

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FARROUPILHA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
CURSO ENGENHARIA AGRÍCOLA

**ESTABILIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA E QUÍMICA DE AREIAS  
EÓLICAS APLICADAS NA CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS RURAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

**FILIPE RIBEIRO DE ALMEIDA**

Alegrete, 2019

# **ESTABILIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA E QUÍMICA DE AREIAS EÓLICAS APLICADAS NA CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS RURAIS**

**Filipe Ribeiro de Almeida**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFFar, RS) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Bacharel em Engenharia Agrícola**

Orientador: Prof. Dr. Wilber Feliciano Chambi Tapahuasco

Alegrete, RS, Brasil  
2019

**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha  
Universidade Federal do Pampa  
Curso de Engenharia Agrícola**


A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

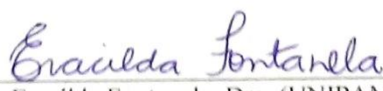
**ESTABILIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA E QUÍMICA DE AREIAS  
EÓLICAS APLICADAS NA EDIFICAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS**


elaborado por  
**Filipe Ribeiro de Almeida**

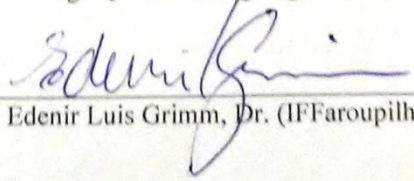
Como requisito parcial para obtenção de grau de  
**Bacharel em Engenharia Agrícola**

COMISSÃO EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Wilber Feliciano Chambi Tapahuasco, Dr.  
(Presidente/Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Eracilda Fontanela, Dra. (UNIPAMPA)

  
\_\_\_\_\_  
Juliana Calage Quevedo, Eng. Agríc. (UNIPAMPA)

  
\_\_\_\_\_  
Edénir Luis Grimm, Dr. (IFFarroupilha)

Alegrete, 10 de Dezembro de 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a minha mãe e meu pai por me darem a vida e também as totais condições para que eu possa cursar uma faculdade.

Também gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Wilber, aos integrantes da banca de exame, Professora Eracilda, Professor Edenir e a Engenheira Agrícola Juliana Calage.

Aos técnicos do Laboratório de Solos, Jarbas, Juliano e Cleber, do Laboratório de Hidráulica, Giulian, do Laboratório de Metalografia, Diesson e aos Técnicos Marcelo e Rachel do Laboratório de Construção Civil.

E um agradecimento especial aos colegas que participaram dessa jornada.

# RESUMO

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha

Universidade Federal do Pampa

Curso de Engenharia Agrícola

## ESTABILIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA E QUÍMICA DE AREIAS EÓLICAS APLICADAS NA EDIFICAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS

AUTOR: FILIPE RIBEIRO DE ALMEIDA

ORIENTADOR: DR. WILBER FELICIANO CHAMBI TAPAHUASCO

Data e local da defesa: Alegrete, 10 de Dezembro de 2019

Na região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul ocorre um fenômeno chamado de arenização, resultado de processos físicos naturais das formações geológicas e também por processos causados pelo manejo inadequado do solo na agricultura e pecuária da região. Outra ocorrência desta região são as estradas municipais de terra em péssimo estado de conservação, seja, pela falta de manutenção, ou por excesso de carga na época da colheita. A cultura do arroz, que por meio das indústrias de processamento produz um importante resíduo, a Cinza de Casca de Arroz (CCA), que se descartada incorretamente pode trazer graves problemas ambientais. Visto isso, o trabalho busca, por meio de estabilização física, com solo fino, e estabilização química, com um solo fino e a CCA, estudar o aproveitamento geotécnico dos solos da arenização, visando a sua utilização em estradas rurais. Foram utilizadas misturas solo eólico-solo fino-CCA nas proporções de 75% solo eólico (Ae) + 25% solo fino (Sf), 80% Ae + 20% Sf, 85% Ae + 15% Sf, 75% Ae + 20% Sf + 5% CCA, 80% Ae + 15% Sf + 5% CCA, 85% Ae + 10% Sf + 5% CCA. Os ensaios de laboratório executados foram compactação dinâmica, Índice de Suporte Califórnia (ISC) e Resistência à Compressão Simples (RCS). Com os resultados chegou-se a conclusão de que a CCA, diminui a massa específica seca compactada das misturas. A mistura com proporção 75% Ae + 20% Sf + 5% CCA, se comparadas às demais misturas, apresentou melhor desempenho quanto Resistência à Compressão Simples. Finalmente, os resultados do Índice de Suporte Califórnia obtidos de todas as misturas, não atingiram valores consideráveis que permitam o seu uso como base ou sub-base de pavimentos, mas são suficientes para serem utilizadas como reforço de subleito de estradas.

**Palavras-chave: melhorias de solos, edificações rurais, estradas rurais.**

# **ABSTRACT**

Federal Institute of Education, Science and Technology Farroupilha

Federal University of Pampa

Agricultural Engineering Course

## **GRANULOMETRIC STABILIZATION AND CHEMICAL OF WIND SANDS APPLIED IN BUILDING RURAL ROADS**

**AUTHOR: FILIPE RIBEIRO DE ALMEIDA**

**ADVISOR: DR. WILBER FELICIANO CHAMBI TAPAHUASCO**

Date and place of defense: Alegrete, December 10, 2019

In the southwest region of the state of Rio Grande do Sul there is a phenomenon called arenization, the result of natural physical processes of geological formations and also by processes caused by improper soil management in the region's agriculture and livestock. Another occurrence of this region is the municipal dirt roads in poor condition, either due to lack of maintenance or overloading at harvest time. Rice cultivation, which through the processing industries produces an important waste, Rice Husk Ash (RHA), which if disposed of incorrectly can bring serious environmental problems. Given this, the work seeks, through physical stabilization, with thin soil, and chemical stabilization, with a thin soil and the RHA, to study the geotechnical utilization of the sandy soils, aiming its use in rural roads. Aeolian soil-thin soil- RHA mixtures were used in the proportions of 75% wind soil (Ae) + 25% thin soil (Sf), 80% Ae + 20% Sf, 85% Ae + 15% Sf, 75% Ae + 20 % Sf + 5% RHA, 80% Ae + 15% Sf + 5% RHA, 85% Ae + 10% Sf + 5% RHA. The laboratory tests performed were dynamic compression, California Bearing Ratio (CBR) and Unconfined Compressive Strength (UCS). With the results it was concluded that the RHA decreases the compacted dry mass of the mixtures and in these, with higher content of the fine fraction in the mixture with RHA, higher values of UCS were obtained (75% Ae + 20 % Sf + 5% RHA). Related to CBR, the mixtures did not reach considerable values to be used as a base or subfloor, but their values are sufficient to be used as a road subgrade.

**Keywords: land improvement, rural buildings, rural roads.**

## LISTA DE SÍMBOLOS

CCA – Cinza da Casca de Arroz

RCS – Resistência à Compressão Simples

ISC – Índice de Suporte Califórnia

Ae – Solo arenoso (Areia eólica)

Sf – Solo Fino

CP – Corpo de Prova

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	9
1.1 Objetivo Geral .....	10
1.2 Objetivos Específicos .....	10
1.3 Justificativa e Importância do Trabalho .....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	11
2.1 Estradas Não Pavimentadas .....	11
2.2 Solos Arenosos Eólicos e seu Aproveitamento na Engenharia .....	12
2.3 Correção Granulométrica de Solo .....	14
2.4 Estabilização Química de Solos (Cinza de Casca de Arroz) .....	15
2.5 Compactação Dinâmica (Método Proctor) .....	17
2.6 Índice de Suporte de Califórnia (ISC) .....	18
2.7 Compressão Simples .....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	22
3.1 Áreas de Estudo e Materiais Utilizados .....	22
3.1.1 Solo Arenoso – Areais .....	22
3.1.2 Jazidas de solos finos .....	24
3.1.3 Cinza de Casca de arroz .....	26
3.2 Caracterizações geotécnicas dos solos .....	27
3.2.1 Coleta do Solo e preparação dos solos para ensaios .....	27
3.3. Compactação Dinâmica (Método de Proctor) .....	34
3.4 Acondicionamento e Tempo de Cura .....	35
3.5 Ensaio de Expansibilidade e Índice de Suporte Califórnia .....	35
3.5 Ensaio de Compressão Simples .....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	39
4.1 Correlação das Características Granulométricas dos Solos Eólicos .....	39
4.2 Curvas de Compactação .....	39
4.3 Resistência à Compressão Simples .....	42
4.4 Índice de Suporte Califórnia .....	43
5 CONCLUSÃO .....	45
REFERÊNCIAS .....	46
APÊNDICES .....	51



## 1 INTRODUÇÃO

Na região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul ocorre um fenômeno caracterizado pela existência de consideráveis áreas constituídas de depósitos superficiais de areia, proveniente de processos erosivos que é chamado de arenização. Para Souto (1984), os efeitos da erosão eólica são proporcionais à velocidade dos ventos e a redução da cobertura vegetal, sendo acentuada quando ocorre em solos de origem arenítica, produto da degradação das rochas. Esse fenômeno natural, somado ao manejo inadequado do solo, tem provocado um impacto negativo nas atividades agropecuárias na região da Campanha Gaúcha. Portanto é muito comum observar na região da Campanha áreas tomadas pela arenização, implicando o não aproveitamento de tais locais para fins de produção agropecuária. Mósená (2008) relata que os efeitos nas áreas de arenização e suas preocupações extrapolam os limites do ambientalismo, transformando-se em problemas socioeconômicos, implicando na perda em produção e produtividade agropecuária.

Outra realidade que caracteriza o sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, é que mais de 90% da malha viária é constituída de estradas de terra. Conforme a CNT (2018), a malha rodoviária total do Brasil é constituída por aproximadamente 86% de estradas não pavimentadas, enquanto para a malha rodoviária municipal do Brasil, as estradas não pavimentadas representam 97%. Com base nas informações supracitadas, é possível dizer que é constatado com maior notoriedade a presença de estradas de terra na área rural, que, na maioria dos casos eram corredores antigos que foram construídos para ligação entre o meio rural e os centros urbanos e, com o decorrer dos anos viraram as estradas vicinais, sem levar em conta nenhum aspecto de relevo ou parâmetros de engenharia. Pelo fato das estradas serem feitas, geralmente do mesmo material do local, apresentando propriedades variáveis, é comum a ocorrência de problemas estruturais, de funcionalidade e segurança à trafegabilidade. Conforme Demarchi et. al (2003) a malha viária rural de qualquer país tem importância vital para sua economia e as condições de sua infraestrutura são primordiais.

Com o intuito de amenizar a problemática da arenização e, das condições das rodovias de terra do sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, este trabalho tem como objetivo realizar estudos de aproveitamento e melhoramento geotécnico dos solos eólicos da região da Campanha Gaúcha (areais), visando manutenção e construção de estradas de terra.

## **1.1 Objetivo Geral**

Estudar o aproveitamento geotécnico dos solos eólicos que compõem os areais da região da campanha Gaúcha, visando a sua aplicação em estradas rurais.

## **1.2 Objetivos Específicos**

- Buscar melhoria dos solos eólicos pelo tratamento granulométrico, sob adição de solos finos;
- Estudar a estabilização química dos solos eólicos utilizando misturas de cinza de casca de arroz e solos finos;
- Verificar a resistência mecânica via corpos de prova compactados em diferentes misturas solos eólicos sob adição de solo fino e de cinza de casca de arroz.

## **1.3 Justificativa e Importância do Trabalho**

O mérito deste trabalho dá-se na possibilidade de aproveitamento dos solos de áreas degradadas pelos processos de arenização e consequências que se seguem à ocorrência da arenização na região Sudoeste do Rio Grande do Sul. Bem como a ausência de plantio onde ocorrem os areais e subsequentemente a queda na produção e na produtividade das áreas rurais, levando em conta que nos municípios da região citada, as estradas muitas das vezes encontram-se em péssimo estado de conservação. Então, soma-se a grande quantidade de Cinza de Casca de Arroz (CCA) produzida pela indústria do beneficiamento arrozeiro e sua falta de opções ao descarte. Desta forma foi montado um trabalho que utilizou elementos focados no contexto, o solo arenizado e a CCA.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Estradas Não Pavimentadas

Tomando como referência as publicações de Baesso; Gonçalves (2003) e DER/PR (2006), as estradas não pavimentadas podem ser constituídas de revestimento primário ou do próprio subleito (terreno natural). Revestimento primário é a camada granular, composta por agregados naturais e/ou artificiais, aplicada diretamente sobre o subleito compactado e regularizado em rodovias não pavimentadas, com a função de assegurar condições satisfatórias de tráfego, mesmo sob condições climáticas adversas (DER/PR, 2005). A Figura 1 mostra uma seção típica de estrada não pavimentada com revestimento primário.

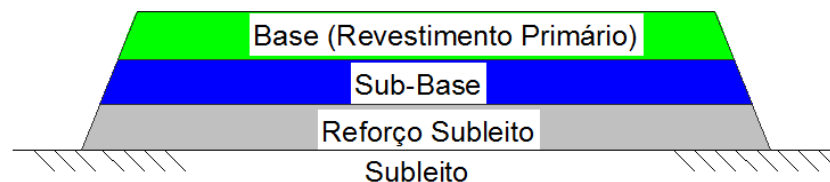


Figura 1 – Camada de pavimento com revestimento primário (Rosso, 2015).

Conforme define Demarchi et. al (2003), as estradas rurais são um importante componente da infraestrutura rodoviária ao disponibilizar, um fluxo regular de serviços e mercadorias, permitindo o desenvolvimento das comunidades inclusas a uma determinada região, fazendo com que ocorra uma melhora na qualidade de vida.

Estradas em condições inadequadas agravam processos erosivos nas áreas adjacentes, provocando formação de ravinas e voçorocas e conseqüentemente prejudicando a produtividade das áreas agrícolas. Por isso as estradas de terra, segundo Bertolini et. al (1993), devem ser dimensionadas e configuradas da forma que possam atender as demandas de tráfego e possibilitem a comunicação entre o meio rural e os centros urbanos.

Tavares; Mainardi (2017), nos seus estudos de estradas vicinais, concluem que é necessário que haja um maior investimento por parte do setor público na manutenção dessas estradas, o que no final, se refletiria em menores perdas em competitividade para o produtor rural, maior agilidade no transporte de grãos e uma redução nos custos de escoamento da produção das lavouras.

## 2.2 Solos Arenosos Eólicos e seu Aproveitamento na Engenharia

Segundo Elipe; Lopez-Queros (2014), devido às características limitadas naturais das areias eólicas, como a faixa pequena da curva granulométrica, a plasticidade insignificante e suas formas arredondadas fazem estas areias serem de difícil compactação e seus desempenhos mecânicos inapropriados para fins de construção. Pelos fatores citados e bibliografia estudada, é possível afirmar que a estabilização torna-se uma facilitadora para os processos construtivos.

Baghdadi; Rahman (1990) apresentaram o potencial de estabilização do pó de forno do cimento em areias eólicas para utilização na construção de estradas na Arábia Saudita por meio do estudo do teor de umidade ótimo, massa específica seca máxima, Índice de Suporte de Califórnia (ISC) e a resistência mecânica de misturas entre as areias e o pó de forno de cimento. Os resultados mais satisfatórios corresponderam para a adição de 30% do peso de pó de forno de cimento e cura de 7 dias.

Estudos de comportamento de areias eólicas misturadas com fibras de polipropileno foram desenvolvidos por Al-Refeai; Al-Suhaibani (1998), visando a sua utilização como material de construção de rodovias. Para isso, os autores realizaram ensaios triaxiais, Índice de Suporte de Califórnia (ISC) e ensaio de resiliência. Os resultados encontrados evidenciaram que para um teor de 0,4% de fibra de polipropileno, ocorreu um aumento no ISC e no módulo de resiliência das amostras.

Al-Karni; Elkholy (2012) estudaram a utilização de vários teores de cimento Portland como estabilizante de areias eólicas do Deserto da Arábia Saudita, objetivando assim, investigar a resistência à compressão simples e os parâmetros de resistência ao cisalhamento das misturas. A partir dos resultados, os autores concluíram que a adição de cimento melhorou as características de resistência normal do solo tratado, tornando-o utilizável como material de base para construção de estradas e material de fundação, além de ser adequado para outros tipos de superestruturas. Os melhores resultados encontraram-se ao adicionar 9% de cimento, sendo que, a partir deste teor, aparentemente não haveria melhora das propriedades do solo tratado. Por isso o autor afirma que também devem ser estudados outros efeitos do solo tratado.

Objetivando um possível uso em fundações, base e sub-base de estradas, Al-Aghbari et al. (2009) apresentaram os resultados sobre o uso de cimento Portland e pó de forno de cimento para estabilizar areias eólicas. As misturas utilizadas foram de 2%, 4%, 6%, 8%, 10% e 12% do peso seco do solo. Seguidamente, na intenção de aferir as características de

engenharia do material estabilizado, foram realizados testes de compactação, compressão simples e testes de cisalhamento. Como resultado obteve-se um aumento significativo na massa específica seca máxima, na resistência normal e nos parâmetros da resistência ao cisalhamento. Os autores afirmaram ainda que, se misturado corretamente e, sendo permitida a cura, as misturas têm resistências ainda maiores.

Autor	Objetivos	Procedimentos	Resultados
ELIPE: LOPEZ-QUEROS (2014)	Estudos de Areias Eólicas	Revisão Bibliográfica	Estabilização facilita os processos construtivos
BAGHDADI; RAHMAN (1990)	Estradas usando Pó de Forno de Cimento	Umidade, Massa Específica, ISC e Resistência Mecânica	30% do pó de forno de cimento com 7 dias de cura
AL-REFEAI; AL-SUHAIBANI (1998)	Fibras de Polipropileno para estradas	Ensaio Triaxiais, ISC, Resiliência	0,4% de fibra aumenta o ISC e a Resiliência
AL-KARNY; EL-KHOLY (2012)	Cimento Portland para base de estradas	Resistência à Compressão Simples e Cisalhamento	9% de cimento melhorou a Resistência
AL-AGHBARI et. al (2009)	Cimento Portland e Pó de Forno de Cimento	Compactação e Resistência a Compressão Simples	Aumento da Massa Específica, Resistência Normal e Cisalhamento
WAYAL et. al (2012)	Bentonita e Calcário	Compactação e Resistência a Compressão Simples	15% de Bentonita e 3% de Calcário melhoraram os resultados
AL-TAIE (2013)	Propriedades Geotécnicas	Testes Laboratoriais	Vibração é mais eficaz em relação ao método Proctor

Quadro 1. Pesquisas e Resultados sobre Areias Eólicas

Wayal et al. (2012) estudaram a utilização das areias eólicas misturadas a bentonita e calcário em obras de engenharia geotécnica. Fizeram uso de misturas com os teores de bentonita de 5%, 10% e 15% e de calcário de 1%, 2% e 3%, após realizaram ensaios de compactação e teste de resistência à compressão simples. Com isso, os melhores resultados de resistência, foram encontrados para os maiores níveis de bentonita e cal, ou seja, 15% de bentonita e 3% de calcário.

Al-Taie et al. (2013) investigaram as propriedades geotécnicas de areias eólicas, tendo realizado diversos testes laboratoriais. Testes físicos e químicos, análise de difração de raios-X, teste de permeabilidade, compactação, compressibilidade e colapsibilidade, bem como testes de resistência ao cisalhamento. Como parte dos resultados, concluíram que a vibração é mais eficaz nas areias do que a compactação do Proctor Normal, ainda assim, com os resultados dos outros ensaios, consideraram as areias adequadas para obras geotécnicas.

### **2.3 Correção Granulométrica de Solo**

Conforme Baptista (1978 apud EMMERT, 2010) a estabilização granulométrica é a utilização de um material ou mistura de dois ou mais materiais ajustados que no final da estabilização, estarão dentro de uma determinada especificação. O autor ainda destaca que esta estabilização tem como objetivo obter condições granulométricas, de limites físicos e de resistência adequados, ou seja, a mistura de materiais é necessária quando um determinado solo não satisfaz a estas condições.

A estabilização granulométrica para bases e sub-bases, segundo o DNIT (2006) corresponde ao fato das camadas serem flexíveis, sendo a estabilização feita por meio da compactação de um material ou de uma mistura de materiais que mostrem uma granulometria adequada e índices geotécnicos específicos. Camadas que tendem a ser constituídas de solos, britas de rochas, de escórias de alto forno, ou também, pela mistura desses materiais.

