

**UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE
DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA

Curso de Engenharia Civil

CARLA SABRINE POMPÉO PLENTZ

**OBTENÇÃO DE PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA AO
CISALHAMENTO DE GRÃOS PRODUZIDOS NA REGIÃO
SUL DO BRASIL**

IJUÍ/RS

2006

Carla Sabrine Pompéo Plentz

**OBTENÇÃO DE PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA AO
CISALHAMENTO DE GRÃOS PRODUZIDOS NA REGIÃO
SUL DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia
Civil apresentado como requisito parcial para
obtenção do Grau de Engenheiro Civil.

**IJUÍ/RS
2006**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelos membros da banca examinadora.

Prof. Luciano Pivoto Specht, Dr. Eng. – Orientador

Banca Examinadora

Prof. Luis Eduardo Modler, M. Eng.

UNIJUÍ/DeTec

Prof. Lidiane Bittencourt Barroso, M.Eng.

UNIJUÍ/DeTec

Dedico este trabalho ao meu esposo Giovani André Plentz pelo seu amor, carinho, dedicação e compreensão dispensados a mim em todos os momentos e também a nossa linda filha Letícia que veio completar nossa união e iluminar nossas vidas.

Em especial também aos meus pais Bruno e Julieta em agradecimento ao amor, compreensão e apoio durante toda minha vida.

AGRADECIMENTOS

Para a efetiva elaboração desse trabalho, muitas pessoas foram envolvidas. A todas, gostaria de expressar meu eterno agradecimento.

À Universidade Regional do Estado do Rio Grande do Sul e ao Departamento de Tecnologia por oferecer e possibilitar a realização do curso de Engenharia Civil.

Ao Professor Luciano Pivoto Specht, pela orientação durante este percurso, pela sua incansável contribuição e disposição no desenvolvimento das atividades e pela sua amizade e compreensão.

A todos os professores do curso de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ, RS), por suas contribuições através do conhecimento e experiências.

Aos colaboradores da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ, RS), Salete e Luís que auxiliaram nos trabalhos realizados no laboratório e também à Cláudia pelo auxílio nos momentos necessários.

RESUMO

A agricultura brasileira e a produção de grãos têm sofrido pressões no que diz respeito à qualidade nutricional em razão da conscientização dos consumidores. Da mesma forma as pressões sociais para redução da perda de alimentos que ocorrem ao longo da cadeia produtiva; a queda de barreiras de proteção do mercado interno; as exigências cada vez maiores do mercado internacional entre outros, propiciam um momento adequado para a adoção de procedimentos que auxiliem na modernização do setor armazenador. Em razão da ausência de regras estabelecidas pelo setor, prevalecem, na maioria das situações, parâmetros criados para outras atividades que nem sempre são similares com os problemas de armazenamento. Um exemplo comum desse problema é a utilização de portarias estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para vários produtos, que tem como função principal a definição de regras para comercialização, pelo setor armazenador (LORINI, 2002). Este trabalho tem como objetivo principal a determinação dos parâmetros de resistência ao cisalhamento dos grãos soja, milho, trigo e arroz – produzidos na região Sul do Brasil - e a utilização destes parâmetros no cálculo do empuxo de unidades de armazenagem de grãos. Os parâmetros de resistência estudados são ângulo de atrito e coesão. Os resultados obtidos de atrito grão interface foram de: 10,73° até 26,96° para os grãos de soja; de 11,41° a 26,33° para os grãos de milho; de 15,16° até 22,90° para os grãos de trigo e variando de 8,80° a 31,60° para os grãos de arroz. Para a coesão, foram obtidos os valores: de 17,56kPa até 18,20kPa, para os grãos de soja; 11,27kPa a 17,85kPa, para os grãos de milho, mínimo de 1,10kPa e máximo de 11,82 kPa para os grãos de trigo e variação de 16,22kPa a 24,24kPa para os grãos de arroz. Os valores de atrito e coesão foram calculados com deslocamentos definidos, iniciando em 0,5mm até 3,0mm com variação de 0,5mm. Referente ao empuxo ativo calculado, o grão de soja foi que apresentou maiores valores.

Palavras-chaves: empuxo, estruturas de armazenagem de grãos, resistência ao cisalhamento

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Unidade de armazenagem do tipo armazém graneleiro.....	20
Figura 2: Unidade de armazenagem do tipo armazém graneleiro.....	20
Figura 3: Unidade de armazenagem do tipo silos metálicos.....	20
Figura 4: Unidade de armazenagem do tipo silos metálicos.....	21
Figura 5: Unidade de armazenagem do tipo silos metálicos.....	21
Figura 6: Equipamento utilizado no ensaio de cisalhamento direto.....	29
Figura 7: Resultados típicos de ensaios de compressão triaxial em areia fofas.....	32
Figura 8: Resultados típicos de ensaios de compressão triaxial em areia compactas.....	33
Figura 9: Variação do ângulo de atrito interno de uma areia com a tensão confinante.....	35
Figura 10: Grãos de soja.....	40
Figura 11: Grãos de milho.....	41
Figura 12: Grãos de trigo.....	42
Figura 13: Grãos de arroz.....	43
Figura 14: Ensaio de cisalhamento direto – esquema do equipamento.....	45
Figura 15: Ensaio de cisalhamento direto – representação dos resultados típicos do ensaio..	45
Figura 16: Ensaio de cisalhamento direto – representação dos resultados típicos do ensaio..	46
Figura 17: Acessório do equipamento de cisalhamento direto.....	47
Figura 18: Resultado os ensaio de análise granulométrica da soja.....	48
Figura 19: Resultado os ensaio de análise granulométrica do milho.....	49
Figura 20: Resultado os ensaio de análise granulométrica do trigo.....	50
Figura 21: Resultado os ensaio de análise granulométrica do arroz.....	50
Figura 22: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para soja.....	53
Figura 23: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para soja.....	54
Figura 24: Envoltória de deslocamento para soja.....	55
Figura 25: Ângulo de atrito e coesão para soja.....	56
Figura 26: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para milho.....	57
Figura 27: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para milho.....	58
Figura 28: Envoltória de deslocamento para milho.....	59
Figura 29: Ângulo de atrito e coesão para o milho.....	60

Figura 30: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para trigo	61
Figura 32: Envoltória de deslocamento para trigo	62
Figura 33: Ângulo de atrito e coesão para trigo	63
Figura 34: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para arroz.....	64
Figura 35: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para arroz.....	64
Figura 36: Envoltória de deslocamento para o arroz.....	65
Figura 37: Ângulo de atrito e coesão para arroz	66
Figura 38: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para a tensão de 20kPa	67
Figura 39: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para a tensão de 20kPa	67
Figura 40: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para a tensão de 100kPa	68
Figura 41: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para a tensão de 100kPa	69
Figura 42: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para a tensão de 175kPa	70
Figura 43: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para a tensão de 175kPa	70
Figura 44: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para a tensão de 250kPa	71
Figura 45: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para a tensão de 250kPa	72
Figura 46: Ângulo de atrito para todos os grãos	72
Figura 47: Coesão para todos os grãos.....	73
Figura 48: Valores de empuxo ativo para os grãos soja, milho, trigo e arroz.....	76
Figura 49: Valores de empuxo passivo para os grãos soja, milho, trigo e arroz.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Conjunto de ensaios de granulometria.....	38
Tabela 2: Conjunto de ensaios de determinação da massa específica	39
Tabela 3: Conjunto de ensaios de cisalhamento direto	39
Tabela 4: Resultado do ensaio de determinação da massa específica da soja	51
Tabela 5: Resultado do ensaio de determinação da massa específica do milho.....	51
Tabela 6: Resultado do ensaio de determinação da massa específica do trigo	52
Tabela 7: Resultado do ensaio de determinação da massa específica do arroz.....	52
Tabela 8: Resultado do ensaio de cisalhamento direto de soja	55
Tabela 9: Resultado do ensaio de cisalhamento direto de milho.....	59
Tabela 10: Resultado do ensaio de cisalhamento direto de trigo	62
Tabela 11: Resultado do ensaio de cisalhamento direto de arroz.....	65
Tabela 12: Dados para cálculo de empuxo.....	74
Tabela 13: Valores de empuxo ativo e empuxo passivo para ϕ , γ e c' conforme tabela 12.....	76

LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

h - Altura

ϕ - Ângulo de Atrito

q - Carga

δ - Coeficiente de Atrito solo / interface

K_a - Coeficiente de Empuxo Ativo

K_p - Coeficiente de Empuxo Passivo

K_0 - Coeficiente de Empuxo no Repouso

c' - Coesão ou Intercepto Coesivo

cm - Centímetros

cm^3 - Centímetros cúbicos

$d_{(h)}$ - Deslocamento Horizontal

$\Delta_{(h)}$ - Deslocamento Vertical

CD - Ensaio Adensado Drenado

CU - Ensaio Adensado não Drenado

UU - Ensaio Adensado não Drenado

E_a - Empuxo Ativo

E_p - Empuxo Passivo

E_r - Empuxo em Repouso

F_{Tom} = Fator de segurança de um muro quanto ao tombamento

F_{Desl} = Fator de segurança de um muro quanto ao deslizamento

T - Força Horizontal ou Cisalhante

N - Força Normal

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

β - Inclinação

I_a - Índice de Atividade

IP - Índice de Plasticidade

kN/m^3 - Quilo-Newton por metro quadrado

kPa - Quilo-Pascal

LEC - Laboratório de Engenharia Civil

LL - Limite de Liquidez

LP - Limite de Plasticidade

O.C.R. - Over consolidation ratio (Razão de sobre adensamento)

G - Peso específico dos grãos

γ_n - Peso específico natural

γ - Peso específico do Solo

σ_h - Pressão Horizontal

σ_v - Pressão Vertical

PIB - Produto Interno Bruto

Z - Profundidade

Su - Resistência não drenada

τ - Tensão Cisalhante

σ_N - Tensão Normal

σ_a - Tensão de pré-adensamento

τ_a - Tensão cisalhante ativa

τ_p - Tensão cisalhante passiva

τ_v - Tensão cisalhante vertical

TRI - Teorema da Região Inferior

TRS - Teorema da Região Superior

UNIJUÍ - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	TEMA DA PESQUISA	15
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA	15
1.3	FORMULAÇÃO DA QUESTÃO EM ESTUDO.....	16
1.4	JUSTIFICATIVAS	16
1.5	OBJETIVOS.....	17
1.5.1	Objetivos gerais.....	17
1.5.2	Objetivos específicos	17
1.6	SISTEMATIZAÇÃO DO ESTUDO.....	18
2	REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1	ARMAZENAGEM DE GRÃOS	19
2.2	EMPUXO DE TERRA	21
2.2.1	Coeficientes de empuxo	22
2.2.2	Teoria de Coulomb.....	23
2.2.3	Teoria de Rankine.....	24
2.2.3.1	Empuxo ativo.....	25
2.2.3.2	Empuxo passivo.....	25
2.3	RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO	26
2.3.1	Resistência ao cisalhamento das areias	26
2.3.2	Resistência ao cisalhamento das argilas.....	26
2.3.3	Atrito.....	27
2.3.4	Coesão	28
2.3.5	Determinação dos parâmetros de resistência	29
2.4	RESISTÊNCIA DAS AREIAS	31
2.4.1	Comportamento típico das areias	31
2.4.2	Ângulos de atrito típicos de areias.....	35
2.4.3	Distribuição granulométrica das areias	35
2.4.4	Resistência das areias	36
2.4.5	Estudo da resistência das areias por meio de ensaios de cisalhamento direto.....	36

3	METODOLOGIA.....	38
3.1	CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO	38
3.2	PLANO DE COLETA DE DADOS	38
3.2.1	<i>Análise granulométrica</i>	38
3.2.2	<i>Massa específica aparente</i>	39
3.2.3	<i>Cisalhamento direto</i>	39
3.3	MATERIAIS UTILIZADOS.....	40
3.3.1	<i>Soja</i>	40
3.3.2	<i>Milho</i>	41
3.3.3	<i>Trigo</i>	42
3.3.4	<i>Arroz</i>	43
3.4	ENSAIOS REALIZADOS.....	44
3.4.1	<i>Análise granulométrica</i>	44
3.4.2	<i>Massa específica aparente</i>	44
3.4.3	<i>Cisalhamento direto</i>	45
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	48
4.1	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA	48
4.2	MASSA ESPECÍFICA APARENTE.....	51
4.3	PARÂMETRO DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DIRETO.....	52
4.3.1	<i>Comportamento mecânico para o grão de soja</i>	53
4.3.1.1	<i>Envoltórias de resistência para diferentes deslocamentos – grãos de soja</i> ...	54
4.3.2	<i>Comportamento mecânico para o grão de milho</i>	56
4.3.2.1	<i>Envoltórias de resistência para diferentes deslocamentos – grãos de milho</i> ..	58
4.3.3	<i>Comportamento mecânico para os grãos de trigo</i>	60
4.3.3.1	<i>Envoltórias de resistência para diferentes deslocamentos – grãos de trigo</i> ..	62
4.3.4	<i>Comportamento mecânico para os grãos de arroz</i>	63
4.3.4.1	<i>Envoltórias de resistência para diferentes deslocamentos – grãos de arroz</i> ..	65
4.4	ANÁLISE E SISTEMATIZAÇÃO	66
5	CÁLCULO DE EMPUXO	74
5.1	VARIÁVEIS UTILIZADAS NO DIMENSIONAMENTO	74
5.2	PROCESSO DE CÁLCULO	74

6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
6.1	CONCLUSÕES.....	78
6.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	79
	REFERÊNCIAS	80

1 INTRODUÇÃO

1.1 Tema da pesquisa

O tema da pesquisa é: aplicação dos conceitos de Mecânica dos Solos para cálculo de Empuxo em unidades de armazenagem de grãos.

1.2 Delimitação do tema

O Brasil atualmente conta com uma população superior a 170 milhões de habitantes, é um país moderno, eficiente e competitivo, que possui clima diversificado, chuvas regulares, energia solar abundante e cerca de aproximadamente 13% de toda a água doce disponível no planeta. O país possui perspectiva de crescimento em no mínimo, três vezes sua atual produção de grãos, saltando dos atuais 123,2 milhões para 367,2 milhões de toneladas, tendo em vista que dos 388 milhões de hectares de terras agricultáveis férteis de alta produtividade, 90 milhões de hectares ainda não foram explorados (IBGE, 2004).

Um setor armazenador moderno e devidamente estruturado para estocagem da produção agrícola, poderia valorizar ainda mais esta economia em desenvolvimento, bem como aquecer a atual economia do país através da valorização dos produtos, que poderiam ser comercializados com maior rendimento, isso sem falar que um aumento na produção, implica também na garantia de produtos agrícolas com qualidade nutricional.

Com o intuito de promover um maior entendimento e conhecimento do tema referente ao setor armazenador, a contextualização do presente estudo em apresentação, tem como proposta a obtenção e análise de alguns parâmetros de resistência ao cisalhamento dos principais grãos produzidos na região Sul do país, de maneira a auxiliar o dimensionamento racional e econômico de sistemas de armazenamento de grãos.

1.3 Formulação da questão em estudo

Do ponto de vista da engenharia, quais os valores e qual a influência dos parâmetros massa específica, ângulo de atrito e coesão dos grãos de soja, milho, trigo e arroz, obtidos através do ensaio de cisalhamento direto, no dimensionamento estrutural de unidades armazenadoras de grãos tipo silos?

1.4 Justificativas

A agricultura brasileira e a produção de grãos têm sofrido pressões no que diz respeito à qualidade nutricional em razão da conscientização dos consumidores. Da mesma forma as pressões sociais para redução da perda de alimentos que ocorrem ao longo da cadeia produtiva; a queda de barreiras de proteção do mercado interno; as exigências cada vez maiores do mercado internacional entre outros, propiciam um momento adequado para a adoção de procedimentos que auxiliem na modernização do setor armazenador.

No Brasil, o agronegócio apresenta 33% do Produto Interno Bruto (PIB), 42% das exportações totais e 37% dos empregos brasileiros, no entanto enfrenta dificuldades na comercialização destes produtos, devido às exigências cada vez maiores do mercado nacional e internacional e ao fato de não haver uma rede de logística preparada para atender a demanda nacional, nem mesmo um setor armazenador devidamente estruturado para a estocagem da produção nacional (IBGE, 2004).

No entanto, a regulamentação das atividades de armazenamento no país é bastante extensa sob o aspecto da legislação, em contrapartida sob o aspecto técnico, deixa a desejar. Em função disso, não existe uma uniformidade de procedimentos e parâmetros técnicos entre os armazenadores. Cada armazenador possui seus parâmetros e elabora os regulamentos que melhor lhes convêm.

Em razão da ausência de regras estabelecidas pelo setor, prevalecem, na maioria das situações, parâmetros criados para outras atividades que nem sempre são similares com os problemas de armazenamento. Um exemplo comum desse problema é a utilização de portarias estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para vários produtos, que tem como função principal a definição de regras para comercialização, pelo setor armazenador (LORINI, 2002).

Entretanto, deverá ser destacado o fato de que não há registros de um projeto específico utilizado para o cálculo das tensões atuantes. Para isso é necessário cálculo do empuxo, o qual depende dos parâmetros de resistência ao cisalhamento, do ângulo de atrito e coesão e da massa específica.

Outro fator importante, é a alteração genética que está ocorrendo nos grãos. Ainda não há registros de que o grão alterado geneticamente possua propriedades diferentes que podem interferir nas estruturas de uma unidade armazenadora.

1.5 Objetivos

1.5.1 *Objetivos gerais*

O presente estudo, visa determinação dos parâmetros de resistência ao cisalhamento dos grãos: soja, milho, trigo e arroz - produzidos na região Sul do Brasil – e a utilização destes parâmetros no cálculo do empuxo de unidades de armazenagem de grãos.

1.5.2 *Objetivos específicos*

Para o alcance do objetivo geral, foram delimitados os seguintes objetivos específicos:

- a) Determinar a análise granulométrica dos grãos em estudo: soja, milho, trigo e arroz.

- b) Determinar a massa específica dos grãos em estudo.
- c) Determinar os ângulo de atrito dos grãos em estudo.
- d) Determinar a coesão dos grãos em estudo.
- e) Determinar o empuxo ativo (E_a) e empuxo passivo (E_p), através do método de Rankine para os quatro tipos de grãos estudados.

1.6 Sistematização do estudo

A organização do trabalho ocorre da seguinte maneira:

No primeiro capítulo, se apresenta a delimitação do tema, a questão que define e fundamenta o estudo, os objetivos gerais, os objetivos específicos e a sistematização proposta.

O segundo capítulo se apresenta o embasamento teórico no qual são abordados os temas envolvidos no estudo, como armazenamento de grãos, empuxo e resistência dos grãos.

No terceiro capítulo é apresentada a metodologia utilizada, assim como classificação do estudo, a maneira como os dados foram coletados, os materiais utilizados na pesquisa e os procedimentos dos ensaios realizados.

O quarto capítulo apresenta os resultados e as análises de cada variável de resposta medida.

O quinto capítulo apresenta o cálculo de empuxo, segundo o método de Rankine, calculado com os parâmetros obtidos nos ensaios de cisalhamento direto.

O sexto e último capítulo, referencia as conclusões da pesquisa e apresenta sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta parte do estudo é feita uma revisão da literatura acerca da estocagem de grãos, do empuxo como um todo e da resistência ao cisalhamento, que constituem os pilares sobre os quais se encontra alicerçado a pesquisa.

2.1 Armazenagem de grãos

Segundo a Fundação de Economia e Estatística (1978), a armazenagem é uma função indispensável de comercialização, podendo ser definida como a capacidade de guardar um produto durante um certo período compreendido entre a produção e sua utilização final.

Diante desse conceito e da importância da função armazenadora, se torna fácil compreender a necessidade de planejar e estruturar a rede de armazenagem, quer sob o aspecto quantitativo e qualitativo, quer sob sua adequada distribuição espacial (FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA, 1978).

Segundo Weber (2001), o déficit de armazenagem agrícola nos três últimos anos demonstra a carência de armazenagem que o Brasil enfrenta, não conseguindo armazenar sequer uma safra agrícola, portanto sem estoque de segurança no caso de alguma quebra de safra. Outro aspecto que incentiva a estocagem de grãos é a possibilidade de aguardar situações mercadológicas mais adequadas, favoráveis para o produto.

O Brasil se ressentir de uma política de armazenagem, bem como programas de incentivo aos investimentos no setor agrícola, em especial, na armazenagem em nível de produtor (WEBER, 2001).

A armazenagem em nível de produtor, tipo silos, oferece inúmeras vantagens, pois minimiza os custos elevados, principalmente no que diz respeito ao custo do frete durante a safra.

No Brasil, as principais formas de armazenagem da produção agrícola são armazéns e silos (Figuras 1, 2, 3, 4 e 5). Os silos metálicos levam inúmeras vantagens com relação aos armazéns no que diz respeito aos custos, a facilidade de carga e descarga e ao tempo de execução e montagem do mesmo.



Figura 1: Unidade de armazenagem do tipo armazém graneleiro
Fonte: Kepler Weber Industrial S.A. (2002)

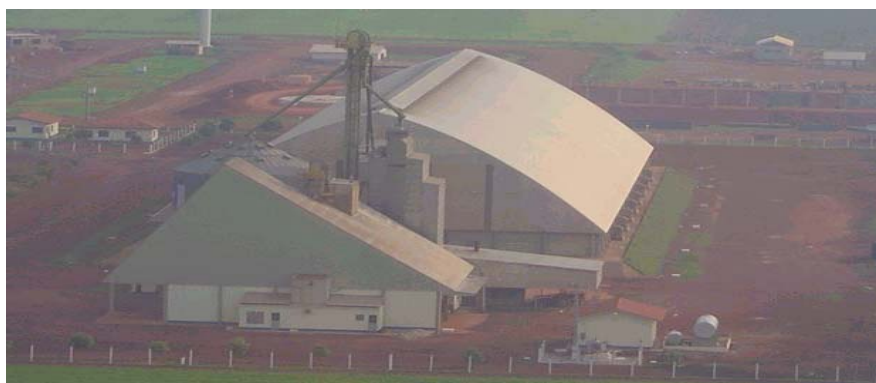


Figura 2: Unidade de armazenagem do tipo armazém graneleiro
Fonte: Kepler Weber Industrial S.A. (2002)



Figura 3: Unidade de armazenagem do tipo silos metálicos
Fonte: Kepler Weber Industrial S.A. (2002)



Figura 4: Unidade de armazenagem do tipo silos metálicos
Fonte: Kepler Weber Industrial S.A. (2002)



Figura 5: Unidade de armazenagem do tipo silos metálicos
Fonte: Kepler Weber Industrial S.A. (2002)

2.2 Empuxo de terra

Entende-se por empuxo de terra as solicitações exercidas pelo solo sobre uma estrutura, sendo dependentes da interação do solo com a estrutura. Sua determinação é de suma importância para a análise e projetos de obras.

Para Caputo (1987), o empuxo de terra é denominado como a ação exercida por um maciço terroso sobre as obras com ele em contato.

Segundo Machado e Machado (1997), as obras de contenção exigem em seus dimensionamentos e análises de estabilidade o conhecimento dos valores dos empuxos.

Para Moliterno (1980), as primeiras teorias, conhecidas como Teorias Antigas, foram formuladas por Coulomb em 1773 e por Rankine em 1856, sendo apresentadas a seguir.

2.2.1 Coeficientes de empuxo

Se considerado uma massa semi-infinita de solo e calculado a pressão vertical σ_v em uma profundidade z , onde γ é o peso específico do solo e z é a profundidade.

$$\sigma_v = \gamma \cdot z \quad (2.1)$$

Supondo que se elimine uma parte do maciço semi-infinito e se a substitua por um plano imóvel, indeformável e sem atrito. Sendo assim, o estado de tensões da outra parte do maciço não sofrerá variação.

Nessas condições, a pressão sobre o plano será horizontal (σ_h), crescerá linearmente com a profundidade e a pressão valerá:

$$\sigma_h = \gamma \cdot z \cdot K_0 = \sigma_v \cdot K_0 \quad (2.2)$$

Tais pressões são denominadas como pressões no repouso e K_0 o coeficiente de empuxo no repouso.

$$K_0 = 1 - \text{sen} \phi' \quad (2.3)$$

Sendo o parâmetro ϕ' relativo a tensões efetivas.

Para Caputo (1987), o empuxo ativo (E_a), é denominado empuxo de terra que atua sobre um suporte que resiste, cede certa quantidade dependendo de suas características estruturais. Ao contrário, quando a parede avança contra o terrapleno, é desenvolvido o empuxo passivo (E_p). As pressões correspondentes e os coeficiente denominam-se ativo e passivo. O estado ativo corresponde a distensão do solo e o estado passivo a uma compressão.

2.2.2 Teoria de Coulomb

Para Moliterno (1980), a teoria de Coulomb é baseada na hipótese de que o esforço físico exercido na estrutura é proveniente de tensão da pressão do peso parcial de um material, que desliza pela perda de resistência ao cisalhamento ou atrito.

O deslizamento ocorre freqüentemente ao longo de uma superfície de curvatura, em forma de espiral logarítmica. Nos casos práticos, poderá ser substituída por uma superfície plana, denominada de plano de ruptura, ou plano de deslizamento ou plano de escorregamento. A grandeza do empuxo pode ser considerada como uma pressão distribuída ao longo da altura da estrutura (MOLITERNO, 1980).

Segundo Magalhães (2003), a Teoria de Coulomb se aplica somente para solos não coesivos, se aproxima das condições vigentes no caso do empuxo de terra, por levar em consideração o atrito entre o material exercedor do empuxo.

No entanto, para Machado e Machado (1997), o cálculo do empuxo é efetuado estabelecendo as equações de equilíbrio das forças atuantes sobre um material de deslizamento hipotético.

A Equação 2.4 apresenta o valor do coeficiente de empuxo ativo obtido pelo método de Coulomb.

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\alpha + \phi')}{\text{sen}^2(\alpha) * \text{sen}(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi' + \delta) * \text{sen}(\phi' - \beta)}{\text{sen}(\alpha - \delta) * \text{sen}(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (2.4)$$

Onde: $\alpha = 90 - \theta$

β = ângulo de inclinação do terreno adjacente;

θ = ângulo de inclinação do paramento interno do muro com a vertical;

δ = ângulo de atrito entre solo / muro;

ϕ' = ângulo de atrito interno.

A Equação 2.5 apresenta o valor do coeficiente de empuxo passivo obtido pelo método de Coulomb.

$$K_p = \frac{\text{sen}^2(\alpha - \phi')}{\text{sen}^2(\alpha) * \text{sen}(\alpha + \delta) \left[\sqrt{\frac{\text{sen}(\phi' + \delta) * \text{sen}(\phi + \beta)}{\text{sen}(\alpha + \delta) * \text{sen}(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (2.5)$$

2.2.3 Teoria de Rankine

Para Silva (2002), através da Teoria de Rankine se calcula o empuxo ativo ou passivo numa estrutura com paramento vertical.

Conforme Machado e Machado (1997), a utilização da Teoria de Rankine está na integração ao longo da altura de suporte do elemento e nas tensões horizontais, calculadas através do sistema de equações utilizadas para o maciço.

Segundo Caputo (1987), a teoria de Rankine se baseia na equação de ruptura de Mohr.

No interior de uma massa de um corpo de prova, considerada como um semi-espaço infinito, limitada apenas pela superfície do solo e sem nenhuma sobrecarga, uma das tensões principais tem a direção vertical e seu valor é dado pelo peso próprio do material.

A direção da outra tensão principal será horizontal.

A determinação do coeficiente de empuxo ativo para solos granulares se dá através da seguinte expressão:

$$K_a = \frac{\tau_a}{\tau_v} = \frac{1 - \text{sen}\phi}{1 + \text{sen}\phi} = \text{tg}^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \quad (2.6)$$

Onde: τ_a =tensão cisalhante ativa

τ_v =tensão cisalhante vertical

A determinação do coeficiente de empuxo passivo para solos granulares se dá através da seguinte expressão:

$$K_p = \frac{\tau_p}{\tau_v} = \frac{1 + \operatorname{sen}\phi}{1 - \operatorname{sen}\phi} = \operatorname{tg}^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \quad (2.7)$$

Onde: τ_p =tensão cisalhante passivo

τ_v =tensão cisalhante vertical

2.2.3.1 Empuxo ativo

Segundo Machado e Machado (1997), solos não coesivos apresentam variação das tensões horizontais lineares com a profundidade. O empuxo consistirá na integração das tensões laterais ao longo da altura, possuindo um diagrama resultante triangular.

$$E_a = K_a * h^2 * \gamma \quad (2.8)$$

Onde: K_a =coeficiente de empuxo ativo;

h =altura;

γ =peso específico.

2.2.3.2 Empuxo passivo

Conforme Magalhães (2003), o cálculo do empuxo passivo segundo o método de Rankine, é a aplicação da teoria do equilíbrio passivo nos maciços terrosos, pois trata-se da reação que o solo oferece em uma estrutura que é puxado ou empurrado contra o maciço terroso.

A determinação do empuxo passivo pode ser através da seguinte expressão:

$$E_p = \frac{K_p * h^2 * \gamma + 2 * c' * h * \sqrt{K_p}}{2} \quad (2.9)$$

Onde: K_p =Coeficiente de empuxo passivo

h =altura;

γ =peso específico;

c' =coesão;

E_p =empuxo passivo.

2.3 Resistência ao cisalhamento

2.3.1 Resistência ao cisalhamento das areias

Como não há definições específicas para os grãos utilizados, para definição da resistência ao cisalhamento, serão utilizadas as definições da resistência das areias, as quais possuem grande semelhança ao material estudado.

A resistência ao cisalhamento pode ser definida como a máxima tensão de cisalhamento que uma estrutura pode suportar sem sofrer ruptura, ou então, a tensão de cisalhamento no plano em que a ruptura estiver ocorrendo.

