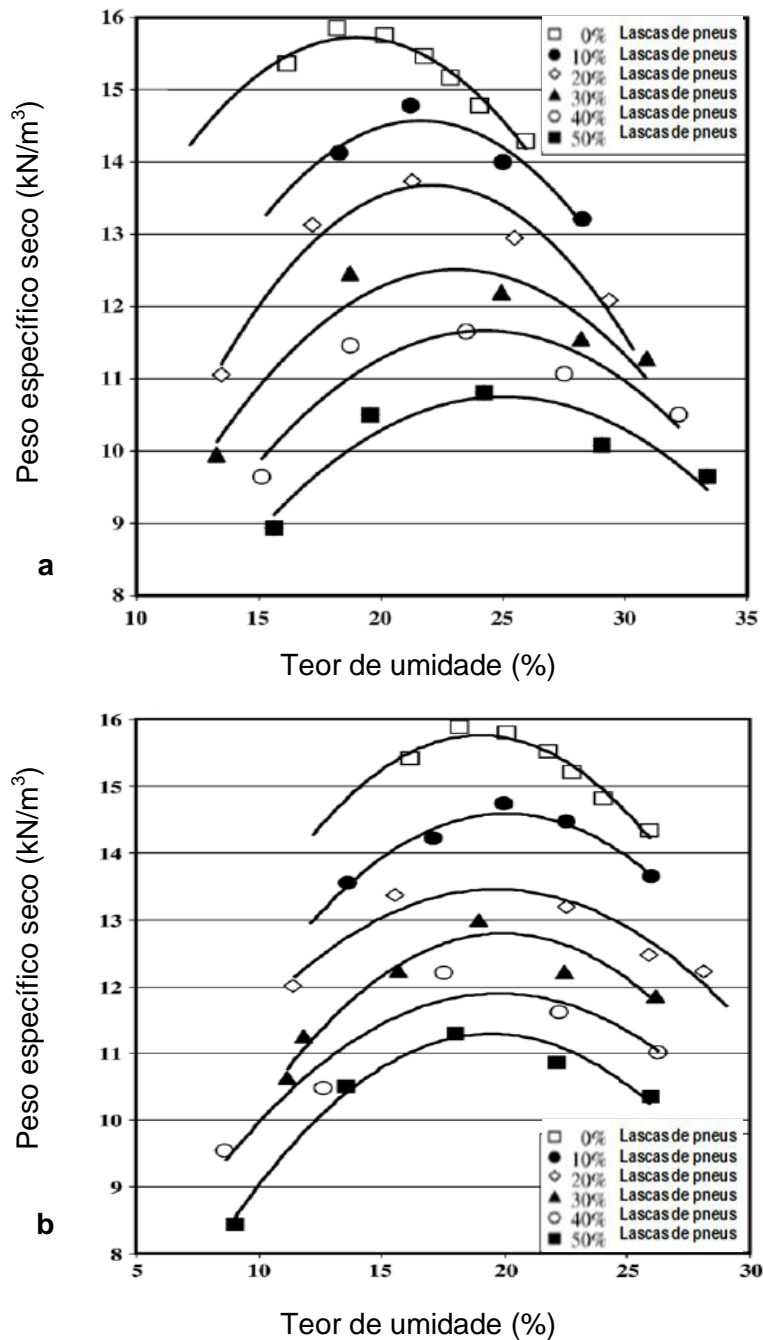


Figura 2.5 - Resultados dos ensaios de Proctor Normal com solo puro e misturas para os resíduos de pneu: a) maior granulação b) menor granulação (Cetin et al., 2006).

2.4.2 Resistência ao cisalhamento

A resistência ao cisalhamento de um solo pode ser definida como a máxima tensão de cisalhamento que o solo pode suportar sem sofrer ruptura (Pinto, 2000).

A resistência ao cisalhamento é a propriedade mecânica do solo que rege o desempenho da estabilidade de aterros. O comportamento de aterros rodoviários sob carga estática pode ser previsto e modelado usando parâmetros de resistência ao cisalhamento e deformação obtidos em grande-escala ou em testes laboratoriais. A análise do limite de carga máxima que leva à ruptura é que determina os parâmetros de resistência. O comportamento tensão-deformação medido a partir de testes laboratoriais é utilizado para obter o comportamento do aterro sob carga estática.

A mistura de resíduos de pneus com o solo para a construção de aterros não apenas pode fornecer meios alternativos de reaproveitamento de pneus para atender a preocupações econômicas e ambientais, mas também ajuda a resolver problemas geotécnicos associados à baixa resistência ao cisalhamento (Zornberg et al., 2004b).

Sabe-se que reforços são utilizados para melhorar as propriedades mecânicas do solo. Técnicas de reforço de solos envolvem ainda o uso de geossintéticos. Gray e Oyashi (1983) realizaram ensaios de cisalhamento direto com areia reforçada com fibras naturais e sintéticas, cujos resultados mostraram que os reforços de fibras aumentaram os valores da resistência ao cisalhamento.

Tatlisoz et al. (1998) realizaram em larga-escala ensaios de cisalhamento direto com lascas de pneus, areia, e misturas de lascas de pneus e areia. Os autores relataram que a resistência ao cisalhamento das misturas aumentou com a porcentagem de até 30% de lascas de pneus por volume. Em contraste, o ângulo de atrito da mistura de lascas de pneus e areia foi quase independente da mistura. Os autores concluíram, portanto, que a resistência ao cisalhamento das misturas de areia e lascas de pneus aumenta com a porcentagem de lascas de pneus, principalmente, devido ao aumento da coesão aparente.

Cecich et al. (1996) relataram ângulos de atrito de 27° e coesão de 7 kPa para amostras de pedaços de pneus puros com tamanhos variando de 5 a 15 mm. Black

e Shakoon (1994) relataram ângulos de atrito de 27 a 31^o e coesão de 3 a 6 kPa para amostras de pedaços de pneus puros com tamanhos menores que 7 mm.

Zornberg et al. (2004a) realizaram ensaios de compressão triaxial convencional em misturas compostas por areia fina e pedaços de pneus com dimensões variando entre 12 e 25 mm. Foram ensaiados teores de pneu de 0 (solo puro) e 100% (resíduo puro) e misturas de 5, 10, 15, 30, 38, 60% em peso. Observou-se, através dos experimentos, que o resíduo de pneu confere um ganho de resistência ao cisalhamento ao material.

A Figura 2.6 mostra uma representação esquemática ilustrando a variação da resistência ao cisalhamento do material com a porcentagem de resíduos (de 0 a 100%), mantidos constantes os demais parâmetros.

Na figura, a linha interligando o valor da resistência ao cisalhamento do solo puro (0%) e do resíduo puro (100%) representa a contribuição dos mecanismos de cisalhamento do solo para a resistência ao cisalhamento das misturas, conforme definido por Zornberg et al. (2004a). A resistência ao cisalhamento acima desta linha resulta da contribuição dos mecanismos de reforço dos resíduos de pneus na resistência ao cisalhamento das misturas. Isto ocorre devido às forças de tração mobilizadas individualmente nos pedaços de pneus. O reforço fornecido pelo pneu melhorou significativamente a resistência ao cisalhamento das misturas em todos os níveis de confinamento investigados neste estudo.

Os autores observaram que o aumento de resistência ao cisalhamento é máximo para um teor de pneus em torno de 35%. Cetin et al. (2006) encontraram teores ótimos de 20% para resíduos de pneus de maior granulação e de 30% para resíduos mais finos, ambos misturados a um solo argiloso.

Edinçliler (2007) realizou ensaios de cisalhamento direto com amostras de areia pura, desbastes de pneus puros e misturas desses dois materiais com 5, 10, 20 e 30% em peso. Os resultados mostraram que desbastes de pneus podem ser usados como elementos de reforço ao solo.

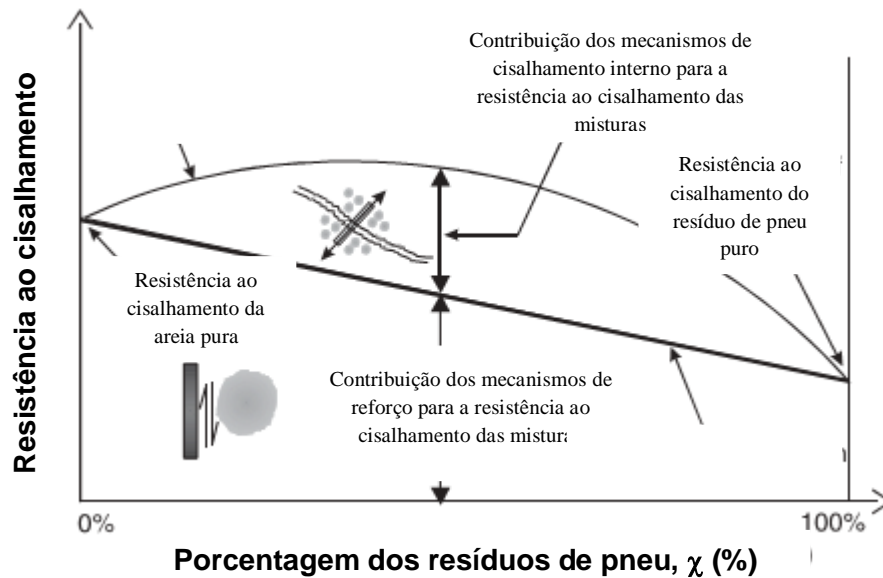


Figura 2.6 – Representação esquemática da influência do teor de resíduos de pneus na resistência ao cisalhamento da mistura solo – resíduos de pneus para uma constante densidade relativa da matriz do solo (Zornberg et al., 2004a).

Em resumo, os estudos realizados por Humphrey et al. (1993), Foose et al. (1996), Tatlısoz et al. (1998), Edinçliler et al. (2007) também demonstraram que a adição de resíduos de pneus (lascas, pedaços, desbastes) melhoram as propriedades mecânicas do solo. Foram constatados, nos estudos, que a porcentagem de pneus, a geometria, a compactação e a tensão normal são fatores que influenciam na resistência ao cisalhamento das misturas.

2.4.3 Compressibilidade

A propriedade mecânica de um material referente à susceptibilidade de redução de volume, devido a mudanças de tensões, é chamada de compressibilidade. Edil e Bosscher (1994) demonstraram que pedaços de pneus puros misturados ao solo são altamente compressíveis em baixa tensão normal. Misturas de pedaços de pneus e solo são mais compressíveis que o solo puro.

Conforme Reddy e Marella (2001), o resíduo de pneus comprime-se quando uma carga é aplicada devido a dois mecanismos: (a) mistura e orientação de pneus dentro de uma estrutura mais compactada e (b) a compressão individual de pedaços de pneus sob determinada tensão.

Vários estudos têm avaliado as características de compressibilidade dos resíduos de pneu puro e das misturas solo – resíduo de pneus (Ahmed e Lovell, 1993; Edil e Bosscher, 1994; Tatlısoz et al., 1997). Muitos desses estudos tiveram como foco a avaliação da compressibilidade imediata; entretanto, eles mostram que o resíduo de pneu puro e misturado ao solo, quando usados em aplicações de geotecnia, continuam a deformar-se com o tempo que se estende à aplicação da carga inicial (Bosscher et al., 1993; Dickson et al., 2001; Salgado e Yoon, 2003; Zornberg et al., 2004b).

Wartman et al. (2007) relatam que a deformação ao longo do tempo ocorre geralmente a um ritmo constante sob o logaritmo do tempo, obtendo deformações de 5% ou mais depois de um ou dois dias. O autor afirma que isso leva a algumas questões se o resíduo de pneu e a mistura com o solo são apropriados para projetos, cujos desempenhos ao longo do tempo e manutenção serão afetados pela deformação.

2.4.4 Permeabilidade

O estudo da percolação da água nos solos, segundo Pinto (2000), é muito importante porque ela intervém em um grande número de problemas práticos, tais como: no cálculo das vazões; na análise de recalques por adensamento, uma vez que eles estão relacionados com diminuição de índice de vazios, que ocorre pela expulsão da água; no estudo da estabilidade, porque a tensão efetiva (que comanda a resistência do solo) depende da pressão neutra que, por sua vez, depende das tensões provocadas pela força de percolação da água.

Cedergren (1989) afirma que o comportamento de aterros sob condições saturadas é fortemente influenciado pela característica de drenagem do material de preenchimento utilizado. Um bom material drenante irá impedir o desenvolvimento dos excessos de poropressão durante o carregamento do aterro, reforçando a assim a estabilidade da estrutura.

Resíduos de pneus são também materiais livres drenantes e, portanto, não provocam poropressões excessivas que possam vir a causar problemas de estabilidade durante o carregamento de aterros.

Reddy e Marella (2001) relatam que a permeabilidade de pedaços de pneus com tamanhos que variam de 50 – 140 mm tem valor de 0,0005 a 59,3 cm/s. De acordo com os autores, a ampla gama dos valores de permeabilidade estão relacionados ao tamanho dos pedaços e composição, nível de compactação e tensão normal.

Além disso, pedaços de pneus compactados possuem condutividade hidráulica com valores equivalentes a solos predregulhosos que variam de 2,0 a 0,75 cm/s (Ahmed e Lovell, 1993).

Nos estudos realizados por Cetin et al. (2006) em solo coesivo, a permeabilidade das misturas de solo e resíduos de pneus (lascas) são compatíveis com a típica baixa permeabilidade dos solos argilosos. De acordo com os autores, a permeabilidade aumenta quando a tensão normal diminui e a porcentagem de pneus aumenta. Conclui-se, na pesquisa, que a permeabilidade de lascas puras de pneus é típica da de areia, tornando o uso de lascas de pneus sozinhas ou misturadas ao solo como um material viável de preenchimento de aterros.

É importante destacar que a permeabilidade de misturas de pneus e solo medidas sob uma alta tensão confinante, para baixos valores de porcentagem de areia, é significativamente menor que a medida sob baixa tensão confinante, como mostrado na Figura 2.7 (ASTM, 2008).

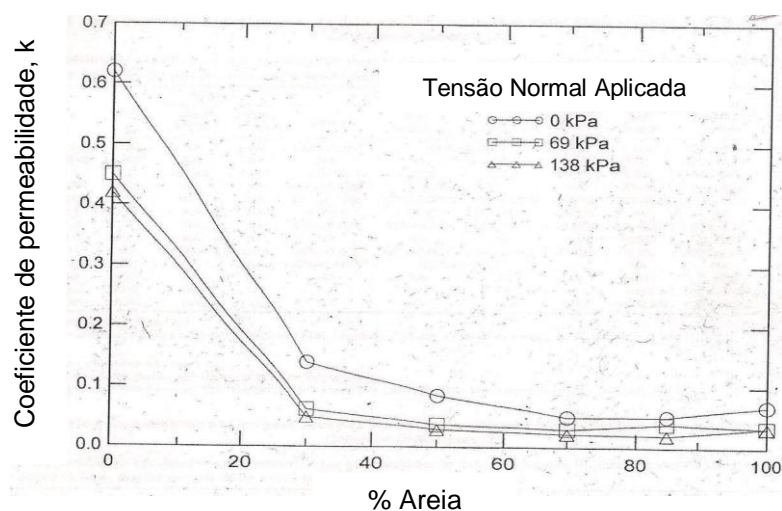


Figura 2.7 – Condutividade hidráulica de misturas de resíduos de pneu e areia (ASTM D 6270-08).

2.4.5 Considerações finais

É importante destacar que, a correta utilização dos resíduos de pneus requer experiência e conhecimento a respeito do uso desses materiais. Isso permite afirmar que os estudos das propriedades mecânicas como resistência e deformabilidade e das propriedades hidráulicas são bastante importantes para o desempenho dos aterros.

Com isso, diante dessas características, estudos apontam que os subprodutos de resíduos de pneus, como os pedaços, lascas, migalhas e desbastes podem ser usados em diferentes obras de terra.

Balunaini e Prezzi (2009) esclarecem que o uso da mistura solo – resíduo de pneus na construção de aterros é promissor, devido a:

- a) As misturas de solo – resíduos de pneus têm baixo peso específico, alta condutividade hidráulica e alta resistência ao cisalhamento;
- b) O monitoramento em campo do desempenho das misturas de solo – resíduo de pneus tem demonstrado que essas misturas podem ser usadas com materiais de preenchimento em aterros projetados corretamente;
- c) Resíduos de pneus são mais baratos que outros materiais de preenchimento com baixo peso específico, utilizados comumente em projetos de geotecnia.
- d) Resíduos de pneus podem ser utilizados em aterros de baixo peso específico em solos com baixa capacidade de carga (argilas moles ou depósitos orgânicos).

Além disso, Shalaby e Khan (2005) relatam que os resíduos de pneus são materiais não-biodegradáveis e, portanto, mais duráveis. Os autores também afirmam que a porcentagem de pneus a ser utilizada na mistura do solo – resíduo de pneus deve ser determinada experimentalmente, uma vez que a geometria e o tamanho dos resíduos de pneus podem variar significativamente.

CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

3.1 INTRODUÇÃO

Estão apresentadas neste capítulo considerações sobre a caracterização do solo e do resíduo utilizados no programa experimental.

Os ensaios laboratoriais foram realizados no Laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Foram feitos ensaios de análise granulométrica conjunta, limites de consistência, massa específica dos sólidos com o solo. Foram também realizados com o solo ensaios de difratometria e fluorescência de raios X para determinação da sua composição mineralógica e química, respectivamente.

Com o resíduo de pneus, foram realizados ensaios de peneiramento, massa específica dos sólidos e absorção de água.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO E GEOLOGIA DO LOCAL

3.2.1 Localização e geologia da área estudada

O solo usado no estudo foi obtido da estrada de Pium, localizada no município de Nísia Floresta - RN, distante 14 km da capital Natal. Trata-se de um solo laterítico sedimentar de coloração avermelhada, pertencente à Formação Barreiras (Santos Jr. e Chaves, 2005). O solo recebe a classificação pedológica de Latossolo Vermelho-Amarelo.

A formação Barreiras, ao qual pertence o solo laterítico em estudo, segundo Martínez (2003), foi inicialmente descrito por Branner (1902 apud Martínez, 2003), compreendendo os sedimentos clásticos de natureza variegada, com variações de argilas e conglomerados ocorrentes no litoral brasileiro. Oliveira e Leonardos (1943 apud Martínez, 2003), posteriormente, denominaram de Série Barreiras. Mabessoone et al. (1972 apud Martínez, 2003) dividiram o Grupo Barreiras nas Formações Serra dos Martins, Guararapes e Macaíba (Projeto RADAMBRASIL).

O Projeto RADAMBRASIL separa o Grupo Barreiras em: Grupo Barreiras indiviso e Formação Serra dos Martins.

Martínez (2003) afirma que as tentativas de identificação e de caracterização do Grupo Barreiras têm sido baseadas em evoluções paleoclimáticas. A unidade basal Formação Serra dos Martins foi considerada com sendo do Oligoceno (entre 23,7 e 36,6 milhões de anos).

O Grupo Barreiras expõe-se por toda a faixa litorânea, acompanhando a linha da costa, ou recobrando até 50km no continente. A Formação Serra dos Martins ocorre em pequenas ilhas isoladas no interior.

3.2.2 Características pedológicas dos solos lateríticos

Spindola e Daniel (2008) definem materiais lateríticos como depósitos residuais da crosta terrestre originados de acúmulos relativos e absolutos de constituintes resistentes à intemperização.

No Brasil, a identificação dos solos lateríticos é de particular interesse, já que eles são típicos da evolução de solos em climas quentes, com regime de chuvas moderadas a intensas. A denominação de lateríticos se incorporou na terminologia dos engenheiros, embora não seja mais usada nas classificações pedológicas.

Kellog (1949) afirma que no campo da Ciência do Solo que trata da gênese, morfologia e classificação, a Pedologia, a denominação "Latossolo" foi instituída para solos profundos bem desenvolvidos.

Os Latossolos são, em geral, muito permeáveis. Esta permeabilidade é função da textura e da própria mineralogia. Aqueles de textura média ou, mesmo, argilosa ou muito argilosa quando gibsíticos são os mais permeáveis (Ferreira, 1988). Isso favorece a lixiviação. Nessa classe de solo, a única exceção são os Latossolos Amarelos, pois eles são os menos permeáveis.

O processo de laterização consiste na lixiviação da sílica e deposição de óxidos de ferro e alumínio. Desta forma, na definição da composição química de tais solos, estes são os elementos mais importantes. Segundo Borba (1984), além desses minerais ocorre presença de óxidos de titânio, cálcio, magnésio, sódio, potássio e fósforo, mas em teores menores (inferiores a 1%, com exceção do titânio que pode aparecer em até 7%).

Os Latossolos, segundo Ker (1997), são considerados poligenéticos, pois experimentaram diferentes situações climáticas ao longo de sua formação. Isso tende a homogeneizar características químicas, morfológicas e mineralógicas. Assim, são considerados solos de mineralogia relativamente simples.

O autor supracitado relata que na sua fração grosseira (silte mais areia) prevalece quartzo, com menores quantidades de muscovita e alguns feldspatos potássicos quando derivados de rochas ácidas. Magnetita e ilmenita com pequena proporção de quartzo prevalecem quando se desenvolvem a partir de rochas básicas, com destaque para o basalto, no caso do Brasil.

Na fração argila são variadas as quantidades de caulinita, gibsitita, goethita e hematita, a depender do tipo de material de origem, da intensidade do intemperismo e drenagem do sistema, entre outros fatores. O conceito central dos Latossolos prevê o domínio de caulinita e óxidos de ferro e alumínio, na forma de óxidos e hidróxidos, donde vem sua peculiar coloração avermelhada (Pinto, 2000).

Costa (1961 apud Ker, 1997) afirma que, no continente africano, a designação taxonômica empregada para os latossolos é correspondente aos “Solos Ferralíticos”. Para os norte-americanos, o sistema taxonômico os classifica como “Oxisols”, para os franceses como “Sols Ferralitiques” e para a classificação da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2001), a categoria mais próxima é a dos “Ferrasols”. Para Ker (1997), no Brasil, os latossolos guardam certa correspondência com os Oxisols, Sols Ferralitiques e Ferrasols dos sistemas americano, francês e FAO.

Spindola e Daniel (2008) destacam que esses solos, na grande maioria dos casos, ocupam amplas superfícies de relevos suaves, por vezes sustentadas por corpos couraçados dispostos nas profundezas do manto alterado, muito dessaturado e bastante permeáveis. Pesquisadores atribuem essas feições a um longo período de atuação do intemperismo químico, de modo que a superfície envolvida pode testemunhar pedogêneses múltiplas, sob a ação de paleoclimas.

Em geral, a laterita disposta a grandes profundidades, sustentando superfícies aplainadas e solos espessos, demonstrando alto grau de evolução, possui a mineralogia amplamente dominada pela caulinita (por vezes associada à gibsitita) na fração argila, e quartzo mais minerais pesados resistentes (zircão, turmalina, estauroilita e outros).

No Brasil, os Latossolos, segundo Ker (1997), encontram-se amplamente distribuídos pelo Brasil, ocupando cerca de um terço da superfície do território nacional e ocorrendo em praticamente todas as regiões do país (Figura 3.1).

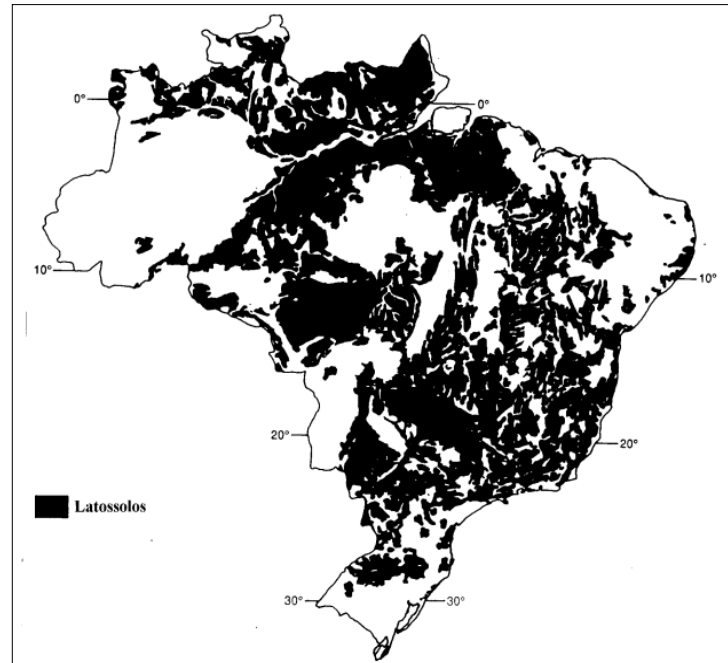


Figura 3.1 – Distribuição das áreas de ocorrência de Latossolos no Brasil (CAMARGO et al., 1986).

Ocupando cerca de 41% da área da Amazônia Legal brasileira, 46% da área dos Cerrados (Rodrigues, 1996) e 21% do Domínio Semi-árido (Jacomine, 1996), os latossolos têm ocorrência expressiva, conforme Almeida (1996), no domínio dos Mares de Morros e Planalto das Araucárias e de pouca expressividade na Campanha Gaúcha e Pantanal Mato-Grossense.

Atualmente são reconhecidos no Brasil sete tipos de Latossolos (Camargo et al., 1987; Oliveira et al. 1992): O Ferrífero (LF), o Roxo (LR), o Vermelho-Escuro (LE), o Vermelho-Amarelo (LV), o Amarelo (LA), o Bruno (LB), o Vermelho-Amarelo Variação Una (LU). Ker (1997) afirma que quando estes Latossolos apresentam horizonte A bastante espesso e rico em matéria orgânica, eles são denominados Latossolos Húmicos (LH).

Os Latossolos Ferríferos (LF), definidos por Ker (1997), são aqueles que se desenvolvem a partir de rochas ricas em ferro e compreendem solos minerais, não hidromórficos, profundos, bem acentuadamente drenados, de coloração avermelhada, com altos teores de Fe_2O_3 . O poder pigmentante da hematita presente

nos Latossolos Ferríficos é responsável pela coloração avermelhada forte (Resende, 1976). São solos de baixíssima fertilidade, limitando a sua utilização agrícola.

Os Latossolos Roxos (LR) referem-se a solos minerais, profundos, bem acentuadamente drenados de coloração vermelho-arroxeadada. Inicialmente reconhecidos como Terra Roxa (Brasil, 1960), sua distribuição geográfica encontra-se em expressivas áreas do Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. Ker (1997) relata que quanto à fertilidade natural constatam-se desde solos muito férteis (eutróficos) até muito pobres quimicamente (álícos ou distróficos).

Os Latossolos Vermelho-Escuros (LE) são formados a partir de uma grande diversidade de materiais de origem. Encontram-se amplamente distribuídos pelo território nacional com destaque para os estados do Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Paraná, São Paulo, Mato Grosso e Rio Grande do Sul. São solos de fertilidade e textura muito variadas, sendo encontrados solos distróficos, álícos e eutróficos e de textura que vai de arenosa a muito argilosa (Ker, 1997).

Ker (1997) afirma que os Latossolos Vermelho-Amarelados (LV) possuem a maior e mais ampla distribuição geográfica no Brasil dentre os Latossolos. Esses são solos muito variáveis quanto à fertilidade natural - predominantemente distróficos e álícos e, mais raramente eutróficos, sobretudo na região semi-árida brasileira. No Estado do Rio Grande do Norte, os Latossolos Vermelho-Amarelos estendem-se por quase todo o litoral.

No que diz respeito aos Latossolos Amarelos (LA), o autor citado relata que eles encontram-se espalhados em muitas áreas do Brasil, porém sua maior expressividade e continuidade de área encontram-se nos platôs litorâneos e amazônicos.

Já os Latossolos Brunos (LB) são solos latossólicos de colorações brunadas e amareladas que ocorrem em regiões de altitudes, frias e úmidas de algumas localidades do país.

Os Latossolos Variação Una (LU) compreendem solos minerais não hidromórficos, muito profundos, bem acentuadamente drenados, distróficos de textura argilosa e muito argilosa, conforme definição da publicação do Levantamento de Reconhecimento de Solos da Margem Direita do Rio São Francisco - Estado da Bahia (EMBRAPA-SNLCS, 1977).

Os Latossolos Húmicos (LH) possuem coloração escura e um expressivo conteúdo de carbono orgânico. São, em geral, álicos ou distróficos, cuja distrofia do sistema bem como as temperaturas amenas inibem a atividade microbiana, favorecendo o acúmulo de matéria orgânica (Ribeiro et al., 1972).

3.2.3 Breve descrição do comportamento de engenharia dos solos lateríticos

Pinto (2000) afirma que os solos lateríticos se apresentam na natureza, geralmente não-saturados e com índice de vazios elevado, daí sua pequena capacidade de suporte. Porém, quando compactados, sua capacidade de carga é elevada, sendo amplamente utilizados como materiais de construção, principalmente em barragens de terra e como camadas de subleitos de pavimentos, utilizadas em rodovias e aeroportos (Martínez et al., 2002). É importante destacar que, alguns solos lateríticos apresentam alto potencial de colapso, mas quando compactados, esse potencial é bastante diminuído.

Os latossolos também se caracterizam pelo baixo valor do peso específico aparente seco, quando em seu estado natural, sendo da ordem de 13 a 14 kN/m³ no Latossolo Vermelho distrófico (Belincanta et al., 2003). Estes baixos valores de peso específico conferem a estes solos elevados índice de vazios que, associados a outros fatores, levam estes mesmos solos à condição de metaestáveis (Gutierrez et al., 2003).

Além dessas características, os solos lateríticos possuem boa drenagem por serem porosos e apresentam uma boa resistência à erosão por serem solos residuais maduros.

3.2.4 Ensaio de caracterização

Os ensaios de caracterização física e compactação do solo realizados nesta pesquisa são descritos a seguir, obedecendo aos procedimentos das suas respectivas normas técnicas.

Ensaio de granulometria conjunta

Para o reconhecimento do tamanho de grãos do solo laterítico utilizado no estudo, foi realizada a análise granulométrica por peneiramento e sedimentação (ensaio de granulometria conjunta), seguindo-se os procedimentos da norma técnica a ABNT NBR 7181.

Na análise granulométrica por peneiramento, 2 kg de solo foram previamente secos ao ar livre e destorroados em seguida. O solo foi peneirado na peneira nº 10 (2 mm) e então colocado no peneirador elétrico com peneiras de nº 16 (1,2 mm), nº 30 (0,6 mm), nº 40 (0,42 mm), nº 50 (0,30 mm), nº 100 (0,15 mm) e nº 200 (0,075mm). Já o material retido, foi lavado na peneira nº 10, levado para a estufa e, após secagem, passado nas peneiras de diâmetro de 9,5 mm e de 4,8 mm (peneira nº4). Em seguida, o material retido em cada peneira foi pesado para a determinação da massa de sólidos.

Na sedimentação, aproximadamente 100 g do solo seco foi colocado em repouso durante um período mínimo de 12 h com 125 mL de defloculante (hexametáfosfato de sódio e água). Esse material, depois desse período, foi levado a um copo dispersor por 15 minutos. A suspensão foi levada a uma proveta e, em seguida, foram realizadas as leituras com o auxílio de um densímetro (Figura 4.1). Após a última leitura do ensaio, a suspensão foi lavada na peneira nº 200, seca em estufa e determinada a sua massa de sólidos para a realização do peneiramento fino.

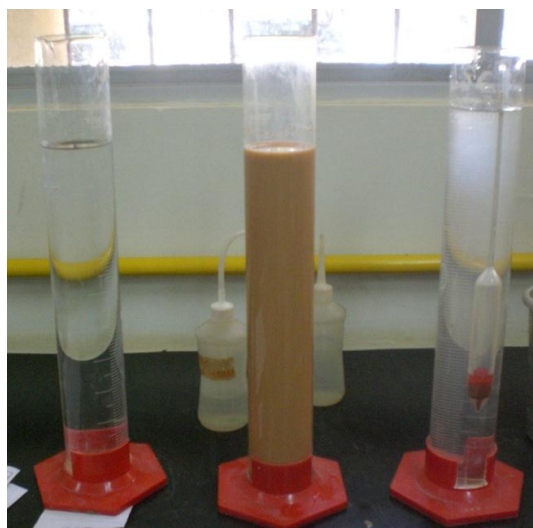


Figura 4.1 – Amostra com defloculante.

A curva granulométrica obtida no ensaio é mostrada na Figura 4.2, em que o eixo das abscissas representa os diâmetros (D) das partículas em mm e o eixo das ordenadas, a porcentagem que passa. Observa-se que 50% das partículas que passam (D_{50}) têm diâmetro igual ou inferior a 0,2 mm.

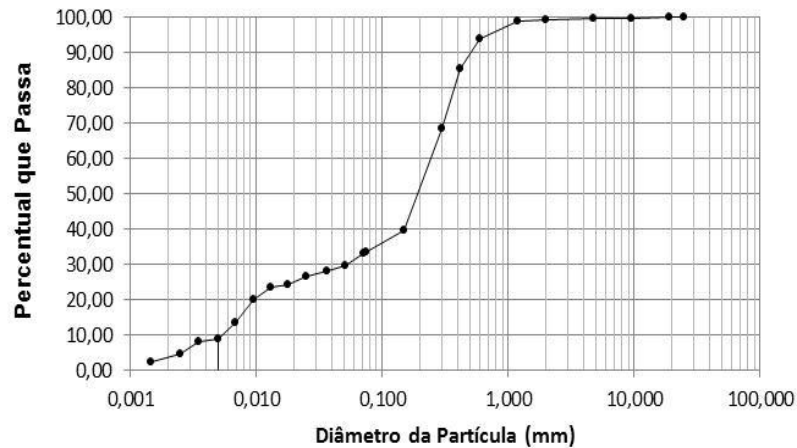


Figura 4.2 – Curva granulométrica do solo utilizado no estudo.

O solo é classificado como SC (areia argilosa), de acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS). O coeficiente de não-uniformidade (CNU) corresponde a 83 e o coeficiente de curvatura (CC) a 1,4, mostrando que o solo é bem graduado.

A Tabela 4.1 mostra as frações constituintes do solo, de acordo com a classificação da norma da ABNT NBR 6502.

Tabela 4.1 – Frações constituintes do solo estudado.

Solo	%
Pedregulho	0,52
Areia grossa	5,09
Areia média	33,91
Areia fina	25,55
Silte	31,3
Argila	3,63

Ensaio de massa específica dos sólidos

O ensaio de massa específica dos sólidos foi realizado seguindo os parâmetros da norma técnica da ABNT NBR 6508. De acordo com a norma, 100 g de solo foram separados e a ele acrescentado água destilada até completa imersão da pasta, deixando-a repousar por 12 horas. A amostra foi levada para o copo dispersor durante 15 minutos e transferida com o auxílio de um funil para um picnômetro, onde foi submetida a vácuo para a remoção de bolhas de ar à superfície da suspensão.

Foram realizadas cinco determinações das temperaturas e suas respectivas massas do conjunto (picnômetro, sólidos e água). Em seguida, a amostra foi transferida um recipiente e à estufa para secagem a 105 °C, a fim de que fosse determinada a massa de sólidos presentes.

O resultado encontrado mostrou que o solo tem peso específico dos sólidos de 26,5 kN/m³.

Ensaio de limite de liquidez e plasticidade

O ensaio de Limite de Liquidez, definido como o teor de umidade do solo com o qual uma ranhura nele feita requer 25 golpes para se fechar, no aparelho de Casagrande, foi realizado segundo a norma técnica da ABNT NBR 6459.

O Limite de Plasticidade foi realizado seguindo o procedimento padronizado pela norma da ABNT NBR 7180.

Os resultados mostraram para o solo um limite de liquidez de 23% e um limite de plasticidade de 14,7%. O índice de plasticidade correspondente é de 9%.

Ensaio de caracterização química: difratometria e fluorescência de raios X

Ensaio de difratometria e fluorescência de raios X com o solo foram realizados no Laboratório de Ensaio de Materiais (LABEMAT) do Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis (CTGAS-ER). As amostras utilizadas no seu estado natural passaram na peneira de nº 200 (0,075 mm).

Para a análise de difração de raios X com identificação de fases cristalinas, o equipamento utilizado foi o XRD-6000 da marca Shimadzu.

Para a análise química por fluorescência de raios X com perda ao fogo, o material foi prensado em prensa manual em forma de pastilha, com diâmetro de cerca de 15 mm. Para a avaliação da perda ao fogo, o material após seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, foi aquecido até 1000°C por 20 minutos.

Segundo Queiroz de Carvalho (1985), para se ter êxito na análise da composição mineralógica de solos tropicais residuais, necessita-se do uso combinado de vários métodos que atestem, não só quantitativamente como qualitativamente os minerais existentes e sua forma de exposição. Com este objetivo, foi realizado ensaio de difratometria de raios X.

Para a análise da composição química do solo estudado, foi realizado ensaio de fluorescência de raios X.

A Tabela 4.2 apresenta os percentuais dos componentes químicos obtidos por fluorescência de raios X. Observam-se composições químicas típicas de solos laterizados, onde as porcentagens de sílica e óxidos de ferro e de alumínio aparecem em maior quantidade.

Tabela 4.2 – Fluorescência de raios X de amostra do solo estudado.

Óxidos	%
SiO ₂	56,21
Al ₂ O ₃	34,88
Fe ₂ O ₃	2,08
TiO ₂	0,79
MgO	0,15
ZrO	0,13
K ₂ O	0,11
SO ₃	0,09
CaO	0,07

Chaves (1979) afirma que existem diferentes métodos de classificação de solos lateríticos propostos por diversos pesquisadores. Considerando a composição química, Martin e Doyne (1930) classificam as lateritas segundo a relação molecular sílica/alumina (ki), tendo-se:

$K_i < 1,33$ laterita

$1,33 \leq k_i \leq 2$ solo laterítico

$K_i > 2$ solo não laterítico

Winterkorn e Chandrasekharan (1951) usa a mesma classificação proposta por Martin e Doyné (1930), baseado na relação sílica/sesquióxidos. Sesquióxidos são óxidos que contém três átomos de oxigênio combinados com dois de outro constituinte da molécula.

Baseado na classificação proposta por esses autores, o solo estudado tem a relação de sílica/alumina correspondente a 1,61 e a relação de sílica/sesquióxidos de ferro e alumínio correspondente a 1,52, indicando a ocorrência de um solo laterítico.

A identificação dos componentes mineralógicos através da difração de raios X se apresenta como o método de identificação mais eficiente para o estudo da estrutura cristalina (Chaves, 1979). Porém, segundo Gomes (1986), apesar das inúmeras vantagens da utilização deste método, encontram-se limitações para sua utilização em materiais amorfos e não cristalinos.

O resultado do ensaio de difratometria de raios X é apresentado na Figura 4.3.

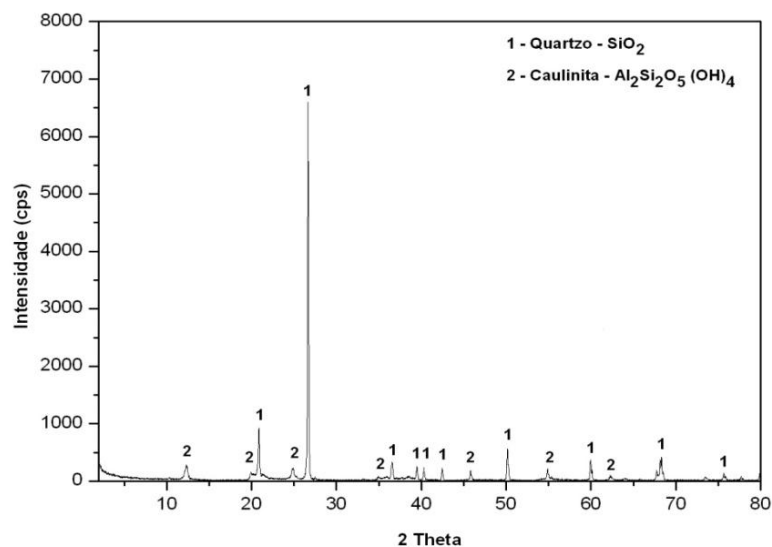


Figura 4.3 – Difratometria de raios X de amostra do solo estudado.

Takeda et al. (2007) investigou aspectos relacionados à determinação da gênese de solos tropicais, concluindo que os solos lateríticos apresentam na sua constituição argilominerais do grupo da caulinita, enquanto nos solos não-lateríticos foi verificada a presença de argilominerais do grupo das ilitas, isoladamente ou em associação com a caulinita. Além disso, somente para as amostras lateríticas foi identificada a presença de óxidos e/ou hidróxidos de ferro e alumínio.

A análise da difração de raios X mostrou que o solo utilizado no estudo é constituído de quartzo, sendo a caulinita o argilomineral existente. Logo, pode-se afirmar com base nesse ensaio, que se trata de um solo laterítico.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE PNEUS

Os resíduos de pneus usados no presente estudo são subprodutos do processo de recapagem. Segundo Edinçliler (2010), a origem e o formato fibrilar de suas partículas o classificam como desbastes de pneus (ASTM D 6270-08). O material não possui tiras de aços e foi obtido da empresa recapadora “Pinheiro Pneus”, com sede em Natal-RN.

A Figura 4.4 mostra os desbastes de pneus utilizados no estudo. Esses materiais possuem formas irregulares com espessura média equivalente a 1,6 mm.

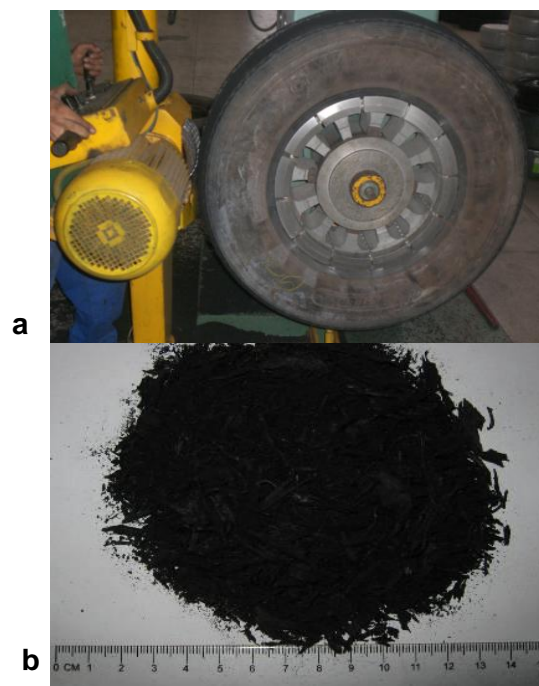


Figura 4.4 – a) Processo de raspagem da banda de rodagem; b) resíduos de pneus resultantes desse processo.

3.3.1 Ensaio de peneiramento

Para o reconhecimento do tamanho dos pedaços de pneus foi realizado um ensaio de peneiramento, seguindo-se o procedimento semelhante ao realizado com o solo. O material foi colocado no peneirador elétrico com peneiras de 25 mm, 19 mm, 9,5 mm, n° 4 (4,8 mm), n° 10 (2 mm), n° 16 (1,2 mm), n° 30 (0,6 mm), n° 40 (0,42 mm), n° 50 (0,30 mm), n° 100 (0,15 mm) e n° 200 (0,075 mm). Em seguida, foram pesados os resíduos retidos em cada peneira, para determinação da porcentagem passante.

A curva de distribuição do tamanho das partículas dos desbastes é mostrada na Figura 4.5 e indica que 50% das partículas que passam têm diâmetro inferior a 1,4 mm (D_{50}).

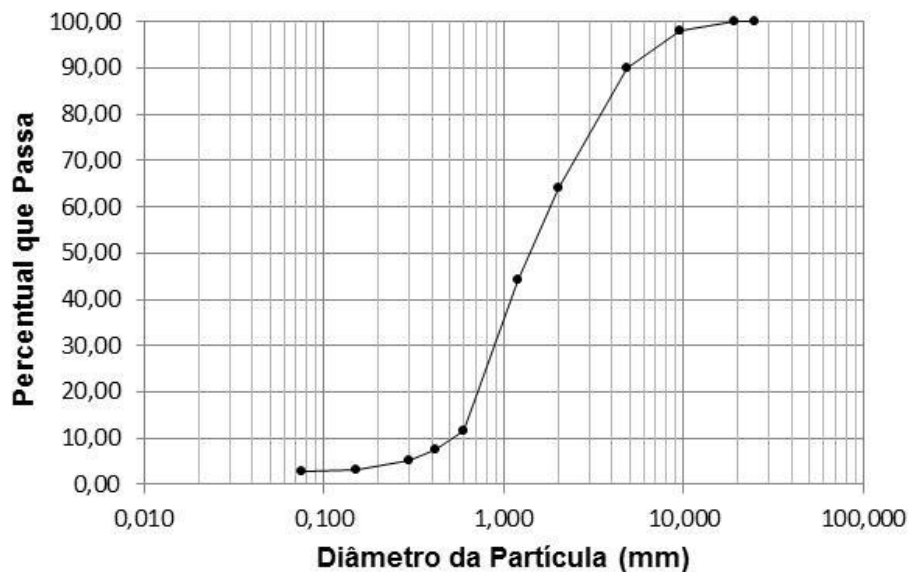


Figura 4.5 – Curva granulométrica dos desbastes de pneus.

3.3.2 Ensaio da massa específica dos sólidos

O ensaio de massa específica dos sólidos foi também realizado seguindo os parâmetros da norma da ABNT NBR 6508, citada no ensaio da massa específica dos sólidos para o solo puro (0%).

A diferença foi que para a retirada do ar da suspensão, não foi aplicada uma pressão de menos 88 kPa, já que por serem os desbastes materiais de baixo peso específico, no momento da sucção, eles ficaram todos presentes na superfície e ultrapassaram a marca da água da haste do picnômetro. Para a solução do caso, foi realizado um aquecimento do picnômetro em banho-maria para a expulsão do ar da amostra.

De acordo com resultado encontrado, o peso específico dos sólidos dos desbastes de pneus corresponde a $1,11 \text{ g/cm}^3$, o que condiz com o valor de $1,15 \text{ g/cm}^3$ encontrado por Zornberg et al. (2004a), em pesquisa realizada com pedaços de pneus sem tiras de aço. Os valores dos pesos específicos encontrados variam de $1,05$ a $1,36 \text{ g/cm}^3$, dependendo da presença ou não das tiras de aço (Edil e Bosscher, 1994).

3.3.3 Absorção de água

O ensaio de absorção de água foi realizado seguindo os procedimentos da norma da ABNT NBR 6458. Foram preparadas duas amostras com 600 g de desbastes de pneus. Cada amostra foi lavada na peneira nº 4 (4,8 mm), conforme determina o método de ensaio, a fim de que fosse retirado o material mais fino. As amostras foram imersas em água destilada durante um período de seis dias (Figura 4.6). Após esse tempo, foram secas superficialmente com auxílio de papel absorvente e pesadas. Em seguida, foram levadas à estufa por um período de 24 h para determinação da massa seca.



Figura 4.6 – Amostras de desbastes de pneus imersos em água destilada para ensaio de absorção.

O cálculo da absorção de água dos desbastes de pneus foi obtido através da fórmula:

$$S = \frac{(M_h - M_s)}{M_s} \times 100 \quad (1)$$

em que: M_h é a massa da amostra saturada, superficialmente seca e M_s é a massa da amostra seca.

A absorção de água obtida depois de seis dias de imersão foi 5,4% para a amostra um e 5,6% para amostra dois. Humphrey (1997) relatou valores de absorção de água entre 2% a 4,3%, em pesquisa realizada com pedaços de pneus.

CAPÍTULO 4 – ENSAIOS COM AS MISTURAS DE SOLO E RESÍDUOS DE PNEUS

4.1 PREPARO DAS AMOSTRAS

As amostras dos ensaios foram preparadas usando-se solo puro, desbaste de pneu puro e misturas desses dois materiais. O teor do desbaste de pneu (χ) foi definido como (Zornberget al., 2004a):

$$\chi(\%) = \frac{P_p}{P_p + P_s} \times 100$$

(2)

em que: P_p é o peso do desbaste de pneu seco e P_s é o peso do solo seco ao ar livre.

Foram selecionados os seguintes teores para o estudo: $\chi = 0\%$ (solo puro), $\chi = 10\%$, $\chi = 20\%$, $\chi = 40\%$, $\chi = 50\%$ e $\chi = 100\%$ (desbaste de pneu puro).

Com as amostras de solo puro, desbaste de pneu puro e as misturas solo – desbastes de pneu foram realizados ensaios de compactação, cisalhamento direto, compressão confinada e permeabilidade.