Kolling et al. (2012), avaliaram tecnicamente a utilização de um solo argiloso, estabilizado com areia e cimento, utilizando traços de 1:10, 1:11, 1:12, 1:13, 1:14, 1:15, (partes de cimento para partes de solo estabilizado com areia). Os autores, considerando a inabilidade do solo argiloso, estabilizaram por meio do teste de retração, sendo que 75% da massa do solo estabilizado foi constituído de areia. Com as proporções determinadas, os autores realizaram ensaios de compactação, ensaios de compressão simples e diametral em diferentes tempos de cura (7 e 28 dias). Para os tempos de cura, os tratamentos do solo fino tratado, chegaram a ter ganhos de resistência à compressão simples de 60%, chegando até a

73,71% utilizando o traço 1:11. Então com os resultados, os autores concluíram que o solo argiloso estudado, estabilizado com a areia, apresentou características similares a de solos arenosos estabilizados com cimento, pois todos os tratamentos apresentaram resistência a compressão simples maior que 2 MPa.

Conforme o *Stabalization Selection Guide for Aggregate and Native-Surfaced Low-Volume Roads* (USA, 2009), para solos com classificação SW, SP, SM ou SC os estabilizantes recomendados são Betume, cimento Portland e Cal, tendo como restrições o Índice de Plasticidade do solo que não podem ultrapassar valores que variam de 10 a 30. E também o fato de a porcentagem do material passante na peneira #200 não ultrapassar 30% do peso seco do solo.

Area	Classes de Solo	Tipos de Estabilização	Restrição no LL e IP do Solo	Restrição na % Pass #200
A1	SW ou SP	Betume		
		Cimento Portland		
		Cal – Cimento – Cinza Volante	IP < 25	
1B	SW-SM	Betume	IP < 10	
	SP-SM	Cimento Portland	IP < 30	
	SW-SC	Cal	IP < 12	
	SP-SC	Cal – Cimento - Cinza Volante	IP < 25	
1C	SM ou SC ou SM-SC	Betume	IP < 10	Não Exceder 30% do peso
		Cimento Portland	$IP \leq 20 + (50 - \%pass \#200)/4$	
		Cal	IP > 12	
		Cal – Cimento – Cinza Volante	IP < 25	

Quadro 2. Guia para seleção de aditivos estabilizadores (Adaptado de Army 1994 apud U.S. Department of Agriculture)

#### 2.4 Estabilização Química de Solos (Cinza de Casca de Arroz)

Segundo McCarthy (1977 apud EMMERT 2010) a estabilização química é o procedimento no qual um material químico ou qualquer material cimentante é adicionado ao solo natural para melhorar suas propriedades de engenharia. Conforme Lima et al. (2003), a estabilização química representa qualquer modificação artificial induzida a um solo, com a finalidade de torná-lo útil em obras de engenharia.

A indústria do arroz tem como subproduto mais volumoso as cascas, que podem ser aproveitadas de diversas maneiras. A geração de energia através da queima da casca é uma alternativa econômica e ecologicamente viável (FOLETTTO et al., 2005). A CCA é um subproduto proveniente da queima da combustão da casca de arroz sendo utilizada para fonte de energia nos processos de secagem e parboilização dos grãos. Assim são produzidas CCAs em grande quantidade (BARBOSA, 2006).

Na Figura 2 são demonstradas as diversas aplicações que podem ser dadas a CCA.

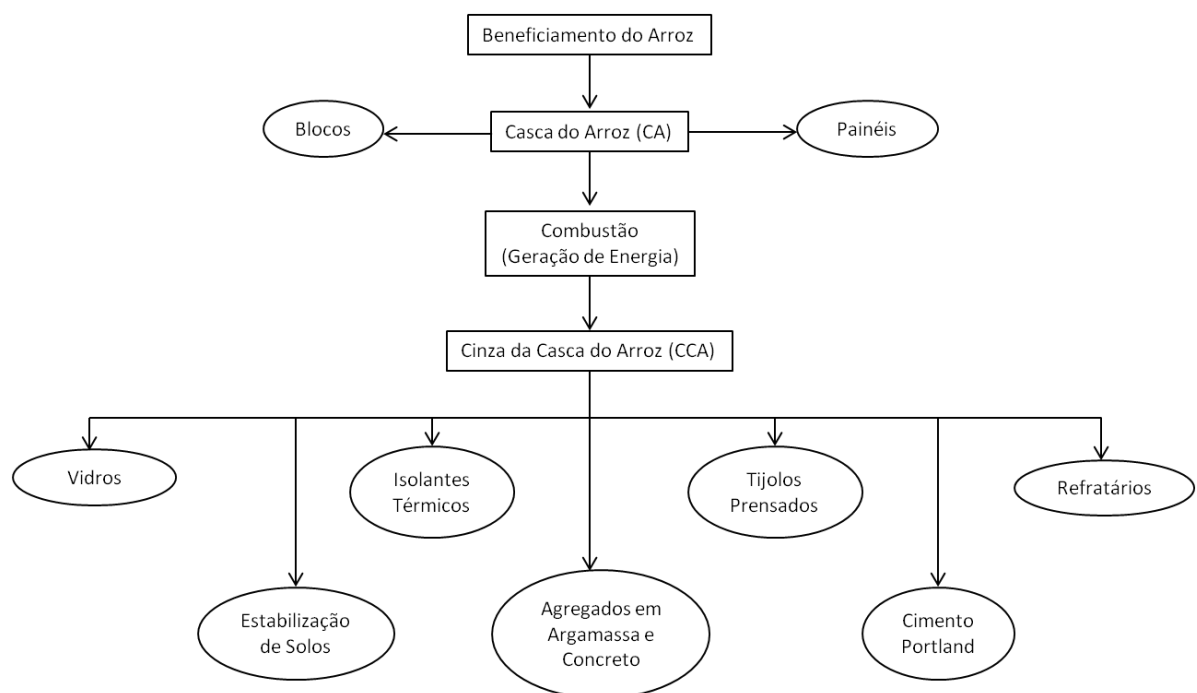


Figura 2 – Organograma de aplicação da cinza de casca de arroz a partir do beneficiamento do arroz. (adaptado de DELLA et al., 2001).

Quanto à utilização da CCA como pesquisa em misturas com solo, visando a aplicação na construção de estradas rurais, Behak (2007) estudou a utilização de CCA e cal em um solo arenoso com baixo teor de suporte e inadequado para servir de base ou sub-base de pavimentos rodoviários. Utilizando CCAs com e sem controle de temperatura, foram



realizados para Solo-CCA-Cal ensaios de raios-X, compactação, ISC, compressão simples, tração por compressão diametral e dura

bilidade. O autor adotou nas misturas, dois teores de estabilizantes entre duas combinações, assim as proporções foram de 15% CCA + 5% Cal, 20% CCA + 5% Cal, 20% CCA + 10% Cal. Dessa forma o autor concluiu que os valores de ISC e resistência à compressão simples das misturas aumentaram com o teor da CCA e da Cal, tendo melhor desempenho na proporção com teor de 20% CCA + 10% Cal. Assim a estabilização com CCA e cal mostrou-se eficaz permitindo o uso dos materiais em camadas de base e sub-base de pavimento.

Yacoub (2017) fez misturas de solo arenoso mais CCA em níveis de 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12% e 14% em relação à massa seca do solo. Obteve como resultados a diminuição da massa específica aparente seca máxima e aumento da umidade ótima. A adição da CCA reduziu a colapsibilidade e o potencial de colapso, tendo destaque os níveis de 10%, 12% e 14%.

Alcântara et al. (2017), para o estudo que visou a estabilização química de um solo, adicionaram teores de 5% a 10% de CCA, também somando-se a um teor de cal de 8%. Os autores chegaram à conclusão de que a adição da CCA reduziu os índice de plasticidade do solo, aumentou a umidade ótima de compactação e diminuiu a massa específica seca aparente.

## **2.5 Compactação Dinâmica (Método Proctor)**

Segundo Pinto (2006), o início da técnica de compactação é creditado ao engenheiro norte-americano Ralph R. Proctor, demonstrada em 1933, como sendo a aplicação de certa energia em um solo contido num molde. Dos trabalhos de Proctor surgiu o Ensaio de Compactação, padronizado no Brasil pela NBR 7182 (ABNT, 1986). A norma determina que o ensaio seja realizado através de um cilindro Proctor (grande ou pequeno), podendo utilizar três tipos de energia (Normal, Intermediária ou Modificada), as quais são determinadas pelo tipo de soquete (pequeno ou grande), pelo número de camadas e golpes por camadas. Com estes equipamentos realiza-se o ensaio de compactação do solo, onde inicialmente, faz-se a mistura dos materiais e adição de água, logo o solo é colocado no cilindro Proctor e é realizada a compactação por meio do soquete selecionado.

Al-Karni; Elkholy (2012), utilizaram misturas de cimento com areias eólicas do Deserto da Arabia Saudita com o objetivo de investigar a resistência das misturas para que possam ser utilizadas como material base de construção de estradas e material de fundação

adequado para outros tipos de obras geotécnicas. Estas foram preparadas com teores de cimento de 5%, 7% e 9% do peso.

Al-Aghbari et al. (2009), buscaram apresentar resultados que possibilitem a utilização das areias misturadas a determinados aditivos em obras de fundação. Para analisar se é possível esta utilização são feitos diversos testes incluindo o ensaio de compactação, para o qual se faz o uso de areias eólicas misturadas a cimento Portland e pó de forno de cimento, com teores de 2%, 4%, 8%, 10% e 12% do peso seco. Nos ensaios realizados para os dois cimentos foi possível visualizar que o peso específico seco máximo aumentou conforme os teores de cimento cresciam. E com os resultados dos testes posteriores, o trabalho concluiu que para camadas de base e sub-base a partir do teor de 8% de cimento apresentou os melhores resultados de resistência.

Behak (2007), visando estabilizar um solo sedimentar arenoso com CCA e Cal, realizou o ensaio de compactação apenas na mistura com teores de 20% de CCA + 10% de Cal, utilizando energia normal em um cilindro de 15 centímetros de diâmetro. Neste estudo o autor acabou por concluir que a mistura não afetou a trabalhabilidade do solo, pois o formato da curva de compactação continuou semelhante à curva do solo natural, as diferenças observadas foram somente diminuição do peso específico seco máximo e o aumento da umidade ótima.

Al-Taie (2013) buscou encontrar em seu trabalho propriedades que tornassem as areias eólicas de Baiji, no Iraque, num produto adequado para construções geotécnicas, realizando assim, diversos ensaios geotécnicos. Nesse trabalho os resultados de compactação Proctor foram menos favoráveis às areias do que quando foram submetidas à compactação por vibração. Além disso, o autor concluiu que por causa do baixo valor entre a densidade máxima e a mínima, seria necessária uma energia de compactação baixa.

## **2.6 Índice de Suporte de California (ISC)**

O Índice de Suporte Califórnia (ISC ou CBR – *California Bering Ratio*) é a relação entre a pressão exercida por um pistão de diâmetro padronizado, necessária à penetração no solo até determinado ponto e a pressão necessária para que o mesmo pistão penetre a mesma quantidade em solo-padrão de brita graduada. Sendo padronizado no Brasil pela norma NBR 9895 (ABNT, 1987).

Conforme as normas supracitadas, utilizando-se de corpos de prova moldados pela compactação do método Proctor, deve-se primariamente curar os corpos de provas por um

determinado número de dias, posteriormente, ser submergido por 96 horas em água até um determinado nível, fazendo monitoramento das possíveis expansões dos corpos de prova (com o uso de um extensômetro). Seguidamente, depois de feita a secagem do corpo de prova por 15 min, este deve ser levado para a prensa e inicia-se a medição da penetração. Para se chegar ao resultado do ISC deve-se coletar o dado de força nos pontos de penetração relativos a 2,54 mm e 5,08 mm, juntamente à área do pistão de penetração calcula-se a pressão exercida ao solo, dividindo essa pressão por uma pressão padrão, para cada ponto de penetração, obtém-se o valor do ISC.

Baghdadi; Rahman (1990) apresentaram os resultados do ISC para misturas de areias eólicas com pó de forno de cimento. Com teores de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de pó de forno de cimento. Os autores concluíram que para teores superiores a 30% de pó de forno de cimento, as misturas com areia eólica poderiam ser utilizadas como base na construção de rodovias, pois obtiveram valores acima de 200% de ISC.

Al-Refeai; Al-Suhaibani (1998) estudaram o comportamento de areias eólicas misturadas ou não a fibras de polipropileno. Os teores de fibras utilizados foram de 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1% do peso seco da areia. Após a realização dos ensaios para as misturas, foi constatado que o teor de 0,4% de fibra aumentou o valor do ISC em 68 e 80% dependendo do diâmetro da fibra, que não foi analisado no respectivo trabalho.

Ferreira et al. (2018), avaliaram o comportamento de dois solos (um argiloso e um arenoso) compactados na umidade ótima, no ramo seco e no ramo úmido para emprego como aterro para pavimento, sendo estudado por meio da análise do ensaio do ISC e da resistência a compressão simples. Os autores concluíram que os corpos de prova moldados próximos a umidade ótima tiveram valores de ISC mais elevados, entre 6,8% para o solo argiloso e 4,4% para o solo arenoso, enquanto que os corpos de prova moldados no ramo úmido da curva de compactação obtiveram os valores menores.

Bonfante; Carpio (2015), estudaram a viabilidade técnica de estabilizar um solo arenoso com Cinza de Casca de Arroz (CCA) e cal. Para isso analisaram duas proporções da mistura (15%CCA + 5% cal, 15%CCA + 10% cal), utilizando duas energias de compactação (modificada e normal) e três tempos de cura (3, 14 e 28 dias). Para ambas as energias de compactação, na mistura de 15%CCA + 10% cal os resultados de ISC foram maiores em 28 dias de cura e na energia normal, para a mistura de 15%CCA + 5% cal, com valores respectivos de 161,4% e 77,7% (energia modificada e normal) e 114%. Assim o trabalho mostrou que para a mistura do solo arenoso com 15% de CCA e 5% de cal na energia normal

com tempo de cura de 28 dias tornou-se mais econômica por apresentar valores maiores que o exigido para base ou sub-base de estradas e também por requerer um teor menor de cal.

## 2.7 Compressão Simples

Segundo ALMEIDA (2012) “A resistência mecânica é definida como a resultante da aplicação de uma força sobre um material”. A resistência de um material depende de sua capacidade de suportar uma carga sem apresentar deformações indevidas ou falhas. Essa propriedade é inerente ao material e é determinada através de ensaios padronizados pelas normas em vigor.

No Brasil a norma regente dos ensaios para obtenção da resistência de compressão simples é a NBR 12770 (ABNT, 1992). A norma determina que se utilizem corpos de prova moldados pela compactação do método Proctor, ou indeformados ou até mesmo remoldados. Também faz-se o uso de um equipamento de compressão onde possa ser feita o controle da velocidade de deslocamento. Posterior à compactação, o corpo de prova deve ser alocado no centro do prato inferior do equipamento de compressão e, em seguida, deve-se aplicar uma força a uma velocidade de deformação aproximada entre  $0,5\% \cdot \text{min}^{-1}$  e  $2\% \cdot \text{min}^{-1}$ .

Para o cálculo da pressão de compressão, se utiliza a carga aplicada dividida pela seção transversal do corpo de prova. A seção transversal leva em conta a deformação axial específica que é a relação entre a altura inicial do corpo de prova e a variação da altura do corpo de prova observada no indicador de deslocamento.

Mohamedzein; Al-Aghbari (2012), estudaram a melhoria das propriedades de engenharia de areias eólicas sob adição de cinzas de incineração. Testes como compactação, compressão não confinada, ensaio de cisalhamento e condutividade hidráulica foram realizados para cada mistura. Para os ensaios de resistência a compressão simples, foram moldados corpos de prova na umidade ótima de compactação e, subsequentemente, os deixando em cura por 7, 14, 28, 56 e 90 dias. Como resultados encontraram que a resistência a compressão simples aumentou com o teor de cinzas até 30% e significativamente com o tempo de cura até 14 dias, chegando a valores de aproximadamente 1500 kPa, após, pelo tempo de cura o aumento é reduzido, entretanto, conforme aumenta o teor de cinza ocorre a diminuição da resistência. Assim os autores concluíram que a mistura com 30% de cinza de incineração era adequada o suficiente para suportar edifícios baixos.

Visando estabilizar areias eólicas para sub-base de estradas BAGHDADI et. al (1995) utilizou pó de forno de cimento como mistura e ainda avaliou sob diferentes níveis de

temperaturas os corpos de prova que obtiveram melhores parâmetros. Para a resistência a compressão simples os melhores resultados corresponderam aos corpos-de-prova com misturas entre 20 a 50% de pó de forno de cimento, onde atingiram para teores de 50% de pó de forno de cimento, valores de aproximadamente 7 MPa com 90 dias de tempo de cura, 4,5 MPa com 28 dias de tempo de cura e 3 MPa com 7 dias de cura. Enquanto, quando utilizaram 20% de pó de forno de cimento o melhor valor de resistência a compressão simples foi ligeiramente maior que 2 MPa.

Ruver et al. (2013), utilizaram diversos tipos de agentes aglomerantes para estabilizar areia eólica na intenção de utilizar este material como sub-base de pavimento. Como testes, realizaram o ensaio de compressão simples, onde foram utilizados corpos-de-prova moldados em um molde tripartido de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura. A compactação dinâmica foi feita por meio da realização de golpes do soquete pequeno (massa de 2,5 kg e altura de queda de 30,5 cm) e a moldagem foi realizada em três camadas compactadas iguais, com a aplicação de 5 golpes por camada. Os corpos-de-prova foram rompidos em uma prensa eletrohidráulica com velocidade de  $1,44 \text{ mm.min}^{-1}$ .

Com os resultados estabelecidos pelo rompimento dos corpos de prova, Ruver et al. (2013), concluíram que, com teores de cimento acima de 10% e tempo de cura maior de 07 dias o cimento atingiu as normativas de mais que 2,1 MPa. Com 28% de cal hidráulica misturada a cinza volante na proporção de 1:2,33 (cal:cinza) em um período de cura de 28 dias a mistura teve resistência à compressão simples maior que 2,1 MPa, assim atingindo a normativa. Quando utilizado a cal hidratada, na proporção de 1:3 (cal:cinza) com a cinza volante e no período de 120 dias de cura atingiu a normativa de resistência a compressão simples maior de 2,1 MPa. Com o rompimento dos corpos de prova, foi possível concluir que teores acima de 10% de cimento e com tempo de cura maior que 7 dias atendiam as normativas. Para as cais o uso de 28% de cal mais cinza volante nas proporções de 1:2,33 (cal hidratada + cinza volante) e 1:3 (cal hidráulica + cinza volante) e para o tempo de cura de 28 e 120 dias, respectivamente, atenderam as normativas com os valores de 3,36 MPa na mistura com cal hidráulica e 6,74 MPa para a mistura com cal hidratada.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Com a intenção de aproveitar os solos eólicos (arenosos) da região da campanha, para fins de edificações de rodovias não pavimentadas, foram realizadas misturas com solo fino e Cinza de Casca de Arroz (CCA). Dessa forma, objetiva-se a melhoria dos solos eólicos por meio de estabilização granulométrica (adição de solos finos) e estabilização química (cinza de casca de arroz).

Tomando como referência os estudos realizados por Kolling et al., (2012) e Alcântara et al., (2017), além das orientações da *Stabalization Selection Guide for Aggregate and Native-Surfaced Low-Volume Roads* (USADA, 2009), nesta pesquisa foram adotadas proporções de solo fino + CCA inferior a 25% em peso seco a respeito da areia eólica. Os materiais indicados pelo guia, citado acima, para serem utilizados como estabilizantes para o solo são betume, cimento Portland e Cal, neste estudo os materiais foram trocados por solo fino e CCA.

O Quadro 3 mostra as proporções das misturas areia (solo eólico) + solo fino e as proporções areia (solo eólico) + solo fino + CCA.

Tratamento	Mistura	Proporção
M1	Areia (Solo eólico) + Solo Fino	75% Ae - 25% Sf
M2	Areia (Solo eólico) + Solo Fino	80% Ae - 20% Sf
M3	Areia (Solo eólico) + Solo Fino	85% Ae - 15% Sf
M4	Areia (Solo eólico) + Solo Fino + CCA	75% Ae - 20% Sf - 5% CCA
M5	Areia (Solo eólico) + Solo Fino + CCA	80% Ae - 15% Sf - 5% CCA
M6	Areia (Solo eólico) + Solo Fino + CCA	85% Ae - 10% Sf - 5% CCA

Quadro 3. Proporções das Misturas da Areia com Estabilizantes

Legenda : Ae – Solos Eólicos, Sf – Solo Fino.