Os principais mecanismos entre corpos sólidos que permitem maior ou menor deslizamento são os fenômenos de atrito e coesão (PINTO, 2000).

2.3.2 Resistência ao cisalhamento das argilas

Com relação à resistência de cisalhamento das argilas, podem ser divididas em:

a) Argilas saturadas

Segundo Caputo (1987), linhas envoltórias de ruptura de argilas saturadas, obtidas através de ensaios lento, rápido e rápido pré-adensado, os quais indicam que os resultados dos ensaios lento e rápido pré-adensado são semelhantes. Sendo assim, para pressões superiores a de pré adensamento (σ_a), as argilas funcionam como solos coesivos. Para o ensaio rápido, sem drenagem, o índice de vazios da amostra será sempre o mesmo, ou seja, sem pressões efetivas, sendo no entanto, a resistência ao cisalhamento, a mesma.

b) Argilas não saturadas

Como as argilas não saturadas não são solos compactados, as envoltórias resultantes dos diversos tipos de ensaios possuem formas diferentes das obtidas nos ensaios das argilas saturadas, considerando o desenvolvimento de pressões neutras em função da redução de volume da fase gasosa.

2.3.3 *Atrito*

Para Machado e Machado (1997), a lei de atrito determinada por Coulomb é resultado de considerações empíricas.

Conforme Pinto (2000), o deslizamento de um corpo sobre uma superfície plana pode ser definido como resistência por atrito. O ângulo formado pela força normal “N”, também descrita como a força vertical transmitida pelo corpo, e a força horizontal “T”, é denominado ângulo de atrito ϕ .

Esta relação também pode ser descrita como:

$$T = N \cdot \text{tg } \phi \quad (2.8)$$

Para Pinto (2000), O ângulo pode ser descrito como o ângulo máximo que a força transmitida pelo corpo à superfície pode fazer com a normal ao plano de contato sem que ocorra deslizamento.

Através de experiências realizadas com corpos sólidos se revelou que o coeficiente de atrito é independente da área de contato e da força normal aplicada. Sendo assim, a resistência ao deslizamento é diretamente proporcional à tensão normal (PINTO, 2000).

Nos solos o fenômeno de atrito se diferencia do fenômeno de atrito entre dois corpos, pois o deslocamento envolve um grande número de grãos, podendo eles deslizar entre si ou rolar uns sobre os outros (PINTO, 2000).

2.3.4 *Coesão*

A resistência ao cisalhamento dos solos ocorre devido ao atrito entre as partículas. No entanto, a atração química entre estas partículas provoca uma resistência independente da tensão normal atuante no plano e que constitui uma coesão real, diferente da coesão aparente. Nesse caso a coesão aparente é resultante da pressão da água dos solos que agem como uma pressão externa. A parcela de coesão, em geral é muito pequena perante a resistência devida ao atrito entre os grãos (PINTO, 2000).

Segundo Pinto (2000), a coesão real deve ser diferenciada da coesão aparente. A coesão real é uma parcela da resistência ao cisalhamento de materiais úmidos, não saturados e a coesão aparente é um fenômeno de atrito, onde a tensão normal que a determina é conseqüente da pressão capilar.

Para Machado e Machado (1997), a coesão é a parcela de resistência de um solo existente independente de qualquer tensão aplicada e a coesão aparente é uma parcela de resistência ao cisalhamento de solos úmidos não saturados.

O fenômeno físico da coesão não deve ser confundido com a coesão correspondente a uma equação de resistência ao cisalhamento. Embora leve o mesmo nome, indica simplesmente o coeficiente linear de uma equação de resistência válida para uma faixa de tensões mais elevada e não para tensão nula ou próxima de zero (PINTO, 2000).

2.3.5 Determinação dos parâmetros de resistência

Para a determinação da resistência ao cisalhamento, costuma-se empregar dois tipos: o ensaio de cisalhamento direto e o ensaio de compressão triaxial (PINTO, 2000).

a) Ensaio de cisalhamento direto

Conforme afirma Pinto (2000), o ensaio de cisalhamento direto é o mais antigo procedimento para a determinação da resistência ao cisalhamento e se baseia diretamente no critério de Coulomb. Aplica-se uma tensão normal num plano e verifica-se a tensão cisalhante que provoca a ruptura. O ensaio é considerado prático. A análise do estado de tensões durante o carregamento, entretanto é complexo (PINTO, 2000).

Diante do exposto por Pinto (2000), o ensaio de cisalhamento direto não permite a determinação de parâmetros de deformabilidade. O ensaio de cisalhamento direto é útil quando se deseja medir a resistência e quando se deseja conhecer a resistência residual.

O equipamento utilizado para a execução do ensaio de cisalhamento direto, pode ser observado na Figura 6.

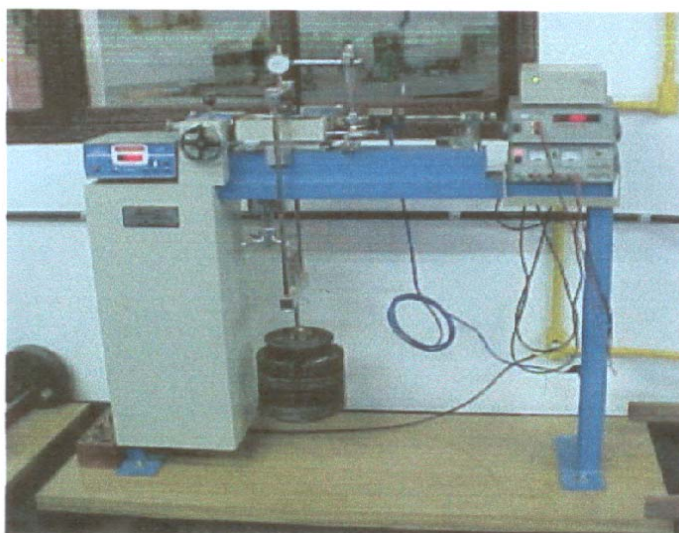


Figura 6: Equipamento utilizado no ensaio de cisalhamento direto.

Fonte: VIECILI, (2003)

b) Ensaio de compressão triaxial

O ensaio de compressão triaxial convencional consiste na aplicação de um estado hidrostático de tensões e de um carregamento axial sobre um corpo de prova cilíndrico.

Neste ensaio não existem tensões de cisalhamento nas bases e nas geratrizes do corpo de prova, os planos horizontais e verticais são os planos principais. Se o ensaio for de carregamento, o plano horizontal é o principal maior. No plano vertical, o plano principal menor, atua a pressão confinante. A tensão devida ao carregamento axial é denominada acréscimo de tensão axial ou tensão desviadora (PINTO, 2000).

A tensão desviadora é representada em função da deformação específica, que indica o valor máximo, que corresponde a ruptura, a partir do qual fica definido o círculo de Mohr, que pode ser expresso como: *“não há ruptura enquanto o círculo representativo do estado de tensões se encontrar no interior de uma curva, que é a envoltória dos círculos relativos a estados de ruptura, observados experimentalmente para o material”* (PINTO, 2000).

c) Ensaio triaxiais convencionais

Segundo Pinto (2000), no que se refere às condições de drenagem, podem ser descritos três tipos básicos:

- Ensaio adensado drenado (CD), onde há permanente drenagem do corpo-de-prova;
- Ensaio adensado não drenado (CU), onde se aplica a tensão confinante e se deixa dissipar a pressão neutra correspondente (o corpo-de-prova adensa sob a pressão confinante);
- Ensaio não adensado não drenado (UU), onde o corpo-de-prova é submetido à pressão confinante e, a seguir, ao carregamento axial, sem que se permita qualquer drenagem.

2.4 Resistência das areias

2.4.1 *Comportamento típico das areias*

Pinto (2000) ressalta o fato das areias serem altamente permeáveis, sendo assim, nos carregamentos a que ficam submetidas, há tempo suficiente para que as pressões neutras devidas ao carregamento se dissipem. Por esta razão a resistência das areias é definida em termos de tensões efetivas.

A resistência ao cisalhamento pode ser determinada tanto em ensaios de cisalhamento direto como em ensaios de compressão triaxial (PINTO, 2000). O entendimento do comportamento das areias pode ser estudado a parte de seu estado: fofo ou denso.

a) Areias fofas

Ao receber carregamento axial, o corpo-de-prova apresenta uma tensão desviadora que cresce lentamente com a deformação, atingindo um valor máximo somente para deformações altas, da ordem de 6% a 8%. Aspectos típicos de curvas tensão-deformação estão apresentados na Figura 7, que apresenta também, que ensaios realizados com tensões confinantes diferentes apresentam curvas com aproximadamente o mesmo aspecto (PINTO, 2000).

A resistência da areia é definida pelo ângulo de atrito interno efetivo. Sendo assim, a areia é descrita como um material não coesivo, impossível de se moldar quando seco ou saturado. A moldagem de um corpo-de-prova composto de areia úmida, é possível devido à tensão capilar provocada pelas interfaces água-ar.

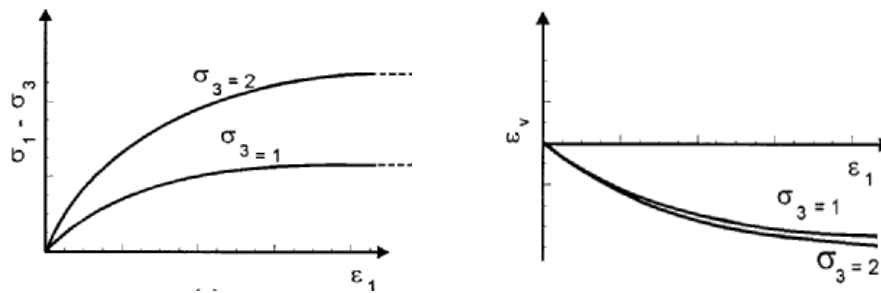


Figura 7: Resultados típicos de ensaios de compressão triaxial em areia fofas
 Fonte: PINTO, (2000)

b) Areias compactas

Pinto (2000) apresenta na Figura 8, resultados típicos de ensaios drenados de compressão triaxial de areias compactas.

No caso das areias compactas, a tensão desviadora cresce mais rapidamente com as deformações, até atingir um valor máximo, sendo este valor considerado como a resistência máxima ou resistência de pico. Entretanto, por outro lado, é possível observar que atingida esta resistência máxima, ao continuar a deformação do corpo-de-prova, a tensão desviadora decresce lentamente até se estabilizar em torno de um valor que é definido como a resistência residual.

No entanto, se observa que após atingir esta resistência máxima, ao continuar a deformação do corpo-de-prova, a tensão desviadora decresce lentamente até se estabilizar em torno de um valor definido como resistência residual (PINTO, 2000).

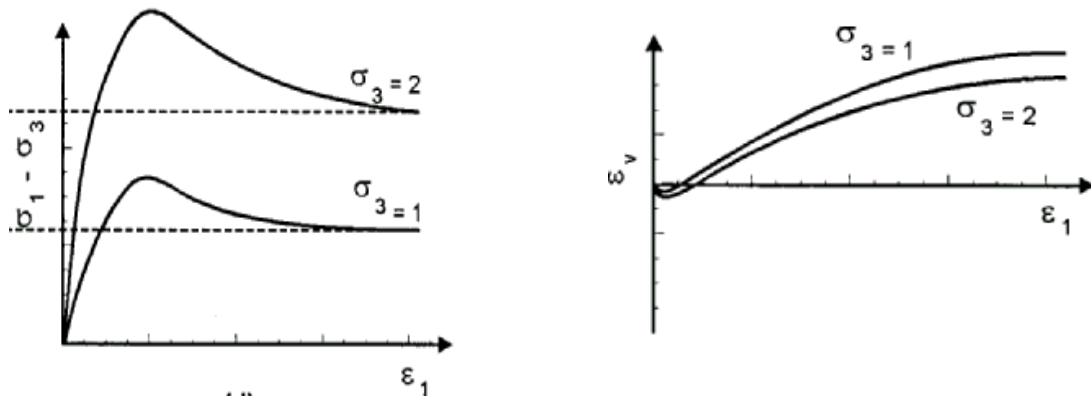


Figura 8: Resultados típicos de ensaios de compressão triaxial em areia compactas
 Fonte: PINTO, (2000)

As areias compactas têm sua resistência de pico justificada pelo entrosamento entre as partículas e que as tensões de cisalhamento devem ser suficientes para vencer os obstáculos representados pelos outros grãos na sua trajetória. Para vencer o obstáculo há necessidade de um aumento de volume, fazendo com que a resistência caia ao valor da areia no estado fofo.

Para o caso das areias fofas, o processo de cisalhamento provoca uma reacomodação das partículas, que se dá com redução do volume.

c) Índice de vazios crítico das areias

Segundo Pinto (2000), as areias fofas apresentam elevados índices de vazios antes de serem carregadas axialmente e estes índices de vazios diminuem com o carregamento e portanto, diminuem de volume ao serem carregadas axialmente. Para as areias compactas, no entanto, inicialmente apresentam baixos índices de vazios, que aumentam com o carregamento, já que há dilatação.

Todos os corpos-de-prova, após a ruptura, tendem ao mesmo índice de vazios, denominado, índice de vazios crítico (PINTO, 2000).

Em outra conceituação Pinto (2000), afirma que o índice de vazios crítico pode ser considerado como o índice de vazios em que a areia sofre deformação sem variação de volume, que é o estágio para o qual a areia tende ao ser rompida, independentemente do índice de vazios inicial. Quando uma areia se encontra com índice de vazios inferior ao índice de vazios crítico, ao ser solicitada, ela tende a dilatar (ocorrendo penetração de água nos vazios), ao contrário de quando ela está com seu índice de vazios acima do índice de vazios crítico, ao ser carregada, ela tende a comprimir (ocorrendo a expulsão da água de seus vazios). Nesse caso é possível afirmar que quando uma areia está com seu índice de vazios acima do índice de vazios crítico ela é fofa enquanto que com o índice de vazios inferior ao crítico, a areia é considerada compacta.

d) Variação do ângulo de atrito com a pressão confinante

A tensão desviadora é proporcional à tensão confinante de ensaio. Disto resulta que a envoltória aos círculos representativos do estado de tensões é uma reta passando pela origem. Ensaios realizados com precisão, revelam que os diversos círculos de Mohr na ruptura conduzem a envoltórias de resistência curvas, conforme pode ser observado na Figura 9 (PINTO, 2000).

As areias não apresentam coesão, devido a isso, sob pressão confinante nula, um corpo-de-prova de areia não se mantém. Entretanto, ao invés de se procurar ajustar uma reta à envoltória curva, é preferível considerar que o ângulo de atrito interno varia com a pressão confinante, como apresentado na parte superior da Figura 9. A variação do ângulo de atrito com a pressão confinante é mais sensível quanto mais compacta estiver a areia e quanto menos resistentes forem os grãos.

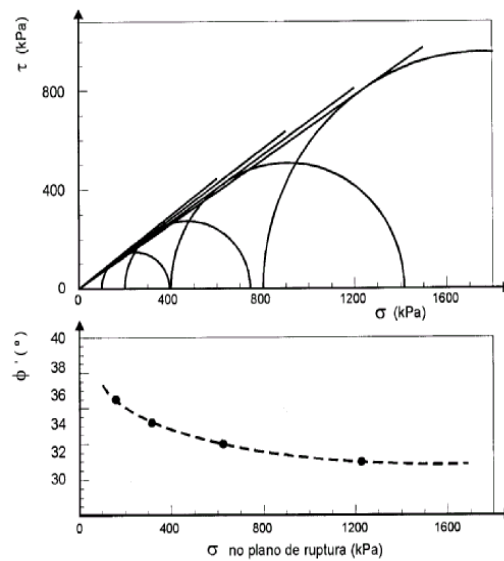


Figura 9: Variação do ângulo de atrito interno de uma areia com a tensão confinante
 Fonte: PINTO, (2000)

2.4.2 Ângulos de atrito típicos de areias

O ângulo de atrito depende da compactidade da areia, devido ao fato dela governar o entrosamento entre as partículas.

Como as areias têm intervalos de índices de vazios distintos, os ângulos de atrito são referidos à compactidade relativa das areias.

Em seu estado mais compacto, as areias apresentam ângulo de atrito da ordem de 7 a 10 graus maior do que o seu ângulo de atrito no seu estado mais fofo.

2.4.3 Distribuição granulométrica das areias

Quanto melhor distribuída granulometricamente uma areia, melhor o entrosamento entre as partículas e conseqüentemente, maior o ângulo de atrito (PINTO, 2000).

a) Formato dos grãos

Pinto (2000), define que as areias constituídas de partículas esféricas e arredondadas, têm ângulos de atrito menor que as areias angulares, devido ao maior entrosamento entre as partículas irregulares.

b) Tamanho dos grãos

O tamanho das partículas apresenta pouca influência na resistência das areias. No caso das areias grossas tendem a ser bem graduadas e se apresentar muito compactas, enquanto as areias predominantemente finas tendem a ser mal graduadas e menos compactas que as areias grossas (PINTO, 2000).

2.4.4 *Resistência das areias*

A resistência das partículas que constituem a areia, interfere na resistência da mesma, embora o seu processo de cisalhamento seja de escorregamento e rolagem dos grãos entre si.

Segundo Pinto (2000), a resistência do grão é de difícil quantificação, pois depende da composição mineralógica, do formato e do tamanho das partículas, bem como da pressão confinante do ensaio.

A maior responsável pelas envoltórias de resistência curvas das areias (variação do ângulo de atrito com a pressão confinante), é a quebra de partículas no processo de cisalhamento.

2.4.5 *Estudo da resistência das areias por meio de ensaios de cisalhamento direto*

O resultado da resistência ao cisalhamento direto das areias, pode ser definido como semelhante aos resultados obtidos no ensaio de compressão triaxial adensado drenado.

Seria suficiente substituir as tensões de cisalhamento por tensões desviadoras, deslocamentos horizontais na parte superior do corpo-de-prova por deformações axiais e variações de altura do corpo-de-prova por variações de volume. Feito isto, todas as considerações feitas se mantêm, tanto em termos de resistência como de deformabilidade, inclusive as referentes ao índice de vazios crítico das areias (PINTO, 2000).

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação do estudo

O estudo em questão, teve como propósito obter alguns parâmetros dos principais grãos produzidos no Sul do Brasil. A pesquisa realizada é caracterizada como quantitativa, pois as amostras analisadas foram ensaiadas no Laboratório de Solos do Curso de Engenharia Civil e os resultados analisados graficamente.

3.2 Plano de coleta de dados

Nesta etapa da pesquisa foi utilizada a aplicação das técnicas selecionadas, a fim de se efetuar a coleta de dados. A coleta de dados pode ser resumida através da realização dos ensaios de análise granulométrica, da determinação da massa específica e do cisalhamento direto

3.2.1 *Análise granulométrica*

Para este estudo foi realizado um conjunto de ensaios conforme apresentado na Tabela 1

Tabela 1: Conjunto de ensaios de granulometria

Ensaio	Grão
1	Soja
2	Milho
3	Trigo
4	Arroz

3.2.2 *Massa específica aparente*

Para este estudo foram realizados três conjuntos de ensaios conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Conjunto de ensaios de determinação da massa específica

Ensaio	Amostras	Grão
1	P1	Soja
	P2	Soja
	P3	Soja
2	P1	Milho
	P2	Milho
	P3	Milho
3	P1	Trigo
	P2	Trigo
	P3	Trigo
4	P1	Arroz
	P2	Arroz
	P3	Arroz

3.2.3 *Cisalhamento direto*

Foram utilizadas 16 amostras de grãos na umidade natural, conforme apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Conjunto de ensaios de cisalhamento direto

Ensaio	Grão	σ_N (KPa)
1	Soja	20
2		100
3		175
4		250
5	Milho	20
6		100
7		175
8		250
9	Trigo	20
10		100
11		175
12		250
13	Arroz	20
14		100
15		175
16		250

3.3 Materiais utilizados

Segundo o Instituto Campineiro de Ensino Agrícola (1972), os grãos, como a soja, o milho, o trigo e o arroz, são relacionados como sendo os principais de nossas lavouras extensivas e possuem significativa expressão econômica e social no Brasil.

3.3.1 Soja

O grão de soja estava estocado em uma unidade de armazenagem de grãos, do tipo silo metálico na cidade de Selbach/RS, no mês de Setembro do ano de 2004.

A soja, representada nas Figuras 10 (a) e 10 (b), é uma planta que varia de 60cm a 1,5m de altura, herbácea e anual (INSTITUTO CAMPINEIRO DE ENSINO AGRÍCOLA, 1972).

Embora seja uma planta originária de clima temperado, a soja adapta-se bem em uma ampla faixa de outros climas. As temperaturas médias para melhor desenvolvimento da soja, estão entre 20 e 35°C.

A colheita, deve ser realizada quando as plantas e as vagens estiverem secas, e as folhas já caídas.



a)



b)

Figura 10: Grãos de soja

3.3.2 Milho

O grão de milho apresentado nas Figuras 11 (a) e 11 (b), foi coletado na cidade de Jurandá/PR no mês de Janeiro do ano de 2005.

O milho, é um importante cereal produzido em grandes volumes e sobre imensa área cultivada (INSTITUTO CAMPINEIRO DE ENSINO AGRÍCOLA, 1972).

O milho exige, durante o seu ciclo vegetativo, calor e umidade suficientes para produzir satisfatoriamente, proporcionando rendimentos compensadores.

Existem grande número de variedades, aprimorados com métodos de melhoramentos através da genética, criando novas variedades e híbridos.

Este cereal encontra possibilidade de cultivo em uma larga faixa do globo com grandes variações climáticas, apesar de sua origem tropical.

A temperatura é fator limitante para a cultura do milho, sendo que a temperatura indicada para obtenção de melhor capacidade de produção é de 26°C.



a)



b)

Figura 11: Grãos de milho

3.3.3 Trigo

O grão de trigo, observado nas Figura 12 (a) e 12 (b), foi coletado na cidade de Panambi/RS no mês de Janeiro do ano de 2005.

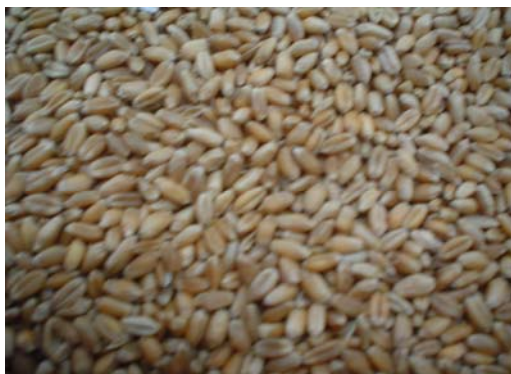
De acordo com o Instituto Campineiro de Ensino Agrícola (1972), o trigo é uma planta herbácea e anual.

Com relação à temperatura para cultivo do grão, não sendo em regiões de temperaturas extremas, o trigo pode ser cultivado em praticamente todo o globo terrestre, desde que se disponha de variedades locais.

De maneira geral, o trigo vegeta e frutifica bem nas regiões que durante o seu ciclo vegetativo a temperatura média seja inferior a 20°C e a precipitação atmosférica superior a 180mm, com boa distribuição.

Em termos gerais, o trigo é considerado como o “alimento universal do homem”, pois é o principal ingrediente para a concepção do pão, alimento indispensável à dieta diária do povo brasileiro.

Como o hábito da população brasileira em utilizar o pão na sua alimentação está aumentando cada vez mais, a produção do trigo é vital para o desenvolvimento econômico do Brasil.



a)



b)

Figura 12: Grãos de trigo

3.3.4 Arroz

O grão de arroz, apresentado na Figuras 13 (a) e 13 (b), foi coletado na cidade de Pântano Grande/RS no mês de Setembro do ano de 2004.

O arroz é uma planta pertencente à família das gramíneas, e é uma hidrófila, ou seja, gosta de água, e por isso, as culturas irrigadas são as mais desejáveis (INSTITUTO CAMPINEIRO DE ENSINO AGRÍCOLA, 1972).

A planta possui uma altura que varia de acordo com as condições presentes – variedade, solo, clima e outras – de 0,5m a quase 1,5m e exige calor e umidade. A diminuição da temperatura, em determinados períodos da vida do arroz pode causar sérios danos às plantas.

O arroz representa alimento de primeira necessidade para mais da metade da população humana. Constitui a principal fonte de energia para a dieta dos povos que vivem no Extremo-Oriente. É um cultivo de subsistência, onde mais da metade da colheita mundial é absorvida na própria área de produção.

De modo geral, a cultura do grão vai se estendendo e generalizando no mundo todo, principalmente nas regiões menos evoluídas e de menor poder aquisitivo, tais como África e América Latina.



a)



b)

Figura 13: Grãos de arroz

3.4 Ensaios realizados

3.4.1 Análise granulométrica

A análise granulométrica, utilizada para reconhecimentos da distribuição dos tamanhos dos grãos.

Segundo Pinto (2000), o peso seco do material que passa em cada peneira, é denominado como a porcentagem que passa e representado graficamente em função da abertura da peneira, sendo considerada a abertura nominal da peneira como o “diâmetro” das partículas ou “diâmetro equivalente”.

A abertura da malha das peneiras, não pode ser tão pequena quanto o diâmetro de interesse, sendo este fator limitante na análise por peneiramento. Nesta pesquisa utilizou-se as peneiras de ¼” (6,35 mm), nº4 (4,76 mm), nº8 (2,38 mm), nº 10 (2,00 mm) e nº30 (0,59 mm).

Descrição da execução do ensaio: após coletado o material, iniciou-se o peneiramento, onde se determinou a porcentagem do material que retido em cada peneira do conjunto, de forma decrescente (da maior para a menor), possibilitando ao mesmo tempo a determinação da parcela de grão que passa.

3.4.2 Massa específica aparente

A massa específica aparente é a relação de massa sobre volume. O ensaio foi executado com três amostras do mesmo produto, que colocado numa caixa padronizada específica para execução do ensaio foi pesado. Após este procedimento, se realizou o cálculo de massa sobre volume, no qual foi obtido o resultado final.

3.4.3 Cisalhamento direto

O ensaio de cisalhamento direto é o mais antigo procedimento para a determinação da resistência ao cisalhamento, e se baseia diretamente no critério de Coulomb. Aplica-se uma tensão normal num plano e verifica-se a tensão cisalhante que provoca a ruptura.

Para o ensaio, foi colocado o material (grão) numa caixa de cisalhamento, ficando com sua metade superior dentro do anel, conforme ilustrado na Figura 14.

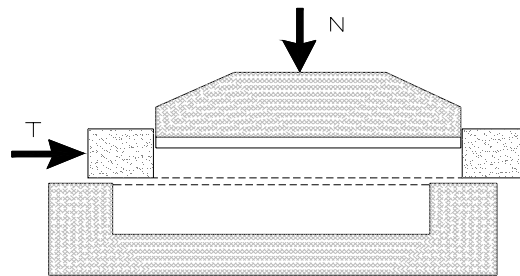


Figura 14: Ensaio de cisalhamento direto – esquema do equipamento
Fonte: Monteiro (2006)

Inicialmente se aplicou uma força vertical e uma força tangencial, aplicada ao anel que contém a parte superior do corpo-de-prova, provocando seu deslocamento. As forças vertical e tangencial, divididas pela área da secção transversal do corpo-de-prova, indicam as tensões que nele estão ocorrendo. A tensão pode ser representada em função do cisalhamento no sentido do deslocamento, conforme ilustrado na Figura 15.

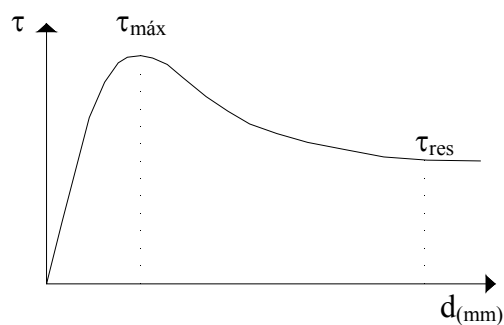


Figura 15: Ensaio de cisalhamento direto – representação dos resultados típicos do ensaio.
Fonte: Monteiro (2006)

O ensaio é muito prático e durante sua execução são tomadas três diferentes leituras: deslocamento horizontal (D_h), força cisalhante aplicada (P) e deslocamento vertical (D_v), a qual fornece a variação de volume do corpo-de-prova.

O deslocamento vertical (Δ_h), durante o ensaio também é registrado e indica se houve diminuição ou aumento de volume durante o cisalhamento.

Foram realizados ensaios com as tensões normais 20kPa, 100kPa, 175kPa e 250kPa.

Estas tensões variaram para cada corpo-de-prova composto de grãos utilizados, com o intuito de definir pares de diferentes tensões na ruptura.

O ensaio de cisalhamento direto não permite a determinação de parâmetros de deformabilidade dos grãos, nem mesmo do módulo de cisalhamento, pois não há conhecimento da distorção. Para isto seria necessária a realização de ensaios de cisalhamento simples, que são de difícil execução.

Os equipamentos utilizados estão ilustrados na Figura 16 e seus acessórios estão descritos na Figura 17.