Durante o preparo, o desbaste era adicionado ao solo na quantidade definida para se obter o teor desejado de pneus. As amostras destinadas aos ensaios de cisalhamento direto, compressão confinada e permeabilidade receberam a quantidade de água necessária para levá-las ao teor de umidade ótimo definido através dos ensaios de compactação, descritos a seguir. Em seguida, eram homogeneizadas e guardadas em saco plástico devidamente vedado para evitar perda de umidade.

4.2 ENSAIOS DE COMPACTAÇÃO

Foram realizados ensaios de compactação com energia de Proctor Normal, sem reuso de material, de acordo com a norma da ABNT NBR 7182.

Após destorroamento do solo e uniformização da umidade, uma porção foi colocada num cilindro padrão com volume de 1000 cm^3 e submetida a 26 golpes de um soquete com massa de 2,5 kg. O processo foi repetido mais duas vezes. Em

seguida, foi determinada a massa específica do corpo de prova (CP) e com uma amostra do seu interior, determinou-se o teor de umidade de compactação. Com estes dois valores, calcularam-se as massas específicas secas.

Uma série de seis compactações foi feita, obtendo-se para cada uma, novos pares de valores umidade-massa específicos seca, a fim de se terem dois pontos no ramo seco, dois no ramo úmido e um próximo ao teor de umidade ótima (w_{ot}) para a formação da curva de compactação.

A Figura 4.7 mostra um corpo de prova moldado com $\chi = 10\%$, após extração do cilindro de compactação.



Figura 4.7 – Corpo de prova moldada com $\chi = 10\%$ de resíduo de pneus.

As curvas de compactação obtidas são apresentadas na Figura 4.8. A Tabela 4.3 mostra os valores correspondentes de peso específico seco máximo e teor de umidade ótimo obtidos com o solo puro, o desbaste puro e as misturas. O peso específico seco máximo do pneu puro também é apresentado na mesma Tabela. Observa-se que o teor de pneus (χ) exerce uma influência significativa no grau de compactação do material. Quanto maior χ , menor é o peso específico seco máximo atingido. Os dados sugerem também que o teor de resíduo exerce maior efeito no solo compactado no ramo úmido.

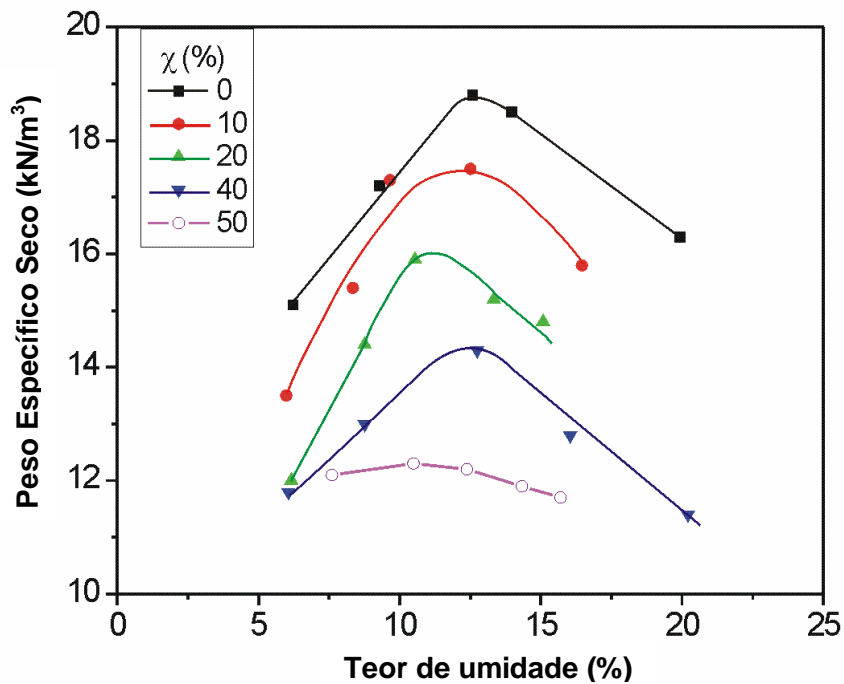


Figura 4.8 – Curvas de compactação do solo puro e das misturas solo – resíduo de pneus.

Tabela 4.3 - Sequência de ensaios de compactação e parâmetros de compactação obtidos.

Série	χ (%)	W_{ot} (%)	γ_{dmax} (kN/m ³)
1	0	12,6	18,8
2	10	12,5	17,5
3	20	11,2	16,0
4	40	12,7	14,3
5	50	10,5	12,2
6	100	-	7,0

4.3 ENSAIOS DE CISALHAMENTO DIRETO

Os corpos de prova dos ensaios de cisalhamento direto foram diretamente preparados na caixa de cisalhamento, a qual possui dimensões de 50 mm de diâmetro e 20 mm de altura, como se mostra na Figura 4.9. As misturas solo –

desbastes de pneus foram homogeneizadas e colocadas em descanso por 24 horas antes da compactação. Os desbastes de pneus usados nos ensaios de cisalhamento direto foram limitados a um tamanho máximo de 10 mm devido ao reduzido tamanho da caixa de cisalhamento.

O material foi estaticamente compactado em três camadas iguais com um soquete de madeira até se alcançar o grau de compactação desejado (Figura 4.9). Todas as amostras foram compactadas na umidade ótima (w_{ot}) e massa específica aparente seca (γ_{dmax}), definida no ensaio de compactação de Proctor Normal.

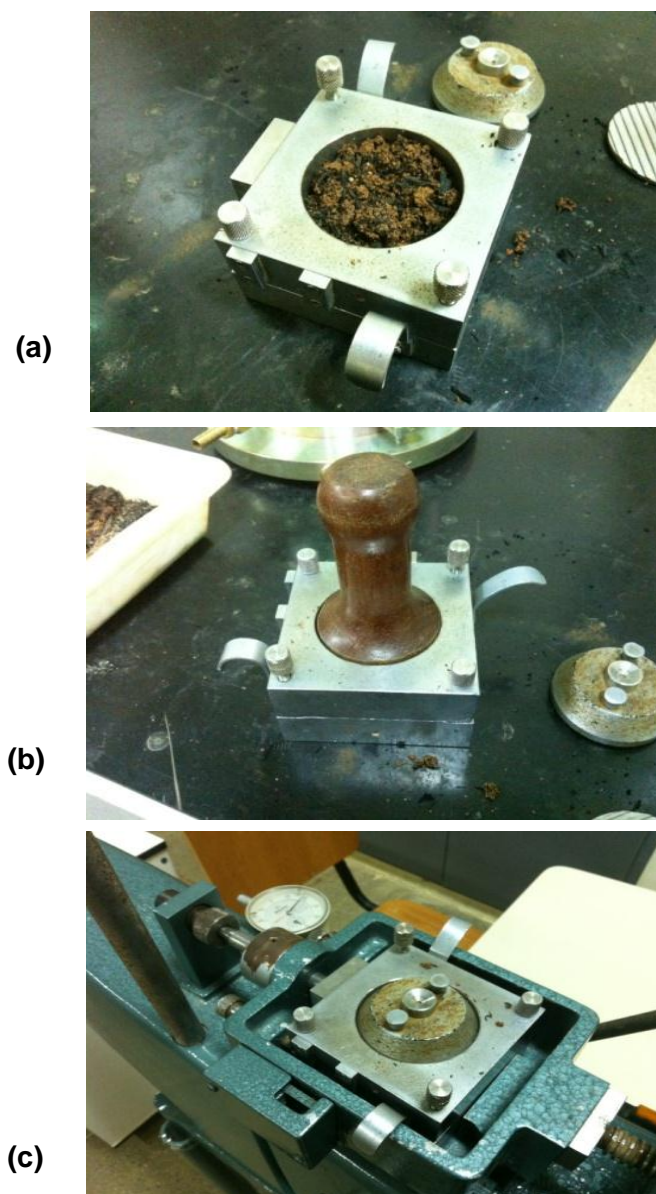


Figura 4.9 – a) Preparação de um corpo de prova diretamente na caixa de cisalhamento; b) compactação da amostra em três camadas; c) montagem da caixa de testes na prensa de cisalhamento.

Foram realizados 18 ensaios de cisalhamento direto como parte da investigação. Os testes foram conduzidos de acordo com a norma da ASTM D 3080 (ASTM 2004). Cada série corresponde a um teor de desbaste de pneu e tensões normais de (σ_n) de 50, 100 e 200 kPa. A série 1 foi conduzida com solo puro ($\chi = 0\%$), a série 6 com desbaste de pneu puro ($\chi = 100\%$) e as demais, realizadas com misturas nos teores de $\chi = 10\%$, $\chi = 20\%$, $\chi = 40$ e $\chi = 50\%$ de desbaste de pneu em peso.

Os deslocamentos horizontais e verticais da caixa de cisalhamento foram medidos usando relógios comparadores com uma resolução de 0,01 mm e curso máximo de 20 mm. A força lateral necessária para manter a metade superior da caixa de cisalhamento estacionária foi medida através de um anel dinamométrico. As amostras foram cisalhadas sob uma velocidade constante de 0,05 mm/min e com teor de umidade inicial igual ao de moldagem.

A Tabela 4.4 apresenta um resumo da sequência e características dos ensaios de cisalhamento direto, apresentando o peso específico aparente seco e o teor de umidade de moldagem.

Tabela 4.4 – Resumo da sequência e características dos ensaios de cisalhamento direto.

Ensaio	Designação	Teor de resíduo, χ (%)	Tensão normal, σ_n (kPa)	Teor de umidade de moldagem, w (%)	Peso específico seco, γ_d (kN/m ³)
1	CD-0-50	0	50	12,6%	20,2
2	CD-0-100	0	100	11,61	20,2
3	CD-0-200	0	200	11,61	20,2
4	CD-10-50	10	50	11,81	17,6
5	CD-10-100	10	100	12,23	17,4
6	CD-10-200	10	200	12,27	17,4
7	CD-20-50	20	50	11,28	15,5
8	CD-20-100	20	100	11,43	15,6
9	CD-20-200	20	200	11,61	15,5
10	CD-40-50	40	50	12,35	13,9
11	CD-40-100	40	100	12,38	13,9
12	CD-40-200	40	200	12,27	14,0
13	CD-50-50	50	50	11,63	12,2
14	CD-50-100	50	100	11,39	12,2
15	CD-50-200	50	200	11,32	12,2
16	CD-100-50	100	50	—	7,1
17	CD-100-100	100	100	—	7,1
18	CD-100-150	100	200	—	7,1

CD- Cisalhamento direto

4.4 ENSAIOS DE COMPRESSÃO CONFINADA

Os ensaios de compressão confinada com o solo puro, desbaste puro e a misturas desses dois materiais foram conduzidos de acordo com a norma da ABNT NBR 12007. Os corpos de prova foram preparados diretamente no anel de adensamento com dimensões de 50 mm de diâmetro e 20 mm de altura.

O material foi estaticamente compactado no anel de adensamento (Figura 4.10) em três camadas iguais com o auxílio de suporte de madeira até se alcançar o grau de compactação desejado. A superfície interna do anel foi previamente

lubrificada com graxa de silicone para redução de atrito lateral. Todas as amostras foram compactadas na umidade ótima (w_{ot}) e massa específica aparente seca máxima (γ_{dmax}).

É importante destacar que os desbastes de pneus puros usados também foram limitados a um tamanho máximo de 10 mm devido ao reduzido tamanho do anel de adensamento.



Figura 4.10 – Corpo de prova da mistura solo – resíduo de pneus no anel de adensamento.

Após a preparação do corpo-de-prova no anel, foi executada a montagem da célula de adensamento, seguindo a sequência: base rígida, pedra porosa inferior, papel-filtro, corpo de prova contido no anel, papel-filtro e pedra porosa superior. A montagem foi finalizada com a colocação do cabeçote metálico. Após a colocação de célula de adensamento na prensa de adensamento (Figura 4.11) com os devidos ajustes, foi aplicada no corpo de prova, uma tensão de adensamento de 5 kPa. O relógio comparador, após a aplicação dessa tensão foi zerado, seguindo o procedimento para execução do ensaio presente na norma.



Figura 4.11 – Montagem de ensaio de compressão confinada

A Tabela 4.5 exibe um resumo dos ensaios de compressão confinada realizados para cada porcentagem (χ). No processo de carregamento, foram transmitidas cargas verticais (σ_v) à célula de adensamento de 10, 40, 80, 150, 300 e 600 kPa. Para cada um dos estágios de pressão foram realizadas leituras de deslocamento, com auxílio de um relógio comparador fixado à prensa de adensamento, nos intervalos de tempo de 0s, 30s, 1min, 2min, 4min, 8 min, 15min, 30min, 1h, 2h, 4h, 8h e 24h, contados a partir do instante de aplicação do incremento da carga. Ao término do carregamento, efetuaram-se os descarregamentos do corpo de prova em estágios de tensão de 300 kPa, 80 kPa e 10 kPa, cujas leituras também foram feitas nos intervalos de tempo acima citados.

Tabela 4.5 – Resumo da sequência e características dos ensaios de compressão confinada.

Ensaio	Designação	Teor de desbaste, χ (%)	Carregamento e descarregamento (kPa)	Teor de umidade de moldagem, w (%)	Peso específico seco, γ_d (kN/m ³)
1	CC-00	0 (solo puro)	10	12,81	18,8
2	CC-10	10	40	10,82	17,7
			80		
3	CC-20	20	150	11,45	15,5
4	CC-40	40	300	11,90	13,7
			600		
5	CC-50	50	300	11,31	12,2
			80	—	7,2
6	CC-100	100 (resíduo puro)	10		

CC – Compressão confinada

4.5 ENSAIOS DE PERMEABILIDADE

Um ensaio de permeabilidade foi realizado com solo puro ($\chi = 0\%$), segundo a norma NBR 13292 para determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante.

O corpo de prova, depois de compactado na umidade ótima (w_{ot}) definida através dos ensaios de compactação (Figura 4.8), foi parafinado na sua superfície lateral e colocado em um permeômetro de parede rígida com diâmetro de 150 mm. Em seguida, o corpo de prova foi inserido no permeômetro, sobre uma camada de areia pura. Em volta do corpo de prova foi colocada parafina e pasta de bentonita com a função de selamento anelar evitando o fluxo de água pelas laterais. Por fim, foi disposta sobre o corpo de prova uma camada de areia pura sendo,

posteriormente, o permeâmetro vedado com tampas superior e inferior compostas por anéis de borracha. Após a montagem do ensaio, um fluxo de água foi percolado através do solo até sua completa saturação.

O coeficiente de permeabilidade foi determinado através da fórmula de Darcy:

$$k = \frac{Q.L}{\Delta h.A} \quad (3)$$

em que: L é comprimento do corpo de prova, Δh é a diferença de carga hidráulica, A é a seção transversal do corpo de prova e Q é a vazão através do corpo de prova.

O solo foi submetido a uma carga hidráulica constante, sendo a vazão (Q), determinada pela quantidade de água que percola o corpo de prova em um dado intervalo de tempo. A quantidade de água foi medida por uma proveta graduada.

Foram também realizados ensaios de permeabilidade na prensa de adensamento, sob carga constante de 100 kPa. Os corpos de prova foram moldados seguindo-se os mesmos procedimentos dos ensaios de compressão confinada. Em seguida, aplicou-se uma tensão vertical constante de 100 kPa por um período de 30 dias. Após o término deste período, o corpo de prova era saturado fazendo-se percolar um fluxo de água ascendente. Após a completa saturação do corpo de prova, o ensaio de permeabilidade era iniciado. Foram executados seis ensaios deste tipo, com os seguintes teores de desbaste (χ): 0% (solo puro), 10%, 20%, 40%, 50% e 100% (desbaste puro).

Os ensaios foram realizados à carga hidráulica variável, segundo a norma da ABNT NBR 14545, com a instalação de uma bureta graduada com área de 0,75 cm² conectada à base da célula de adensamento.

Para o material com a permeabilidade mais alta, como no caso das amostras do desbaste de pneu puro e das misturas com teores mais altos de desbastes, ao se iniciar o ensaio foi registrada a altura inicial do nível d'água na bureta e, em seguida, foi liberado o fluxo d'água, ao mesmo tempo em que o cronômetro foi acionado. Nesse sentido, foram realizadas quatro leituras, anotando-se a altura final da água na bureta e a sua temperatura. Por fim, fez-se uma média dessas leituras para a obtenção do coeficiente de permeabilidade.

Já para o material com a permeabilidade mais reduzida, como no caso do solo puro e misturas com teores mais baixos de desbaste de pneu, foi realizado o

registro da hora inicial em que o fluxo foi liberado para passar pelo corpo de prova e a altura inicial do nível d'água na bureta. No dia seguinte, registrou-se a altura final da carga hidráulica, obtendo-se o volume de água que passou pelo corpo de prova. Assim como nos ensaios realizados com solos de permeabilidade mais alta, também foram feitas quatro leituras para em sequência ser efetuada a média entre elas.

O coeficiente de permeabilidade do material foi determinado de acordo com:

$$k = 2,3 \frac{aL}{At} \log\left(\frac{h_i}{h_f}\right) \quad (4)$$

em que: a = área da seção transversal da bureta, L = comprimento do corpo de prova, A = área da seção transversal do corpo de prova, h_i = altura inicial do nível d'água na bureta e h_f = altura final do nível d'água na bureta.

Após a determinação do coeficiente de permeabilidade à temperatura do ensaio, o mesmo foi convertido para uma temperatura de 20° C.

É importante destacar que nos ensaios com teores de desbastes de $\chi = 40\%$ e 50% foi utilizada uma bureta graduada com área de 5,31 cm², a qual fornecia uma melhor precisão nas leituras da carga hidráulica.

A Figura 4.12 mostra o esquema da montagem dos ensaios de permeabilidade na prensa de adensamento.



Figura 4.12 – Ensaio de permeabilidade à carga variável realizado após a aplicação de sobrecarga de 100 kPa por um período de 30 dias.

CAPÍTULO 5 - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesse capítulo são apresentados e discutidos os resultados concernentes aos ensaios de compactação, cisalhamento direto, compressão confinada e permeabilidade realizados com o solo puro, desbaste puro e as misturas de solo e desbastes de pneu.

5.1 ENSAIOS DE CISALHAMENTO DIRETO

5.1.1 Tensão de cisalhamento e variação de volume versus deslocamento horizontal

As Figuras 5.1 a 5.6 apresentam os resultados dos ensaios cisalhamento direto realizados com o objetivo de avaliar o comportamento da tensão de cisalhamento e a variação do volume com as curvas de deslocamento horizontal para as porcentagens do desbaste de pneu selecionadas (χ) e tensões normais. A dilatação do solo é considerada negativa para as curvas de variação de volume.

O solo laterítico puro ($\chi = 0\%$) compactado na umidade ótima e massa específica seca máxima não mostra pico definido de resistência ao cisalhamento para os níveis de tensão normal utilizado no estudo (Figura 5.1). Em vez disso, a tensão cisalhante estabiliza-se com o aumento dos níveis de deslocamento axial. O comportamento da variação de volume é dilatante em níveis mais baixos de tensão e de contração sob níveis mais elevados de tensão.

Por outro lado, o comportamento de tensão-deformação da amostra do resíduo puro ($\chi = 100\%$) é quase linear com o aumento da tensão cisalhante sob crescentes deslocamentos axiais (Figura 5.2). O comportamento da variação do volume é totalmente contrativo. A variação do volume é linear em baixos deslocamentos horizontais, e está de acordo com os resultados dos testes encontrados em outros estudos (Lee et al., 1999; Zornberg et al., 2004a). O aumento de volume é observado para maiores deslocamentos horizontais é observada na tensão normal $\sigma_n = 50$ kPa.

Da mesma forma que o solo puro e o resíduo puro, as misturas solo – resíduo de pneus não mostram um pico definido de resistência ao cisalhamento (Figuras 5.3 a 5.6). O deslocamento horizontal necessário para a estabilização da tensão

cisalhante aumenta com o aumento da porcentagem do resíduo (χ). Em níveis mais baixos de tensão normal, as misturas apresentam um comportamento de compressão seguido por um comportamento dilatante para maiores deslocamentos horizontais. Os deslocamentos horizontais nos quais se desenvolve a compressão aumentam com o aumento da porcentagem do resíduo. Um comportamento totalmente compressivo é observado apenas para $\chi = 100\%$ (Figura 5.2). Por outro lado, para uma alta tensão normal ($\sigma_n = 200$ kPa), o comportamento das misturas é totalmente compressivo, independentemente das porcentagens de resíduo. A compressão é reduzida com o aumento dos deslocamentos horizontais.

O comportamento compressivo das misturas aumenta com o aumento da porcentagem de resíduo. A compressão é mínima com $\chi = 10\%$ e máxima com $\chi = 100\%$.

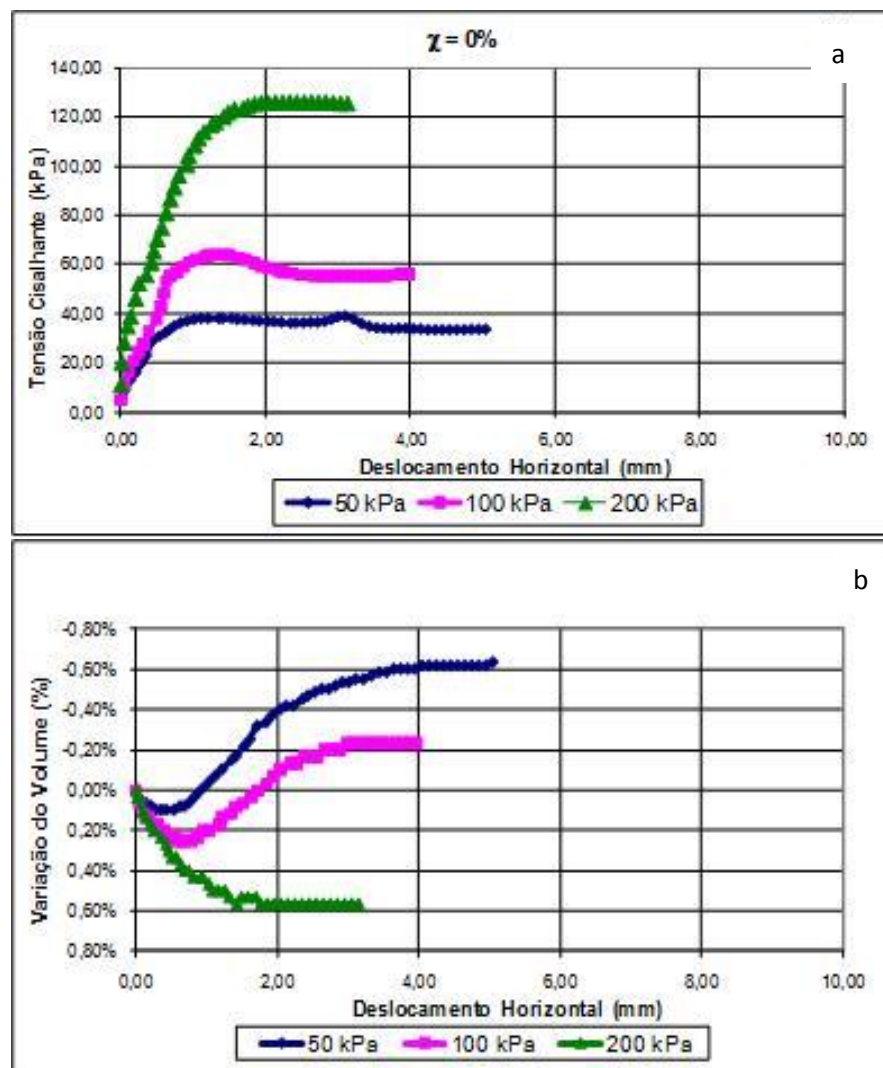


Figura 5.1 – Tensão de cisalhamento e a variação de volume versus as curvas de deslocamento horizontal ($\chi = 0\%$ - solo puro).

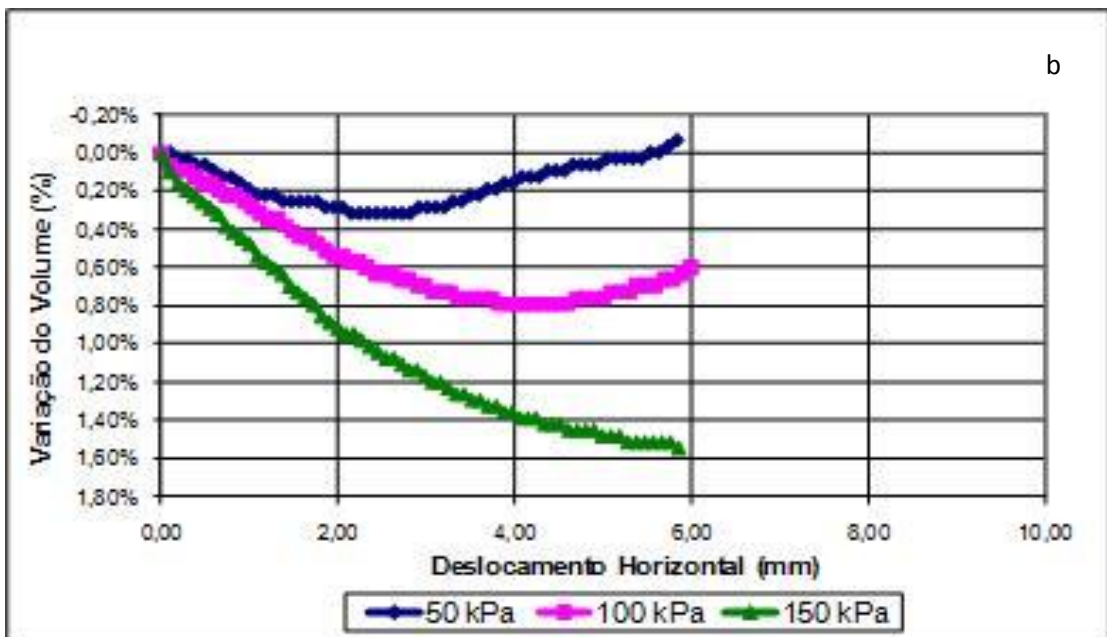
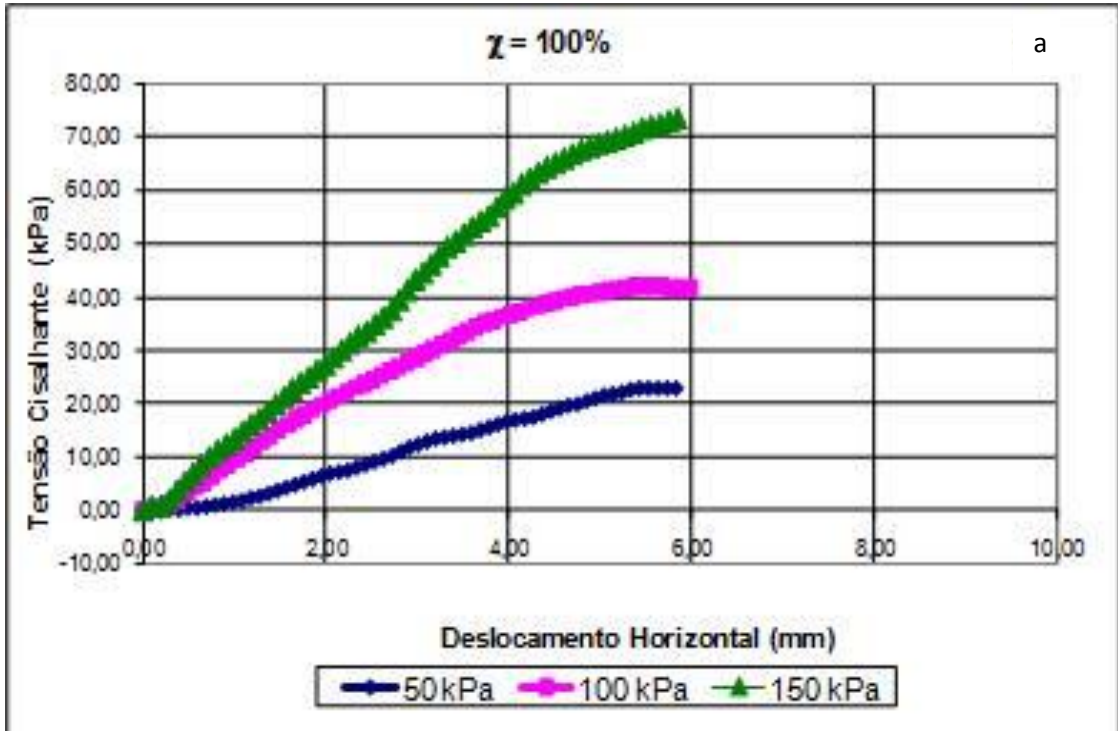


Figura 5.2 – Tensão de cisalhamento e a variação de volume versus as curvas de deslocamento horizontal ($\chi = 100\%$ - resíduo puro).

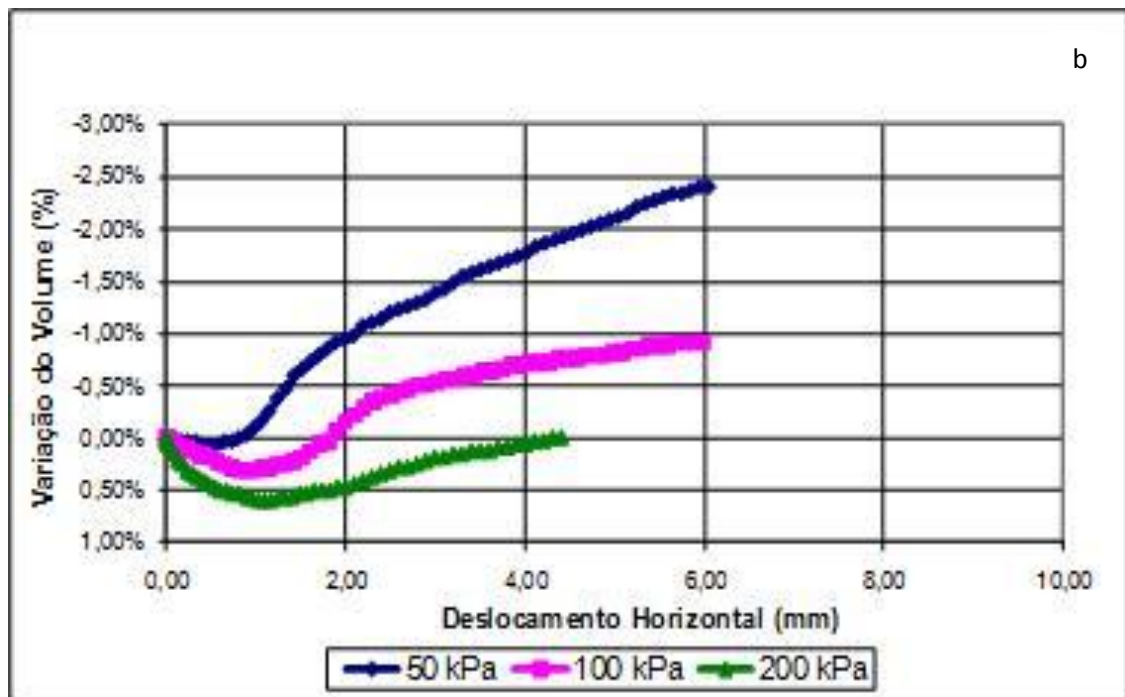
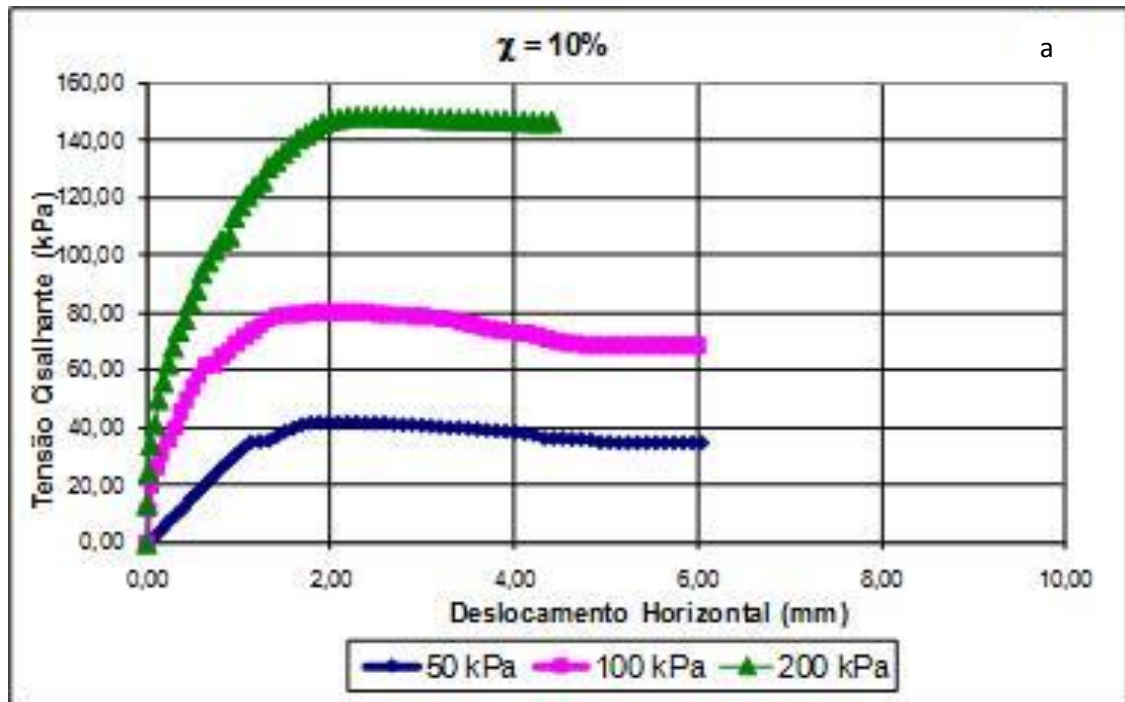


Figura 5.3 – Tensão de cisalhamento e a variação de volume versus as curvas de deslocamento horizontal ($\chi = 10\%$)

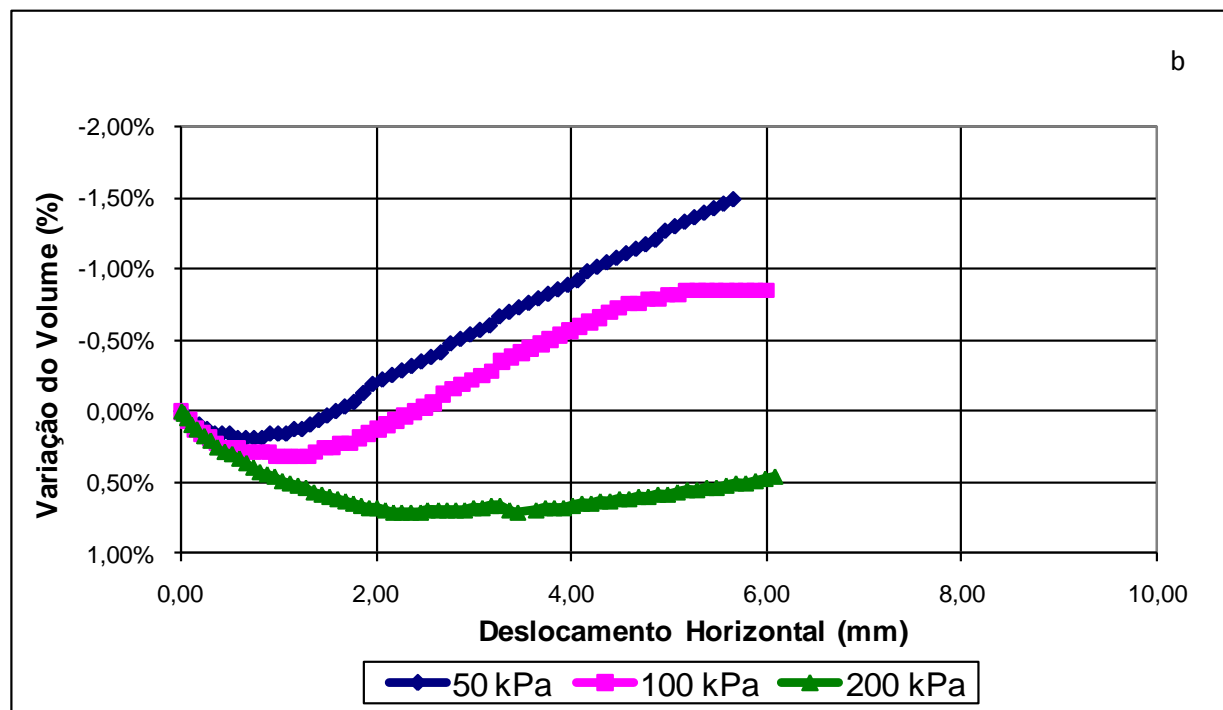
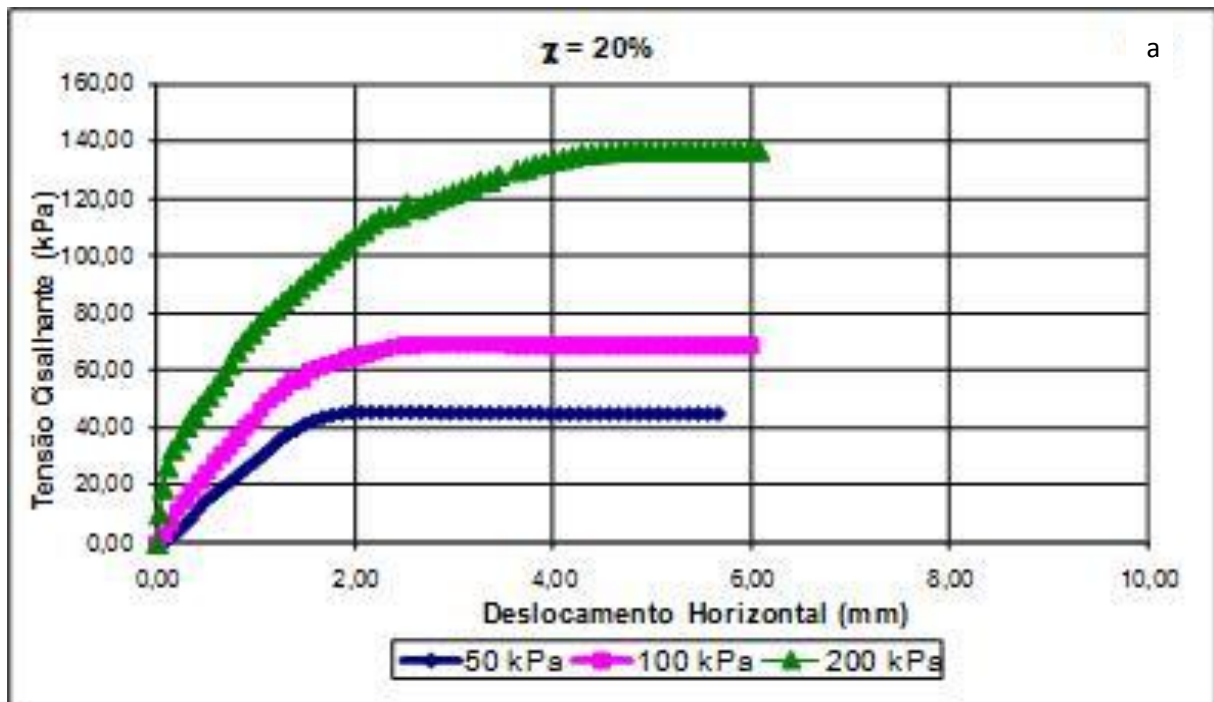


Figura 5.4 – Tensão de cisalhamento e a variação de volume versus as curvas de deslocamento horizontal ($\chi = 20\%$).

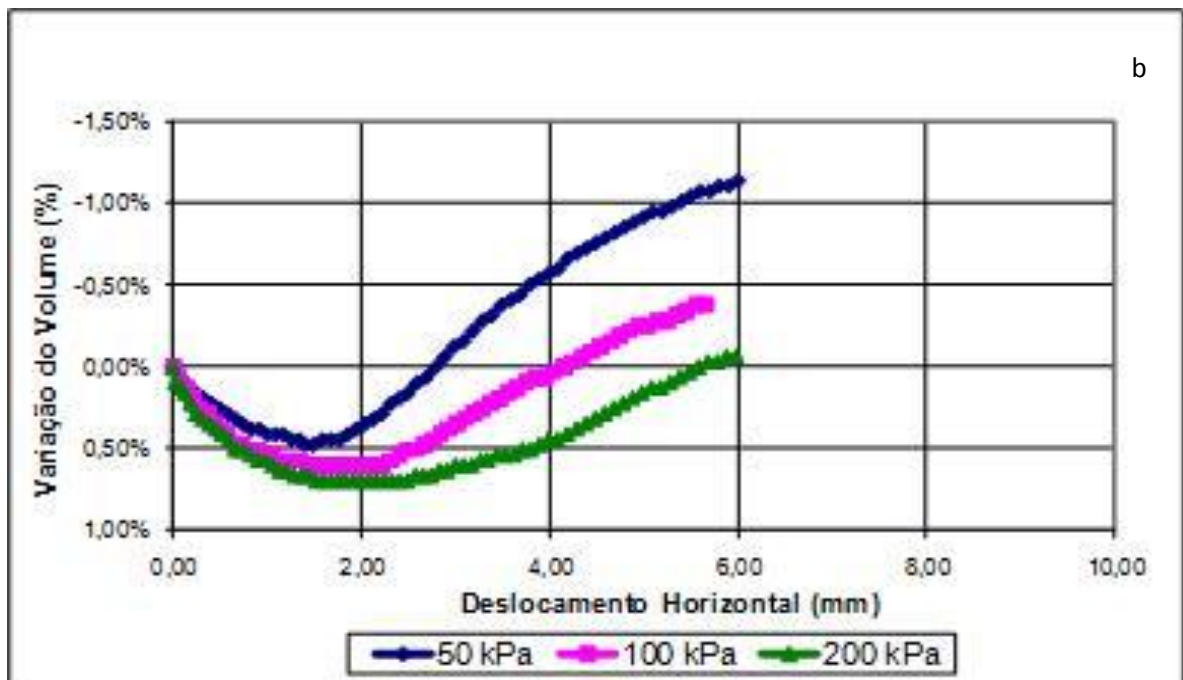
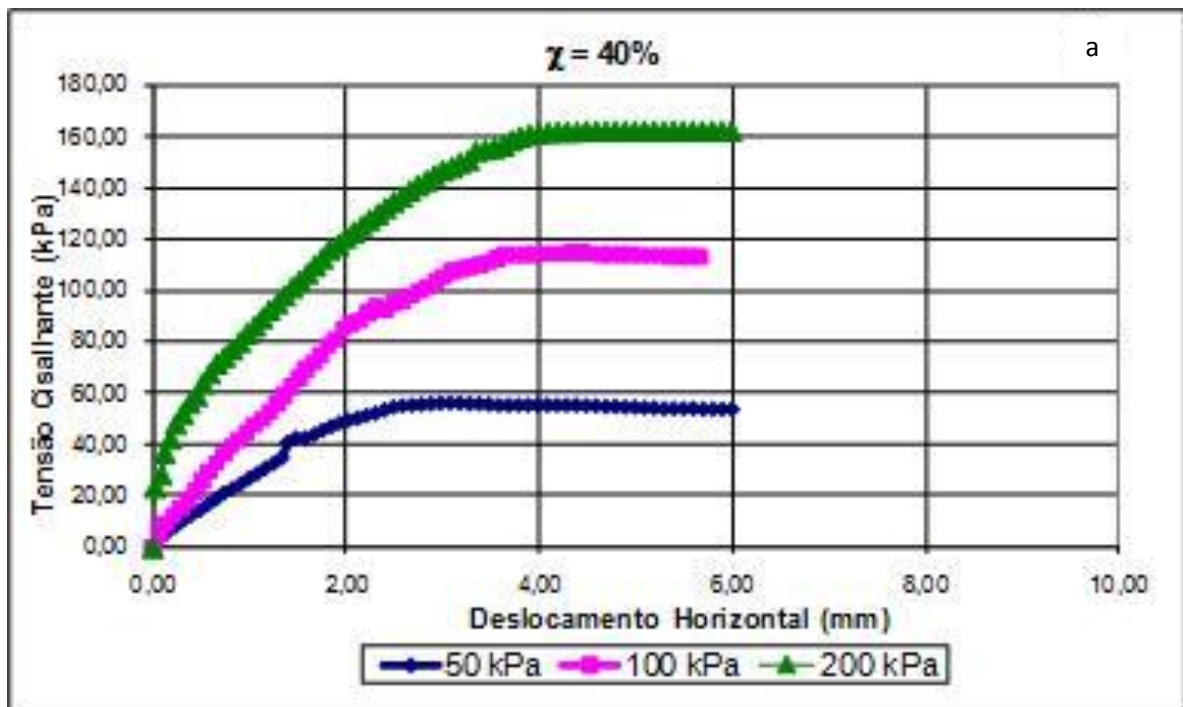


Figura 5.5 – Tensão de cisalhamento e a variação de volume versus as curvas de deslocamento horizontal ($\chi = 40\%$).

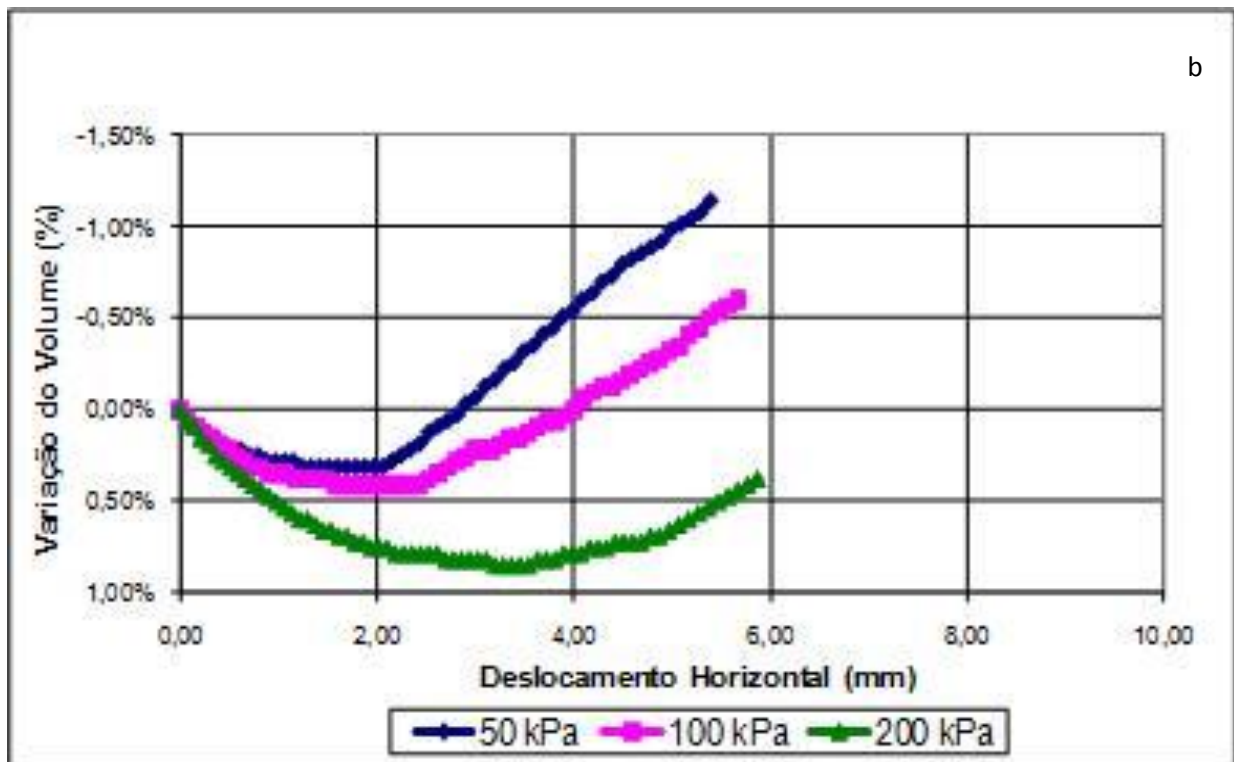
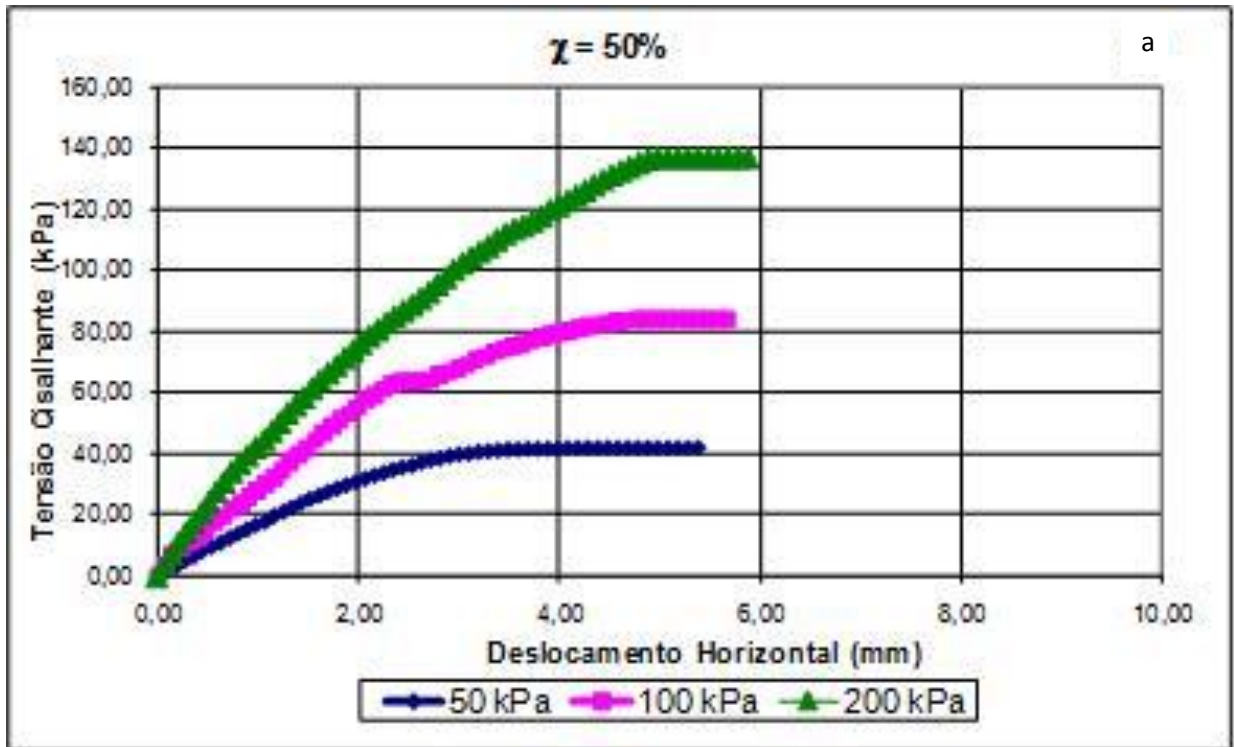


Figura 5.6 – Tensão de cisalhamento e a variação de volume versus as curvas de deslocamento horizontal ($\chi = 50\%$).