Para cada tratamento foi construída a curva de compactação da mistura com o intuito de se utilizar apenas os valores correspondentes a umidade ótima nos ensaios de Resistência à Compressão Simples e de Índice de Suporte California.

#### 3.1 Áreas de Estudo e Materiais Utilizados

##### 3.1.1 Solo Arenoso – Areais

A ocorrência da arenização pode ser encontrada em 10 municípios do estado do Rio Grande do Sul, sendo eles: Alegrete, Cacequi, Itaqui, Maçambará, Manoel Viana, Quaraí, Rosário do Sul, São Borja, São Francisco de Assis e Unistalda. Segundo Guasseli et al. (2010), nestes municípios duas formações geológicas, Botucatu e Guará, se apresentam como sendo substrato para a ocorrência dos areais. Com o intuito de conhecer a distribuição espacial dos areais nos municípios de Alegrete, Quaraí, Manoel Viana, São Francisco de Assis e Maçambará, foram mapeadas algumas áreas de arenização, conforme é mostrado na Figura 3.

Neste trabalho, com o propósito de realizar estudos de aproveitamento geotécnico dos solos eólicos da região da Campanha Gaúcha (areais), foram coletadas amostras de solos de três areais, localizados nos municípios de Alegrete e de Manoel Viana. Os areais do município de Alegrete correspondem à localidade do Durasnal (Figura 4A), na latitude -29,9136 e longitude -55,4864, do São João (Figura 4C), na latitude -29,7028 e longitude -55,4308. O areal da cidade de Manoel Viana localiza-se na latitude -29,5919 e na longitude -55,3692 (Figura 4B).

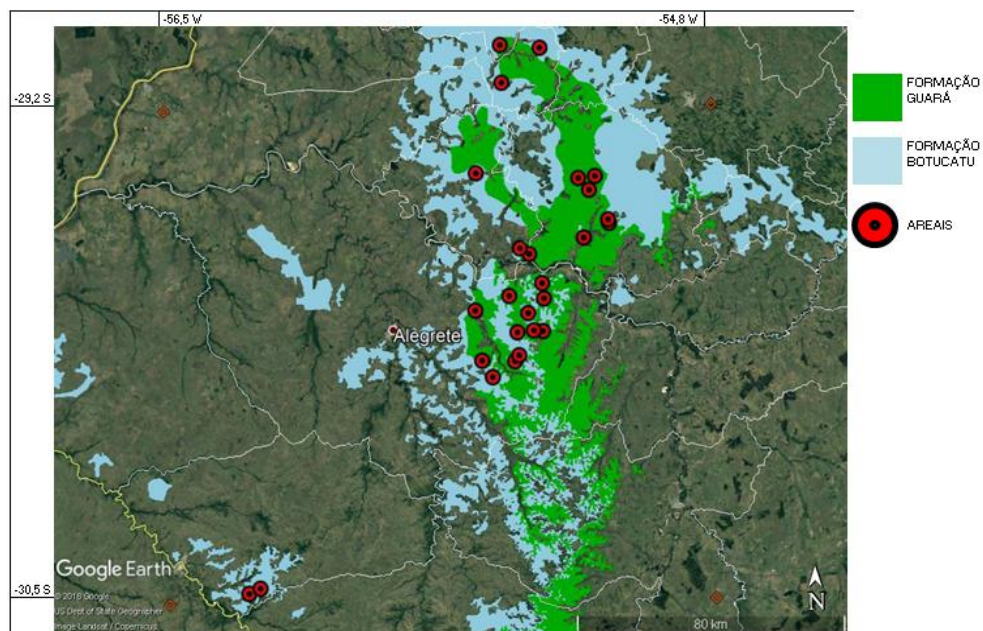


Figura 3 – Mapeamento dos pontos de arenização e interação com as formações geológicas.

Fonte: Autoria Própria



Figura 4 – Vista do Areal. A) Localidade do Durasnal - Alegrete/RS. B) No Município de Manoel Viana/RS. C) Localidade do São João. Alegrete/RS.

Fonte: A) Kersten D.; B) Campagnolo, L. B.; C) Campagnolo, L. B.;

### 3.1.2 Jazidas de solos finos

Para a utilização do solo fino na mistura, buscou-se solos que atendiam à correção granulométrica. As jazidas estão localizadas no município de Alegrete. O solo 1 (Figura 5), foi coletado das margens da rodovia BR-290, próximo ao Aeroclube, no subdistrito do Capivari – Alegrete/RS.



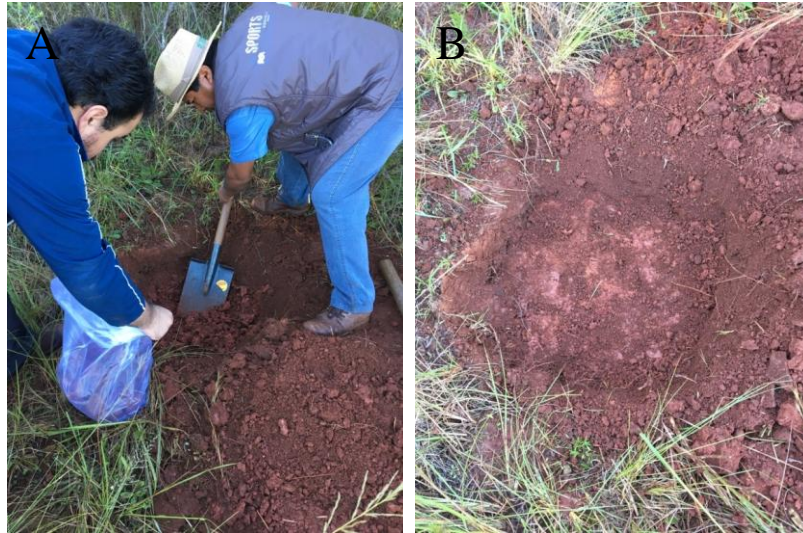


Figura 5 – A) Coleta do Solo e B) Trincheira da Coleta do Solo

Fonte: A) Campagnolo, L. B.; B) Campagnolo, L. B.;

O solo 2 (Figura 6), foi coletado de um local próximo ao aterro controlado do município de Alegrete, na latitude -29,7942 e na longitude -55,7221.

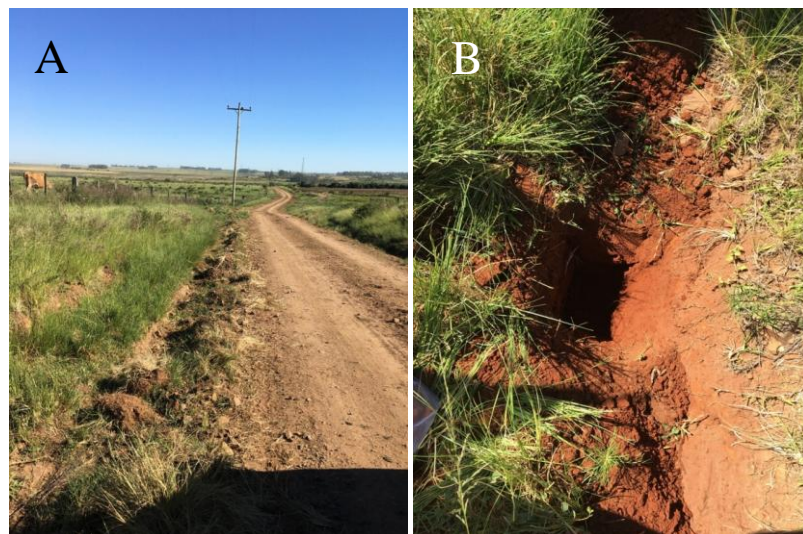


Figura 6 – A) Local da Coleta do Solo e B) Trincheira da Coleta do Solo

Fonte: A) Campagnolo, L. B.; B) Campagnolo, L. B.;

O solo 3 (Figura 7), foi coletado da localidade do Caverá, município de Alegrete, na latitude -29,8396 e na longitude -55,7848.



Figura 7 – A) Coleta do Solo e B) Trincheira da Coleta do Solo  
Fonte: A) Campagnolo, L. B.; B) Campagnolo, L. B.;

### 3.1.3 Cinza de Casca de arroz

A Cinza da Casca de Arroz foi obtida através de indústria local. Esta CCA encontrava-se com diversos tamanhos, então para deixar o material uniforme foi utilizado um moinho de facas tipo Willey (Figura 8) disponibilizado no laboratório de Bromatologia do Instituto Federal Farroupilha – Campus Alegrete. A peneira utilizada para realizar a moagem foi a com furos de 0,15 mm de diâmetro.

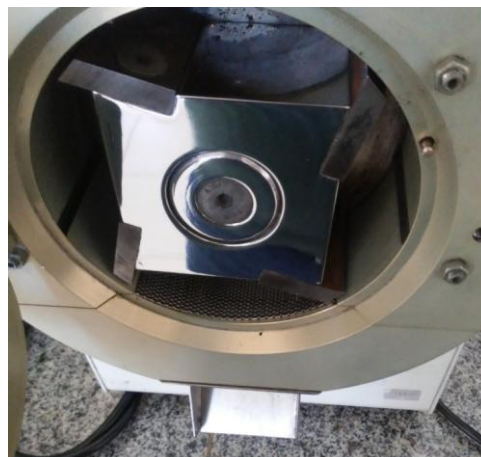


Figura 8 – Moinho de Facas tipo Willey  
Fonte: Autoria Própria

Observável no Quadro 4, parte do laudo técnico da CCA, realizado pelo departamento de solos (UFRGS, 2018) as principais características da CCA utilizada.

Cinza de Casca de Arroz	
Ph	9,9
Carbono Organico (%)	5,6
Nitrogênio (%)	0,02
Fósforo (%)	0,13
Potassio (%)	0,88

Quadro 4 – Componentes e características da CCA utilizada neste trabalho. (Adaptado de UFRGS, 2018).

Conforme Quadro 4, foi possível verificar um considerável teor dos elementos orgânicos na CCA.

### **3.2 Caracterizações geotécnicas dos solos**

#### **3.2.1 Coleta do Solo e preparação dos solos para ensaios**

Os solos foram coletados de acordo com a NBR 9604 – Abertura de Poço e Trincheira de Inspeção de Solo, com Retirada de Amostras Deformadas (ABNT, 1986). Conforme a norma foi feita a prévia retirada da cobertura do solo, a limpeza superficial do terreno (Figura 9). Já no laboratório, se seguiu a NBR 6457 (ABNT, 1986), onde especifica que a amostra deverá ser seca ao ar até atingir a umidade higroscópica. Após, os torrões foram desmanchados, evitando-se a quebra dos grãos e, por fim, a homogeneização da amostra.



Figura 9 – Coleta do Solo Eólico  
Fonte: Autoria Própria

### 3.2.2 Caracterização do Solo

Para caracterizar as amostras de solo, foram executados ensaios de análise de granulometria, limite de liquidez, limite de plasticidade, massa específica dos grãos, determinação dos índices de vazios máximos e mínimos.

O ensaio de análise granulométrica foi realizado seguindo a NBR 7181 (ABNT, 1984), por peneiramento. Utilizando peneiras especificadas pela norma (Figura 10).



Figura 10 – A) Peneiras para Peneiramento Grosso e B) Peneiras para Peneiramento Fino  
Fonte: Autoria Própria

O ensaio de determinação do Limite de Liquidez foi realizado conforme a NBR 6459 (ABNT, 1984), pelo método do aparelho de Casagrande. O ensaio de determinação do Limite

de Plasticidade pela NBR 7180 (ABNT, 1984) foi realizado buscando encontrar a umidade de uma amostra de solo que, quando moldada em formato de cilindro de três milímetros começa a fraturar-se.

A determinação da massa específica dos grãos que passam na peneira de 4,8 mm foi realizada utilizando a metodologia da norma extinta<sup>1</sup> da NBR 6508 (ABNT, 1984). Utilizando picnômetros de 500 ml. Este ensaio foi realizado para as amostras coletadas de solos eólicos.

A determinação dos índices de vazios máximo e mínimo foi realizada conforme as normas<sup>2</sup> NBR 12004 (ABNT, 1990) e 12051<sup>3</sup> (ABNT, 1991), respectivamente. A partir do conhecimento da massa específica do solo, pela NBR 6508 (ABNT, 1984), foi realizado o ensaio de índice de vazios máximo, através de um molde no qual possui as dimensões conhecidas. Enquanto para a determinação do índice de vazios mínimo precisa-se de uma mesa vibratória, no qual o molde é submetido a uma constante vibração por um tempo determinado.

Para a obtenção dos valores do pH, foi utilizado o ensaio regido pelo Manual de Métodos de Análise do Solo (EMBRAPA, 1997), que foi realizado no Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal Farroupilha - Campus Alegrete. O ensaio consistiu em colocar uma amostra de solo em um recipiente e adicionar a solução de cloreto de cálcio. Após homogeneização e repouso por uma hora, foi realizada a leitura do pH, por meio de um potenciômetro com eletrodo combinado.

A partir dos ensaios de granulometria foi possível confeccionar as curvas de distribuição granulométrica dos solos eólicos (Figura 11). É possível afirmar que os solos apresentam uma distribuição de granulometria muito próxima entre os cinco pontos coletados.

---

<sup>1</sup> Norma extinta em 26/09/2014

<sup>2 e 3</sup> Normas extintas em 20/07/2015

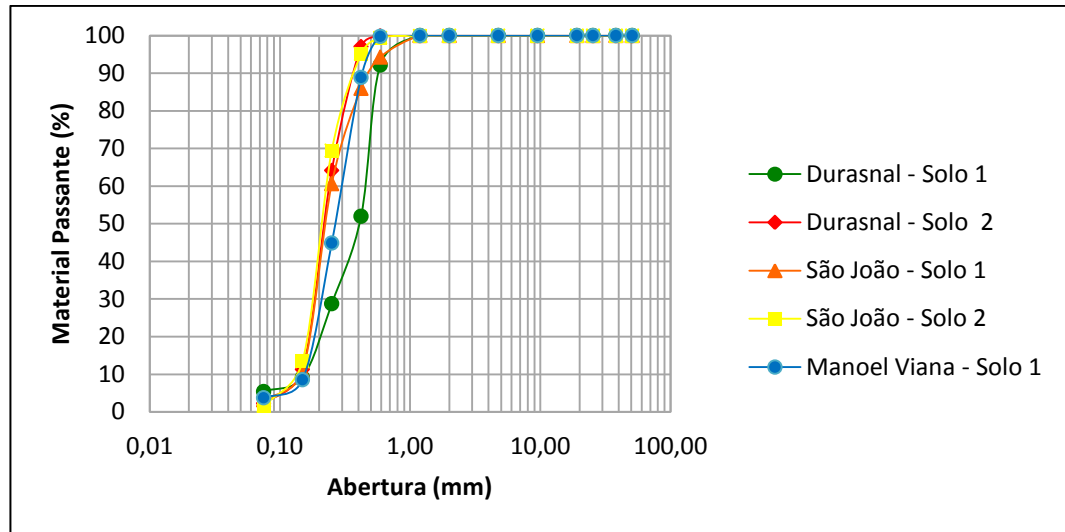


Figura 11 – Curva Granulométrica dos Solos Eólicos

Fonte: Autoria Própria

A partir da curva granulométrica foi possível a determinação do  $D_{10}$ ,  $D_{60}$  e  $D_{30}$ . Para o cálculo (Equações 4 e 5) dos respectivos coeficientes de uniformidade e de curvatura (Quadro 5).

$$Cu = D_{60}/D_{10} \quad (4)$$

$$Cc = D_{30}^2 / (D_{60} \times D_{10}) \quad (5)$$

Solo	Cu	Cc
Durasnal	3	1,33
São João	2	0,89
Manoel Viana	2,33	1,19

Quadro 5 – Coeficientes de Não Uniformidade (Cu) e de Curvatura (Cc) dos solos eólicos.

As curvas de distribuição granulométrica dos solos da Região da Campanha Gaúcha caracterizam comportamentos uniformes, apresentando valores de Cu inferiores 5 (Quadro 2).

Não foi possível identificar os limites de liquidez e de plasticidade dos solos eólicos isso em virtude da baixa coesividade que estes solos apresentaram.

O Quadro 6 mostra os resultados obtidos de massa específica dos grãos dos solos eólicos, conforme ensaios já descritos no item 3.2.2. As amostras de areias representativas das regiões de Durasnal e de Manoel Viana mostram valores próximos a  $2,80 \text{ g.cm}^{-3}$ . Enquanto a amostra do solo São João, mostrou um valor mais baixo ( $2,34 \text{ g.cm}^{-3}$ ). Possivelmente o valor

baixo de massa específica dos areais do solo São João seja devido às características mineralógicas do solo.

Massa Específica dos Grãos ( $\text{g.cm}^{-3}$ )	
Solos Arenosos	Amostra 01
Durasnal	2,84
Manoel Viana	2,80
São João	2,34

Quadro 6 – Massa específica dos grãos dos solos eólicos.

Os ensaios relacionados aos índices de vazios, máximo e mínimo, são apresentados no Quadro 7. Os solos Durasnal e Manoel Viana apresentaram índices de vazios muito próximos, enquanto que o solo São João, apresentou os índices de vazios limites (índice de vazios máximos e mínimos) menores se comparados aos outros dois solos da região.

Solo	Índice de Vazios Máximo	Índice de Vazios Mínimo
Durasnal	1,00	0,65
São João	0,65	0,29
Manoel Viana	0,98	0,59

Quadro 7 – Índice de Vazios Máximo e Mínimo

No Quadro 8, estão os resultados do pH dos solos eólicos. O valores de pH das amostras, indica que os solos encontram-se na condição ácida. Sendo assim, os testes feitos comprovam que os solos dos areais da Região da Campanha gaúcha têm interação com baixo pH, se restringindo aos solos ácidos.

Solos Arenosos	pH
Durasnal	4,5
Manoel Viana	4,5
São João	6,0

Quadro 8. pH dos solos eólicos

Utilizou-se somente o solo oriundo do Areal de Manoel Viana, pois demandaria muito tempo e inviabilizaria a realização dos ensaios geotécnicos dos demais solos.

Por fim a classificação dos solos eólicos, seguindo as metodologias SUCS e TRB. (Quadro 9).

Solo	SUCS	TRB
Durasnal	SP	A-3
Manoel Viana	SP	A-3
São João	SP	A-3

Quadro 9. Classificação SUCS e TRB para os solos eólicos.

Foram realizadas 5 apurações de solos finos, na intenção de determinar um solo aproveitável que pudesse ser utilizado como fração fina da mistura. Nos quadros e imagem abaixo são mostrados os resultados dos ensaios de caracterização geotécnica, tais como Análise granulométrica, ensaio de determinação do Limite de Liquidez, ensaio de determinação do Limite de Plasticidade.

No Quadro 10 são mostrados os locais e as profundidades nas sondagens, que correspondeu à coleta de cada amostra de solo fino.

Solo	Sondagem	Amostra	Profundidade da Amostra
Aterro	S1	A1	15-30 cm
Caverá	S2	A2	25-40 cm
		A3	40-50 cm
Capivari	S3	A4	20-30 cm
		A5	40-50 cm

Quadro 10. Detalhamento das amostras dos solos finos coletadas

A Figura 12 mostra os resultados dos ensaios de peneiramento dos solos Capivari, Caverá e Aterro, esses resultados são mostrados através das curvas de granulometria. E nelas é possível observar que os solos Aterro, Capivari A4 e A5 e Caverá A3 tiveram proporções passantes na peneira #200 correspondentes a menos de 50% do peso do solo. Enquanto o solo Caverá A2 teve um percentual de material passante na peneira #200 de 60,89%. Assim têm-se esse solo como possível material para as misturas (solo fino).