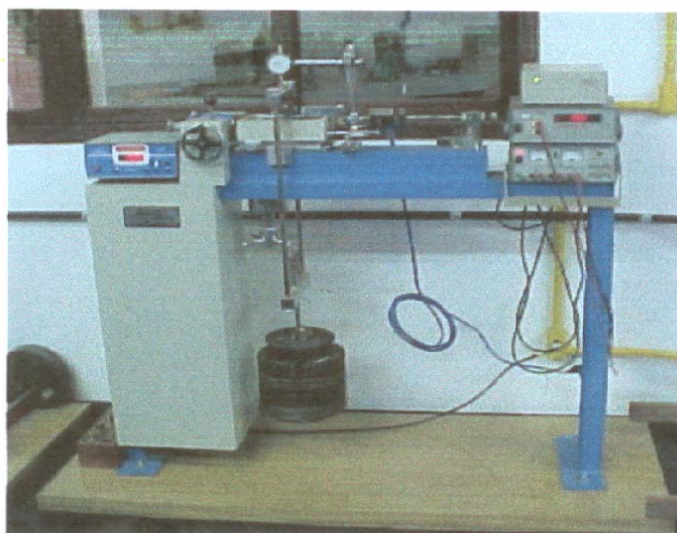
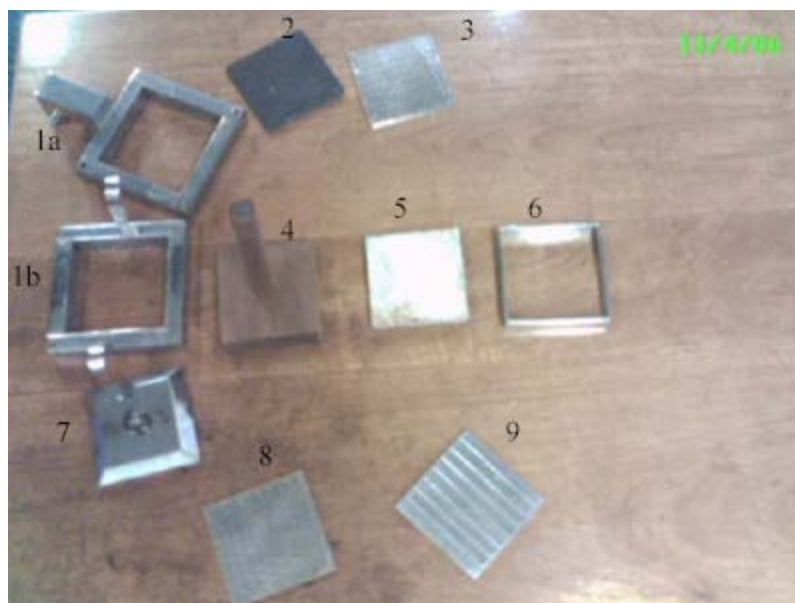


Figura 16: Ensaio de cisalhamento direto – representação dos resultados típicos do ensaio.
Fonte: VIECILI, (2003)



- 1a–Célula bipartida parte inferior;
- 1b–Célula bipartida parte superior;
- 2–Pedra porosa;
- 3–Placa metálica perfurada;
- 4–Martelo de madeira;
- 5–corpo-de-prova;
- 6–Vazador (10 x 10 x 1,50) cm contendo a amostra;
- 7–Tampa de compressão da carga normal com esfera de aço;
- 8–Placa metálica perfurada;
- 9–Fundo metálico removível;

Figura 17: Acessório do equipamento de cisalhamento direto

Fonte: Monteiro (2006)

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

No presente capítulo são apresentados os resultados obtidos através do ensaio de análise granulométrica, da determinação da massa específica e do ensaio de cisalhamento direto.

4.1 Análise Granulométrica

O principal objetivo da análise granulométrica é a identificação dos grãos a partir de partículas que os constituem. As planilhas contendo os resultados completos dos ensaios de granulometria, podem ser verificadas no Anexo I.

a) Soja

Os resultados do ensaio de análise granulométrica da soja estão apresentados no gráfico plotado na Figura 18.

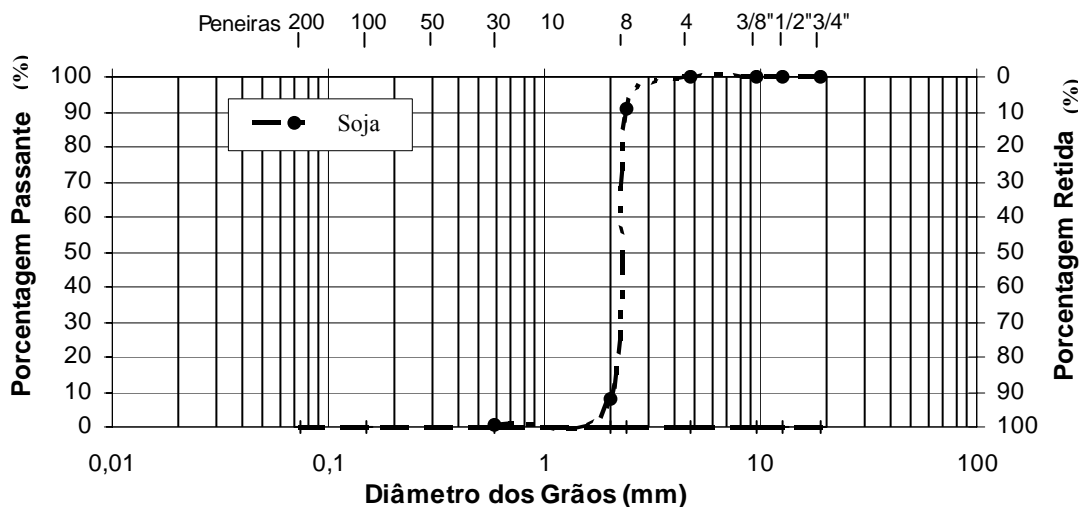


Figura 18: Resultado os ensaio de análise granulométrica da soja

b) Milho

Os resultados do ensaio de análise granulométrica do milho estão apresentados no gráfico plotado na Figura 19.

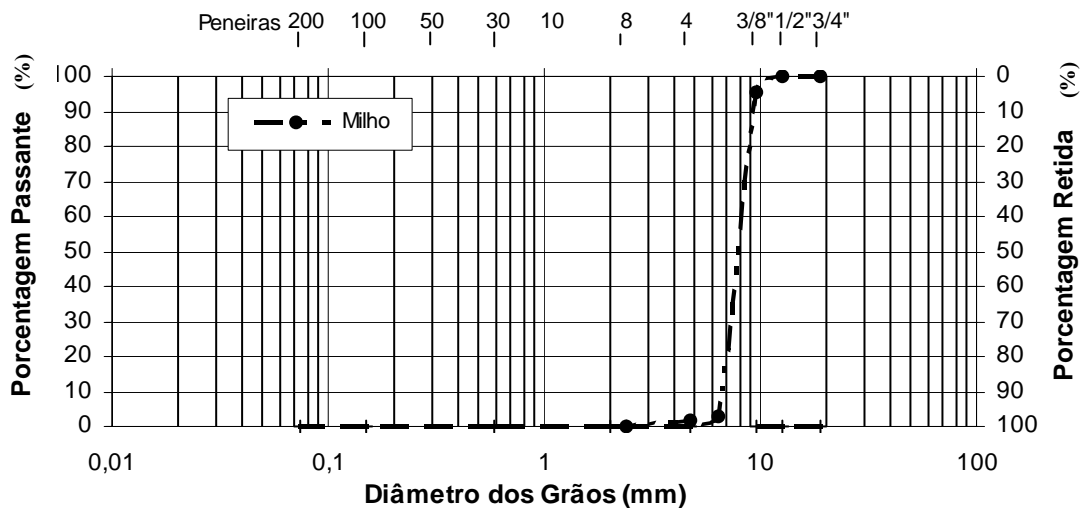


Figura 19: Resultado os ensaio de análise granulométrica do milho

c) Trigo

Os resultados do ensaio de análise granulométrica do trigo estão apresentados no gráfico plotado na Figura 20.

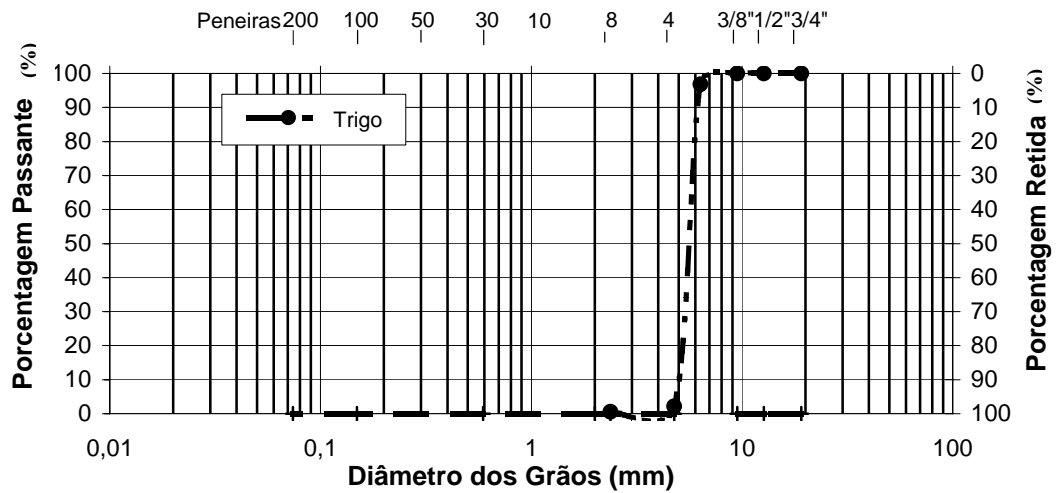


Figura 20: Resultado os ensaio de análise granulométrica do trigo

d) Arroz

Os resultados do ensaio de análise granulométrica do arroz estão apresentados no gráfico plotado na Figura 21.

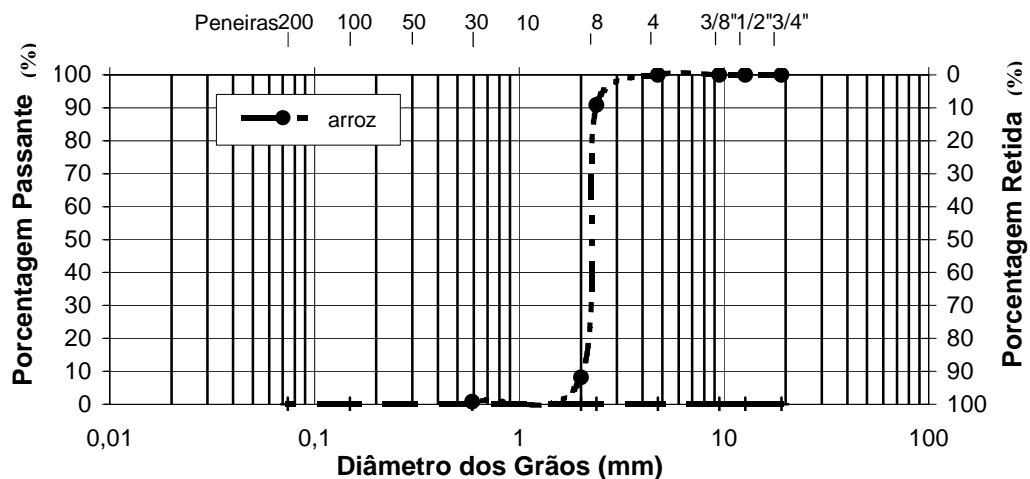


Figura 21: Resultado os ensaio de análise granulométrica do arroz

4.2 Massa específica aparente

As planilhas contendo os resultados completos dos ensaios de massa específica aparente, podem ser verificadas no Anexo II.

a) Soja

Os resultados do ensaio de determinação da massa específica da soja estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Resultado do ensaio de determinação da massa específica da soja

Amostra	Massa Específica Aparente (kN/m³)	Massa Específica Aparente Média(kN/m³)
P1	7,62	7,59
P2	7,53	
P3	7,63	

b) Milho

Os resultados do ensaio de determinação da massa específica do milho estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Resultado do ensaio de determinação da massa específica do milho

Amostra	Massa Específica Aparente (kN/m³)	Massa Específica Aparente Média(kN/m³)
P1	7,70	7,69
P2	7,65	
P3	7,73	

c) Trigo

Os resultados do ensaio de determinação da massa específica do trigo estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Resultado do ensaio de determinação da massa específica do trigo

Amostra	Massa Específica Aparente (kN/m³)	Massa Específica Aparente Média(kN/m³)
P1	8,29	8,30
P2	8,26	
P3	8,35	

d) Arroz

Os resultados do ensaio de determinação da massa específica do arroz estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Resultado do ensaio de determinação da massa específica do arroz

Amostra	Massa Específica Aparente (kN/m³)	Massa Específica Aparente Média(kN/m³)
P1	6,26	6,25
P2	6,28	
P3	6,22	

4.3 Parâmetro de resistência ao cisalhamento direto

Os parâmetros obtidos através dos ensaios de cisalhamento direto, atrito e coesão, são apresentados em separado, por tipo de grão. Convém salientar que a bibliografia utilizada, assim como os procedimentos de execução dos ensaios, estão baseados em bibliografias e ensaios executados em Solos e que não foram encontrados registros publicados no Brasil a respeito do estudo realizado.

As planilhas contendo os resultados completos dos ensaios de cisalhamento direto, podem ser verificadas no Anexo III.

4.3.1 Comportamento mecânico para o grão de soja

A Figura 22, apresenta o gráfico no qual é plotado o deslocamento horizontal *versus* a tensão cisalhante, sendo que na Figura 23 é apresentado o gráfico no qual é plotado o deslocamento horizontal *versus* a deformação vertical. Em cada gráfico estão plotados quatro ensaios variando a tensão normal: 20, 100, 175 e 250kPa, quanto maior a tensão normal aplicada maior é a tensão cisalhante e maior a deformação vertical, os quais nos fornecem os valores de ângulo de atrito e coesão, para diferentes deslocamentos.

Através da análise do gráfico da Figura 22, pode se perceber que o grão apresentou o comportamento de uma argila normalmente adensada, possuindo a tensão confinante acima da tensão de pré-adensamento, não possuindo valores de pico.

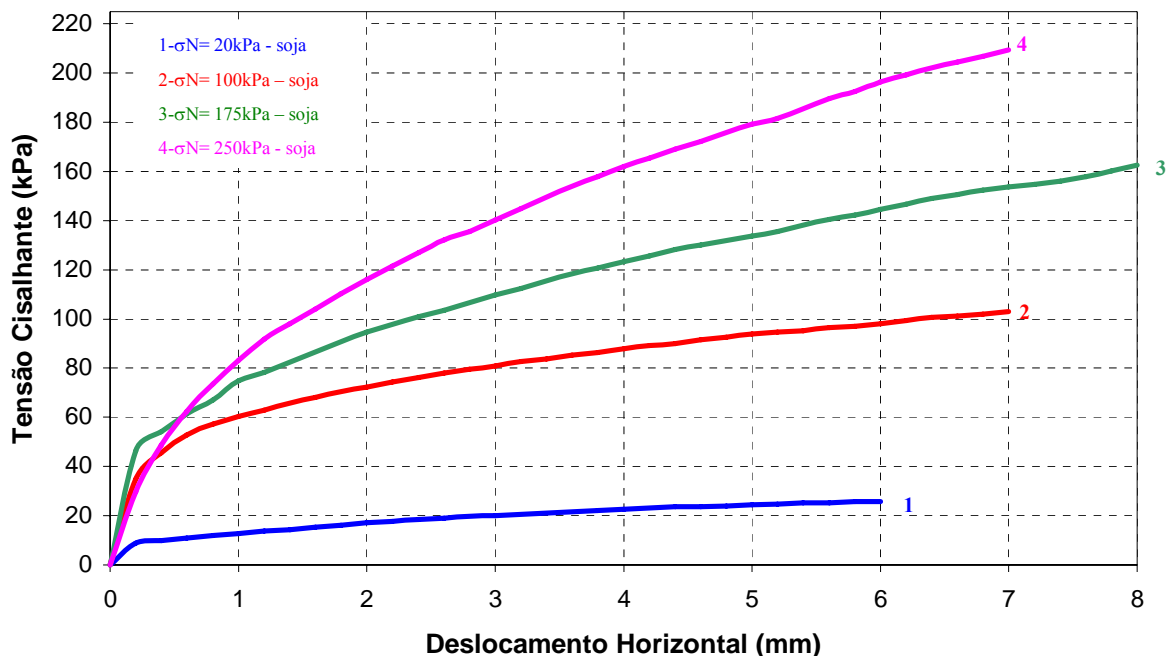


Figura 22: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para soja

Através da Figura 23, notou-se que o grão obteve um comportamento bastante variado durante o deslocamento, ora dilatante e ora compressivo. Inicialmente, o grão apresentou valores de pico para a tensão de 20kPa e uma pequena dilatação inicial vindo a se comprimir alcançando um valor de pico negativo, sendo que no final de seu deslocamento alcançou um alto valor de deslocamento vertical (negativo). A tensão de 100kPa, iniciou com comportamento compressivo depois dilatante, alcançando um valor de pico positivo e após vindo a se comprimir e novamente a se dilatar, apresentando no final do deslocamento um comportamento dilatante. Para a tensão de 175kPa, o grão apresentou um comportamento compressivo alcançando um pico negativo, vindo logo após se dilatar e no final do deslocamento vindo a se comprimir novamente, atingindo baixos valores de deformação vertical (negativos). Para a tensão de 250kPa, o grão apresentou uma leve compressão inicial e uma leve dilatação final, obtendo um resultado constante, sem muitas variações.

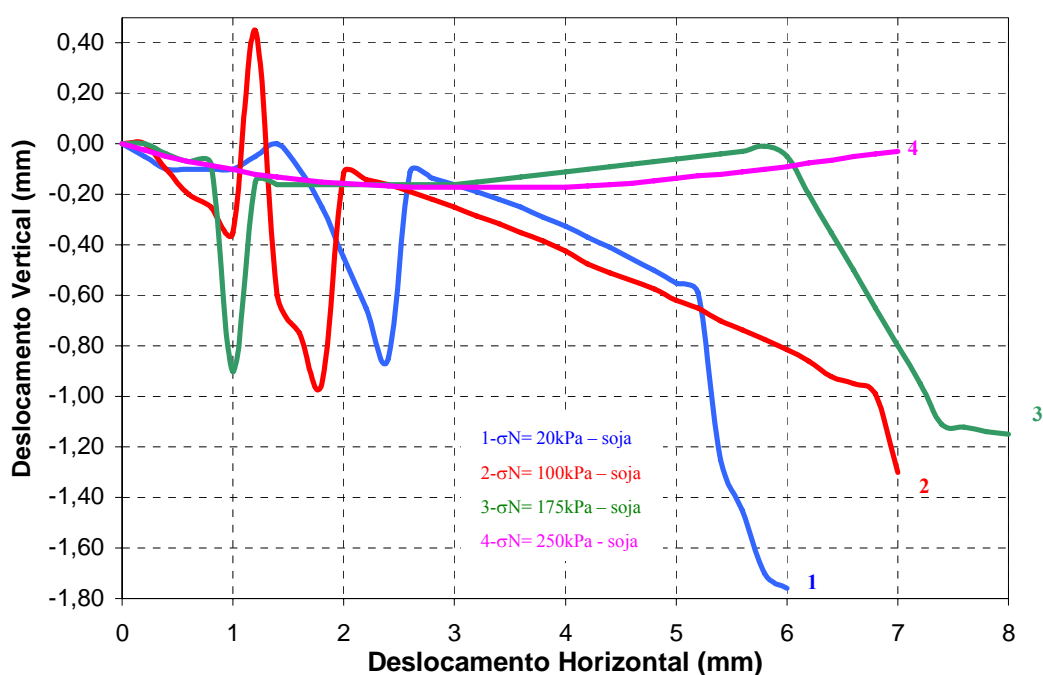


Figura 23: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para soja

4.3.1.1 Envoltórias de resistência para diferentes deslocamentos – grãos de soja

Neste item serão apresentadas as envoltórias de resistência para os grãos de soja. Sendo apresentados também o ângulo de atrito e coesão.

Na Figura 24, estão plotados os ajustes lineares ($\sigma \times \tau$) para diferentes deslocamentos considerados. Os resultados são linhas de tendências denominadas envoltórias. Estas determinam o ângulo de atrito, através da inclinação que fazem com a horizontal, e a coesão pelo prolongamento da linha de tendência até o encontro com a linha em que a tensão normal corresponde à zero

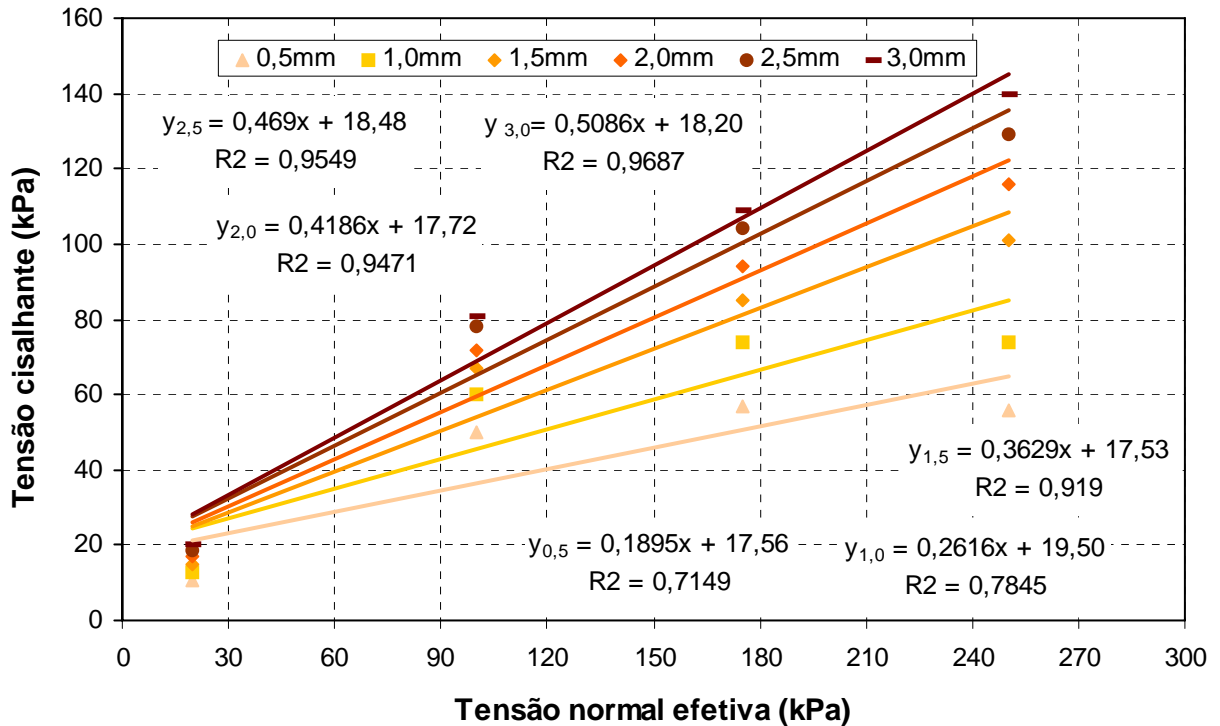


Figura 24: Envoltória de deslocamento para soja

Com a realização dos ensaios e a construção dos gráficos, obtiveram-se os valores de ângulo de atrito e coesão encontrados na Tabela 8 para os grãos de soja.

Tabela 8: Resultado do ensaio de cisalhamento direto de soja

Grão	Parâmetro	Deslocamento (mm)					
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Soja	c' (kPa)	17,56	19,50	17,53	17,72	18,48	18,20
	ϕ (°)	10,73	14,66	19,95	22,71	25,13	26,96

Na Figura 25, estão plotados o ângulo de atrito e coesão para os grãos de soja.

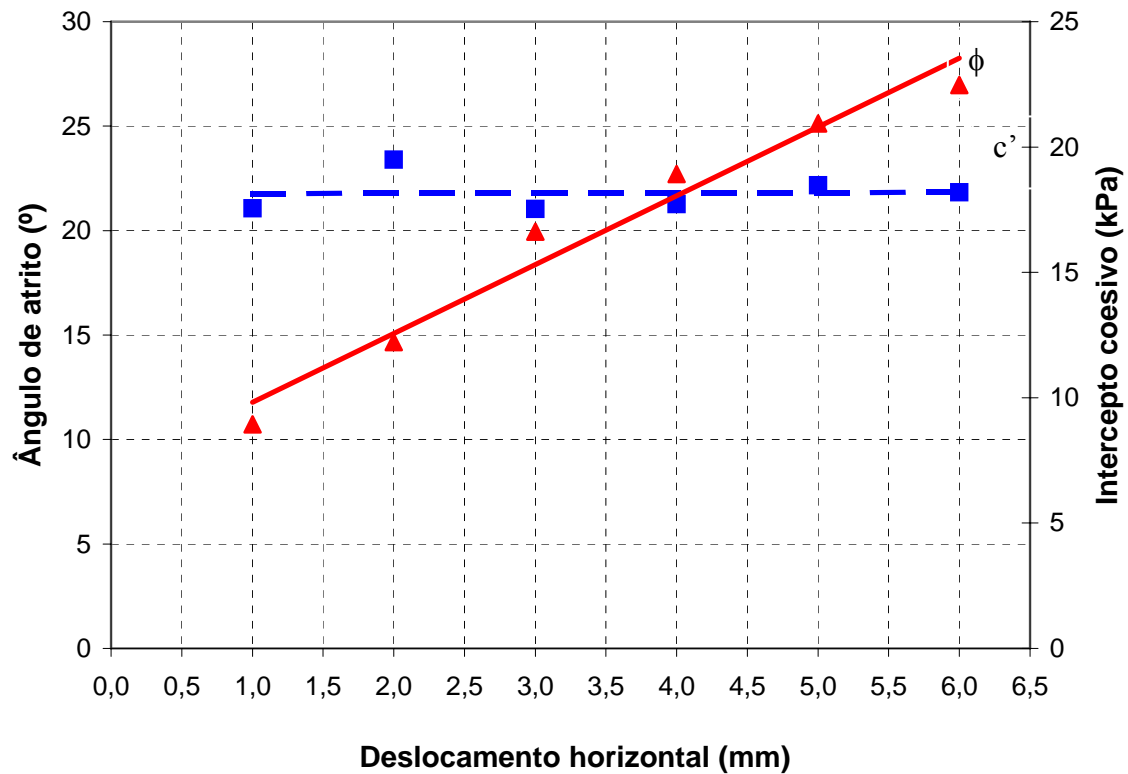


Figura 25: Ângulo de atrito e coesão para soja

Percebe-se, que o ângulo de atrito obteve um crescimento com o aumento do deslocamento, passando de 10,73° a 26,96°. Já para a coesão obteve valores variando, ora crescendo e ora diminuindo conforme Tabela 8, sendo seu menor valor de 17,53kPa e o maior de 19,50kPa.

4.3.2 Comportamento mecânico para o grão de milho

A Figura 26, apresenta o gráfico no qual é plotado o deslocamento horizontal *versus* a tensão cisalhante, sendo que na Figura 27 é apresentado o gráfico no qual é plotado o deslocamento horizontal *versus* a deformação vertical. Em cada gráfico estão plotados quatro ensaios variando a tensão normal: 20, 100, 175 e 250kPa, quanto maior a tensão normal aplicada maior é a tensão cisalhante, os quais fornecem os valores de ângulo de atrito e coesão, para diferentes deslocamentos.

Através da análise do gráfico da Figura 26, pode se perceber que o grão também apresentou o comportamento de uma argila normalmente adensada, possuindo a tensão confinante acima da tensão de pré-adensamento, não possuindo valores de pico.

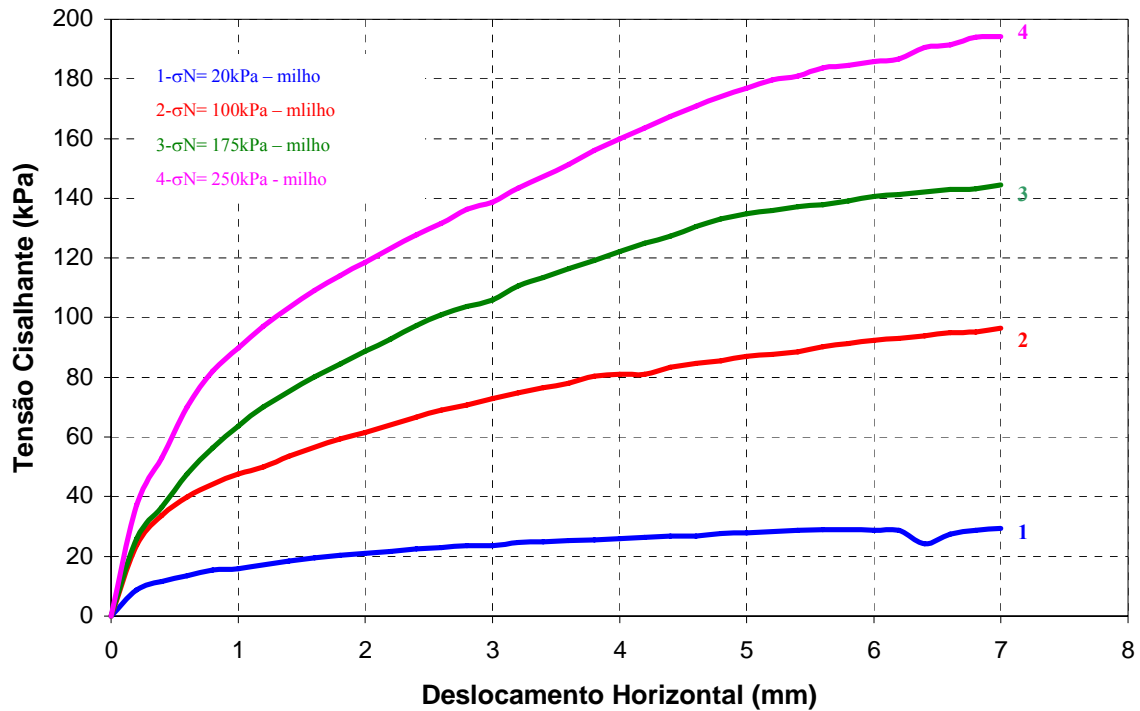


Figura 26: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para milho

O gráfico da Figura 27, mostra que para todas as tensões os grãos obtiveram um comportamento compressivo no início do deslocamento, porém a seguir apresentou um comportamento dilatante sendo mais acentuado para a tensão de 20kPa, vindo a alterar novamente para compressivo no final do deslocamento.