5.1.2 Envoltórias de resistência ao cisalhamento

Na Figura 5.7 são exibidas as envoltórias de resistência ao cisalhamento de Mohr-Coulomb obtidas para o solo laterítico puro, resíduo puro e as misturas nas dosagens especificadas. O resíduo puro é caracterizado por uma envoltória linear com ângulo de atrito de 25° e coesão igual a zero. Cecich et al. (1996) relatou ângulos de atrito de 27° e coesão de 7 kPa para amostras de pedaços de pneus puros com granulometria variando de 5 a 15 mm. Black e Shagoon (1994) relataram ângulos de atrito de 27 a 31° e coesão de 3 a 6 kPa para amostras de pedaços de pneus puros com tamanhos de partículas menores que 7 mm.

Os resultados mostrados na Figura 5.7 indicam que a resistência ao cisalhamento aumenta com o aumento da porcentagem de resíduo de pneus até certo ponto. A máxima resistência é alcançada para o teor $\chi = 40\%$, reduzindo em seguida para maiores teores. Este teor de resíduo pode ser definido como o teor “ótimo” para o solo utilizado em termos de resistência ao cisalhamento. Zornberg et al. (2004a) obtiveram, em ensaios de compressão triaxial convencional em misturas de solo granular e resíduos de pneus, um teor ótimo em torno de 35%. Cetin et al. (2006) encontraram teores ótimos de 20% para resíduos de pneus de maior granulometria e de 30% para resíduos mais finos, ambos misturados a um solo argiloso.

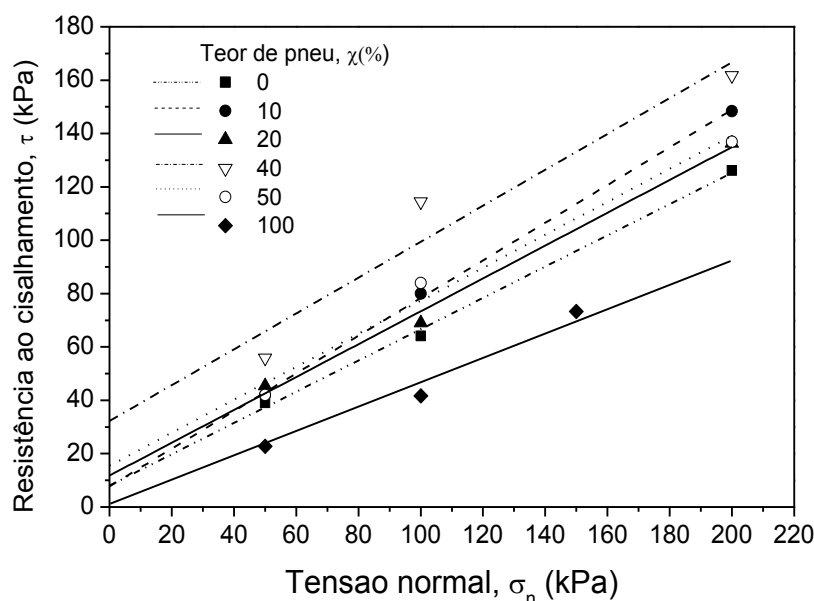


Figura 5.7 - Envoltórias de resistência ao cisalhamento para diferentes porcentagens de resíduos de pneu.

As figuras 5.8 e 5.9 ilustram, respectivamente, os resultados da relação teor de resíduo de pneu *versus* coesão efetiva e do teor de resíduo de pneu *versus* ângulo de atrito interno.

Tabela 4.6 – Relação da coesão (c) e o ângulo de atrito interno (ϕ) com o teor de resíduo (χ).

Teor do resíduo ($\chi\%$)	Ângulo de atrito interno (ϕ)	Coesão (c)
0	31°	8,05
10	35°	7,89
20	33°	11,77
40	34°	32,09
50	32°	15,51
100	25°	0

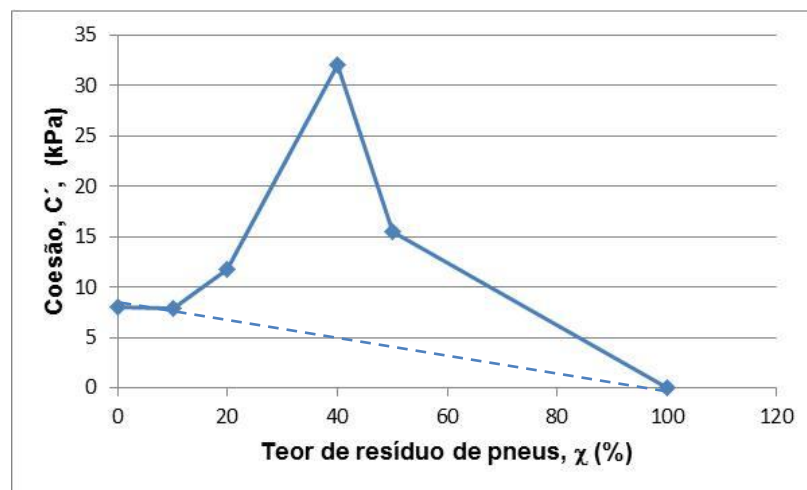


Figura 5.8 – Relação teor resíduo de pneu *versus* coesão.

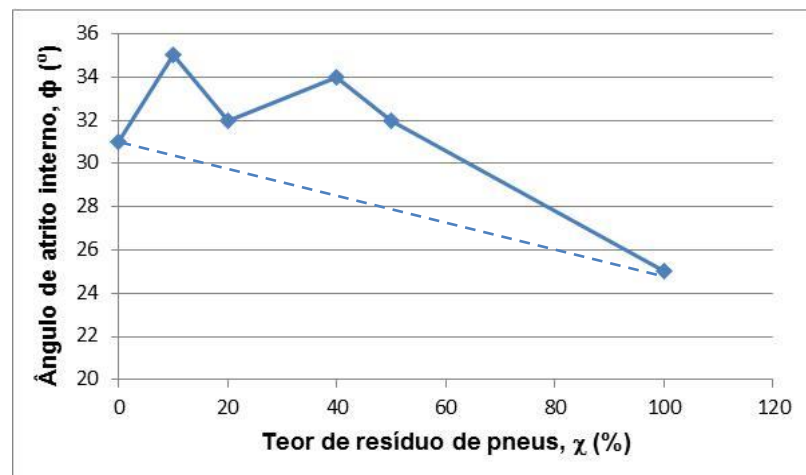


Figura 5.9 – Relação teor resíduo de pneu *versus* ângulo de atrito interno.

Uma tendência clara não foi observada para a variação do ângulo de atrito interno (ϕ) com o teor de resíduo (χ). No entanto, o ângulo de atrito das misturas foi maior do que o do solo puro e do desbaste puro (Tabela 4.6). O ângulo de atrito do desbaste puro ($\chi = 100\%$) foi significativamente inferior aos valores obtidos com os demais teores. A coesão (c), por outro lado, apresentou uma tendência definida com a variação de χ . A coesão aumenta com o aumento do teor de desbaste, atingindo um pico para o teor ótimo ($\chi = 40\%$) e depois reduz para teores além deste valor.

5.1.3 Influência do teor de resíduo de pneus na resistência ao cisalhamento

A Figura 5.10 apresenta a resistência ao cisalhamento dos materiais (τ_f) em função do teor de resíduo de pneus (χ) para cada tensão normal utilizada nos ensaios. Na figura, a linha interligando o valor da resistência ao cisalhamento do solo puro ($\chi = 0\%$) e do resíduo puro ($\chi = 100\%$) representa a contribuição dos mecanismos de cisalhamento interno para a resistência ao cisalhamento das misturas, conforme definido por Zornberg et al. (2004a). A resistência ao cisalhamento acima desta linha resulta da contribuição dos mecanismos de reforço do resíduo de pneus na resistência ao cisalhamento das misturas. Isto ocorre devido às forças de tração mobilizadas individualmente nos pedaços de pneus, conforme se observa na Figura 2.6, exibida no capítulo 2. Nota-se que o reforço fornecido pelo pneu melhora significativamente a resistência ao cisalhamento das misturas em todos os níveis de confinamento investigados neste estudo.

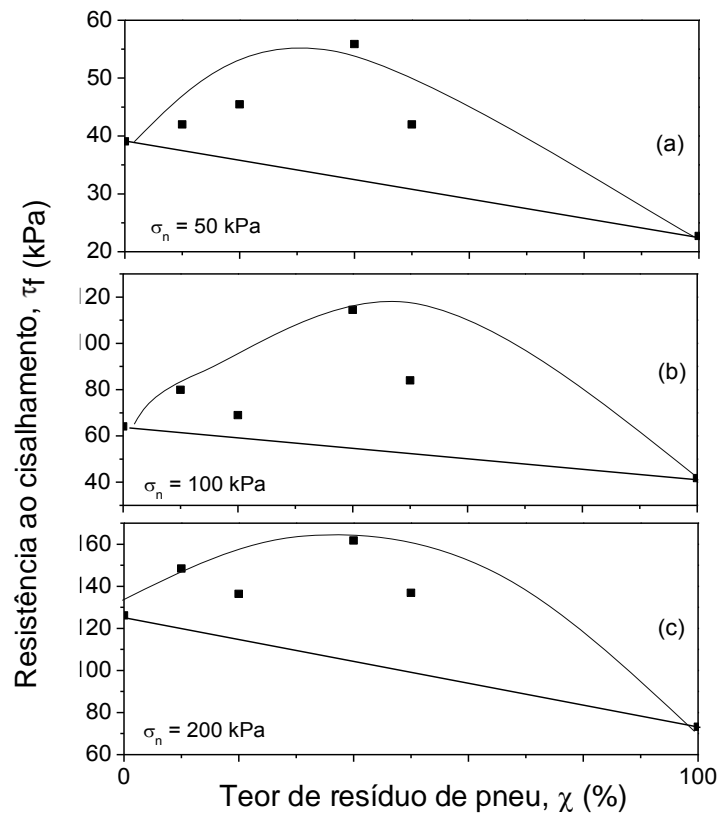


Figura 5.10 - Resistência ao cisalhamento versus teor de resíduo: a) tensão confinante de 50 kPa; b) tensão confinante de 100 kPa; c) tensão confinante de 200 kPa.

A Figura 5.11 mostra a influência do teor de resíduo de pneus sobre a tensão de cisalhamento gerada sob uma deformação horizontal de 2% ($\tau_{2\%}$) para os níveis de tensão normal utilizados nesta investigação. A contribuição do reforço do resíduo à resistência ao cisalhamento da mistura é pequena quando comparada a grandes deformações ou até mesmo não está presente.

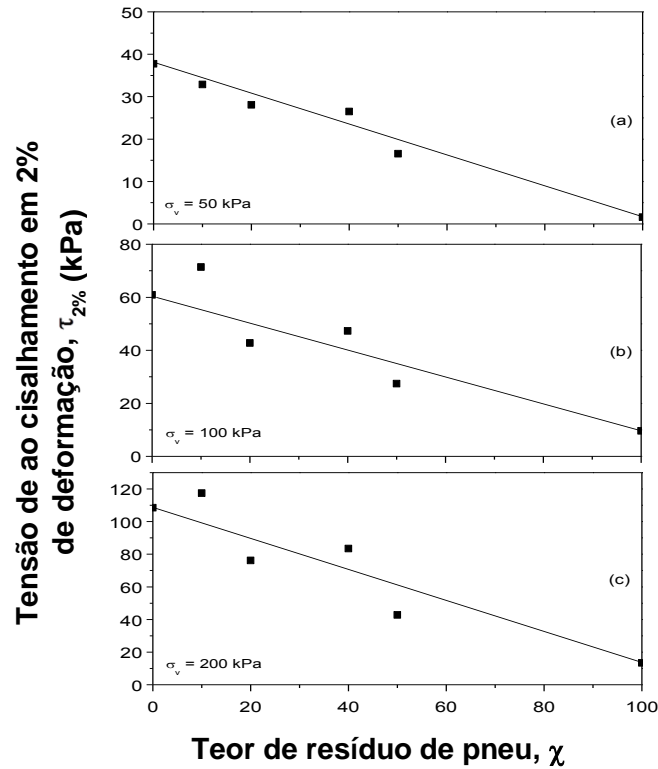


Figura 5.11 - Resistência ao cisalhamento em deformação horizontal de 2%.

5.2 ENSAIOS DE PERMEABILIDADE

A Figura 5.12 ilustra os resultados dos ensaios de permeabilidade com amostras submetidas a uma tensão confinante de 100 kPa. Nela, observa-se que o coeficiente de permeabilidade (k) aumenta significativamente com o aumento do teor de resíduo de pneus na mistura até o teor de 20%. A partir deste valor, o aumento de k foi muito pequeno.

O coeficiente de permeabilidade para o ensaio executado segundo a norma da ABNT NBR 13292 com o solo puro ($\chi = 0\%$), determinada de acordo com a fórmula de Darcy (item 4.5, capítulo 4), corresponde a $k = 1,23 \times 10^{-4}$ cm/s. Observa-se por ser submetido a uma carga constante de 0 kPa, o coeficiente foi maior do que o encontrado com tensão confinante de 100 kPa.

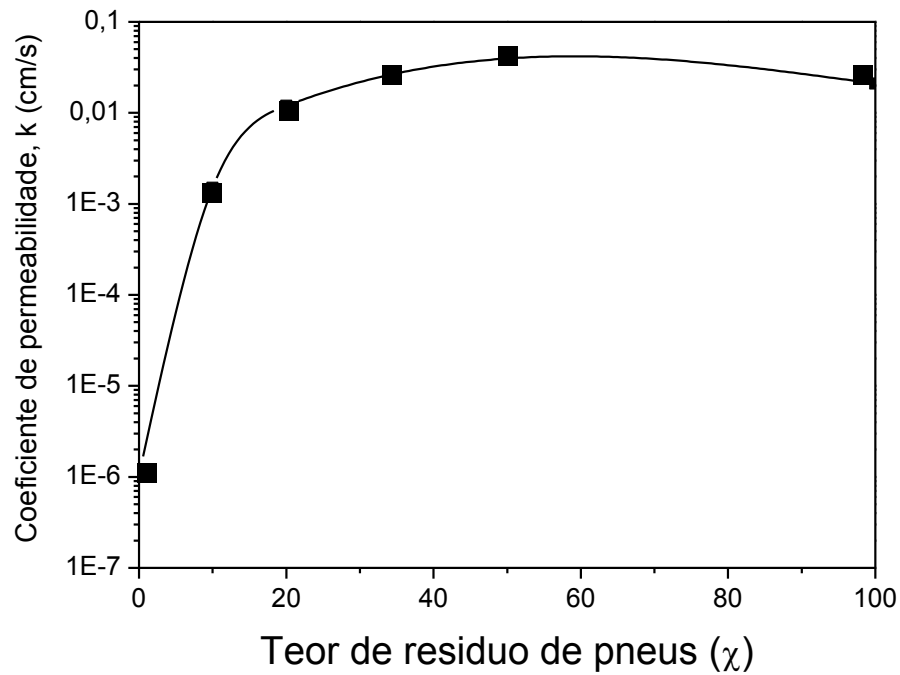


Figura 5.12 - Variação do coeficiente de permeabilidade com o teor de resíduo para amostras submetidas a uma tensão confinante de 100 kPa.

5.3 ENSAIOS DE COMPRESSÃO CONFINADA

Na Figura 5.13 são exibidos os resultados dos ensaios de compressão confinada com objetivo de correlacionar a tensão vertical e a deformação específica em todas as porcentagens utilizadas, nas fases de carregamento.

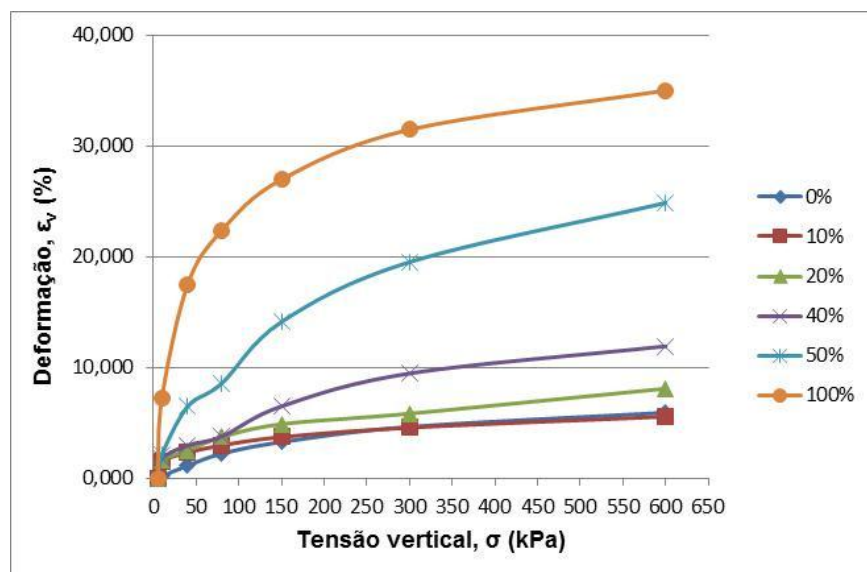


Figura 5.13 – Relação tensão vertical versus deformação específica.

No geral, para as amostras com teores de desbastes acima de 50%, os primeiros incrementos de tensão resultam em significativa compressão. Para os teores abaixo desta porcentagem, as amostras tornam-se menos compressíveis (Wartman et al, 2007). Esses resultados coincidem com os estudos realizados por Ahmed e Lovell, 1993.

Wartman et al. (2007) afirmam que as curvas de tensão-deformação para todas as amostras ($\chi = 0\%$, 10%, 20%, 40%, 50% e 100%), têm em geral o mesmo formato, diferindo na variação da magnitude com o passar da deformação.

Para essa pesquisa, com o objetivo de avaliar a influência dos teores dos desbastes, adotou-se um parâmetro para descrever o comportamento tensão-deformação. Ele é chamado de módulo de compressão confinada secante (M_{sec}) e é definido como (Wartman et al, 2007):

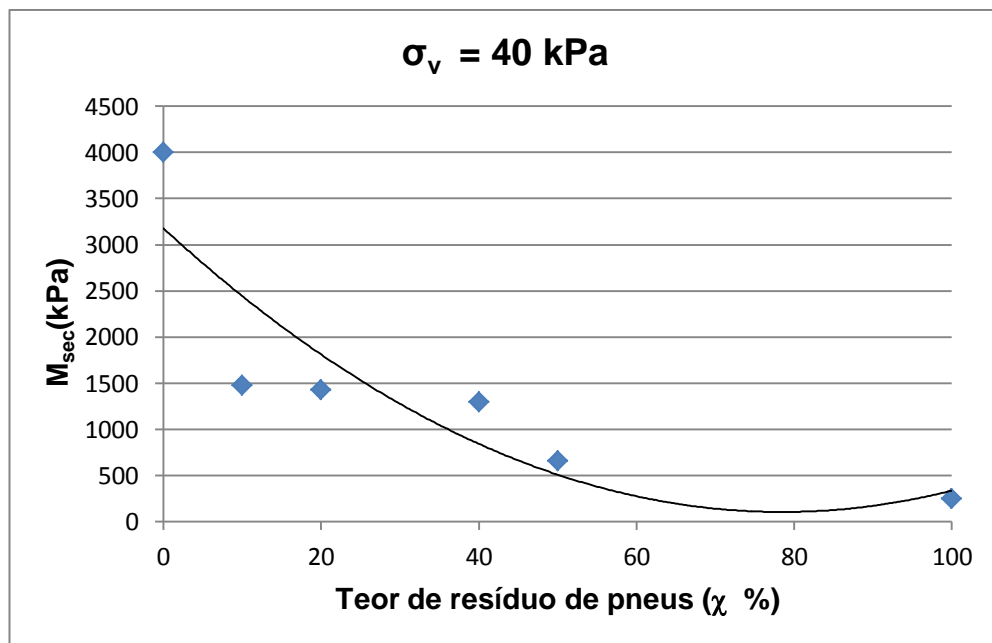
$$M_{sec} = \frac{\Delta\sigma_v}{\Delta\varepsilon_v} \quad (5)$$

em que $\Delta\sigma_v = 40, 150$ e 300 kPa e $\Delta\varepsilon_v =$ variação da deformação vertical que ocorre entre 0 e 40 kPa, 0 e 150 kPa e 0 e 300 kPa. Essas tensões foram escolhidas por serem representativas de sobrecargas de aterros para uma variedade de aplicações comuns em geotecnia.

A Tabela 5.1 apresenta os valores dos módulos secantes obtidos para as tensões indicadas em cada teor utilizado no ensaio. Os valores indicam que para uma mesma tensão o módulo de compressão confinada secante diminui com o aumento da porcentagem de resíduo (Figura 5.14). Para uma tensão de $\sigma_v = 40$ kPa atinge-se um valor mínimo de $M_{sec} = 250$ kPa para (100% de desbastes de pneu) e um valor máximo de $M_{sec} = 10000$ kPa para uma tensão de $\sigma_v = 300$ kPa (0% de desbastes de pneus).

Tabela 5.1 – Módulos secantes obtidos para as tensões de 40, 150 e 300 kPa.

Teor de desbaste, χ (%)	Tensão vertical, σ_v (kPa)	M_{sec} (kPa)
0	40	4000
	150	4050
	300	10000
10	40	1480
	150	3750
	300	10000
20	40	1430
	150	3000
	300	7500
40	40	1300
	150	2500
	300	3330
50	40	660
	150	1070
	300	1570
100	40	250
	150	570
	300	960

Figura 5.14 – Módulo secante (M_{sec}) para $\sigma_v = 40$ kPa versus teor de resíduo de pneus

Segundo Wartman et al. (2007), o alto nível de compressão imediata do desbaste é usualmente atribuída a alta porosidade e compressão das partículas individuais de pneus.

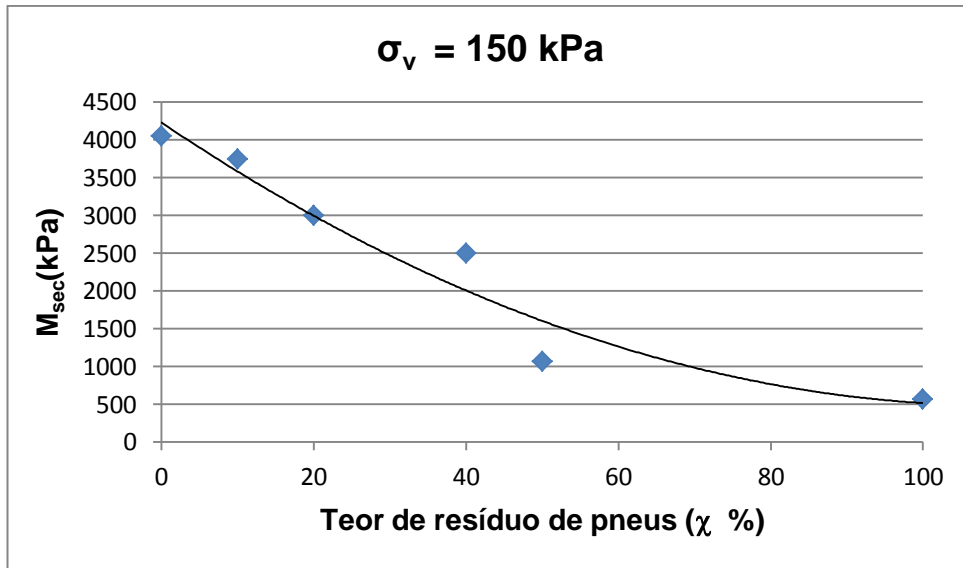


Figura 5.15 – Módulo secante (M_{sec}) para $\sigma_v = 150 \text{ kPa}$ versus teor de resíduo de pneus

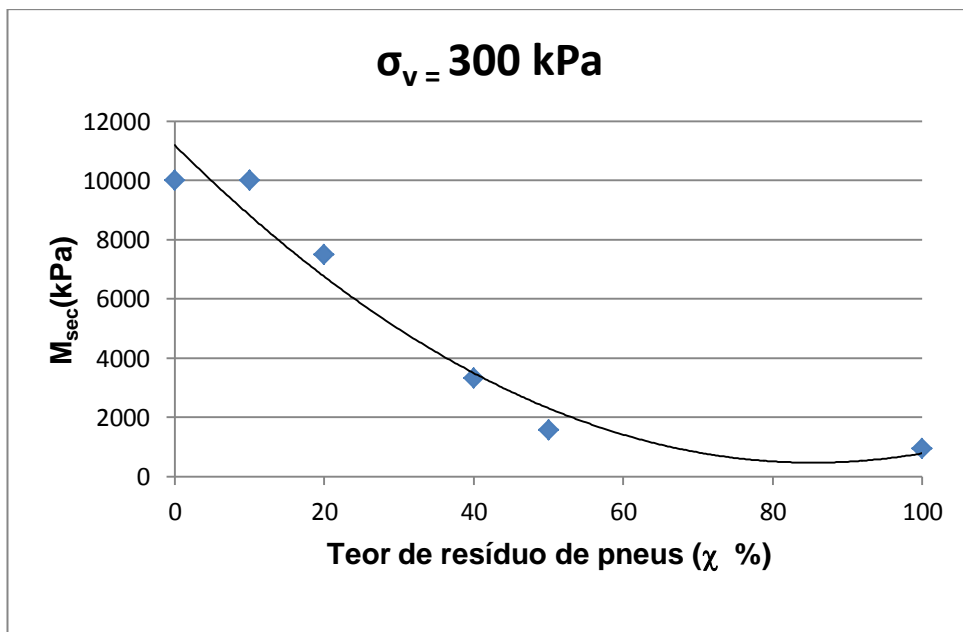


Figura 5.16 – Módulo secante (M_{sec}) para $\sigma_v = 300 \text{ kPa}$ versus teor de resíduo de pneus

Os estudos realizados pelos autores confirmam a contribuição da redução dos volumes dos poros no mecanismo de compressão. Nas Figuras 5.13, 5.14, 5.15 e 5.16 é possível concluir que as misturas de solo e resíduos de pneus são mais compressíveis que o solo puro, reafirmando os estudos feitos por Edil e Bosscher (1994).

No presente trabalho, foram calculadas as tensões de escoamento para os teores de solo puro (0%), desbastes puro (100%) e as misturas. Para isso, nas

Figuras 5.15 a 5.20 adotou-se o Método de Casagrande. Os valores encontrados foram os correspondentes a 49 kPa (solo puro), 69 kPa (10%), 70 kPa (20%), 80 kPa (40%) e 90 kPa (50%).

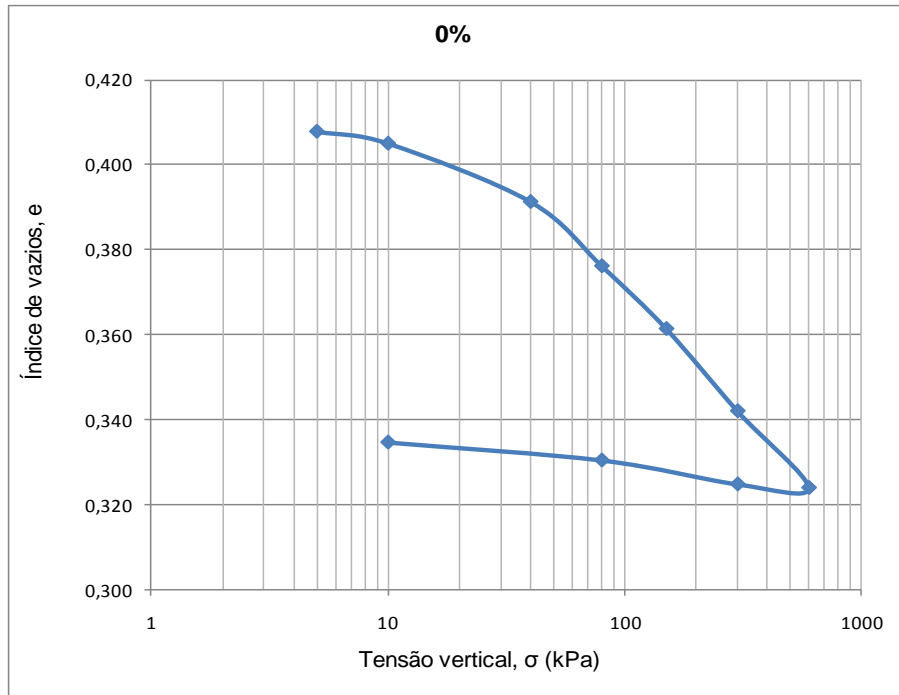


Figura 5.17 – Índice de vazios *versus* tensão vertical para $\chi = 0\%$.

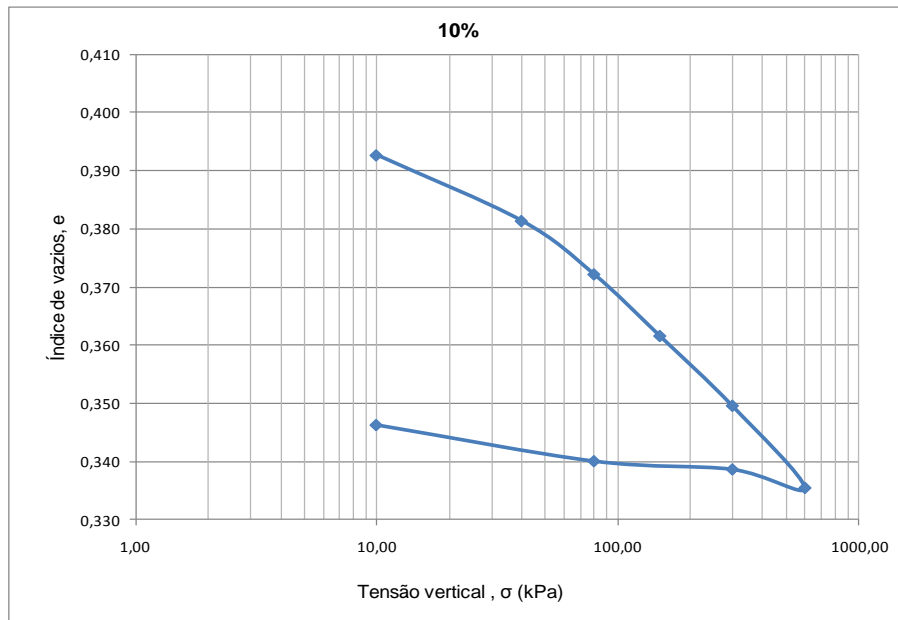


Figura 5.18 – Índice de vazios *versus* tensão vertical para $\chi = 10\%$.

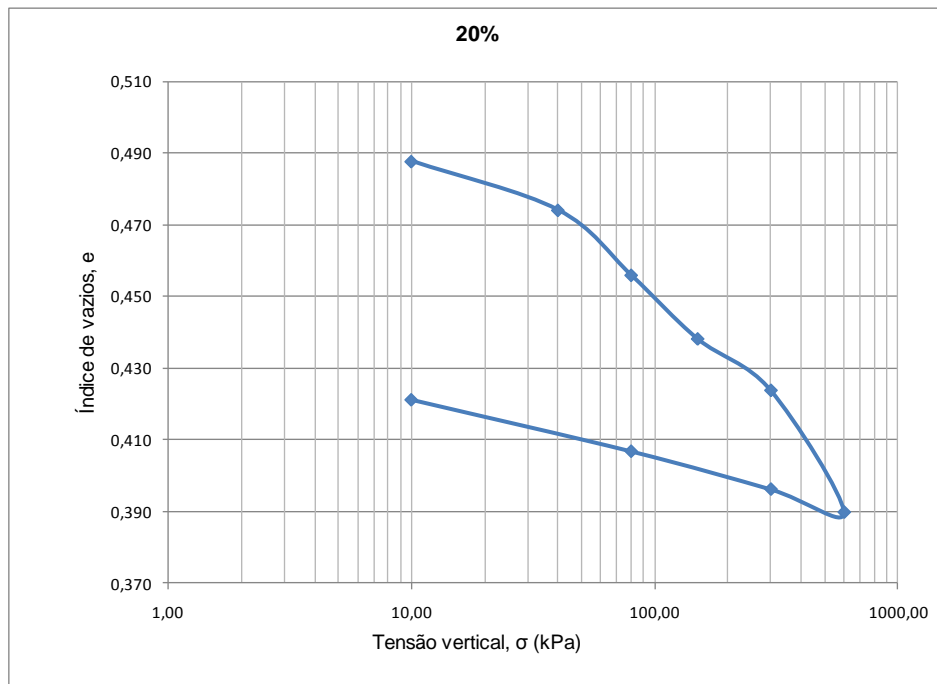


Figura 5.19 – Índice de vazios versus tensão vertical para $\chi = 20\%$.

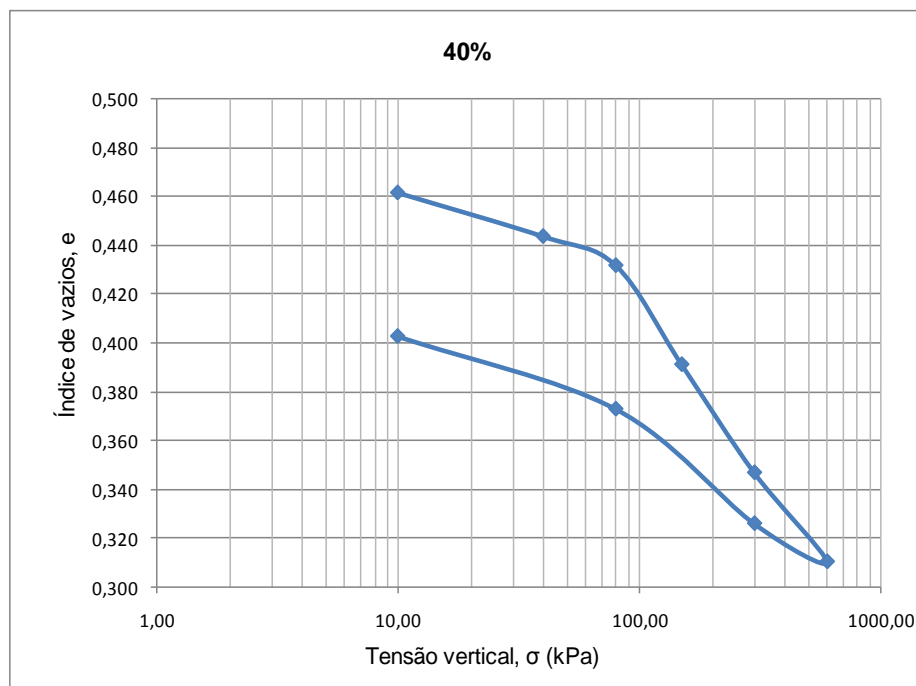


Figura 5.20 – Índice de vazios versus tensão vertical para $\chi = 40\%$.

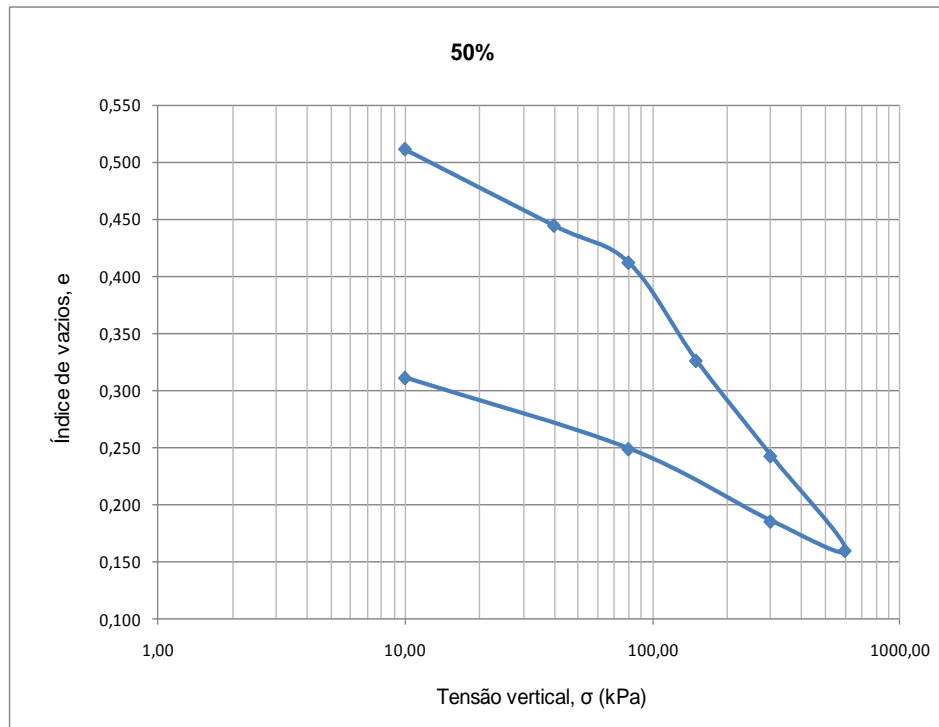


Figura 5.21 – Índice de vazios versus tensão vertical para $\chi = 50\%$.

Para a porcentagem de 100% não foi possível calcular a tensão de escoamento, pois a reta virgem e o trecho inicial se confundem conforme pode ser observada na Figura 5.20.

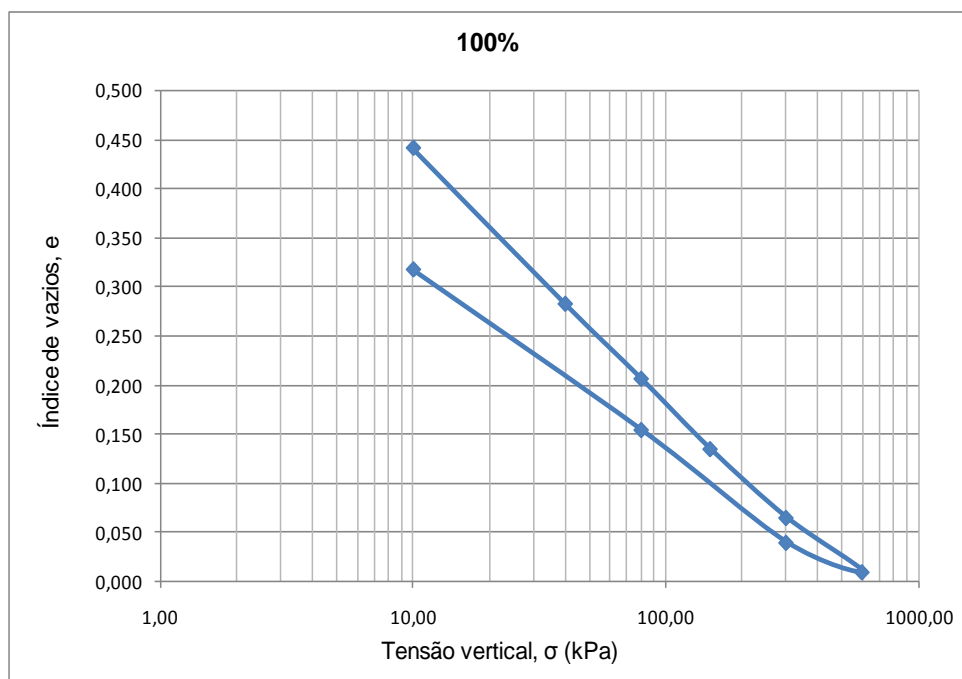


Figura 5.22 – Índice de vazios versus tensão vertical para $\chi = 100\%$.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

6.1 CONCLUSÕES

O comportamento de misturas de resíduo de pneus, na forma de desbastes de pneus com um solo laterítico, foi avaliado através de um programa experimental envolvendo ensaios laboratoriais. Embora o estudo do comportamento do resíduo misturado ao solo puramente granular seja bem documentado na literatura, há uma falta de informação sobre a utilização de resíduo com solos tropicais.

Do exposto no presente trabalho, pode-se concluir que:

- a) O solo é classificado como SC (areia argilosa), de acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS). O coeficiente de não-uniformidade (CNU) corresponde a 83 e o coeficiente de curvatura (CC) a 1,4, mostrando que o solo é bem graduado.
- b) Os ensaios de caracterização química demonstraram que o solo possui composições químicas típicas de solo laterizado.
- c) Os resultados mostraram para o solo um limite de liquidez de 23% e um limite de plasticidade de 14,7%. O índice de plasticidade correspondente é de 9%. A massa específica dos sólidos corresponde a 2,65 g/cm³.
- d) Os resíduos de pneus usados no estudo são classificados como desbastes de pneus (ASTM D 6270-08). O peso específico dos sólidos dos desbastes de pneus corresponde a 1,11 g/cm³, o que condiz com o valor de 1,15 g/cm³ encontrado por Zornberg et al. (2004a).
- e) A absorção de água nos resíduos de pneus obtida depois de seis dias de imersão foi 5,4% e 5,6% para duas amostras, enquadrando-

se nos valores de absorção de água entre 2% a 4,3% relatados por Humphrey (1997), em pesquisa realizada com pedaços de pneus.

- f) O teor de pneus (χ) exerce uma influência significativa na curva de compactação do material. Quanto maior χ , menor é o peso específico seco máximo atingido.
- g) Foi obtida uma máxima resistência ao cisalhamento em um teor de resíduo de pneus de 40% em peso, o que condiz com o teor ótimo em torno de 35%, obtido por Zornberg et al. (2004a) em ensaios de compressão triaxial convencional em misturas de solo granular e resíduo de pneus.
- h) Uma tendência clara não foi observada para a variação do ângulo de atrito interno (ϕ) com o teor de resíduo (χ). O ângulo de atrito das misturas ($\chi = 10\%$, 20% , 40% e 50%) foi maior do que o do solo puro ($\chi = 0\%$), e do desbaste puro ($\chi = 100\%$). O ângulo de atrito do desbaste puro foi significativamente inferior aos valores obtidos com os demais teores.
- i) A coesão (c) aumenta com o aumento dos teores de desbastes (χ) utilizados, atingindo um pico para o teor ótimo ($\chi = 40\%$) e depois reduz para teores além deste valor.
- j) Os ensaios de permeabilidade em amostras de resíduo de pneus sob uma tensão confinante de 100 kPa revelaram que a permeabilidade cresce significativamente com o aumento do teor de resíduo de pneus até um teor de 20%, estabilizando-se em seguida.
- k) Os ensaios de compressão confinada demonstraram que o solo misturado ao resíduo de pneus torna-se mais compressível que o solo puro. Os valores indicam que para uma mesma tensão vertical

o módulo de compressão confinada secante (M_{sec}) diminui com o aumento da porcentagem de resíduo.

De forma geral, os dados coletados nesta pesquisa demonstram ser adequada a utilização de resíduos de pneus em solos lateríticos. O resíduo possui a propriedade de aumentar a resistência e a compressibilidade do material estudado. Particularmente, os resíduos de pneus agem como um reforço, aumentando a resistência ao cisalhamento da mistura. Com isso, a técnica pode encontrar diversas aplicações úteis em solos tropicais como, por exemplo, a confecção de aterros rodoviários.

Por fim este trabalho vem enfatizar a importância da destinação adequada dos pneus usados, a fim que eles não sejam descartados inadequadamente em aterros sanitários, terrenos baldios, margens de rios e em outros locais inapropriados. Para isso o País está respaldado de legislações específicas que visam reduzir a degradação dos recursos naturais – CONAMA nº 416/2009 e a Lei 12.305/2010. A primeira estabelece a obrigação de fabricantes e importadores de pneus de coletar e dar destino final de forma ambientalmente correta aos seus produtos; a segunda institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecendo uma série de ações, dentre as quais o retorno dos resíduos de pneus para que sejam tratados ou reaproveitados em novos produtos.

6.2 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Para pesquisas futuras, maiores estudos são necessários no tocante ao comportamento das misturas com relação a recalques ao longo do tempo, uma vez os estudos demonstram que as misturas de solo com resíduos de pneus continuam a sofrer deformação.

Além disso, para enriquecimento do estudo é interessante a construção de modelos laboratoriais de aterros compactados com resíduos de pneus, a fim de estudar o comportamento do aterro através de provas de carga em placa. Pode-se acrescentar ainda, a realização de ensaios de compressão triaxial e do estudo da estrutura microscópica dos materiais utilizados na pesquisa para explicação do comportamento CBR – Índice de Suporte Califórnia.

É importante destacar a necessidade da realização de ensaios laboratoriais que permitam a análise química e biológica da água e do solo acometidos pela mistura de solo-resíduos de pneus, com o intuito de melhor investigar os impactos ambientais (positivos e negativos) gerados no processo de construção de aterros.

REFERÊNCIAS

AHMED, I.; LOVELL, C. W. *Rubber soils as lightweight geomaterials*. Transportation Research Record, Washington, n. 1422, p. 61–70, 1993.

ALMEIDA, J. A. Solos dos pampas. In: ALVAREZ, V. H. V.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Eds.). *Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa, SBCS/UFV, 1996. p. 298-306.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS DE PNEUMÁTICOS. Disponível em: <<http://www.anip.com.br>>. Acesso em: 10 mar. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PNEUS REMOLDADOS. Disponível em: <http://www.abip.com.br/abip/pneu/pne_beneficios.php>. Acesso em: 10 mar. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6458* – Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6459* - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6508* - Determinação da massa específica dos grãos de solo. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7180* - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7181* - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6457* - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7182* - Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12007 – Ensaio de adensamento unidimensional*. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6502 – Rochas e Solos*. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13292 – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante*. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10004 – Classificação dos resíduos sólidos*. Rio de Janeiro, 2004.

ASTM D 6270-08. *Standard practice for use of scrap tires in civil engineering application*. In: ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS. American Society For Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 2008, 19 p.