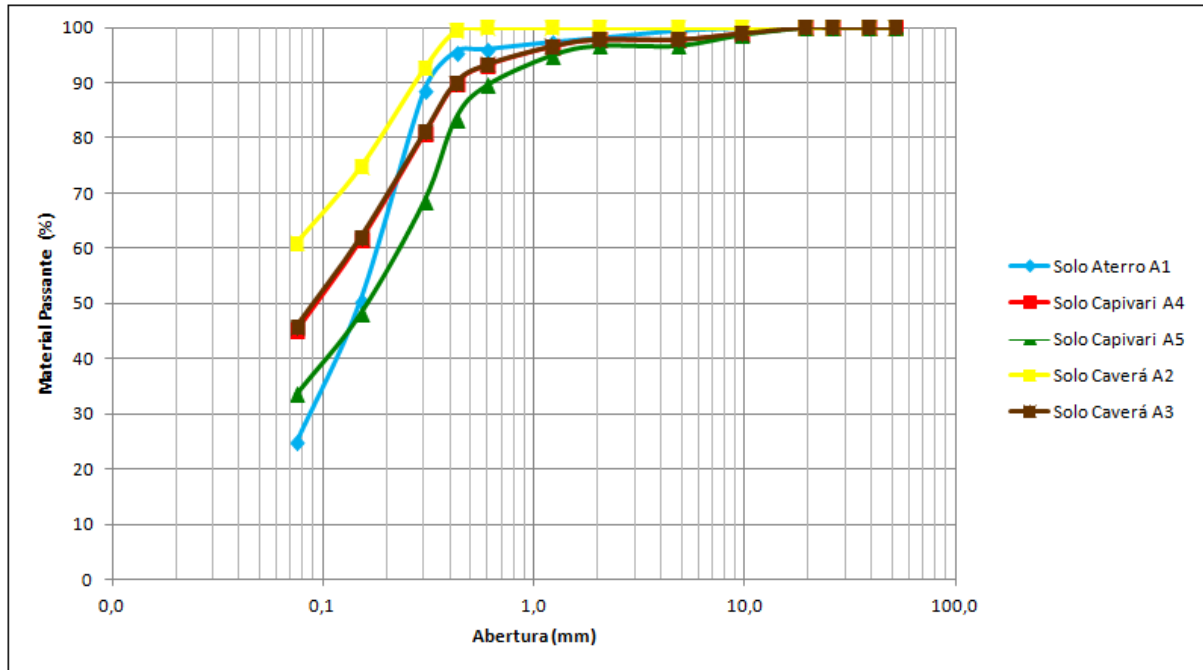


Figura 12 – Curva Granulométrica dos solos finos em estudo.  
Fonte: Autoria Própria

No Quadro 11 são apresentados os resultados de caracterização geotécnicas dos solos de textura finos estudados. Dessa forma é possível observar que somente o Amostra A2 do solo Caverá classificou-se como um solo estritamente fino, definindo-se pelo sistema SUCS, como uma argila pouco plastica arenosa. Considerando as orientações do *Stabalization Selection Guide for Aggregate and Native-Surfaced Low-Volume Roads* (USADA, 2009), onde é recomendado o  $IP < 25$  para solos de textura fina, optou-se por trabalhar com o solo do Caverá Amostra 2.

Solo	Amostra	LP	LL	IP	SUCS	TRB
Aterro	A1	23,28	29,79	6,69	SC-SM	A-2-6
Caverá	A2	28,57	48,49	19,92	CL (Argila pouco plastica arenosa)	A-6
	A3	28,57	38,91	10,34	SC-SM	A-7-5
Capivari	A4	41,66	54,50	12,83	SC-SM	A-7-6
	A5	50,000	59,311	9,311	SC-SM	A-2-5

Quadro 11. Limite de Plasticidade (LP), Limite de Liquidez (LL) e Índice de Plasticidade (IP) dos solos finos e Classificação SUCS e TRB para os solos finos.

### 3.3. Compactação Dinâmica (Método de Proctor)

Os ensaios de compactação dinâmica foram realizados em três situações, para a construção da curva de compactação e na moldagem dos corpos de prova utilizados no ensaio de Resistência a Compressão Simples, os quais se utilizaram moldes pequenos. E na moldagem dos corpos de prova utilizados no ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC), foram utilizados os moldes grandes.

Assim para a realização dos ensaios de compactação foi seguido a NBR 7182 (ABNT, 1986), que consistiu em destorroar as amostras de solo arenoso e solo fino, tirando a seguir, pequenas amostras para se encontrar a umidade higroscópica destes.

Para atingir as proporções de areia e finos na mistura (Quadro 1), foram feitos alguns cálculos que se basearam na porcentagem de finos e grossos, presentes nas areias eólicas e no solo fino. Pelo fato de o solo eólico conter uma fração fina e o solo fino conter uma fração granular, que foi retida na peneira #200, então, para obter as proporções desejadas nas misturas, fez-se correções das proporções finas e granulares de ambos os solos. Sendo possível obter as misturas.

Para confecção das curvas de compactação e na moldagem dos corpos de prova para ensaios de RCS, utilizou-se o cilindro pequeno Proctor sob energia normal de compactação. Para isso utilizou as orientações da NBR 7182 (ABNT, 1986).

Na compactação dos corpos de prova que foram submetidos aos ensaios do ISC, se utilizou o cilindro grande (Figura 13 A) de 15 cm de diâmetro por aproximadamente 17,7 cm de altura, onde foi disposto na base do cilindro o disco separador de 6,3 cm de espessura e diâmetro ligeiramente menor ao do molde (Figura 13 B). Também foi utilizada energia normal para a realização da compactação.



Figura 13 – A) Cilindro Molde e B) Disco Espaçador

Fonte: Autoria Própria

### 3.4 Acondicionamento e Tempo de Cura

Após os ensaios de compactação, os CPs que seriam utilizados para o ensaio de RCS, eram retirados dos moldes por um macaco hidráulico específico de amostras compactadas, estas eram identificadas e envoltas em papel filme para serem levadas à uma câmara úmida, onde permaneceram por no mínimo 07 dias.

Os CPs que foram utilizados nos ensaios de ISC, não foram retirados de seus moldes, conforme determinado pela NBR 9895 (ABNT, 1987), e não passaram por tempo de cura, apenas os quatro dias imersos em água, para o acompanhamento necessário a Expansão.

### 3.5 Ensaio de Expansibilidade e Índice de Suporte Califórnia

A partir de corpos de prova moldados no cilindro grande, foram realizados os ensaios do ISC pela NBR 9895 (ABNT, 1987), no laboratório de Construção Civil da Universidade Federal do Pampa – Campus Alegrete. Previamente as amostras foram imersas em água por 96 horas, e observou-se o monitoramento das possíveis expansões dos corpos de prova. Após isso, os corpos de prova foram submetidos à drenagem por 15 minutos (Figura 14). Depois, encaminhados para uma prensa (Figura 15), onde foi realizada a aplicação da carga através de um pistão de 4,96 cm de diâmetro e medido a penetração no CP, a cada 30 segundos.



Figura 14 – Secagem dos CPs

Fonte: Autoria Própria



Figura 15 – Prensa utilizada no ensaio de ISC

Fonte: Autoria Própria

A prensa apresentada na Figura 15 foi adaptada, utilizando o pistão oriundo de uma prensa manual para o ensaio de ISC, e assim, adaptou-se para tornar mais preciso as leituras, que foram obtidas digitalizadas.

Com os dados de deslocamento e força, fez-se o cálculo para indicar a pressão exercida no solo por meio da Equação 5. Desta forma, obteve-se gráfico para cada CP rompido, que indica a pressão exercida no pistão pelo deslocamento. Se ocorrer algum ponto de inflexão deve-se fazer um ajuste, traçando uma tangente até o eixo das abscissas, a nova curva será a tangente mais a porção existente anteriormente a correção, conforme indica a NBR 9895 (ABNT, 1987).

$$P(\text{MPa}) = (F(\text{N}) \times \text{Área do Pistão} (\text{m}^2)) \div 10 \times 10^6 \quad (5)$$

Os pontos de penetração no qual serviram para coletadas os dados de pressão são 2,54 mm e 5,08 mm acrescentando a distancia onde a tangente cruza o eixo das abscissas. Os valores correspondentes de deslocamento destes pontos são divididos em relação às pressões padrões já indicadas na norma, obtendo-se o Índice de Suporte Califórnia.

### 3.5 Ensaio de Compressão Simples

O ensaio de compressão simples foi realizado tomando por base a NBR 12770 (ABNT, 1992) em uma prensa, disponível no laboratório de metalografia, da Universidade Federal do Pampa – Campus Alegrete. O corpo de prova foi colocado no prato inferior da prensa (Figura 16) e logo em seguida, esta aplicou uma força de compressão no CP, com velocidade de deslocamento de aproximadamente  $2 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ , disponibilizando no momento o gráfico da relação entre deslocamento e força.



Figura 16 – CP pronto para ser rompido  
Fonte: Autoria Própria

Exemplificado pelo gráfico (Figura 17) é possível saber qual a maior força realizada pela prensa e conseqüentemente pela razão com a área transversal do corpo de prova, a maior

pressão exercida, assim foi possível tomar esse maior dado como o valor de RCS para cada corpo de prova.

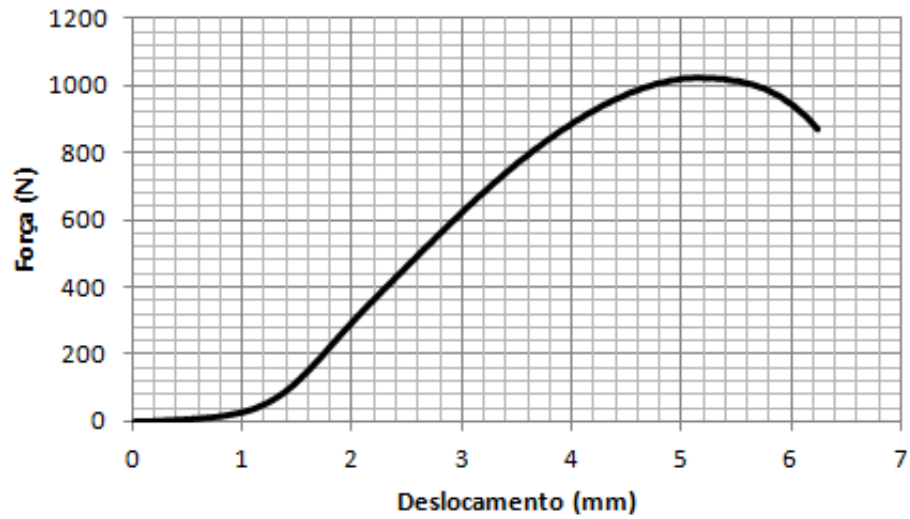


Figura 17 – Exemplo de curva de ruptura de um CP.

Fonte: Autoria Própria

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Correlação das Características Granulométricas dos Solos Eólicos

Utilizando os solos eólicos testados no trabalho e os pesquisados na bibliografia, foi montado o Quadro 12, onde se especifica as características granulométricas destes solos, assim conseguindo realizar-se uma análise correlativa.

Solo	Cu	Cc	Massa Esp. (g/cm <sup>3</sup> )	Índice de Vazios		pH	LL	LP
				Máximo	Mínimo			
Durasnal	3	1,33	2,84	1	0,65	4,5	—	—
São João	2	0,89	2,34	0,65	0,29	6	—	—
Manoel Viana	2,33	1,19	2,80	0,98	0,59	4,5	—	—
Al-Karni; Elkholy 2012	4,6	3,14	2,67	0,7	0,48	—	—	—
Al-Taie et al. 2013	1,95	1,49	2,70	—	—	—	—	—
Al- Aghbari, et al. 2009	1,19	0,55	2,60	0,73	0,78	—	—	—

Quadro 12. Resultados dos Ensaios de Caracterização dos Solos Eólicos.

A partir do quadro descrito acima, é possível verificar que em sua maioria, a massa específica dos solos eólicos é maior que o valor de 2,6 g.cm<sup>-3</sup>, tendo apenas o solo do areal do São João um valor menor. Este valor abaixo pode indicar alguma diferença mineralógica dos demais solos.

Relacionado aos seus formatos o Coeficiente de Uniformidade (Cu) apresenta uma relação muito próxima destes solos, visto que todos são classificados como solos de granulometria muito uniforme,  $Cu < 5$ . Isto é representado pela falta de resultados nas colunas referentes aos Limites de Líquidos e de Plasticidade.

### 4.2 Curvas de Compactação

As curvas de compactação das misturas sem a adição de CCA (M1 – 75% Ae + 25% Sf, M2 – 80% Ae + 20% Sf, M3 – 85% Ae + 15% Sf) são apresentadas a seguir (Figura 18).

Com as curvas construídas foi possível observar a umidade ótima, em porcentagem de água, de cada mistura e suas respectivas massas específicas secas máximas compactadas em g/cm<sup>3</sup>, conforme o Quadro 14.

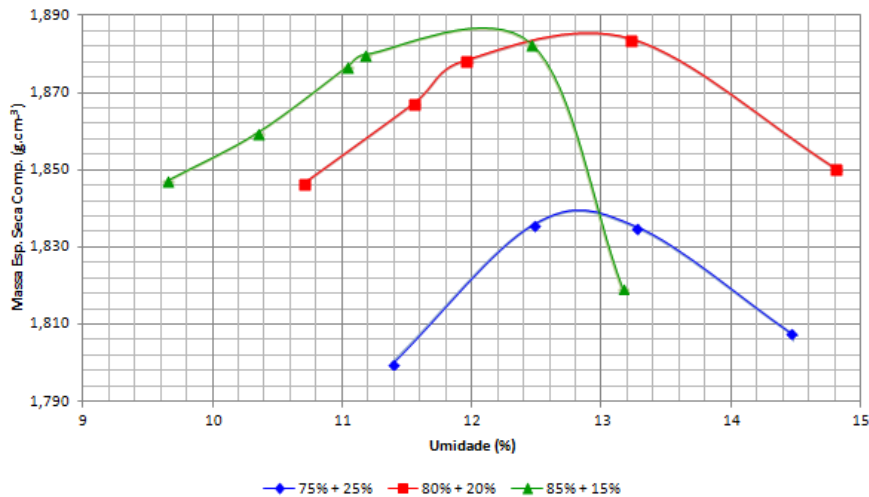


Figura 18 – Curvas de Compactação dos Tratamentos M1, M2 e M3.  
 Legenda: M1 - 75% Ae + 25% Sf. M2 - 80% Ae + 20% Sf. M3 - 85% Ae + 15% Sf.  
 Fonte: Autoria Própria

Analisando as curvas de compactação dos tratamentos em que não se utilizou CCA, é possível visualizar que com a diminuição da porção fina na mistura ocorre uma tendência de elevação da massa específica seca compactada. Enquanto para a umidade ocorre o inverso, quando se adiciona menos porção fina na mistura, menos água é preciso para atingir a umidade ótima.

As curvas de compactação das misturas com adição de CCA (M4 – 75% Ae + 20% Sf + 5% CCA, M5 – 80% Ae + 15% Sf + 5% CCA) são apresentadas na Figura 19.e Figura 20 (M6 – 85% Ae + 10% Sf + 5% CCA)

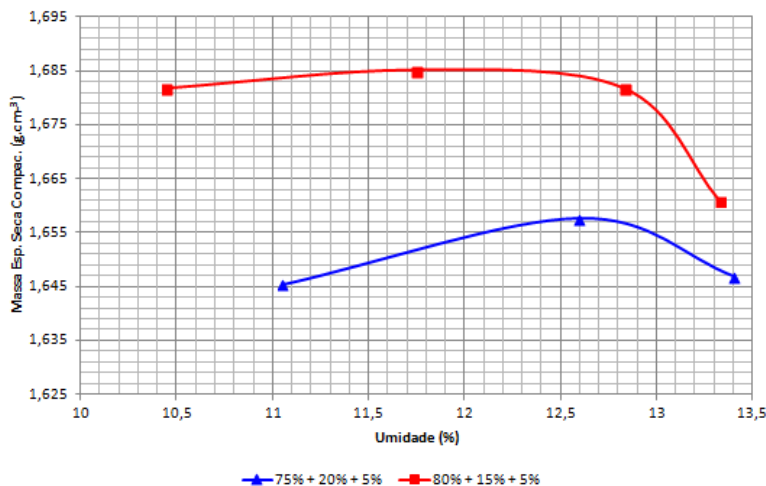


Figura 19 – Curvas de Compactação dos Tratamentos M4 e M5.  
 Legenda: M4 - 75% Ae + 20% Sf + 5% CCA. M5 - 80% Ae + 15% Sf + 5% CCA.  
 Fonte: Autoria Própria



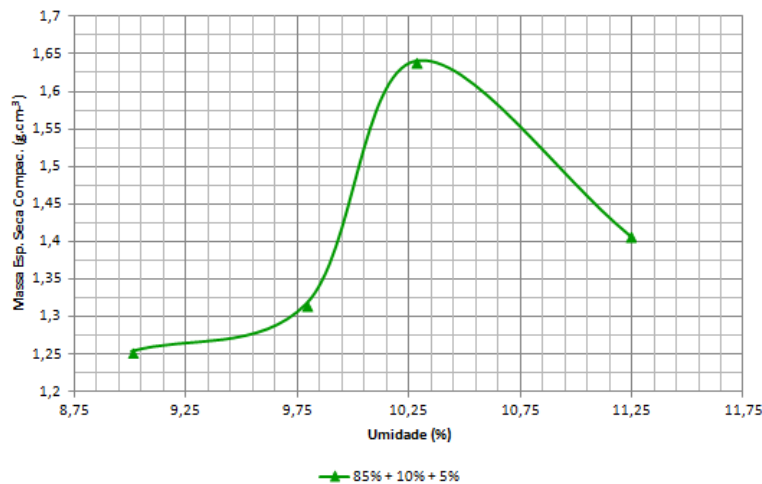


Figura 20 – Curva de Compactação do Tratamento M6.

Legenda: M6 - 85% Ae + 10% Sf + 5% CCA.

Fonte: Aatoria Própria

Analisando as Figuras 19 e 20, foi possível perceber a diminuição da umidade ótima das curvas conforme se diminuiu o teor fino das misturas. Enquanto isso a massa específica seca compactada teve um comportamento diferente, pois nas duas primeiras misturas, quando se diminuiu a porção fina houve um acréscimo do valor de massa específica, mas posteriormente, o comportamento não se repetiu e o valor de massa específica seca compactada diminuiu.

Mistura	Umidade Ótima (%)	Massa Esp. Seca Comp. (g.cm <sup>-3</sup> )
M1	12,90	1,839
M2	12,89	1,885
M3	12,10	1,886
M4	12,49	1,657
M5	12,00	1,685
M6	10,30	1,645

Quadro 13. Umidades Ótimas (%) e Massas Específicas Secas Compactadas (g.cm<sup>-3</sup>).

Legenda. M1 - 75% Ae + 25% Sf. M2 - 80% Ae + 20% Sf. M3 - 85% Ae + 15% Sf. M4 - 75% Ae + 20% Sf + 5% CCA. M5 - 80% Ae + 15% Sf + 5% CCA. M6 - 85% Ae + 10% Sf + 5% CCA.

Conforme o quadro 13, os resultados mostram que quanto maior o teor de fino nas misturas, (Areia eólica – Solo fino, Areia Eólica – Solo Fino – CCA), a tendência é de a umidade ótima aumentar. As misturas M1, M2 e M3, ratificaram que a Massa Específica Seca

Compactada aumenta quanto menor o teor de fino. Diferentemente esse comportamento não é observado nas misturas M4, M5 e M6, isso provavelmente pelo efeito da adição da Cinza de Casca de Arroz.

No APÊNDICE A podem ser verificadas as tabelas com os resultados dos ensaios das Curvas de Compactação.

### 4.3 Resistência à Compressão Simples

A seguir no Quadro 14, são mostrados para cada mistura os valores de Resistência à Compressão Simples.

RCS						
Pressão (MPa)	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Cp1	0,03351	0,12039	0,08433	0,12754	0,10389	0,06060
Cp2	0,08678	0,15477	0,07926	0,12232	0,12049	0,06072
Cp3	0,13023	0,01751	0,05658	0,13688	0,11314	0,04668
Cp4	0,20840	0,01712	0,07592			
Cp5	0,21597	0,08534	0,06916			
Cp6	0,21372	0,02407	0,07950			

Quadro 14. Pressões máximas dos CPs (MPa).

Legenda. M1 - 75% Ae + 25% Sf. M2 - 80% Ae + 20% Sf. M3 - 85% Ae + 15% Sf. M4 - 75% Ae + 20% Sf + 5% CCA. M5 - 80% Ae + 15% Sf + 5% CCA. M6 - 85% Ae + 10% Sf + 5% CCA.