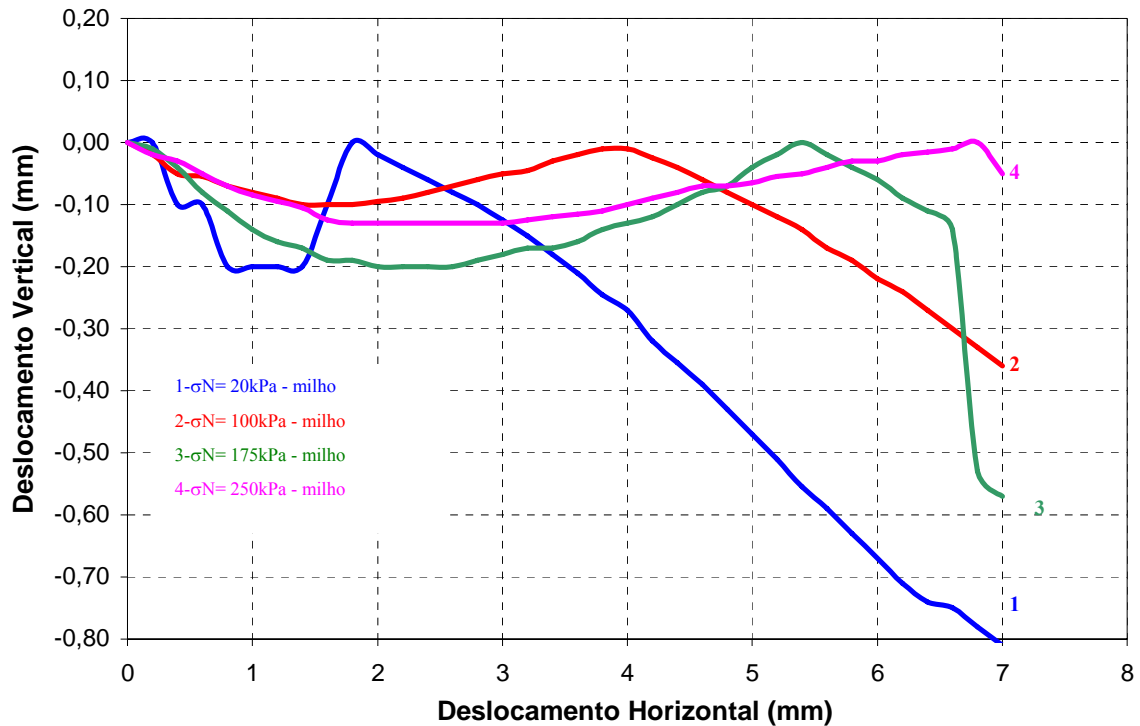


Figura 27: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para milho

4.3.2.1 Envoltórias de resistência para diferentes deslocamentos – grãos de milho

Neste item serão apresentadas as envoltórias de resistência para os grãos de milho. Sendo apresentados também o ângulo de atrito e coesão para a energia de compactação.

Na Figura 28, estão plotados os ajustes lineares ($\sigma \times \tau$) para diferentes deslocamentos para os grãos de milho.

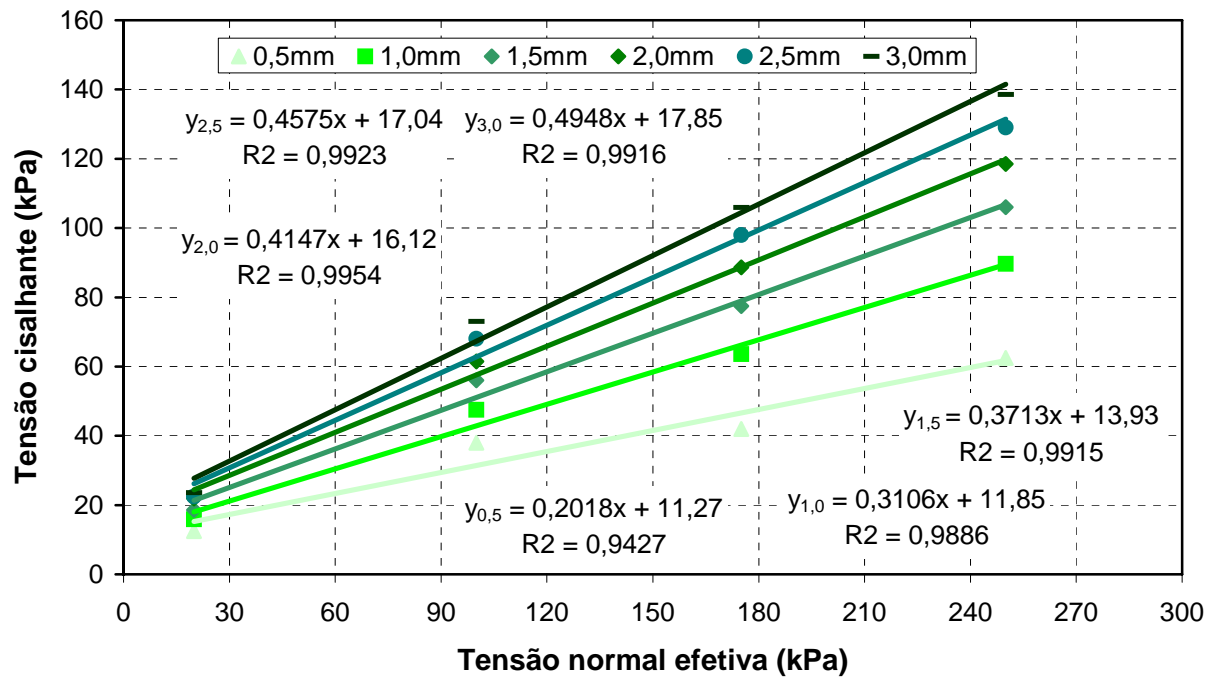


Figura 28: Envoltória de deslocamento para milho

Com a realização dos ensaios e a construção dos gráficos, obtiveram-se os valores de ângulo de atrito e coesão encontrados na Tabela 9 para os grãos de milho.

Tabela 9: Resultado do ensaio de cisalhamento direto de milho

Grão	Parâmetro	Deslocamento (mm)					
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Milho	$c' (kPa)$	11,27	11,85	13,93	16,12	17,04	17,85
	$\phi (^{\circ})$	11,41	17,25	20,37	22,52	24,58	26,33

Na Figura 29, estão plotados o ângulo de atrito e coesão para os grãos de milho.

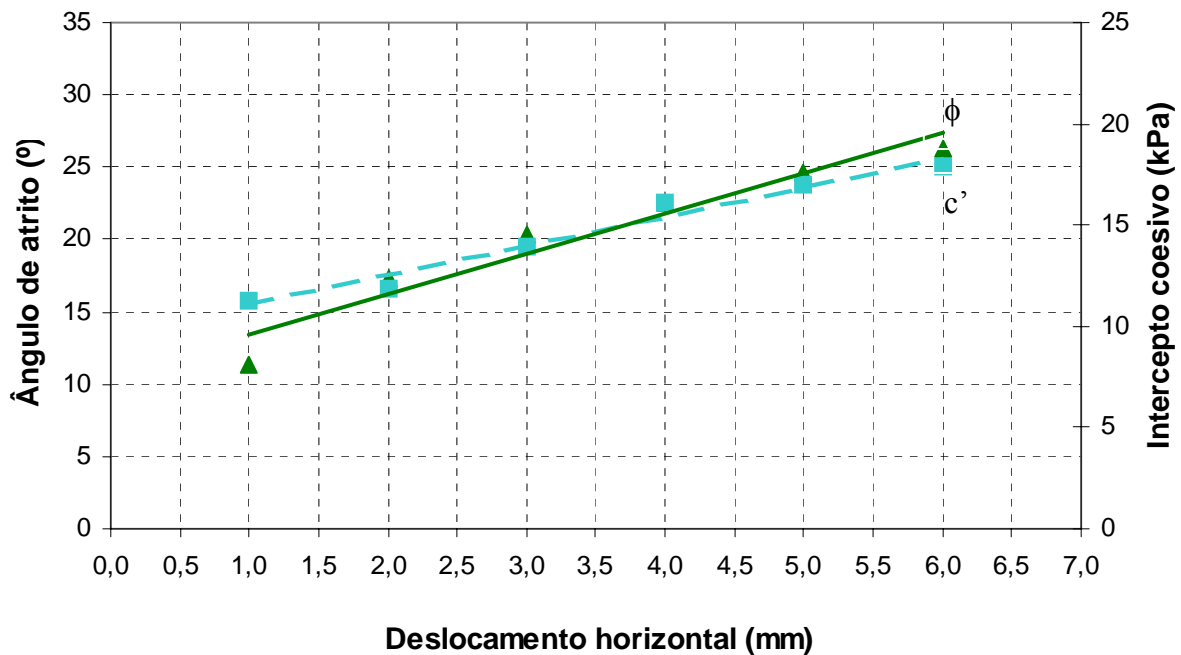


Figura 29: Ângulo de atrito e coesão para o milho

Percebe-se, que o ângulo de atrito obteve um crescimento constante com o aumento do deslocamento, passando de $11,41^\circ$ a $26,33^\circ$. A coesão também obteve um crescimento constante, sendo seu menor valor de $11,27\text{kPa}$ e o maior de $17,85\text{kPa}$.

4.3.3 Comportamento mecânico para os grãos de trigo

A Figura 30, apresenta o gráfico no qual é plotado o deslocamento horizontal *versus* a tensão cisalhante, sendo que na Figura 31 é apresentado o gráfico no qual é plotado o deslocamento horizontal *versus* a deformação vertical. Em cada gráfico estão plotados quatro ensaios variando a tensão normal: 20, 100, 175 e 250kPa , quanto maior a tensão normal aplicada maior é a tensão cisalhante e maior a deformação vertical, os quais nos fornecem os valores de ângulo de atrito e coesão, para diferentes deslocamentos.

O gráfico da Figura 30, mostra que o grão apresentou comportamento semelhante aos grãos de soja e milho, ou seja, de uma argila normalmente adensada, possuindo a tensão confinante acima da tensão de pré-adensamento, não possuindo valores de pico.

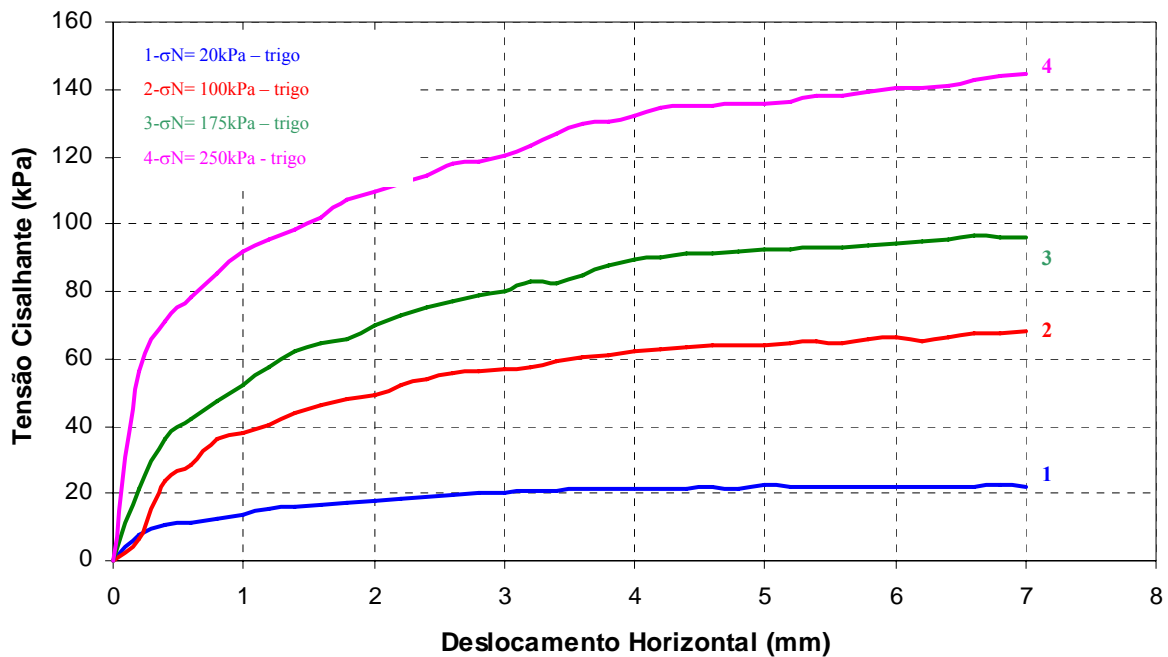


Figura 30: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para trigo

O gráfico da Figura 31 nos mostra que para todas as tensões o grão apresentou um comportamento compressivo até um determinado deslocamento de após começou a obter um comportamento levemente dilatante.

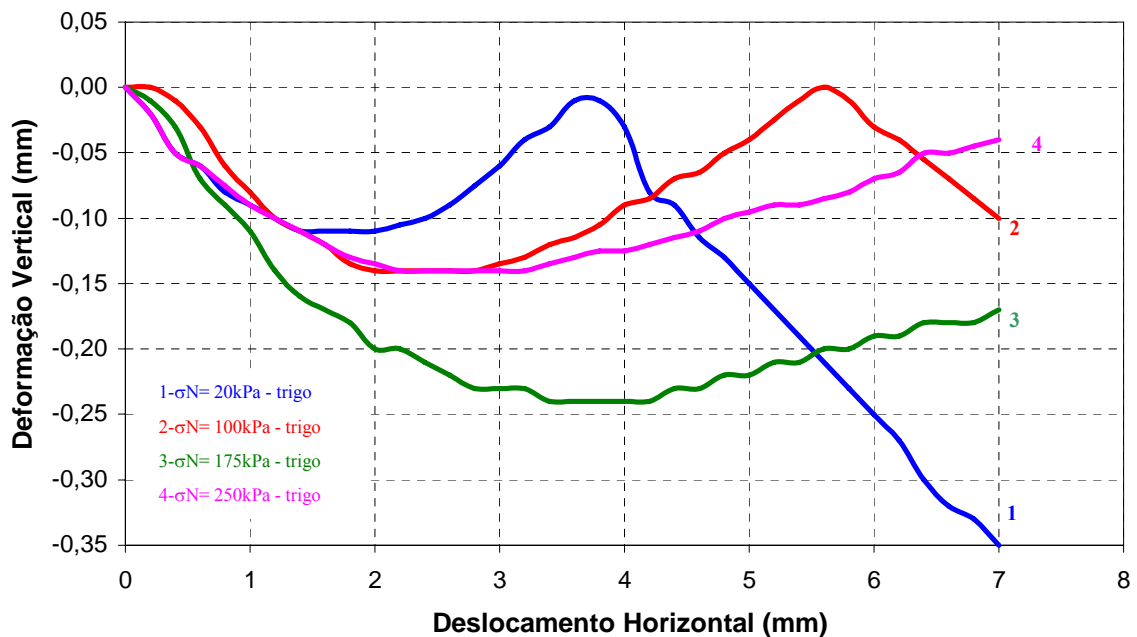


Figura 31: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para trigo

4.3.3.1 Envoltórias de resistência para diferentes deslocamentos – grãos de trigo

Neste item serão apresentadas as envoltórias de resistência para os grãos de trigo. Sendo apresentados também o ângulo de atrito e coesão para a energia de compactação.

Na Figura 32, estão plotados os ajustes lineares ($\sigma \times \tau$) para diferentes deslocamentos para os grãos de trigo.

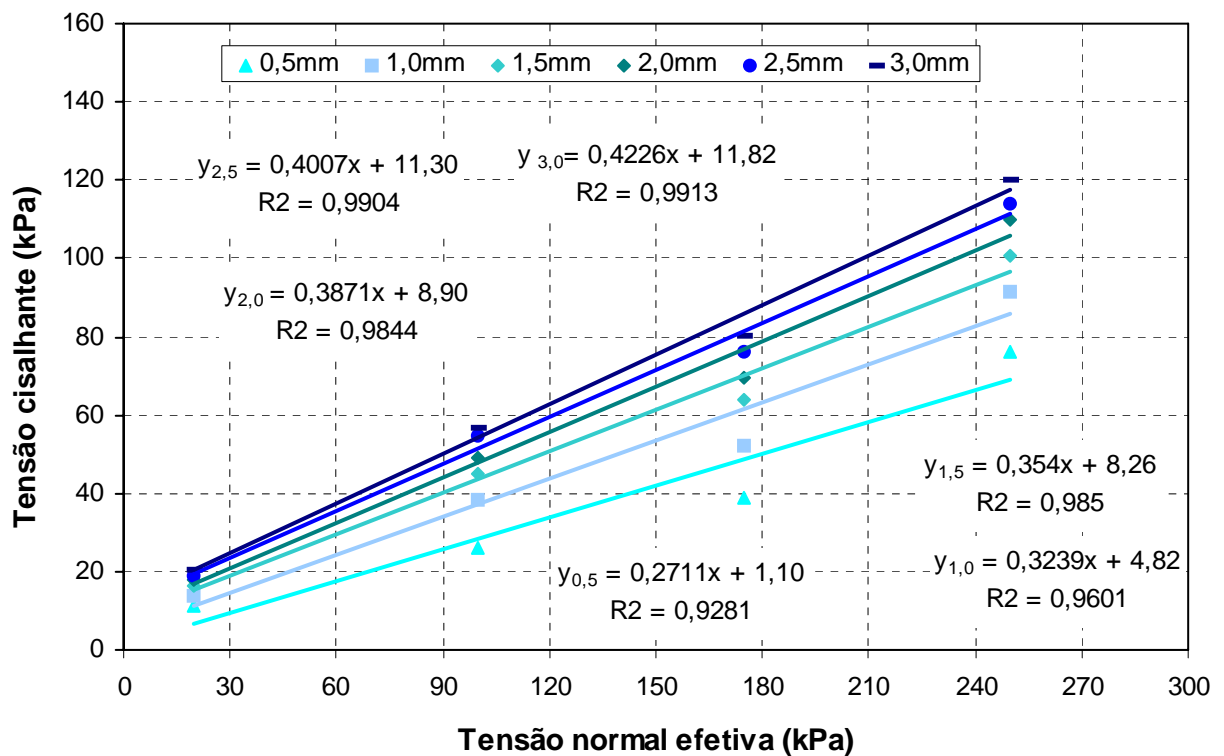


Figura 32: Envoltória de deslocamento para trigo

Com a realização dos ensaios e a construção dos gráficos, obtiveram-se os valores de ângulo de atrito e coesão encontrados na Tabela 10 para os grãos de trigo.

Tabela 10: Resultado do ensaio de cisalhamento direto de trigo

Grão	Parâmetro	Deslocamento (mm)					
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Trigo	c' (kPa)	1,10	4,82	8,26	8,9	11,3	11,82
	ϕ (°)	15,16	17,95	19,49	21,16	21,84	22,90

Na Figura 33, estão plotados o ângulo de atrito e coesão para os grãos de trigo.

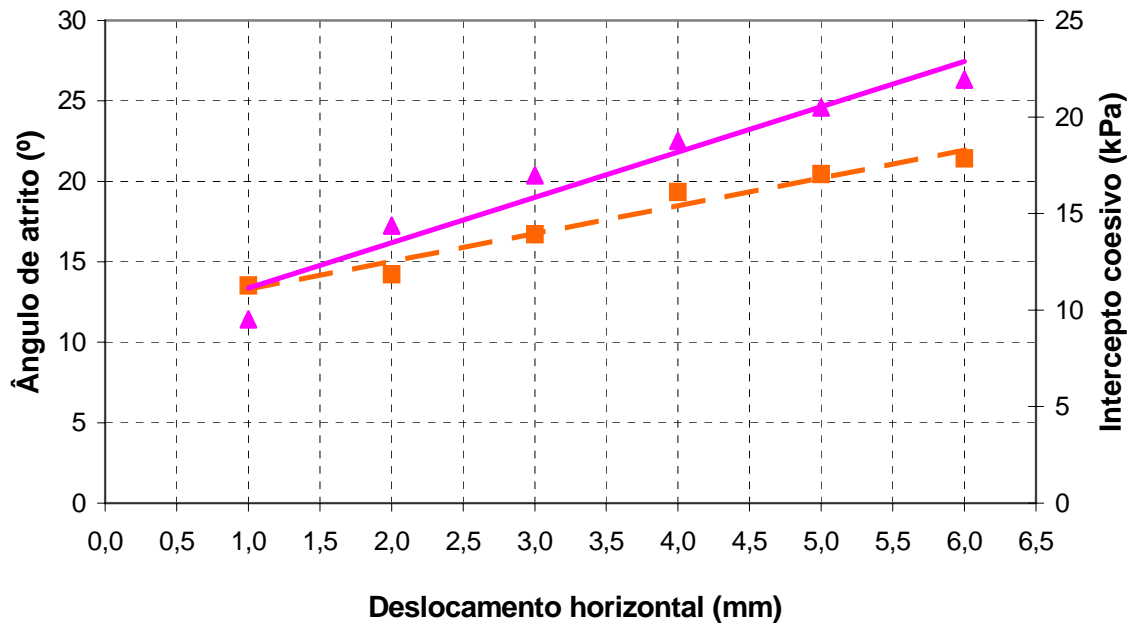


Figura 33: Ângulo de atrito e coesão para trigo

Percebe-se, que o ângulo de atrito obteve um crescimento constante com o aumento do deslocamento, passando de $15,16^\circ$ para $22,90^\circ$. A coesão também obteve um crescimento constante, sendo seu menor valor de $1,10\text{kPa}$ e o maior de $11,82\text{kPa}$.

4.3.4 Comportamento mecânico para os grãos de arroz

A Figura 34, apresenta o gráfico no qual é plotado o deslocamento horizontal *versus* a tensão cisalhante, sendo que na Figura 35 é apresentado o gráfico no qual é plotado o deslocamento horizontal *versus* a deformação vertical.

O gráfico da Figura 34, mostra que o grão apresentou comportamento semelhante aos dos demais grãos apresentando um comportamento de uma argila normalmente adensada, possuindo a tensão confinante acima da tensão de pré-adensamento, não possuindo valores de pico.

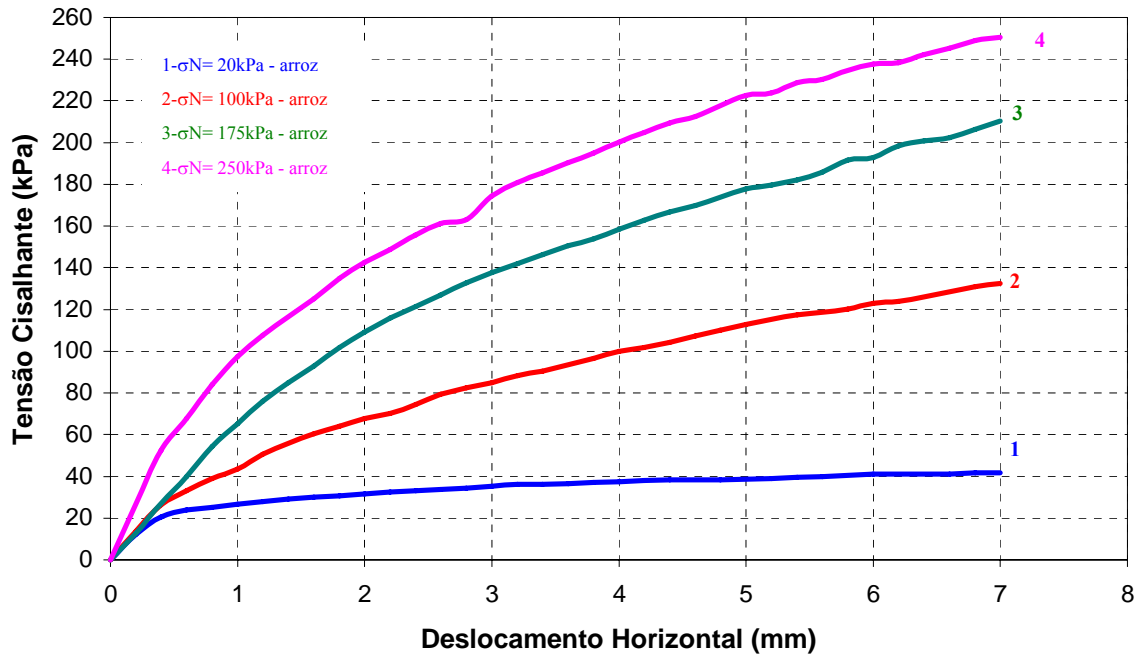


Figura 34: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para arroz

O gráfico da Figura 35 mostra que para todas as tensões o grão apresentou um comportamento levemente compressivo, sendo que a partir de um determinado deslocamento a tensão de 20kPa apresentou um comportamento compressivo mais acentuado se comparado aos demais, vindo a apresentar pico bem acentuado. As demais tensões obtiveram um comportamento levemente dilatante.

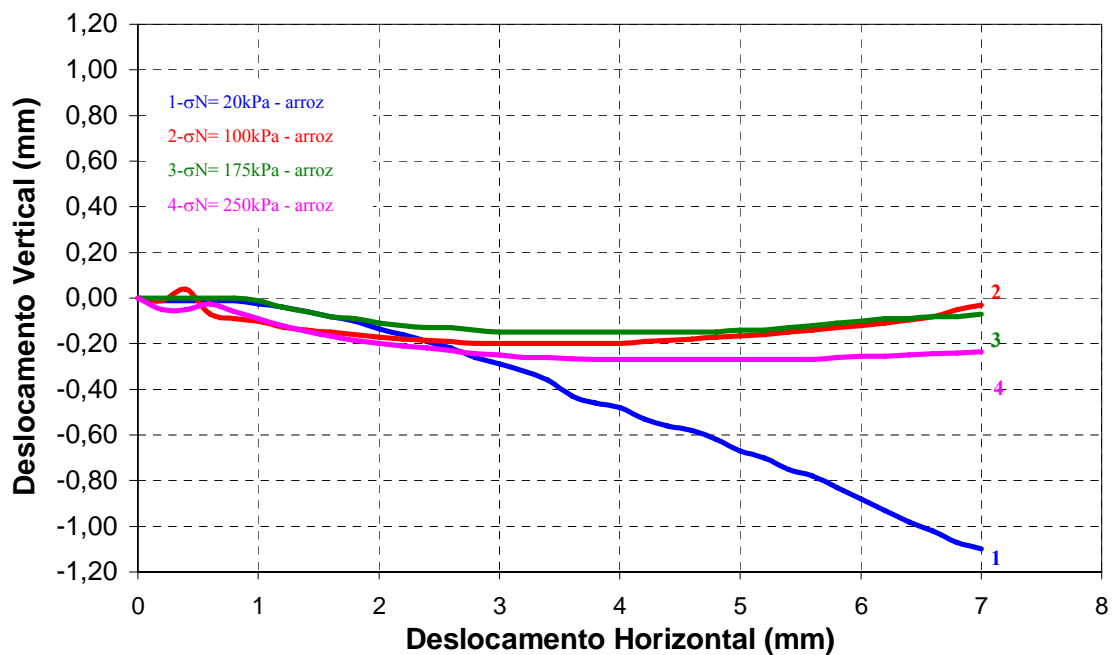


Figura 35: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para arroz

4.3.4.1 Envoltórias de resistência para diferentes deslocamentos – grãos de arroz

Neste item serão apresentadas as envoltórias de resistência para os grãos de arroz, sendo apresentados também o ângulo de atrito e coesão para a energia de compactação.

Na Figura 32, estão plotados os ajustes lineares ($\sigma \times \tau$) para diferentes deslocamentos para os grãos de arroz.

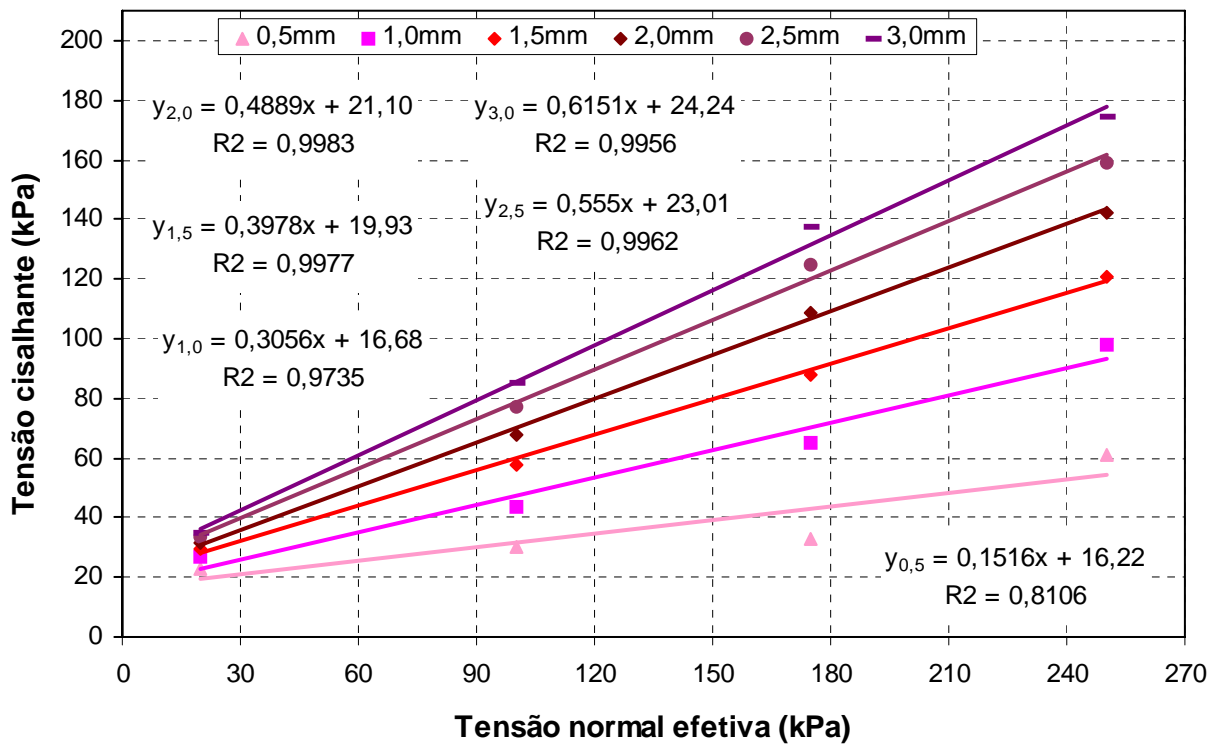


Figura 36: Envoltória de deslocamento para o arroz

Com a realização dos ensaios e a construção dos gráficos, obtiveram-se os valores de ângulo de atrito e coesão encontrados na Tabela 11 para os grãos de arroz.