ASTM D 3080-98. *Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions*. In: ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS. American Society For Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 2004, p. 347-352.

BALUNAINI, U.; PREZZI, M. *Interaction of Ribbed-Metal-Strip Reinforcement with Tire Shred–Sand Mixtures*. Geotech Geology Engineering, n. 28, p. 147–163, dez. 2009.

BELINCANTA, A.; REIS, J. H. C.; NÓBREGA, M. T.; LUKIANTCHUKI, J. A. *Estudo teórico experimental: influência do tipo de cimento Portland na estabilização de solos lateríticos do Noroeste do Paraná*. In: ENCONTRO GEOTÉCNICO DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE, 1., 2003, Maringá. CD-ROM, 28 p.

BLACK, B. A.; SHAKOON, A. *A geotechnical investigation of soil-tire mixtures for engineering applications*. International Conference on Environmental Geotechnics, Bitech, p. 616-623, 1994.

BOSSCHER, P.J.; EDIL, T.B.; ELDIN, N. *Construction and performance of a shredded waste tire test embankment*. Transportation Research Record, Washington, n. 1345, p. 44–52, 1993.

BORBA, S.M.C. *Estudos das propriedades químicas e mineralógicas de solos vermelhos tropicais do norte e nordeste do Brasil*. 1984. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1984.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Boletim 12*: Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, Comissão de Solos, 1960. 634p.

BRASIL. Decreto Lei12.305, de 01 de agosto de 2010, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Diário Oficial da União*, Brasília- DF, 2 ago de 2010. Disponível em:<lei/l12305.htm.>. Acesso em: 20 jun. 2011.

CAMARGO, M. N. Proposição preliminar de conceituação de latossolos ferríferos. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Conceituação sumária de algumas classes de solos recém-reconhecidas nos levantamentos e estudos de correlação do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo (SNLCS)*. Rio de Janeiro, 1982, p. 29-31.

CARMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos usada em levantamento pedológico no Brasil. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência de Solo*, n. 12, p. 11-33, 1987.

CARVALHO, J. B. Q de. Effects of deferation and removal of amorphous silica and alumina on selected of Brazilian lateritic soils. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON LATERITE, Tokio. *Proceedings...v. 2*, 1985, p. 559-567.

CHAVES, F. *Propriedades químicas e mineralógicas de três solos vermelhos tropicais do estado do rio grande do norte*. 1979. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação do Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, Paraíba, 1979.

CECICH, V. et al. *Use of shredded tires as lightweight backfill material for retaining structures*. Waste Management & Research, v.14, p. 433-451, 1996.

CEDERGREN, H. R. *Seepage, Drainage, and Flow Nets*. John Wiley and Sons, New York, p. 465, 1989.

CETIN, H., FENER, M., GUNAYDIN, O. *Geotechnical properties of tire-cohesive clayey soil mixtures as a fill material*. Engineering Geology, n. 88, p. 110–120, 2006.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 416, de 30 de setembro de 2009. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, nº 188, de 01/10/2009, p. 64-65. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 15 jul. 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, nº 249, de 30/12/2009, p.81-84. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1>>. Acesso em: 15 jul. 2011.

CURI, N. *Litho sequence and topo sequence of oxisols from Goiás and Minas Gerais States, Brazil*. 1983. 158 f. Tese Ph.D (Doutorado), Purdue University, West Lafayette, 1983.

DICKSON, T. H.; DWYER, D. F.; HUMPHREY, D. N. *Prototype Tire-Shred Embankment Construction*. Transportation Research Record, Washington, n. 1755, p. 160-167, 2001.

EDINÇLILER, A.; BAYKAL, G.; DENGILI, K. *Determination of static and dynamic behaviour of waste materials*. Resources, Conservation and Recycling, v. 3, n. 42, p 223–237, 2004.

EDINÇLILER, A. et al. *Using waste tire–soil mixtures for embankment construction*. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON SCRAP TIRE DERIVED GEOMATERIALS “OPPORTUNITIES AND CHALLENGES”. Kanto Branch of Japanese Geotechnical Society, 2007, p. 319–328.

EDINÇLILER, A.; BAYKAL, G.; SAYGILI, A. *Influence of different processing techniques on the mechanical properties of used tires in embankment construction*. Waste Management, n. 30, p. 1073–1080, 2010.

ESTAKHRI, C. K.; JOE, B. W.; FERNANDO, E. G. *Use, Availability, and Cost-Effectiveness of Asphalt Rubber in Texas*. Transportation Research Record, Washington, 1992.

EDEL, G. Pneus inservíveis e asfalto: união que beneficia estradas e o meio ambiente. In: SIMPÓSIO SOBRE OBRAS RODOVIÁRIAS, 2., 2002. *Anais do Simpósio sobre obras rodoviárias*, São Paulo, 2002, p.105.

EDIL, T. B.; BOSSCHER, P. J. *Engineering Properties of Tire Chips and Soil Mixtures*. Geotechnical Testing Journal, v. 17, n. 4, p. 453-464, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem direita do rio São Francisco, Estado da Bahia. *Boletim técnico 12*: Recife, Convênios EMBRAPA/SNLCS-SUDENE/DRN, MA/USAID/ETA. 1977. 296p.

ESTRUTURA do pneu. Disponível em: <<http://www.braziltires.com.br>>. Acesso em: 15 mar. 2011.

FAO. *World Reference Base of Soil Resources: lectures notes on the major soils of the world*. Oldeman et al. (eds.). Rome: Deckers, 2001.

FERREIRA, M. M. *Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de latossolos brasileiros*. 1988. 79 p. Tese de D.S (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

FOOSE, G. J.; BENSON, C. H.; BOSSCHER, P. J. *Sand Reinforced with Shredded Waste Tires*. Journal of Geotechnical Engineering, v. 122, n. 9, p. 760-767, 1996.

GACKE, S.; LEE, M.; BOYD, N. *Field performance and mitigation of shredded tire embankment*. Transportation Research Record 1577, TRB, Washington, D.C., p. 81–89, 1997.

GHASAVI, M. *Shear strength characteristics of sand–mixed granular rubber*. Geotechnical and Geological Engineering, n. 22, p. 401–416, 2004.

GOMES, I. A. *Oxisols and Inceptisols from genesis in a subtropical area of Espírito Santo State, Brazil*. 1976. 115p. Dissertação (Mestrado) - West Lafayette, Purdue University, 1976.

GRAY, D. H.; OYASHI, H. *Mechanics of fiber reinforcement in sand*. Journal of Geotechnical Engineering, n. 109, p. 335–353, 1983.

GUTIERREZ, N. H. M.; NÓBREGA, M. T.; VILAR, O. M. *Colapsibilidade de solos tropicais típicos no Norte e Noroeste do Paraná*. In: ENCONTRO GEOTÉCNICO DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE, 1., 2003, Maringá. CD-ROM, 14 p.

HUMPHREY, D.N.; SANDFORD, T.; CRIBBS, M.; MANISON, W. *Shear strength and compressibility of tire chips for use as retaining wall backfill*. Transportation Research Record, Washington, n. 1422, p. 29–35, 1993.

HUMPHREY, D.N.; KATZ, L. *Five year field study of the water quality effects of tire shreds placed above the water table*. In: ANNUAL MEETING, 79., 2000.

HUMPHREY, D.N. *Investigation of exothermic reaction in tire shred fill located on SR 100 in Ilwaco*. Transportation Research Board, Washington, 1997.

_____. *Civil engineering applications of tire shreds*. In: PROCEEDING THE TIRE INDUSTRY CONFERENCE. Clemson University, 1999.

_____. *Effectiveness of design guidelines for use of tire derived aggregate as lightweight embankment fill*. Geotechnical Special Publication, Baltimore, n.127, p. 61–74, 2004.

_____. *Tire derived aggregate as lightweight fill for embankments and retaining walls*. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON SCRAP TIRE DERIVED GEOMATERIALS “OPPORTUNITIES AND CHALANGES”. Kanto Branch of Japanese Geotechnical Society, 2007, p. 56–81.

JACOMINE, P. K. T. *Solos sob caatingas - características e uso agrícola*. In: ALVAREZ, V. H. V.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Eds.). *Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa: SBCS/UFV, 1996, p. 95-112.

KELLOG, C. E. *Preliminary suggestions for the classification and nomenclature of great soil groups in tropical and equatorial regions*. Soil Sci. Tech. Comm., n. 46, p. 76-85, 1949.

KER, J. C. *Latossolos no Brasil*. *Geonomos*, n. 5, p. 17-40, 1997. Disponível em: <www.igc.ufmg.br/geonomos/PDFs/5_1_17_40_Ker.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2011.

LAGARINHOS, C. A. F. *Reciclagem de Pneus: coleta e reciclagem de pneus*. 2004. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2004.

LAGARINHOS, C. A. F.; TENÓRIO, J. A. Tecnologias utilizadas para a reutilização, reciclagem e valorização energética de pneus no Brasil. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 18, n. 2, p. 106-118, 2008. Disponível em: <<http://www.revistapolimeros.org.br>>. Acesso em: 10 jan. 2010.

LEE, J. H.; SALGADO, R.; BERNAL, A.; LOVELL, C. *Shredded tires and rubber-sand as lightweight backfill*. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, n. 125, p. 132-141, 1999.

LOPES, C. et al. *Recycling of used tires: a comparative study of methods and quantification for the City of Natal, Brazil*. In: ITALIAN-BRAZILIAN CONFERENCE ON SANITARY AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING, 6., Vitória, Espírito Santo, 2009, p. 1-7.

MARTÍNEZ, G. S e S. *Estudo do comportamento mecânico de solos lateríticos da formação barreiras*. 2003. 266f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MARTÍNEZ, G. S. S.; GEHLING, W. Y. Y.; BICA, A. V.D. *Análise da deformabilidade de solos lateríticos compactados*. In: XII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, São Paulo, 2002.

MARTIN F. D; DOYNE, H. C. *Laterite and Lateritic soil in Sierra Leone*. *Journal of Agriculture Science*, v. 20, p. 135-143, 1930.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M.N. *Classes gerais de solos do Brasil - guia auxiliar para seu reconhecimento*. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 201p.

OLIVEIRA, V.; COSTA, A.M.R.; AZEVEDO, W.P.; CAMARGO, M.N.; LARACH, J.O.I. *Levantamento Exploratório de Solos - Folhas SF. 23/24 - Rio de Janeiro/Vitória*. In: BRASIL - MME. Secretaria Geral, Rio de Janeiro, 1983.

PINTO, C. de S. *Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 247 p.

PIERCE, C. E.; BLACKWELL, M. C. *Potential of scrap tire rubber as light weight aggregate in flowable fill*. Waste Management, n. 23, p. 197–208, 2003.

RADAMBRASIL projeto. Levantamento de Recursos Naturais, v.32, pedologia, p. 385-552, 1981.

RECAPADORA de pneu Itajaí. Disponível em: <<http://recapadoraitajai.com.br>>. Acesso em: 15 mar. 2011.

RECICLANIP. 2º Seminário Regional Sul de Resíduos Sólidos – Londrina, julho/07, 29 p.

REDDY, K. R.; MARELLA, A. *Properties of Different Size Scrap Tire Shreds: Implications on Using as Drainage Material in Landfill Cover System*. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON SOLID WASTE TECHNOLOGY AND MANEGEMENT, 17., Philadelphia. Proceedings..., 2001.

RESENDE, M. *Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of the Central Plateau of Brazil*. 1976. 237 p. Tese (Doutorado) - West Lafayette, Purdue University, 1976.

RIBEIRO, A. C.; RESENDE, M.; FERNANDES, B. Latossolos com horizonte sub superficial escurecido na região de Viçosa. *Revista Ceres*, n. 19, p. 280-298, 1972.

RODRIGUES, T. E. Solos da Amazônia. In: ALVAREZ, V.H.V.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. (Eds.). *Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa, MG: SBCS/UFV, 1996, p. 16-60.

SALGADO, R.; YOON, S. *Construction of tire shreds test embankment*. FHWA/INQJTRP, n, 35, 2003.

SANDRONI, M.; PACHECO, B. A. V. *Os destinos dos pneus inservíveis*. NIEAD/UFRJ. 2003. Disponível em: <<http://www.niead.ufrj.br/artigovelen.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2010.

SERRA, N.; LEITE, G. Gestão ambiental de pneus inservíveis do Brasil: identificação de fluxos e contribuição para políticas públicas de destinação. 2005. In: *Anais...* INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIAION. Copenhagen, ISWA, 2005, p. 1-10, Ilus, tab.

SANTOS JÚNIOR, O. F.; CHAVES, L. F. *Prática da Engenharia de Fundações na Região de Natal – RN*. In: GUSMÃO ET AL (Eds.). *Geotecnia no Nordeste*. Pernambuco: Universitária, 2005. cap. 5, p. 282-292.

SANTOS, A. R. *Caracterização mineralógica e avaliação da reserva mineral de alguns nutrientes, em solos sob eucalipto, da região do Vale do Rio Doce*. 1993. 97 p. Tese (Doutorado) – Departamento..., Universidade Federal de Viçosa, 1993.

SHALABY, A.; KHAN, R. A. *Design of unsurfaced roads constructed with large-size shredded rubber tires: a case study*. *Resources, Conservation and Recycling*, n. 44, 2005, p. 318–332.

SIEIRA, A. C. F.; SAYÃO, A. S. F. J.; GERSCOVICH, D.M.S.; MEDEIROS, L.V. *Numerical Simulation of the Construction of a Soil-tire Retaining Wall*. In: *Seminar on Special Foundations and Geotechnical Problems*, 4., v.2, 2000, p. 532-540.

SPINDOLA, C. R.; DANIEL, L. A. *Laterita e solos lateríticos no Brasil*. *Boletim Técnico da FATEC-SP - BT/ 24*, p. 21-24, maio 2008.

TAKEDA et al. *Identificação da gênese de solos tropicais para uso em pavimentação*. *Anais do XXI Anpet – congresso de pesquisa e ensino em transportes*. Rio de Janeiro, v. 2, p. 1244-1255, 2007.

TATLISOZ, N.; EDIL, T. B.; BENSON, C. *Interaction between reinforcing geosynthetics and soil–tire chip mixtures*. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, n.124, p. 1109–1119, 1998.

TÉCHNE, A REVISTA DO ENGENHEIRO CIVIL. Brasil: Pini, n. 164, 18 nov. 2010.

VILLIBOR, D. F.; NOGAMI, J. S.; BELIGNI, M.; CINCERRE, J. R. *Lateritic soil pavement and management of urban way maintenance*. In: *ABPv*, São Paulo, SP, 2000. 138p.

WARTMAN, J.; NATALE, M. F.; BERNAL, A.; STRENK, P. M. *Immediate and time-dependent compression of tire derived aggregate*. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, v. 133, n. 03, p. 245-256, 2007.

WINTERKORN, H. F.; CHANDRASEKHARAN, E. C. *Laterite Soils and their stabilization*. *Highway Research Board*, n. 44, 1951.


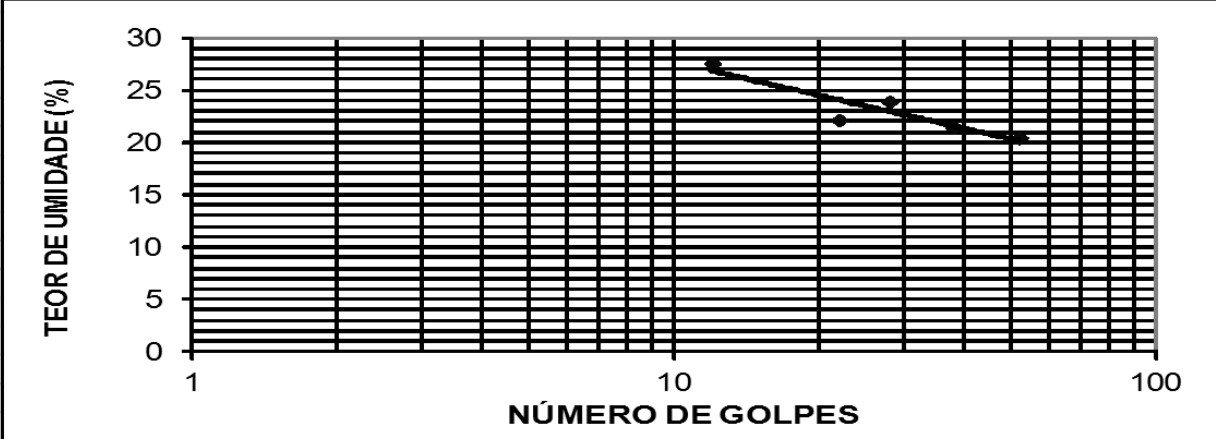
ZORNBERG, J. G.; CABRAL, A. R.; VIRATJANDR, C. *Behaviour of tire shred –sand mixtures*. Canadian Geotechnical Journal, n. 41, p. 227-241, 2004a.

ZORNBERG, J. G.; COSTA, Y. D.; VOLLENWEIDER, B. Performance of Prototype Embankment Built with Tire Shreds and Nongranular Soil. Transportation Research Record, n. 1874, Washington, p. 70-77, 2004b.


ANEXO A – Planilha do ensaio da análise granulométrica com o solo

UFRN		ANÁLISE GRANULOMÉTRICA CONJUNTA - NBR 7181										
Centro de Tecnologia Departamento de Engenharia Civil Laboratório de Mecânica dos Solos		CLIENTE:	KARÍSIA FRANCO					ENSAIO:				
		LOCAL:	LABORATÓRIO DE SOLOS DA UFRN					DATA:				
		AMOSTRA:							V 2.0			
AMOSTRA		Massa total do solo para o ensaio (g)					(M _t)	2000,00				
No.:	1	Solo:					Massa do solo seco (g)	(M _s)	1980,43			
Prof. (m):	superficial	ρ _s (g/cm ³):	2,648					Massa total da amostra p/ peneiram. fino (g)	(M _h)	100,00		
PENEIRAMENTO							TEOR DE UMIDADE					
Peneiras		Massa re- tida, M _i (g)	Massa ret. ac., ΣM _i (g)	% R retida	% R _{ac} ret. acum.	% P passa	Cápsula	43	21	9		
#	mm						Solo + Tara (g)	124,68	118,76	124,14		
	25	0	0,00	0,00	0,00	100,00	Solo seco + tara (g)	123,78	117,92	123,21		
	19	0	0,00	0,00	0,00	100,00	Tara (g)	32,56	32,15	30,06		
	9,50	1,67	1,67	0,08	0,08	99,92	Água (g)	0,90	0,84	0,93		
4	4,80	1,71	3,38	0,09	0,17	99,83	Sólidos (g)	91,22	85,77	93,15		
10	2,00	6,92	10,30	0,35	0,52	99,48	Teor de Umid. (%)	0,99	0,98	1,00		
16	1,20	0,40	0,40	0,40	0,92	99,08	Teor de umidade médio (%)	0,988				
30	0,60	5,06	5,46	5,08	6,01	93,99	Densímetro:	Defloculante:				
40	0,42	8,57	14,03	8,61	14,62	85,38	Mod. 151H	HMFS				
50	0,30	16,86	30,89	16,94	31,55	68,45	Material retido na # 10 (g)	Material retido na #200 (g)				
100	0,15	28,59	59,48	28,72	60,28	39,72	6,92	6,28				
200	0,075	6,28	65,76	6,31	66,58	33,42						
SEDIMENTAÇÃO												
Tempo (min)	Leit. dens. suspensão (R _L)	Leit. conv. suspensão (L)	Temp. (° C)	Leit. dens. meio disper- sor (R _{Ld})	Leit. conv. meio disper- sor (Ld)	μ (10e-4) (Pa.s)	Altura de Queda, a (cm)	Diâmetro equiv. Di (mm)	% P passa (< Di)			
0,5	1,0235	23,5000	27,5	1,0035	3,500000	8,431	16,0	0,071	33,09			
1	1,0215	21,5000	27,5	1,0035	3,500000	8,431	16,5	0,051	29,86			
2	1,0205	20,5000	27,5	1,0035	3,500000	8,431	16,7	0,036	28,25			
4	1,0195	19,5000	27,5	1,0035	3,500000	8,431	16,1	0,025	26,63			
8	1,0180	18,0000	27,5	1,0035	3,500000	8,431	16,4	0,018	24,21			
15	1,0175	17,5000	27,5	1,0035	3,500000	8,431	16,6	0,013	23,41			
30	1,0155	15,5000	27,5	1,0035	3,500000	8,431	17,0	0,009	20,18			
60	1,0115	11,5000	27,5	1,0035	3,500000	8,431	17,9	0,007	13,72			
120	1,0085	8,5000	27,0	1,0035	3,500000	8,523	18,6	0,005	8,88			
240	1,0080	8,0000	27,0	1,0035	3,500000	8,523	18,7	0,004	8,07			
480	1,0060	6,0000	27,0	1,0035	3,500000	8,523	19,2	0,003	4,84			
1440	1,0045	4,5000	27,5	1,0035	3,500000	8,431	19,5	0,001	2,42			
Curva Granulométrica							Observações:					
							Operador:					
							Visto:					

ANEXO B – Planilha do ensaio do limite de liquidez e plasticidade com o solo

	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE					
	CENTRO DE TECNOLOGIA					
	DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL					
	LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS					v.2.0
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE						
CLIENTE: KARÍSIA FRANCO			PROFUNDIDADE:			
LOCAL: LABORATÓRIO DE SOLOS DA UFRN			ENSAIO:			
AMOSTRA: SOLO DE PIUM-RN			DATA:			
LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR 6459						
Cápsula	58	76	81	87	90	
N° de Golpes	12	22	28	38	52	
Peso Bruto Úmido (g)	15,42	14,59	14,58	14,99	11,96	
Peso Bruto Seco (g)	13,54	13,26	13,09	13,64	11,08	
Tara da Cápsula (g)	6,72	7,26	6,86	7,35	6,78	
Peso da Água (g)	1,88	1,33	1,49	1,35	0,88	
Peso do Solo Seco (g)	6,82	6,00	6,23	6,29	4,30	
Umidade (%)	27,57	22,17	23,92	21,46	20,47	
						
					LL(%)= 23,5%	
LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR 7180						
Cápsula	20	26	64	68	129	
Peso Bruto Úmido (g)	9,20	8,48	7,58	8,26	8,94	
Peso Bruto Seco (g)	8,90	8,29	7,39	8,04	8,70	
Tara da Cápsula (g)	7,08	6,97	5,97	6,50	7,13	
Peso da Água (g)	0,30	0,19	0,19	0,22	0,24	
Peso do Solo Seco (g)	1,82	1,32	1,42	1,54	1,57	
Umidade (%)	16,48	14,39	13,38	14,29	15,29	
					LP(%)= 14,7%	
Critério de Rejeição de Valores						
Determinações	W _{méd} (%)	Δw		Intervalo de Variação		Rejeição
5	14,77	± 0,05		14,03	15,50	SIM
3	14,66			13,92	15,39	NÃO
Cálculo do Índice de Plasticidade:					IP= 8,8%	
Observações:			Operador:			
			Visto:			

ANEXO C – Planilha do ensaio da massa específica dos sólidos com o solo

	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE						
	CENTRO DE TECNOLOGIA						
	DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL						
	LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS						
v.2.0							
MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS - NBR 6508							
CLIENTE: KARÍSIA FRANCO			ENSAIO:				
LOCAL: LABORATÓRIO DE SOLOS DA UFRN			DATA:				
AMOSTRA: SOLO DE PIUM-RN			OPERADOR:				
DADOS DA AMOSTRA							
Teor de Umidade			Massa de Sólidos				
Cápsula	10	12	7	Inicial	Massa da amostra (g)	62,41	
Solo + Cápsula (g)	63,73	62,10	65,93		Teor de umidade (%)		
Sólidos + Cápsula (g)	63,42	61,75	65,56		Massa de Sólidos (g)		
Massa da Cápsula (g)	15,54	15,77	15,99	Final	Recipiente no.		
Massa de água (g)	0,31	0,35	0,37		Recipiente+Sólidos (g)	602,82	
Massa de Sólidos (g)	47,88	45,98	49,57		Massa do recipiente(g)	541,04	
Teor de umidade (%)	0,65	0,76	0,75		Massa de Sólidos (g)	61,78	
DADOS DO ENSAIO							
Determinação			1	2	3	4	5
Picnômetro			Número:	2	M(p) =	185,85	
Temperatura de Ensaio: T (°C)			29,0	27,0	26,0	25,0	24,0
Picnômetro + Sólidos + Água: M1 (g)			721,41	721,78	722,24	722,30	722,47
Picnômetro + Água: M2 (g)			683,21	683,44	683,55	683,67	683,78
Massa de Sólidos: Ms (g)			61,78				
Massa Específica da água a T°C: ρ_w (g/cm ³)			0,9959	0,9965	0,9968	0,9970	0,997
Massa Específica dos Sólidos a T°C: ρ_s (g/cm ³)			2,609	2,626	2,666	2,661	2,668
Fator K = $\rho_w(T)/\rho_w(20)$			0,9977	0,9983	0,9986	0,9988	0,999
Massa Específica dos Sólidos: 20°C (g/cm ³)			2,603	2,622	2,663	2,658	2,666
Critério de Rejeição de Valores							
Determinações	ρ_s (médio)	$\Delta\rho_s$ (g/cm ³)	Intervalo de Variação		Rejeição		
5	2,642	± 0,0200	2,622	2,662	SIM		
3	2,648		2,628	2,668	NÃO		
Massa específica dos sólidos (g/cm ³): $\rho_s(20) = 2,648$							
Massa específica dos sólidos " ρ_s ":	$\rho_s = \frac{M_s}{M_s - M_1 + M_2}$	ρ_w	Massa específica a 20°C				
			$\rho_s(20) = \rho_s \times K$				
Visto:	Fator K						
	T°C	K	T°C	K	T°C	K	
	15,0	1,0009	21,0	0,9998	27,0	0,9983	
	15,5	1,0008	21,5	0,9997	27,5	0,9982	
Observações:	16,0	1,0007	22,0	0,9996	28,0	0,9980	
	16,5	1,0007	22,5	0,9995	28,5	0,9979	
	17,0	1,0006	23,0	0,9993	29,0	0,9977	
	17,5	1,0005	23,5	0,9992	29,5	0,9976	
	18,0	1,0004	24,0	0,9991	30,0	0,9974	
	18,5	1,0003	24,5	0,9990			
	19,0	1,0002	25,0	0,9988			
	19,5	1,0001	25,5	0,9987			
	20,0	1,0000	26,0	0,9986			
	20,5	0,9999	26,5	0,9984			

ANEXO D – Ensaio de peneiramento com o resíduo de pneus

UFRN		ANÁLISE GRANULOMÉTRICA CONJUNTA - NBR 7181									
Centro de Tecnologia Departamento de Engenharia Civil Laboratório de Mecânica dos Solos		CLIENTE:	KARÍSIA FRANCO			ENSAIO:					
		LOCAL:	LABORATÓRIO DE SOLOS DA UFRN			DATA:					
		AMOSTRA:	DESBASTES DE PNEUS				V 2.0				
AMOSTRA		Massa total do solo para o ensaio (g)				(Mt)	500,00				
No.:	1	Solo:	Massa do solo seco (g)				(Ms)	495,10			
Prof. (m):	superficial	ρ_s (g/cm ³):	1,116	Massa total da amostra p/peneiram. fino (g)				(Mh)	105,00		
PENEIRAMENTO						TEOR DE UMIDADE					
Peneiras	Massa re- tida, M_i (g)	Massa ret. ac., $\sum M_i$ (g)	% R retida	% R_{ac} ret. acum.	% P passa	Cápsula	1	25	20		
#	mm					Solo + Tara (g)	35,68	35,94	36,68		
	25	0	0,00	0,00	100,00	Solo seco + tara (g)	35,47	35,76	36,49		
	19	0	0,00	0,00	100,00	Tara (g)	15,83	16,37	16,96		
	9,50	9,17	9,17	1,85	98,15	Água (g)	0,21	0,18	0,19		
4	4,80	39,63	48,80	8,00	90,14	Sólidos (g)	19,64	19,39	19,53		
10	2,00	128,72	177,52	26,00	64,14	Teor de Umid. (%)	1,07	0,93	0,97		
16	1,20	32,18	32,18	19,85	55,71	Teor de umidade médio (%)	0,990				
30	0,60	52,83	85,01	32,59	88,30	Densímetro:	Defloculante:				
40	0,42	6,89	91,90	4,25	92,55	Mod. 151H	HMFS				
50	0,30	3,78	95,68	2,33	94,89	Material retido	Material retido				
100	0,15	2,96	98,64	1,83	96,71	na # 10 (g)	na #200 (g)				
200	0,075	0,62	99,26	0,38	97,09	128,72	0,62				
SEDIMENTAÇÃO											
Tempo (min)	Leit. dens. suspensão (R_L)	Leit. conv. suspensão (L)	Temp. (°C)	Leit. dens. meio disper- sor (R_{LD})	Leit. conv. meio disper- sor (Ld)	μ ($10e-4$) (Pa.s)	Altura de Queda, a (cm)	Diâmetro equiv. Di (mm)	% P passa ($< Di$)		
0,5											
1											
2											
4											
8											
15											
30											
60											
120											
240											
480											
1440											


Curva Granulométrica

Observações:

Operador:

Visto:

ANEXO E – Ensaio da massa específica dos sólidos com o resíduo de pneus

	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE						
	CENTRO DE TECNOLOGIA						
	DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL						
	LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS						v.2.0
MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS - NBR 6508							
CLIENTE: KARÍSIA				ENSAIO:			
LOCAL: LABORATÓRIO DE SOLOS				DATA:			
AMOSTRA: DESBASTES DE PNEUS				OPERADOR:			
DADOS DA AMOSTRA							
Teor de Umidade				Massa de Sólidos			
Cápsula	1	25	20	Inicial	Massa da amostra (g)	20,00	
Solo + Cápsula (g)	35,68	35,94	36,68		Teor de umidade (%)	0,99	
Sólidos + Cápsula (g)	35,47	35,76	36,49		Massa de Sólidos (g)	19,80	
Massa da Cápsula (g)	15,83	16,37	16,96	Final	Recipiente no.		
Massa de água (g)	0,21	0,18	0,19		Recipiente+Sólidos (g)	360,46	
Massa de Sólidos (g)	19,64	19,39	19,53		Massa do recipiente(g)	341,07	
Teor de umidade (%)	1,07	0,93	0,97		Massa de Sólidos (g)	19,39	
DADOS DO ENSAIO							
Determinação			1	2	3	4	5
Picnômetro			Número:	2	M(p) =	185,9	
Temperatura de Ensaio: T (°C)			29,5	26,0	25,0	24,0	23,0
Picnômetro + Sólidos + Água: M1 (g)			684,95	685,39	685,79	686,21	686,18
Picnômetro + Água: M2 (g)			683,16	683,55	683,67	683,78	683,90
Massa de Sólidos: Ms (g)			19,39				
Massa Específica da água a T°C: ρ_w (g/cm ³)			0,9958	0,9968	0,9970	0,9973	0,997
Massa Específica dos Sólidos a T°C: ρ_s (g/cm ³)			1,097	1,101	1,119	1,140	1,131
Fator K = $\rho_w(T)/\rho_w(20)$			0,9976	0,9986	0,9988	0,9991	0,999
Massa Específica dos Sólidos: 20°C (g/cm ³)			1,095	1,099	1,118	1,139	1,130
Critério de Rejeição de Valores							
Determinações	ρ_s (médio)	$\Delta\rho_s$ (g/cm ³)	Intervalo de Variação			Rejeição	
5	1,116	± 0,0200	1,096	1,136	SIM		
3	1,116		1,096	1,136	NÃO		
Massa específica dos sólidos (g/cm ³): $\rho_s(20) = 1,116$							
Massa específica dos sólidos " ρ_s ":	$\rho_s = \frac{M_s}{M_s - M_1 + M_2}$	ρ_w	Massa específica a 20°C				
			$\rho_s(20) = \rho_s \times K$				
Visto:	Fator K						
	T°C	K	T°C	K	T°C	K	
	15,0	1,0009	21,0	0,9998	27,0	0,9983	
	15,5	1,0008	21,5	0,9997	27,5	0,9982	
Observações:	16,0	1,0007	22,0	0,9996	28,0	0,9980	
	16,5	1,0007	22,5	0,9995	28,5	0,9979	
	17,0	1,0006	23,0	0,9993	29,0	0,9977	
	17,5	1,0005	23,5	0,9992	29,5	0,9976	
	18,0	1,0004	24,0	0,9991	30,0	0,9974	
	18,5	1,0003	24,5	0,9990			
	19,0	1,0002	25,0	0,9988			
	19,5	1,0001	25,5	0,9987			
	20,0	1,0000	26,0	0,9986			
	20,5	0,9999	26,5	0,9984			

ANEXO F – Ensaio de compactação com o teor $\chi = 0\%$ (solo puro)


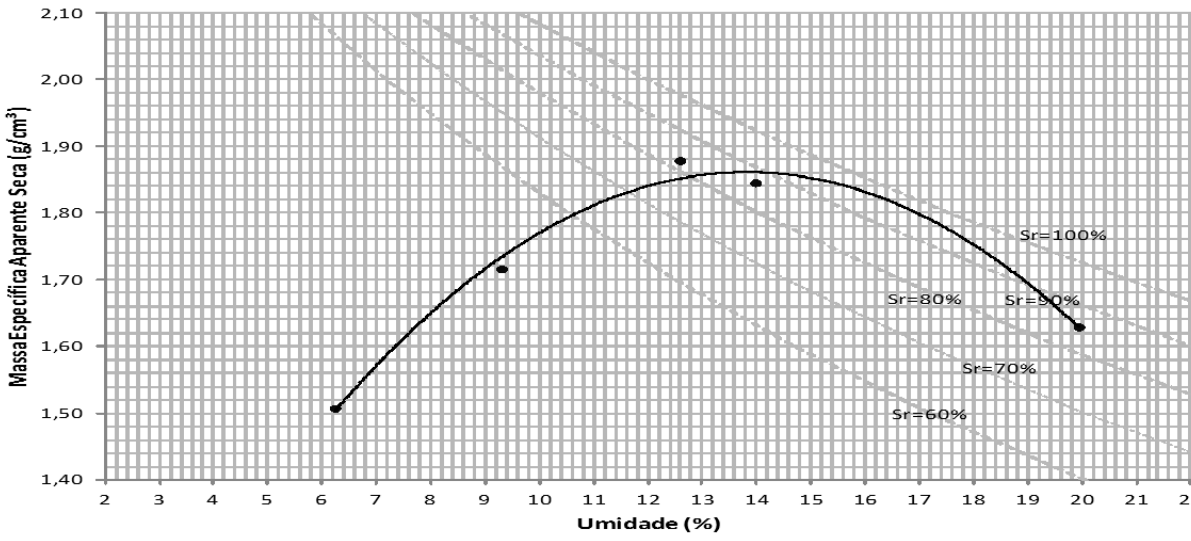
		UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE						
		CENTRO DE TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS						
ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - NBR 7182								
CLIENTE:	Karisia					ENSAIO:	Compactação Solo Puro	
LOCAL:						DATA:		
AMOSTRA:						V 2.0		
Cilindro:	1	Peso do Cilindro (g):	2521,00	Volume do Cilindro (cm ³):		1001,76		
Peso do Cilindro + Solo Úmido (g):		4125,00	4400,00	4640,00	4628,00	4478,30		
Peso do Solo Úmido (g):		1604,00	1879,00	2119,00	2107,00	1957,30		
Massa Específica Aparente Úmida (g/cm ³):		1,60	1,88	2,12	2,10	1,95		
Cápsula:		74	60	12	135	11		
Peso da Cápsula (g):		30,17	32,14	29,72	27,12	33,01		
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g):		178,10	144,32	168,06	178,09	191,70		
Peso da Cápsula + Solo Seco (g):		169,43	134,78	152,60	159,58	165,33		
Teor de Umidade (%):		6,23	9,29	12,58	13,97	19,93		
Cápsula:								
Peso da Cápsula (g):								
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g):								
Peso da Cápsula + Solo Seco (g):								
Teor de Umidade (%):								
Cápsula:								
Peso da Cápsula (g):								
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g):								
Peso da Cápsula + Solo Seco (g):								
Teor de Umidade (%):								
Teor de Umidade Médio (%)		6,23	9,29	12,58	13,97	19,93		
Massa Específica Aparente Seca (g/cm ³):		1,51	1,72	1,88	1,85	1,63		
Índice de Vazios								
Porosidade (%)								
Grau de Saturação (%)								

Gráfico de Compactação



Resumo do Ensaio					
Massa Espec. Aparente Seca Máxima (g/cm ³):	1,89	Umidade Ótima (%):	13,00	Reuso:	Não
Energia de Compactação:	Proctor normal	Profundidade:	Superficial	Secagem:	Sim
Observações:	Operador: Visto:				

ANEXO G – Ensaio de compactação com o teor $\chi = 10\%$


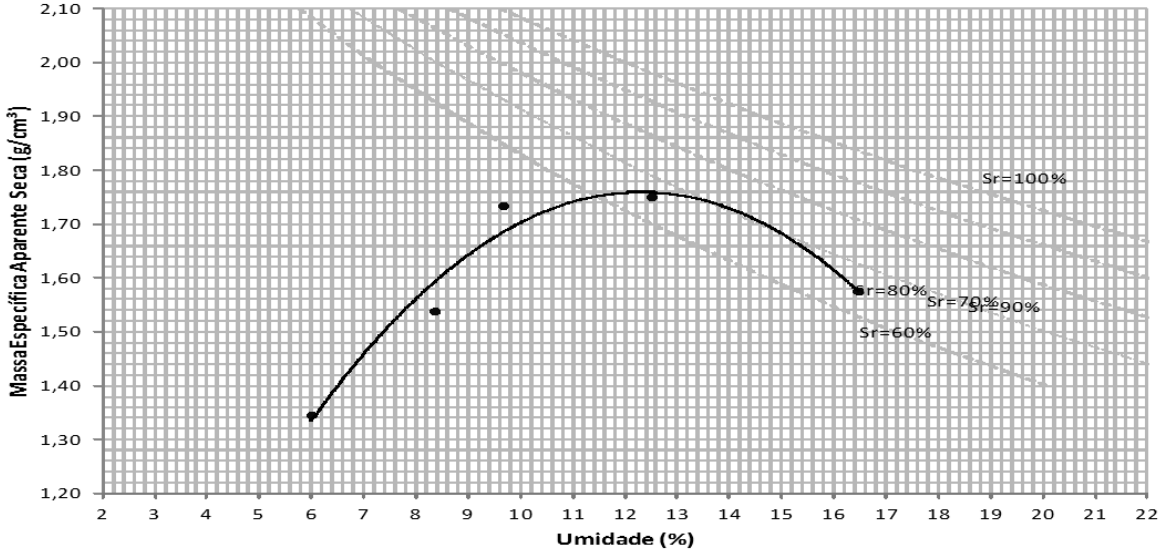

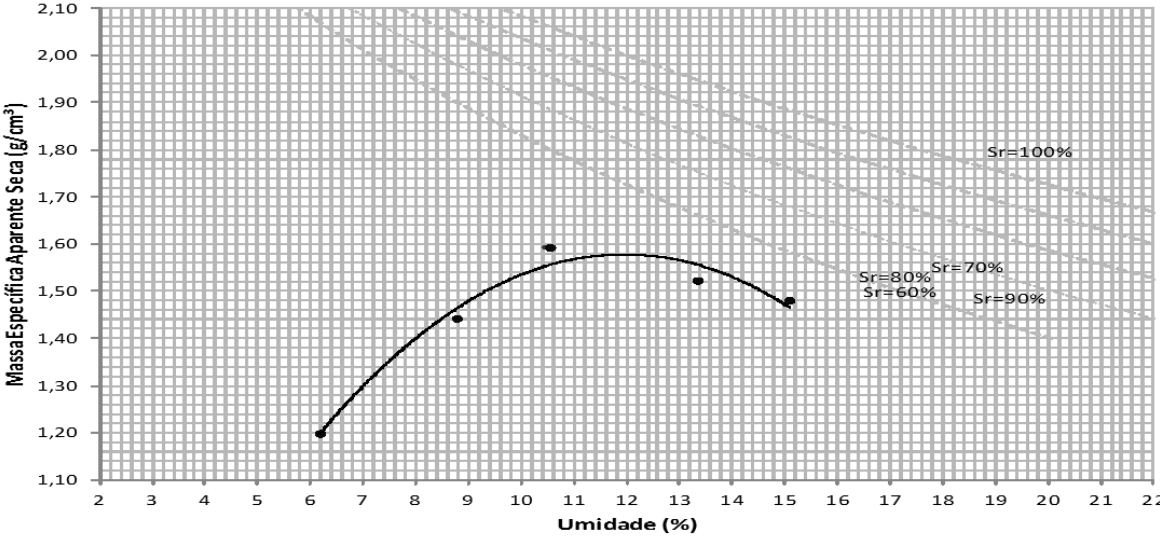
		UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE						
		CENTRO DE TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS						
ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - NBR 7182								
CLIENTE:	Karísia					ENSAIO:	Compactação $\chi=10\%$	
LOCAL:					DATA:			
AMOSTRA					V 2.0			
Cilindro:	1	Peso do Cilindro (g):	2521,00	Volume do Cilindro (cm ³):			1001,66	
Peso do Cilindro + Solo Úmido (g):			4494,00	4360,00	3950,00	4191,00	4426,00	
Peso do Solo Úmido (g):			1973,00	1839,00	1429,00	1670,00	1905,00	
Massa Específica Aparente Úmida (g/cm ³):			1,97	1,84	1,43	1,67	1,90	
Cápsula:			11	60	16	14	67	
Peso da Cápsula (g):			30,84	27,94	30,10	26,88	28,20	
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g):			136,41	166,68	158,77	128,32	119,84	
Peso da Cápsula + Solo Seco (g):			124,68	147,08	151,50	120,50	111,77	
Teor de Umidade (%):			12,50	16,45	5,99	8,35	9,66	
Cápsula:								
Peso da Cápsula (g):								
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g):								
Peso da Cápsula + Solo Seco (g):								
Teor de Umidade (%):								
Cápsula:								
Peso da Cápsula (g):								
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g):								
Peso da Cápsula + Solo Seco (g):								
Teor de Umidade (%):								
Teor de Umidade Médio (%)			12,50	16,45	5,99	8,35	9,66	
Massa Específica Aparente Seca (g/cm ³):			1,75	1,58	1,35	1,54	1,73	
Índice de Vazios								
Porosidade (%)								
Grau de Saturação (%)								

Gráfico de Compactação


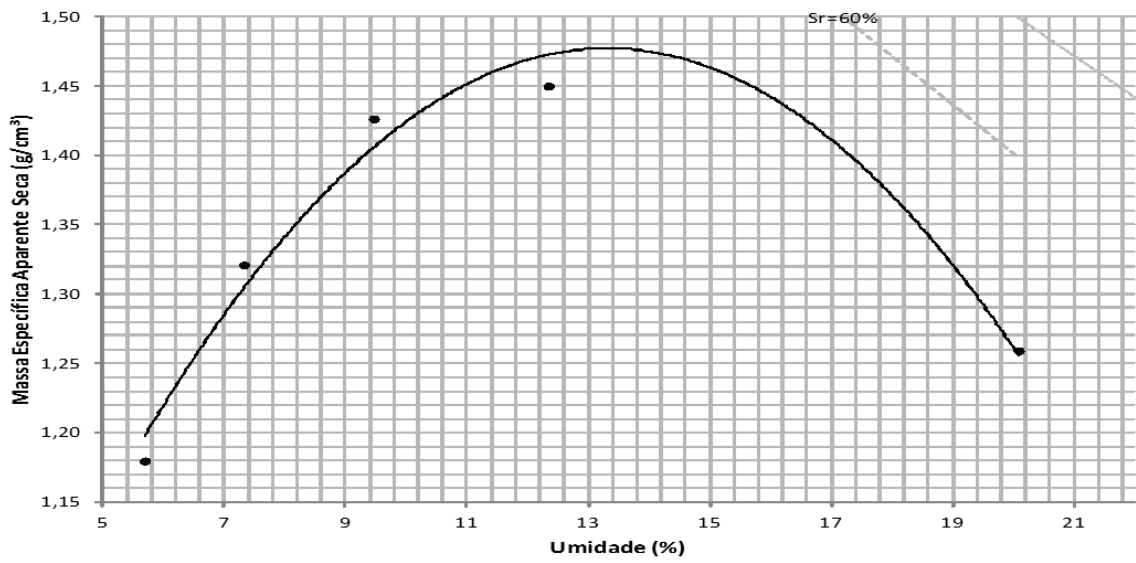


Resumo do Ensaio					
Massa Espec. Aparente Seca Máxima (g/cm ³)	1,75	Umidade Ótima (%)	12,00	Reuso:	Não
Energia de Compactação:	Proctor normal	Profundidade:	Superficial	Secagem:	Sim
Observações:	Operador:				
	Visto:				


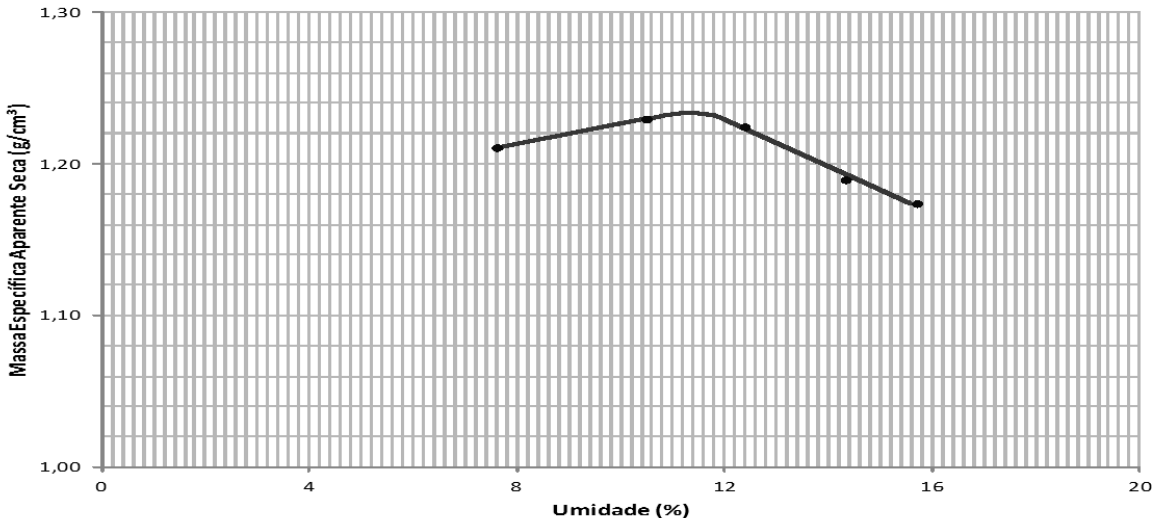
ANEXO H – Ensaio de compactação com o teor $\chi = 20\%$

		UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE					
		CENTRO DE TECNOLOGIA					
		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL					
		LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS					
ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - NBR 7182							
CLIENTE:	Karísia			ENSAIO:	Compactação $\chi=20\%$		
LOCAL:				DATA:			
AMOSTRA	1			V 2.0			
Cilindro:	1	Peso do Cilindro (g):	2521,00	Volume do Cilindro (cm ³):		1001,66	
Peso do Cilindro + Solo Úmido (g):			3796,00	4093,00	4285,00	4250,00	4228,00
Peso do Solo Úmido (g):			1275,00	1572,00	1764,00	1729,00	1707,00
Massa Específica Aparente Úmida (g/cm ³):			1,27	1,57	1,76	1,73	1,70
Cápsula:			11	57	60	48	16
Peso da Cápsula (g):			30,83	27,73	30,75	29,38	31,31
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g):			130,12	90,87	99,36	121,76	137,94
Peso da Cápsula + Solo Seco (g):			124,35	85,78	92,82	110,89	123,97
Teor de Umidade (%):			6,17	8,77	10,54	13,34	15,08
Cápsula:							
Peso da Cápsula (g):							
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g):							
Peso da Cápsula + Solo Seco (g):							
Teor de Umidade (%):							
Cápsula:							
Peso da Cápsula (g):							
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g):							
Peso da Cápsula + Solo Seco (g):							
Teor de Umidade (%):							
Teor de Umidade Médio (%)			6,17	8,77	10,54	13,34	15,08
Massa Específica Aparente Seca (g/cm ³):			1,20	1,44	1,59	1,52	1,48
Índice de Vazios							
Porosidade (%)							
Grau de Saturação (%)							
Gráfico de Compactação							
							