A seguir serão mostrados os resultados dos valores de Fck, desvio padrão e tempo de cura para os CPs (Quadro 15). Nas misturas que possuíam apenas areia e solo fino foi possível o acondicionamento de todos os corpos de prova. Já para os que possuíam CCA, três corpos de prova de cada mistura foram danificados, visto que estes, pela presença de CCA, eram mais frágeis. A determinação do Fck foi feita tomando como base a NBR 12655 (ABNT, 2015). Pelo fato de o menor número serem três CPs, foram feitas algumas alterações, como, utilizar-se da média de somente os três mais baixos valores de cada mistura.

Misturas	Fck (MPa)	Desvio Padrão	Tempo de Cura
M1	0,0367	0,07714	34 Dias
M2	0,015	0,05937	33 Dias
M3	0,0585	0,00995	14 Dias
M4	0,1209	0,00738	12 Dias
M5	0,1045	0,00832	11 Dias
M6	0,0512	0,00807	10 Dias

Quadro 15. Fck (MPa), Desvio Padrão e Tempo de Cura das Misturas.

Legenda. M1 - 75% Ae + 25% Sf. M2 - 80% Ae + 20% Sf. M3 - 85% Ae + 15% Sf. M4 - 75% Ae + 20% Sf + 5% CCA. M5 - 80% Ae + 15% Sf + 5% CCA. M6 - 85% Ae + 10% Sf + 5% CCA.

Analisando os resultados encontrados no quadro 15, é possível verificar que a mistura M4 (75% Ae + 20% Sf + 5% CCA), foi a que obteve maior valor de RCS. Então se pode dizer que quando é utilizada a porcentagem de finos de 25%, sendo 20% solo fino e 5% CCA, elas obtêm os maiores resultados de RCS.

Comparando o Fck das misturas com adição de CCA, das sem adição, pode ser observado um aumento médio de aproximadamente 466% nas duas primeiras misturas com CCA em relação às misturas sem CCA, ou seja, indicam que a adição de CCA nas misturas aumentou o índice Fck dos CPs analisados, apesar de a mistura M3 (85% Ae + 15% Sf) ter um valor maior que a sua equivalente com adição de CCA.

No APÊNDICE B as tabelas com os resultados dos ensaios de Resistência à Compressão Simples.

#### 4.4 Índice de Suporte Califórnia

Valores encontrados após análise do ensaio de ISC são demonstrados no Quadro 16.

ISC						
ISC (%)	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Cp1	5,892	7,544	14,810	10,604	9,282	6,571
Cp2	4,224	11,334	16,201	9,491	11,021	4,241
Cp3	9,769	10,465	10,778	8,553	8,969	9,109
Cp4	5,632	6,675				

Quadro 16. ISC dos CP de cada mistura.

Legenda. M1 - 75% Ae + 25% Sf. M2 - 80% Ae + 20% Sf. M3 - 85% Ae + 15% Sf. M4 - 75% Ae + 20% Sf + 5% CCA. M5 - 80% Ae + 15% Sf + 5% CCA. M6 - 85% Ae + 10% Sf + 5% CCA.

Pelos resultados mostrados no quadro 16, todas as misturas são propícias de serem utilizadas como material para reforço de subleito conforme Manual de Pavimentação (DNIT, 2006), ou seja,  $ISC \geq 2\%$ , e quando analisar somente os CPs, nenhum poderá ser utilizado como material de sub-base, por apresentar  $ISC \leq 20\%$ .

Fazendo uma média simples por mistura (Quadro 17), foi possível realizar análise dos resultados para cada mistura.

Mistura	ISC (%)
M1	6,379
M2	9,004
M3	13,93
M4	9,549
M5	9,758
M6	6,640

Quadro 17. Resultados do Ensaio de ISC.

Legenda. M1 - 75% Ae + 25% Sf. M2 - 80% Ae + 20% Sf. M3 - 85% Ae + 15% Sf. M4 - 75% Ae + 20% Sf + 5% CCA. M5 - 80% Ae + 15% Sf + 5% CCA. M6 - 85% Ae + 10% Sf + 5% CCA.

A partir dos resultados mostrados no quadro 17, o tratamento M3 (85% Ae + 15% Sf) apresentou um maior ISC em comparação às outras misturas estudadas (M1, M2, M4, M5 e M6). De forma geral, a exceção da mistura M6 (85% Ae + 10% Sf + 5% CCA), é possível dizer que quanto menor o teor de finos adicionado na areia eólica, maior é o valor do ISC.

Devido às poucas amostras ensaiadas e pela dispersão dos valores numa mesma proporção de mistura (Quadro 16), não é possível destacar benefícios da adição da CCA no aumento do ISC.

Tomando como referência as orientações do DNIT (2006), os valores de ISC obtidos nas misturas estudadas (75% Ae + 25% Sf, 80% Ae + 20% Sf, 85% Ae + 15% Sf, 75% Ae + 20% Sf + 5% CCA, 80% Ae + 15% Sf + 5% CCA, 85% Ae + 10% Sf + 5% CCA) não atenderiam às exigências mínimas para utilização em base e sub-bases de rodovias ( $\geq 80\%$ ,  $\geq 20\%$ ). No entanto essas mesmas misturas podem ser utilizadas como reforço de subleito. ( $\geq 2\%$ ).

No APÊNDICE C as tabelas com os resultados dos ensaios de Índice de Suporte Califórnia.

## 5 CONCLUSÃO

A partir dos ensaios de caracterização geotécnica, conclui-se que o solo eólico estudado possui granulometria muito uniforme, com Coeficiente de Uniformidade de 2,33. Já o solo de textura fina “Solo Caverá Amostra 2” foi classificado como Argila pouco plastica arenosa (CL), apresentando  $IP < 25$ .

Os ensaios de compactação executados nas misturas, 75% Ae + 25% Sf, 80% Ae + 20% Sf, 85% Ae + 15% Sf, 75% Ae + 20% Sf + 5% CCA, 80% Ae + 15% Sf + 5% CCA, 85% Ae + 10% Sf + 5% CCA, mostraram que quanto maior o teor de fino a tendência é de a umidade ótima aumentar.

A substituição do teor de finos (CL) por 5% de Cinza da Casca do Arroz nas misturas Solo Eólico – Solo Fino (75% + 25%, 80% + 20%, 85% + 15%) implicou nas curvas de compactação diminuição das massas específicas secas máximas e, no aumento da Resistência à Compressão Simples, embora esse último comportamento não se observou na mistura Solo Eólico – Solo Fino – CCA: 85% + 10% + 5%.

Finalmente os resultados dos ensaios de Índice de Suporte Califórnia, mostraram para as misturas de solo eólico melhores desempenhos de resistência quando adicionados menores quantidades de teor de fino, a exceção da mistura M6 (85% Ae + 10% Sf + 5% CCA). Pelas poucas amostras e grande dispersão os resultados encontrados nos ensaios de Índice de Suporte Califórnia, não foram possíveis destacar a atuação da Cinza de Casca de Arroz nas misturas.

Assim, todas as misturas podem ser utilizadas como material para subleito conforme Manual de Pavimentação (DNIT, 2006), mas não seria possível a utilização como base ou sub-base de pavimentos.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457: Amostras de Solo – Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização. Rio de Janeiro, 1986, 9 p.
- NBR 6459: Solo – Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro, 1984, 6 p.
- NBR 6508: Grãos de Solos que Passam na Peneira de 4,8 mm – Determinação da Massa Específica. Rio de Janeiro, 1984, 8 p.
- NBR 7180: Solo – Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, 1984, 3 p.
- NBR 7181: Solo – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 1984, 13 p.
- NBR 7182: Solo – Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, 1986, 10 p.
- NBR 9604: Abertura de Poço e Trincheira de Inspeção em solo, com retirada de Amostras Deformadas e Indeformadas. Rio de Janeiro, 1986, 9 p.
- NBR 9895: Solo – Índice de Suporte Califórnia. Rio de Janeiro, 1987, 14 p.
- NBR 12004: Determinação de índice de vazios máximo de solos não coesivos. Rio de Janeiro, 1990, 7 p.
- NBR 12051: Determinação de índice de vazios mínimo de solos não coesivos. Rio de Janeiro, 1991, 15 p.
- NBR 12770: Solo Coesivo – Determinação da Resistência à Compressão não confinada. Rio de Janeiro, 1992, 4 p.
- AL-AGHBARI, M. Y.; MOHAMEDZEIN, Y. E. A; TAHA, R.; Stabilization of desert sands using cement and cement dust. **Ground Improvement**, v. 162, n. 3, p. 145-151. Mai. 2015.
- AL-KARNI, A.; ELKHONY, S. M; Improving Geotechnical Properties of Dune Sands trough Cement Stabilization. **Journal of Engineering and Computer Sciences**, Al-Qassim, v. 5, n. 1, p. 1-19. Jan. 2012.

AL-REFEAI, T.; AL-SUHAIBANI, A.; Dynamic and Static Characterization of Polypropylene Fiber-Reinforced Dune Sand. **Geosynthetics International**, Minnessota, v. 5, n. 5, p. 443-458.

AL-TAIE, A. J.; AL-SHAKARCHI, Y. J.; MOHAMMED, A.A.; Investigation of Geotechnical Specifications of Sand Dunes Soil: A Case Study around Baiji in Iraq. **IIUM Engineering Journal**, Malaysia, v. 14, n. 2, p. 121-132. Nov. 2013.

ALCANTARA, M. A. M. et al.; Efeito da Cinza da Casca de Arroz na Plasticidade e Compactação de uma mistura Solo-cal. **Revista Matéria**. v. 22, n.3, p. 1-9. Jun. 2017.

ALMEIDA, S. M.; **Análise do Módulo de Elasticidade Estático e Dinâmico do Concreto de Cimento Portland através de Ensaio de Compressão Simples e de Frequência Ressonante**. 2012, 213 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

BAESSO, D. P.; GONÇALVES, F.L.R. **Estradas Rurais: Técnicas Adequadas de Manutenção**. Florianópolis. DER, 2003.

BAGHDADI, Z. A.; FATANI, M. N.; SABBAN, N.A.; Soil Modification by Cement Kiln Dust. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 7, n. 4, p. 218-222. Nov. 1995.

BAGHDADI, Z.A.; RAHMAN, M.A.; The Potencial of Cement Kiln Dust for the Stabilization of Dune Sand in Highway Construction. **Building and Environment**, Great Britain, v. 25, n. 4, p. 285-289, out. 1990.

BARBOSA, M. B.; **Utilização de Resíduos de Cinza de Casca de Arroz e Borracha de Pneus em Concreto de Alto Desempenho**. 2006. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2006.

BEHAK, L.; **Estabilização de um Solo Sedimentar Arenoso do Uruguai com Cinza da Casca de Arroz e Cal**. 2007. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

BERTOLINI, B. et al.; **Controle de erosão em estradas rurais**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1993. 37 p. (Boletim Técnico, 207)

BONFANTE, M.; CARPIO, J. A. V. D.; **Estabilização de um Solo Arenoso com Cinza da Casca de Arroz e Cal para Utilização em Camadas de Pavimento**. 16 f. Conclusão (Bacharel em Engenharia Civil) Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2015.

CAMPAGNOLO, L. B.; Arquivo Pessoal. 2018

DAS, B. M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. Thompson, Sacramento, 2007, 561 p.

DELLA, V. P.; KÜHN, I.; HOTZA, D.; Caracterização de Cinza de Casca de Arroz para Uso como Materia-prima na Fabricação de Refratários de Sílica. **Química Nova**, Florianópolis, v. 24, n. 6, p. 778-782. Mai. 2001.

DEMARCHI, L. C. et al.; **Adequação de estradas rurais**. Campinas: CATI, 2003, 64 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE (DNIT), **Manual de Pavimentação**, [s.n.], 2006. 278 p.

DER. **Terraplenagem: Revestimento Primário**. Curitiba, Paraná. 2005. 9p.

— **Revestimento Primário: Especificação Técnica**. São Paulo, São Paulo. 2006. 16p.

ELIPE, M.G.M.; LÓPEZ-QUEROL, S; Aeolian sands: Characterization, options of improvement and possible employment in construction – The State-of-the-art. **Constructions and Building Materials**, v. 73, n. 24, p. 728-739, out. 2014

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. CNPS, Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMMERT, F.; **Avaliação do Emprego da Técnica de Estabilização de Solo na Melhoria de Estradas Florestais da Região de Niquelândia – GO**. 2010. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

FERREIRA, J. W. S. et al.; Influencia do Teor de Umidade de Compactação no Comportamento de Diferentes Solos Empregados em Aterros para Pavimento. In: XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Geotécnica e Desenvolvimento Urbano, 2018, **Anais...** Salvador: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos, p. 1-9.



FOLLETO, E. L., et al.; Aplicabilidade das Cinzas da Casca de Arroz. *Quimica Nova*, Santa Maria, v. 28, n. 6, p. 1055-1060. Ago. 2005.

GRIEBELER, N. P.; PRUSKI, F. F.; SILVA, J. M. A. Controle da erosão em estradas não pavimentadas. In: PRUSKY, F. F. **Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2ª Edição. Editora UFV. 2009. p. 166-215.

GUASSELLI, L. A. et al.; Relação entre a Ocorrência de Areais e os Arenitos da Formação Botucatu e Guará, no Sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. In: VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2010, **Anais...** UGB - União da Geomorfologia Brasileira, p. 1-13.

KERSTEN, D.; Arquivo Pessoal. 2018

KOLLING, E. M.; TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; Avaliação da resistência mecânica de diferentes traços de solo-cimento estabilizados com areia. **Revista Eletronica de Materiais e Processos**. v. 7, n. 3, p. 186-191. Dez. 2012

LIMA, D. C. et al.; A Experiencia da UFV no Emprego de Estabilizantes Químicos em Estradas Florestais. In: 6º Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Universidade Federal de Viçosa/Sociedade de Investigação Florestal, 2003. p. 69-117.

MOHAMEDZEIN, Y. E. A.; AL-AGHBARI, M. Y.; The Use of Municipal Solid Waste Incinerator Ash to Stabilize Dune Sands. **Geotchnical and Geological Engineering**, v.30, n. 6, p. 1335-1344. Out. 2012.

MÓSENA, M. **Agricultura em Áreas Frágeis: As Transformações Decorrentes do Processo de Arenização em São Francisco de Assis/RS**. 2008. 175 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

PINTO, C. S.; **Curso Basico de Mecanica dos Solos em 16 Aulas:Oficina de Textos** São Paulo, 2006, 367 p.

ROSSO, L. T.; **Estudo de aplicabilidade dos métodos de dimensionamento e avaliação condicional de serventia para rodovias não pavimentadas da região da Fronteira Oeste do estado do Rio Grande do Sul**. 120 f. Conclusão (Bacharel em Engenharia Civil) Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2015.

RUVER, C. A. et. al.; Viabilidade técnico-econômica da areia eólica estabilizada com agentes aglomerantes para emprego em pavimentação. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, Rio Grande, v. 1 n. 21, p.13-24. Mai. 2013.

SOUTO, J. J. P. **Deserto, uma ameaça?** Estudos dos núcleos de desertificação na fronteira sudoeste do RS. Porto Alegre: DRNR Diretoria Geral, Secretaria da Agricultura, 1984.172 p.

TAVARES, R. A.; MAINARDI, C. F.; A Importância das Estradas Vicinais para os Produtores de Arroz e Soja do Município de Dom Pedrito (Rs). **Revista Agropampa**, v. 2, n. 1, p. 72-89 jan – jun. 2017.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USADA; **Stabilization Selection Guide for Aggregate and Native-Surface Low Volume Roads**, Washington, D.C. 2009. 156 p.

VIZCARRA, G. O. C.; **Aplicabilidade de Cinzas de Resíduo Sólido Urbano para Base de Pavimentos**. 2010. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

YACOUB, J. D.; **Melhoria do Comportamento Colapsível de um Solo Arenoso Fino com Uso de Cinza de Casca de Arroz**. 2017. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2017.

WAYAL, A.S.; AMETA, N.K.; PUROHIT, D.G.M.; Dune Sand Stabilization Using Bentonite and Lime. **Journal of Engineering Research and Studies**. v. 3, n. 1, p. 58-60. Jan-Mar. 2012.

# APÊNDICES

APÊNDICE A1 – Tabelas de Compactação do Tratamento M1 (75% de areia + 25% de solo fino).

Proporção	0,56	0,44		
	areia M.V. 75%	Solo caversa (25%)	Total	%
	1400,00	1100,00	2500,00	
finos	42,00	583,00	625,00	25,00
areia	1358,00	517,00	1875,00	75,00
total	1400,00	1100,00	2500,00	100,00

umidade higroscópica	w% entrada	M. S. úmido	
Solo Caversá	3,66352934	1140,296823	2543,293057
Solo Manoel Viana	0,213873868	1402,934234	

Data:	12/09/2019
Solo:	Arenoso e Fino
Ensaio:	Determinação da Umidade
Mistura:	Areia + 25% de Solo Fino
Responsável:	Wilber Feliciano Chambi Tapahuasco

CP	1	Umidade Testada	12	CP	3	Umidade Testada	11
Cápsula N°	1a	43b	43	Cápsula N°	77	51	252
Cápsula (g)	15,4	17,8	15,3	Cápsula (g)	18,7	21,6	13,8
Cáp. + Solo úmido (g)	60,7	52,1	51,7	Cáp. + Solo úmido (g)	56,8	53,6	47
Cápsula + Solo Seco (g)	55,7	48,3	47,7	Cápsula + Solo Seco (g)	52,9	55,5	43,8
Umidade (%)	12,41	12,46	12,58	Umidade (%)	11,40	12,09	10,67
Umidade media (%)		12,48		Umidade media (%)		11,39	
CP	208	Umidade Testada	15	CP	206	Umidade Testada	13
Cápsula N°	208	231	206	Cápsula N°	211	206	257
Cápsula (g)	13,3	15,4	15,2	Cápsula (g)	12,2	15,2	14
Cáp. + Solo úmido (g)	59,1	71,6	70,5	Cáp. + Solo úmido (g)	49,1	50,1	48,2
Cápsula + Solo Seco (g)	53,4	64,5	63,4	Cápsula + Solo Seco (g)	45,1	45,8	44,1
Umidade (%)	14,21	14,46	14,73	Umidade (%)	12,16	14,05	13,62
Umidade media (%)		14,47		Umidade media (%)		13,28	

75% Areia + 25% Fino					
Solo Caversa					
capçula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
44	17,8	66,9	64,5	5,139186296	
77	18,7	61,8	59,8	4,866180049	3,66352934
49	15,9	56,9	56,5	0,385221675	
solo Manoel Viana					
capçula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
1a	15,5	81,6	81,5	0,15151512	
51	21,6	88,9	88,8	0,148803524	0,213873868
255	13,9	72,7	72,5	0,341296928	

Massa umida	w% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
2543,29	11	2500,00	43,29	275	231,71
Massa umida	w% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
2543,29	12	2500,00	43,29	300	256,71
Massa umida	w% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
2543,29	13	2500,00	43,29	325	281,71

Solo Caversa					
capçula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
150	10,1	29,9	28,8	5,882352941	
153	14,2	37,2	36,5	3,139013453	4,783653326
33	16,5	36,2	35,2	5,347593583	
solo Manoel Viana					
capçula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
165b	13,5	75,7	73,8	3,150912106	
228	15,5	82,6	79,4	5,007824726	4,078491814
238	14,5	57,9	56,2	4,076738609	

Massa umida	w% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
2543,29	15	2500,00	43,29	375	331,71

Moldes	3	1	SN	1
Diâmetro do molde (cm)	10	10	10	10
altura do CP (cm)	12,7	12,7	12,7	12,8
Vol. Do CP (cm³)	397,46	397,46	397,46	1005,31
Massa do Molde	4467,3	4481,3	4441,2	4480
Massa do Solo + Molde	6466,9	6541	6514,6	6560
Massa do Solo Úmido (g)	1999,6	2059,7	2073,4	2080
Massa Esp. Úmida Compac. (g/cm³)	2,00	2,06	2,08	2,07
Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	1,800	1,836	1,835	1,807
Teor de Umidade Medido (%)	11,388	12,482	13,277	14,468
Umidade Testada	11	12	13	15

Teor de Umidade Medido (%)	11,388	12,482	13,277	14,468
Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	1,800	1,836	1,835	1,807

APÊNDICE A2 – Tabelas de Compactação do Tratamento M2 (80% de areia + 20% de solo fino).