Tabela 11: Resultado do ensaio de cisalhamento direto de arroz

Grão	Parâmetro	Deslocamento (mm)					
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Arroz	c' (kPa)	16,22	16,68	19,93	21,10	23,01	24,24
	ϕ (°)	8,80	17,00	21,70	26,05	29,03	31,60

Na Figura 37, estão plotados o ângulo de atrito e coesão para os grãos de arroz.

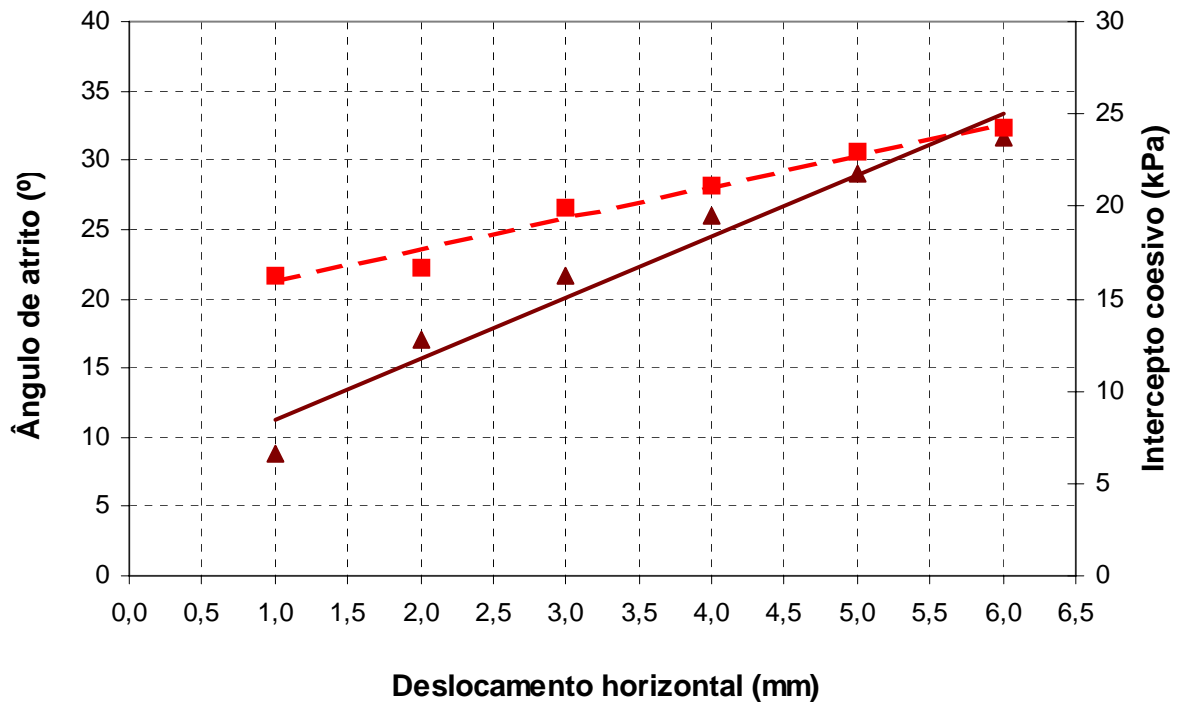


Figura 37: Ângulo de atrito e coesão para arroz

Percebe-se, que o ângulo de atrito obteve um crescimento constante com o aumento do deslocamento, passando de 8,80° para 31,60°. A coesão também obteve um crescimento constante, sendo seu menor valor de 16,22kPa e o maior de 24,24kPa.

4.4 Análise e sistematização

Conforme pode ser observado, neste item são apresentados os gráficos resumo com os quatro tipos de grãos ensaiados (soja, milho, trigo e arroz), com as quatro tensões diferentes aplicadas (20kPa, 100kPa, 175kPa e 250kPa), em cada tipo de grão.

Na Figura 38, são plotados os gráficos que apresentam o deslocamento horizontal *versus* a tensão cisalhante e na Figura 39, são plotados os gráficos que apresentam o deslocamento horizontal *versus* o deslocamento vertical, para os quatro tipos de grãos na tensão de 20kPa.

Através da análise do gráfico da Figura 38, pode-se perceber que nenhum dos grãos obteve valor de pico, todos obtiveram um valor constante com pouca variação da tensão cisalhante, e obtendo ainda valores muito próximos, tendo pouca variação nos resultados.

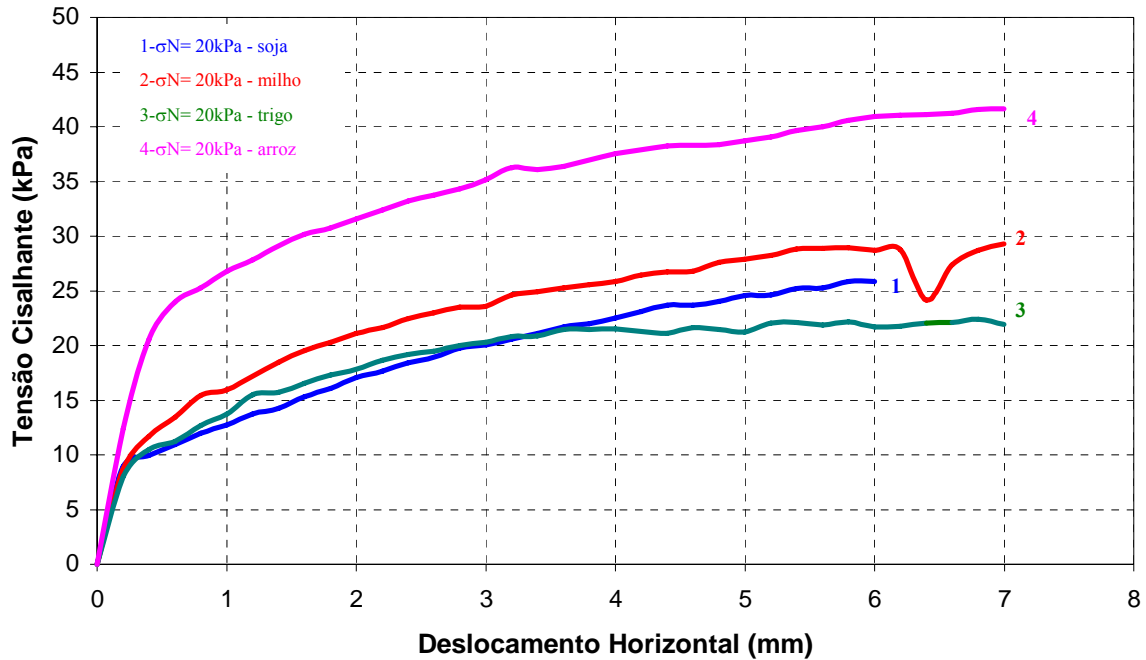


Figura 38: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para a tensão de 20kPa

O gráfico da Figura 39, nos mostra a variação do comportamento de cada grão, sendo que o grão de arroz obteve maior deslocamento vertical se comparado com os demais grãos, ou seja, o grão de soja obteve maior dilatação com o aumento da deslocamento vertical.

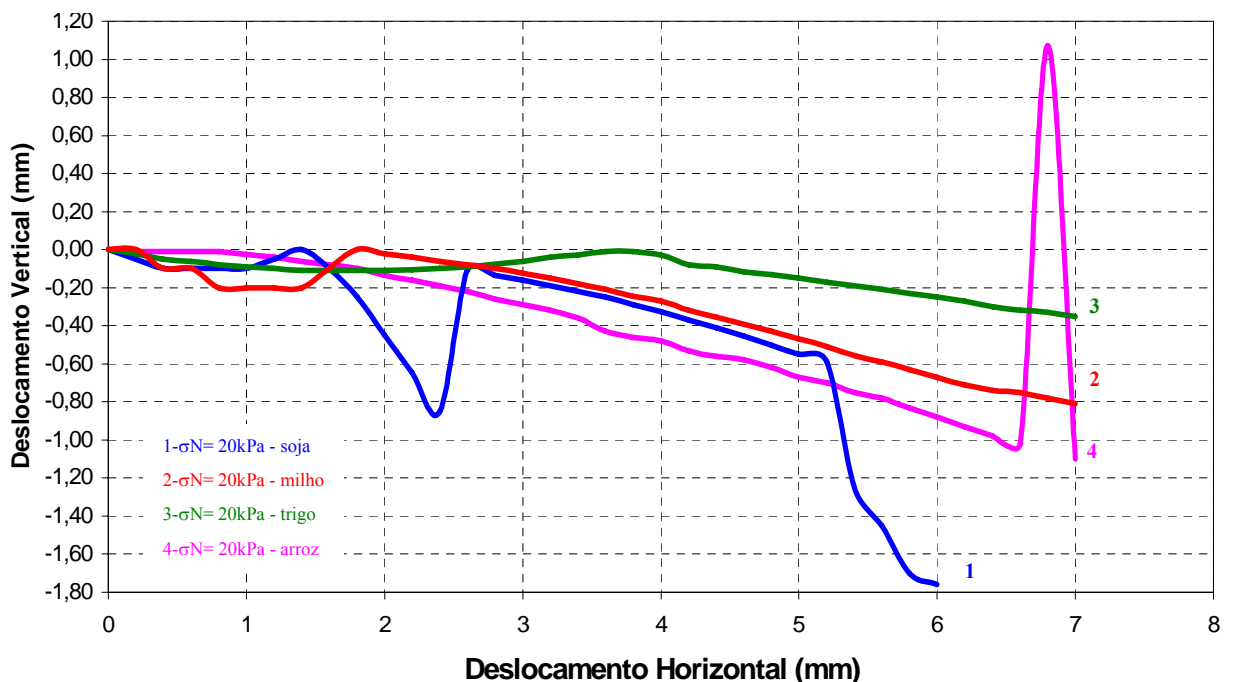


Figura 39: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para a tensão de 20kPa

Na Figura 40, são plotados os gráficos que apresentam o deslocamento horizontal *versus* a tensão cisalhante e na Figura 41, são plotados os gráficos que apresentam o deslocamento horizontal *versus* o deslocamento vertical para os quatro tipos de grão na tensão de 100kPa.

Através da análise do gráfico da Figura 40, pode-se perceber que nenhum dos grãos obteve valor de pico, todos obtiveram um valor constante de crescimento, sendo que o grão de arroz obteve um crescimento mais significativo da tensão cisalhante se comparado com os demais grãos.

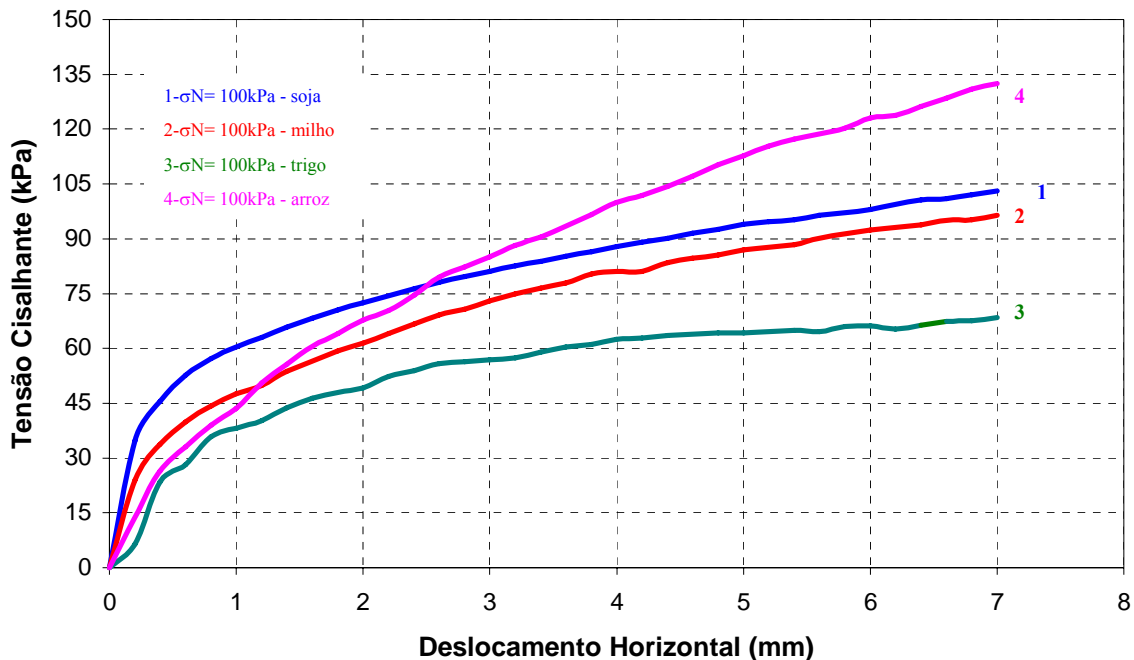


Figura 40: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para a tensão de 100kPa

O gráfico da Figura 41, mostra a variação do comportamento de cada grão, sendo que o grão de soja obteve maior deformação vertical obtendo também um valor de pico se comparado com os demais grãos, ou seja, o grão de soja obteve maior dilatação com o aumento da deslocamento vertical.

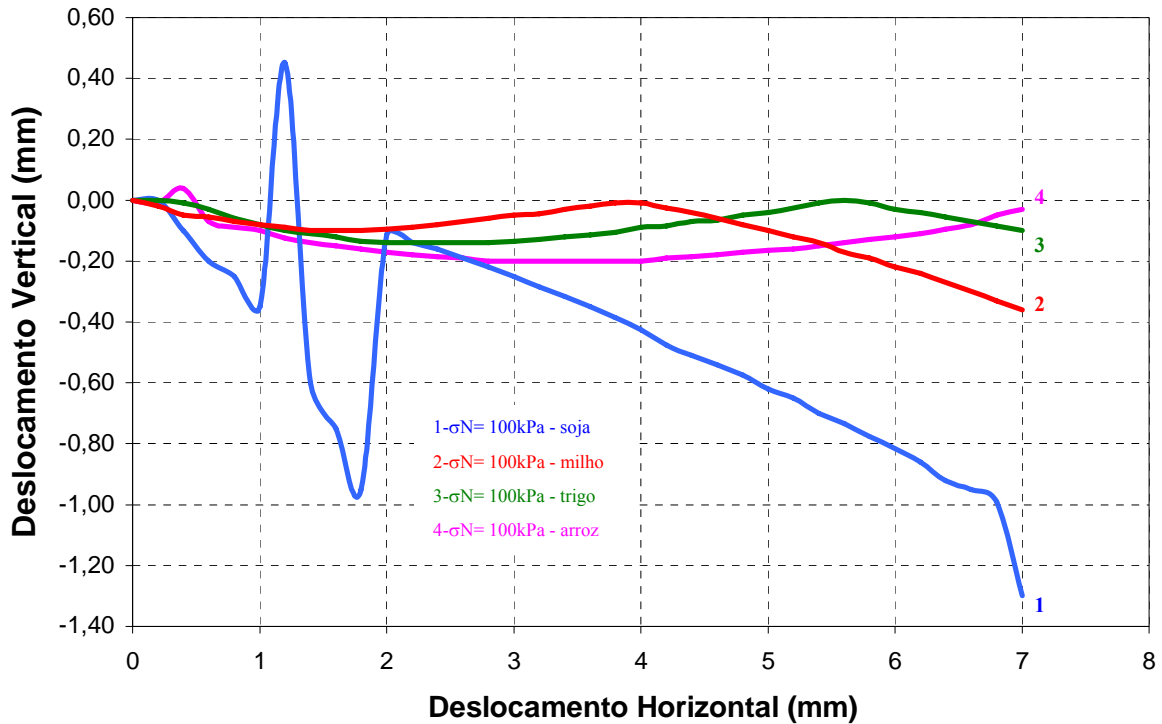


Figura 41: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para a tensão de 100kPa

Na Figura 42, são plotados os gráficos que apresentam o deslocamento horizontal *versus* a tensão cisalhante e na Figura 43, são plotados os gráficos que apresentam o deslocamento horizontal *versus* o deslocamento vertical para os quatro tipos de grãos na tensão de 175kPa.

Através da análise do gráfico da Figura 42, pode-se perceber que nenhum dos grãos obteve valor de pico, todos obtiveram um valor constante de crescimento, sendo que o grão de arroz obteve um crescimento mais significativo da tensão cisalhante se comparado com os demais grãos.

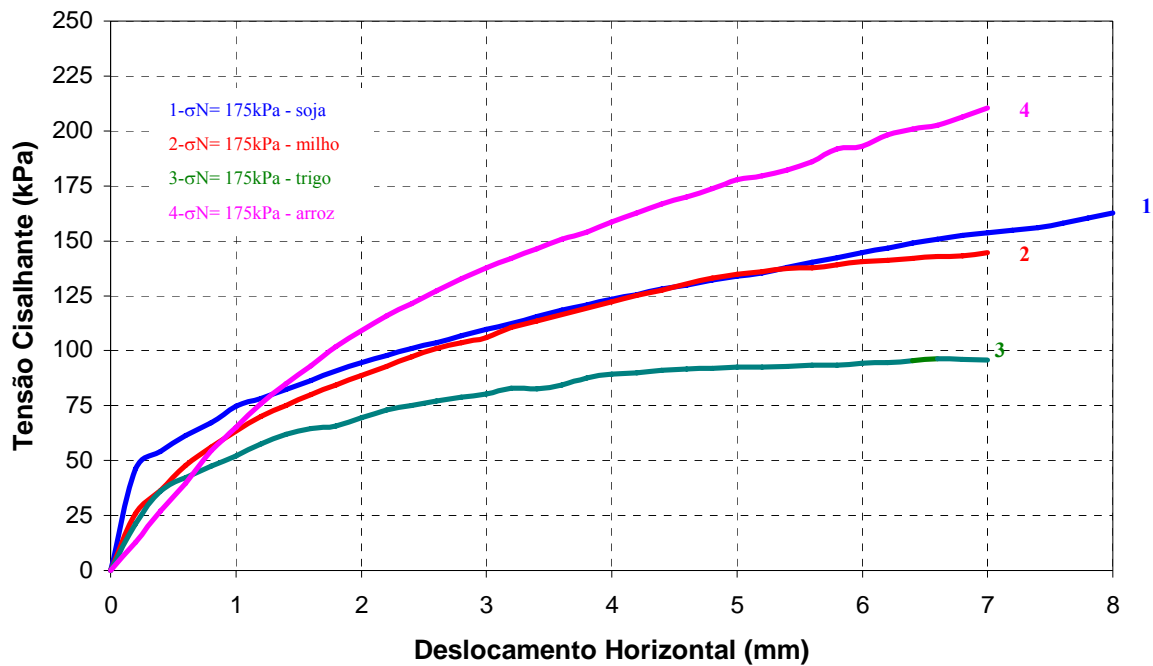


Figura 42: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para a tensão de 175kPa

O gráfico da Figura 43, mostra que todos os grãos obtiveram no início do deslocamento um comportamento parecido, com pouca diferença entre eles, porém no início do deslocamento o grão de soja obteve um valor de pico.

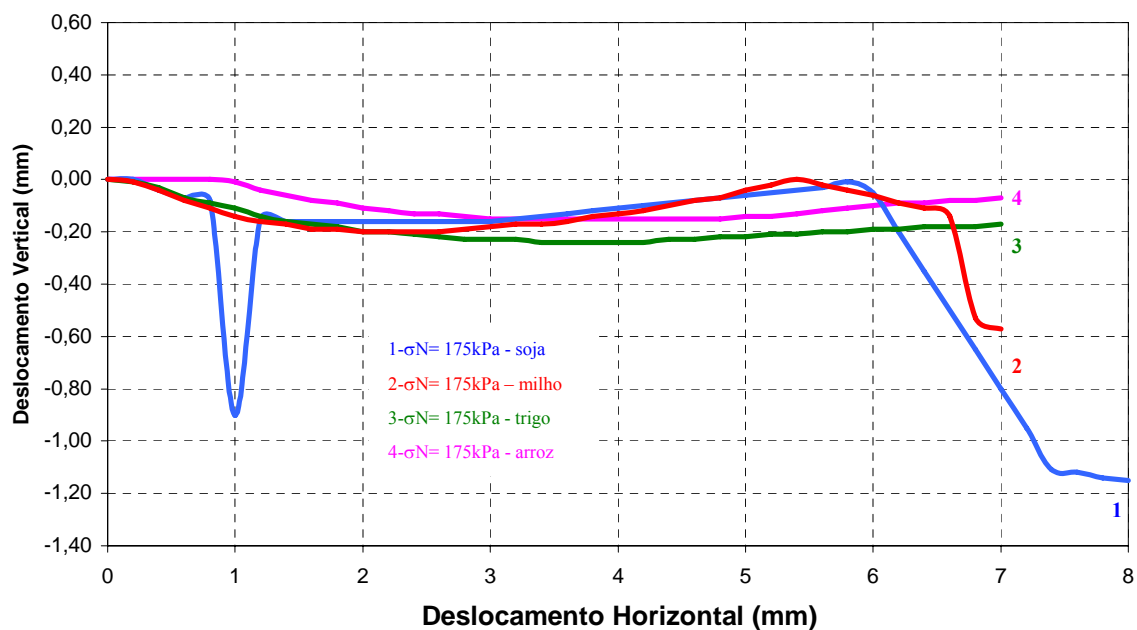


Figura 43: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para a tensão de 175kPa

Na Figura 44, são plotados os gráficos que apresentam o deslocamento horizontal *versus* a tensão cisalhante e na Figura 45, são plotados os gráficos que apresentam o deslocamento horizontal *versus* o deslocamento vertical para os quatro tipos de grãos na tensão de 250kPa.

O gráfico da Figura 44, apresenta valores parecidos os os obtidos para a Tensão normal de 250kPa.

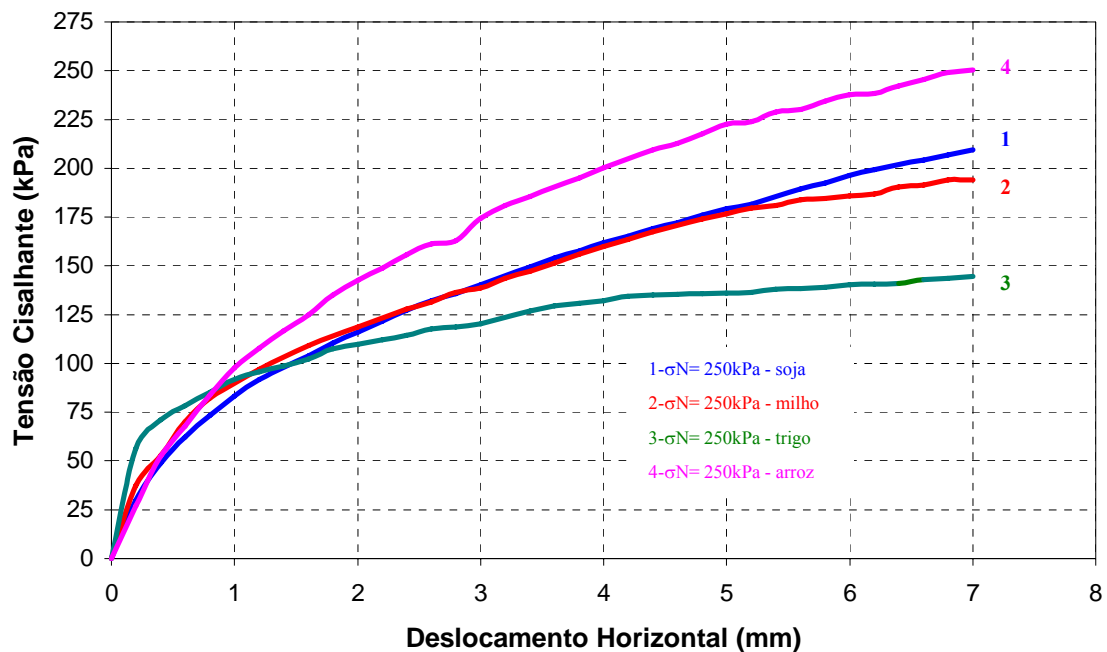


Figura 44: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para a tensão de 250kPa

O gráfico da Figura 45, apresenta o resultado que todos os grãos obtiveram um comportamento compressivo e vindo posteriormente a se dilatar levemente, sendo que o grão de arroz obteve maior deslocamento vertical se comparado com os demais grãos.

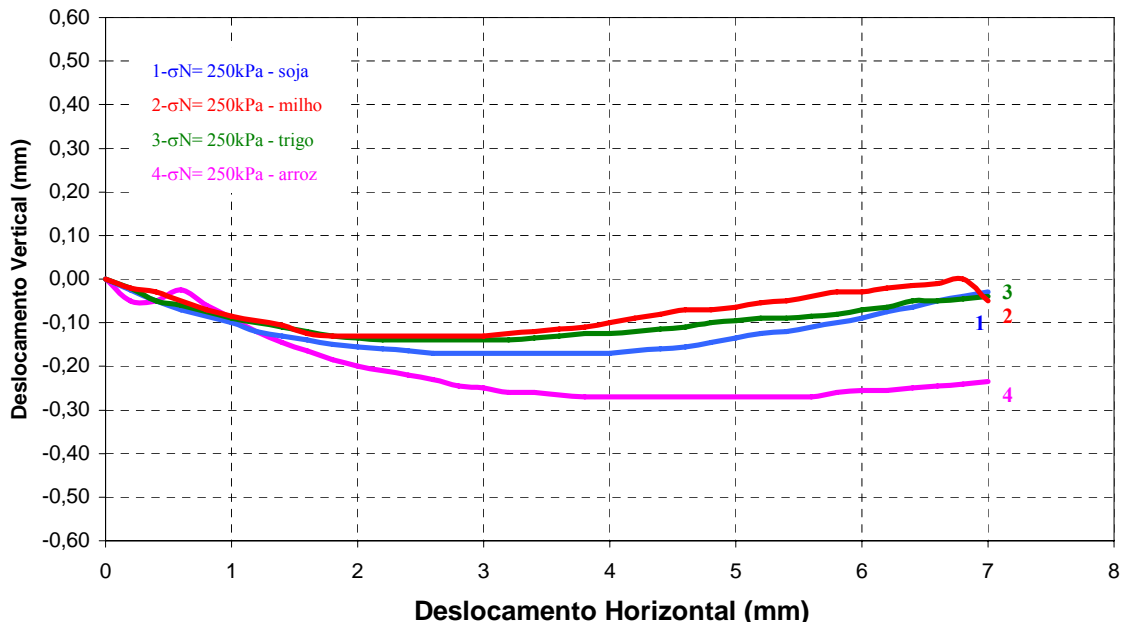


Figura 45: Resultado do ensaio de cisalhamento direto para a tensão de 250kPa

Nas Figuras 46 e 47, estão plotados o ângulo de atrito e coesão respectivamente para todos os grãos. Através desses gráficos, é possível comparar melhor o ângulo de atrito e coesão para os diferentes grãos. Com relação ao ϕ , pode-se afirmar que todos os grãos apresentaram ângulo de atrito entre 0° e 30° . Pode-se perceber que a maior diferença está na coesão do trigo que apresentou menores valores se comparado aos demais grãos.