Resumo do Ensaio							
Massa Espec. Aparente Seca Máxima (g/cm ³)	1,53	Umidade Ótima (%)	11,40	Reuso:	Não		
Energia de Compactação:	Proctor normal	Profundidade:	Superficial	Secagem:	Sim		
Observações:				Operador:			
				Visto:			


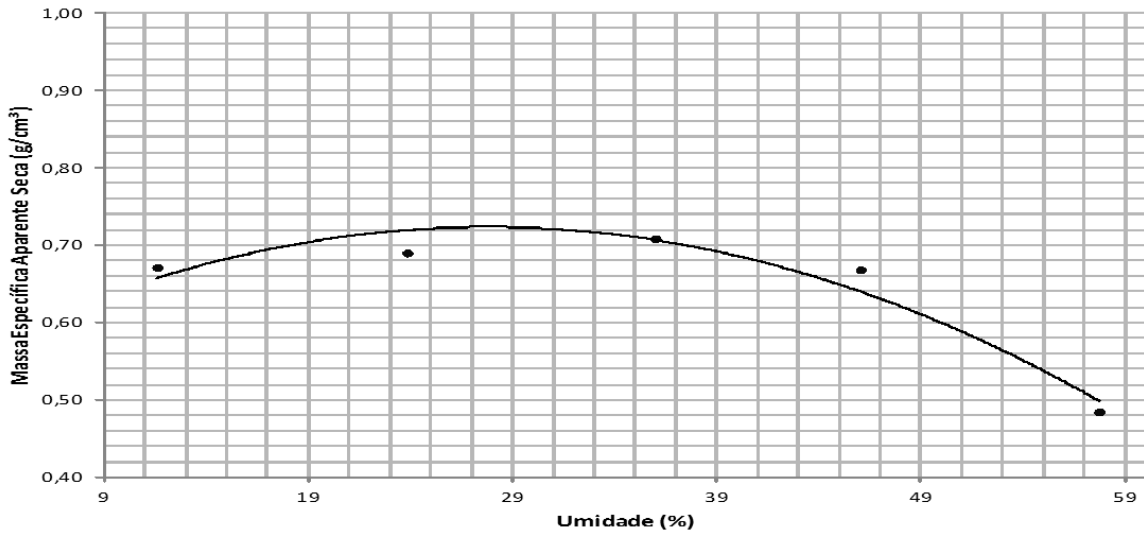
ANEXO I – Ensaio de compactação com o teor $\chi = 40\%$

		UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE						
		CENTRO DE TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS						
ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - NBR 7182								
CLIENTE:	Karísia					ENSAIO:	X=40%	
LOCAL:						DATA:		
AMOSTRA							V 2.0	
Cilindro:	1	Peso do Cilindro (g):	2508,70	Volume do Cilindro (cm ³):			923,54	
Peso do Cilindro + Solo Úmido (g):		3660,00	3817,90	3950,60	4013,00	3905,00		
Peso do Solo Úmido (g):		1151,30	1309,20	1441,90	1504,30	1396,30		
Massa Específica Aparente Úmida (g/cm ³):		1,25	1,42	1,56	1,63	1,51		
Cápsula:		18	21	13	91	14		
Peso da Cápsula (g):		31,88	32,19	31,64	27,79	26,83		
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g):		146,70	142,85	130,46	128,85	128,29		
Peso da Cápsula + Solo Seco (g):		140,52	135,30	121,92	117,75	111,32		
Teor de Umidade (%):		5,69	7,32	9,46	12,34	20,09		
Cápsula:								
Peso da Cápsula (g):								
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g):								
Peso da Cápsula + Solo Seco (g):								
Teor de Umidade (%):								
Cápsula:								
Peso da Cápsula (g):								
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g):								
Peso da Cápsula + Solo Seco (g):								
Teor de Umidade (%):								
Teor de Umidade Médio (%)		5,69	7,32	9,46	12,34	20,09		
Massa Específica Aparente Seca (g/cm ³):		1,18	1,32	1,43	1,45	1,26		
Índice de Vazios								
Porosidade (%)								
Grau de Saturação (%)								
Gráfico de Compactação								
								
Resumo do Ensaio								
Massa Espec. Aparente Seca Máxima (g/cm ³)	1,39	Umidade Ótima (%):	12,80	Reuso:	Não			
Energia de Compactação:	Proctor normal	Profundidade:	Superficial	Secagem:	Sim			
Observações:		Operador:						
		Visto:						


ANEXO J – Ensaio de compactação com o teor $\chi = 50\%$

		UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE					
		CENTRO DE TECNOLOGIA					
		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL					
		LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS					
ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - NBR 7182							
CLIENTE:						ENSAIO:	
LOCAL:						DATA:	
AMOSTRA	50%					V 2.0	
Cilindro:	1	Peso do Cilindro (g):	2515,00	Volume do Cilindro (cm ³):		997,21	
Peso do Cilindro + Solo Úmido (g):		3814,15	3869,70	3887,20	3871,12	3869,30	
Peso do Solo Úmido (g):		1299,15	1354,70	1372,20	1356,12	1354,30	
Massa Específica Aparente Úmida (g/cm ³):		1,30	1,36	1,38	1,36	1,36	
Cápsula:		13	A30	60	150	12N	
Peso da Cápsula (g):		32,23	30,62	31,38	31,01	34,72	
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g):		97,61	125,76	113,80	103,23	100,23	
Peso da Cápsula + Solo Seco (g):		92,99	116,73	104,72	94,18	91,34	
Teor de Umidade (%):		7,60	10,49	12,38	14,33	15,70	
Cápsula:							
Peso da Cápsula (g):							
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g):							
Peso da Cápsula + Solo Seco (g):							
Teor de Umidade (%):							
Cápsula:							
Peso da Cápsula (g):							
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g):							
Peso da Cápsula + Solo Seco (g):							
Teor de Umidade (%):							
Teor de Umidade Médio (%)		7,60	10,49	12,38	14,33	15,70	
Massa Específica Aparente Seca (g/cm ³):		1,21	1,23	1,22	1,19	1,17	
Índice de Vazios		1,19	1,16	1,16	1,23	1,26	
Porosidade (%)		54,31%	53,60%	53,79%	55,11%	55,71%	
Grau de Saturação (%)		16,95%	24,05%	28,18%	30,92%	33,08%	
Gráfico de Compactação							
							
Resumo do Ensaio							
Massa Espec. Aparente Seca Máxima (g/cm ³):		1,23	Umidade Ótima (%):		11,36	Reuso:	Não
Energia de Compactação:		Proctor normal	Profundidade:		Superficial	Secagem:	Sim
Observações:			Operador:				
			Visto:				


ANEXO K – Ensaio de compactação com o teor $\chi = 100\%$ (resíduo puro)

		UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE						
		CENTRO DE TECNOLOGIA						
		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL						
		LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS						
ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - NBR 7182								
CLIENTE:	Karísia					ENSAIO:	Compactação Pneu Puro	
LOCAL:						DATA:		
AMOSTRA							V 2.0	
Cilindro:	1	Peso do Cilindro (g):	2514,00	Volume do Cilindro (cm ³):			998,94	
Peso do Cilindro + Solo Úmido (g):		3262,10	3367,40	3476,20	3488,60	3277,50		
Peso do Solo Úmido (g):		748,10	853,40	962,20	974,60	763,50		
Massa Específica Aparente Úmida (g/cm ³):		0,75	0,85	0,96	0,98	0,76		
Cápsula:		60	6	13	12	18		
Peso da Cápsula (g):		31,33	29,27	32,22	34,68	31,88		
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g):		68,61	66,74	78,82	83,66	94,27		
Peso da Cápsula + Solo Seco (g):		64,74	59,53	66,49	68,22	71,44		
Teor de Umidade (%):		11,58	23,83	35,98	46,03	57,71		
Cápsula:								
Peso da Cápsula (g):								
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g):								
Peso da Cápsula + Solo Seco (g):								
Teor de Umidade (%):								
Cápsula:								
Peso da Cápsula (g):								
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g):								
Peso da Cápsula + Solo Seco (g):								
Teor de Umidade (%):								
Teor de Umidade Médio (%)		11,58	23,83	35,98	46,03	57,71		
Massa Específica Aparente Seca (g/cm ³):		0,67	0,69	0,71	0,67	0,48		
Índice de Vazios								
Porosidade (%)								
Grau de Saturação (%)								
Gráfico de Compactação								
								
Resumo do Ensaio								
Massa Espec. Aparente Seca Máxima (g/cm ³)	0,71	Umidade Ótima (%):	27,00	Reuso:	Não			
Energia de Compactação:	Proctor normal	Profundidade:	Superficial	Secagem:	Sim			
Observações:	Operador: Visto:							


ANEXO L – Ensaio de permeabilidade à carga constante com o teor $\chi = 0\%$

		UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE					
		CENTRO DE TECNOLOGIA					
		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL					
		LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS					
V 2.0							
PERMEABILIDADE DE SOLOS GRANULARES À CARGA CONSTANTE - NBR 13292							
CLIENTE:	KARÍSIA				ENSAIO:	SOLO PURO	
LOCAL:					DATA:	02/09/2010	
AMOSTRA:					OPERADOR:		
DADOS DA AMOSTRA							
Umidade ótima (%):	13,5			Massa eps. aparente seca máx (g/cm ³):	1,865		
Teor de Umidade	Antes				Depois		
Cápsula	13,00	30,00	91,00	16,00	21,00	74,00	
Solo + Cápsula (g)	140,92	138,37	149,75	190,00	172,07	167,38	
Sólidos + Cápsula (g)	127,02	125,51	133,92	168,64	153,57	149,08	
Massa da Cápsula (g)	32,39	31,84	28,72	31,35	32,25	30,15	
Massa de água (g)	13,90	12,86	15,83	21,36	18,50	18,30	
Massa de Sólidos (g)	94,63	93,67	105,20	137,29	121,32	118,93	
Teor de umidade (%)	14,69	13,73	15,05	15,56	15,25	15,39	
Teor de umidade média (%)	14,49			15,40			
CARACTERÍSTICAS GERAIS DO CORPO DE PROVA							
Diâmetro (cm):	9,90	9,90	9,85	Altura (cm):	12,75	12,66	12,68
Diâmetro Médio (cm):	9,88			Altura média (cm):	12,70		
Área (cm ²):	76,72			Volume (cm ³):	974,06		
Massa (g):	2117,40			Massa específica (g/cm ³):	2,17		
Massa Seca (g/cm ³):	1849,44			Massa esp. seca (g/cm ³):	1,90		
Volume sólidos (cm ³):	698,43			Massa esp. sólidos (g/cm ³):	2,65		
Índice de vazios:	0,39			C.P. natural ou moldado:	Moldado		
Grau de saturação:				Antes (%):	111,30	Depois (%):	118,29
ENSAIO DE PERMEABILIDADE							
Altura piezométrica (cm):	164			Permeâmetro N°:			
Volumes de água percolado (cm ³):				95	100	100	100
Tempo decorrido (s):				600	600	600	600
Coefficiente de permeabilidade, K (cm/s):				1,60E-04	1,68E-04	1,68E-04	1,68E-04
Temperatura (°C):				23	23	23	23
Coefficiente de correção, Rt				0,929	0,929	0,929	0,929
Coef. de permeabilidade a 20°C, K ₂₀ (cm/s):				1,48E-04	1,56E-04	1,56E-04	1,56E-04
Coef. de permeabilidade a 20°C, K ₂₀ médio (cm/s):				1,23E-04			
COEFICIENTES DE CORREÇÃO							
<u>Visto:</u>				T°C	R _t	T°C	R _t
				10	1,298	22	0,952
				11	1,262	23	0,930
				12	1,227	24	0,908
<u>Observações:</u>				13	1,195	25	0,887
				14	1,165	26	0,867
				15	1,135	27	0,847
				16	1,106	28	0,828
				17	1,078	29	0,811
				18	1,051	30	0,793
				19	1,025	31	0,776
				20	1,000	32	0,764
				21	0,975	33	0,749


ANEXO M – Ensaio de permeabilidade à carga variável com o teor $\chi = 0\%$

	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE							
	CENTRO DE TECNOLOGIA							
	DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL							
	LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS							V. 2.0
PERMEABILIDADE A CARGA VARIÁVEL - NBR 14545								
CLIENTE:						ENSAIO:	0%	
LOCAL:						DATA:		
AMOSTRA:						OPERADOR:		
DADOS DA AMOSTRA								
Umidade ótima (%):	13			Massa esp. aparente seca máx (g/cm ³):	1,89			
Teor de Umidade	Antes				Depois			
Cápsula	1		A20	33A	21			
Solo + Cápsula (g)	88,44		102,67	106,38	65,43			
Sólidos + Cápsula (g)	80,21		92,80	96,07	58,96			
Massa da Cápsula (g)	16,35		16,49	15,88	17,54			
Massa de água (g)	8,23		9,87	10,31	6,47			
Massa de Sólidos (g)	63,86		76,31	80,19	41,42			
Teor de umidade (%)	12,89		12,93	12,86	15,62			
Teor de umidade média (%)	12,89				15,62			
CARACTERÍSTICAS GERAIS DO CORPO DE PROVA								
Diâmetro (cm):	5,04	5,04	5,04	Altura (cm):	1,99	1,99	1,99	
Diâmetro Médio (cm):	5,04			Altura média (cm):	1,99			
Área (cm ²):	19,91			Volume (cm ³):	39,62			
Massa (g):	83,16			Massa específica (g/cm ³):	2,10			
Massa Seca (g/cm ³):	73,66			Massa esp. seca (g/cm ³):	1,86			
Volume sólidos (cm ³):	27,80			Massa esp. sólidos (g/cm ³):	2,65			
Índice de vazios:	0,43			C.P. natural ou moldado:	MOLDADO			
Grau de saturação:			Antes (%):	80,31	Depois (%):		97,30	
ENSAIO DE PERMEABILIDADE								
Permeâmetro Nº:	1	D. interno do tubo de carga (cm):	0,98	Área da bureta (cm ²):	0,75			
Altura inicial da água (cm):				112,00	112,00	112,00	112,00	
Altura final da água (cm):				25,00	27,00	21,00	25,00	
Data e hora de início (dd/mm/aa hh/mm/ss):				22/03/11 08:46:00	23/03/11 10:44:00	24/03/11 08:35:00	25/03/11 11:24:00	
Data e hora de término (dd/mm/aa hh/mm/ss):				23/03/11 10:43:00	24/03/11 08:35:00	25/03/11 11:24:00	26/03/11 11:31:06	
Temperatura (°C):				29	29	29	29	
Coeficiente de permeabilidade (cm/s)				1,20882E-06	1,36197E-06	1,30575E-06	1,30062E-06	
Coeficiente de correção, Rt				0,810	0,810	0,810	0,810	
Coef. de permeabilidade a 20°C, K ₂₀ (cm/s):				9,79713E-07	1,10384E-06	1,05828E-06	1,05412E-06	
Coef. de permeabilidade a 20°C, K ₂₀ médio (cm/s):				1,04899E-06				
COEFICIENTES DE CORREÇÃO								
Visto:				T°C	R _t	T°C	R _t	
				10	1,298	22	0,952	
				11	1,262	23	0,930	
				12	1,227	24	0,908	
Observações:				13	1,195	25	0,887	
				14	1,165	26	0,867	
				15	1,135	27	0,847	
				16	1,106	28	0,828	
				17	1,078	29	0,811	
				18	1,051	30	0,793	
				19	1,025	31	0,776	
				20	1,000	32	0,764	
				21	0,975	33	0,749	


ANEXO N – Ensaio de permeabilidade à carga variável com o teor $\chi = 100\%$

		UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE								
		CENTRO DE TECNOLOGIA								
		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL								
		LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS				V 2.0				
PERMEABILIDADE A CARGA VARIÁVEL - NBR 14545										
CLIENTE:				ENSAIO:						
LOCAL:				DATA:						
AMOSTRA: 100% DESBASTES DE PNEUS				OPERADOR:						
DADOS DA AMOSTRA										
Umidade ótima (%):		27		Massa esp. aparente seca máx (g/cm ³):		0,71				
Teor de Umidade		Antes			Depois					
Cápsula		2	E04	P19	101					
Solo + Cápsula (g)		43,57	43,11	38,41	43,21					
Sólidos + Cápsula (g)		38,54	38,35	34,42	35,10					
Massa da Cápsula (g)		16,77	16,23	16,70	16,57					
Massa de água (g)		5,03	4,76	3,99	8,11					
Massa de Sólidos (g)		21,77	22,12	17,72	18,53					
Teor de umidade (%)		23,11	21,52	22,52	43,77					
Teor de umidade média (%)		22,38			43,77					
CARACTERÍSTICAS GERAIS DO CORPO DE PROVA										
Diâmetro (cm):		5,04	5,04	5,04	Altura (cm):		2,00	2,00	2,00	
Diâmetro Médio (cm):		5,04			Altura média (cm):		2,00			
Área (cm ²):		19,91			Volume (cm ³):		39,82			
Massa (g):		35,69			Massa específica (g/cm ³):		0,90			
Massa Seca (g/cm ³):		29,16			Massa esp. seca (g/cm ³):		0,73			
Volume sólidos (cm ³):		26,04			Massa esp. sólidos (g/cm ³):		1,12			
Índice de vazios:		0,53			C.P. natural ou moldado:		MOLDADO			
Grau de saturação:		Antes (%):			47,35		Depois (%):		92,61	
ENSAIO DE PERMEABILIDADE										
Permeâmetro N°:		1	D. interno do tubo de carga (cm):		0,98	Área da bureta (cm ²):		0,75		
Altura inicial da água (cm):					120,00	120,00	120,00	120,00		
Altura final da água (cm):					17,00	17,00	17,00	17,00		
Tempo (s):					6,00	6,00	5,00	6,00		
Temperatura (°C):					29	29	29	29		
Coeficiente de permeabilidade (cm/s)					0,024650772	0,024650772	0,029580926	0,024650772		
Coeficiente de correção, Rt					0,810	0,810	0,810	0,810		
Coef. de permeabilidade a 20°C, K ₂₀ (cm/s):					0,019978764	0,019978764	0,023974517	0,019978764		
Coef. de permeabilidade a 20°C, K ₂₀ médio (cm/s):					2,1E-02					
COEFICIENTES DE CORREÇÃO										
<u>Visto:</u>				T°C		R _t		T°C		R _t
				10		1,298		22		0,952
				11		1,262		23		0,930
				12		1,227		24		0,908
<u>Observações:</u>				13		1,195		25		0,887
				14		1,165		26		0,867
				15		1,135		27		0,847
				16		1,106		28		0,828
				17		1,078		29		0,811
				18		1,051		30		0,793
				19		1,025		31		0,776
				20		1,000		32		0,764
				21		0,975		33		0,749

ANEXO O – Ensaio de permeabilidade à carga variável com o teor $\chi = 10\%$

	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE							
	CENTRO DE TECNOLOGIA							
	DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL							
	LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS							V 2.0
PERMEABILIDADE A CARGA VARIÁVEL - NBR 14545								
CLIENTE:						ENSAIO:	10%	
LOCAL:						DATA:		
AMOSTRA:						OPERADOR:		
DADOS DA AMOSTRA								
Umidade ótima (%):	12,20			Massa esp. aparente seca máx (g/cm ³):	1,75			
Teor de Umidade	Antes				Depois			
Cápsula		5A	F5	A20		60		
Solo + Cápsula (g)		67,91	66,90	76,54		112,69		
Sólidos + Cápsula (g)		62,60	61,99	70,46		101,43		
Massa da Cápsula (g)		16,48	17,42	16,37		31,31		
Massa de água (g)		5,31	4,91	6,08		11,26		
Massa de Sólidos (g)		46,12	44,57	54,09		70,12		
Teor de umidade (%)		11,51	11,02	11,24		16,06		
Teor de umidade média (%)		11,26				16,06		
CARACTERÍSTICAS GERAIS DO CORPO DE PROVA								
Diâmetro (cm):	5,04	5,04	5,04	Altura (cm):	2,00	2,00	2,00	
Diâmetro Médio (cm):	5,04			Altura média (cm):	2,00			
Área (cm ²):	19,91			Volume (cm ³):	39,82			
Massa (g):	77,76			Massa específica (g/cm ³):	1,95			
Massa Seca (g/cm ³):	69,89			Massa esp. seca (g/cm ³):	1,76			
Volume sólidos (cm ³):	27,96			Massa esp. sólidos (g/cm ³):	2,50			
Índice de vazios:	0,42			C.P. natural ou moldado:	MOLDADO			
Grau de saturação:		Antes (%):		66,31	Depois (%):		94,60	
ENSAIO DE PERMEABILIDADE								
Pemeâmetro Nº:	1	D. interno do tubo de carga (cm):		0,98	Área da bureta (cm ²):		0,75	
Altura inicial da água (cm):				100,00	100,00	100,00	100,00	
Altura final da água (cm):				85,50	86,00	85,00	85,50	
Tempo (s):				6,00	6,50	6,50	6,50	
Temperatura (°C):				29	29	29	29	
Coefficiente de permeabilidade (cm/s)				0,001975991	0,0017561	0,001892282	0,001823992	
Coefficiente de correção, Rt				0,810	0,810	0,810	0,810	
Coef. de permeabilidade a 20°C, K ₂₀ (cm/s):				0,001601486	0,00142327	0,001533642	0,001478295	
Coef. de permeabilidade a 20°C, K ₂₀ médio (cm/s):				1,5E-03				
COEFICIENTES DE CORREÇÃO								
Visto:				T°C	R _t	T°C	R _t	
				10	1,298	22	0,952	
				11	1,262	23	0,930	
				12	1,227	24	0,908	
Observações:				13	1,195	25	0,887	
				14	1,165	26	0,867	
				15	1,135	27	0,847	
				16	1,106	28	0,828	
				17	1,078	29	0,811	
				18	1,051	30	0,793	
				19	1,025	31	0,776	
				20	1,000	32	0,764	
				21	0,975	33	0,749	


ANEXO P – Ensaio de permeabilidade à carga variável com o teor $\chi = 20\%$

		UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE					
		CENTRO DE TECNOLOGIA					
		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL					
		LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS					
V.2.0							
PERMEABILIDADE A CARGA VARIÁVEL - NBR 14545							
CLIENTE:					ENSAIO:	20%	
LOCAL:					DATA:		
AMOSTRA:					OPERADOR:		
DADOS DA AMOSTRA							
Umidade ótima (%):	11,40			Massa esp. aparente seca máx (g/cm ³):	1,53		
Teor de Umidade	Antes			Depois			
Cápsula	3 12 100c			10			
Solo + Cápsula (g)	60,99 61,21 60,10			106,45			
Sólidos + Cápsula (g)	56,82 57,04 55,83			92,49			
Massa da Cápsula (g)	16,35 15,80 17,33			30,27			
Massa de água (g)	4,17 4,17 4,27			13,96			
Massa de Sólidos (g)	40,47 41,24 38,50			62,22			
Teor de umidade (%)	10,30 10,11 11,09			22,44			
Teor de umidade média (%)	10,50			22,44			
CARACTERÍSTICAS GERAIS DO CORPO DE PROVA							
Diâmetro (cm):	5,04	5,04	5,04	Altura (cm):	1,99	1,99	1,99
Diâmetro Médio (cm):	5,04			Altura média (cm):	1,99		
Área (cm ²):	19,95			Volume (cm ³):	39,70		
Massa (g):	66,51			Massa específica (g/cm ³):	1,68		
Massa Seca (g/cm ³):	60,19			Massa esp. seca (g/cm ³):	1,52		
Volume sólidos (cm ³):	25,72			Massa esp. sólidos (g/cm ³):	2,34		
Índice de vazios:	0,54			C.P. natural ou moldado:	MOLDADO		
Grau de saturação:			Antes (%):	45,22	Depois (%):	96,60	
ENSAIO DE PERMEABILIDADE							
Pemeâmetro Nº:	1	D. interno do tubo de carga (cm):		0,98	Área da bureta (cm ²):		0,75
Altura inicial da água (cm):				100,00	100,00	100,00	100,00
Altura final da água (cm):				30,00	28,00	28,00	30,00
Tempo (s):				6,00	6,50	6,50	6,50
Temperatura (°C):				29	29	29	29
Coefficiente de permeabilidade (cm/s)				0,015080708	0,014718367	0,014718367	0,013920653
Coefficiente de correção, Rt				0,810	0,810	0,810	0,810
Coef. de permeabilidade a 20°C, K ₂₀ (cm/s):				0,012222494	0,011928827	0,011928827	0,011282302
Coef. de permeabilidade a 20°C, K ₂₀ médio (cm/s):				1,2E-02			
COEFICIENTES DE CORREÇÃO							
Visto:				T°C	R _t	T°C	R _t
				10	1,298	22	0,952
				11	1,262	23	0,930
				12	1,227	24	0,908
Observações:				13	1,195	25	0,887
				14	1,165	26	0,867
				15	1,135	27	0,847
				16	1,106	28	0,828
				17	1,078	29	0,811
				18	1,051	30	0,793
				19	1,025	31	0,776
				20	1,000	32	0,764
				21	0,975	33	0,749

ANEXO Q – Ensaio de permeabilidade à carga variável com o teor $\chi = 40\%$

		UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE						
		CENTRO DE TECNOLOGIA						
		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL						
		LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS						V 2.0
PERMEABILIDADE A CARGA VARIÁVEL - NBR 14545								
CLIENTE:					ENSAIO:	40%		
LOCAL:					DATA:			
AMOSTRA:					OPERADOR:			
DADOS DA AMOSTRA								
Umidade ótima (%):	12,8		Massa esp. aparente seca máx (g/cm ³):	1,39				
Teor de Umidade	Antes			Depois				
Cápsula	7	101	111	161				
Solo + Cápsula (g)	44,70	59,49	52,63	97,30				
Sólidos + Cápsula (g)	41,36	54,68	48,43	85,43				
Massa da Cápsula (g)	16,02	16,81	16,52	29,30				
Massa de água (g)	3,34	4,81	4,20	11,87				
Massa de Sólidos (g)	25,34	37,87	31,91	56,13				
Teor de umidade (%)	13,18	12,70	13,16	21,15				
Teor de umidade média (%)	13,01			21,15				
CARACTERÍSTICAS GERAIS DO CORPO DE PROVA								
Diâmetro (cm):	5,04	5,04	5,04	Altura (cm):	2,00	2,00	2,00	
Diâmetro Médio (cm):	5,04			Altura média (cm):	2,00			
Área (cm ²):	19,91			Volume (cm ³):	39,82			
Massa (g):	61,29			Massa específica (g/cm ³):	1,54			
Massa Seca (g/cm ³):	54,23			Massa esp. seca (g/cm ³):	1,36			
Volume sólidos (cm ³):	26,58			Massa esp. sólidos (g/cm ³):	2,04			
Índice de vazios:	0,50			C.P. natural ou moldado:	MOLDADO			
Grau de saturação:			Antes (%):	53,32	Depois (%):	86,64		
ENSAIO DE PERMEABILIDADE								
Pemeâmetro N°:	2	D. interno do tubo de carga (cm):	2,6	Área da bureta (cm ²):	5,31			
Altura inicial da água (cm):				85,00	85,00	85,00	85,00	
Altura final da água (cm):				25,00	25,00	25,00	25,00	
Tempo (s):				41,00	40,00	40,00	39,00	
Temperatura (°C):				27	27	27	27	
Coeficiente de permeabilidade (cm/s)				0,015900389	0,016297899	0,016297899	0,016715794	
Coeficiente de correção, Rt				0,846	0,846	0,846	0,846	
Coef. de permeabilidade a 20°C, K ₂₀ (cm/s):				0,013456993	0,013793418	0,013793418	0,014147095	
Coef. de permeabilidade a 20°C, K ₂₀ médio (cm/s):				1,4E-02				
COEFICIENTES DE CORREÇÃO								
Visto:				T°C	R _t	T°C	R _t	
				10	1,298	22	0,952	
				11	1,262	23	0,930	
				12	1,227	24	0,908	
Observações:				13	1,195	25	0,887	
				14	1,165	26	0,867	
				15	1,135	27	0,847	
				16	1,106	28	0,828	
				17	1,078	29	0,811	
				18	1,051	30	0,793	
				19	1,025	31	0,776	
				20	1,000	32	0,764	
				21	0,975	33	0,749	

ANEXO R – Ensaio de permeabilidade à carga variável com o teor $\chi = 50\%$

		UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE						
		CENTRO DE TECNOLOGIA						
		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL						
		LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS						V 2.0
PERMEABILIDADE A CARGA VARIÁVEL - NBR 14545								
CLIENTE:					ENSAIO:	50%		
LOCAL:					DATA:			
AMOSTRA:					OPERADOR:			
DADOS DA AMOSTRA								
Umidade ótima (%):	11,36		Massa esp. aparente seca máx (g/cm ³):		1,23			
Teor de Umidade	Antes				Depois			
Cápsula	Z7		100C		125		45	
Solo + Cápsula (g)	52,26		57,50		58,98		97,30	
Sólidos + Cápsula (g)	48,76		53,41		54,76		83,32	
Massa da Cápsula (g)	17,06		17,30		17,50		28,50	
Massa de água (g)	3,50		4,09		4,22		13,98	
Massa de Sólidos (g)	31,70		36,11		37,26		54,82	
Teor de umidade (%)	11,04		11,33		11,33		25,50	
Teor de umidade média (%)	11,23				25,50			
CARACTERÍSTICAS GERAIS DO CORPO DE PROVA								
Diâmetro (cm):	5,04	5,04	5,04	Altura (cm):	2,00	2,00	2,00	
Diâmetro Médio (cm):	5,04			Altura média (cm):	2,00			
Área (cm ²):	19,95			Volume (cm ³):	39,90			
Massa (g):	53,51			Massa específica (g/cm ³):	1,34			
Massa Seca (g/cm ³):	48,11			Massa esp. seca (g/cm ³):	1,21			
Volume sólidos (cm ³):	25,45			Massa esp. sólidos (g/cm ³):	1,89			
Índice de vazios:	0,57			C.P. natural ou moldado:	MOLDADO			
Grau de saturação:			Antes (%):	37,40	Depois (%):		84,92	
ENSAIO DE PERMEABILIDADE								
Pemeâmetro Nº:	2	D. interno do tubo de carga (cm):		2,6	Área da bureta (cm ²):		5,31	
Altura inicial da água (cm):				85,00	85,00	85,00	85,00	
Altura final da água (cm):				25,00	25,00	25,00	25,00	
Tempo (s):				35,00	35,00	34,00	35,00	
Temperatura (°C):				28	28	28	28	
Coeficiente de permeabilidade (cm/s)				0,018589232	0,018589232	0,019135974	0,018589232	
Coeficiente de correção, Rt				0,828	0,828	0,828	0,828	
Coef. de permeabilidade a 20°C, K ₂₀ (cm/s):				0,015391101	0,015391101	0,01584378	0,015391101	
Coef. de permeabilidade a 20°C, K ₂₀ médio (cm/s):				1,6E-02				
COEFICIENTES DE CORREÇÃO								
Visto:				T°C	R _t	T°C	R _t	
				10	1,298	22	0,952	
				11	1,262	23	0,930	
				12	1,227	24	0,908	
Observações:				13	1,195	25	0,887	
				14	1,165	26	0,867	
				15	1,135	27	0,847	
				16	1,106	28	0,828	
				17	1,078	29	0,811	
				18	1,051	30	0,793	
				19	1,025	31	0,776	
				20	1,000	32	0,764	
				21	0,975	33	0,749	

ANEXO S – Ensaio de compressão confinada com o teor $\chi = 0\%$

Teor de Umidade Pós-Ensaio					Observações:		
Cap.	PC (g)	PBU (g)	PBS (g)	w	Ensaio não inundado.		
11	16,76	77,23	72,07	9,33%			

P (kgf)	σ (kPa)	t (h)	Leitura Inicial	Leitura Final	Deformação Específica (%)	Δe	Índice de Vazios e	Observações
0,2	10,00	0,0000	7,000	7,000	0,000	0,000	0,407	
0,2	10,00	0,0083	7,000	6,965	0,175	0,002	0,405	
0,2	10,00	0,0166	6,965	6,960	0,200	0,003	0,404	
0,2	10,00	0,0333	6,960	6,956	0,220	0,003	0,404	
0,2	10,00	0,0667	6,956	6,950	0,250	0,004	0,404	
0,2	10,00	0,1333	6,950	6,945	0,250	0,004	0,404	
0,2	10,00	0,2500	6,950	6,945	0,275	0,004	0,403	
0,2	10,00	0,5000	6,945	6,940	0,300	0,004	0,403	
0,2	10,00	1,0000	6,940	6,935	0,325	0,005	0,402	
0,2	10,00	2,0000	6,935	6,928	0,360	0,005	0,402	
0,2	10,00	4,0000	6,928	6,920	0,400	0,006	0,401	
0,2	10,00	8,0000	6,920	6,915	0,425	0,006	0,401	
0,2	10,00	24,0000	6,915	6,905	0,475	0,007	0,400	
0,8	40,00	0,0083	6,905	6,860	0,700	0,010	0,397	
0,8	40,00	0,0166	6,860	6,850	0,750	0,011	0,396	
0,8	40,00	0,0333	6,850	6,850	0,750	0,011	0,396	
0,8	40,00	0,0667	6,850	6,850	0,750	0,011	0,396	
0,8	40,00	0,1333	6,850	6,850	0,750	0,011	0,396	
0,8	40,00	0,2500	6,850	6,850	0,750	0,011	0,396	
0,8	40,00	0,5000	6,850	6,845	0,775	0,011	0,396	
0,8	40,00	1,0000	6,845	6,840	0,800	0,011	0,396	
0,8	40,00	2,0000	6,840	6,838	0,810	0,011	0,396	
0,8	40,00	4,0000	6,838	6,835	0,825	0,012	0,395	
0,8	40,00	8,0000	6,835	6,835	0,825	0,012	0,395	
0,8	40,00	24,0000	6,832	6,820	0,900	0,013	0,394	
1,6	80,00	0,0083	6,820	6,795	1,025	0,014	0,393	
1,6	80,00	0,0166	6,795	6,790	1,050	0,015	0,392	
1,6	80,00	0,0333	6,790	6,790	1,050	0,015	0,392	
1,6	80,00	0,0667	6,790	6,790	1,050	0,015	0,392	
1,6	80,00	0,1333	6,790	6,790	1,050	0,015	0,392	
1,6	80,00	0,2500	6,790	6,785	1,075	0,015	0,392	
1,6	80,00	0,5000	6,785	6,785	1,075	0,015	0,392	
1,6	80,00	1,0000	6,785	6,785	1,075	0,015	0,392	
1,6	80,00	2,0000	6,785	6,785	1,075	0,015	0,392	
1,6	80,00	4,0000	6,785	6,782	1,090	0,015	0,392	
1,6	80,00	8,0000	6,782	6,765	1,175	0,017	0,390	
1,6	80,00	24,0000	6,765	6,750	1,250	0,018	0,389	
3,0	150,00	0,0083	6,750	6,700	1,500	0,021	0,386	
3,0	150,00	0,0166	6,700	6,700	1,500	0,021	0,386	
3,0	150,00	0,0333	6,700	6,700	1,500	0,021	0,386	
3,0	150,00	0,0667	6,700	6,695	1,525	0,021	0,386	
3,0	150,00	0,1333	6,695	6,690	1,550	0,022	0,385	
3,0	150,00	0,2500	6,690	6,690	1,550	0,022	0,385	
3,0	150,00	0,5000	6,690	6,685	1,575	0,022	0,385	
3,0	150,00	1,0000	6,685	6,685	1,575	0,022	0,385	
3,0	150,00	2,0000	6,685	6,685	1,575	0,022	0,385	
3,0	150,00	4,0000	6,685	6,680	1,600	0,023	0,385	
3,0	150,00	8,0000	6,680	6,670	1,650	0,023	0,384	
3,0	150,00	24,0000	6,670	6,660	1,700	0,024	0,383	
6,0	300,00	0,0083	6,660	6,570	2,150	0,030	0,377	
6,0	300,00	0,0166	6,570	6,565	2,175	0,031	0,376	
6,0	300,00	0,0333	6,565	6,560	2,200	0,031	0,376	
6,0	300,00	0,0667	6,560	6,555	2,225	0,031	0,376	
6,0	300,00	0,1333	6,555	6,550	2,250	0,032	0,375	
6,0	300,00	0,2500	6,550	6,550	2,250	0,032	0,375	
6,0	300,00	0,5000	6,550	6,545	2,275	0,032	0,375	
6,0	300,00	1,0000	6,545	6,540	2,300	0,032	0,375	
6,0	300,00	2,0000	6,540	6,530	2,350	0,033	0,374	
6,0	300,00	4,0000	6,530	6,525	2,375	0,033	0,374	
6,0	300,00	8,0000	6,525	6,523	2,385	0,034	0,373	
6,0	300,00	24,0000	6,523	6,515	2,425	0,034	0,373	
12,0	600,00	0,0083	6,515	6,420	2,900	0,041	0,366	
12,0	600,00	0,0166	6,420	6,420	2,900	0,041	0,366	
12,0	600,00	0,0333	6,420	6,415	2,925	0,041	0,366	
12,0	600,00	0,0667	6,415	6,410	2,950	0,042	0,366	
12,0	600,00	0,1333	6,410	6,410	2,950	0,042	0,366	
12,0	600,00	0,2500	6,410	6,405	2,975	0,042	0,365	
12,0	600,00	0,5000	6,405	6,405	2,975	0,042	0,365	
12,0	600,00	1,0000	6,405	6,400	3,000	0,042	0,365	
12,0	600,00	2,0000	6,400	6,395	3,025	0,043	0,364	
12,0	600,00	4,0000	6,395	6,395	3,025	0,043	0,364	
12,0	600,00	8,0000	6,395	6,390	3,100	0,044	0,363	
12,0	600,00	24,0000	6,390	6,380	3,250	0,046	0,361	
6,0	300,00	0,0083	6,350	6,430	2,850	0,040	0,367	
6,0	300,00	0,0166	6,430	6,430	2,850	0,040	0,367	
6,0	300,00	0,0333	6,430	6,430	2,850	0,040	0,367	
6,0	300,00	0,0667	6,430	6,430	2,850	0,040	0,367	
6,0	300,00	0,1333	6,430	6,430	2,850	0,040	0,367	
6,0	300,00	0,2500	6,430	6,430	2,850	0,040	0,367	
6,0	300,00	0,5000	6,430	6,430	2,850	0,040	0,367	
6,0	300,00	1,0000	6,430	6,430	2,850	0,040	0,367	
6,0	300,00	2,0000	6,430	6,433	2,835	0,040	0,367	
6,0	300,00	4,0000	6,433	6,435	2,825	0,040	0,367	
6,0	300,00	8,0000	6,435	6,440	2,800	0,039	0,368	
6,0	300,00	24,0000	6,440	6,440	2,800	0,039	0,368	
1,6	80,00	0,0083	6,440	6,480	2,600	0,037	0,370	
1,6	80,00	0,0166	6,480	6,480	2,600	0,037	0,370	
1,6	80,00	0,0333	6,480	6,480	2,600	0,037	0,370	
1,6	80,00	0,0667	6,480	6,485	2,575	0,036	0,371	
1,6	80,00	0,1333	6,485	6,485	2,575	0,036	0,371	
1,6	80,00	0,2500	6,485	6,485	2,575	0,036	0,371	
1,6	80,00	0,5000	6,485	6,485	2,575	0,036	0,371	
1,6	80,00	1,0000	6,485	6,485	2,575	0,036	0,371	
1,6	80,00	2,0000	6,485	6,485	2,575	0,036	0,371	
1,6	80,00	4,0000	6,485	6,485	2,575	0,036	0,371	
1,6	80,00	8,0000	6,485	6,485	2,575	0,036	0,371	
1,6	80,00	24,0000	6,485	6,485	2,575	0,036	0,371	
0,2	10,00	0,0083	6,485	6,545	2,275	0,032	0,375	
0,2	10,00	0,0166	6,545	6,545	2,275	0,032	0,375	
0,2	10,00	0,0333	6,545	6,545	2,275	0,032	0,375	
0,2	10,00	0,0667	6,545	6,545	2,275	0,032	0,375	
0,2	10,00	0,1333	6,545	6,545	2,275	0,032	0,375	
0,2	10,00	0,2500	6,545	6,545	2,275	0,032	0,375	
0,2	10,00	0,5000	6,545	6,545	2,275	0,032	0,375	
0,2	10,00	1,0000	6,545	6,545	2,275	0,032	0,375	
0,2	10,00	2,0000	6,545	6,545	2,275	0,032	0,375	
0,2	10,00	4,0000	6,545	6,545	2,275	0,032	0,375	
0,2	10,00	8,0000	6,545	6,560	2,200	0,031	0,376	
0,2	10,00	24,0000	6,560	6,570	2,150	0,030	0,377	

ANEXO T – Ensaio de compressão confinada com o teor $\chi = 10\%$

Dados da Amostra										
Obra	10%				Data					
Local					Operador					
Amostra					Célula					
Dados Iniciais do Corpo-de-Prova										
Dimensões					Teor de Umidade					
Alt 1 (cm)	1,990	Dia.1 (cm)	5,040		Cápsula	F1	Cápsula	F5	Cápsula	5
Alt 2 (cm)	1,990	Dia.2 (cm)	5,040							
Alt 3 (cm)	1,990	Dia.3 (cm)	5,040							
Alt. Média (cm)	1,99	Dia. Médio	5,04							
Anel	106P	P. Anel (g)	34,419		PC (g)	18,80	PC (g)	17,41	PC (g)	16,29
Massa Corpo-de-Prova + Anel (g)			112,08		PBU (g)	70,21	PBU (g)	76,34	PBU (g)	78,59
Massa Corpo-de-Prova (g)			77,66		PBS (g)	65,15	PBS (g)	70,64	PBS (g)	72,50
Volume Corpo-de-Prova (cm³)			39,70		w1 (%)	10,92	w2 (%)	10,71	w3 (%)	10,85
Área (cm²)			19,95							
Índices Físicos Antes do Ensaio										
Teor de Umidade (%)	10,82		Massa Específica Úmida (g/cm³)		1,96		Índice de Vazios		0,41	
Massa Espec. Real (g/cm³)	2,50		Massa Específica Seca (g/cm³)		1,77		Grau de Saturação (%)		65,16	
Porosidade (%)	29,31		Umidade de Saturação (%)		16,60		Grau de Aeração (%)		34,84	
Teor de Umidade Pós-Ensaio					Observações:					
Cap.	PC (g)	PBU (g)	PBS (g)	w	Ensaio não inundado.					
11	16,76	50,10	47,97	6,82%						
P (kgf)	σ (kPa)	t (h)	Leitura Inicial	Leitura Final	Deformação Específica (%)	Δe	Índice de Vazios e	Observações		
0,2	10,00	0,0000	8,900	8,900	0,000	0,000	0,415			
0,2	10,00	0,0083	8,900	8,900	0,500	0,007	0,408			
0,2	10,00	0,0166	8,900	8,795	1,025	0,014	0,400			
0,2	10,00	0,0333	8,795	8,795	1,025	0,014	0,400			
0,2	10,00	0,0667	8,795	8,790	1,050	0,015	0,400			
0,2	10,00	0,1333	8,790	8,770	1,150	0,016	0,398			
0,2	10,00	0,2500	8,760	8,760	1,200	0,017	0,398			
0,2	10,00	0,5000	8,760	8,750	1,250	0,018	0,397			
0,2	10,00	1,0000	8,750	8,740	1,300	0,018	0,396			
0,2	10,00	2,0000	8,740	8,730	1,350	0,019	0,396			
0,2	10,00	4,0000	8,730	8,720	1,400	0,020	0,395			
0,2	10,00	8,0000	8,720	8,710	1,450	0,021	0,394			
0,2	10,00	24,0000	8,710	8,690	1,550	0,022	0,393			
0,8	40,00	0,0083	8,690	8,600	2,000	0,028	0,386			
0,8	40,00	0,0166	8,600	8,600	2,000	0,028	0,386			
0,8	40,00	0,0333	8,600	8,600	2,000	0,028	0,386			
0,8	40,00	0,0667	8,600	8,590	2,050	0,029	0,386			
0,8	40,00	0,1333	8,590	8,590	2,050	0,029	0,386			
0,8	40,00	0,2500	8,590	8,590	2,050	0,029	0,386			
0,8	40,00	0,5000	8,580	8,580	2,100	0,030	0,385			
0,8	40,00	1,0000	8,580	8,580	2,100	0,030	0,385			
0,8	40,00	2,0000	8,580	8,570	2,150	0,030	0,384			
0,8	40,00	4,0000	8,570	8,560	2,200	0,031	0,383			
0,8	40,00	8,0000	8,560	8,560	2,200	0,031	0,383			
0,8	40,00	24,0000	8,560	8,530	2,350	0,033	0,381			
1,6	80,00	0,0083	8,530	8,480	2,600	0,037	0,378			
1,6	80,00	0,0166	8,480	8,470	2,650	0,037	0,377			
1,6	80,00	0,0333	8,470	8,470	2,650	0,037	0,377			
1,6	80,00	0,0667	8,470	8,470	2,650	0,037	0,377			
1,6	80,00	0,1333	8,470	8,460	2,700	0,038	0,376			
1,6	80,00	0,2500	8,460	8,460	2,700	0,038	0,376			
1,6	80,00	0,5000	8,460	8,450	2,750	0,039	0,376			
1,6	80,00	1,0000	8,450	8,440	2,800	0,040	0,375			
1,6	80,00	2,0000	8,440	8,440	2,800	0,040	0,375			
1,6	80,00	4,0000	8,440	8,430	2,850	0,040	0,374			
1,6	80,00	8,0000	8,430	8,430	2,850	0,040	0,374			
1,6	80,00	24,0000	8,430	8,400	3,000	0,042	0,372			
3,0	150,00	0,0083	8,750	8,330	3,350	0,047	0,367			
3,0	150,00	0,0166	8,330	8,330	3,350	0,047	0,367			
3,0	150,00	0,0333	8,330	8,330	3,350	0,047	0,367			
3,0	150,00	0,0667	8,330	8,320	3,400	0,048	0,367			
3,0	150,00	0,1333	8,320	8,310	3,450	0,049	0,366			
3,0	150,00	0,2500	8,310	8,310	3,450	0,049	0,366			
3,0	150,00	0,5000	8,310	8,310	3,450	0,049	0,366			
3,0	150,00	1,0000	8,310	8,300	3,500	0,050	0,365			
3,0	150,00	2,0000	8,300	8,300	3,500	0,050	0,365			
3,0	150,00	4,0000	8,300	8,300	3,500	0,050	0,365			
3,0	150,00	8,0000	8,300	8,275	3,625	0,051	0,363			
3,0	150,00	24,0000	8,275	8,250	3,750	0,053	0,362			
6,0	300,00	0,0083	8,250	8,150	4,250	0,060	0,354			
6,0	300,00	0,0166	8,150	8,150	4,250	0,060	0,354			
6,0	300,00	0,0333	8,150	8,150	4,250	0,060	0,354			
6,0	300,00	0,0667	8,150	8,140	4,300	0,061	0,354			
6,0	300,00	0,1333	8,140	8,140	4,300	0,061	0,354			
6,0	300,00	0,2500	8,140	8,140	4,300	0,061	0,354			
6,0	300,00	0,5000	8,140	8,130	4,350	0,062	0,353			
6,0	300,00	1,0000	8,130	8,130	4,350	0,062	0,353			
6,0	300,00	2,0000	8,130	8,130	4,350	0,062	0,353			
6,0	300,00	4,0000	8,130	8,130	4,350	0,062	0,353			
6,0	300,00	8,0000	8,130	8,110	4,450	0,063	0,352			
6,0	300,00	24,0000	8,110	8,080	4,600	0,065	0,350			
12,0	600,00	0,0083	8,080	7,970	5,150	0,073	0,342			
12,0	600,00	0,0166	7,970	7,970	5,150	0,073	0,342			
12,0	600,00	0,0333	7,970	7,960	5,200	0,074	0,341			
12,0	600,00	0,0667	7,960	7,960	5,200	0,074	0,341			
12,0	600,00	0,1333	7,960	7,950	5,250	0,074	0,340			
12,0	600,00	0,2500	7,950	7,950	5,250	0,074	0,340			
12,0	600,00	0,5000	7,950	7,950	5,250	0,074	0,340			
12,0	600,00	1,0000	7,950	7,940	5,300	0,075	0,340			
12,0	600,00	2,0000	7,940	7,940	5,300	0,075	0,340			
12,0	600,00	4,0000	7,940	7,940	5,300	0,075	0,340			
12,0	600,00	8,0000	7,940	7,910	5,450	0,077	0,338			
12,0	600,00	24,0000	7,910	7,880	5,600	0,079	0,335			
6,0	300,00	0,0083	7,880	7,920	5,400	0,076	0,338			
6,0	300,00	0,0166	7,920	7,920	5,400	0,076	0,338			
6,0	300,00	0,0333	7,920	7,920	5,400	0,076	0,338			
6,0	300,00	0,0667	7,920	7,920	5,400	0,076	0,338			
6,0	300,00	0,1333	7,920	7,920	5,400	0,076	0,338			
6,0	300,00	0,2500	7,920	7,920	5,400	0,076	0,338			
6,0	300,00	0,5000	7,920	7,920	5,400	0,076	0,338			
6,0	300,00	1,0000	7,920	7,920	5,400	0,076	0,338			
6,0	300,00	2,0000	7,920	7,920	5,400	0,076	0,338			
6,0	300,00	4,0000	7,920	7,920	5,400	0,076	0,338			
6,0	300,00	8,0000	7,920	7,925	5,375	0,076	0,339			
6,0	300,00	24,0000	7,925	7,925	5,375	0,076	0,339			
1,6	80,00	0,0083	7,925	7,935	5,325	0,075	0,339			
1,6	80,00	0,0166	7,935	7,935	5,325	0,075	0,339			
1,6	80,00	0,0333	7,935	7,935	5,325	0,075	0,339			
1,6	80,00	0,0667	7,935	7,935	5,325	0,075	0,339			
1,6	80,00	0,1333	7,935	7,935	5,325	0,075	0,339			
1,6	80,00	0,2500	7,935	7,935	5,325	0,075	0,339			
1,6	80,00	0,5000	7,935	7,935	5,325	0,075	0,339			
1,6	80,00	1,0000	7,935	7,935	5,325	0,075	0,339			
1,6	80,00	2,0000	7,935	7,935	5,325	0,075	0,339			
1,6	80,00	4,0000	7,935	7,935	5,325	0,075	0,339			
1,6	80,00	8,0000	7,935	7,940	5,300	0,075	0,340			
1,6	80,00	24,0000	7,940	7,945	5,275	0,075	0,340			
0,2	10,00	0,0083	7,945	8,000	5,000	0,071	0,344			
0,2	10,00	0,0166	8,000	8,000	5,000	0,071	0,344			
0,2	10,00	0,0333	8,000	8,000	5,000	0,071	0,344			
0,2	10,00	0,0667	8,000	8,000	5,000	0,071	0,344			
0,2	10,00	0,1333	8,000	8,000	5,000	0,071	0,344			
0,2	10,00	0,2500	8,000	8,000	5,000	0,071	0,344			
0,2	10,00	0,5000	8,000	8,000	5,000	0,071	0,344			
0,2	10,00	1,0000	8,000	8,01						

ANEXO U – Ensaio de compressão confinada com o teor $\chi = 20\%$

Dados da Amostra			
Obra	20%		Data
Local			Operador
Amostra			Célula

Dados Iniciais do Corpo-de-Prova							
Dimensões				Teor de Umidade			
Alt 1 (cm)	1,990	Dia.1 (cm)	5,040				
Alt 2 (cm)	1,990	Dia.2 (cm)	5,040				
Alt 3 (cm)	1,990	Dia.3 (cm)	5,040				
Alt. Média(cm)	1,99	Dia. Médio	5,04				
Anel	106P	P. Anel (g)	34,419	Cápsula	F1	Cápsula	F5
Massa Corpo-de-Prova + Anel (g)			102,994				
Massa Corpo-de-Prova (g)			68,57	PBU (g)		PBU (g)	F5
Volume Corpo-de-Prova (cm³)			39,70	PBS (g)		PBS (g)	F5
Área (cm²)			19,95	w1 (%)		w2 (%)	F5
							R2
							16,97
							55,33
							51,22
							12,00

Índices Físicos Antes do Ensaio			
Teor de Umidade (%)	11,45	Massa Específica Úmida (g/cm³)	1,73
Massa Espec. Real (g/cm³)	2,34	Massa Específica Seca (g/cm³)	1,85
Porosidade (%)	33,89	Umidade de Saturação (%)	21,87
		Índice de Vazios	0,51
		Grau de Saturação (%)	52,38
		Grau de Aeração (%)	47,62

Teor de Umidade Pós-Ensaio				Observações:	
Cap.	PC (g)	PBU (g)	PBS (g)	w	
110B	15,91	79,84	75,24	7,75%	Ensaio não inundado.