80% Areia + 20% Fino																																																																															
Proporções	0,56	0,44																																																																													
	areia M.V. 75%	Solo cavers (25%)	Total	%																																																																											
	1650,00	850,00	2500,00																																																																												
finos	43,50	450,50	500,00	20,00																																																																											
areia	1600,50	399,50	2000,00	80,00																																																																											
total	1650,00	850,00	2500,00	100,00																																																																											
	w% entrada	M. S. úmido	w% entrada	M. S. úmido																																																																											
Solo Caverá	3,743140438	881,8166337	4,857778538	831,2311181																																																																											
Solo Manoel Viana	0,533039615	1659,786144	0,383372075	1656,3256339																																																																											
		2541,602837		2547,616757																																																																											
Data:	13/09/2019 - 18/09/2019																																																																														
Solo:	Arenoso e Fino																																																																														
Ensaio:	Determinação da Umidade																																																																														
Mistura:	Areia + 20% de Solo Fino																																																																														
Responsavel:	Wilber Feliciano Chambi Tapaszco																																																																														
3º corpo prova	3	Umidade Testada	13	2º corpo prova	3	Umidade Testada	11																																																																								
Cápsula N	1	246	48	Cápsula N	130	174	129																																																																								
Cápsula (g)	17,7	14,2	12,7	Cápsula (g)	13,9	11,6	13																																																																								
Cáp. + Solo úmido (g)	85,4	67	63,9	Cáp. + Solo úmido (g)	65,2	4,9	58,7																																																																								
Cápsula + Solo Seco (g)	77,3	60,9	63,3	Cápsula + Solo Seco (g)	60,2	45,4	54,3																																																																								
Umidade (%)	13,59	13,06	13,04	Umidade (%)	10,80	10,65	10,65																																																																								
Umidade media (%)	13,23			Umidade media (%)	10,70																																																																										
3º corpo prova	3	Umidade Testada	12	4º corpo prova	3	Umidade Testada	15																																																																								
Cápsula N	1	246	252	Cápsula N	48	132	b118																																																																								
Cápsula (g)	17,8	14,4	13,9	Cápsula (g)	12,7	15,9	15,7																																																																								
Cáp. + Solo úmido (g)	76	82,1	73,2	Cáp. + Solo úmido (g)	73,5	70,4	66,7																																																																								
Cápsula + Solo Seco (g)	63,9	74,9	67,3	Cápsula + Solo Seco (g)	65,1	63,3	60,6																																																																								
Umidade (%)	11,71	11,90	11,05	Umidade (%)	16,03	14,38	13,59																																																																								
Umidade media (%)	11,553			Umidade media (%)	14,81																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Massa umida</th> <th>W% Comp Max</th> <th>Massa seca</th> <th>Massa H2O</th> <th>M h2o w% o</th> <th>H2O adicional</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2541,60</td> <td>11</td> <td>2500,00</td> <td>41,60</td> <td>275</td> <td>233,40</td> </tr> <tr> <td>2541,60</td> <td>13</td> <td>2500,00</td> <td>41,60</td> <td>325</td> <td>283,40</td> </tr> <tr> <td>2541,60</td> <td>15</td> <td>2500,00</td> <td>41,60</td> <td>375</td> <td>333,40</td> </tr> </tbody> </table>								Massa umida	W% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional	2541,60	11	2500,00	41,60	275	233,40	2541,60	13	2500,00	41,60	325	283,40	2541,60	15	2500,00	41,60	375	333,40																																																
Massa umida	W% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional																																																																										
2541,60	11	2500,00	41,60	275	233,40																																																																										
2541,60	13	2500,00	41,60	325	283,40																																																																										
2541,60	15	2500,00	41,60	375	333,40																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Solo Cavers</th> </tr> <tr> <th>capçula</th> <th>PC (g)</th> <th>PC + SU (g)</th> <th>PC + SS (g)</th> <th>Umidade (w%)</th> <th>Um Media(w%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>17,7</td> <td>42,8</td> <td>41,3</td> <td>3,713008264</td> <td></td> </tr> <tr> <td>b134</td> <td>15</td> <td>50,7</td> <td>49,4</td> <td>3,779063767</td> <td>3,743140438</td> </tr> <tr> <td>118b</td> <td>15,8</td> <td>43,6</td> <td>42,6</td> <td>3,731343284</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								Solo Cavers						capçula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)	1	17,7	42,8	41,3	3,713008264		b134	15	50,7	49,4	3,779063767	3,743140438	118b	15,8	43,6	42,6	3,731343284																																											
Solo Cavers																																																																															
capçula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)																																																																										
1	17,7	42,8	41,3	3,713008264																																																																											
b134	15	50,7	49,4	3,779063767	3,743140438																																																																										
118b	15,8	43,6	42,6	3,731343284																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Solo Manoel Viana</th> </tr> <tr> <th>capçula</th> <th>PC (g)</th> <th>PC + SU (g)</th> <th>PC + SS (g)</th> <th>Umidade (w%)</th> <th>Um Media(w%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>174</td> <td>11,6</td> <td>80,6</td> <td>80</td> <td>0,877192382</td> <td></td> </tr> <tr> <td>132</td> <td>15,9</td> <td>100,1</td> <td>99,9</td> <td>0,238035238</td> <td>0,533039615</td> </tr> <tr> <td>48</td> <td>12,6</td> <td>88,4</td> <td>87,9</td> <td>0,664010624</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								Solo Manoel Viana						capçula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)	174	11,6	80,6	80	0,877192382		132	15,9	100,1	99,9	0,238035238	0,533039615	48	12,6	88,4	87,9	0,664010624																																											
Solo Manoel Viana																																																																															
capçula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)																																																																										
174	11,6	80,6	80	0,877192382																																																																											
132	15,9	100,1	99,9	0,238035238	0,533039615																																																																										
48	12,6	88,4	87,9	0,664010624																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Solo Cavers</th> </tr> <tr> <th>capçula</th> <th>PC (g)</th> <th>PC + SU (g)</th> <th>PC + SS (g)</th> <th>Umidade (w%)</th> <th>Um Media(w%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>246</td> <td>14,4</td> <td>77,6</td> <td>74,6</td> <td>4,383388704</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>17,6</td> <td>51,5</td> <td>50</td> <td>4,62362363</td> <td>4,857778538</td> </tr> <tr> <td>174</td> <td>11,6</td> <td>64,5</td> <td>62</td> <td>4,36031746</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								Solo Cavers						capçula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)	246	14,4	77,6	74,6	4,383388704		1	17,6	51,5	50	4,62362363	4,857778538	174	11,6	64,5	62	4,36031746																																											
Solo Cavers																																																																															
capçula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)																																																																										
246	14,4	77,6	74,6	4,383388704																																																																											
1	17,6	51,5	50	4,62362363	4,857778538																																																																										
174	11,6	64,5	62	4,36031746																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Solo Manoel Viana</th> </tr> <tr> <th>capçula</th> <th>PC (g)</th> <th>PC + SU (g)</th> <th>PC + SS (g)</th> <th>Umidade (w%)</th> <th>Um Media(w%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>b134</td> <td>15,2</td> <td>83,8</td> <td>83,6</td> <td>0,292397661</td> <td></td> </tr> <tr> <td>132</td> <td>15,9</td> <td>97,3</td> <td>97</td> <td>0,363913687</td> <td>0,383372075</td> </tr> <tr> <td>130</td> <td>14,1</td> <td>75,9</td> <td>75,6</td> <td>0,487804878</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								Solo Manoel Viana						capçula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)	b134	15,2	83,8	83,6	0,292397661		132	15,9	97,3	97	0,363913687	0,383372075	130	14,1	75,9	75,6	0,487804878																																											
Solo Manoel Viana																																																																															
capçula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)																																																																										
b134	15,2	83,8	83,6	0,292397661																																																																											
132	15,9	97,3	97	0,363913687	0,383372075																																																																										
130	14,1	75,9	75,6	0,487804878																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Massa umida</th> <th>W% Comp Max</th> <th>Massa seca</th> <th>Massa H2O</th> <th>M h2o w% o</th> <th>H2O adicional</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2547,62</td> <td>12</td> <td>2500,00</td> <td>47,62</td> <td>300</td> <td>252,38</td> </tr> <tr> <td>2547,62</td> <td>12,5</td> <td>2500,00</td> <td>47,62</td> <td>312,5</td> <td>264,88</td> </tr> </tbody> </table>								Massa umida	W% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional	2547,62	12	2500,00	47,62	300	252,38	2547,62	12,5	2500,00	47,62	312,5	264,88																																																						
Massa umida	W% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional																																																																										
2547,62	12	2500,00	47,62	300	252,38																																																																										
2547,62	12,5	2500,00	47,62	312,5	264,88																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Moldes</th> </tr> <tr> <th></th> <th>3</th> <th>3</th> <th>3</th> <th>3</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>diâmetro do molde (cm)</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>altura do CP (cm)</td> <td>12,7</td> <td>12,7</td> <td>12,7</td> <td>12,7</td> <td>12,7</td> </tr> <tr> <td>Vol. Do CP (cm³)</td> <td>397,46</td> <td>397,46</td> <td>397,46</td> <td>397,46</td> <td>397,46</td> </tr> <tr> <td>Massa do Molde</td> <td>4467</td> <td>4467,4</td> <td>4467,1</td> <td>4467,3</td> <td>4467</td> </tr> <tr> <td>Solo+Molde</td> <td>6505,7</td> <td>6595</td> <td>6586</td> <td>6544,8</td> <td>6564,5</td> </tr> <tr> <td>Massa do Solo Umido (g)</td> <td>2038,7</td> <td>2127,6</td> <td>2118,9</td> <td>2077,5</td> <td>2097,5</td> </tr> <tr> <td>Massa Esp. Umida Compac. (g/cm³)</td> <td>2,04</td> <td>2,13</td> <td>2,12</td> <td>2,08</td> <td>2,10</td> </tr> <tr> <td>Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)</td> <td>1,846</td> <td>1,903</td> <td>1,850</td> <td>1,810</td> <td>1,878</td> </tr> <tr> <td>Teor de Umidade Medido (%)</td> <td>10,701</td> <td>12,034</td> <td>14,808</td> <td>15,100</td> <td>11,357</td> </tr> <tr> <td>Umidade Testada</td> <td>11</td> <td>13</td> <td>15</td> <td>12</td> <td>12,5</td> </tr> </tbody> </table>								Moldes							3	3	3	3	3	diâmetro do molde (cm)	10	10	10	10	10	altura do CP (cm)	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	Vol. Do CP (cm³)	397,46	397,46	397,46	397,46	397,46	Massa do Molde	4467	4467,4	4467,1	4467,3	4467	Solo+Molde	6505,7	6595	6586	6544,8	6564,5	Massa do Solo Umido (g)	2038,7	2127,6	2118,9	2077,5	2097,5	Massa Esp. Umida Compac. (g/cm³)	2,04	2,13	2,12	2,08	2,10	Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	1,846	1,903	1,850	1,810	1,878	Teor de Umidade Medido (%)	10,701	12,034	14,808	15,100	11,357	Umidade Testada	11	13	15	12	12,5
Moldes																																																																															
	3	3	3	3	3																																																																										
diâmetro do molde (cm)	10	10	10	10	10																																																																										
altura do CP (cm)	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7																																																																										
Vol. Do CP (cm³)	397,46	397,46	397,46	397,46	397,46																																																																										
Massa do Molde	4467	4467,4	4467,1	4467,3	4467																																																																										
Solo+Molde	6505,7	6595	6586	6544,8	6564,5																																																																										
Massa do Solo Umido (g)	2038,7	2127,6	2118,9	2077,5	2097,5																																																																										
Massa Esp. Umida Compac. (g/cm³)	2,04	2,13	2,12	2,08	2,10																																																																										
Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	1,846	1,903	1,850	1,810	1,878																																																																										
Teor de Umidade Medido (%)	10,701	12,034	14,808	15,100	11,357																																																																										
Umidade Testada	11	13	15	12	12,5																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">5º corpo prova</th> </tr> <tr> <th>3</th> <th>Umidade Testada</th> <th colspan="2">12,5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cápsula N</td> <td>132</td> <td>b 134</td> <td>130</td> </tr> <tr> <td>Cápsula (g)</td> <td>15,9</td> <td>15,2</td> <td>14,1</td> </tr> <tr> <td>Cáp. + Solo úmido (g)</td> <td>72,5</td> <td>88,9</td> <td>70,8</td> </tr> <tr> <td>Cápsula + Solo Seco (g)</td> <td>66,4</td> <td>80,3</td> <td>64,8</td> </tr> <tr> <td>Umidade (%)</td> <td>12,08</td> <td>12,18</td> <td>11,83</td> </tr> <tr> <td>Umidade media (%)</td> <td colspan="3">11,96</td> </tr> </tbody> </table>								5º corpo prova				3	Umidade Testada	12,5		Cápsula N	132	b 134	130	Cápsula (g)	15,9	15,2	14,1	Cáp. + Solo úmido (g)	72,5	88,9	70,8	Cápsula + Solo Seco (g)	66,4	80,3	64,8	Umidade (%)	12,08	12,18	11,83	Umidade media (%)	11,96																																										
5º corpo prova																																																																															
3	Umidade Testada	12,5																																																																													
Cápsula N	132	b 134	130																																																																												
Cápsula (g)	15,9	15,2	14,1																																																																												
Cáp. + Solo úmido (g)	72,5	88,9	70,8																																																																												
Cápsula + Solo Seco (g)	66,4	80,3	64,8																																																																												
Umidade (%)	12,08	12,18	11,83																																																																												
Umidade media (%)	11,96																																																																														

## APÊNDICE A3 – Tabelas de Compactação do Tratamento M3 (85% de areia + 15% de solo fino).

85% Areia + 15% Fino						
Proporções	0,76		0,24			
Total (g)	areia M.V. 75%	Solo caversa (25%)	total amostra	porcentagens		
	1900,00	600,00	2500,00			
finos	57,00	318,00	375,00	15,00		
areia	1843,00	282,00	2125,00	85,00		
total	1900,00	600,00	2500,00	100,00		
umidade higroscópica	w% entrada	M. S. úmido	w% entrada	M. S. úmido	w% entrada	M. S. úmido
Solo Caversá	3,743140438	622,4588426	4,857778598	629,1466716	5,376273367	632,2576402
Solo Manoel Viana	0,593099615	1911,2688933	0,383372075	1907,2840693	6,782714958	2028,871584
	2533,727735		2536,430741		2661,129224	

Solo Caversa		Solo Manoel Viana	
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)
1	17,7	42,8	41,9
b134	15	50,7	49,4
118b	15,8	43,6	42,6
Umidade (w%)	3,719008264		
Um Media(w%)	3,743140438		
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)
174	11,6	80,6	80
132	15,9	100,1	99,9
48	12,6	88,4	87,3
Umidade (w%)	0,877192962		
Um Media(w%)	0,593099615		

Solo Caversa		Solo Manoel Viana	
Massa umida	W% Comp Max	Massa seca	Massa H2O
2533,73	11	2500,00	33,73
2533,73	12	2500,00	33,73
M h2o w% o	275		300
H2O adicional	241,27		
	266,27		

Solo Caversa		Solo Manoel Viana	
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)
246	14,4	77,6	74,6
1	17,6	51,5	50
174	11,6	64,5	62
Umidade (w%)	4,383388704		
Um Media(w%)	4,857778598		
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)
b134	15,2	83,8	83,6
132	15,9	97,3	97
130	14,1	75,9	75,6
Umidade (w%)	0,292397661		
Um Media(w%)	0,383372075		

Solo Caversa		Solo Manoel Viana	
Massa umida	W% Comp Max	Massa seca	Massa H2O
2536,43	10	2500,00	36,43
2536,43	11,5	2500,00	36,43
2536,43	12	2500,00	36,43
M h2o w% o	250		300
H2O adicional	213,57		
	251,07		
	263,57		

Solo Caversá		Solo Manoel Viana	
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)
8	17	63,4	61
15	17,7	66,6	64,1
127	13,9	61,7	53,3
Umidade (w%)	5,454545		
Um Media(w%)	5,376273367		
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)
64	18,5	90,8	86,1
23 b	18,3	88,9	84,4
129	12,3	93,8	88,8
Umidade (w%)	6,352663		
Um Media(w%)	6,782714958		

Solo Caversá		Solo Manoel Viana	
Massa umida	W% Comp Max	Massa seca	Massa H2O
2661,13	12	2500,00	161,13
			300
H2O adicional	138,87		

Moldes		3		3		3	
diâmetro do molde (cm)	10	10	10	10	10	10	10
altura do CP (cm)	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
Vol. Do CP (cm³)	397,46	397,46	397,46	397,46	397,46	397,46	397,46
Massa do Molde	4467	4467,2	4467,3	4467,3	4467,3	4467,3	4467,3
Solo+Molde	6513,8	6520,7	6487,4	6551,9	6546	6577,7	
Massa do Solo Umido (g)	2046,8	2053,5	2020,1	2084,6	2078,7	2111,8	
Massa Esp. Umida Compac. (g/cm³)	2,05	2,06	2,03	2,09	2,08	2,12	
Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	1,860	1,819	1,847	1,880	1,877	1,883	
Teor de Umidade Medido (%)	10,348	13,167	9,646	11,178	11,043	12,453	
Umidade Testada	11	12	10	11,50	12	12	

APÊNDICE A4 – Tabelas de Compactação do Tratamento M4 (75% de areia + 20% de solo fino + 5% CCA).

75% Areia + 20% Fino + 5% CCA				
Proporções	0,6389	0,3611		
Total amostra (g)	areia M.V. 75%	Solo cavera (20%)	total amostra	%
	1517,39	857,61	2375,00	
finos	45,52	454,53	500,06	20,00
areia	1471,87	403,08	1874,94	75,00
total	1517,39	857,61		95,00
Cinza (5%)	125			
umidade higroscópica	w% entrada	M. S. úmido		
Solo Caverá	4,747900509	898,3310882		
Solo Manoel Viana	0,038358266	1517,969544		
		2541,300632		
2º corpo prova	3	Umidade Testada	13	
Cápsula N°	165	48	127	
Cápsula (g)	15,3	12,7	13,8	
Cáp. + Solo úmido (g)	59,3	62,4	55,9	
Cápsula + Solo Seco (g)	54,4	56,8	51,2	
Umidade (%)	12,53	12,70	12,57	
Umidade media (%)		12,60		
4º corpo prova	3	Umidade Testada	13,5	
Cápsula N°	153	65	230	
Cápsula (g)	14,1	17,3	13,7	
Cáp. + Solo úmido (g)	62,4	80,5	60,1	
Cápsula + Solo Seco (g)	56,7	72,9	54,7	
Umidade (%)	13,38	13,67	13,17	
Umidade media (%)		13,41		
3º corpo prova	3	Umidade Testada	12,5	
Cápsula N°	238	117	203	
Cápsula (g)	14,9	15,5	14,5	
Cáp. + Solo úmido (g)	57	62,6	72,2	
Cápsula + Solo Seco (g)	52,7	58	66,5	
Umidade (%)	11,38	10,82	10,96	
Umidade media (%)		11,05		

Solo Cavera					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
	127	13,9	46,5	45,2	4,153354633
	170	14,5	47,6	46,1	4,746835443
	111	14,7	56,1	54	5,34351145
					4,747900509
solo Manoel Viana					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
	165	15,2	85,1	85,1	0
	8	16,9	103,9	103,8	0,115074799
	48	12,7	103,5	103,5	0
					0,038358266
Massa umida	w% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	Mh2o w% o	H2O adicional
2541,30	13	2500,0	41,301	325	283,70
2541,30	12,5	2500,0	41,301	312,5	271,20
2541,30	13,5	2500,0	41,301	337,5	296,20

Moldes	3	3	3
diamento do molde (cm)	10	10	10
altura do CP (cm)	12,7	12,7	12,7
Vol. Do CP (cm³)	997,46	997,46	997,46
Massa do Molde	4438,2	4437	4438
Solo+Molde	6300	6300	6260,6
Massa do Solo Umido (g)	1861,8	1863	1822,6
Massa Esp. Umida Compac. (g/cm³)	1,87	1,87	1,83
Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	1,658	1,647	1,645
Teor de Umidade Medido (%)	12,599	13,407	11,054
Umidade Testada	13	13,5	12,5

APÊNDICE A5 – Tabelas de Compactação do Tratamento M5 (80% de areia + 15% de solo fino + 5% CCA).