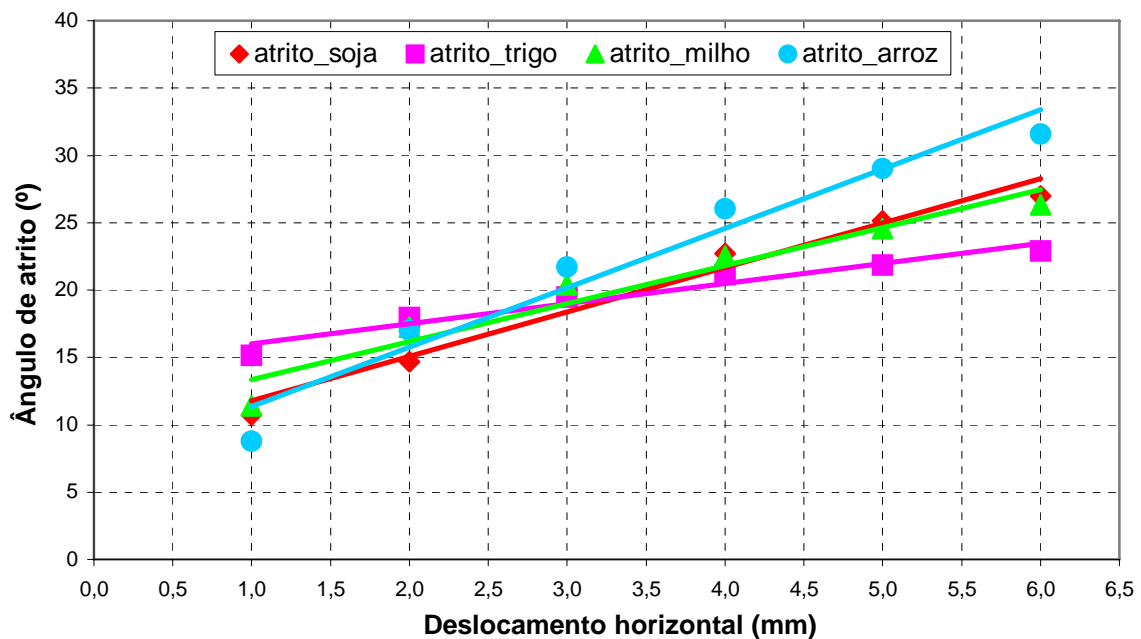


Figura 46: Ângulo de atrito para todos os grãos

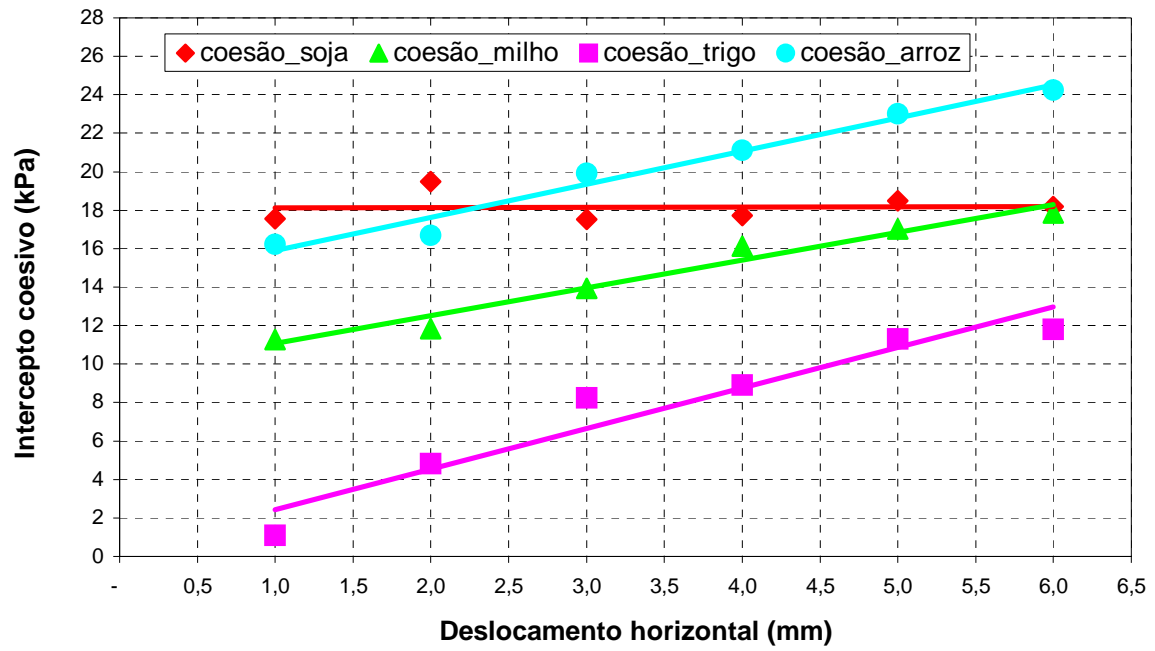


Figura 47: Coesão para todos os grãos

5 CÁLCULO DE EMPUXO

No presente capítulo são calculados os valores de empuxo (E), segundo o método de Rankine, com utilização de valores previamente definidos, como altura, peso específico aparente e ângulo de atrito para os quatro tipos de grãos estudados: soja, milho, trigo e arroz.

5.1 Variáveis utilizadas no dimensionamento

Os valores do empuxo (E), foram calculados de acordo com a Teoria de Rankine, sendo utilizado um conjunto de variáveis apresnetadas na Tabela 12.

Tabela 12: Dados para cálculo de empuxo

Grão	ϕ (1,0mm)	γ (kN/m ³)
Soja	14,66°	7,59
Milho	17,25°	7,69
Trigo	17,95°	8,30
Arroz	17,00°	6,25

5.2 Processo de cálculo

Os cálculos de empuxo, foram executados para empuxo ativo e empuxo passivo, com base nas equações 2.6 e 2.7.

Para o cálculo, foram definidas as alturas: 3,0m, 6,0m, 9,0m, 12,0m, 15,0m, 18,0m e 21,0m.

a) Cálculo das variáveis K_a e K_p , para o grão de soja

Conjunto de valores utilizados:

$$\phi (1,0mm)=14,66^\circ$$

$$\gamma=7,59\text{kN/m}^3$$

$$h=3,0\text{m}$$

$$K_a = \frac{\tau_{ha}}{\tau_v} = \frac{1 - \text{sen}\phi}{1 + \text{sen}\phi} = \text{tg}^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \quad (2.6)$$

$$K_a = 0,596$$

$$K_p = \frac{\tau_p}{\tau_v} = \frac{1 + \text{sen}\phi}{1 - \text{sen}\phi} = \text{tg}^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \quad (2.7)$$

$$K_p = 1,677$$

b) Cálculo do empuxo ativo (E_a) e empuxo passivo (E_p), para altura $h=3,0\text{m}$ e $\gamma=7,59\text{kN/m}^3$

$$E_a = \frac{1}{2} * K_a * h^2 * \gamma \quad (2.8)$$

$$E_a = 0,5 * 0,596 * 3^2 * 7,59$$

$$E_a = 20,356\text{kN} / m$$

$$E_p = \frac{K_p * h^2 * \gamma + 2 * c' * h * \sqrt{K_p}}{2} \quad (2.9)$$

$$E_p = \frac{1,677 * 3^2 * 7,59 + 2 * 19,50 * 3 * \sqrt{1,677}}{2}$$

$$E_p = 133,040\text{kN} / m$$

c) Resultados obtidos nos cálculos de empuxo ativo e empuxo passivo para as alturas definidas

Tabela 13: Valores de empuxo ativo e empuxo passivo para ϕ , γ e c' conforme tabela 12

Soja			Milho			Trigo			Arroz		
h (m)	E_a (kN/m)	E_p (kN/m)	h (m)	E_a (kN/m)	E_p (kN/m)	h (m)	E_a (kN/m)	E_p (kN/m)	h (m)	E_a (kN/m)	E_p (kN/m)
3,00	20,36	133,04	3,00	18,76	112,02	3,00	19,72	90,47	3,00	15,38	118,96
6,00	81,43	380,63	6,00	75,02	351,59	6,00	78,88	322,13	6,00	61,54	340,63
9,00	183,21	742,77	9,00	168,80	718,72	9,00	177,49	694,97	9,00	138,46	665,02
12,00	325,70	1.219,48	12,00	300,09	1.213,40	12,00	315,53	1.208,99	12,00	246,15	1.092,12
15,00	508,91	1.810,74	15,00	468,90	1.835,63	15,00	493,02	1.864,20	15,00	384,61	1.621,93
18,00	732,83	2.516,55	18,00	675,21	2.585,42	18,00	709,95	2.660,59	18,00	553,84	2.254,45
21,00	997,46	3.336,92	21,00	919,04	3.462,76	21,00	966,32	3.598,16	21,00	753,83	2.989,68

Na figura 48, estão plotados os valores do E_a para os grãos soja, milho, trigo e arroz, conforme apresentados na tabela 13.

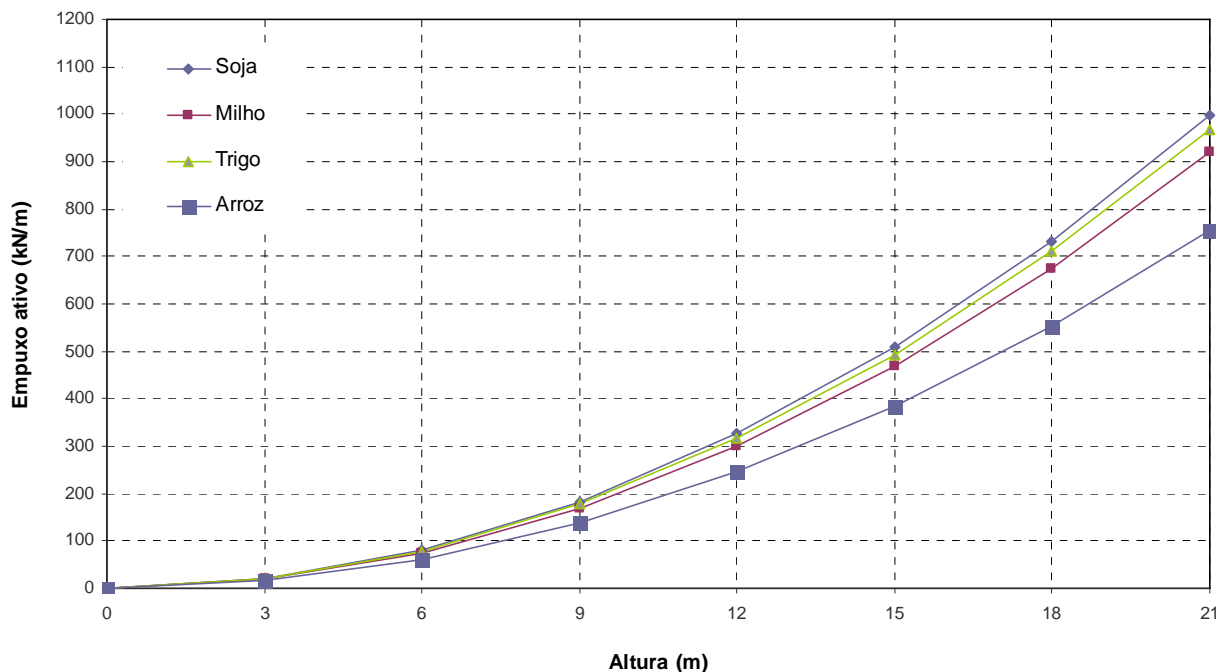


Figura 48: Valores de empuxo ativo para os grãos soja, milho, trigo e arroz

Na figura 49, estão plotados os valores do E_p para os grãos soja, milho, trigo e arroz, conforme apresentados na tabela 13.

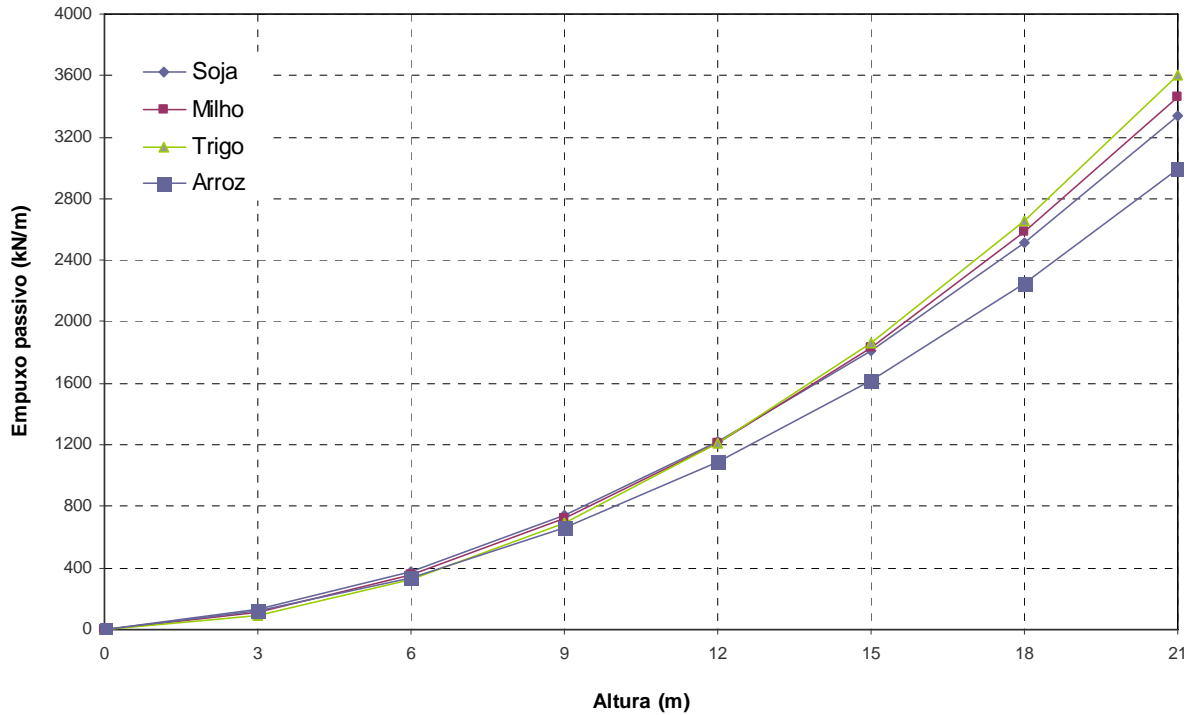


Figura 49: Valores de empuxo passivo para os grãos soja, milho, trigo e arroz

Em análise a Figura 48, é possível perceber que quanto maior a altura, maior o empuxo ativo do grão e que o grão que apresentou maior empuxo ativo foi o grão de soja.

Com relação a Figura 49, se pode perceber que o empuxo passivo também aumenta quando aumenta sua altura. No caso do empuxo passivo, o grão que apresentou maior valor foi o trigo, devido ao baixo valor do ângulo de atrito.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Conclusões

O estudo realizado no desenvolvimento desta pesquisa, cujo os objetivos eram determinar os parâmetros de resistência ao cisalhamento dos grãos: soja, milho, trigo e arroz - produzidos na região Sul do Brasil e visando a utilização destes parâmetros no cálculo do empuxo para unidades de armazenagem de grãos, permitiram as seguintes conclusões:

a) Comportamento mecânico dos grãos

- ✓ Através dos resultados obtidos nos ensaios de cisalhamento direto para os grãos de soja, milho, trigo e arroz, todos produzidos na região Sul do Brasil, se verificou que todos apresentaram comportamento semelhante ao de argila normalmente adensada, com tensão confinante acima da tensão de pré-adensamento, não apresentando valores de pico.

b) Resistência ao cisalhamento, ângulo de atrito e coesão com diferentes deslocamentos

- ✓ Para os grãos de soja, com energia normal de compactação, o ângulo de atrito, com diferentes deslocamentos, apresentou valores crescentes, sendo o valor inicial de $10,73^\circ$ e o valor final de $26,96^\circ$. A coesão apresentou valores variáveis, iniciando em 17,56kPa, apresentando pico de 19,50kPa e finalizando com valor de 18,20kPa.
- ✓ Para os grãos de milho, se verificou que o ângulo de atrito apresentou valor inicial de $11,41^\circ$, crescendo constantemente e finalizando com $26,33^\circ$. A coesão também se apresentou uniforme e constante, sendo o menor valor de 11,27kPa e o maior valor de 17,85kPa.

- ✓ Quanto aos grãos de trigo, o ângulo de atrito cresceu constantemente com o aumento do deslocamento, passando de $15,16^\circ$ para $22,90^\circ$. A coesão também foi constante, porém com valores baixos, iniciando em $1,10\text{kPa}$ e finalizando com valor de $11,82\text{kPa}$.
- ✓ O ângulo de atrito para os grãos de arroz iniciaram em $8,80^\circ$ e finalizaram com $31,60^\circ$, crescendo de forma constante com o aumento do deslocamento. A coesão iniciou com valor de $16,22\text{kPa}$ e finalizou com valor de $24,24\text{kPa}$.
- ✓ Com relação ao empuxo ativo, foi possível perceber que quanto maior a altura, maior o empuxo ativo do grão e que o grão que apresentou maior empuxo ativo foi o grão de soja.
- ✓ Quanto ao empuxo passivo, também se pode perceber que seu valor aumenta quando aumenta sua altura. No caso do empuxo passivo, o grão que apresentou maior valor foi o trigo, devido ao baixo valor obtido na coesão.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

Neste item, são apresentados sugestões para execução de trabalhos futuros, promovendo o processo de continuidade desta pesquisa realizada.

- Determinação dos parâmetros de resistência ao cisalhamento, atrito e coesão para outros tipos de grãos;
- Execução do ensaio triaxial para grãos;
- Considerar a umidade no ensaio;
- Determinar atrito grão/superfície para utilização da Teoria de Coulomb.

REFERÊNCIAS

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6 ed. Rio de Janeiro: JC, 1987.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodología científica**. 5 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. Armazenagem e mercado de grãos no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1978.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. A-cesso em: 02 set 2004.

INSTITUTO CAMPINEIRO DE ENSINO AGRÍCOLA. Principais culturas I. São Paulo, 1972.

INSTITUTO CAMPINEIRO DE ENSINO AGRÍCOLA. Principais culturas II. São Paulo, 1972.

LORINI, Irineu. **Armazengam de grãos**. 1 ed. Campinas: IBG, 2002.

MACHADO, Sandro Lemos, MACHADO, Miriam de Fátima. **Mecânica dos Solos II: conceitos introdutórios**. Salvador, 1997.

MAGALHÃES, Edimarques Pereira. **Comportamento experimental de uma cortina de estaca prancha assente em solo poroso de DF: implicações para o projeto e metodologia de cálculo.** Dissertação de Mestrado em geotecnia-Universidade de Brasília.Publicação G.DM-105/2003.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia**

MOLITERNO, Antonio. **Caderno de muros de arrimo.** 2 ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1980.

MONTEIRO, Valquiria Medianeira Costa. Obtenção de coeficiente de atrito solo/estrutura para um solo residual de basalto e sua importância no cálculo de estruturas de contenção. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul-UNIJUÍ. Ijuí, 2006.

PINTO, Carlos de Souza. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas.** 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

SILVA, Hélio da Costa. **Estudo da influência do empuxo lateral causado por grãos nas paredes de grandes silos horizontais.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul-Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2002.

VIECILI, Cristiano. Determinação dos parâmetros de resistência do solo de Ijuí a partir do ensaio de cisalhamento direto. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul-UNIJUÍ. Ijuí, 2003.

WEBER, Érico A. **Armazengam agrícola.** 2 ed. Guaíba: Agropecuária, 2001.

WEBER, Kepler. Arquivos de dados, 2002.

ANEXO I – Planilhas do Ensaio de Análise Granulométrica



Rua do Comércio 3000
Bairro Universitário
fone: 0xx 55 3332 0505



Caracterização dos Agregados

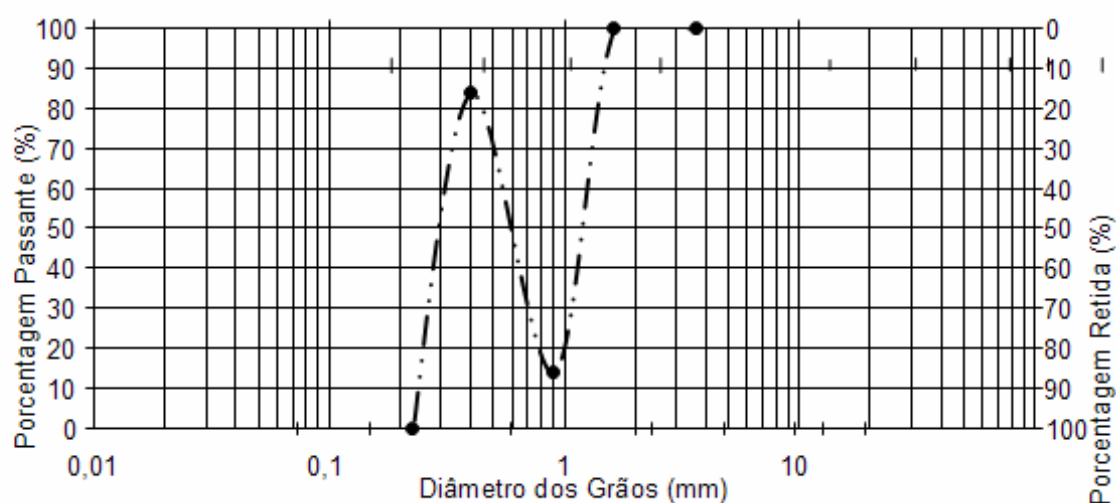
1 - IDENTIFICAÇÃO

Projeto: TCC
Operador: Luiz / Salete
Data: 17/03/05
Objetivo: Grãos de Soja
Obs: Material coletado pelo solicitante

2. PROCEDÊNCIA DOS ABREGADOS MINERAIS

3 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

PENEIRA	mm	% retido			--	--
3/4"	19,1	--	--	--	--	--
1/2"	12,7	--	--	--	--	--
3/8"	9,5	--	--	--	--	--
1/4"	6,35	13,88				
n 4	4,76	83,97	--	--	--	--
n 8	2,38	0,195	--	--	--	--
n 10	2,00	--	--	--	--	--
n 30	0,59	--	--	--	--	--
n 100	0,149	--	--	--	--	--
n 200	0,074	--	--	--	--	--





Rua do Comércio 3000
Bairro Universitário



Caracterização dos Agregados

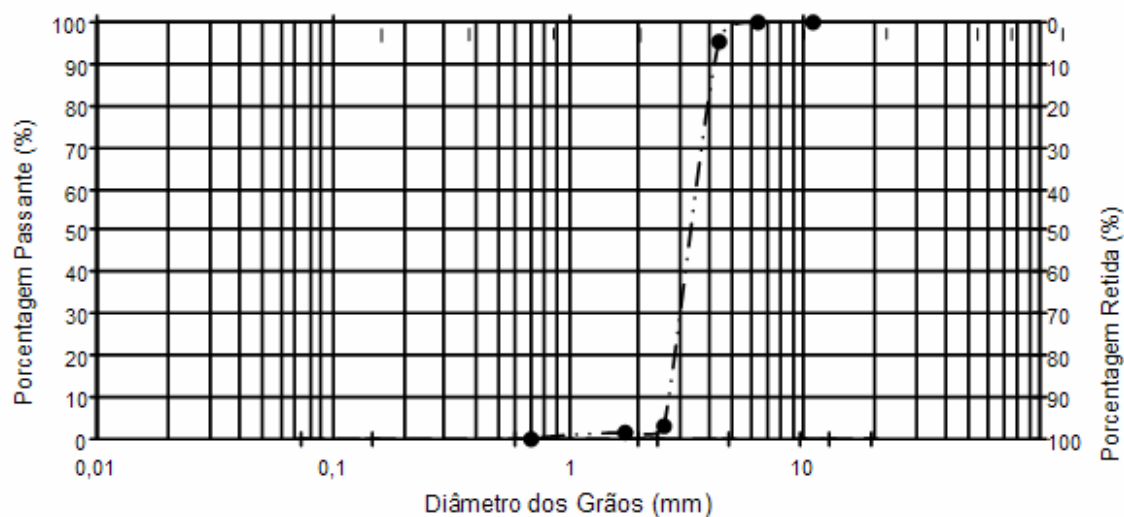
1 - IDENTIFICAÇÃO

Projeto: TCC
Operador: Luiz / Salete
Data: 17/03/05
Objetivo: Grãos de Milho
Obs: Material coletado pelo solicitante

2. PROCEDÊNCIA DOS ABREGADOS MINERAIS

3 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

PENEIRA	mm	% retido			--	--
3/4"	19,1	--	--	--	--	--
1/2"	12,7	--	--	--	--	--
3/8"	9,5	--	--	--	--	--
1/4"	6,35	95,2				
n 4	4,76	2,9	--	--	--	--
n 8	2,38	1,850	--	--	--	--
n 10	2,00	0,0001	--	--	--	--
n 30	0,59	--	--	--	--	--
n 100	0,149	--	--	--	--	--
n 200	0,074	--	--	--	--	--





Rua do Comércio 3000
Bairro Universitário
Fone: 0xx 55 3332 0505



Caracterização dos Agregados

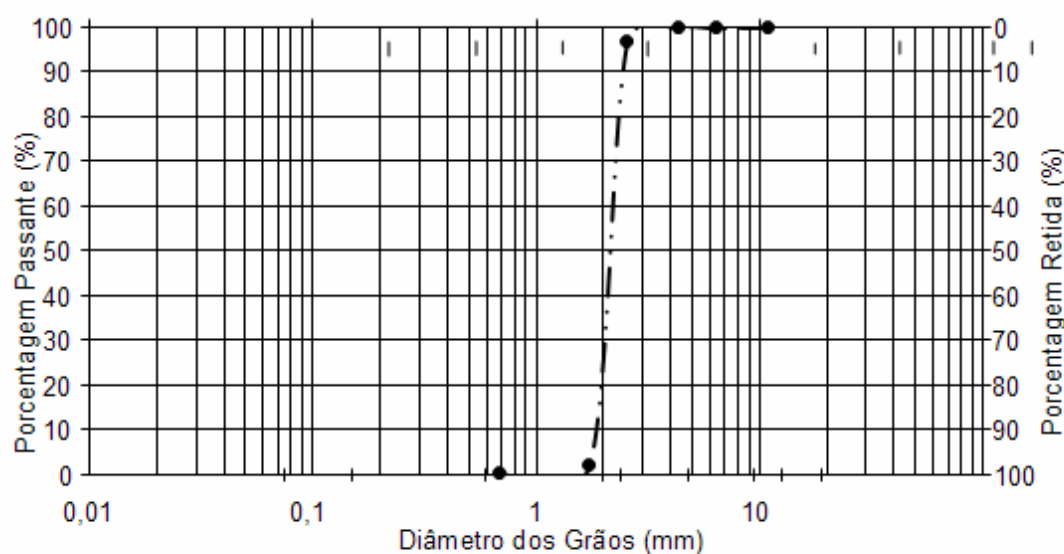
1 - IDENTIFICAÇÃO

Projeto: TCC
Operador: Luiz / Saete
Data: 17/03/05
Objetivo: Grãos de Trigo
Obs: Material coletado pelo solicitante

2. PROCEDÊNCIA DOS ABREGADOS MINERAIS

3 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

PENEIRA	mm	% retido			
3/4"	19,1	--	--	--	--
1/2"	12,7	--	--	--	--
3/8"	9,5	--	--	--	--
1/4"	6,35	--			
n 4	4,76	96,809	--	--	--
n 8	2,38	2,190	--	--	--
n 10	2,00	0,59	--	--	--
n 30	0,59	--	--	--	--
n 100	0,149	--	--	--	--
n 200	0,074	--	--	--	--





Rua do Comércio 3000
Bairro Universitário



Caracterização dos Agregados

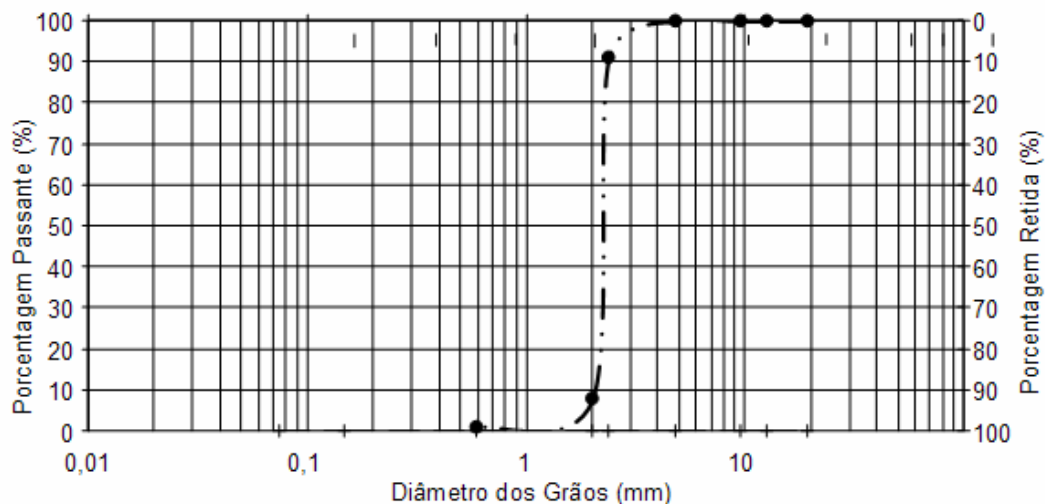
1 - IDENTIFICAÇÃO

Projeto: TCC
Operador: Luiz / Saete
Data: 17/03/05
Objetivo: Grãos de Arroz
Obs: Material coletado pelo solicitante

2. PROCEDÊNCIA DOS ABREGADOS MINERAIS

3 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

PENEIRA	mm	% retido			--	--
3/4"	19,1	--	--	--	--	--
1/2"	12,7	--	--	--	--	--
3/8"	9,5	--	--	--	--	--
n 4	4,76	--	--	--	--	--
n 8	2,38	90,85	--	--	--	--
n 10	2,00	8,14	--	--	--	--
n 30	0,59	0,82	--	--	--	--
n 100	0,149	--	--	--	--	--
n 200	0,074	--	--	--	--	--



ANEXO II – Planilhas do Ensaio de Massa Específica Aparente

ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA APARENTE
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJUÍ/RS

Local: Campus - Ijuí

Amostra: Soja

Data: 17/03/05

Amostra	Peso Líquido (kg)	Peso Líquido Médio (kg)	Massa Específica Aparente (kg/dm³)	Massa Específica Aparente Média (kg/dm³)	Massa Específica Aparente Média (kN/m³)
P1	1,472	1,466	0,762	0,759	7,59
P2	1,454		0,753		
P3	1,473		0,763		

ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA APARENTE
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJUÍ/RS

Local: Campus - Ijuí
Data: 17/03/05

Amostra: Milho

Amostra	Peso Líquido (kg)	Peso Líquido Médio (kg)	Massa Específica Aparente (kg/dm³)	Massa Específica Aparente Média (kg/dm³)	Massa Específica Aparente Média (kN/m³)
P1	1,488	1,486	0,770	0,769	7,69
P2	1,477		0,765		
P3	1,493		0,773		

ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA APARENTE
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJUÍ/RS

Local: Campus - Ijuí
Data: 17/03/05

Amostra: Trigo

Amostra	Peso Líquido (kg)	Peso Líquido Médio (kg)	Massa Específica Aparente (kg/dm³)	Massa Específica Aparente Média (kg/dm³)	Massa Específica Aparente Média (kN/m³)
P1	1,601	1,603	0,829	0,830	8,30
P2	1,595		0,826		
P3	1,613		0,835		

ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA APARENTE
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJUÍ/RS

Local: Campus - Ijuí
Data: 17/03/05

Amostra: Arroz

Amostra	Peso Líquido (kg)	Peso Líquido Médio (kg)	Massa Específica Aparente (kg/dm³)	Massa Específica Aparente Média (kg/dm³)	Massa Específica Aparente Média (kN/m³)
P1	1,210	1,208	0,626	0,625	6,25
P2	1,213		0,628		
P3	1,202		0,622		