P (kgf)	σ (kPa)	t (h)	Leitura Inicial	Leitura Final	Deformação Específica (%)	$\Delta\epsilon$	Índice de Vazios e	Observações
0,2	10,00	0,0000	9,000	9,000	0,000	0,000	0,513	
0,2	10,00	0,0083	9,000	8,515	0,925	0,014	0,499	
0,2	10,00	0,0166	8,815	8,810	0,950	0,014	0,498	
0,2	10,00	0,0333	8,810	8,800	1,000	0,015	0,497	
0,2	10,00	0,0667	8,800	8,795	1,025	0,016	0,497	
0,2	10,00	0,1333	8,795	8,790	1,050	0,016	0,496	
0,2	10,00	0,2500	8,790	8,780	1,100	0,017	0,496	
0,2	10,00	0,5000	8,780	8,760	1,200	0,018	0,494	
0,2	10,00	1,0000	8,760	8,740	1,300	0,020	0,493	
0,2	10,00	2,0000	8,740	8,720	1,375	0,021	0,492	
0,2	10,00	4,0000	8,725	8,710	1,450	0,022	0,491	
0,2	10,00	8,0000	8,710	8,695	1,525	0,023	0,490	
0,2	10,00	24,0000	8,695	8,670	1,650	0,025	0,488	
0,8	40,00	0,0083	8,670	8,580	2,100	0,032	0,481	
0,8	40,00	0,0166	8,580	8,565	2,175	0,033	0,480	
0,8	40,00	0,0333	8,565	8,560	2,200	0,033	0,479	
0,8	40,00	0,0667	8,560	8,555	2,225	0,034	0,479	
0,8	40,00	0,1333	8,555	8,550	2,250	0,034	0,479	
0,8	40,00	0,2500	8,550	8,550	2,250	0,034	0,479	
0,8	40,00	0,5000	8,550	8,545	2,275	0,034	0,478	
0,8	40,00	1,0000	8,545	8,543	2,285	0,035	0,478	
0,8	40,00	2,0000	8,543	8,540	2,300	0,035	0,478	
0,8	40,00	4,0000	8,540	8,535	2,325	0,035	0,477	
0,8	40,00	8,0000	8,535	8,520	2,400	0,036	0,476	
0,8	40,00	24,0000	8,520	8,490	2,550	0,039	0,474	
1,6	80,00	0,0083	8,490	8,330	3,350	0,051	0,462	
1,6	80,00	0,0166	8,330	8,320	3,375	0,051	0,461	
1,6	80,00	0,0333	8,325	8,320	3,400	0,051	0,461	
1,6	80,00	0,0667	8,320	8,315	3,425	0,052	0,461	
1,6	80,00	0,1333	8,315	8,310	3,450	0,052	0,460	
1,6	80,00	0,2500	8,310	8,300	3,450	0,052	0,460	
1,6	80,00	0,5000	8,310	8,300	3,500	0,053	0,460	
1,6	80,00	1,0000	8,300	8,295	3,525	0,053	0,459	
1,6	80,00	2,0000	8,295	8,285	3,575	0,054	0,459	
1,6	80,00	4,0000	8,285	8,265	3,600	0,054	0,457	
1,6	80,00	8,0000	8,280	8,270	3,650	0,055	0,457	
1,6	80,00	24,0000	8,270	8,250	3,750	0,057	0,456	
3,0	150,00	0,0083	8,250	8,110	4,450	0,067	0,445	
3,0	150,00	0,0166	8,110	8,080	4,500	0,068	0,445	
3,0	150,00	0,0333	8,100	8,090	4,550	0,069	0,444	
3,0	150,00	0,0667	8,090	8,085	4,575	0,069	0,443	
3,0	150,00	0,1333	8,085	8,080	4,600	0,070	0,443	
3,0	150,00	0,2500	8,080	8,080	4,600	0,070	0,443	
3,0	150,00	0,5000	8,080	8,075	4,625	0,070	0,443	
3,0	150,00	1,0000	8,075	8,070	4,650	0,070	0,442	
3,0	150,00	2,0000	8,070	8,068	4,660	0,070	0,442	
3,0	150,00	4,0000	8,068	8,065	4,675	0,071	0,442	
3,0	150,00	8,0000	8,065	8,045	4,775	0,074	0,438	
3,0	150,00	24,0000	8,045	8,015	4,925	0,074	0,438	
6,0	300,00	0,0083	8,015	7,925	5,375	0,081	0,431	
6,0	300,00	0,0166	7,925	7,920	5,400	0,082	0,431	
6,0	300,00	0,0333	7,920	7,910	5,410	0,082	0,430	
6,0	300,00	0,0667	7,918	7,910	5,450	0,082	0,430	
6,0	300,00	0,1333	7,910	7,908	5,460	0,083	0,430	
6,0	300,00	0,2500	7,908	7,900	5,500	0,083	0,429	
6,0	300,00	0,5000	7,890	7,890	5,550	0,084	0,428	
6,0	300,00	1,0000	7,890	7,880	5,600	0,085	0,428	
6,0	300,00	2,0000	7,880	7,870	5,650	0,085	0,427	
6,0	300,00	4,0000	7,870	7,860	5,700	0,086	0,426	
6,0	300,00	8,0000	7,860	7,840	5,775	0,087	0,425	
6,0	300,00	24,0000	7,845	7,825	5,875	0,089	0,424	
12,0	600,00	0,0083	7,825	7,510	7,450	0,113	0,400	
12,0	600,00	0,0166	7,510	7,500	7,500	0,113	0,399	
12,0	600,00	0,0333	7,500	7,485	7,575	0,118	0,398	
12,0	600,00	0,0667	7,485	7,470	7,625	0,116	0,397	
12,0	600,00	0,1333	7,470	7,460	7,700	0,116	0,396	
12,0	600,00	0,2500	7,460	7,450	7,750	0,117	0,395	
12,0	600,00	0,5000	7,450	7,440	7,800	0,118	0,395	
12,0	600,00	1,0000	7,440	7,425	7,875	0,119	0,393	
12,0	600,00	2,0000	7,425	7,415	7,925	0,120	0,393	
12,0	600,00	4,0000	7,415	7,405	7,975	0,121	0,392	
12,0	600,00	8,0000	7,405	7,395	8,025	0,121	0,391	
12,0	600,00	24,0000	7,395	7,375	8,125	0,123	0,390	
6,0	300,00	0,0083	7,375	7,450	7,750	0,117	0,395	
6,0	300,00	0,0166	7,450	7,450	7,750	0,117	0,395	
6,0	300,00	0,0333	7,450	7,460	7,700	0,116	0,396	
6,0	300,00	0,0667	7,460	7,460	7,700	0,116	0,396	
6,0	300,00	0,1333	7,460	7,460	7,700	0,116	0,396	
6,0	300,00	0,2500	7,460	7,460	7,700	0,116	0,396	
6,0	300,00	0,5000	7,460	7,460	7,700	0,116	0,396	
6,0	300,00	1,0000	7,460	7,460	7,700	0,116	0,396	
6,0	300,00	2,0000	7,460	7,460	7,700	0,116	0,396	
6,0	300,00	4,0000	7,460	7,460	7,700	0,116	0,396	
6,0	300,00	8,0000	7,460	7,460	7,700	0,116	0,396	
6,0	300,00	24,0000	7,460	7,460	7,700	0,116	0,396	
1,6	80,00	0,0083	7,460	7,560	7,200	0,116	0,396	
1,6	80,00	0,0166	7,560	7,565	7,175	0,109	0,404	
1,6	80,00	0,0333	7,565	7,570	7,150	0,108	0,404	
1,6	80,00	0,0667	7,570	7,570	7,150	0,108	0,404	
1,6	80,00	0,1333	7,570	7,575	7,125	0,108	0,405	
1,6	80,00	0,2500	7,575	7,580	7,100	0,107	0,405	
1,6	80,00	0,5000	7,580	7,590	7,050	0,107	0,406	
1,6	80,00	1,0000	7,590	7,590	7,050	0,107	0,406	
1,6	80,00	2,0000	7,590	7,590	7,050	0,107	0,406	
1,6	80,00	4,0000	7,590	7,595	7,025	0,106	0,406	
1,6	80,00	8,0000	7,595	7,595	7,025	0,106	0,406	
1,6	80,00	24,0000	7,595	7,600	7,000	0,106	0,407	
0,2	10,00	0,0083	7,600	7,710	6,425	0,098	0,418	
0,2	10,00	0,0166	7,710	7,715	6,425	0,097	0,415	
0,2	10,00	0,0333	7,715	7,720	6,400	0,097	0,416	
0,2	10,00	0,0667	7,720	7,725	6,375	0,096	0,416	
0,2	10,00	0,1333	7,725	7,730	6,350	0,096	0,417	
0,2	10,00	0,2500	7,730	7,740	6,300	0,095	0,417	
0,2	10,00	0,5000	7,740	7,750	6,250	0,095	0,418	
0,2	10,00	1,0000	7,750	7,750	6,250	0,095	0,418	
0,2	10,00	2,0000	7,750	7,755	6,225	0,094	0,418	
0,2	10,00	4,0000	7,750	7,760	6,200	0,094	0,419	
0,2	10,00	8,0000	7,760	7,780	6,100	0,092	0,420	
0,2	10,00	24,0000	7,780	7,790	6,050	0,092	0,421	

ANEXO V – Ensaio de compressão confinada com o teor $\chi = 40\%$

Dados da Amostra										
Obra								Data		
Local								Operador		
Amostra								Célula		
Dados Iniciais do Corpo-de-Prova										
Dimensões					Teor de Umidade					
Alt 1 (cm)	2,000	Dia.1 (cm)	5,040							
Alt 2 (cm)	2,000	Dia.2 (cm)	5,040							
Alt 3 (cm)	2,000	Dia.3 (cm)	5,040							
Alt. Média(cm)	2,00	Dia. Médio	5,04							
Amel	110F	P. Amel (g)	34,661	Cápsula	AJ	Cápsula	100C	Cápsula	R2	
Massa Corpo-de-Prova + Amel (g)			95,80		17,39	PC (g)	17,34	PC (g)	16,97	
Massa Corpo-de-Prova (g)			61,14	PBU (g)	61,96	PBU (g)	49,89	PBU (g)	55,33	
Volume Corpo-de-Prova (cm³)			39,90	PBS (g)	57,30	PBS (g)	46,40	PBS (g)	51,22	
Area (cm²)			19,95	w 1 (%)	11,68	w 2 (%)	12,01	w 3 (%)	12,00	
Índices Físicos Antes do Ensaio										
Teor de Umidade (%)	11,90	Massa Específica Úmida (g/cm³)	1,53	Índice de Vazios	0,49					
Massa Espec. Real (g/cm³)	2,04	Massa Específica Seca (g/cm³)	1,37	Grau de Saturação (%)	49,65					
Porosidade (%)	32,81	Umidade de Saturação (%)	23,96	Grau de Aeração (%)	50,35					
Teor de Umidade Pós-Ensaio					Observações:					
Cap.	PC (g)	PBU (g)	PBS (g)	w	Ensaio não inundado.					
100C	17,33	74,03	69,80	8,06%						
P (kgf)	σ (kPa)	t (h)	Leitura Inicial	Leitura Final	Deformação Específica (%)	Δe	Índice de Vazios e	Observações		
0,2	10,00	0,0000	7,700	7,700	0,000	0,000	0,498			
0,2	10,00	0,0083	7,700	7,470	1,150	0,017	0,471			
0,2	10,00	0,0166	7,470	7,455	1,225	0,018	0,470			
0,2	10,00	0,0333	7,455	7,440	1,300	0,019	0,469			
0,2	10,00	0,0667	7,440	7,425	1,375	0,020	0,468			
0,2	10,00	0,1333	7,425	7,410	1,450	0,022	0,467			
0,2	10,00	0,2500	7,410	7,395	1,525	0,023	0,466			
0,2	10,00	0,5000	7,395	7,385	1,575	0,023	0,465			
0,2	10,00	1,0000	7,385	7,375	1,625	0,024	0,464			
0,2	10,00	2,0000	7,375	7,365	1,675	0,025	0,463			
0,2	10,00	4,0000	7,365	7,350	1,750	0,025	0,463			
0,2	10,00	8,0000	7,360	7,360	1,700	0,025	0,463			
0,2	10,00	24,0000	7,360	7,340	1,800	0,027	0,461			
0,8	40,00	0,0083	7,340	7,200	2,500	0,037	0,451			
0,8	40,00	0,0166	7,200	7,190	2,550	0,038	0,450			
0,8	40,00	0,0333	7,190	7,180	2,600	0,039	0,450			
0,8	40,00	0,0667	7,180	7,175	2,625	0,039	0,449			
0,8	40,00	0,1333	7,175	7,170	2,650	0,039	0,449			
0,8	40,00	0,2500	7,170	7,165	2,675	0,040	0,448			
0,8	40,00	0,5000	7,165	7,160	2,700	0,040	0,448			
0,8	40,00	1,0000	7,160	7,160	2,700	0,040	0,448			
0,8	40,00	2,0000	7,160	7,150	2,750	0,041	0,447			
0,8	40,00	4,0000	7,150	7,150	2,750	0,041	0,447			
0,8	40,00	8,0000	7,150	7,150	2,825	0,043	0,445			
0,8	40,00	24,0000	7,125	7,100	3,000	0,045	0,444			
1,6	80,00	0,0083	7,100	7,085	3,075	0,046	0,442			
1,6	80,00	0,0166	7,085	7,075	3,125	0,047	0,442			
1,6	80,00	0,0333	7,075	7,065	3,175	0,047	0,441			
1,6	80,00	0,0667	7,065	7,055	3,225	0,048	0,440			
1,6	80,00	0,1333	7,055	7,045	3,275	0,049	0,440			
1,6	80,00	0,2500	7,045	7,035	3,325	0,049	0,439			
1,6	80,00	0,5000	7,035	7,025	3,375	0,050	0,438			
1,6	80,00	1,0000	7,025	7,015	3,425	0,051	0,437			
1,6	80,00	2,0000	7,015	7,000	3,500	0,052	0,436			
1,6	80,00	4,0000	7,000	6,985	3,575	0,053	0,435			
1,6	80,00	8,0000	6,985	6,965	3,700	0,055	0,433			
1,6	80,00	24,0000	6,960	6,940	3,800	0,057	0,432			
3,0	150,00	0,0083	6,530	6,530	5,850	0,087	0,401			
3,0	150,00	0,0166	6,530	6,520	5,900	0,088	0,400			
3,0	150,00	0,0333	6,520	6,505	5,975	0,089	0,399			
3,0	150,00	0,0667	6,505	6,490	6,050	0,090	0,398			
3,0	150,00	0,1333	6,490	6,480	6,100	0,091	0,397			
3,0	150,00	0,2500	6,480	6,475	6,125	0,091	0,397			
3,0	150,00	0,5000	6,475	6,465	6,175	0,092	0,396			
3,0	150,00	1,0000	6,465	6,450	6,250	0,093	0,395			
3,0	150,00	2,0000	6,450	6,440	6,300	0,094	0,394			
3,0	150,00	4,0000	6,440	6,435	6,325	0,094	0,394			
3,0	150,00	8,0000	6,435	6,415	6,425	0,096	0,393			
3,0	150,00	24,0000	6,415	6,395	6,525	0,097	0,391			
6,0	300,00	0,0083	6,395	6,280	7,100	0,106	0,383			
6,0	300,00	0,0166	6,280	6,270	7,150	0,106	0,382			
6,0	300,00	0,0333	6,270	6,265	7,175	0,107	0,381			
6,0	300,00	0,0667	6,265	6,255	7,225	0,108	0,381			
6,0	300,00	0,1333	6,255	6,245	7,300	0,109	0,380			
6,0	300,00	0,2500	6,240	6,225	7,375	0,110	0,379			
6,0	300,00	0,5000	6,225	6,210	7,450	0,111	0,377			
6,0	300,00	1,0000	6,210	6,195	7,525	0,112	0,376			
6,0	300,00	2,0000	6,195	6,180	7,600	0,113	0,375			
6,0	300,00	4,0000	6,180	6,100	8,000	0,119	0,368			
6,0	300,00	8,0000	6,100	5,950	8,750	0,130	0,358			
6,0	300,00	24,0000	5,950	5,800	9,500	0,141	0,347			
12,0	600,00	0,0083	5,800	5,510	10,950	0,163	0,325			
12,0	600,00	0,0166	5,510	5,490	11,050	0,164	0,324			
12,0	600,00	0,0333	5,490	5,475	11,125	0,166	0,323			
12,0	600,00	0,0667	5,475	5,460	11,200	0,167	0,322			
12,0	600,00	0,1333	5,460	5,440	11,300	0,168	0,320			
12,0	600,00	0,2500	5,440	5,425	11,375	0,169	0,319			
12,0	600,00	0,5000	5,425	5,410	11,450	0,170	0,318			
12,0	600,00	1,0000	5,410	5,390	11,550	0,172	0,316			
12,0	600,00	2,0000	5,390	5,380	11,600	0,173	0,316			
12,0	600,00	4,0000	5,380	5,355	11,725	0,174	0,314			
12,0	600,00	8,0000	5,355	5,340	11,800	0,176	0,313			
12,0	600,00	24,0000	5,340	5,310	11,950	0,178	0,310			
6,0	300,00	0,0083	5,310	5,470	11,150	0,166	0,322			
6,0	300,00	0,0166	5,470	5,480	11,100	0,165	0,323			
6,0	300,00	0,0333	5,480	5,480	11,100	0,165	0,323			
6,0	300,00	0,0667	5,480	5,490	11,050	0,164	0,324			
6,0	300,00	0,1333	5,490	5,495	11,025	0,164	0,324			
6,0	300,00	0,2500	5,495	5,500	11,000	0,164	0,325			
6,0	300,00	0,5000	5,500	5,505	10,975	0,163	0,325			
6,0	300,00	1,0000	5,505	5,510	10,950	0,163	0,325			
6,0	300,00	2,0000	5,510	5,515	10,925	0,163	0,326			
6,0	300,00	4,0000	5,515	5,515	10,925	0,163	0,326			
6,0	300,00	8,0000	5,515	5,520	10,900	0,162	0,326			
6,0	300,00	24,0000	5,520	5,520	10,900	0,162	0,326			
1,6	80,00	0,0083	5,520	5,990	8,550	0,127	0,361			
1,6	80,00	0,0166	5,990	6,000	8,500	0,127	0,362			
1,6	80,00	0,0333	6,000	6,015	8,425	0,125	0,363			
1,6	80,00	0,0667	6,015	6,030	8,350	0,124	0,364			
1,6	80,00	0,1333	6,030	6,050	8,250	0,123	0,365			
1,6	80,00	0,2500	6,050	6,070	8,150	0,121	0,367			
1,6	80,00	0,5000	6,070	6,060	8,200	0,122	0,366			
1,6	80,00	1,0000	6,060	6,050	8,000	0,119	0,369			
1,6	80,00	2,0000	6,100	6,110	7,950	0,118	0,370			
1,6	80,00	4,0000	6,110	6,120	7,900	0,118	0,371			
1,6	80,00	8,0000	6,120	6,130	7,850	0,117	0,371			
0,2	10,00	24,0000	6,130	6,130	7,750	0,114	0,373			
0,2	10,00	0,0083	6,150	6,350	6,750	0,100	0,358			
0,2	10,00	0,0166	6,350	6,360	6,700	0,100	0,389			
0,2	10,00	0,0333	6,360	6,380	6,600	0,098	0,390			
0,2	10,00	0,0667	6,380	6,390	6,550	0,097	0,391			
0,2	10,00	0,1333	6,390	6,410	6,450	0,096	0,392			
0,2	10,00	0,2500	6,410	6,430	6,350	0,095	0,394			
0,2	10,00	0,5000	6,430	6,450	6,250	0,093	0,395			
0,2	10,00	1,0000	6,450	6,465	6,175	0,092	0,396			
0,2	10,00	2,0000	6,465	6,470	6,150	0,092	0,397			
0,2	10,00	4,0000	6,470	6,480	6,100	0,091	0,397			
0,2	10,00	8,0000	6,480	6,515	5,925	0,088	0,400			
0,2	10,00	24,0000	6,515	6,550	5,750	0,086	0,403			

ANEXO X – Ensaio de compressão confinada com o teor $\chi = 50\%$

Dados da Amostra										
Obra	50%								Data	
Local									Operador	
Amostra									Célula	

Dados Iniciais do Corpo-de-Prova										
Dimensões					Teor de Umidade					
Alt 1 (cm)	2,000	Dia.1 (cm)	5,040							
Alt 2 (cm)	2,000	Dia.2 (cm)	5,040							
Alt 3 (cm)	2,000	Dia.3 (cm)	5,040							
Alt. Média (cm)	2,00	Dia. Médio	5,04							
Anel	110P	P. Anel (g)	34,661	Cápsula	6A	Cápsula	7	Cápsula	B21	
Massa Corpo-de-Prova + Anel (g)				88,87	PC (g)	16,32	PC (g)	16,01	PC (g)	17,40
Massa Espéc. Real (g/cm ³)				1,89	Massa Específica Úmida (g/cm ³)	1,22	Índice de Vazios			0,54
Volume Corpo-de-Prova (cm ³)				39,90	PBU (g)	54,42	PBU (g)	56,61	PBU (g)	48,08
Área (cm ²)				19,95	w1 (%)	11,15	w2 (%)	11,81	w3 (%)	10,96
					PBS (g)	52,32	PBS (g)	52,32	PBS (g)	45,05

Índices Físicos Antes do Ensaio					
Teor de Umidade (%)	11,31	Massa Específica Úmida (g/cm ³)	1,22	Índice de Vazios	0,54
Massa Espec. Real (g/cm ³)	1,89	Umidade de Saturação (%)	28,88	Grau de Saturação (%)	39,16
Porosidade (%)	35,25			Grau de Aeração (%)	60,84

Teor de Umidade Pós-Ensaio					Observações:	
Cap.	PC (g)	PBU (g)	PBS (g)	w	Ensaio não inundado.	
b8	16,35	54,56	52,23	6,49%		

P (kgf)	σ (kPa)	t (h)	Leitura Inicial	Leitura Final	Deformação Específica (%)	Δe	Índice de Vazios e	Observações
0,2	10,00	0,0000	9,000	9,000	0,000	0,000	0,544	
0,2	10,00	0,0083	9,000	8,800	1,000	0,015	0,529	
0,2	10,00	0,0166	8,800	8,780	1,100	0,017	0,527	
0,2	10,00	0,0333	8,780	8,770	1,150	0,018	0,527	
0,2	10,00	0,0667	8,770	8,740	1,250	0,019	0,525	
0,2	10,00	0,1333	8,750	8,730	1,350	0,021	0,524	
0,2	10,00	0,2500	8,730	8,710	1,450	0,022	0,522	
0,2	10,00	0,5000	8,710	8,680	1,600	0,025	0,520	
0,2	10,00	1,0000	8,680	8,660	1,700	0,026	0,518	
0,2	10,00	2,0000	8,660	8,645	1,775	0,027	0,517	
0,2	10,00	4,0000	8,645	8,635	1,825	0,028	0,516	
0,2	10,00	8,0000	8,635	8,600	2,000	0,031	0,513	
0,2	10,00	24,0000	8,600	8,565	2,175	0,034	0,511	
0,8	40,00	0,0083	8,565	8,150	4,230	0,066	0,479	
0,8	40,00	0,0166	8,150	8,110	4,450	0,069	0,476	
0,8	40,00	0,0333	8,110	8,070	4,650	0,072	0,473	
0,8	40,00	0,0667	8,070	8,025	4,875	0,075	0,469	
0,8	40,00	0,1333	8,025	7,980	5,100	0,079	0,466	
0,8	40,00	0,2500	7,980	7,900	5,300	0,082	0,463	
0,8	40,00	0,5000	7,940	7,900	5,500	0,085	0,459	
0,8	40,00	1,0000	7,900	7,860	5,700	0,088	0,456	
0,8	40,00	2,0000	7,860	7,820	5,900	0,091	0,453	
0,8	40,00	4,0000	7,820	7,780	6,100	0,094	0,450	
0,8	40,00	7,7000	7,780	7,700	6,300	0,097	0,447	
0,8	40,00	24,0000	7,740	7,700	6,500	0,100	0,444	
1,6	80,00	0,0083	7,700	7,555	7,225	0,112	0,433	
1,6	80,00	0,0166	7,555	7,535	7,325	0,113	0,431	
1,6	80,00	0,0333	7,535	7,530	7,350	0,114	0,431	
1,6	80,00	0,0667	7,530	7,520	7,400	0,114	0,430	
1,6	80,00	0,1333	7,520	7,515	7,425	0,115	0,430	
1,6	80,00	0,2500	7,515	7,405	7,975	0,123	0,421	
1,6	80,00	0,5000	7,405	7,400	8,000	0,124	0,421	
1,6	80,00	1,0000	7,400	7,390	8,050	0,124	0,420	
1,6	80,00	2,0000	7,390	7,370	8,150	0,126	0,419	
1,6	80,00	4,0000	7,370	7,350	8,250	0,127	0,417	
1,6	80,00	8,0000	7,350	7,320	8,400	0,130	0,415	
1,6	80,00	24,0000	7,320	7,280	8,600	0,133	0,412	
3,0	150,00	0,0083	7,280	6,670	11,610	0,180	0,362	
3,0	150,00	0,0166	6,670	6,640	11,800	0,182	0,362	
3,0	150,00	0,0333	6,640	6,580	12,100	0,187	0,358	
3,0	150,00	0,0667	6,580	6,544	12,280	0,190	0,355	
3,0	150,00	0,1333	6,544	6,504	12,475	0,193	0,352	
3,0	150,00	0,2500	6,500	6,465	12,675	0,196	0,349	
3,0	150,00	0,5000	6,465	6,420	12,900	0,199	0,345	
3,0	150,00	1,0000	6,420	6,370	13,150	0,203	0,341	
3,0	150,00	2,0000	6,370	6,320	13,400	0,207	0,337	
3,0	150,00	4,0000	6,320	6,270	13,650	0,211	0,334	
3,0	150,00	8,0000	6,270	6,220	13,900	0,215	0,330	
3,0	150,00	24,0000	6,220	6,170	14,150	0,219	0,326	
6,0	300,00	0,0083	6,170	5,480	17,600	0,272	0,273	
6,0	300,00	0,0166	5,480	5,425	17,875	0,276	0,268	
6,0	300,00	0,0333	5,425	5,360	18,200	0,281	0,264	
6,0	300,00	0,0667	5,360	5,310	18,450	0,285	0,259	
6,0	300,00	0,1333	5,310	5,285	18,575	0,287	0,258	
6,0	300,00	0,2500	5,285	5,260	18,700	0,289	0,256	
6,0	300,00	0,5000	5,260	5,235	18,825	0,291	0,254	
6,0	300,00	1,0000	5,235	5,210	18,950	0,293	0,252	
6,0	300,00	2,0000	5,210	5,190	19,050	0,294	0,250	
6,0	300,00	4,0000	5,190	5,170	19,150	0,296	0,249	
6,0	300,00	8,0000	5,170	5,140	19,300	0,298	0,246	
6,0	300,00	24,0000	5,140	5,090	19,500	0,302	0,242	
12,0	600,00	0,0083	5,090	4,420	22,900	0,354	0,191	
12,0	600,00	0,0166	4,420	4,390	23,050	0,356	0,188	
12,0	600,00	0,0333	4,390	4,360	23,200	0,358	0,186	
12,0	600,00	0,0667	4,360	4,330	23,350	0,361	0,184	
12,0	600,00	0,1333	4,330	4,300	23,500	0,363	0,181	
12,0	600,00	0,2500	4,300	4,270	23,650	0,365	0,179	
12,0	600,00	0,5000	4,270	4,250	23,750	0,367	0,178	
12,0	600,00	1,0000	4,250	4,220	23,900	0,369	0,175	
12,0	600,00	2,0000	4,220	4,190	24,050	0,371	0,173	
12,0	600,00	4,0000	4,190	4,160	24,200	0,374	0,171	
12,0	600,00	8,0000	4,160	4,100	24,500	0,378	0,166	
12,0	600,00	24,0000	4,100	4,020	24,900	0,385	0,160	
6,0	300,00	0,0083	4,020	4,230	23,850	0,368	0,176	
6,0	300,00	0,0166	4,230	4,240	23,800	0,368	0,177	
6,0	300,00	0,0333	4,240	4,250	23,750	0,367	0,178	
6,0	300,00	0,0667	4,250	4,260	23,700	0,366	0,178	
6,0	300,00	0,1333	4,260	4,270	23,650	0,365	0,179	
6,0	300,00	0,2500	4,270	4,285	23,575	0,364	0,180	
6,0	300,00	0,5000	4,285	4,300	23,500	0,363	0,181	
6,0	300,00	1,0000	4,300	4,315	23,425	0,362	0,183	
6,0	300,00	2,0000	4,315	4,330	23,350	0,361	0,184	
6,0	300,00	4,0000	4,330	4,340	23,300	0,360	0,185	
6,0	300,00	8,0000	4,340	4,345	23,275	0,359	0,185	
6,0	300,00	24,0000	4,345	4,350	23,250	0,359	0,185	
1,6	80,00	0,0083	4,350	5,050	19,750	0,305	0,239	
1,6	80,00	0,0166	5,050	5,060	19,700	0,304	0,240	
1,6	80,00	0,0333	5,060	5,065	19,675	0,304	0,241	
1,6	80,00	0,0667	5,065	5,065	19,650	0,303	0,241	
1,6	80,00	0,1333	5,070	5,080	19,600	0,303	0,242	
1,6	80,00	0,2500	5,080	5,090	19,550	0,302	0,242	
1,6	80,00	0,5000	5,090	5,100	19,500	0,301	0,243	
1,6	80,00	1,0000	5,100	5,110	19,450	0,300	0,244	
1,6	80,00	2,0000	5,110	5,120	19,400	0,300	0,245	
1,6	80,00	4,0000	5,120	5,135	19,325	0,298	0,246	
1,6	80,00	8,0000	5,135	5,150	19,250	0,297	0,247	
1,6	80,00	24,0000	5,150	5,170	19,150	0,296	0,249	
0,2	10,00	0,0083	5,170	5,820	15,900	0,246	0,329	
0,2	10,00	0,0166	5,820	5,830	15,850	0,245	0,300	
0,2	10,00	0,0333	5,830	5,840	15,800	0,244	0,300	
0,2	10,00	0,0667	5,840	5,855	15,725	0,243	0,302	
0,2	10,00	0,1333	5,855	5,870	15,650	0,242	0,303	
0,2	10,00	0,2500	5,870	5,885	15,575	0,241	0,304	
0,2	10,00	0,5000	5,885	5,900	15,500	0,239	0,305	
0,2	10,00	1,0000	5,900	5,920	15,400	0,238	0,307	
0,2	10,00	2,0000	5,920	5,935	15,325	0,237	0,308	
0,2	10,00	4,0000	5,935	5,950	15,250	0,236	0,309	
0,2	10,00	8,0000	5,950	5,975	15,175	0,235	0,310	
0,2	10,00	24,0000	5,975	5,975	15,125	0,234	0,311	

ANEXO Z – Ensaio de compressão confinada com o teor $\chi = 100\%$

Dados da Amostra									
Obra									Data
Local								Operador	
Amostra									Célula
Dados Iniciais do Corpo-de-Prova									
Dimensões				Teor de Umidade					
Alt 1 (cm)	1,990	Dia.1 (cm)	5,040						
Alt 2 (cm)	1,990	Dia.2 (cm)	5,040						
Alt 3 (cm)	1,990	Dia.3 (cm)	5,040						
Alt. Média (cm)	1,99	Dia. Médio	5,04						
Anel	106P	P. Anel (g)	34,419	Cápsula	2A	Cápsula	AM27	Cápsula	106
Massa Corpo-de-Prova + Anel (g)	69,22	PC (g)	17,40	PC (g)	16,86	PC (g)	16,91	PC (g)	16,91
Massa Corpo-de-Prova (g)	34,80	PBU (g)	46,56	PBU (g)	40,79	PBU (g)	41,76	PBU (g)	41,76
Volume Corpo-de-Prova (cm ³)	35,68	PBS (g)	41,19	PBS (g)	36,19	PBS (g)	37,36	PBS (g)	37,36
Área (cm ²)	19,95	w1 (%)	21,05	w2 (%)	23,80	w3 (%)	21,52	w3 (%)	21,52
Índices Físicos Antes do Ensaio									
Teor de Umidade (%)	22,12	Massa Específica Úmida (g/cm ³)	0,88	Índice de Vazios	0,55				
Massa Espec. Real (g/cm ³)	1,12	Massa Específica Seca (g/cm ³)	0,72	Grau de Saturação (%)	44,50				
Porosidade (%)	35,68	Umidade de Saturação (%)	49,71	Grau de Aeração (%)	55,80				
Teor de Umidade Pós-Ensaio					Observações:				
Cap.	PC (g)	PBU (g)	PBS (g)	w					
9	32,02	66,06	64,03	6,34%					
P (kgf)	σ (kPa)	t (h)	Leitura Inicial	Leitura Final	Deformação Específica (%)	Δe	Índice de Vazios e	Observações	
0,2	10,00	0,0003	9,000	8,800	0,000	0,000	0,555		
0,2	10,00	0,0083	8,800	8,100	0,054	0,054	0,500		
0,2	10,00	0,0166	8,100	9,060	-1,300	-0,020	0,575		
0,2	10,00	0,0333	9,060	8,015	3,925	0,061	0,494		
0,2	10,00	0,0667	8,015	7,970	4,150	0,065	0,490		
0,2	10,00	0,1333	7,970	7,920	4,400	0,068	0,486		
0,2	10,00	0,2500	7,920	7,845	4,775	0,074	0,481		
0,2	10,00	0,5000	7,845	7,800	5,000	0,078	0,477		
0,2	10,00	1,0000	7,800	7,740	5,300	0,082	0,472		
0,2	10,00	2,0000	7,740	7,700	5,500	0,086	0,469		
0,2	10,00	4,0000	7,700	7,600	6,000	0,093	0,461		
0,2	10,00	8,0000	7,600	7,500	6,750	0,105	0,450		
0,2	10,00	24,0000	7,450	7,340	7,300	0,113	0,441		
0,8	40,00	0,0083	7,340	6,150	13,250	0,206	0,349		
0,8	40,00	0,0166	6,150	6,020	13,900	0,216	0,339		
0,8	40,00	0,0333	6,020	5,960	14,200	0,221	0,334		
0,8	40,00	0,0667	5,960	5,910	14,450	0,225	0,330		
0,8	40,00	0,1333	5,910	5,870	14,650	0,228	0,327		
0,8	40,00	0,2500	5,870	5,830	14,850	0,231	0,324		
0,8	40,00	0,5000	5,830	5,790	15,050	0,234	0,321		
0,8	40,00	1,0000	5,790	5,750	15,250	0,237	0,318		
0,8	40,00	2,0000	5,750	5,710	15,450	0,240	0,315		
0,8	40,00	4,0000	5,710	5,650	15,750	0,245	0,310		
0,8	40,00	8,0000	5,650	5,450	16,750	0,260	0,294		
0,8	40,00	24,0000	5,450	5,300	17,500	0,272	0,283		
1,6	80,00	0,0083	5,300	4,980	19,100	0,267	0,258		
1,6	80,00	0,0166	4,980	4,850	19,750	0,307	0,248		
1,6	80,00	0,0333	4,850	4,740	20,300	0,316	0,239		
1,6	80,00	0,0667	4,740	4,630	20,850	0,324	0,231		
1,6	80,00	0,1333	4,630	4,570	21,150	0,329	0,226		
1,6	80,00	0,2500	4,570	4,500	21,500	0,334	0,220		
1,6	80,00	0,5000	4,500	4,460	21,700	0,337	0,217		
1,6	80,00	1,0000	4,460	4,420	21,900	0,340	0,214		
1,6	80,00	2,0000	4,420	4,400	22,000	0,342	0,213		
1,6	80,00	4,0000	4,400	4,380	22,100	0,344	0,211		
1,6	80,00	8,0000	4,380	4,360	22,200	0,346	0,210		
1,6	80,00	24,0000	4,360	4,320	22,400	0,348	0,206		
3,0	150,00	0,0083	4,320	4,110	23,450	0,365	0,190		
3,0	150,00	0,0166	4,110	4,030	23,850	0,371	0,184		
3,0	150,00	0,0333	4,030	3,970	24,150	0,375	0,179		
3,0	150,00	0,0667	3,970	3,930	24,350	0,378	0,178		
3,0	150,00	0,1333	3,930	3,810	24,950	0,388	0,167		
3,0	150,00	0,2500	3,810	3,780	25,100	0,390	0,165		
3,0	150,00	0,5000	3,780	3,760	25,200	0,392	0,163		
3,0	150,00	1,0000	3,760	3,735	25,325	0,394	0,161		
3,0	150,00	2,0000	3,735	3,715	25,425	0,395	0,159		
3,0	150,00	4,0000	3,715	3,690	25,550	0,397	0,158		
3,0	150,00	8,0000	3,690	3,520	26,400	0,410	0,144		
3,0	150,00	24,0000	3,520	3,400	27,000	0,420	0,135		
6,0	300,00	0,0083	3,400	3,260	27,700	0,431	0,124		
6,0	300,00	0,0166	3,260	3,205	27,975	0,435	0,120		
6,0	300,00	0,0333	3,205	3,150	28,250	0,439	0,116		
6,0	300,00	0,0667	3,150	3,100	28,500	0,443	0,112		
6,0	300,00	0,1333	3,100	3,040	28,800	0,448	0,107		
6,0	300,00	0,2500	3,040	3,000	29,000	0,451	0,104		
6,0	300,00	0,5000	3,000	2,950	29,250	0,455	0,100		
6,0	300,00	1,0000	2,950	2,900	29,500	0,459	0,096		
6,0	300,00	2,0000	2,900	2,840	29,800	0,463	0,091		
6,0	300,00	4,0000	2,840	2,800	30,000	0,466	0,088		
6,0	300,00	8,0000	2,800	2,655	30,725	0,478	0,077		
6,0	300,00	24,0000	2,655	2,500	31,300	0,494	0,065		
12,0	600,00	0,0083	2,500	2,480	31,600	0,491	0,063		
12,0	600,00	0,0166	2,480	2,380	32,100	0,499	0,056		
12,0	600,00	0,0333	2,380	2,320	32,400	0,504	0,051		
12,0	600,00	0,0667	2,320	2,250	32,750	0,509	0,046		
12,0	600,00	0,1333	2,250	2,095	33,000	0,513	0,043		
12,0	600,00	0,2500	2,200	2,150	33,250	0,517	0,038		
12,0	600,00	0,5000	2,150	2,100	33,500	0,521	0,034		
12,0	600,00	1,0000	2,100	2,060	33,700	0,524	0,031		
12,0	600,00	2,0000	2,060	2,020	33,900	0,527	0,028		
12,0	600,00	4,0000	2,020	1,970	34,150	0,531	0,024		
12,0	600,00	8,0000	1,970	1,890	34,550	0,537	0,018		
12,0	600,00	24,0000	1,890	1,790	35,050	0,545	0,010		
6,0	300,00	0,0083	1,790	1,860	34,700	0,540	0,015		
6,0	300,00	0,0166	1,860	1,930	34,350	0,534	0,021		
6,0	300,00	0,0333	1,930	1,980	34,100	0,530	0,025		
6,0	300,00	0,0667	1,980	2,020	33,900	0,527	0,028		
6,0	300,00	0,1333	2,020	2,050	33,750	0,525	0,030		
6,0	300,00	0,2500	2,050	2,070	33,650	0,523	0,032		
6,0	300,00	0,5000	2,070	2,085	33,575	0,522	0,033		
6,0	300,00	1,0000	2,085	2,100	33,500	0,521	0,034		
6,0	300,00	2,0000	2,100	2,115	33,425	0,520	0,035		
6,0	300,00	4,0000	2,115	2,135	33,325	0,518	0,037		
6,0	300,00	8,0000	2,135	2,155	33,225	0,517	0,038		
6,0	300,00	24,0000	2,155	2,075	33,125	0,515	0,040		
1,6	80,00	0,0083	2,075	3,090	28,350	0,441	0,114		
1,6	80,00	0,0166	3,090	3,130	28,350	0,441	0,114		
1,6	80,00	0,0333	3,130	3,170	28,150	0,438	0,117		
1,6	80,00	0,0667	3,170	3,205	27,975	0,435	0,120		
1,6	80,00	0,1333	3,205	3,245	27,775	0,432	0,123		
1,6	80,00	0,2500	3,245	3,280	27,600	0,429	0,126		
1,6	80,00	0,5000	3,280	3,320	27,400	0,426	0,129		
1,6	80,00	1,0000	4,040	3,350	27,250	0,424	0,131		
1,6	80,00	2,0000	3,350	3,400	27,000	0,420	0,135		
1,6	80,00	4,0000	3,400	3,440	26,800	0,417	0,138		
1,6	80,00	8,0000	3,440	3,615	26,525	0,403	0,152		
1,6	80,00	24,0000	3,615	3,650	25,750	0,400	0,154		
0,2	10,00	0,0083	3,650	4,750	20,250	0,315	0,240		
0,2	10,00	0,0166	4,750	4,810	19,950	0,310	0,245		
0,2	10,00	0,0333	4,810	4,900	19,500	0,303	0,252		
0,2	10,00	0,0667	4,900	4,970	19,150	0,298	0,257		
0,2	10,00	0,1333	4,970	5,030	18,850	0,293	0,262		
0,2	10,00	0,2500	5,030	5,110	18,450	0,287	0,268		
0,2	10,00	0,5000	5,110	5,180	18,100	0,281	0,273		
0,2	10,00	1,0000	5,180	5,250	17,750	0,276	0,279		
0,2	10,00	2,0000	5,250	5,330	17,350	0,270	0,285		
0,2	10,00	4,0000	5,330	5,450	16,750	0,260	0,294		
0,2	10,00	8,0000	5,450	5,540	16,300	0,253	0,301		
0,2	10,00	24,0000	5,540	5,750	15,250	0,237	0,318		