Entrada proporções	0,7443	0,2557		
Total amostra (g)	areia M.V. 75%	Solo caversa (20%)	total amostra	porcentagens
	1767,71	607,29	2375,00	
finos	53,03	321,86	374,89	15,00
areia	1714,68	285,43	2000,11	80,00
total	1767,71	607,29	2500,00	35,00
Cinza (5%)	125			
umidade higroscópica	w% entrada	M. S. úmido	w% entrada	M. S. úmido
Solo Caverá	4,747900509	636,1209063	7,465303398	652,6233579
Solo Manoel Viana	0,115074799	1769,746692	3,875064666	1836,212502
		2530,867598		2613,83586

1º corpo prova	Umidade Testada	12		
Cápsula N°	75	14,3	117	
Cápsula (g)	17,4	14,2	15,5	
Cáp. + Solo úmido (g)	58	52,6	67,7	
Cápsula + Solo Seco (g)	53,6	48,7	62,2	
Umidade (%)	12,15	11,30	11,78	
Umidade media (%)		11,75		
1º corpo prova	Umidade Testada	12,5		
Cápsula N°	238	244		
Cápsula (g)	14,9	13,6		
Cáp. + Solo úmido (g)	69,7	67,8		
Cápsula + Solo Seco (g)	63,4	61,3		
Umidade (%)	12,99	12,80		
Umidade media (%)		12,83		
1º corpo prova	Umidade Testada	12,5		
Cápsula N°	130	208	118b	
Cápsula (g)	14,3	13,3	15,8	
Cáp. + Solo úmido (g)	77,2	96,1	94,7	
Cápsula + Solo Seco (g)	71,1	88,4	87,3	
Umidade (%)	10,74	10,25	10,35	
Umidade media (%)		10,45		

80% Areia + 15% Fino + 5% CCA					
Solo Caversa					
capçula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
127	13,9	46,5	45,2	4,153354633	4,74790051
170	14,5	47,6	46,1	4,746835443	
111	14,7	56,1	54	5,34351145	
solo Manoel Viana					
capçula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
165	15,2	85,1	85,1	0	0,1150748
8	16,3	103,9	103,8	0,115074799	
48	12,7	103,5	103,5	0	
Massa umida	W% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
2530,867598	12	2500,0	30,87	300	269,13
2530,867598	13	2500,0	30,87	325	294,13
2530,867598	12,5	2500,0	30,87	312,5	281,63
2530,867598	11,5	2500,0	30,87	287,5	256,63

Solo Caversa					
capçula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
111	14,7	76,6	72,5	7,093425606	7,46530398
123	13,6	67	63,2	7,661290323	
165	15,3	80,1	75,5	7,641196013	
solo Manoel Viana					
capçula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
170	14,4	87,9	85,1	3,96039604	3,87506466
153	14,1	90	87	4,115226337	
48	12,7	97,3	94,4	3,549571603	

Massa umida	W% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
2613,83586	12,5	2500,0	113,84	312,5	198,66

Moldes	3	3	3	3	3
diâmetro do molde (cm)	10	10	10	10	10
altura do CP (cm)	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
Vol. Do CP (cm³)	397,46	397,46	397,46	397,46	397,46
Massa do Molde	4436,6	4437,1	4437,3	4437,2	4437,3
Solo+Molde	6314,8	6314,6	6330	6305	6249,5
Massa do Solo Umido (g)	1878,2	1877,5	1892,7	1867,8	1812,2
Massa Esp. Umida Compac. (g/cm³)	1,88	1,88	1,90	1,87	1,82
Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	1,685	1,661	1,682	1,672	1,645
Teor de Umidade Medido (%)	11,745	13,333	12,834	11,998	10,447
Umidade Testada	12	13	12,5	11,5	12,5



## APÊNDICE A6 – Tabelas de Compactação do Tratamento M6 (85% de areia + 10% de solo fino + 5% CCA)

Entrada proporções	0,8495	0,1505		
Total amostra (g)	areia M.V. 85%	Solo cavera (10%)	total amostra	porcentagens
	2017,56	357,44	2375,00	
finos	60,53	189,44	249,97	10,00
areia	1957,04	168,00	2125,03	85,00
total	2017,56	357,44		95,00
Cinza (5%)	125			
umidade higroscópica	w% entrada	M. S. úmido		
Solo Caverá	7,46530398	384,1212959		
Solo Manoel Viana	3,87506466	2095,744351		
		2604,865647		

85% Areia + 10% Fino+ 5% CCA					
Solo Cavera					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
111	14,7	76,6	72,5	7,093425606	7,46530398
123	13,6	67	63,2	7,661290323	
165	15,3	80,1	75,5	7,641196013	
solo Manoel Viana					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
170	14,4	87,9	85,1	3,96039604	3,87506466
153	14,1	90	87	4,115226337	
48	12,7	97,3	94,4	3,549571603	
Massa umida	w% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
2604,87	10,00	2500,00	104,87	250,00	145,13
2604,87	12,00	2500,00	104,87	300,00	195,13
2604,87	11,00	2500,00	104,87	275,00	170,13
2604,87	13,00	2500,00	104,87	325,00	220,13

1º corpo prova	3	Umidade Test	10	2º corpo prova	3	Umidade Testada	12
Cápsula N'	118b	130	129	Cápsula N'	244	238	117
Cápsula (g)	15,6	13,9	12,9	Cápsula (g)	13,6	14,9	15,5
Cáp. + Solo úmido	60,6	78,3	83,3	Cáp. + Solo úmido (g)	94,4	82,7	88,6
Cápsula + Solo Se	56,8	72,9	77,7	Cápsula + Solo Seco (g)	86,3	75,9	81,1
Umidade (%)	9,22	9,15	8,64	Umidade (%)	11,14	11,15	11,43
Umidade media (%)		9,01		Umidade media (%)		11,24	
1º corpo prova	3	Umidade Test	11	1º corpo prova	3	Umidade Testada	13
Cápsula N'	44b	203	208	Cápsula N'	44b	129	244
Cápsula (g)	17,8	14,4	13,2	Cápsula (g)	17,8	12,9	13,6
Cáp. + Solo úmido	80,3	69,2	74,2	Cáp. + Solo úmido (g)	85,2	76,2	82,3
Cápsula + Solo Se	74,7	64,3	68,8	Cápsula + Solo Seco (g)	78,8	70,5	75,8
Umidade (%)	9,84	9,82	9,71	Umidade (%)	10,49	9,90	10,45
Umidade media (%)		9,79		Umidade media (%)		10,28	

Moldes	3	3	3	3
diâmetro do molde (cm)	10	10	10	10
altura do CP (cm)	12,7	12,7	12,7	12,7
Vol. Do CP (cm³)	997,46	997,46	997,46	997,46
Massa do Molde	4437,6	4437,7	4437,8	4437,2
Solo+Molde	5800	6000	5880	6242,2
Massa Solo Umido (g)	1362,4	1562,3	1442,2	1805
Massa Esp. Umida Compac. (g/cm³)	1,37	1,57	1,45	1,81
Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	1,253	1,408	1,317	1,641
Teor de Umidade Medido (%)	9,006	11,241	9,791	10,279
Umidade Testada	10	12	11	13

APÊNDICE B1 – Tabelas de Compactação do Tratamento M1 (75% de areia + 25% de solo fino) para RCS

Proporções	0,6389	0,3611		
Total amostra (g)	areia M.V. 75%	Solo caverá (20%)	total amostra	
	1517,39	857,61	2375,00	percentagens
finos	45,52	454,53	500,06	20,00
areia	1471,87	403,08	1874,94	75,00
total	1517,39	857,61	2375,00	95,00
Cinza (5%)	125			
umidade higroscópica	w% entrada	M. S. úmido		
Solo Caverá	7,096152613	918,4699918		
Solo Manoel Viana	10,88441146	1682,546199		
		2726,016191		

Solo Caverá					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
209	16,8	55,4	52,8	7,222222222	
205	14,8	51,3	48,9	7,038123167	7,096152613
161	15,8	69,1	65,6	7,02811245	
solo Manoel Viana					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
25	18,6	103,6	95,3	10,82138201	
12	16,4	100,8	92,4	11,05263158	10,88441146
a2	14,7	100	91,7	10,77922078	
Massa umida	W% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
2726,02	12,5	2500,00	226,02	312,5	86,48

1º corpo prova	3	Umidade Testada	12,5	
Cápsula N		51	73	257
Cápsula (g)		21,6	17,8	14
Cáp. + Solo úmido (g)		79,1	80,2	78,9
Cápsula + Solo Seco (g)		73,5	73,9	72,7
Umidade (%)		10,79	11,23	10,56
Umidade media (%)		10,86		
2º corpo prova	3	Umidade Testada	12,5	
Cápsula N		72	18	166B
Cápsula (g)		18,1	18,2	13,5
Cáp. + Solo úmido (g)		70,5	74,4	69,4
Cápsula + Solo Seco (g)		65,1	68,5	63,6
Umidade (%)		11,49	11,73	11,58
Umidade media (%)		11,60		
3º corpo prova	3	Umidade Testada	12,5	
Cápsula N		81	71	176
Cápsula (g)		18,2	17,5	14,5
Cáp. + Solo úmido (g)		68,9	77,7	85,4
Cápsula + Solo Seco (g)		63,8	71,1	78,1
Umidade (%)		11,18	12,31	11,48
Umidade media (%)		11,66		

Moldes	3	3	3
diâmetro do molde (cm)	10	10	10
altura do CP (cm)	12,7	12,7	12,7
Vol. Do CP (cm³)	997,46	997,46	997,46
Massa do Molde	4437,3	4437,4	4437,6
Solo+Molde	1806,5	1828,6	1833,5
Massa do Solo Umido (g)	6243,8	6266	6271,1
Massa Esp. Umida Compac. (g/cm³)	6,26	6,28	6,29
Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	5,646	5,629	5,631
Teor de Umidade Medido (%)	10,861	11,599	11,659
Umidade Testada	12,8	12,8	12,8

## APÊNDICE B2 – Tabelas de Compactação do Tratamento M2 (80% de areia + 20% de solo fino) para RCS

Proporções	0,56	0,44		
Total amostra (g)	areia M.V. 75%	Solo cavera (25%)	total amostra	percentagens
	1650,00	850,00	2500,00	
finos	49,50	450,50	500,00	20,00
areia	1600,50	399,50	2000,00	80,00
total	1650,00	850,00	2500,00	100,00
umidade higroscópica	w% entrada	M. S. úmido	w% entrada	M. S. úmido
Solo Caverá	5,376273367	895,6983236	7,46530398	913,4550838
Solo Manoel Viana	6,782714958	1761,914797	3,87506466	1713,938567
		2657,61312		2627,393651

1º corpo prova	3	Umidade Testada	12,5		
Cápsula N°		27	130	b134	
Cápsula (g)		17,6	14	15	
Cáp. + Solo úmido (g)		76,3	79,2	76,3	
Cápsula + Solo Seco (g)		69,9	72,1	69,7	
Umidade (%)		12,24	12,22	12,07	
Umidade media (%)			12,17		
2º corpo prova	3	Umidade Testada	12,5		
Cápsula N°		246	a111	1	
Cápsula (g)		14,2	14,3	17,8	
Cáp. + Solo úmido (g)		80,3	66,3	81,3	
Cápsula + Solo Seco (g)		73	60,6	74,2	
Umidade (%)		12,41	12,31	12,59	
Umidade media (%)			12,44		
3º corpo prova	3	Umidade Testada	12,8		
Cápsula N°		12	205	209	
Cápsula (g)		16,4	14,9	16,8	
Cáp. + Solo úmido (g)		82,2	78,8	85,4	
Cápsula + Solo Seco (g)		76,3	73	79,1	
Umidade (%)		9,85	9,98	10,11	
Umidade media (%)			9,98		
4º corpo prova	3	Umidade Testada	12,8		
Cápsula N°		233	a2	257	
Cápsula (g)		14,1	14,7	14,2	
Cáp. + Solo úmido (g)		72,1	75,2	99,9	
Cápsula + Solo Seco (g)		66,4	69,4	0	
Umidade (%)		10,90	10,60		
Umidade media (%)			10,75		
5º corpo prova	3	Umidade Testada	12,8		
Cápsula N°		25	47	170	
Cápsula (g)		18,5	15,9	14,5	
Cáp. + Solo úmido (g)		93,3	80,8	86,8	
Cápsula + Solo Seco (g)		86,3	74,6	79,5	
Umidade (%)		10,32	10,56	11,23	
Umidade media (%)			10,71		
6º corpo prova	3	Umidade Testada	12,8		
Cápsula N°		247	161	126	
Cápsula (g)		14,4	15,8	13,9	
Cáp. + Solo úmido (g)		97,1	81,5	100,8	
Cápsula + Solo Seco (g)		89,4	75,6	92,6	
Umidade (%)		10,27	9,87	10,42	
Umidade media (%)			10,18		

Solo Caverá					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
8	17	63,4	61	5,454545455	5,376273367
15	17,7	66,6	64,1	5,387931034	
127	13,9	61,7	59,3	5,286343612	
solo Manoel Viana					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
64	18,5	90,8	86,1	6,952662722	6,782714958
23 b	18,3	88,9	84,4	6,807866868	
129	12,9	93,8	88,8	6,587615283	
Massa umida	W% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
2657,61	12,5	2500,00	157,61	312,5	154,89
solo Manoel Viana + Caverá					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
233	14	54,7	51,1	9,703504043	10,07320167
154	14,8	57	53,1	10,18276762	
253	13,9	47	43,9	10,33333333	
Massa umida	W% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
2500,00	12,8	2271,22	228,78	290,7156285	61,93
Solo Caverá					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
111	14,7	76,6	72,5	7,093425606	7,46530398
123	13,6	67	63,2	7,661290323	
165	15,3	80,1	75,5	7,641196013	
solo Manoel Viana					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
170	14,4	87,9	85,1	3,96039604	3,87506466
153	14,1	90	87	4,115226337	
48	12,7	97,3	94,4	3,549571603	
Massa umida	W% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
2627,39	13,3	2500,00	127,39	332,5	205,11

Moldes	3	3	3	3	3	3
diâmetro do molde (cm)	10	10	10	10	10	10
altura do CP (cm)	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
Vol. Do CP (cm³)	997,46	997,46	997,46	997,46	997,46	997,46
Massa do Molde	4465,6	4465,6	4436,9	4436,7	4436,7	4436,1
Solo+Molde	6538,1	6552	6407,2	6440,8	6412,2	6389
Massa do Solo Umido (g)	2072,5	2086,4	1970,3	2004,1	1975,5	1952,9
Massa Esp. Umida Compac. (g/cm³)	2,08	2,09	1,98	2,01	1,98	1,96
Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	1,852	1,860	1,796	1,814	1,789	1,777
Teor de Umidade Medido (%)	12,174	12,438	9,982	10,751	10,706	10,184
Umidade Testada	12	8	8	8	8	8

APÊNDICE B3 – Tabelas de Compactação do Tratamento M3 (85% de areia + 15% de solo fino) para RCS

Entrada proporções	0,56	0,44		
Total amostra (g)	areia M.V. 75%	Solo cavera (25%)	total amostra	porcentagens
	1900,00	600,00	2500,00	
finos	57,00	318,00	375,00	15,00
areia	1843,00	282,00	2125,00	85,00
total	1900,00	600,00	2500,00	100,00
umidade higroscópica	w% entrada	M. S. úmido		
Solo Caverá	7,096152613	642,5769157		
Solo Manoel Viana	0	1900		
		2542,576916		

Solo Caverá					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
209	16,8	55,4	52,8	7,222222222	7,096152613
205	14,8	51,3	48,9	7,038123167	
161	15,8	69,1	65,6	7,02811245	
solo Manoel Viana					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
233	14,1	66,3	66,3	0	0
126	13,9	86,6	86,6	0	
47	15,9	73,4	73,4	0	
Massa umida	W% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
2542,58	11	2500,00	42,58	275	232,42

Moldes	3	3	3	3	3
diamentro do molde (cm)	10	10	10	10	10
altura do CP (cm)	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
Vol. Do CP (cm³)	997,46	997,46	997,46	997,46	997,46
Massa do Molde	4437,6	4437,4	4437,5	4437,3	4437,6
Solo+Molde	6451,1	6450,5	6452,4	6437,9	6459,4
Massa do Solo Umido (g)	2013,5	2013,1	2014,9	2000,6	2021,8
Massa Esp. Umida Compac. (g/cm³)	2,02	2,02	2,02	2,01	2,03
Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	1,811	1,814	1,797	1,816	1,835
Teor de Umidade Medido (%)	11,463	11,235	12,398	10,444	10,449
Umidade Testada	12	8	8	8	8

1º corpo prova	3	Umidade Testada	11	
Cápsula N°		129	118b	117
Cápsula (g)		13	15,9	15,5
Cáp. + Solo úmido (g)		82,6	89,2	93,8
Cápsula + Solo Seco (g)		75,8	81,9	85,1
Umidade (%)		10,83	11,06	12,50
Umidade media (%)		11,46		
2º corpo prova	3	Umidade Testada	11	
Cápsula N°		208	244	44b
Cápsula (g)		13,5	13,8	17,8
Cáp. + Solo úmido (g)		90,7	86,8	99,7
Cápsula + Solo Seco (g)		83,1	79,9	90,7
Umidade (%)		10,92	10,44	12,35
Umidade media (%)		11,23		
3º corpo prova	3	Umidade Testada	11	
Cápsula N°		130	238	203
Cápsula (g)		14,1	15	14,5
Cáp. + Solo úmido (g)		80,3	110,1	103,4
Cápsula + Solo Seco (g)		73,7	97,5	94,7
Umidade (%)		11,07	15,27	10,85
Umidade media (%)		12,40		
4º corpo prova	3	Umidade Tes	11	
Cápsula N°		233	126	47
Cápsula (g)		13,9	13,9	15,9
Cáp. + Solo úmido (g)		80,9	69,6	85,4
Cápsula + Solo Seco (g)		74,9	64,4	78,4
Umidade (%)		9,84	10,30	11,20
Umidade media (%)		10,44		
5º corpo prova	3	Umidade Tes	11	
Cápsula N°		205	209	161
Cápsula (g)		14,9	16,8	15,8
Cáp. + Solo úmido (g)		89,1	99,1	95
Cápsula + Solo Seco (g)		82,1	91,3	87,5
Umidade (%)		10,42	10,47	10,46
Umidade media (%)		10,45		

APÊNDICE B4 – Tabelas de Compactação do Tratamento M4 (75% de areia + 20% de solo fino + 5% CCA) para RCS

Proporções	0,6389	0,3611		
Total amostra (g)	areia M.V. 75%	Solo cavera (20%)	total amostra	porcentagens
	1517,39	857,61	2375,00	
finos	45,52	454,53	500,06	20,00
areia	1471,87	403,08	1874,94	75,00
total	1517,39	857,61	2375,00	95,00
Cinza (5%)	125			
umidade higroscópica	w% entrada	M. S. úmido		
Solo Caverá	7,096152613	918,4693918		
Solo Manoel Viana	10,88441146	1682,546199		
		2726,016191		

Solo Caverá					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
209	16,8	55,4	52,8	7,222222222	
205	14,8	51,3	48,9	7,038123167	7,096152613
161	15,8	69,1	65,6	7,02811245	
solo Manoel Viana					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
25	18,6	103,6	95,3	10,82138201	
12	16,4	100,8	92,4	11,05263158	10,88441146
a2	14,7	100	91,7	10,77922078	
Massa umida	w% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	Mh2o w% o	H2O adicional
2726,02	12,5	2500,00	226,02	312,5	86,48

1º corpo prova	3	Umidade Testada	12,5
Cápsula N°		51	73
Cápsula (g)		21,6	17,8
Cáp. + Solo úmido (g)		79,1	80,2
Cápsula + Solo Seco (g)		73,5	73,9
Umidade (%)		10,79	11,23
Umidade media (%)		10,86	
2º corpo prova	3	Umidade Testada	12,5
Cápsula N°		72	18
Cápsula (g)		18,1	18,2
Cáp. + Solo úmido (g)		70,5	74,4
Cápsula + Solo Seco (g)		65,1	68,5
Umidade (%)		11,49	11,73
Umidade media (%)		11,60	
3º corpo prova	3	Umidade Testada	12,5
Cápsula N°		81	71
Cápsula (g)		18,2	17,5
Cáp. + Solo úmido (g)		68,9	77,7
Cápsula + Solo Seco (g)		63,8	71,1
Umidade (%)		11,18	12,31
Umidade media (%)		11,66	