ANEXO III – Planilhas do Ensaio de Cisalhamento Direto

ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJUÍ/RS

Local: Campus - Ijuí
Data: 22/03/2005

Amostra: Soja

Pressão vertical (KPa): 20
Velocidade do ensaio (mm/min): 0,1

P. amostra (g): 201,14
Compr./Larg./Altura da amostra (cm): 10,1 x 10,1cm

Condições do ensaio: Natural

Leitura no aparelho			DADOS TRABALHADOS				
Dh	Dv	Anel	Dh (mm)	Dv (mm)	Anel (Kgf)	Área (cm ²)	Tensão (KPa)
5,0	5,000	0,160	0,000	0,000	0,0000	102,0100	0,0000
5,2	4,950	0,430	0,200	-0,050	9,1244	101,8080	8,9624
5,4	4,900	0,470	0,400	-0,100	10,1214	101,6060	9,9614
5,6	4,900	0,510	0,600	-0,100	11,1183	101,4040	10,9644
5,8	4,900	0,550	0,800	-0,100	12,1153	101,2020	11,9714
6,0	4,900	0,580	1,000	-0,100	12,8630	101,0000	12,7357
6,2	4,950	0,620	1,200	-0,050	13,8600	100,7980	13,7503
6,4	5,000	0,640	1,400	0,000	14,3585	100,5960	14,2734
6,6	5,100	0,680	1,600	-0,100	15,3554	100,3940	15,2952
6,8	5,250	0,710	1,800	-0,250	16,1031	100,1920	16,0723
7,0	5,450	0,750	2,000	-0,450	17,1001	99,9900	17,1018
7,2	5,650	0,770	2,200	-0,650	17,5986	99,7880	17,6360
7,4	5,850	0,800	2,400	-0,850	18,3463	99,5860	18,4226
7,6	5,110	0,820	2,600	-0,110	18,8448	99,3840	18,9616
7,8	5,135	0,850	2,800	-0,135	19,5925	99,1820	19,7541
8,0	5,160	0,860	3,000	-0,160	19,8417	98,9800	20,0462
8,2	5,190	0,880	3,200	-0,190	20,3402	98,7780	20,5919
8,4	5,220	0,900	3,400	-0,220	20,8387	98,5760	21,1397
8,6	5,250	0,920	3,600	-0,250	21,3372	98,3740	21,6899
8,8	5,290	0,930	3,800	-0,290	21,5864	98,1720	21,9884
9,0	5,325	0,950	4,000	-0,325	22,0849	97,9700	22,5425
9,2	5,370	0,970	4,200	-0,370	22,5834	97,7680	23,0989
9,4	5,410	0,990	4,400	-0,410	23,0819	97,5660	23,6577
9,6	5,455	0,990	4,600	-0,455	23,0819	97,3640	23,7068
9,8	5,500	1,000	4,800	-0,500	23,3311	97,1620	24,0126
10,0	5,550	1,020	5,000	-0,550	23,8296	96,9600	24,5767
10,2	5,590	1,020	5,200	-0,590	23,8296	96,7580	24,6280
10,4	6,250	1,040	5,400	-1,250	24,3281	96,5560	25,1958
10,6	6,450	1,040	5,600	-1,450	24,3281	96,3540	25,2486
10,8	6,700	1,060	5,800	-1,700	24,8265	96,1520	25,8201
11,0	6,760	1,060	6,000	-1,760	24,8265	95,9500	25,8745

ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJUÍ/RS

Local: Campus - Ijuí
Data: 22/03/2005

Amostra: Soja

Pressão vertical (KPa): 100
Velocidade do ensaio (mm/min): 0,1

P. amostra (g): 217
Compr./Larg./Altura da amostra (cm): 10,1 x 10,1cm

Condições do ensaio: Natural

Leitura no aparelho			DADOS TRABALHADOS				
Dh	Dv	Anel	Dh (mm)	Dv (mm)	Anel (Kgf)	Área (cm ²)	Tensão (KPa)
6,0	5,000	0,120	0,000	0,000	0,0000	102,0100	0,0000
6,2	5,000	1,490	0,200	0,000	35,5439	101,8080	34,9126
6,4	5,100	1,920	0,400	-0,100	46,2612	101,6060	45,5300
6,6	5,200	2,210	0,600	-0,200	53,4891	101,4040	52,7486
6,8	5,250	2,390	0,800	-0,250	57,9755	101,2020	57,2869
7,0	5,350	2,510	1,000	-0,350	60,9663	101,0000	60,3627
7,2	5,450	2,610	1,200	-0,450	63,4587	100,7980	62,9563
7,4	5,600	2,720	1,400	-0,600	66,2004	100,5960	65,8082
7,6	5,750	2,810	1,600	-0,750	68,4435	100,3940	68,1749
7,8	5,950	2,900	1,800	-0,950	70,6867	100,1920	70,5512
8,0	5,115	2,970	2,000	-0,115	72,4314	99,9900	72,4386
8,2	5,140	3,040	2,200	-0,140	74,1761	99,7880	74,3336
8,4	5,160	3,110	2,400	-0,160	75,9207	99,5860	76,2364
8,6	5,190	3,180	2,600	-0,190	77,6654	99,3840	78,1468
8,8	5,220	3,230	2,800	-0,220	78,9116	99,1820	79,5624
9,0	5,250	3,280	3,000	-0,250	80,1578	98,9800	80,9839
9,2	5,285	3,340	3,200	-0,285	81,6533	98,7780	82,6634
9,4	5,315	3,380	3,400	-0,315	82,6502	98,5760	83,8442
9,6	5,350	3,430	3,600	-0,350	83,8964	98,3740	85,2831
9,8	5,385	3,470	3,800	-0,385	84,8934	98,1720	86,4741
10,0	5,425	3,520	4,000	-0,425	86,1396	97,9700	87,9244
10,2	5,475	3,560	4,200	-0,475	87,1365	97,7680	89,1258
10,4	5,510	3,590	4,400	-0,510	87,8843	97,5660	90,0767
10,6	5,540	3,640	4,600	-0,540	89,1305	97,3640	91,5435
10,8	5,575	3,670	4,800	-0,575	89,8782	97,1620	92,5034
11,0	5,620	3,720	5,000	-0,620	91,1244	96,9600	93,9814
11,2	5,650	3,740	5,200	-0,650	91,6229	96,7580	94,6928
11,4	5,700	3,750	5,400	-0,700	91,8721	96,5560	95,1490
11,6	5,735	3,790	5,600	-0,735	92,8691	96,3540	96,3832
11,8	5,775	3,810	5,800	-0,775	93,3675	96,1520	97,1041
12,0	5,815	3,840	6,000	-0,815	94,1153	95,9500	98,0878
12,2	5,860	3,880	6,200	-0,860	95,1122	95,7480	99,3360
12,4	5,920	3,920	6,400	-0,920	96,1092	95,5460	100,5894
12,6	5,950	3,930	6,600	-0,950	96,3584	95,3440	101,0640
12,8	5,990	3,960	6,800	-0,990	97,1061	95,1420	102,0644
13,0	6,300	3,990	7,000	-1,300	97,8539	94,9400	103,0692

ENSAIO DE CISA HAMENTO DIRETO
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJIÚ/RS

Local: Campus - Ijuí
Data: 22/03/2005

Amostra: Soja

Pressão vertical (KPa): 175
Velocidade do ensaio (mm/min): 0,1

P. amostra (g): 206,61
Compr./Larg./Altura da amostra (cm): 10,1 x 10,1cm

Condições do ensaio: Natural

Leitura no aparelho			DADOS TRABALHADOS				
Dh	Dv	Anel	Dh (mm)	Dv (mm)	Anel (Kgf)	Área (cm ²)	Tensão (KPa)
5,0	5,0000	0,1100	0,000	0,000	0,0000	102,0100	0,0000
5,2	5,0000	1,9500	0,200	0,000	47,0089	101,8080	46,1741
5,4	4,9600	2,2700	0,400	-0,040	54,9846	101,6060	54,1155
5,6	4,9300	2,5600	0,600	-0,070	62,2125	101,4040	61,3512
5,8	4,9200	2,7900	0,800	-0,080	67,9451	101,2020	67,1381
6,0	4,9100	3,1000	1,000	-0,090	75,6715	101,0000	74,9223
6,2	4,8500	3,2300	1,200	-0,150	78,9116	100,7980	78,2869
6,4	4,8450	3,3900	1,400	-0,160	82,8995	100,5960	82,4083
6,6	4,8400	3,5500	1,600	-0,160	86,8873	100,3940	86,5463
6,8	4,8400	3,7100	1,800	-0,160	90,8751	100,1920	90,7010
7,0	4,8400	3,8600	2,000	-0,160	94,6137	99,9900	94,6232
7,2	4,8400	3,9800	2,200	-0,160	97,6046	99,7880	97,8120
7,4	4,8400	4,1000	2,400	-0,160	100,5955	99,5860	101,0137
7,6	4,8400	4,1900	2,600	-0,160	102,8387	99,3840	103,4761
7,8	4,8400	4,3100	2,800	-0,160	105,8295	99,1820	106,7024
8,0	4,8400	4,4200	3,000	-0,160	108,5712	98,9800	109,6900
8,2	4,8500	4,5200	3,200	-0,150	111,0636	98,7780	112,4376
8,4	4,8600	4,6300	3,400	-0,140	113,8052	98,5760	115,4492
8,6	4,8700	4,7400	3,600	-0,130	116,5469	98,3740	118,4732
8,8	4,8800	4,8200	3,800	-0,120	118,5408	98,1720	120,7481
9,0	4,8900	4,9100	4,000	-0,110	120,7839	97,9700	123,2867
9,2	4,9000	4,9900	4,200	-0,100	122,7779	97,7680	125,5808
9,4	4,9100	5,0800	4,400	-0,090	125,0210	97,5660	128,1399
9,6	4,9200	5,1400	4,600	-0,080	126,5165	97,3640	129,9417
9,8	4,9350	5,2100	4,800	-0,070	128,2611	97,1620	132,0075
10,0	4,9400	5,2700	5,000	-0,060	129,7566	96,9600	133,8249
10,2	4,9500	5,3200	5,200	-0,050	131,0028	96,7580	135,3922
10,4	4,9600	5,4100	5,400	-0,040	133,2459	96,5560	137,9986
10,6	4,9750	5,4900	5,600	-0,030	135,2399	96,3540	140,3573
10,8	4,9900	5,5500	5,800	-0,010	136,7353	96,1520	142,2074
11,0	5,0500	5,6300	6,000	-0,050	138,7292	95,9500	144,5849
11,2	5,2000	5,7000	6,200	-0,200	140,4739	95,7480	146,7121
11,4	5,3500	5,7800	6,400	-0,350	142,4678	95,5460	149,1091
11,6	5,5000	5,8300	6,600	-0,500	143,7140	95,3440	150,7321
11,8	5,6500	5,8800	6,800	-0,650	144,9602	95,1420	152,3620
12,0	5,8000	5,9200	7,000	-0,800	145,9572	94,9400	153,7362
12,2	5,9500	5,9500	7,200	-0,950	146,7049	94,7380	154,8533
12,4	6,1100	5,9800	7,400	-1,110	147,4526	94,5360	155,9751
12,6	6,1200	6,0400	7,600	-1,120	148,9481	94,3340	157,8944
12,8	6,1350	6,1200	7,800	-1,140	150,9420	94,1320	160,3514
13,0	6,1500	6,1900	8,000	-1,150	152,6867	93,9300	162,5537

ENSAIO DE CISA HAMENTO DIRETO
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJIÚ/RS

Local: Campus - Ijuí
Data: 22/03/2005

Amostra: Soja

Pressão vertical (KPa): 250
Velocidade do ensaio (mm/min): 0,1

P. amostra (g): 211
Compr./Larg./Altura da amostra (cm): 10,1 x 10,1cm

Condições do ensaio: Natural

Leitura no aparelho			DADOS TRABALHADOS				
Dh	Dv	Anel	Dh (mm)	Dv (mm)	Anel (Kgf)	Área (cm ²)	Tensão (KPa)
6,0	5,000	0,110	0,000	0,000	0,0000	102,0100	0,0000
6,2	4,975	1,280	0,200	-0,025	30,3098	101,8080	29,7716
6,4	4,950	2,050	0,400	-0,050	49,5013	101,6060	48,7189
6,6	4,930	2,600	0,600	-0,070	63,2095	101,4040	62,3343
6,8	4,915	3,050	0,800	-0,085	74,4253	101,2020	73,5413
7,0	4,900	3,440	1,000	-0,100	84,1457	101,0000	83,3125
7,2	4,880	3,780	1,200	-0,120	92,6198	100,7980	91,8866
7,4	4,870	4,020	1,400	-0,130	98,6016	100,5960	98,0174
7,6	4,860	4,250	1,600	-0,140	104,3341	100,3940	103,9246
7,8	4,850	4,500	1,800	-0,150	110,5651	100,1920	110,3532
8,0	4,845	4,720	2,000	-0,155	116,0484	99,9900	116,0600
8,2	4,840	4,930	2,200	-0,160	121,2824	99,7880	121,5401
8,4	4,835	5,140	2,400	-0,165	126,5165	99,5860	127,0424
8,6	4,830	5,330	2,600	-0,170	131,2520	99,3840	132,0655
8,8	4,830	5,460	2,800	-0,170	134,4921	99,1820	135,6014
9,0	4,830	5,630	3,000	-0,170	138,7292	98,9800	140,1588
9,2	4,830	5,810	3,200	-0,170	143,2155	98,7780	144,9873
9,4	4,830	5,980	3,400	-0,170	147,4526	98,5760	149,5827
9,6	4,830	6,140	3,600	-0,170	151,4405	98,3740	153,9436
9,8	4,830	6,280	3,800	-0,170	154,9298	98,1720	157,8147
10,0	4,830	6,430	4,000	-0,170	158,6684	97,9700	161,9561
10,2	4,835	6,550	4,200	-0,165	161,6593	97,7680	165,3499
10,4	4,840	6,680	4,400	-0,160	164,8994	97,5660	169,0132
10,6	4,845	6,790	4,600	-0,155	167,6411	97,3640	172,1797
10,8	4,855	6,920	4,800	-0,145	170,8812	97,1620	175,8724
11,0	4,865	7,040	5,000	-0,135	173,8721	96,9600	179,3235
11,2	4,875	7,110	5,200	-0,125	175,6167	96,7580	181,5010
11,4	4,880	7,250	5,400	-0,120	179,1061	96,5560	185,4945
11,6	4,890	7,390	5,600	-0,110	182,5955	96,3540	189,5048
11,8	4,900	7,490	5,800	-0,100	185,0879	96,1520	192,4951
12,0	4,910	7,620	6,000	-0,090	188,3280	95,9500	196,2772
12,2	4,925	7,720	6,200	-0,075	190,8204	95,7480	199,2944
12,4	4,935	7,810	6,400	-0,065	193,0635	95,5460	202,0634
12,6	4,950	7,880	6,600	-0,050	194,8082	95,3440	204,3214
12,8	4,960	7,960	6,800	-0,040	196,8021	95,1420	206,8510
13,0	4,970	8,040	7,000	-0,030	198,7961	94,9400	209,3913

ENSAIO DE CISA HAMENTO DIRETO
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJIÚ/RS

Local: Campus - Ijuí
Data: 22/03/2005

Amostra: Milho

Pressão vertical (KPa): 20
Velocidade do ensaio (mm/min): 0,1

P. amostra (g): 219,18
Compr./Larg./Altura da amostra (cm): 10,1 x 10,1cm

Condições do ensaio: Natural

Leitura no aparelho			DADOS TRABALHADOS				
Dh	Dv	Anel	Dh (mm)	Dv (mm)	Anel (Kgf)	Área (cm ²)	Tensão (KPa)
6,0	5,000	0,120	0,000	0,000	0,0000	102,0100	0,0000
6,2	5,000	0,420	0,200	0,000	8,8752	101,8080	8,7176
6,4	4,900	0,540	0,400	-0,100	11,8661	101,6060	11,6785
6,6	4,900	0,610	0,600	-0,100	13,6107	101,4040	13,4223
6,8	4,800	0,690	0,800	-0,200	15,6047	101,2020	15,4193
7,0	4,800	0,710	1,000	-0,200	16,1031	101,0000	15,9437
7,2	4,800	0,760	1,200	-0,200	17,3493	100,7980	17,2120
7,4	4,800	0,810	1,400	-0,200	18,5955	100,5960	18,4854
7,6	4,900	0,850	1,600	-0,100	19,5925	100,3940	19,5156
7,8	5,000	0,880	1,800	0,000	20,3402	100,1920	20,3012
8,0	5,020	0,910	2,000	-0,020	21,0879	99,9900	21,0900
8,2	5,040	0,930	2,200	-0,040	21,5864	99,7880	21,6323
8,4	5,060	0,960	2,400	-0,060	22,3341	99,5860	22,4270
8,6	5,080	0,980	2,600	-0,080	22,8326	99,3840	22,9741
8,8	5,100	1,000	2,800	-0,100	23,3311	99,1820	23,5235
9,0	5,125	1,000	3,000	-0,125	23,3311	98,9800	23,5715
9,2	5,150	1,040	3,200	-0,150	24,3281	98,7780	24,6290
9,4	5,180	1,050	3,400	-0,180	24,5773	98,5760	24,9323
9,6	5,210	1,060	3,600	-0,210	24,8265	98,3740	25,2369
9,8	5,245	1,070	3,800	-0,245	25,0758	98,1720	25,5427
10,0	5,270	1,080	4,000	-0,270	25,3250	97,9700	25,8498
10,2	5,320	1,100	4,200	-0,320	25,8235	97,7680	26,4130
10,4	5,355	1,110	4,400	-0,355	26,0727	97,5660	26,7232
10,6	5,390	1,110	4,600	-0,390	26,0727	97,3640	26,7786
10,8	5,430	1,140	4,800	-0,430	26,8205	97,1620	27,6039
11,0	5,470	1,150	5,000	-0,470	27,0697	96,9600	27,9184
11,2	5,510	1,160	5,200	-0,510	27,3189	96,7580	28,2343
11,4	5,555	1,180	5,400	-0,555	27,8174	96,5560	28,8096
11,6	5,590	1,180	5,600	-0,590	27,8174	96,3540	28,8700
11,8	5,630	1,180	5,800	-0,630	27,8174	96,1520	28,9307
12,0	5,670	1,170	6,000	-0,670	27,5682	95,9500	28,7318
12,2	5,710	1,170	6,200	-0,710	27,5682	95,7480	28,7924
12,4	5,740	0,990	6,400	-0,740	23,0819	95,5460	24,1579
12,6	5,750	1,110	6,600	-0,750	26,0727	95,3440	27,3460
12,8	5,780	1,160	6,800	-0,780	27,3189	95,1420	28,7139
13,0	5,810	1,180	7,000	-0,810	27,8174	94,9400	29,3000

ENSAIO DE CISA HAMENTO DIRETO
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJIÚ/RS

Local: Campus - Ijuí
Data: 22/03/2005

Amostra: Milho

Pressão vertical (KPa): 100
Velocidade do ensaio (mm/min): 0,1

P. amostra (g): 226,52
Compr./Larg./Altura da amostra (cm): 10,1 x 10,1cm

Condições do ensaio: Natural

Leitura no aparelho			DADOS TRABALHADOS				
Dh	Dv	Anel	Dh (mm)	Dv (mm)	Anel (Kgf)	Área (cm ²)	Tensão (KPa)
6,0	5,000	0,110	0,000	0,000	0,0000	102,0100	0,0000
6,2	4,980	1,040	0,200	-0,020	24,3281	101,8080	23,8960
6,4	4,950	1,440	0,400	-0,050	34,2977	101,6060	33,7555
6,6	4,945	1,690	0,600	-0,055	40,5287	101,4040	39,9675
6,8	4,930	1,860	0,800	-0,070	44,7657	101,2020	44,2340
7,0	4,920	1,990	1,000	-0,080	48,0059	101,0000	47,5306
7,2	4,910	2,080	1,200	-0,090	50,2490	100,7980	49,8512
7,4	4,900	2,230	1,400	-0,100	53,9876	100,5960	53,6678
7,6	4,900	2,340	1,600	-0,100	56,7293	100,3940	56,5066
7,8	4,900	2,450	1,800	-0,100	59,4709	100,1920	59,3569
8,0	4,905	2,530	2,000	-0,095	61,4648	99,9900	61,4710
8,2	4,910	2,630	2,200	-0,090	63,9572	99,7880	64,0931
8,4	4,920	2,730	2,400	-0,080	66,4496	99,5860	66,7259
8,6	4,930	2,820	2,600	-0,070	68,6928	99,3840	69,1186
8,8	4,940	2,880	2,800	-0,060	70,1882	99,1820	70,7671
9,0	4,950	2,960	3,000	-0,050	72,1821	98,9800	72,9260
9,2	4,955	3,030	3,200	-0,045	73,9268	98,7780	74,8414
9,4	4,970	3,090	3,400	-0,030	75,4223	98,5760	76,5118
9,6	4,980	3,140	3,600	-0,020	76,6685	98,3740	77,9357
9,8	4,990	3,230	3,800	-0,010	78,9116	98,1720	80,3810
10,0	5,010	3,250	4,000	-0,010	79,4101	97,9700	81,0555
10,2	5,025	3,240	4,200	-0,025	79,1609	97,7680	80,9681
10,4	5,040	3,330	4,400	-0,040	81,4040	97,5660	83,4348
10,6	5,060	3,370	4,600	-0,060	82,4010	97,3640	84,6319
10,8	5,080	3,400	4,800	-0,080	83,1487	97,1620	85,5774
11,0	5,100	3,450	5,000	-0,100	84,3949	96,9600	87,0409
11,2	5,120	3,470	5,200	-0,120	84,8934	96,7580	87,7378
11,4	5,140	3,490	5,400	-0,140	85,3919	96,5560	88,4377
11,6	5,170	3,550	5,600	-0,170	86,8873	96,3540	90,1751
11,8	5,190	3,590	5,800	-0,190	87,8843	96,1520	91,4014
12,0	5,220	3,620	6,000	-0,220	88,6320	95,9500	92,3731
12,2	5,240	3,640	6,200	-0,240	89,1305	95,7480	93,0886
12,4	5,270	3,660	6,400	-0,270	89,6289	95,5460	93,8071
12,6	5,300	3,700	6,600	-0,300	90,6259	95,3440	95,0515
12,8	5,330	3,700	6,800	-0,330	90,6259	95,1420	95,2533
13,0	5,360	3,740	7,000	-0,360	91,6229	94,9400	96,5061

ENSAIO DE CISA HAMENTO DIRETO
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJUÍ/RS

Local: Campus - Ijuí
Data: 22/03/2005

Amostra: Milho

Pressão vertical (KPa): 175
Velocidade do ensaio (mm/min): 0,1

P. amostra (g): 225,77
Compr./Larg./Altura da amostra (cm): 10,1 x 10,1cm

Condições do ensaio: Natural

Leitura no aparelho			DADOS TRABALHADOS				
Dh	Dv	Anel	Dh (mm)	Dv (mm)	Anel (Kgf)	Área (cm ²)	Tensão (KPa)
6,0	5,000	0,120	0,000	0,000	0,0000	102,0100	0,0000
6,2	4,985	1,120	0,200	-0,010	26,3220	101,8080	25,8545
6,4	4,955	1,550	0,400	-0,040	37,0393	101,6060	36,4539
6,6	4,925	2,000	0,600	-0,080	48,2551	101,4040	47,5870
6,8	4,890	2,350	0,800	-0,110	56,9785	101,2020	56,3018
7,0	4,865	2,640	1,000	-0,140	64,2065	101,0000	63,5708
7,2	4,845	2,900	1,200	-0,160	70,6867	100,7980	70,1271
7,4	4,830	3,100	1,400	-0,170	75,6715	100,5960	75,2232
7,6	4,815	3,290	1,600	-0,190	80,4071	100,3940	80,0915
7,8	4,810	3,460	1,800	-0,190	84,6441	100,1920	84,4819
8,0	4,805	3,620	2,000	-0,200	88,6320	99,9900	88,6408
8,2	4,805	3,780	2,200	-0,200	92,6198	99,7880	92,8166
8,4	4,805	3,950	2,400	-0,200	96,8569	99,5860	97,2596
8,6	4,800	4,090	2,600	-0,200	100,3463	99,3840	100,9682
8,8	4,815	4,190	2,800	-0,190	102,8387	99,1820	103,6868
9,0	4,820	4,270	3,000	-0,180	104,8326	98,9800	105,9129
9,2	4,830	4,450	3,200	-0,170	109,3189	98,7780	110,6713
9,4	4,835	4,550	3,400	-0,170	111,8113	98,5760	113,4265
9,6	4,845	4,660	3,600	-0,160	114,5529	98,3740	116,4464
9,8	4,860	4,760	3,800	-0,140	117,0453	98,1720	119,2248
10,0	4,870	4,870	4,000	-0,130	119,7870	97,9700	122,2690
10,2	4,885	4,970	4,200	-0,120	122,2794	97,7680	125,0710
10,4	4,900	5,050	4,400	-0,100	124,2733	97,5660	127,3736
10,6	4,920	5,160	4,600	-0,080	127,0149	97,3640	130,4537
10,8	4,935	5,250	4,800	-0,070	129,2581	97,1620	133,0336
11,0	4,955	5,310	5,000	-0,040	130,7535	96,9600	134,8531
11,2	4,980	5,340	5,200	-0,020	131,5013	96,7580	135,9074
11,4	5,000	5,380	5,400	-0,000	132,4982	96,5560	137,2242
11,6	5,020	5,390	5,600	-0,020	132,7475	96,3540	137,7706
11,8	5,040	5,430	5,800	-0,040	133,7444	96,1520	139,0969
12,0	5,060	5,480	6,000	-0,060	134,9906	95,9500	140,6885
12,2	5,085	5,490	6,200	-0,090	135,2399	95,7480	141,2456
12,4	5,110	5,510	6,400	-0,110	135,7383	95,5460	142,0660
12,6	5,135	5,530	6,600	-0,140	136,2368	95,3440	142,8898
12,8	5,530	5,530	6,800	-0,530	136,2368	95,1420	143,1931
13,0	5,570	5,570	7,000	-0,570	137,2338	94,9400	144,5479

ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJUÍ/RS

Local: Campus - Ijuí
Data: 22/03/2005

Amostra: Milho

Pressão vertical (KPa): 250
Velocidade do ensaio (mm/min): 0,1

P. amostra (g): 239,31
Compr./Larg./Altura da amostra (cm): 10,1 x 10,1cm

Condições do ensaio: Natural

Leitura no aparelho			DADOS TRABALHADOS				
Dh	Dv	Anel	Dh (mm)	Dv (mm)	Anel (Kgf)	Área (cm ²)	Tensão (KPa)
6,0	5,000	0,110	0,000	0,000	0,0000	102,0100	0,0000
6,2	4,980	1,590	0,200	-0,020	38,0363	101,8080	37,3608
6,4	4,970	2,220	0,400	-0,030	53,7384	101,6060	52,8890
6,6	4,950	2,920	0,600	-0,050	71,1852	101,4040	70,1996
6,8	4,930	3,400	0,800	-0,070	83,1487	101,2020	82,1611
7,0	4,915	3,700	1,000	-0,085	90,6259	101,0000	89,7286
7,2	4,905	3,990	1,200	-0,095	97,8539	100,7980	97,0792
7,4	4,895	4,230	1,400	-0,105	103,8356	100,5960	103,2204
7,6	4,875	4,460	1,600	-0,125	109,5681	100,3940	109,1381
7,8	4,870	4,650	1,800	-0,130	114,3037	100,1920	114,0847
8,0	4,870	4,820	2,000	-0,130	118,5408	99,9900	118,5526
8,2	4,870	5,000	2,200	-0,130	123,0271	99,7880	123,2885
8,4	4,870	5,170	2,400	-0,130	127,2642	99,5860	127,7932
8,6	4,870	5,310	2,600	-0,130	130,7535	99,3840	131,5640
8,8	4,870	5,490	2,800	-0,130	135,2399	99,1820	136,3552
9,0	4,870	5,570	3,000	-0,130	137,2338	98,9800	138,6480
9,2	4,875	5,750	3,200	-0,125	141,7201	98,7780	143,4733
9,4	4,880	5,890	3,400	-0,120	145,2095	98,5760	147,3071
9,6	4,885	6,040	3,600	-0,115	148,9481	98,3740	151,4100
9,8	4,890	6,210	3,800	-0,110	153,1851	98,1720	156,0375
10,0	4,900	6,350	4,000	-0,100	156,6745	97,9700	159,9209
10,2	4,910	6,480	4,200	-0,090	159,9146	97,7680	163,5654
10,4	4,920	6,620	4,400	-0,080	163,4040	97,5660	167,4805
10,6	4,930	6,740	4,600	-0,070	166,3949	97,3640	170,8998
10,8	4,930	6,850	4,800	-0,070	169,1365	97,1620	174,0768
11,0	4,935	6,940	5,000	-0,065	171,3797	96,9600	176,7529
11,2	4,945	7,040	5,200	-0,055	173,8721	96,7580	179,6979
11,4	4,950	7,070	5,400	-0,050	174,6198	96,5560	180,8482
11,6	4,960	7,170	5,600	-0,040	177,1122	96,3540	183,8140
11,8	4,970	7,180	5,800	-0,030	177,3614	96,1520	184,4594
12,0	4,970	7,220	6,000	-0,030	178,3584	95,9500	185,8868
12,2	4,980	7,240	6,200	-0,020	178,8569	95,7480	186,7996
12,4	4,985	7,370	6,400	-0,015	182,0970	95,5460	190,5857
12,6	4,990	7,390	6,600	-0,010	182,5955	95,3440	191,5123
12,8	5,000	7,470	6,800	0,000	184,5894	95,1420	194,0146
13,0	5,050	7,460	7,000	-0,050	184,3401	94,9400	194,1649

ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJUÍ/RS

Local: Campus - Ijuí
Data: 22/03/2005

Amostra: Trigo

Pressão vertical (KPa): 20
Velocidade do ensaio (mm/min): 0,1

P. amostra (g): 239,14
Compr./Larg./Altura da amostra (cm): 10,1 x 10,1cm

Condições do ensaio: Natural

Leitura no aparelho			DADOS TRABALHADOS				
Dh	Dv	Anel	Dh (mm)	Dv (mm)	Anel (Kgf)	Área (cm ²)	Tensão (KPa)
6,0	5,000	0,110	0,000	0,000	0,0000	102,0100	0,0000
6,2	4,980	0,390	0,200	-0,020	8,1275	101,8080	7,9831
6,4	4,950	0,490	0,400	-0,050	10,6199	101,6060	10,4520
6,6	4,940	0,520	0,600	-0,060	11,3676	101,4040	11,2102
6,8	4,920	0,580	0,800	-0,080	12,8630	101,2020	12,7102
7,0	4,910	0,620	1,000	-0,090	13,8600	101,0000	13,7228
7,2	4,900	0,690	1,200	-0,100	15,6047	100,7980	15,4811
7,4	4,890	0,700	1,400	-0,110	15,8539	100,5960	15,7600
7,6	4,890	0,730	1,600	-0,110	16,6016	100,3940	16,5365
7,8	4,890	0,760	1,800	-0,110	17,3493	100,1920	17,3161
8,0	4,890	0,780	2,000	-0,110	17,8478	99,9900	17,8496
8,2	4,895	0,810	2,200	-0,105	18,5955	99,7880	18,6350
8,4	4,900	0,830	2,400	-0,100	19,0940	99,5860	19,1734
8,6	4,910	0,840	2,600	-0,090	19,3433	99,3840	19,4632
8,8	4,925	0,860	2,800	-0,075	19,8417	99,1820	20,0054
9,0	4,940	0,870	3,000	-0,060	20,0910	98,9800	20,2980
9,2	4,960	0,890	3,200	-0,040	20,5895	98,7780	20,8442
9,4	4,970	0,890	3,400	-0,030	20,5895	98,5760	20,8869
9,6	4,990	0,910	3,600	-0,010	21,0879	98,3740	21,4365
9,8	5,010	0,910	3,800	-0,010	21,0879	98,1720	21,4806
10,0	5,030	0,910	4,000	-0,030	21,0879	97,9700	21,5249
10,2	5,080	0,900	4,200	-0,080	20,8387	97,7680	21,3144
10,4	5,090	0,890	4,400	-0,090	20,5895	97,5660	21,1031
10,6	5,115	0,910	4,600	-0,115	21,0879	97,3640	21,6589
10,8	5,130	0,900	4,800	-0,130	20,8387	97,1620	21,4474
11,0	5,150	0,890	5,000	-0,150	20,5895	96,9600	21,2350
11,2	5,170	0,920	5,200	-0,170	21,3372	96,7580	22,0521
11,4	5,190	0,920	5,400	-0,190	21,3372	96,5560	22,0982
11,6	5,210	0,910	5,600	-0,210	21,0879	96,3540	21,8859
11,8	5,230	0,920	5,800	-0,230	21,3372	96,1520	22,1911
12,0	5,250	0,900	6,000	-0,250	20,8387	95,9500	21,7183
12,2	5,270	0,900	6,200	-0,270	20,8387	95,7480	21,7641
12,4	5,300	0,910	6,400	-0,300	21,0879	95,5460	22,0710
12,6	5,320	0,910	6,600	-0,320	21,0879	95,3440	22,1177
12,8	5,330	0,920	6,800	-0,330	21,3372	95,1420	22,4267
13,0	5,350	0,900	7,000	-0,350	20,8387	94,9400	21,9493

ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJUÍ/RS

Local: Campus - Ijuí
Data: 22/03/2005

Amostra: Trigo

Pressão vertical (KPa): 100
Velocidade do ensaio (mm/min): 0,1

P. amostra (g): 238,03
Compr./Larg./Altura da amostra (cm): 10,1 x 10,1cm

Condições do ensaio: Natural

Leitura no aparelho			DADOS TRABALHADOS				
Dh	Dv	Anel	Dh (mm)	Dv (mm)	Anel (Kgf)	Área (cm ²)	Tensão (KPa)
6,0	5,000	0,120	0,000	0,000	0,0000	102,0100	0,0000
6,2	5,000	0,330	0,200	0,000	6,6320	101,8080	6,5142
6,4	4,990	1,020	0,400	-0,010	23,8296	101,6060	23,4529
6,6	4,970	1,210	0,600	-0,030	28,5651	101,4040	28,1696
6,8	4,940	1,520	0,800	-0,060	36,2916	101,2020	35,8605
7,0	4,920	1,610	1,000	-0,080	38,5347	101,0000	38,1532
7,2	4,900	1,690	1,200	-0,100	40,5287	100,7980	40,2078
7,4	4,890	1,830	1,400	-0,110	44,0180	100,5960	43,7572
7,6	4,880	1,930	1,600	-0,120	46,5104	100,3940	46,3279
7,8	4,865	1,990	1,800	-0,135	48,0059	100,1920	47,9139
8,0	4,860	2,040	2,000	-0,140	49,2521	99,9900	49,2570
8,2	4,860	2,160	2,200	-0,140	52,2429	99,7880	52,3539
8,4	4,860	2,220	2,400	-0,140	53,7384	99,5860	53,9618
8,6	4,860	2,290	2,600	-0,140	55,4831	99,3840	55,8270
8,8	4,860	2,310	2,800	-0,140	55,9815	99,1820	56,4432
9,0	4,865	2,320	3,000	-0,135	56,2308	98,9800	56,8102
9,2	4,870	2,340	3,200	-0,130	56,7293	98,7780	57,4311
9,4	4,880	2,400	3,400	-0,120	58,2247	98,5760	59,0658
9,6	4,885	2,450	3,600	-0,115	59,4709	98,3740	60,4539
9,8	4,895	2,470	3,800	-0,105	59,9694	98,1720	61,0860
10,0	4,910	2,520	4,000	-0,090	61,2156	97,9700	62,4840
10,2	4,915	2,530	4,200	-0,085	61,4648	97,7680	62,8680
10,4	4,930	2,550	4,400	-0,070	61,9633	97,5660	63,5091
10,6	4,935	2,560	4,600	-0,065	62,2125	97,3640	63,8969
10,8	4,950	2,570	4,800	-0,050	62,4618	97,1620	64,2862
11,0	4,960	2,560	5,000	-0,040	62,2125	96,9600	64,1631
11,2	4,975	2,570	5,200	-0,025	62,4618	96,7580	64,5546
11,4	4,990	2,580	5,400	-0,010	62,7110	96,5560	64,9478
11,6	5,000	2,560	5,600	0,000	62,2125	96,3540	64,5666
11,8	5,010	2,610	5,800	-0,010	63,4587	96,1520	65,9984
12,0	5,030	2,610	6,000	-0,030	63,4587	95,9500	66,1373
12,2	5,040	2,570	6,200	-0,040	62,4618	95,7480	65,2356
12,4	5,055	2,610	6,400	-0,055	63,4587	95,5460	66,4170
12,6	5,070	2,640	6,600	-0,070	64,2065	95,3440	67,3419
12,8	5,085	2,640	6,800	-0,085	64,2065	95,1420	67,4849
13,0	5,100	2,670	7,000	-0,100	64,9542	94,9400	68,4160

ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJUÍ/RS

Local: Campus - Ijuí
Data: 22/03/2005

Amostra: Trigo

Pressão vertical (KPa): 175
Velocidade do ensaio (mm/min): 0,1

P. amostra (g): 240,21
Compr./Larg./Altura da amostra (cm): 10,1 x 10,1cm

Condições do ensaio: Natural

Leitura no aparelho			DADOS TRABALHADOS				
Dh	Dv	Anel	Dh (mm)	Dv (mm)	Anel (Kgf)	Área (cm²)	Tensão (KPa)
6,0	5,0000	0,1200	0,000	0,000	0,0000	102,0100	0,0000
6,2	4,9900	0,9300	0,200	-0,010	21,5864	101,8080	21,2031
6,4	4,9700	1,5300	0,400	-0,030	36,5408	101,6060	35,9633
6,6	4,9300	1,7800	0,600	-0,070	42,7718	101,4040	42,1796
6,8	4,9150	1,9900	0,800	-0,090	48,0059	101,2020	47,4357
7,0	4,8900	2,1800	1,000	-0,110	52,7414	101,0000	52,2192
7,2	4,8650	2,4000	1,200	-0,140	58,2247	100,7980	57,7637
7,4	4,8400	2,5700	1,400	-0,160	62,4618	100,5960	62,0917
7,6	4,8300	2,6700	1,600	-0,170	64,9542	100,3940	64,6993
7,8	4,8250	2,7100	1,800	-0,180	65,9511	100,1920	65,8248
8,0	4,8050	2,8600	2,000	-0,200	69,6897	99,9900	69,6967
8,2	4,8000	2,9900	2,200	-0,200	72,9299	99,7880	73,0848
8,4	4,7900	3,0600	2,400	-0,210	74,6745	99,5860	74,9850
8,6	4,7850	3,1400	2,600	-0,220	76,6685	99,3840	77,1437
8,8	4,7750	3,2000	2,800	-0,230	78,1639	99,1820	78,8086
9,0	4,7700	3,2500	3,000	-0,230	79,4101	98,9800	80,2284
9,2	4,7700	3,3500	3,200	-0,230	81,9025	98,7780	82,9157
9,4	4,7650	3,3300	3,400	-0,240	81,4040	98,5760	82,5800
9,6	4,7600	3,4000	3,600	-0,240	83,1487	98,3740	84,5230
9,8	4,7600	3,5100	3,800	-0,240	85,8903	98,1720	87,4897
10,0	4,7600	3,5800	4,000	-0,240	87,6350	97,9700	89,4509
10,2	4,7650	3,5900	4,200	-0,240	87,8843	97,7680	89,8906
10,4	4,7700	3,6300	4,400	-0,230	88,8812	97,5660	91,0986
10,6	4,7750	3,6400	4,600	-0,230	89,1305	97,3640	91,5435
10,8	4,7800	3,6500	4,800	-0,220	89,3797	97,1620	91,9904
11,0	4,7850	3,6600	5,000	-0,220	89,6289	96,9600	92,4391
11,2	4,7900	3,6600	5,200	-0,210	89,6289	96,7580	92,6321
11,4	4,7950	3,6600	5,400	-0,210	89,6289	96,5560	92,8259
11,6	4,8000	3,6700	5,600	-0,200	89,8782	96,3540	93,2791
11,8	4,8050	3,6700	5,800	-0,200	89,8782	96,1520	93,4751
12,0	4,8100	3,6900	6,000	-0,190	90,3767	95,9500	94,1914
12,2	4,8150	3,7000	6,200	-0,190	90,6259	95,7480	94,6504
12,4	4,8200	3,7200	6,400	-0,180	91,1244	95,5460	95,3723
12,6	4,8200	3,7500	6,600	-0,180	91,8721	95,3440	96,3586
12,8	4,8250	3,7300	6,800	-0,180	91,3736	95,1420	96,0392
13,0	4,8300	3,7100	7,000	-0,170	90,8751	94,9400	95,7185

ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJUÍ/RS

Local: Campus - Ijuí
Data: 22/03/2005

Amostra: Trigo

Pressão vertical (KPa): 250
Velocidade do ensaio (mm/min): 0,1

P. amostra (g): 234,7
Compr./Larg./Altura da amostra (cm): 10,1 x 10,1cm

Condições do ensaio: Natural

Leitura no aparelho			DADOS TRABALHADOS				
Dh	Dv	Anel	Dh (mm)	Dv (mm)	Anel (Kgf)	Área (cm ²)	Tensão (KPa)
6,0	5,000	0,110	0,000	0,000	0,0000	102,0100	0,0000
6,2	4,980	2,370	0,200	-0,020	57,4770	101,8080	56,4563
6,4	4,950	2,960	0,400	-0,050	72,1821	101,6060	71,0412
6,6	4,940	3,250	0,600	-0,060	79,4101	101,4040	78,3106
6,8	4,925	3,530	0,800	-0,075	86,3888	101,2020	85,3628
7,0	4,910	3,780	1,000	-0,090	92,6198	101,0000	91,7028
7,2	4,900	3,930	1,200	-0,100	96,3584	100,7980	95,5956
7,4	4,890	4,040	1,400	-0,110	99,1001	100,5960	98,5129
7,6	4,880	4,180	1,600	-0,120	102,5894	100,3940	102,1868
7,8	4,870	4,380	1,800	-0,130	107,5742	100,1920	107,3681
8,0	4,865	4,470	2,000	-0,135	109,8174	99,9900	109,8284
8,2	4,860	4,550	2,200	-0,140	111,8113	99,7880	112,0488
8,4	4,860	4,640	2,400	-0,140	114,0545	99,5860	114,5286
8,6	4,860	4,760	2,600	-0,140	117,0453	99,3840	117,7708
8,8	4,860	4,780	2,800	-0,140	117,5438	99,1820	118,5133
9,0	4,860	4,840	3,000	-0,140	119,0393	98,9800	120,2660
9,2	4,860	4,960	3,200	-0,140	122,0301	98,7780	123,5398
9,4	4,865	5,080	3,400	-0,135	125,0210	98,5760	126,8270
9,6	4,870	5,180	3,600	-0,130	127,5134	98,3740	129,6211
9,8	4,875	5,210	3,800	-0,125	128,2611	98,1720	130,6494
10,0	4,875	5,250	4,000	-0,125	129,2581	97,9700	131,9364
10,2	4,880	5,330	4,200	-0,120	131,2520	97,7680	134,2484
10,4	4,885	5,350	4,400	-0,115	131,7505	97,5660	135,0373
10,6	4,890	5,350	4,600	-0,110	131,7505	97,3640	135,3175
10,8	4,900	5,350	4,800	-0,100	131,7505	97,1620	135,5988
11,0	4,905	5,350	5,000	-0,095	131,7505	96,9600	135,8813
11,2	4,910	5,360	5,200	-0,090	131,9997	96,7580	136,4226
11,4	4,910	5,410	5,400	-0,090	133,2459	96,5560	137,9986
11,6	4,915	5,410	5,600	-0,085	133,2459	96,3540	138,2879
11,8	4,920	5,430	5,800	-0,080	133,7444	96,1520	139,0969
12,0	4,930	5,460	6,000	-0,070	134,4921	95,9500	140,1690
12,2	4,935	5,470	6,200	-0,065	134,7414	95,7480	140,7250
12,4	4,950	5,470	6,400	-0,050	134,7414	95,5460	141,0225
12,6	4,950	5,530	6,600	-0,050	136,2368	95,3440	142,8898
12,8	4,955	5,550	6,800	-0,045	136,7353	95,1420	143,7171
13,0	4,960	5,570	7,000	-0,040	137,2338	94,9400	144,5479

ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJUÍ/RS

Local: Campus - Ijuí
Data: 22/03/2005

Amostra: Arroz

Pressão vertical (KPa): 20
Velocidade do ensaio (mm/min): 0,1

P. amostra (g): 204,88
Compr./Larg./Altura da amostra (cm): 10,1 x 10,1cm

Condições do ensaio: Natural

Leitura no aparelho			DADOS TRABALHADOS				
Dh	Dv	Anel	Dh (mm)	Dv (mm)	Anel (Kgf)	Área (cm ²)	Tensão (KPa)
6,0	5,000	0,100	0,000	0,000	0,0000	102,0100	0,0000
6,2	5,010	0,570	0,200	-0,010	12,6138	101,8080	12,3898
6,4	5,010	0,900	0,400	-0,010	20,8387	101,6060	20,5093
6,6	5,010	1,040	0,600	-0,010	24,3281	101,4040	23,9912
6,8	5,010	1,090	0,800	-0,010	25,5743	101,2020	25,2705
7,0	5,025	1,150	1,000	-0,025	27,0697	101,0000	26,8017
7,2	5,040	1,190	1,200	-0,040	28,0667	100,7980	27,8445
7,4	5,060	1,240	1,400	-0,060	29,3129	100,5960	29,1392
7,6	5,080	1,280	1,600	-0,080	30,3098	100,3940	30,1909
7,8	5,100	1,300	1,800	-0,100	30,8083	100,1920	30,7493
8,0	5,135	1,330	2,000	-0,135	31,5560	99,9900	31,5592
8,2	5,160	1,360	2,200	-0,160	32,3037	99,7880	32,3724
8,4	5,190	1,390	2,400	-0,190	33,0515	99,5860	33,1889
8,6	5,220	1,410	2,600	-0,220	33,5499	99,3840	33,7579
8,8	5,260	1,430	2,800	-0,260	34,0484	99,1820	34,3292
9,0	5,290	1,460	3,000	-0,290	34,7961	98,9800	35,1547
9,2	5,320	1,500	3,200	-0,320	35,7931	98,7780	36,2359
9,4	5,360	1,490	3,400	-0,360	35,5439	98,5760	36,0573
9,6	5,430	1,500	3,600	-0,430	35,7931	98,3740	36,3847
9,8	5,460	1,520	3,800	-0,460	36,2916	98,1720	36,9673
10,0	5,480	1,540	4,000	-0,480	36,7901	97,9700	37,5524
10,2	5,530	1,550	4,200	-0,530	37,0393	97,7680	37,8849
10,4	5,560	1,560	4,400	-0,560	37,2885	97,5660	38,2188
10,6	5,580	1,560	4,600	-0,580	37,2885	97,3640	38,2981
10,8	5,620	1,560	4,800	-0,620	37,2885	97,1620	38,3777
11,0	5,670	1,570	5,000	-0,670	37,5378	96,9600	38,7147
11,2	5,700	1,580	5,200	-0,700	37,7870	96,7580	39,0531
11,4	5,750	1,600	5,400	-0,750	38,2855	96,5560	39,6511
11,6	5,780	1,610	5,600	-0,780	38,5347	96,3540	39,9929
11,8	5,830	1,630	5,800	-0,830	39,0332	96,1520	40,5953
12,0	5,880	1,640	6,000	-0,880	39,2825	95,9500	40,9406
12,2	5,930	1,640	6,200	-0,930	39,2825	95,7480	41,0269
12,4	5,980	1,640	6,400	-0,980	39,2825	95,5460	41,1137
12,6	6,020	1,640	6,600	-1,020	39,2825	95,3440	41,2008
12,8	6,070	1,650	6,800	-1,070	39,5317	95,1420	41,5502
13,0	6,100	1,650	7,000	-1,100	39,5317	94,9400	41,6386

ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJUÍ/RS

Local: Campus - Ijuí
Data: 22/03/2005

Amostra: Arroz

Pressão vertical (KPa): 100
Velocidade do ensaio (mm/min): 0,1

P. amostra (g): 202,5
Compr./Larg./Altura da amostra (cm): 10,1 x 10,1cm

Condições do ensaio: Natural

Leitura no aparelho			DADOS TRABALHADOS				
Dh	Dv	Anel	Dh (mm)	Dv (mm)	Anel (Kgf)	Área (cm ²)	Tensão (KPa)
6,0	5,000	0,110	0,000	0,000	0,0000	102,0100	0,0000
6,2	4,990	0,630	0,200	-0,010	14,1092	101,8080	13,8587
6,4	4,960	1,140	0,400	-0,040	26,8205	101,6060	26,3965
6,6	4,930	1,410	0,600	-0,070	33,5499	101,4040	33,0854
6,8	4,910	1,650	0,800	-0,090	39,5317	101,2020	39,0622
7,0	4,900	1,830	1,000	-0,100	44,0180	101,0000	43,5822
7,2	4,875	2,110	1,200	-0,125	50,9967	100,7980	50,5930
7,4	4,860	2,310	1,400	-0,140	55,9815	100,5960	55,6499
7,6	4,850	2,500	1,600	-0,150	60,7171	100,3940	60,4788
7,8	4,840	2,640	1,800	-0,160	64,2065	100,1920	64,0834
8,0	4,830	2,780	2,000	-0,170	67,6958	99,9900	67,7026
8,2	4,820	2,880	2,200	-0,180	70,1882	99,7880	70,3373
8,4	4,815	3,040	2,400	-0,185	74,1761	99,5860	74,4844
8,6	4,810	3,230	2,600	-0,190	78,9116	99,3840	79,4007
8,8	4,800	3,340	2,800	-0,200	81,6533	99,1820	82,3267
9,0	4,800	3,440	3,000	-0,200	84,1457	98,9800	85,0128
9,2	4,800	3,560	3,200	-0,200	87,1365	98,7780	88,2145
9,4	4,800	3,640	3,400	-0,200	89,1305	98,5760	90,4180
9,6	4,800	3,750	3,600	-0,200	91,8721	98,3740	93,3906
9,8	4,800	3,870	3,800	-0,200	94,8630	98,1720	96,6294
10,0	4,800	3,990	4,000	-0,200	97,8539	97,9700	99,8815
10,2	4,810	4,060	4,200	-0,190	99,5985	97,7680	101,8723
10,4	4,815	4,150	4,400	-0,185	101,8417	97,5660	104,3824
10,6	4,820	4,250	4,600	-0,180	104,3341	97,3640	107,1588
10,8	4,830	4,360	4,800	-0,170	107,0757	97,1620	110,2033
11,0	4,835	4,450	5,000	-0,165	109,3189	96,9600	112,7464
11,2	4,840	4,540	5,200	-0,160	111,5621	96,7580	115,3001
11,4	4,850	4,610	5,400	-0,150	113,3067	96,5560	117,3482
11,6	4,860	4,650	5,600	-0,140	114,3037	96,3540	118,6289
11,8	4,870	4,700	5,800	-0,130	115,5499	96,1520	120,1742
12,0	4,880	4,800	6,000	-0,120	118,0423	95,9500	123,0248
12,2	4,890	4,820	6,200	-0,110	118,5408	95,7480	123,8050
12,4	4,905	4,900	6,400	-0,095	120,5347	95,5460	126,1536
12,6	4,920	4,980	6,600	-0,080	122,5286	95,3440	128,5121
12,8	4,950	5,060	6,800	-0,050	124,5225	95,1420	130,8807
13,0	4,970	5,110	7,000	-0,030	125,7687	94,9400	132,4718

ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJUÍ/RS

Local: Campus - Ijuí
Data: 22/03/2005

Amostra: Arroz

Pressão vertical (KPa): 175
Velocidade do ensaio (mm/min): 0,1

P. amostra (g): 203,57
Compr./Larg./Altura da amostra (cm): 10,1 x 10,1cm

Condições do ensaio: Natural

Leitura no aparelho			DADOS TRABALHADOS				
Dh	Dv	Anel	Dh (mm)	Dv (mm)	Anel (Kgf)	Área (cm ²)	Tensão (KPa)
6,0	5,0000	0,1000	0,000	0,000	0,0000	102,0100	0,0000
6,2	5,0000	0,5900	0,200	0,000	13,1123	101,8080	12,8794
6,4	5,0000	1,1700	0,400	0,000	27,5682	101,6060	27,1324
6,6	5,0000	1,6800	0,600	0,000	40,2794	101,4040	39,7217
6,8	5,0000	2,2700	0,800	0,000	54,9846	101,2020	54,3315
7,0	4,9850	2,7100	1,000	-0,010	65,9511	101,0000	65,2982
7,2	4,9650	3,1400	1,200	-0,040	76,6685	100,7980	76,0615
7,4	4,9400	3,4900	1,400	-0,060	85,3919	100,5960	84,8859
7,6	4,9250	3,8100	1,600	-0,080	93,3675	100,3940	93,0011
7,8	4,9050	4,1600	1,800	-0,090	102,0909	100,1920	101,8953
8,0	4,8950	4,4400	2,000	-0,110	109,0697	99,9900	109,0806
8,2	4,8800	4,7000	2,200	-0,120	115,5499	99,7880	115,7954
8,4	4,8750	4,9100	2,400	-0,130	120,7839	99,5860	121,2861
8,6	4,8700	5,1300	2,600	-0,130	126,2672	99,3840	127,0498
8,8	4,8600	5,3500	2,800	-0,140	131,7505	99,1820	132,8371
9,0	4,8550	5,5300	3,000	-0,150	136,2368	98,9800	137,6408
9,2	4,8550	5,6900	3,200	-0,150	140,2247	98,7780	141,9594
9,4	4,8550	5,8500	3,400	-0,150	144,2125	98,5760	146,2958
9,6	4,8500	6,0100	3,600	-0,150	148,2003	98,3740	150,6499
9,8	4,8500	6,1300	3,800	-0,150	151,1912	98,1720	154,0065
10,0	4,8500	6,3000	4,000	-0,150	155,4283	97,9700	158,6489
10,2	4,8500	6,4500	4,200	-0,150	159,1669	97,7680	162,8006
10,4	4,8500	6,5900	4,400	-0,150	162,6563	97,5660	166,7141
10,6	4,8500	6,7000	4,600	-0,150	165,3979	97,3640	169,8758
10,8	4,8550	6,8400	4,800	-0,150	168,8873	97,1620	173,8203
11,0	4,8600	6,9800	5,000	-0,140	172,3766	96,9600	177,7812
11,2	4,8650	7,0400	5,200	-0,140	173,8721	96,7580	179,6979
11,4	4,8700	7,1200	5,400	-0,130	175,8660	96,5560	182,1388
11,6	4,8800	7,2500	5,600	-0,120	179,1061	96,3540	185,8834
11,8	4,8900	7,4600	5,800	-0,110	184,3401	96,1520	191,7174
12,0	4,9000	7,4900	6,000	-0,100	185,0879	95,9500	192,9003
12,2	4,9050	7,6800	6,200	-0,090	189,8234	95,7480	198,2531
12,4	4,9100	7,7600	6,400	-0,090	191,8173	95,5460	200,7592
12,6	4,9200	7,8100	6,600	-0,080	193,0635	95,3440	202,4915
12,8	4,9250	7,9400	6,800	-0,080	196,3037	95,1420	206,3270
13,0	4,9350	8,0800	7,000	-0,070	199,7930	94,9400	210,4414

ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - UNIJUÍ/RS

Local: Campus - Ijuí
Data: 22/03/2005

Amostra: Arroz

Pressão vertical (KPa): 250
Velocidade do ensaio (mm/min): 0,1

P. amostra (g): 200,31
Compr./Larg./Altura da amostra (cm): 10,1 x 10,1cm

Condições do ensaio: Natural

Leitura no aparelho			DADOS TRABALHADOS				
Dh	Dv	Anel	Dh (mm)	Dv (mm)	Anel (Kgf)	Área (cm ²)	Tensão (KPa)
6,0	5,000	0,120	0,000	0,000	0,0000	102,0100	0,0000
6,2	5,050	1,160	0,200	-0,050	27,3189	101,8080	26,8338
6,4	4,950	2,200	0,400	-0,050	53,2399	101,6060	52,3984
6,6	4,975	2,820	0,600	-0,025	68,6928	101,4040	67,7417
6,8	4,940	3,470	0,800	-0,060	84,8934	101,2020	83,8851
7,0	4,910	4,020	1,000	-0,090	98,6016	101,0000	97,6253
7,2	4,880	4,420	1,200	-0,120	108,5712	100,7980	107,7116
7,4	4,855	4,770	1,400	-0,145	117,2946	100,5960	116,5996
7,6	4,835	5,100	1,600	-0,165	125,5195	100,3940	125,0269
7,8	4,815	5,490	1,800	-0,185	135,2399	100,1920	134,9807
8,0	4,800	5,780	2,000	-0,200	142,4678	99,9900	142,4821
8,2	4,790	6,020	2,200	-0,210	148,4496	99,7880	148,7650
8,4	4,780	6,290	2,400	-0,220	155,1791	99,5860	155,8242
8,6	4,770	6,490	2,600	-0,230	160,1639	99,3840	161,1566
8,8	4,755	6,550	2,800	-0,245	161,6593	99,1820	162,9926
9,0	4,750	6,990	3,000	-0,250	172,6259	98,9800	174,4048
9,2	4,740	7,230	3,200	-0,260	178,6076	98,7780	180,8172
9,4	4,740	7,400	3,400	-0,260	182,8447	98,5760	185,4860
9,6	4,735	7,580	3,600	-0,265	187,3310	98,3740	190,4274
9,8	4,730	7,750	3,800	-0,270	191,5681	98,1720	195,1352
10,0	4,730	7,930	4,000	-0,270	196,0544	97,9700	200,1168
10,2	4,730	8,100	4,200	-0,270	200,2915	97,7680	204,8641
10,4	4,730	8,260	4,400	-0,270	204,2793	97,5660	209,3755
10,6	4,730	8,370	4,600	-0,270	207,0210	97,3640	212,6258
10,8	4,730	8,550	4,800	-0,270	211,5073	97,1620	217,6852
11,0	4,730	8,720	5,000	-0,270	215,7444	96,9600	222,5086
11,2	4,730	8,750	5,200	-0,270	216,4921	96,7580	223,7459
11,4	4,730	8,930	5,400	-0,270	220,9784	96,5560	228,8604
11,6	4,730	8,960	5,600	-0,270	221,7261	96,3540	230,1162
11,8	4,740	9,110	5,800	-0,260	225,4647	96,1520	234,4878
12,0	4,745	9,210	6,000	-0,255	227,9571	95,9500	237,5791
12,2	4,745	9,220	6,200	-0,255	228,2064	95,7480	238,3406
12,4	4,750	9,350	6,400	-0,250	231,4465	95,5460	242,2357
12,6	4,755	9,450	6,600	-0,245	233,9389	95,3440	245,3630
12,8	4,760	9,570	6,800	-0,240	236,9298	95,1420	249,0275
13,0	4,765	9,600	7,000	-0,235	237,6775	94,9400	250,3450