ANEXO AA – Ensaio de cisalhamento direto com o teor $\chi = 0\%$

Tabela - Tensão Normal 50kPa

Leitura nos Extensômetros			Desloc. Horizontal (mm)	Desloc. Vertical (mm)	ε (%)	Carga (kgf)	τ (kPa)	$\Delta V_i/V_0$ (%)
H	V	Anel						
0	72	0	0,00	0,00	0,00%	1,45	5,14	0,00%
10	73	20	0,06	0,02	0,10%	2,54	8,97	0,05%
20	74	34	0,13	0,02	0,22%	3,69	13,06	0,07%
31	74	50	0,21	0,03	0,35%	4,55	16,09	0,08%
40	75	61	0,28	0,03	0,46%	5,52	19,52	0,10%
50	75	74	0,35	0,03	0,59%	6,49	22,95	0,10%
60	75	87	0,43	0,03	0,71%	8,06	28,50	0,10%
75	75	108	0,53	0,03	0,89%	8,73	30,87	0,10%
85	74	117	0,62	0,03	1,03%	9,10	32,19	0,08%
92	74	122	0,68	0,03	1,13%	9,47	33,51	0,08%
100	74	127	0,75	0,02	1,24%	9,92	35,09	0,07%
110	73	133	0,83	0,01	1,39%	10,29	36,41	0,03%
120	72	138	0,92	0,00	1,54%	10,52	37,20	0,00%
130	71	141	1,02	-0,01	1,70%	10,67	37,73	-0,03%
140	70	143	1,11	-0,02	1,86%	10,78	38,13	-0,07%
150	69	145	1,21	-0,03	2,02%	10,78	38,13	-0,10%
165	67	145	1,36	-0,04	2,27%	10,78	38,13	-0,15%
170	67	145	1,41	-0,05	2,35%	10,78	38,13	-0,17%
182	65	145	1,53	-0,06	2,55%	10,78	38,13	-0,22%
190	64	145	1,61	-0,08	2,69%	10,67	37,73	-0,25%
200	62	143	1,71	-0,10	2,86%	10,63	37,60	-0,32%
212	62	143	1,84	-0,10	3,06%	10,56	37,33	-0,33%
220	61	142	1,92	-0,11	3,20%	10,48	37,08	-0,37%
232	60	141	2,04	-0,12	3,40%	10,44	36,94	-0,40%
240	59	140	2,12	-0,13	3,53%	10,41	36,81	-0,42%
250	59	140	2,22	-0,13	3,70%	10,33	36,54	-0,42%
263	58	139	2,35	-0,14	3,92%	10,26	36,28	-0,45%
270	58	138	2,43	-0,14	4,04%	10,29	36,41	-0,47%
280	57	138	2,52	-0,15	4,21%	10,29	36,41	-0,48%
290	57	138	2,62	-0,15	4,37%	10,33	36,54	-0,50%
300	57	139	2,72	-0,15	4,54%	10,33	36,54	-0,50%
310	56	140	2,82	-0,16	4,70%	10,44	36,94	-0,52%
320	56	143	2,91	-0,16	4,86%	10,67	37,73	-0,53%
330	56	147	3,01	-0,16	5,01%	10,97	38,78	-0,53%
340	55	148	3,10	-0,17	5,17%	11,04	39,05	-0,55%
350	55	144	3,21	-0,17	5,35%	10,74	37,99	-0,55%
360	55	137	3,33	-0,17	5,54%	10,22	36,15	-0,57%
370	54	132	3,44	-0,18	5,73%	9,85	34,83	-0,58%
380	54	130	3,54	-0,18	5,90%	9,70	34,30	-0,58%
390	54	129	3,64	-0,18	6,07%	9,62	34,04	-0,60%
400	54	129	3,74	-0,18	6,24%	9,59	33,90	-0,60%
410	54	129	3,84	-0,18	6,40%	9,62	34,04	-0,60%
420	54	129	3,94	-0,18	6,57%	9,62	34,04	-0,60%
430	53	129	4,04	-0,19	6,74%	9,59	33,90	-0,62%
440	53	128	4,14	-0,19	6,91%	9,55	33,77	-0,62%
450	53	127	4,25	-0,19	7,08%	9,47	33,51	-0,62%
460	53	127	4,35	-0,19	7,24%	9,47	33,51	-0,62%
470	53	127	4,45	-0,19	7,41%	9,47	33,51	-0,62%
480	53	127	4,55	-0,19	7,58%	9,47	33,51	-0,62%
490	53	127	4,65	-0,19	7,74%	9,47	33,51	-0,62%
500	53	127	4,75	-0,19	7,91%	9,47	33,51	-0,62%
510	53	128	4,85	-0,19	8,08%	9,51	33,64	-0,62%
520	53	128	4,95	-0,19	8,24%	9,51	33,64	-0,62%
530	53	128	5,05	-0,19	8,41%	9,51	33,64	-0,63%

Tabela - Tensão Normal 100kPa

Leitura nos Extensômetros			Desloc. Horizontal	Desloc. Vertical	ε (%)	Carga (kgf)	τ (kPa)	$\Delta V_i/V_0$ (%)
H	V	Anel	(mm)	(mm)				
0	36	0	0,00	0,00	0,00%	1,42	5,01	0,00%
10	38	19	0,06	0,02	0,10%	3,13	11,08	0,07%
20	40	42	0,12	0,04	0,19%	4,70	16,62	0,12%
31	40	63	0,18	0,04	0,31%	5,89	20,84	0,13%
40	41	79	0,24	0,05	0,40%	6,86	24,27	0,17%
50	41	92	0,32	0,05	0,53%	7,83	27,70	0,17%
60	42	105	0,39	0,06	0,65%	9,33	32,98	0,20%
75	43	125	0,50	0,07	0,83%	10,67	37,73	0,23%
85	43	143	0,56	0,07	0,94%	12,16	43,01	0,23%
92	44	163	0,59	0,08	0,99%	13,65	48,28	0,25%
100	44	183	0,63	0,08	1,06%	15,07	53,30	0,25%
110	44	202	0,70	0,08	1,16%	15,67	55,41	0,25%
120	44	210	0,78	0,08	1,30%	16,04	56,73	0,25%
130	43	215	0,87	0,07	1,45%	16,71	59,10	0,23%
140	42	224	0,95	0,06	1,59%	17,23	60,95	0,20%
150	42	231	1,04	0,06	1,73%	17,57	62,14	0,20%
165	41	236	1,18	0,05	1,97%	17,83	63,06	0,17%
170	40	239	1,22	0,04	2,04%	18,02	63,72	0,13%
182	40	242	1,34	0,04	2,23%	18,13	64,11	0,12%
190	39	243	1,41	0,03	2,36%	18,13	64,11	0,08%
200	38	243	1,51	0,02	2,52%	18,05	63,85	0,07%
212	37	242	1,64	0,01	2,73%	17,75	62,79	0,03%
220	36	238	1,72	0,00	2,87%	17,46	61,74	0,00%
232	35	234	1,85	-0,01	3,09%	17,08	60,42	-0,03%
240	34	229	1,94	-0,02	3,24%	16,79	59,36	-0,07%
250	33	225	2,05	-0,03	3,42%	16,49	58,31	-0,10%
263	32	221	2,19	-0,04	3,65%	16,26	57,52	-0,13%
270	32	218	2,26	-0,04	3,77%	16,11	56,99	-0,13%
280	31	216	2,37	-0,05	3,95%	15,96	56,46	-0,17%
290	31	214	2,47	-0,05	4,12%	15,82	55,93	-0,17%
300	31	212	2,58	-0,05	4,29%	15,82	55,93	-0,17%
310	30	211	2,68	-0,06	4,46%	15,74	55,67	-0,20%
320	30	211	2,78	-0,06	4,63%	15,74	55,67	-0,20%
330	30	211	2,88	-0,06	4,80%	15,74	55,67	-0,20%
340	29	211	2,98	-0,07	4,96%	15,74	55,67	-0,23%
350	29	211	3,08	-0,07	5,13%	15,74	55,67	-0,23%
360	29	211	3,18	-0,07	5,30%	15,74	55,67	-0,23%
370	29	211	3,28	-0,07	5,46%	15,74	55,67	-0,23%
380	29	211	3,38	-0,07	5,63%	15,74	55,67	-0,23%
390	29	211	3,48	-0,07	5,80%	15,74	55,67	-0,23%
400	29	211	3,58	-0,07	5,96%	15,74	55,67	-0,23%
410	29	211	3,68	-0,07	6,13%	15,74	55,67	-0,23%
420	29	212	3,78	-0,07	6,29%	15,82	55,93	-0,23%
430	29	213	3,87	-0,07	6,46%	15,89	56,20	-0,23%
440	29	213	3,97	-0,07	6,62%	15,89	56,20	-0,23%

Tabela - Tensão Normal 200kPa

Leitura nos Extensômetros			Desloc. Horizontal (mm)	Desloc. Vertical (mm)	ϵ (%)	Carga (kgf)	τ (kPa)	$\Delta V_i/V_0$ (%)
H	V	Anel						
0	74	0	0,00	0,00	0,00%	3,21	11,35	0,00%
10	75	43	0,01	0,01	0,02%	5,74	20,32	0,03%
20	75	77	0,05	0,01	0,08%	8,06	28,50	0,03%
31	77	108	0,09	0,03	0,16%	9,92	35,09	0,10%
40	78	133	0,13	0,04	0,22%	11,04	39,05	0,13%
50	79	148	0,20	0,05	0,34%	13,13	46,44	0,17%
60	80	176	0,25	0,06	0,41%	14,85	52,50	0,20%
75	81	199	0,35	0,07	0,59%	15,82	55,93	0,23%
85	82	212	0,43	0,08	0,71%	17,23	60,95	0,27%
92	83	231	0,46	0,09	0,76%	18,50	65,43	0,30%
100	84	248	0,50	0,10	0,84%	19,92	70,45	0,33%
110	84	267	0,57	0,10	0,94%	21,26	75,20	0,33%
120	85	285	0,63	0,11	1,05%	22,90	81,00	0,37%
130	86	307	0,69	0,12	1,14%	24,54	86,80	0,40%
140	86	329	0,74	0,12	1,24%	25,89	91,55	0,40%
150	87	347	0,81	0,13	1,34%	27,23	96,30	0,43%
165	87	365	0,92	0,13	1,53%	28,42	100,52	0,43%
170	87	381	0,94	0,13	1,56%	29,54	104,48	0,43%
182	88	396	1,03	0,14	1,71%	30,66	108,44	0,47%
190	89	411	1,08	0,15	1,80%	31,48	111,34	0,50%
200	89	422	1,16	0,15	1,93%	32,23	113,98	0,50%
212	89	432	1,26	0,15	2,09%	32,97	116,62	0,50%
220	90	442	1,32	0,16	2,19%	33,35	117,94	0,53%
232	91	447	1,43	0,17	2,38%	33,94	120,05	0,57%
240	90	455	1,49	0,16	2,48%	34,47	121,90	0,53%
250	90	462	1,58	0,16	2,63%	34,84	123,21	0,53%
263	90	467	1,70	0,16	2,83%	34,91	123,48	0,53%
270	91	468	1,76	0,17	2,94%	35,21	124,53	0,57%
280	91	472	1,86	0,17	3,09%	35,44	125,33	0,57%
290	91	475	1,95	0,17	3,25%	35,58	125,85	0,57%
300	91	477	2,05	0,17	3,41%	35,58	125,85	0,57%
310	91	478	2,14	0,17	3,57%	35,66	126,12	0,57%
320	91	478	2,24	0,17	3,74%	35,66	126,12	0,57%
330	91	478	2,34	0,17	3,91%	35,66	126,12	0,57%
340	91	478	2,44	0,17	4,07%	35,66	126,12	0,57%
350	91	478	2,54	0,17	4,24%	35,66	126,12	0,57%
360	91	478	2,64	0,17	4,41%	35,66	126,12	0,57%
370	91	478	2,74	0,17	4,57%	35,66	126,12	0,57%
380	91	478	2,84	0,17	4,74%	35,66	126,12	0,57%
390	91	477	2,95	0,17	4,91%	35,58	125,85	0,57%
400	91	476	3,05	0,17	5,08%	35,51	125,59	0,57%
410	91	476	3,15	0,17	5,25%	35,51	125,59	0,57%

ANEXO AB – Ensaio de cisalhamento direto com o teor $\chi = 10\%$

Tabela - Tensão Normal 50kPa

Leitura nos Extensômetros			Desloc. Horizontal (mm)	Desloc. Vertical (mm)	ϵ (%)	Carga (kgf)	τ (kPa)	$\Delta V_i/V_0$ (%)
H	V	Anel						
0	75	0	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
10	75	7	0,09	0,00	0,15%	0,48	1,74	0,00%
20	76	16	0,17	0,01	0,28%	1,19	4,28	0,03%
30	76	27	0,25	0,01	0,41%	2,01	7,22	0,03%
40	76	36	0,33	0,01	0,55%	2,69	9,63	0,03%
50	77	45	0,41	0,02	0,69%	3,36	12,03	0,06%
60	77	57	0,49	0,02	0,82%	4,25	15,24	0,06%
70	77	66	0,57	0,02	0,95%	4,92	17,65	0,06%
80	76	76	0,65	0,01	1,09%	5,67	20,32	0,03%
90	76	86	0,73	0,01	1,22%	6,42	23,00	0,03%
100	75	96	0,81	0,00	1,36%	7,16	25,67	0,00%
110	74	105	0,89	-0,01	1,49%	7,83	28,08	-0,03%
120	72	114	0,97	-0,03	1,63%	8,50	30,48	-0,09%
130	70	123	1,05	-0,05	1,77%	9,18	32,89	-0,16%
140	67	131	1,14	-0,08	1,91%	9,77	35,03	-0,25%
150	63	132	1,24	-0,12	2,07%	9,85	35,30	-0,38%
160	60	133	1,33	-0,15	2,24%	9,92	35,56	-0,47%
170	56	139	1,42	-0,19	2,39%	10,37	37,17	-0,60%
180	54	145	1,51	-0,21	2,53%	10,82	38,77	-0,66%
190	52	149	1,60	-0,23	2,69%	11,12	39,84	-0,73%
200	50	154	1,69	-0,25	2,84%	11,49	41,18	-0,79%
210	48	156	1,79	-0,27	3,00%	11,64	41,71	-0,85%
220	46	157	1,89	-0,29	3,16%	11,71	41,98	-0,92%
230	45	157	1,99	-0,30	3,33%	11,71	41,98	-0,95%
240	44	157	2,09	-0,31	3,50%	11,71	41,98	-0,98%
250	41	157	2,19	-0,34	3,67%	11,71	41,98	-1,08%
260	40	157	2,29	-0,35	3,84%	11,71	41,98	-1,11%
270	39	156	2,39	-0,36	4,01%	11,64	41,71	-1,14%
280	37	156	2,49	-0,38	4,17%	11,64	41,71	-1,20%
290	36	156	2,59	-0,39	4,34%	11,64	41,71	-1,23%
300	35	155	2,69	-0,40	4,51%	11,56	41,45	-1,27%
310	34	154	2,79	-0,41	4,68%	11,49	41,18	-1,30%
320	33	154	2,89	-0,42	4,85%	11,49	41,18	-1,33%
330	31	153	2,99	-0,44	5,02%	11,41	40,91	-1,39%
340	30	152	3,10	-0,45	5,19%	11,34	40,64	-1,42%
350	28	151	3,20	-0,47	5,37%	11,26	40,38	-1,49%
360	26	150	3,30	-0,49	5,54%	11,19	40,11	-1,55%
370	25	150	3,40	-0,50	5,70%	11,19	40,11	-1,58%
380	24	149	3,50	-0,51	5,88%	11,12	39,84	-1,61%
390	23	148	3,60	-0,52	6,05%	11,04	39,57	-1,65%
400	22	147	3,71	-0,53	6,22%	10,97	39,31	-1,68%
410	21	146	3,81	-0,54	6,39%	10,89	39,04	-1,71%
420	20	145	3,91	-0,55	6,56%	10,82	38,77	-1,74%
430	19	144	4,01	-0,56	6,73%	10,74	38,51	-1,77%
440	17	142	4,12	-0,58	6,91%	10,59	37,97	-1,84%
450	16	141	4,22	-0,59	7,08%	10,52	37,70	-1,87%
460	15	136	4,33	-0,60	7,26%	10,15	36,37	-1,90%
470	14	136	4,43	-0,61	7,43%	10,15	36,37	-1,93%
480	13	136	4,53	-0,62	7,60%	10,15	36,37	-1,96%
490	12	135	4,63	-0,63	7,77%	10,07	36,10	-1,99%
500	11	135	4,73	-0,64	7,94%	10,07	36,10	-2,03%
510	10	134	4,83	-0,65	8,11%	10,00	35,83	-2,06%
520	9	131	4,94	-0,66	8,29%	9,77	35,03	-2,09%
530	8	131	5,04	-0,67	8,45%	9,77	35,03	-2,12%
540	7	130	5,14	-0,68	8,62%	9,70	34,76	-2,15%
550	5	130	5,24	-0,70	8,79%	9,70	34,76	-2,22%
560	4	130	5,34	-0,71	8,96%	9,70	34,76	-2,25%
570	3	130	5,44	-0,72	9,13%	9,70	34,76	-2,28%
580	2	130	5,54	-0,73	9,30%	9,70	34,76	-2,31%
590	1	130	5,64	-0,74	9,46%	9,70	34,76	-2,34%
600	1	130	5,74	-0,74	9,63%	9,70	34,76	-2,34%
610	0	130	5,84	-0,75	9,80%	9,70	34,76	-2,37%
620	-1	130	5,94	-0,76	9,97%	9,70	34,76	-2,41%
630	-1	130	6,04	-0,76	10,13%	9,70	34,76	-2,41%

Tabela - Tensão Normal 100kPa

Leitura nos Extensômetros			Desloc. Horizontal (mm)	Desloc. Vertical (mm)	ε (%)	Carga (kgf)	τ (kPa)	$\Delta V_i/V_0$ (%)
H	V	Anel						
0	111	0	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
10	112	43	0,01	0,01	0,02%	3,21	11,50	0,03%
20	112	74	0,05	0,01	0,09%	5,52	19,79	0,03%
30	113	98	0,10	0,02	0,17%	7,31	26,20	0,06%
40	114	118	0,16	0,03	0,28%	8,80	31,55	0,09%
50	114	133	0,23	0,03	0,39%	9,92	35,56	0,09%
60	115	149	0,30	0,04	0,51%	11,12	39,84	0,13%
70	116	169	0,36	0,05	0,61%	12,61	45,19	0,16%
80	116	185	0,43	0,05	0,72%	13,80	49,47	0,16%
90	117	202	0,50	0,06	0,83%	15,07	54,01	0,19%
100	118	217	0,57	0,07	0,95%	16,19	58,03	0,22%
110	119	231	0,64	0,08	1,07%	17,23	61,77	0,25%
120	120	232	0,74	0,09	1,23%	17,31	62,04	0,28%
130	121	243	0,81	0,10	1,37%	18,13	64,98	0,32%
140	121	250	0,90	0,10	1,51%	18,65	66,85	0,32%
150	121	259	0,98	0,10	1,65%	19,32	69,26	0,32%
160	120	267	1,07	0,09	1,79%	19,92	71,39	0,28%
170	120	275	1,15	0,09	1,93%	20,52	73,53	0,28%
180	119	282	1,24	0,08	2,07%	21,04	75,41	0,25%
190	119	290	1,32	0,08	2,21%	21,63	77,55	0,25%
200	118	294	1,41	0,07	2,37%	21,93	78,61	0,22%
210	117	296	1,51	0,06	2,53%	22,08	79,15	0,19%
220	115	297	1,61	0,04	2,69%	22,16	79,42	0,13%
230	113	298	1,70	0,02	2,86%	22,23	79,68	0,06%
240	112	299	1,80	0,01	3,02%	22,31	79,95	0,03%
250	109	300	1,90	-0,02	3,19%	22,38	80,22	-0,06%
260	106	300	2,00	-0,05	3,36%	22,38	80,22	-0,16%
270	104	300	2,10	-0,07	3,52%	22,38	80,22	-0,22%
280	102	299	2,20	-0,09	3,69%	22,31	79,95	-0,28%
290	100	299	2,30	-0,11	3,86%	22,31	79,95	-0,35%
300	99	299	2,40	-0,12	4,03%	22,31	79,95	-0,38%
310	98	298	2,50	-0,13	4,20%	22,23	79,68	-0,41%
320	97	297	2,61	-0,14	4,37%	22,16	79,42	-0,44%
330	96	296	2,71	-0,15	4,54%	22,08	79,15	-0,47%
340	95	296	2,81	-0,16	4,71%	22,08	79,15	-0,51%
350	95	295	2,91	-0,16	4,88%	22,01	78,88	-0,51%
360	94	294	3,01	-0,17	5,05%	21,93	78,61	-0,54%
370	93	293	3,11	-0,18	5,22%	21,86	78,35	-0,57%
380	93	292	3,22	-0,18	5,40%	21,78	78,08	-0,57%
390	92	290	3,32	-0,19	5,57%	21,63	77,55	-0,60%
400	92	287	3,43	-0,19	5,75%	21,41	76,74	-0,60%
410	91	283	3,53	-0,20	5,93%	21,11	75,67	-0,63%
420	91	280	3,64	-0,20	6,11%	20,89	74,87	-0,63%
430	90	278	3,74	-0,21	6,28%	20,74	74,34	-0,66%
440	89	276	3,85	-0,22	6,46%	20,59	73,80	-0,70%
450	89	274	3,95	-0,22	6,63%	20,44	73,27	-0,70%
460	88	273	4,05	-0,23	6,80%	20,37	73,00	-0,73%
470	88	272	4,16	-0,23	6,97%	20,29	72,73	-0,73%
480	88	270	4,26	-0,23	7,15%	20,14	72,20	-0,73%
490	87	265	4,37	-0,24	7,33%	19,77	70,86	-0,76%
500	87	262	4,48	-0,24	7,51%	19,55	70,06	-0,76%
510	87	260	4,58	-0,24	7,68%	19,40	69,52	-0,76%
520	86	259	4,68	-0,25	7,86%	19,32	69,26	-0,79%
530	86	257	4,79	-0,25	8,03%	19,17	68,72	-0,79%
540	86	256	4,89	-0,25	8,20%	19,10	68,45	-0,79%
550	85	256	4,99	-0,26	8,37%	19,10	68,45	-0,82%
560	85	256	5,09	-0,26	8,54%	19,10	68,45	-0,82%
570	84	256	5,19	-0,27	8,70%	19,10	68,45	-0,85%
580	84	256	5,29	-0,27	8,87%	19,10	68,45	-0,85%
590	83	256	5,39	-0,28	9,04%	19,10	68,45	-0,89%
600	83	256	5,49	-0,28	9,21%	19,10	68,45	-0,89%
610	83	256	5,59	-0,28	9,38%	19,10	68,45	-0,89%
620	82	256	5,69	-0,29	9,54%	19,10	68,45	-0,92%
630	82	256	5,79	-0,29	9,71%	19,10	68,45	-0,92%
640	82	256	5,89	-0,29	9,88%	19,10	68,45	-0,92%
650	82	256	5,99	-0,29	10,05%	19,10	68,45	-0,92%

Tabela - Tensão Normal 200kPa

Leitura nos Extensômetros			Desloc. Horizontal (mm)	Desloc. Vertical (mm)	ε (%)	Carga (kgf)	τ (kPa)	$\Delta V_i/V_0$ (%)
H	V	Anel						
0	149	0	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
10	150	50	0,00	0,01	0,00%	3,73	13,37	0,03%
20	151	92	0,02	0,02	0,03%	6,86	24,60	0,06%
30	152	128	0,04	0,03	0,07%	9,55	34,23	0,09%
40	154	154	0,09	0,05	0,15%	11,49	41,18	0,16%
50	156	187	0,13	0,07	0,21%	13,95	50,00	0,22%
60	157	210	0,18	0,08	0,30%	15,67	56,15	0,25%
70	159	233	0,23	0,10	0,39%	17,38	62,30	0,32%
80	160	255	0,29	0,11	0,49%	19,02	68,19	0,35%
90	161	276	0,35	0,12	0,58%	20,59	73,80	0,38%
100	162	291	0,42	0,13	0,70%	21,71	77,81	0,41%
110	163	313	0,47	0,14	0,80%	23,35	83,70	0,44%
120	164	329	0,54	0,15	0,91%	24,54	87,97	0,47%
130	165	351	0,60	0,16	1,00%	26,18	93,86	0,51%
140	165	366	0,67	0,16	1,12%	27,30	97,87	0,51%
150	166	381	0,74	0,17	1,24%	28,42	101,88	0,54%
160	166	394	0,81	0,17	1,36%	29,39	105,35	0,54%
170	167	399	0,90	0,18	1,51%	29,77	106,69	0,57%
180	167	424	0,95	0,18	1,60%	31,63	113,38	0,57%
190	168	439	1,02	0,19	1,71%	32,75	117,39	0,60%
200	168	452	1,10	0,19	1,84%	33,72	120,86	0,60%
210	168	464	1,17	0,19	1,97%	34,61	124,07	0,60%
220	167	471	1,26	0,18	2,11%	35,14	125,94	0,57%
230	167	489	1,32	0,18	2,22%	36,48	130,76	0,57%
240	167	497	1,41	0,18	2,36%	37,08	132,90	0,57%
250	166	507	1,49	0,17	2,49%	37,82	135,57	0,54%
260	166	516	1,57	0,17	2,63%	38,49	137,98	0,54%
270	165	526	1,65	0,16	2,77%	39,24	140,65	0,51%
280	165	532	1,74	0,16	2,91%	39,69	142,26	0,51%
290	165	539	1,82	0,16	3,06%	40,21	144,13	0,51%
300	164	546	1,91	0,15	3,20%	40,73	146,00	0,47%
310	164	550	2,00	0,15	3,36%	41,03	147,07	0,47%
320	163	552	2,10	0,14	3,52%	41,18	147,60	0,44%
330	162	554	2,19	0,13	3,68%	41,33	148,14	0,41%
340	161	555	2,29	0,12	3,84%	41,40	148,41	0,38%
350	160	555	2,39	0,11	4,01%	41,40	148,41	0,35%
360	159	555	2,49	0,10	4,18%	41,40	148,41	0,32%
370	158	555	2,59	0,09	4,35%	41,40	148,41	0,28%
380	158	554	2,69	0,09	4,52%	41,33	148,14	0,28%
390	157	554	2,79	0,08	4,68%	41,33	148,14	0,25%
400	156	553	2,89	0,07	4,86%	41,25	147,87	0,22%
410	155	553	2,99	0,06	5,02%	41,25	147,87	0,19%
420	155	552	3,10	0,06	5,19%	41,18	147,60	0,19%
430	154	552	3,20	0,05	5,36%	41,18	147,60	0,16%
440	154	552	3,30	0,05	5,53%	41,18	147,60	0,16%
450	153	551	3,40	0,04	5,70%	41,10	147,34	0,13%
460	153	551	3,50	0,04	5,87%	41,10	147,34	0,13%
470	153	551	3,60	0,04	6,04%	41,10	147,34	0,13%
480	152	550	3,70	0,03	6,21%	41,03	147,07	0,09%
490	152	550	3,80	0,03	6,38%	41,03	147,07	0,09%
500	151	550	3,90	0,02	6,54%	41,03	147,07	0,06%
510	151	549	4,00	0,02	6,71%	40,96	146,80	0,06%
520	150	549	4,10	0,01	6,88%	40,96	146,80	0,03%
530	150	548	4,20	0,01	7,05%	40,88	146,53	0,03%
540	149	548	4,30	0,00	7,22%	40,88	146,53	0,00%
550	149	548	4,40	0,00	7,39%	40,88	146,53	0,00%

ANEXO AC – Ensaio de cisalhamento direto com o teor $\chi = 20\%$

Tabela - Tensão Normal 50kPa

Leitura nos Extensômetros			Desloc. Horizontal (mm)	Desloc. Vertical (mm)	ε (%)	Carga (kgf)	τ (kPa)	$\Delta V_i/V_0$ (%)
H	V	Anel						
0	97	0	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
10	99	2	0,10	0,02	0,16%	0,15	0,53	0,06%
20	100	10	0,18	0,03	0,30%	0,75	2,67	0,09%
30	101	20	0,26	0,04	0,44%	1,49	5,35	0,13%
40	102	30	0,34	0,05	0,57%	2,24	8,02	0,16%
50	102	43	0,41	0,05	0,69%	3,21	11,50	0,16%
60	102	54	0,49	0,05	0,83%	4,03	14,44	0,16%
70	103	62	0,58	0,06	0,97%	4,63	16,58	0,19%
80	103	71	0,66	0,06	1,10%	5,30	18,99	0,19%
90	103	79	0,74	0,06	1,24%	5,89	21,12	0,19%
100	103	88	0,82	0,06	1,38%	6,56	23,53	0,19%
110	102	97	0,91	0,05	1,52%	7,24	25,94	0,16%
120	102	105	0,99	0,05	1,66%	7,83	28,08	0,16%
130	102	114	1,07	0,05	1,80%	8,50	30,48	0,16%
140	101	123	1,15	0,04	1,94%	9,18	32,89	0,13%
150	101	133	1,23	0,04	2,07%	9,92	35,56	0,13%
160	100	141	1,32	0,03	2,21%	10,52	37,70	0,09%
170	99	147	1,41	0,02	2,36%	10,97	39,31	0,06%
180	98	154	1,49	0,01	2,50%	11,49	41,18	0,03%
190	97	159	1,58	0,00	2,65%	11,86	42,52	0,00%
200	96	163	1,67	-0,01	2,81%	12,16	43,59	-0,03%
210	95	166	1,77	-0,02	2,97%	12,38	44,39	-0,06%
220	93	168	1,86	-0,04	3,13%	12,53	44,92	-0,13%
230	91	170	1,96	-0,06	3,29%	12,68	45,46	-0,19%
240	90	170	2,06	-0,07	3,46%	12,68	45,46	-0,22%
250	89	170	2,16	-0,08	3,62%	12,68	45,46	-0,25%
260	88	170	2,26	-0,09	3,79%	12,68	45,46	-0,28%
270	87	170	2,36	-0,10	3,96%	12,68	45,46	-0,32%
280	86	170	2,46	-0,11	4,13%	12,68	45,46	-0,35%
290	85	170	2,56	-0,12	4,30%	12,68	45,46	-0,38%
300	84	170	2,66	-0,13	4,46%	12,68	45,46	-0,41%
310	82	170	2,76	-0,15	4,63%	12,68	45,46	-0,47%
320	81	169	2,86	-0,16	4,80%	12,61	45,19	-0,51%
330	80	169	2,96	-0,17	4,97%	12,61	45,19	-0,54%
340	79	169	3,06	-0,18	5,14%	12,61	45,19	-0,57%
350	78	169	3,16	-0,19	5,31%	12,61	45,19	-0,60%
360	76	169	3,26	-0,21	5,47%	12,61	45,19	-0,66%
370	75	169	3,36	-0,22	5,64%	12,61	45,19	-0,70%
380	74	169	3,46	-0,23	5,81%	12,61	45,19	-0,73%
390	73	169	3,56	-0,24	5,98%	12,61	45,19	-0,76%
400	72	169	3,66	-0,25	6,14%	12,61	45,19	-0,79%
410	71	169	3,76	-0,26	6,31%	12,61	45,19	-0,82%
420	70	169	3,86	-0,27	6,48%	12,61	45,19	-0,85%
430	69	168	3,96	-0,28	6,65%	12,53	44,92	-0,89%
440	68	168	4,06	-0,29	6,82%	12,53	44,92	-0,92%
450	66	168	4,16	-0,31	6,99%	12,53	44,92	-0,98%
460	65	168	4,26	-0,32	7,15%	12,53	44,92	-1,01%
470	64	168	4,36	-0,33	7,32%	12,53	44,92	-1,04%
480	63	168	4,46	-0,34	7,49%	12,53	44,92	-1,08%
490	62	168	4,56	-0,35	7,66%	12,53	44,92	-1,11%
500	61	168	4,66	-0,36	7,83%	12,53	44,92	-1,14%
510	60	168	4,76	-0,37	7,99%	12,53	44,92	-1,17%
520	59	168	4,86	-0,38	8,16%	12,53	44,92	-1,20%
530	57	168	4,96	-0,40	8,33%	12,53	44,92	-1,27%
540	56	168	5,06	-0,41	8,50%	12,53	44,92	-1,30%
550	55	168	5,16	-0,42	8,66%	12,53	44,92	-1,33%
560	54	168	5,26	-0,43	8,83%	12,53	44,92	-1,36%
570	53	168	5,36	-0,44	9,00%	12,53	44,92	-1,39%
580	52	168	5,46	-0,45	9,17%	12,53	44,92	-1,42%
590	51	168	5,56	-0,46	9,34%	12,53	44,92	-1,46%
600	50	168	5,66	-0,47	9,50%	12,53	44,92	-1,49%

Tabela - Tensão Normal 100kPa

Leitura nos Extensômetros			Desloc. Horizontal (mm)	Desloc. Vertical (mm)	ϵ (%)	Carga (kgf)	τ (kPa)	$\Delta V_i/V_o$ (%)
H	V	Anel						
0	165	0	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
10	167	11	0,08	0,02	0,13%	0,82	2,94	0,06%
20	169	26	0,15	0,04	0,25%	1,94	6,95	0,13%
30	170	43	0,21	0,05	0,36%	3,21	11,50	0,16%
40	171	54	0,29	0,06	0,49%	4,03	14,44	0,19%
50	172	68	0,36	0,07	0,61%	5,07	18,18	0,22%
60	172	79	0,44	0,08	0,74%	5,89	21,12	0,25%
70	173	92	0,52	0,08	0,87%	6,86	24,60	0,25%
80	173	105	0,59	0,08	0,99%	7,83	28,08	0,25%
90	173	115	0,67	0,09	1,12%	8,58	30,75	0,28%
100	174	126	0,75	0,09	1,26%	9,40	33,69	0,28%
110	174	137	0,83	0,09	1,39%	10,22	36,63	0,28%
120	174	150	0,90	0,09	1,51%	11,19	40,11	0,28%
130	174	160	0,98	0,10	1,64%	11,94	42,78	0,32%
140	175	174	1,05	0,10	1,77%	12,98	46,53	0,32%
150	175	184	1,13	0,10	1,90%	13,73	49,20	0,32%
160	175	193	1,21	0,10	2,04%	14,40	51,61	0,32%
170	175	202	1,30	0,10	2,17%	15,07	54,01	0,32%
180	175	210	1,38	0,09	2,32%	15,67	56,15	0,28%
190	174	212	1,48	0,08	2,48%	15,82	56,69	0,25%
200	173	223	1,55	0,08	2,61%	16,64	59,63	0,25%
210	172	228	1,64	0,07	2,76%	17,01	60,97	0,22%
220	172	233	1,73	0,07	2,91%	17,38	62,30	0,22%
230	171	236	1,83	0,06	3,07%	17,61	63,11	0,19%
240	170	240	1,92	0,05	3,22%	17,90	64,18	0,16%
250	169	243	2,01	0,04	3,38%	18,13	64,98	0,13%
260	168	245	2,11	0,03	3,54%	18,28	65,51	0,09%
270	167	249	2,20	0,02	3,69%	18,58	66,58	0,06%
280	166	252	2,30	0,01	3,85%	18,80	67,38	0,03%
290	165	255	2,39	0,00	4,01%	19,02	68,19	0,00%
300	164	256	2,49	-0,01	4,17%	19,10	68,45	-0,03%
310	163	257	2,59	-0,02	4,34%	19,17	68,72	-0,06%
320	161	258	2,68	-0,04	4,50%	19,25	68,99	-0,13%
330	160	258	2,78	-0,05	4,67%	19,25	68,99	-0,16%
340	159	258	2,88	-0,06	4,84%	19,25	68,99	-0,19%
350	158	258	2,98	-0,07	5,01%	19,25	68,99	-0,22%
360	157	258	3,08	-0,08	5,17%	19,25	68,99	-0,25%
370	156	258	3,18	-0,09	5,34%	19,25	68,99	-0,28%
380	154	258	3,28	-0,11	5,51%	19,25	68,99	-0,35%
390	153	258	3,38	-0,12	5,68%	19,25	68,99	-0,38%
400	152	258	3,48	-0,13	5,85%	19,25	68,99	-0,41%
410	151	257	3,59	-0,14	6,02%	19,17	68,72	-0,44%
420	150	257	3,69	-0,15	6,18%	19,17	68,72	-0,47%
430	149	257	3,79	-0,16	6,35%	19,17	68,72	-0,51%
440	148	257	3,89	-0,17	6,52%	19,17	68,72	-0,54%
450	147	257	3,99	-0,18	6,69%	19,17	68,72	-0,57%
460	146	257	4,09	-0,19	6,86%	19,17	68,72	-0,60%
470	145	257	4,19	-0,20	7,02%	19,17	68,72	-0,63%
480	144	257	4,29	-0,21	7,19%	19,17	68,72	-0,66%
490	143	257	4,39	-0,22	7,36%	19,17	68,72	-0,70%
500	142	257	4,49	-0,23	7,53%	19,17	68,72	-0,73%
510	141	256	4,59	-0,24	7,70%	19,10	68,45	-0,76%
520	141	256	4,69	-0,24	7,87%	19,10	68,45	-0,76%
530	140	256	4,79	-0,25	8,03%	19,10	68,45	-0,79%
540	140	256	4,89	-0,25	8,20%	19,10	68,45	-0,79%
550	139	256	4,99	-0,26	8,37%	19,10	68,45	-0,82%
560	139	256	5,09	-0,26	8,54%	19,10	68,45	-0,82%
570	138	256	5,19	-0,27	8,70%	19,10	68,45	-0,85%
580	138	256	5,29	-0,27	8,87%	19,10	68,45	-0,85%
590	138	256	5,39	-0,27	9,04%	19,10	68,45	-0,85%
600	138	256	5,49	-0,27	9,21%	19,10	68,45	-0,85%
610	138	256	5,59	-0,27	9,38%	19,10	68,45	-0,85%
620	138	256	5,69	-0,27	9,54%	19,10	68,45	-0,85%
630	138	256	5,79	-0,27	9,71%	19,10	68,45	-0,85%
640	138	256	5,89	-0,27	9,88%	19,10	68,45	-0,85%
650	138	256	5,99	-0,27	10,05%	19,10	68,45	-0,85%

Tabela - Tensão Normal 200kPa

Leitura nos Extensômetros			Desloc. Horizontal (mm)	Desloc. Vertical (mm)	ε (%)	Carga (kgf)	τ (kPa)	$\Delta V_i/V_0$ (%)
H	V	Anel						
0	204	0	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
10	205	39	0,02	0,00	0,04%	2,87	10,29	0,02%
20	206	71	0,06	0,02	0,10%	5,30	18,99	0,05%
30	207	99	0,10	0,03	0,17%	7,39	26,47	0,09%
40	208	122	0,16	0,04	0,26%	9,06	32,49	0,13%
50	210	134	0,23	0,06	0,39%	10,00	35,83	0,17%
60	211	152	0,30	0,06	0,50%	11,30	40,51	0,21%
70	212	167	0,37	0,08	0,61%	12,46	44,66	0,25%
80	213	179	0,44	0,09	0,74%	13,35	47,86	0,28%
90	214	192	0,52	0,09	0,87%	14,29	51,21	0,30%
100	215	204	0,59	0,11	0,99%	15,22	54,55	0,33%
110	216	218	0,66	0,12	1,11%	16,26	58,29	0,36%
120	217	232	0,74	0,13	1,23%	17,31	62,04	0,40%
130	218	250	0,80	0,14	1,34%	18,61	66,72	0,43%
140	218	262	0,88	0,14	1,47%	19,55	70,06	0,44%
150	219	274	0,95	0,15	1,60%	20,40	73,13	0,46%
160	220	285	1,03	0,16	1,73%	21,26	76,21	0,49%
170	220	295	1,11	0,16	1,86%	22,01	78,88	0,51%
180	221	305	1,19	0,17	2,00%	22,72	81,42	0,52%
190	221	314	1,27	0,17	2,14%	23,39	83,83	0,54%
200	222	323	1,36	0,18	2,27%	24,06	86,24	0,57%
210	223	332	1,44	0,19	2,41%	24,77	88,78	0,59%
220	223	343	1,52	0,19	2,54%	25,55	91,58	0,60%
230	224	351	1,60	0,20	2,68%	26,18	93,86	0,62%
240	224	361	1,68	0,20	2,82%	26,89	96,40	0,63%
250	225	371	1,76	0,21	2,95%	27,64	99,07	0,65%
260	225	380	1,84	0,21	3,09%	28,35	101,61	0,66%
270	226	390	1,92	0,22	3,22%	29,06	104,15	0,68%
280	226	399	2,00	0,22	3,36%	29,77	106,69	0,68%
290	226	407	2,09	0,22	3,50%	30,32	108,70	0,70%
300	227	415	2,17	0,23	3,64%	30,96	110,97	0,71%
310	227	423	2,25	0,23	3,78%	31,56	113,11	0,71%
320	227	426	2,35	0,23	3,94%	31,74	113,78	0,71%
330	227	426	2,45	0,23	4,11%	31,74	113,78	0,71%
340	226	441	2,52	0,22	4,23%	32,86	117,79	0,70%
350	226	434	2,63	0,22	4,42%	32,38	116,05	0,70%
360	226	441	2,72	0,22	4,56%	32,86	117,79	0,70%
370	226	446	2,81	0,22	4,71%	33,23	119,13	0,70%
380	226	450	2,90	0,22	4,87%	33,57	120,33	0,70%
390	226	455	2,99	0,22	5,02%	33,91	121,53	0,68%
400	226	460	3,08	0,22	5,17%	34,28	122,87	0,68%
410	225	464	3,17	0,21	5,32%	34,58	123,94	0,66%
420	225	470	3,26	0,21	5,47%	35,02	125,54	0,66%
430	226	470	3,36	0,22	5,64%	35,06	125,68	0,70%
440	227	478	3,45	0,23	5,78%	35,62	127,68	0,71%
460	226	484	3,63	0,22	6,09%	36,11	129,42	0,70%
470	226	487	3,73	0,22	6,25%	36,29	130,09	0,68%
480	226	491	3,82	0,22	6,41%	36,63	131,29	0,68%
490	226	494	3,91	0,22	6,57%	36,82	131,96	0,68%
500	225	497	4,01	0,21	6,72%	37,08	132,90	0,66%
510	225	500	4,10	0,21	6,88%	37,26	133,56	0,65%
520	225	502	4,20	0,21	7,04%	37,45	134,23	0,65%
530	224	506	4,29	0,20	7,20%	37,71	135,17	0,63%
540	224	506	4,39	0,20	7,36%	37,71	135,17	0,63%
550	224	507	4,49	0,20	7,53%	37,82	135,57	0,62%
560	224	508	4,58	0,20	7,69%	37,90	135,84	0,62%
570	223	509	4,68	0,19	7,86%	37,97	136,11	0,60%
580	223	510	4,78	0,19	8,02%	38,01	136,24	0,60%
590	223	510	4,88	0,19	8,19%	38,05	136,37	0,59%
600	223	510	4,98	0,19	8,36%	38,05	136,37	0,59%
610	222	510	5,08	0,18	8,52%	38,05	136,37	0,57%
620	222	510	5,18	0,18	8,69%	38,05	136,37	0,55%
630	222	510	5,28	0,18	8,86%	38,05	136,37	0,55%
640	221	510	5,38	0,17	9,03%	38,05	136,37	0,54%
650	221	510	5,48	0,17	9,19%	38,05	136,37	0,54%
660	221	510	5,58	0,17	9,36%	38,05	136,37	0,52%
670	220	510	5,68	0,16	9,53%	38,05	136,37	0,51%
680	220	510	5,78	0,16	9,70%	38,05	136,37	0,51%
690	220	510	5,88	0,16	9,87%	38,05	136,37	0,49%
700	219	510	5,98	0,15	10,03%	38,05	136,37	0,47%
710	219	510	6,08	0,15	10,20%	38,05	136,37	0,46%

ANEXO AD – Ensaio de cisalhamento direto com o teor $\chi = 40\%$

Tabela - Tensão Normal 50kPa

Leitura nos Extensômetros			Desloc. Horizontal (mm)	Desloc. Vertical (mm)	ϵ (%)	Carga (kgf)	τ (kPa)	$\Delta V_i/V_o$ (%)
H	V	Anel						
0	106	0	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
10	108	11	0,08	0,02	0,13%	0,82	2,94	0,06%
20	110	21	0,16	0,04	0,27%	1,57	5,62	0,13%
30	111	29	0,24	0,05	0,41%	2,16	7,75	0,16%
40	112	38	0,32	0,06	0,54%	2,83	10,16	0,19%
50	113	46	0,41	0,07	0,68%	3,43	12,30	0,22%
60	114	53	0,49	0,08	0,83%	3,95	14,17	0,25%
70	115	61	0,58	0,09	0,97%	4,55	16,31	0,28%
80	116	69	0,66	0,10	1,11%	5,15	18,45	0,32%
90	117	78	0,74	0,11	1,25%	5,82	20,86	0,35%
100	118	84	0,83	0,12	1,40%	6,27	22,46	0,38%
110	118	91	0,92	0,12	1,54%	6,79	24,33	0,38%
120	119	99	1,00	0,13	1,68%	7,39	26,47	0,41%
130	119	106	1,09	0,13	1,83%	7,91	28,34	0,41%
140	119	114	1,17	0,13	1,97%	8,50	30,48	0,41%
150	120	121	1,26	0,14	2,11%	9,03	32,36	0,44%
160	120	129	1,34	0,14	2,25%	9,62	34,49	0,44%
170	121	151	1,40	0,15	2,35%	11,26	40,38	0,47%
180	121	158	1,48	0,15	2,49%	11,79	42,25	0,47%
190	120	158	1,58	0,14	2,66%	11,79	42,25	0,44%
200	120	163	1,67	0,14	2,81%	12,16	43,59	0,44%
210	120	169	1,76	0,14	2,96%	12,61	45,19	0,44%
220	119	175	1,85	0,13	3,10%	13,06	46,79	0,41%
230	118	180	1,94	0,12	3,26%	13,43	48,13	0,38%
240	117	184	2,03	0,11	3,41%	13,73	49,20	0,35%
250	116	187	2,13	0,10	3,57%	13,95	50,00	0,32%
260	115	191	2,22	0,09	3,72%	14,25	51,07	0,28%
270	113	194	2,31	0,07	3,88%	14,47	51,88	0,22%
280	112	199	2,40	0,06	4,03%	14,85	53,21	0,19%
290	111	203	2,49	0,05	4,18%	15,14	54,28	0,16%
300	109	205	2,59	0,03	4,35%	15,29	54,82	0,09%
310	108	206	2,69	0,02	4,51%	15,37	55,08	0,06%
320	106	207	2,79	0,00	4,67%	15,44	55,35	0,00%
330	104	208	2,88	-0,02	4,84%	15,52	55,62	-0,06%
340	102	209	2,98	-0,04	5,00%	15,59	55,89	-0,13%
350	101	209	3,08	-0,05	5,17%	15,59	55,89	-0,16%
360	99	209	3,18	-0,07	5,34%	15,59	55,89	-0,22%
370	97	208	3,28	-0,09	5,51%	15,52	55,62	-0,28%
380	96	208	3,38	-0,10	5,68%	15,52	55,62	-0,32%
390	94	207	3,49	-0,12	5,85%	15,44	55,35	-0,38%
400	93	206	3,59	-0,13	6,02%	15,37	55,08	-0,41%
410	92	206	3,69	-0,14	6,19%	15,37	55,08	-0,44%
420	90	206	3,79	-0,16	6,36%	15,37	55,08	-0,51%
430	89	206	3,89	-0,17	6,52%	15,37	55,08	-0,54%
440	88	206	3,99	-0,18	6,69%	15,37	55,08	-0,57%
450	87	206	4,09	-0,19	6,86%	15,37	55,08	-0,60%
460	85	206	4,19	-0,21	7,03%	15,37	55,08	-0,66%
470	84	206	4,29	-0,22	7,19%	15,37	55,08	-0,70%
480	83	206	4,39	-0,23	7,36%	15,37	55,08	-0,73%
490	82	205	4,49	-0,24	7,53%	15,29	54,82	-0,76%
500	81	205	4,59	-0,25	7,70%	15,29	54,82	-0,79%
510	80	204	4,69	-0,26	7,87%	15,22	54,55	-0,82%
520	79	204	4,79	-0,27	8,04%	15,22	54,55	-0,85%
530	78	203	4,89	-0,28	8,21%	15,14	54,28	-0,89%
540	77	203	4,99	-0,29	8,38%	15,14	54,28	-0,92%
550	76	202	5,10	-0,30	8,55%	15,07	54,01	-0,95%
560	76	202	5,20	-0,30	8,72%	15,07	54,01	-0,95%
570	75	201	5,30	-0,31	8,89%	14,99	53,75	-0,98%
580	74	201	5,40	-0,32	9,06%	14,99	53,75	-1,01%
590	73	201	5,50	-0,33	9,22%	14,99	53,75	-1,04%
600	72	201	5,60	-0,34	9,39%	14,99	53,75	-1,08%
610	72	200	5,70	-0,34	9,56%	14,92	53,48	-1,08%
620	71	200	5,80	-0,35	9,73%	14,92	53,48	-1,11%
630	71	200	5,90	-0,35	9,90%	14,92	53,48	-1,11%
640	70	200	6,00	-0,36	10,07%	14,92	53,48	-1,14%

Tabela - Tensão Normal 100kPa

Leitura nos Extensômetros			Desloc. Horizontal (mm)	Desloc. Vertical (mm)	ϵ (%)	Carga (kgf)	τ (kPa)	$\Delta V_i/V_o$ (%)
H	V	Anel						
0	219	0	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
10	221	19	0,06	0,02	0,10%	1,42	5,08	0,06%
20	223	33	0,13	0,04	0,22%	2,46	8,82	0,13%
30	225	45	0,21	0,06	0,35%	3,36	12,03	0,19%
40	227	57	0,29	0,08	0,48%	4,25	15,24	0,25%
50	228	68	0,36	0,09	0,61%	5,07	18,18	0,28%
60	230	80	0,44	0,11	0,74%	5,97	21,39	0,35%
70	231	96	0,51	0,12	0,85%	7,16	25,67	0,38%
80	232	110	0,58	0,13	0,97%	8,21	29,41	0,41%
90	234	122	0,66	0,15	1,10%	9,10	32,62	0,47%
100	234	134	0,73	0,15	1,23%	10,00	35,83	0,47%
110	235	146	0,81	0,16	1,36%	10,89	39,04	0,51%
120	235	156	0,89	0,16	1,49%	11,64	41,71	0,51%
130	236	166	0,97	0,17	1,62%	12,38	44,39	0,54%
140	236	177	1,05	0,17	1,76%	13,20	47,33	0,54%
150	237	186	1,13	0,18	1,89%	13,88	49,74	0,57%
160	237	196	1,21	0,18	2,03%	14,62	52,41	0,57%
170	237	209	1,28	0,18	2,15%	15,59	55,89	0,57%
180	237	222	1,36	0,18	2,28%	16,56	59,36	0,57%
190	238	234	1,43	0,19	2,40%	17,46	62,57	0,60%
200	238	246	1,51	0,19	2,53%	18,35	65,78	0,60%
210	238	258	1,58	0,19	2,66%	19,25	68,99	0,60%
220	238	269	1,66	0,19	2,79%	20,07	71,93	0,60%
230	238	280	1,74	0,19	2,92%	20,89	74,87	0,60%
240	238	293	1,81	0,19	3,04%	21,86	78,35	0,60%
250	238	302	1,90	0,19	3,18%	22,53	80,75	0,60%
260	238	317	1,97	0,19	3,30%	23,65	84,76	0,60%
270	238	325	2,05	0,19	3,44%	24,25	86,90	0,60%
280	238	330	2,14	0,19	3,59%	24,62	88,24	0,60%
290	238	341	2,22	0,19	3,72%	25,44	91,18	0,60%
300	237	349	2,30	0,18	3,86%	26,04	93,32	0,57%
310	236	347	2,41	0,17	4,04%	25,89	92,79	0,54%
320	235	355	2,49	0,16	4,18%	26,48	94,93	0,51%
330	235	359	2,58	0,16	4,33%	26,78	96,00	0,51%
340	234	366	2,67	0,15	4,48%	27,30	97,87	0,47%
350	233	373	2,75	0,14	4,62%	27,83	99,74	0,44%
360	232	379	2,84	0,13	4,77%	28,27	101,34	0,41%
370	231	386	2,93	0,12	4,91%	28,80	103,22	0,38%
380	230	394	3,01	0,11	5,05%	29,39	105,35	0,35%
390	229	402	3,10	0,10	5,19%	29,99	107,49	0,32%
400	228	404	3,19	0,09	5,36%	30,14	108,03	0,28%
410	227	407	3,29	0,08	5,51%	30,36	108,83	0,25%
420	226	410	3,38	0,07	5,67%	30,59	109,63	0,22%
430	225	415	3,47	0,06	5,82%	30,96	110,97	0,19%
440	224	420	3,56	0,05	5,97%	31,33	112,31	0,16%
450	223	425	3,65	0,04	6,12%	31,71	113,64	0,13%
460	222	424	3,75	0,03	6,30%	31,63	113,38	0,09%
470	221	426	3,85	0,02	6,46%	31,78	113,91	0,06%
480	221	427	3,95	0,02	6,62%	31,85	114,18	0,06%
490	220	428	4,04	0,01	6,79%	31,93	114,45	0,03%
500	219	428	4,14	0,00	6,95%	31,93	114,45	0,00%
510	218	428	4,24	-0,01	7,12%	31,93	114,45	-0,03%
520	217	429	4,34	-0,02	7,29%	32,00	114,71	-0,06%
530	216	429	4,44	-0,03	7,45%	32,00	114,71	-0,09%
540	215	428	4,54	-0,04	7,62%	31,93	114,45	-0,13%
550	214	427	4,65	-0,05	7,80%	31,85	114,18	-0,16%
560	213	427	4,75	-0,06	7,96%	31,85	114,18	-0,19%
570	212	426	4,85	-0,07	8,13%	31,78	113,91	-0,22%
580	211	425	4,95	-0,08	8,31%	31,71	113,64	-0,25%
590	211	424	5,05	-0,08	8,48%	31,63	113,38	-0,25%
600	210	424	5,15	-0,09	8,64%	31,63	113,38	-0,28%
610	210	424	5,25	-0,09	8,81%	31,63	113,38	-0,28%
620	209	423	5,35	-0,10	8,98%	31,56	113,11	-0,32%
630	208	423	5,45	-0,11	9,15%	31,56	113,11	-0,35%
640	207	423	5,55	-0,12	9,32%	31,56	113,11	-0,38%
650	207	422	5,66	-0,12	9,49%	31,48	112,84	-0,38%

Tabela - Tensão Normal 200kPa

Leitura nos Extensômetros			Desloc. Horizontal (mm)	Desloc. Vertical (mm)	ε (%)	Carga (kgf)	τ (kPa)	ΔVi/Vo (%)
H	V	Anel						
0	288	0	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
10	290	53	-0,01	0,02	-0,01%	3,95	14,17	0,06%
20	291	88	0,02	0,03	0,04%	6,56	23,53	0,09%
30	292	106	0,09	0,04	0,15%	7,91	28,34	0,13%
40	293	138	0,12	0,05	0,21%	10,29	36,90	0,16%
50	295	158	0,18	0,07	0,31%	11,79	42,25	0,22%
60	297	180	0,24	0,09	0,40%	13,43	48,13	0,28%
70	298	195	0,31	0,10	0,52%	14,55	52,14	0,32%
80	299	210	0,38	0,11	0,64%	15,67	56,15	0,35%
90	300	221	0,46	0,12	0,77%	16,49	59,09	0,38%
100	301	240	0,52	0,13	0,87%	17,90	64,18	0,41%
110	302	254	0,59	0,14	0,99%	18,95	67,92	0,44%
120	304	268	0,66	0,16	1,11%	19,99	71,66	0,51%
130	304	278	0,74	0,16	1,25%	20,74	74,34	0,51%
140	305	289	0,82	0,17	1,38%	21,56	77,28	0,54%
150	306	300	0,90	0,18	1,51%	22,38	80,22	0,57%
160	306	312	0,98	0,18	1,64%	23,28	83,43	0,57%
170	307	323	1,05	0,19	1,77%	24,10	86,37	0,60%
180	308	334	1,13	0,20	1,90%	24,92	89,31	0,63%
190	308	346	1,21	0,20	2,03%	25,81	92,52	0,63%
200	309	356	1,29	0,21	2,16%	26,56	95,19	0,66%
210	309	367	1,37	0,21	2,29%	27,38	98,13	0,66%
220	309	379	1,44	0,21	2,42%	28,27	101,34	0,66%
230	310	389	1,52	0,22	2,55%	29,02	104,02	0,70%
240	310	400	1,60	0,22	2,68%	29,84	106,96	0,70%
250	310	411	1,68	0,22	2,82%	30,66	109,90	0,70%
260	310	422	1,76	0,22	2,95%	31,48	112,84	0,70%
270	310	435	1,83	0,22	3,07%	32,45	116,32	0,70%
280	310	441	1,92	0,22	3,22%	32,90	117,92	0,70%
290	310	452	2,00	0,22	3,35%	33,72	120,86	0,70%
300	310	460	2,08	0,22	3,49%	34,32	123,00	0,70%
310	310	469	2,16	0,22	3,63%	34,99	125,41	0,70%
320	310	478	2,24	0,22	3,77%	35,66	127,82	0,70%
330	310	486	2,33	0,22	3,91%	36,26	129,95	0,70%
340	310	495	2,41	0,22	4,04%	36,93	132,36	0,70%
350	310	504	2,49	0,22	4,18%	37,60	134,77	0,70%
360	309	512	2,58	0,21	4,32%	38,20	136,91	0,66%
370	309	520	2,66	0,21	4,46%	38,79	139,05	0,66%
380	309	528	2,74	0,21	4,60%	39,39	141,19	0,66%
390	308	535	2,83	0,20	4,75%	39,91	143,06	0,63%
400	308	543	2,91	0,20	4,89%	40,51	145,20	0,63%
410	307	550	3,00	0,19	5,03%	41,03	147,07	0,60%
420	307	554	3,09	0,19	5,19%	41,33	148,14	0,60%
430	307	561	3,18	0,19	5,33%	41,85	150,01	0,60%
440	306	565	3,27	0,18	5,49%	42,15	151,08	0,57%
450	306	578	3,34	0,18	5,61%	43,12	154,56	0,57%
460	305	580	3,44	0,17	5,77%	43,27	155,09	0,54%
470	305	583	3,53	0,17	5,93%	43,49	155,89	0,54%
480	305	586	3,63	0,17	6,09%	43,72	156,69	0,54%
490	304	593	3,71	0,16	6,23%	44,24	158,57	0,51%
500	304	599	3,80	0,16	6,38%	44,69	160,17	0,51%
510	303	602	3,90	0,15	6,54%	44,91	160,97	0,47%
520	302	604	3,99	0,14	6,70%	45,06	161,51	0,44%
530	302	605	4,09	0,14	6,86%	45,13	161,78	0,44%
540	301	606	4,19	0,13	7,03%	45,21	162,04	0,41%
550	300	606	4,29	0,12	7,19%	45,21	162,04	0,38%
560	299	606	4,39	0,11	7,36%	45,21	162,04	0,35%
570	298	607	4,49	0,10	7,53%	45,28	162,31	0,32%
580	297	607	4,59	0,09	7,69%	45,28	162,31	0,28%
590	296	607	4,69	0,08	7,86%	45,28	162,31	0,25%
600	295	607	4,79	0,07	8,03%	45,28	162,31	0,22%
610	294	607	4,89	0,06	8,20%	45,28	162,31	0,19%
620	293	607	4,99	0,05	8,37%	45,28	162,31	0,16%
630	292	607	5,09	0,04	8,53%	45,28	162,31	0,13%
640	292	607	5,19	0,04	8,70%	45,28	162,31	0,13%
650	291	607	5,29	0,03	8,87%	45,28	162,31	0,09%
660	290	607	5,39	0,02	9,04%	45,28	162,31	0,06%
670	289	607	5,49	0,01	9,20%	45,28	162,31	0,03%
680	288	607	5,59	0,00	9,37%	45,28	162,31	0,00%
690	287	607	5,69	-0,01	9,54%	45,28	162,31	-0,03%
700	287	607	5,79	-0,01	9,71%	45,28	162,31	-0,03%
710	286	607	5,89	-0,02	9,88%	45,28	162,31	-0,06%
720	286	607	5,99	-0,02	10,04%	45,28	162,31	-0,06%

ANEXO AE – Ensaio de cisalhamento direto com o teor $\chi = 50\%$

Tabela - Tensão Normal 50kPa

Leitura nos Extensômetros			Desloc. Horizontal (mm)	Desloc. Vertical (mm)	ϵ (%)	Carga (kgf)	τ (kPa)	$\Delta V_i/V_0$ (%)
H	V	Anel						
0	131	0	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
10	133	5	0,09	0,02	0,15%	0,37	1,34	0,06%
20	134	11	0,18	0,03	0,30%	0,82	2,94	0,09%
30	135	18	0,26	0,04	0,44%	1,34	4,81	0,13%
40	136	23	0,35	0,05	0,59%	1,72	6,15	0,16%
50	137	30	0,44	0,06	0,74%	2,24	8,02	0,19%
60	138	35	0,53	0,07	0,89%	2,61	9,36	0,22%
70	138	40	0,62	0,07	1,04%	2,98	10,70	0,22%
80	139	46	0,71	0,08	1,19%	3,43	12,30	0,25%
90	139	51	0,80	0,08	1,34%	3,80	13,64	0,25%
100	140	57	0,89	0,09	1,49%	4,25	15,24	0,28%
110	140	62	0,98	0,09	1,64%	4,63	16,58	0,28%
120	140	66	1,07	0,09	1,79%	4,92	17,65	0,28%
130	140	73	1,15	0,09	1,94%	5,45	19,52	0,28%
140	141	78	1,24	0,10	2,09%	5,82	20,86	0,32%
150	141	83	1,33	0,10	2,24%	6,19	22,19	0,32%
160	141	89	1,42	0,10	2,39%	6,64	23,80	0,32%
170	141	94	1,51	0,10	2,54%	7,01	25,14	0,32%
180	141	98	1,60	0,10	2,69%	7,31	26,20	0,32%
190	141	103	1,69	0,10	2,84%	7,68	27,54	0,32%
200	141	107	1,79	0,10	3,00%	7,98	28,61	0,32%
210	141	111	1,88	0,10	3,15%	8,28	29,68	0,32%
220	141	115	1,97	0,10	3,31%	8,58	30,75	0,32%
230	141	119	2,06	0,10	3,46%	8,88	31,82	0,32%
240	140	123	2,15	0,09	3,61%	9,18	32,89	0,28%
250	139	126	2,25	0,08	3,77%	9,40	33,69	0,25%
260	138	130	2,34	0,07	3,93%	9,70	34,76	0,22%
270	137	133	2,43	0,06	4,08%	9,92	35,56	0,19%
280	135	135	2,53	0,04	4,24%	10,07	36,10	0,13%
290	134	139	2,62	0,03	4,40%	10,37	37,17	0,09%
300	133	142	2,72	0,02	4,56%	10,59	37,97	0,06%
310	132	144	2,81	0,01	4,72%	10,74	38,51	0,03%
320	130	147	2,91	-0,01	4,88%	10,97	39,31	-0,03%
330	129	149	3,00	-0,02	5,04%	11,12	39,84	-0,06%
340	127	150	3,10	-0,04	5,20%	11,19	40,11	-0,13%
350	126	152	3,20	-0,05	5,36%	11,34	40,64	-0,16%
360	124	153	3,29	-0,07	5,53%	11,41	40,91	-0,22%
370	123	154	3,39	-0,08	5,69%	11,49	41,18	-0,25%
380	121	155	3,49	-0,10	5,86%	11,56	41,45	-0,32%
390	120	155	3,59	-0,11	6,02%	11,56	41,45	-0,35%
400	118	156	3,69	-0,13	6,19%	11,64	41,71	-0,41%
410	117	156	3,79	-0,14	6,36%	11,64	41,71	-0,44%
420	115	156	3,89	-0,16	6,52%	11,64	41,71	-0,51%
430	114	156	3,99	-0,17	6,69%	11,64	41,71	-0,54%
440	112	157	4,09	-0,19	6,86%	11,71	41,98	-0,60%
450	111	157	4,19	-0,20	7,02%	11,71	41,98	-0,63%
460	109	157	4,29	-0,22	7,19%	11,71	41,98	-0,70%
470	108	157	4,39	-0,23	7,36%	11,71	41,98	-0,73%
480	106	157	4,49	-0,25	7,53%	11,71	41,98	-0,79%
490	105	157	4,59	-0,26	7,69%	11,71	41,98	-0,82%
500	104	157	4,69	-0,27	7,86%	11,71	41,98	-0,85%
510	103	157	4,79	-0,28	8,03%	11,71	41,98	-0,89%
520	102	157	4,89	-0,29	8,20%	11,71	41,98	-0,92%
530	100	157	4,99	-0,31	8,37%	11,71	41,98	-0,98%
540	99	157	5,09	-0,32	8,53%	11,71	41,98	-1,01%
550	98	157	5,19	-0,33	8,70%	11,71	41,98	-1,04%
560	97	157	5,29	-0,34	8,87%	11,71	41,98	-1,08%
570	95	157	5,39	-0,36	9,04%	11,71	41,98	-1,14%

Tabela - Tensão Normal 100kPa

Leitura nos Extensômetros			Desloc. Horizontal (mm)	Desloc. Vertical (mm)	ϵ (%)	Carga (kgf)	τ (kPa)	$\Delta V_i/V_0$ (%)
H	V	Anel						
0	298	0	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
10	300	12	0,08	0,02	0,13%	0,90	3,21	0,06%
20	301	25	0,15	0,03	0,25%	1,87	6,68	0,09%
30	302	32	0,24	0,04	0,40%	2,39	8,56	0,13%
40	303	40	0,32	0,05	0,54%	2,98	10,70	0,16%
50	304	47	0,41	0,06	0,68%	3,51	12,57	0,19%
60	305	56	0,49	0,07	0,82%	4,18	14,97	0,22%
70	306	65	0,57	0,08	0,96%	4,85	17,38	0,25%
80	307	73	0,65	0,09	1,10%	5,45	19,52	0,28%
90	308	81	0,74	0,10	1,24%	6,04	21,66	0,32%
100	308	88	0,82	0,10	1,38%	6,56	23,53	0,32%
110	309	96	0,91	0,11	1,52%	7,16	25,67	0,35%
120	309	104	0,99	0,11	1,66%	7,76	27,81	0,35%
130	309	113	1,07	0,11	1,80%	8,43	30,22	0,35%
140	310	120	1,16	0,12	1,95%	8,95	32,09	0,38%
150	310	129	1,24	0,12	2,08%	9,62	34,49	0,38%
160	310	140	1,32	0,12	2,21%	10,44	37,44	0,38%
170	310	147	1,41	0,12	2,36%	10,97	39,31	0,38%
180	310	156	1,49	0,12	2,50%	11,64	41,71	0,38%
190	311	165	1,57	0,13	2,63%	12,31	44,12	0,41%
200	311	175	1,65	0,13	2,77%	13,06	46,79	0,41%
210	311	183	1,73	0,13	2,91%	13,65	48,93	0,41%
220	311	191	1,82	0,13	3,05%	14,25	51,07	0,41%
230	311	198	1,90	0,13	3,19%	14,77	52,94	0,41%
240	311	206	1,99	0,13	3,34%	15,37	55,08	0,41%
250	311	215	2,07	0,13	3,47%	16,04	57,49	0,41%
260	311	221	2,16	0,13	3,62%	16,49	59,09	0,41%
270	311	228	2,24	0,13	3,77%	17,01	60,97	0,41%
280	311	234	2,33	0,13	3,91%	17,46	62,57	0,41%
290	311	237	2,43	0,13	4,07%	17,68	63,37	0,41%
300	310	238	2,52	0,12	4,23%	17,75	63,64	0,38%
310	309	238	2,62	0,11	4,40%	17,75	63,64	0,35%
320	308	239	2,72	0,10	4,57%	17,83	63,91	0,32%
330	307	246	2,81	0,09	4,71%	18,35	65,78	0,28%
340	306	250	2,90	0,08	4,87%	18,65	66,85	0,25%
350	305	254	2,99	0,07	5,02%	18,95	67,92	0,22%
360	305	258	3,08	0,07	5,17%	19,25	68,99	0,22%
370	305	264	3,17	0,07	5,32%	19,69	70,59	0,22%
380	304	269	3,26	0,06	5,47%	20,07	71,93	0,19%
390	303	274	3,35	0,05	5,62%	20,44	73,27	0,16%
400	303	277	3,45	0,05	5,78%	20,66	74,07	0,16%
410	302	280	3,54	0,04	5,94%	20,89	74,87	0,13%
420	301	284	3,63	0,03	6,09%	21,19	75,94	0,09%
430	300	288	3,72	0,02	6,25%	21,48	77,01	0,06%
440	300	291	3,82	0,02	6,41%	21,71	77,81	0,06%
450	299	294	3,91	0,01	6,56%	21,93	78,61	0,03%
460	298	297	4,01	0,00	6,72%	22,16	79,42	0,00%
470	296	299	4,10	-0,02	6,88%	22,31	79,95	-0,06%
480	295	302	4,20	-0,03	7,04%	22,53	80,75	-0,09%
490	294	305	4,29	-0,04	7,20%	22,75	81,56	-0,13%
500	294	307	4,39	-0,04	7,36%	22,90	82,09	-0,13%
510	293	308	4,48	-0,05	7,52%	22,98	82,36	-0,16%
520	292	311	4,58	-0,06	7,68%	23,20	83,16	-0,19%
530	291	312	4,68	-0,07	7,85%	23,28	83,43	-0,22%
540	290	313	4,77	-0,08	8,01%	23,35	83,70	-0,25%
550	289	314	4,87	-0,09	8,17%	23,42	83,96	-0,28%
560	288	314	4,97	-0,10	8,34%	23,42	83,96	-0,32%
570	287	314	5,07	-0,11	8,51%	23,42	83,96	-0,35%
580	285	314	5,17	-0,13	8,68%	23,42	83,96	-0,41%
590	284	313	5,27	-0,14	8,85%	23,35	83,70	-0,44%
600	282	313	5,37	-0,16	9,02%	23,35	83,70	-0,51%
610	281	313	5,47	-0,17	9,18%	23,35	83,70	-0,54%
620	280	313	5,57	-0,18	9,35%	23,35	83,70	-0,57%
630	279	313	5,67	-0,19	9,52%	23,35	83,70	-0,60%

Tabela - Tensão Normal 200kPa

Leitura nos Extensômetros			Desloc. Horizontal (mm)	Desloc. Vertical (mm)	ϵ (%)	Carga (kgf)	τ (kPa)	$\Delta V_i/V_0$ (%)
H	V	Anel						
0	403	0	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
10	405	14	0,07	0,02	0,12%	1,04	3,74	0,06%
20	406	28	0,14	0,03	0,24%	2,09	7,49	0,09%
30	408	42	0,22	0,05	0,36%	3,13	11,23	0,16%
40	409	54	0,29	0,06	0,49%	4,03	14,44	0,19%
50	411	66	0,37	0,08	0,62%	4,92	17,65	0,25%
60	412	78	0,44	0,09	0,74%	5,82	20,86	0,28%
70	413	91	0,52	0,10	0,87%	6,79	24,33	0,32%
80	414	104	0,59	0,11	0,99%	7,76	27,81	0,35%
90	415	116	0,67	0,12	1,12%	8,65	31,02	0,38%
100	416	128	0,74	0,13	1,25%	9,55	34,23	0,41%
110	417	138	0,82	0,14	1,38%	10,29	36,90	0,44%
120	418	148	0,90	0,15	1,52%	11,04	39,57	0,47%
130	419	158	0,98	0,16	1,65%	11,79	42,25	0,51%
140	420	167	1,07	0,17	1,79%	12,46	44,66	0,54%
150	421	178	1,14	0,18	1,92%	13,28	47,60	0,57%
160	422	189	1,22	0,19	2,05%	14,10	50,54	0,60%
170	422	200	1,30	0,19	2,18%	14,92	53,48	0,60%
180	423	210	1,38	0,20	2,32%	15,67	56,15	0,63%
190	424	219	1,46	0,21	2,45%	16,34	58,56	0,66%
200	424	230	1,54	0,21	2,58%	17,16	61,50	0,66%
210	425	240	1,62	0,22	2,72%	17,90	64,18	0,70%
220	425	249	1,70	0,22	2,86%	18,58	66,58	0,70%
230	426	258	1,78	0,23	2,99%	19,25	68,99	0,73%
240	426	267	1,87	0,23	3,13%	19,92	71,39	0,73%
250	427	276	1,95	0,24	3,27%	20,59	73,80	0,76%
260	427	285	2,03	0,24	3,41%	21,26	76,21	0,76%
270	427	294	2,11	0,24	3,54%	21,93	78,61	0,76%
280	428	302	2,20	0,25	3,68%	22,53	80,75	0,79%
290	428	310	2,28	0,25	3,83%	23,13	82,89	0,79%
300	428	318	2,36	0,25	3,97%	23,72	85,03	0,79%
310	428	325	2,45	0,25	4,11%	24,25	86,90	0,79%
320	428	332	2,54	0,25	4,26%	24,77	88,78	0,79%
330	428	340	2,62	0,25	4,40%	25,36	90,91	0,79%
340	429	348	2,70	0,26	4,54%	25,96	93,05	0,82%
350	429	357	2,79	0,26	4,67%	26,63	95,46	0,82%
360	429	366	2,87	0,26	4,81%	27,30	97,87	0,82%
370	429	375	2,95	0,26	4,95%	27,98	100,27	0,82%
380	429	383	3,03	0,26	5,09%	28,57	102,41	0,82%
390	429	390	3,12	0,26	5,23%	29,09	104,28	0,82%
400	430	397	3,21	0,27	5,38%	29,62	106,16	0,85%
410	430	404	3,29	0,27	5,52%	30,14	108,03	0,85%
420	430	412	3,38	0,27	5,66%	30,74	110,17	0,85%
430	430	419	3,46	0,27	5,81%	31,26	112,04	0,85%
440	430	425	3,55	0,27	5,96%	31,71	113,64	0,85%
450	429	429	3,64	0,26	6,11%	32,00	114,71	0,82%
460	429	435	3,73	0,26	6,26%	32,45	116,32	0,82%
470	429	440	3,82	0,26	6,41%	32,82	117,65	0,82%
480	428	448	3,90	0,25	6,55%	33,42	119,79	0,79%
490	428	454	3,99	0,25	6,70%	33,87	121,40	0,79%
500	428	460	4,08	0,25	6,85%	34,32	123,00	0,79%
510	427	466	4,17	0,24	6,99%	34,76	124,61	0,76%
520	427	472	4,26	0,24	7,14%	35,21	126,21	0,76%
530	427	479	4,34	0,24	7,29%	35,73	128,08	0,76%
540	426	485	4,43	0,23	7,43%	36,18	129,69	0,73%
550	426	491	4,52	0,23	7,58%	36,63	131,29	0,73%
560	426	496	4,61	0,23	7,73%	37,00	132,63	0,73%
570	426	501	4,70	0,23	7,88%	37,37	133,97	0,73%
580	425	506	4,79	0,22	8,03%	37,75	135,30	0,70%
590	425	510	4,88	0,22	8,19%	38,05	136,37	0,70%
600	424	512	4,98	0,21	8,35%	38,20	136,91	0,66%
610	423	512	5,08	0,20	8,52%	38,20	136,91	0,63%
620	422	512	5,18	0,19	8,68%	38,20	136,91	0,60%
630	421	512	5,28	0,18	8,85%	38,20	136,91	0,57%
640	420	512	5,38	0,17	9,02%	38,20	136,91	0,54%
650	419	512	5,48	0,16	9,19%	38,20	136,91	0,51%
660	418	512	5,58	0,15	9,36%	38,20	136,91	0,47%
670	417	512	5,68	0,14	9,52%	38,20	136,91	0,44%
680	416	512	5,78	0,13	9,69%	38,20	136,91	0,41%
690	415	512	5,88	0,12	9,86%	38,20	136,91	0,38%

ANEXO AF – Ensaio de cisalhamento direto com o teor $\chi = 100\%$

Tabela - Tensão Normal 50kPa

Leitura nos Extensômetros			Desloc. Horizontal (mm)	Desloc. Vertical (mm)	ϵ (%)	Carga (kgf)	τ (kPa)	$\Delta V_i/V_0$ (%)
H	V	Anel						
0	203	0	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
10	203	0	0,10	0,00	0,17%	0,00	0,00	0,00%
20	204	0	0,20	0,01	0,34%	0,00	0,00	0,03%
30	204	1	0,30	0,01	0,50%	0,07	0,27	0,03%
40	205	1	0,40	0,02	0,67%	0,07	0,27	0,06%
50	205	2	0,50	0,02	0,83%	0,15	0,53	0,06%
60	206	2	0,60	0,03	1,00%	0,15	0,53	0,09%
70	207	3	0,69	0,04	1,16%	0,22	0,80	0,13%
80	207	4	0,79	0,04	1,33%	0,30	1,07	0,13%
90	208	5	0,89	0,05	1,49%	0,37	1,34	0,16%
100	209	6	0,99	0,06	1,66%	0,45	1,60	0,19%
110	210	7	1,09	0,07	1,82%	0,52	1,87	0,22%
120	210	9	1,18	0,07	1,98%	0,67	2,41	0,22%
130	210	10	1,28	0,07	2,15%	0,75	2,67	0,22%
140	211	12	1,38	0,08	2,31%	0,90	3,21	0,25%
150	211	14	1,47	0,08	2,47%	1,04	3,74	0,25%
160	211	16	1,57	0,08	2,63%	1,19	4,28	0,25%
170	211	18	1,66	0,08	2,79%	1,34	4,81	0,25%
180	211	20	1,76	0,08	2,95%	1,49	5,35	0,25%
190	212	22	1,86	0,09	3,11%	1,64	5,88	0,28%
200	212	24	1,95	0,09	3,28%	1,79	6,42	0,28%
210	212	26	2,05	0,09	3,44%	1,94	6,95	0,28%
220	213	27	2,15	0,10	3,60%	2,01	7,22	0,32%
230	213	28	2,24	0,10	3,77%	2,09	7,49	0,32%
240	213	30	2,34	0,10	3,93%	2,24	8,02	0,32%
250	213	32	2,44	0,10	4,09%	2,39	8,56	0,32%
260	213	34	2,53	0,10	4,25%	2,54	9,09	0,32%
270	213	36	2,63	0,10	4,41%	2,69	9,63	0,32%
280	213	38	2,72	0,10	4,57%	2,83	10,16	0,32%
290	213	41	2,82	0,10	4,73%	3,06	10,96	0,32%
300	212	44	2,91	0,09	4,89%	3,28	11,77	0,28%
310	212	46	3,01	0,09	5,05%	3,43	12,30	0,28%
320	212	48	3,10	0,09	5,21%	3,58	12,84	0,28%
330	212	50	3,20	0,09	5,37%	3,73	13,37	0,28%
340	211	51	3,30	0,08	5,53%	3,80	13,64	0,25%
350	211	52	3,40	0,08	5,70%	3,88	13,90	0,25%
360	210	53	3,49	0,07	5,86%	3,95	14,17	0,22%
370	210	54	3,59	0,07	6,03%	4,03	14,44	0,22%
380	209	56	3,69	0,06	6,19%	4,18	14,97	0,19%
390	209	58	3,78	0,06	6,35%	4,33	15,51	0,19%
400	208	60	3,88	0,05	6,51%	4,48	16,04	0,16%
410	208	62	3,98	0,05	6,67%	4,63	16,58	0,16%
420	207	63	4,07	0,04	6,84%	4,70	16,85	0,13%
430	207	64	4,17	0,04	7,00%	4,77	17,11	0,13%
440	207	65	4,27	0,04	7,16%	4,85	17,38	0,13%
450	206	67	4,37	0,03	7,33%	5,00	17,92	0,09%
460	206	69	4,46	0,03	7,49%	5,15	18,45	0,09%
470	206	71	4,56	0,03	7,65%	5,30	18,99	0,09%
480	205	73	4,65	0,02	7,81%	5,45	19,52	0,06%
490	205	74	4,75	0,02	7,97%	5,52	19,79	0,06%
500	205	76	4,85	0,02	8,13%	5,67	20,32	0,06%
510	205	78	4,94	0,02	8,30%	5,82	20,86	0,06%
520	204	80	5,04	0,01	8,46%	5,97	21,39	0,03%
530	204	81	5,14	0,01	8,62%	6,04	21,66	0,03%
540	204	82	5,24	0,01	8,79%	6,12	21,93	0,03%
550	204	84	5,33	0,01	8,95%	6,27	22,46	0,03%
560	204	85	5,43	0,01	9,11%	6,34	22,73	0,03%
570	203	85	5,53	0,00	9,28%	6,34	22,73	0,00%
580	203	85	5,63	0,00	9,45%	6,34	22,73	0,00%
590	202	85	5,73	-0,01	9,61%	6,34	22,73	-0,03%
600	201	85	5,83	-0,02	9,78%	6,34	22,73	-0,06%

Tabela - Tensão Normal 100kPa

Leitura nos Extensômetros			Desloc. Horizontal (mm)	Desloc. Vertical (mm)	ϵ (%)	Carga (kgf)	τ (kPa)	$\Delta V_i/V_0$ (%)
H	V	Anel						
0	512	0	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
10	514	1	0,10	0,02	0,16%	0,07	0,27	0,06%
20	515	2	0,20	0,03	0,33%	0,15	0,53	0,09%
30	515	4	0,29	0,03	0,49%	0,30	1,07	0,09%
40	516	8	0,38	0,04	0,64%	0,60	2,14	0,13%
50	517	12	0,48	0,05	0,80%	0,90	3,21	0,16%
60	517	16	0,57	0,05	0,95%	1,19	4,28	0,16%
70	518	20	0,66	0,06	1,11%	1,49	5,35	0,19%
80	519	24	0,75	0,07	1,26%	1,79	6,42	0,22%
90	519	28	0,84	0,07	1,42%	2,09	7,49	0,22%
100	520	32	0,94	0,08	1,57%	2,39	8,56	0,25%
110	521	36	1,03	0,09	1,72%	2,69	9,63	0,28%
120	522	40	1,12	0,10	1,88%	2,98	10,70	0,32%
130	523	44	1,21	0,11	2,03%	3,28	11,77	0,35%
140	523	48	1,30	0,11	2,19%	3,58	12,84	0,35%
150	524	52	1,40	0,12	2,34%	3,88	13,90	0,38%
160	525	56	1,49	0,13	2,50%	4,18	14,97	0,41%
170	526	60	1,58	0,14	2,65%	4,48	16,04	0,44%
180	526	64	1,67	0,14	2,81%	4,77	17,11	0,44%
190	527	67	1,77	0,15	2,96%	5,00	17,92	0,47%
200	528	71	1,86	0,16	3,12%	5,30	18,99	0,51%
210	529	74	1,95	0,17	3,28%	5,52	19,79	0,54%
220	529	77	2,05	0,17	3,43%	5,74	20,59	0,54%
230	530	80	2,14	0,18	3,59%	5,97	21,39	0,57%
240	530	83	2,23	0,18	3,75%	6,19	22,19	0,57%
250	531	86	2,33	0,19	3,91%	6,42	23,00	0,60%
260	532	89	2,42	0,20	4,06%	6,64	23,80	0,63%
270	532	92	2,52	0,20	4,22%	6,86	24,60	0,63%
280	532	95	2,61	0,20	4,38%	7,09	25,40	0,63%
290	533	98	2,70	0,21	4,54%	7,31	26,20	0,66%
300	533	101	2,80	0,21	4,69%	7,53	27,01	0,66%
310	534	104	2,89	0,22	4,85%	7,76	27,81	0,70%
320	534	107	2,99	0,22	5,01%	7,98	28,61	0,70%
330	535	110	3,08	0,23	5,17%	8,21	29,41	0,73%
340	535	113	3,17	0,23	5,33%	8,43	30,22	0,73%
350	535	116	3,27	0,23	5,48%	8,65	31,02	0,73%
360	536	119	3,36	0,24	5,64%	8,88	31,82	0,76%
370	536	122	3,46	0,24	5,80%	9,10	32,62	0,76%
380	536	125	3,55	0,24	5,96%	9,33	33,42	0,76%
390	536	128	3,64	0,24	6,11%	9,55	34,23	0,76%
400	536	131	3,74	0,24	6,27%	9,77	35,03	0,76%
410	537	133	3,83	0,25	6,43%	9,92	35,56	0,79%
420	537	135	3,93	0,25	6,59%	10,07	36,10	0,79%
430	537	137	4,03	0,25	6,76%	10,22	36,63	0,79%
440	537	139	4,12	0,25	6,92%	10,37	37,17	0,79%
450	537	141	4,22	0,25	7,08%	10,52	37,70	0,79%
460	537	143	4,31	0,25	7,24%	10,67	38,24	0,79%
470	537	145	4,41	0,25	7,40%	10,82	38,77	0,79%
480	537	147	4,51	0,25	7,56%	10,97	39,31	0,79%
490	537	149	4,60	0,25	7,72%	11,12	39,84	0,79%
500	536	150	4,70	0,24	7,89%	11,19	40,11	0,76%
510	536	151	4,80	0,24	8,05%	11,26	40,38	0,76%
520	536	152	4,90	0,24	8,21%	11,34	40,64	0,76%
530	536	153	4,99	0,24	8,38%	11,41	40,91	0,76%
540	535	154	5,09	0,23	8,54%	11,49	41,18	0,73%
550	535	155	5,19	0,23	8,71%	11,56	41,45	0,73%
560	535	156	5,29	0,23	8,87%	11,64	41,71	0,73%
570	534	157	5,39	0,22	9,04%	11,71	41,98	0,70%
580	534	157	5,49	0,22	9,20%	11,71	41,98	0,70%
590	534	157	5,59	0,22	9,37%	11,71	41,98	0,70%
600	533	157	5,69	0,21	9,54%	11,71	41,98	0,66%
610	533	156	5,79	0,21	9,71%	11,64	41,71	0,66%
620	532	156	5,89	0,20	9,88%	11,64	41,71	0,63%
630	531	156	5,99	0,19	10,05%	11,64	41,71	0,60%

Tabela - Tensão Normal 150kPa

Leitura nos Extensômetros			Desloc. Horizontal	Desloc. Vertical	ϵ (%)	Carga (kgf)	τ (kPa)	$\Delta V_i/V_o$ (%)
H	V	Anel	(mm)	(mm)				
0	436	0	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
10	439	3	0,09	0,03	0,16%	0,22	0,80	0,09%
20	441	3	0,19	0,05	0,33%	0,22	0,80	0,16%
30	442	7	0,29	0,06	0,48%	0,52	1,87	0,19%
40	443	14	0,37	0,07	0,62%	1,04	3,74	0,22%
50	444	20	0,46	0,08	0,77%	1,49	5,35	0,25%
60	445	26	0,55	0,09	0,92%	1,94	6,95	0,28%
70	446	32	0,64	0,10	1,07%	2,39	8,56	0,32%
80	448	37	0,73	0,12	1,22%	2,76	9,89	0,38%
90	449	42	0,82	0,13	1,37%	3,13	11,23	0,41%
100	450	46	0,91	0,14	1,52%	3,43	12,30	0,44%
110	451	50	1,00	0,15	1,68%	3,73	13,37	0,47%
120	453	55	1,09	0,17	1,83%	4,10	14,71	0,54%
130	454	60	1,18	0,18	1,98%	4,48	16,04	0,57%
140	455	64	1,27	0,19	2,13%	4,77	17,11	0,60%
150	456	69	1,36	0,20	2,29%	5,15	18,45	0,63%
160	458	74	1,45	0,22	2,44%	5,52	19,79	0,70%
170	459	79	1,54	0,23	2,59%	5,89	21,12	0,73%
180	460	85	1,63	0,24	2,73%	6,34	22,73	0,76%
190	461	89	1,72	0,25	2,89%	6,64	23,80	0,79%
200	463	93	1,81	0,27	3,04%	6,94	24,87	0,85%
210	464	98	1,90	0,28	3,19%	7,31	26,20	0,89%
220	465	102	2,00	0,29	3,35%	7,61	27,27	0,92%
230	466	107	2,09	0,30	3,50%	7,98	28,61	0,95%
240	466	112	2,18	0,30	3,65%	8,36	29,95	0,95%
250	467	117	2,27	0,31	3,80%	8,73	31,29	0,98%
260	468	122	2,36	0,32	3,95%	9,10	32,62	1,01%
270	469	125	2,45	0,33	4,11%	9,33	33,42	1,04%
280	470	130	2,54	0,34	4,26%	9,70	34,76	1,08%
290	470	135	2,63	0,34	4,41%	10,07	36,10	1,08%
300	471	140	2,72	0,35	4,56%	10,44	37,44	1,11%
310	472	147	2,81	0,36	4,71%	10,97	39,31	1,14%
320	472	154	2,89	0,36	4,85%	11,49	41,18	1,14%
330	473	161	2,98	0,37	5,00%	12,01	43,05	1,17%
340	474	166	3,07	0,38	5,15%	12,38	44,39	1,20%
350	474	172	3,16	0,38	5,30%	12,83	45,99	1,20%
360	475	178	3,24	0,39	5,44%	13,28	47,60	1,23%
370	476	184	3,33	0,40	5,59%	13,73	49,20	1,27%
380	476	188	3,42	0,40	5,74%	14,02	50,27	1,27%
390	477	193	3,51	0,41	5,90%	14,40	51,61	1,30%
400	477	198	3,60	0,41	6,05%	14,77	52,94	1,30%
410	478	202	3,70	0,42	6,20%	15,07	54,01	1,33%
420	478	206	3,79	0,42	6,36%	15,37	55,08	1,33%
430	479	212	3,88	0,43	6,50%	15,82	56,69	1,36%
440	479	218	3,96	0,43	6,65%	16,26	58,29	1,36%
450	480	222	4,06	0,44	6,81%	16,56	59,36	1,39%
460	480	228	4,14	0,44	6,95%	17,01	60,97	1,39%
470	480	232	4,24	0,44	7,11%	17,31	62,04	1,39%
480	481	236	4,33	0,45	7,26%	17,61	63,11	1,42%
490	481	240	4,42	0,45	7,42%	17,90	64,18	1,42%
500	481	243	4,51	0,45	7,57%	18,13	64,98	1,42%
510	482	246	4,61	0,46	7,73%	18,35	65,78	1,46%
520	482	249	4,70	0,46	7,89%	18,58	66,58	1,46%
530	482	252	4,80	0,46	8,05%	18,80	67,38	1,46%
540	482	254	4,89	0,46	8,21%	18,95	67,92	1,46%
550	483	256	4,99	0,47	8,37%	19,10	68,45	1,49%
560	483	258	5,08	0,47	8,53%	19,25	68,99	1,49%
570	483	260	5,18	0,47	8,69%	19,40	69,52	1,49%
580	484	262	5,28	0,48	8,85%	19,55	70,06	1,52%
590	484	264	5,37	0,48	9,01%	19,69	70,59	1,52%
600	484	267	5,47	0,48	9,17%	19,92	71,39	1,52%
610	484	269	5,56	0,48	9,33%	20,07	71,93	1,52%
620	484	270	5,66	0,48	9,50%	20,14	72,20	1,52%
630	484	272	5,76	0,48	9,66%	20,29	72,73	1,52%
640	485	274	5,85	0,49	9,82%	20,44	73,27	1,55%

Tabela - Tensão Normal 200kPa

Leitura nos Extensômetros			Desloc. Horizontal (mm)	Desloc. Vertical (mm)	ϵ (%)	Carga (kgf)	τ (kPa)	$\Delta V_i/V_o$ (%)
H	V	Anel						
0	765	0	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
10	767	10	0,08	0,02	0,13%	0,75	2,67	0,06%
20	768	20	0,16	0,03	0,27%	1,49	5,35	0,09%
30	769	29	0,24	0,04	0,41%	2,16	7,75	0,13%
40	770	38	0,32	0,05	0,54%	2,83	10,16	0,16%
50	771	47	0,41	0,06	0,68%	3,51	12,57	0,19%
60	772	55	0,49	0,07	0,82%	4,10	14,71	0,22%
70	773	63	0,57	0,08	0,96%	4,70	16,85	0,25%
80	774	71	0,66	0,09	1,10%	5,30	18,99	0,28%
90	775	79	0,74	0,10	1,24%	5,89	21,12	0,32%
100	776	84	0,83	0,11	1,40%	6,27	22,46	0,35%
110	777	92	0,92	0,12	1,54%	6,86	24,60	0,38%
120	778	98	1,00	0,13	1,68%	7,31	26,20	0,41%
130	779	104	1,09	0,14	1,83%	7,76	27,81	0,44%
140	780	111	1,18	0,15	1,98%	8,28	29,68	0,47%
150	781	118	1,26	0,16	2,12%	8,80	31,55	0,51%
160	782	124	1,35	0,17	2,27%	9,25	33,16	0,54%
170	783	132	1,44	0,18	2,41%	9,85	35,30	0,57%
180	784	140	1,52	0,19	2,55%	10,44	37,44	0,60%
190	785	147	1,61	0,20	2,69%	10,97	39,31	0,63%
200	785	154	1,69	0,20	2,84%	11,49	41,18	0,63%
210	786	162	1,78	0,21	2,98%	12,09	43,32	0,66%
220	786	168	1,86	0,21	3,13%	12,53	44,92	0,66%
230	787	175	1,95	0,22	3,27%	13,06	46,79	0,70%
240	788	182	2,04	0,23	3,42%	13,58	48,67	0,73%
250	788	190	2,12	0,23	3,56%	14,17	50,81	0,73%
260	789	197	2,21	0,24	3,70%	14,70	52,68	0,76%
270	790	205	2,29	0,25	3,84%	15,29	54,82	0,79%
280	790	211	2,38	0,25	3,99%	15,74	56,42	0,79%
290	791	219	2,46	0,26	4,13%	16,34	58,56	0,82%
300	791	224	2,55	0,26	4,28%	16,71	59,90	0,82%
310	792	231	2,64	0,27	4,43%	17,23	61,77	0,85%
320	792	238	2,72	0,27	4,57%	17,75	63,64	0,85%
330	793	245	2,81	0,28	4,71%	18,28	65,51	0,89%
340	793	251	2,90	0,28	4,86%	18,72	67,12	0,89%
350	793	259	2,98	0,28	5,00%	19,32	69,26	0,89%
360	794	265	3,07	0,29	5,15%	19,77	70,86	0,92%
370	794	271	3,16	0,29	5,30%	20,22	72,46	0,92%
380	794	275	3,25	0,29	5,45%	20,52	73,53	0,92%
390	794	278	3,34	0,29	5,61%	20,74	74,34	0,92%
400	794	280	3,44	0,29	5,77%	20,89	74,87	0,92%
410	794	285	3,53	0,29	5,92%	21,26	76,21	0,92%
420	794	290	3,62	0,29	6,07%	21,63	77,55	0,92%
430	794	294	3,71	0,29	6,23%	21,93	78,61	0,92%
440	795	300	3,80	0,30	6,38%	22,38	80,22	0,95%
450	795	305	3,89	0,30	6,53%	22,75	81,56	0,95%
460	795	310	3,98	0,30	6,68%	23,13	82,89	0,95%
470	795	315	4,07	0,30	6,83%	23,50	84,23	0,95%
480	795	320	4,16	0,30	6,98%	23,87	85,57	0,95%
490	795	325	4,25	0,30	7,13%	24,25	86,90	0,95%
500	795	329	4,34	0,30	7,29%	24,54	87,97	0,95%
510	795	333	4,43	0,30	7,44%	24,84	89,04	0,95%
520	795	337	4,53	0,30	7,59%	25,14	90,11	0,95%
530	795	340	4,62	0,30	7,75%	25,36	90,91	0,95%
540	795	343	4,71	0,30	7,91%	25,59	91,72	0,95%
550	795	346	4,81	0,30	8,07%	25,81	92,52	0,95%
560	795	352	4,90	0,30	8,21%	26,26	94,12	0,95%
570	795	357	4,99	0,30	8,37%	26,63	95,46	0,95%
580	796	361	5,08	0,31	8,52%	26,93	96,53	0,98%
590	796	366	5,17	0,31	8,67%	27,30	97,87	0,98%
600	796	370	5,26	0,31	8,83%	27,60	98,94	0,98%
610	796	373	5,35	0,31	8,98%	27,83	99,74	0,98%
620	796	377	5,45	0,31	9,14%	28,12	100,81	0,98%
630	796	381	5,54	0,31	9,29%	28,42	101,88	0,98%
640	797	385	5,63	0,32	9,45%	28,72	102,95	1,01%
650	797	390	5,72	0,32	9,60%	29,09	104,28	1,01%
660	797	394	5,81	0,32	9,75%	29,39	105,35	1,01%
670	797	399	5,90	0,32	9,90%	29,77	106,69	1,01%
680	797	403	5,99	0,32	10,06%	30,06	107,76	1,01%
690	797	407	6,09	0,32	10,21%	30,36	108,83	1,01%
700	798	410	6,18	0,33	10,37%	30,59	109,63	1,04%
710	798	413	6,27	0,33	10,53%	30,81	110,43	1,04%
720	798	415	6,37	0,33	10,69%	30,96	110,97	1,04%
730	798	416	6,47	0,33	10,85%	31,03	111,24	1,04%
740	798	416	6,57	0,33	11,02%	31,03	111,24	1,04%
750	798	416	6,67	0,33	11,19%	31,03	111,24	1,04%
760	798	416	6,77	0,33	11,36%	31,03	111,24	1,04%
770	798	416	6,87	0,33	11,52%	31,03	111,24	1,04%
780	798	416	6,97	0,33	11,69%	31,03	111,24	1,04%
790	798	416	7,07	0,33	11,86%	31,03	111,24	1,04%
800	798	416	7,17	0,33	12,03%	31,03	111,24	1,04%
810	798	416	7,27	0,33	12,19%	31,03	111,24	1,04%