Moldes	3	3	3
diâmetro do molde (cm)	10	10	10
altura do CP (cm)	12,7	12,7	12,7
Vol. Do CP (cm³)	997,46	997,46	997,46
Massa do Molde	4437,3	4437,4	4437,6
Solo+Molde	1806,5	1828,6	1833,5
Massa do Solo Umido (g)	6243,8	6266	6271,1
Massa Esp. Umida Compac. (g/cm³)	6,26	6,28	6,29
Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	5,646	5,629	5,631
Teor de Umidade Medido (%)	10,861	11,599	11,659
Umidade Testada	12,8	12,8	12,8

APÊNDICE B5 – Tabelas de Compactação do Tratamento M5 (80% de areia + 15% de solo fino + 5% CCA) para RCS

Entrada proporções	0,7443	0,2557		
Total amostra (g)	areia M.V. 70%	Solo cavera (15%)	total amostra	porcentagens
	1767,71	607,29	2375,00	
finos	53,03	321,86	374,89	15,00
areia	1714,68	285,43	2000,11	80,00
total	1767,71	607,29	2375,00	95,00

Cinza (5%)	125	
umidade higroscópica	w% entrada	M. S. úmido
Solo Caverá	8,666203028	659,9162677
Solo Manoel Viana	4,285867533	1843,474316
		2628,390584

Solo Caverá					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
244	13,6	81,9	76,4	8,757961783	8,666203028
47	15,8	60,4	56,9	8,515815085	
126	13,8	62,4	58,5	8,724832215	
solo Manoel Viana					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
233	14	84,2	81,6	3,846153846	4,285867533
81	18,3	106,8	103,1	4,363207547	
238	14,9	98,2	94,5	4,648241206	
Massa umida	w% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
2628,39	12	2500,00	128,39	300	171,61

Moldes	3	3	3	3	3
diâmetro do molde (cm)	10	10	10	10	10
altura do CP (cm)	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
Vol. Do CP (cm³)	997,46	997,46	997,46	997,46	997,46
Massa do Molde	4436,8	4436,6	4436,7	4436,8	4436,5
Solo+Molde	1650,8	1683,1	1828	1828,7	1880
Massa do Solo Umido (g)	6087,6	6119,7	6264,7	6265,5	6316,5
Massa Esp. Umida Compac. (g/cm³)	6,10	6,14	6,28	6,28	6,33
Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	5,728	5,773	5,685	5,693	5,752
Teor de Umidade Medido (%)	6,541	6,276	10,477	10,342	10,099
Umidade Testada	12	12	12	12	12

1º corpo prova	3	Umidade Testada	12
Cápsula N		117	205
Cápsula (g)		15,6	15
Cáp. + Solo úmido (g)		62	72,6
Cápsula + Solo Seco (g)		59,2	69
Umidade (%)		6,42	6,67
Umidade media (%)		6,54	
2º corpo prova	3	Umidade Testada	12
Cápsula N		209	116b
Cápsula (g)		16,8	13,5
Cáp. + Solo úmido (g)		86,5	63,4
Cápsula + Solo Seco (g)		82,5	60,4
Umidade (%)		6,09	6,40
Umidade media (%)		6,28	
3º corpo prova	3	Umidade Testada	12
Cápsula N		129	208
Cápsula (g)		12,9	13,2
Cáp. + Solo úmido (g)		84,7	82,9
Cápsula + Solo Seco (g)		78,1	76,2
Umidade (%)		10,12	10,63
Umidade media (%)		10,48	
4º corpo prova	3	Umidade Testada	12
Cápsula N		73	118b
Cápsula (g)		17,9	15,7
Cáp. + Solo úmido (g)		88	67,2
Cápsula + Solo Seco (g)		81,5	62,4
Umidade (%)		10,22	10,28
Umidade media (%)		10,34	
5º corpo prova	3	Umidade Testada	12
Cápsula N		161	72
Cápsula (g)		15,7	18,2
Cáp. + Solo úmido (g)		69,1	92
Cápsula + Solo Seco (g)		64,2	85,4
Umidade (%)		10,10	9,82
Umidade media (%)		10,10	

APÊNDICE B6 – Tabelas de Compactação do Tratamento M6 (85% de areia + 10% de solo fino + 5% CCA) para RCS

Proporções	0,8495	0,1505		
Total amostra (g)	areia M.V. 75%	Solo cavera (20%)	total amostra	porcentagens
	2017,56	357,44	2375,00	
finos	60,53	189,44	249,97	10,00
areia	1957,04	168,00	2125,03	85,00
total	2017,56	357,44		95,00
Cinza (5%)	125			
	w% entrada	M. S. úmido		
Solo Caverá	7,907299692	385,7011543		
Solo Manoel Viana	1,842909192	2054,744345		
		2565,445499		

Solo Caverá					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
212	15,2	44,6	42,5	7,692307692	7,907299692
143	14,3	65,4	61,7	7,805907173	
51	21,5	54,4	51,9	8,223684211	
solo Manoel Viana					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
244	13,6	100,5	98,4	2,476415094	1,842909192
233	13,9	94,8	92,9	2,405063291	
126	13,8	76	75,6	0,647249191	
Massa umida	w% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	Mh2o w% o	H2O adicional
2565,45	10,5	2500,00	65,45	262,5	197,05

Moldes	3	3	3
diamento do molde (cm)	10	10	10
altura do CP (cm)	12,7	12,7	12,7
Vol. Do CP (cm³)	997,46	997,46	997,46
Massa do Molde	4436,8	4436,6	4436,8
Solo+Molde	6240,2	6220,1	6219,2
Massa do Solo Umido (g)	1803,4	1783,5	1782,4
Massa Esp. Umida Compac. (g/cm³)	1,81	1,79	1,79
Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	1,649	1,629	1,628
Teor de Umidade Medido (%)	9,613	9,750	9,731
Umidade Testada	10,5	10,5	10,5

1º corpo prova	3	Umidade Testada	10,5	
Cápsula N	48	127	253	
Cápsula (g)	20,7	13,9	13,9	
Cáp. + Solo úmido (g)	75,5	79,8	66,3	
Cápsula + Solo Seco (g)	70,8	73,9	61,7	
Umidade (%)	9,38	9,83	9,62	
Umidade media (%)		9,61		
2º corpo prova	3	Umidade Testada	10,5	
Cápsula N	3	247	12	
Cápsula (g)	17,7	14,4	16,4	
Cáp. + Solo úmido (g)	73,1	54,3	81,1	
Cápsula + Solo Seco (g)	68,3	50,7	75,3	
Umidade (%)	9,49	9,92	9,85	
Umidade media (%)		9,75		
3º corpo prova	3	Umidade Testada	10,5	
Cápsula N	176	216	111	
Cápsula (g)	14,5	17,7	14,6	
Cáp. + Solo úmido (g)	73,5	86,4	89,6	
Cápsula + Solo Seco (g)	68,7	80,6	83,2	
Umidade (%)	8,86	9,22	9,33	
Umidade media (%)		9,14		
4º corpo prova	3	Umidade Testada	10,5	
Cápsula N	244	126	51	
Cápsula (g)	13,7	13,9	21,7	
Cáp. + Solo úmido (g)	81,5	68	86,5	
Cápsula + Solo Seco (g)	75,5	63,3	81	
Umidade (%)	9,71	9,51	9,27	
Umidade media (%)		9,50		
5º corpo prova	3	Umidade Testada	10,5	
Cápsula N	143	212	233	
Cápsula (g)	14,3	14,2	14	
Cáp. + Solo úmido (g)	73,6	75,6	85,8	
Cápsula + Solo Seco (g)	68,7	69,4	79,9	
Umidade (%)	9,01	11,23	8,95	
Umidade media (%)		9,73		

## APÊNDICE C1 – Tabelas de Compactação do Tratamento M1 (75% de areia + 25% de solo fino) para ISC

Entrada proporções	56,00	44,00		
Total amostra (g)	areia M.V. 75%	Solo cavera (25%)	total amostra	
	2240,00	1760,00	4000,00	porcentagens
finos	67,20	932,80	1000,00	25,00
areia	2172,80	827,20	3000,00	75,00
total	2240,00	1760,00	4000,00	100,00
umidade higroscópica	w% entrada	M. S. úmido		
Solo Caverá	7,907299692	1899,168475		
Solo Manoel Viana	1,842909192	2281,281166		
		4180,44964		

Solo Caverá					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
212	15,2	44,6	42,5	7,892307692	
143	14,3	65,4	61,7	7,805907173	7,9072997
51	21,5	54,4	51,9	8,223684211	
solo Manoel Viana					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
244	13,6	100,5	98,4	2,476415094	
233	13,9	94,8	92,9	2,405063291	1,8429092
126	13,8	76	75,6	0,647249191	
Massa umida	w% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
4180,450	12,8	4000,00	180,450	512	331,550

1º corpo prova	3	Umidade Testada	12,8	2º corpo prova	4	Umidade Testada	12,8
Cápsula N°	18b	153	123	Cápsula N°	254	132	157
Cápsula (g)	15,5	13,9	13,7	Cápsula (g)	13,2	15,9	13,4
Cáp. + Solo úmido (g)	59,2	74,2	69,3	Cáp. + Solo úmido (g)	75,4	63,1	55,4
Cápsula + Solo Seco (g)	54,5	68	63,4	Cápsula + Solo Seco (g)	69,3	57,5	50,5
Umidade (%)	12,05	9,00	11,87	Umidade (%)	10,87	13,46	13,21
Umidade media (%)		10,97		Umidade media (%)		12,51	
3º corpo prova	2	Umidade Testada	12,8	3º corpo prova	2	Umidade Testada	12,8
Cápsula N°	127	73	64	Cápsula N°	19	60	111
Cápsula (g)	13,8	17,9	18,4	Cápsula (g)	19	16,7	14,6
Cáp. + Solo úmido (g)	53,9	62,4	56,7	Cáp. + Solo úmido (g)	65,2	54,7	53,5
Cápsula + Solo Seco (g)	54,7	57,2	52,3	Cápsula + Solo Seco (g)	60,1	50,5	49,3
Umidade (%)	12,71	13,23	12,98	Umidade (%)	12,41	12,43	12,10
Umidade media (%)		12,97		Umidade media (%)		12,31	

Entrada proporções	56,00	44,00		
Total amostra (g)	areia M.V. 75%	Solo cavera (25%)	total amostra	
	2520,00	1980,00	4500,00	porcentagens
finos	75,60	1049,40	1125,00	25,00
areia	2444,40	930,60	3375,00	75,00
total	2520,00	1980,00	4500,00	100,00
umidade higroscópica	w% entrada	M. S. úmido		
Solo Caverá	7,126802209	2121,110684		
Solo Manoel Viana	1,148552467	2548,943522		
		4670,054206		

Solo Caverá					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
b213	18	79,4	75,3	7,155322862	
44b	17,7	100,7	95,2	7,096774194	7,126802209
73	17,8	70,4	66,9	7,128309572	
solo Manoel Viana					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
64	18,3	106,7	106	0,798175599	
127	13,8	108,6	107,2	1,498929336	1,148552467
Massa umida	w% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
4670,054	12,8	4500,00	170,054	578	405,948

Moldes	3a	5	3a	3a
altura do Disco Separador (Dsep) (cm)	6,4	6,3	6,4	6,4
diâmetro do Dsep (cm)	15	15	15,27	15,27
altura total do molde (cm)	17,66	17,81	17,6	17,6
altura do CP (cm)	11,49	11,4	11,4	11,4
Vol. Do CP (cm³)	2030,45	2014,55	2087,72	2087,72
Massa do Molde + Dsep (g)	15840	15580	16620	16640
Solo+Molde+Dsep (g)	19780	19560	20880	20960
Massa do Solo Umido (g)	3940	3980	4260	4320
Massa Esp. Umida Compac. (g/cm³)	1,94	1,98	2,04	2,07
Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	1,749	1,756	1,806	1,842
Teor de Umidade Medido (%)	10,974	12,514	12,975	12,313
Umidade Testada (estimada %)	12,8	12,8	12,8	12,8



APÊNDICE C2 – Tabelas de Compactação do Tratamento M2 (80% de areia + 20% de solo fino) para ISC

Entrada proporções	66,00	34,00		
Total amostra (g)	areia M.V. 75%	Solo cavera (25%)	total amostra	percentagens
	2970,00	1530,00	4500,00	
finos	89,10	810,90	900,00	20,00
areia	2880,90	719,10	3600,00	80,00
total	2970,00	1530,00	4500,00	100,00
umidade higroscópica	w% entrada	M. S. úmido		
Solo Caverá	7,126802209	1639,040074		
Solo Manoel Viana	1,148552467	3004,112008		
		4643,152082		

Solo Caverá					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
b213	18	79,4	75,3	7,155322862	
44b	17,7	100,7	95,2	7,096774194	7,126802209
73	17,8	70,4	66,9	7,128309572	
solo Manoel Viana					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
64	18,3	106,7	106	0,798175599	
127	13,8	108,6	107,2	1,498929336	1,148552467
Massa úmida	W% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
4643,152082	12,5	4500,00	143,152082085	562,5	419,347917915

3º corpo prova	2	Umidade Testada	12,8	3º corpo prova	2	Umidade Testada	12,8
Cápsula N	208	B213	44b	Cápsula N	53	153	101
Cápsula (g)	1,5	18,1	18	Cápsula (g)	18,1	13,9	21,9
Cáp. + Solo úmido (g)	66,2	63,7	66	Cáp. + Solo úmido (g)	72,3	56,5	71,7
Cápsula + Solo Seco (g)	60	58,3	60,4	Cápsula + Solo Seco (g)	66,3	51,8	66
Umidade (%)	10,60	13,43	13,21	Umidade (%)	12,45	12,40	12,93
Umidade media (%)		12,41		Umidade media (%)		12,59	
3º corpo prova	2	Umidade Testada	12,8	3º corpo prova	2	Umidade Testada	12,8
Cápsula N	123	215	130	Cápsula N	240	117	44
Cápsula (g)	13,6	18,3	14	Cápsula (g)	21,4	15,6	18,1
Cáp. + Solo úmido (g)	52,1	58,2	61,3	Cáp. + Solo úmido (g)	106,2	93,7	93,6
Cápsula + Solo Seco (g)	47,9	53,8	56,1	Cápsula + Solo Seco (g)	97	85	84,8
Umidade (%)	12,24	12,39	12,35	Umidade (%)	12,17	12,54	13,19
Umidade media (%)		12,33		Umidade media (%)		12,63	

Moldes	5	3a	3a	3a
altura do Disco Separador (Dsep) (cm)	6,3	6,4	6,4	6,4
diâmetro do Dsep (cm)	15	15	15,27	15,27
altura total do molde (cm)	17,81	17,66	17,6	17,6
altura do CP (cm)	11,4	11,49	11,4	11,4
Vol. Do CP (cm³)	2014,55	2030,45	2087,72	2087,72
Massa do Molde + Dsep (g)	16280	15840	16120	16600
Solo+Molde+Dsep (g)	20880	19780	20300	20980
Massa do Solo Úmido (g)	4600	3940	4180	4380
Massa Esp. Úmida Compac. (g/cm³)	2,28	1,94	2,00	2,10
Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	2,031	1,723	1,782	1,863
Teor de Umidade Medido (%)	12,413	12,591	12,330	12,633
Umidade Testada (estimada %)	12,5	12,5	12,5	12,5

### APÊNDICE C3 – Tabelas de Compactação do Tratamento M3 (85% de areia + 15% de solo fino) para ISC

Entrada proporções	76,00	24,00			
Total amostra (g)	areia M.V. 85%	Solo cavera (15%)	total amostra		
	3420,00	1080,00	4500,00	percentagens	
finos	102,60	572,40	675,00	15,00	
areia	3317,40	507,60	3825,00	85,00	
total	3420,00	1080,00	4500,00	100,00	
umidade higroscópica	w% entrada	M. S. úmido	umidade higroscópica	w% entrada	M. S. úmido
Solo Caverá	7,084244708	1156,509843	Solo Caverá	6,756492934	1152,970124
Solo Manoel Viana	0,196398634	3426,716833	Solo Manoel Viana	1,561432092	3473,400978
		4583,226676			4626,371101

Solo Caverá					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
257	14,1	65,9		62,6	6,804123711
165	15,3	82,9		78,4	7,131537242
18b	15,4	72,6		68,7	7,317073171
solo Manoel Viana					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
79	17,1	85,1	85	0,147275405	
a3	16,5	91,1	91	0,134228188	0,196398634
25	18,5	83,7	83,5	0,307692308	
Massa umida	w% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
4583,227	12	4500,00	83,227	540	456,7733

1º corpo prova	Umidade Testada	12	2º corpo prova	Umidade Testada	12,8
Cápsula N'	111	25	44	165	240
Cápsula (g)	14,7	18,6	18,3	15,4	21,5
Cáp. + Solo úmido (g)	55,5	70,5	67,6	78,1	83,7
Cápsula + Solo Seco (g)	51,3	65,2	62,6	71,6	77,2
Umidade (%)	11,48	11,37	11,29	11,57	11,67
Umidade media (%)		11,38		11,61	
3º corpo prova	Umidade Testada	12,8			
Cápsula N'	49	231	14		
Cápsula (g)	16	15,4	16,3		
Cáp. + Solo úmido (g)	72,5	78,5	72,9		
Cápsula + Solo Seco (g)	66,5	71,8	67		
Umidade (%)	11,88	11,88	11,78		
Umidade media (%)		11,85			

Solo Caverá					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
a5	14,4	65,7	62,3	7,0361211	
a111	14,2	55,4	52,9	6,4539483	6,756492934
10	18,3	97,8	92,8	6,7114094	
solo Manoel Viana					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
224	16,5	83,8	82,3	2,2796353	
58	18,1	115,9	114,1	1,875	1,561432092
51	21,5	116,4	115,9	0,529661	
Massa umida	w% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
4626,371	12	4500,00	126,371	540	413,6289

Moldes	7a	0	0
altura do Disco Separador (Dsep) (cm)	6,39	6,39	6,39
diâmetro do Dsep (cm)	15	15	15
altura total do molde (cm)	17,5	17,8	17,78
altura do CP (cm)	11,11	11,41	11,39
Vol. Do CP (cm³)	1963,30	2016,31	2012,78
Massa do Molde + Dsep (g)	17300	17180	17300
Solo+Molde+Dsep (g)	21680	21380	21720
Massa do Solo Umido (g)	4380	4200	4420
Massa Esp. Umida Compac. (g/cm³)	2,23	2,08	2,20
Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	2,003	1,866	1,963
Teor de Umidade Medido (%)	11,378	11,607	11,846
Umidade Testada (estimada %)	12	12	12

## APÊNDICE C4 – Tabelas de Compactação do Tratamento M4 (75% de areia + 20% de solo fino + 5% CCA) para ISC

Entrada proporções					Solo Caverá					Solo Caverá							
0,6389	0,3611																
Total amostra (g)	areia M.V. 75%	Solo cavera (20%)	total amostra		capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)	capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)	
	2731,30	1543,70	4275,00	%	257	14,1	85,9		62,6	6,804123711	a5	14,4	65,7	62,3	7,098121086		
finos	81,94	818,16	900,10	20,00	165	15,3	82,9		78,4	7,131537242	a11	14,2	55,4	52,9	6,45994832	6,756492934	
areia	2649,36	725,54	3374,90	75,00	18b	15,4	72,6		68,7	7,317073171		10	18,3	97,8	92,8	6,711409396	
total	2731,30	1543,70		95,00	solo Manoel Viana					solo Manoel Viana							
Cinza (S%)	225				capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)	capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)	
umidade higroscópica	w% entrada	M. S. úmido	w% entrada	M. S. úmido	79	17,1	85,1		85	0,147275405	a5	224	16,5	83,8	82,3	2,279635258	
Solo Caverá	7,084244708	1653,062163	6,758432934	1648,00265	a3	16,5	91,1		91	0,134226168		58	16,1	115,9	114,1	1,875	1,561432092
Solo Manoel Viana	0,196398634	2736,661731	1,961432092	2773,944856	25	18,5	83,7		83,5	0,307692308		51	21,5	116,4	115,9	0,523661017	
		4614,723894		4646,947506	Massa umida	w% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	Mh2o w% o	H2O adicional	Massa umida	% Comp M	Massa seca	Massa H2O	Mh2o w% o	H2O adicional	
					4614,724	12,6	4500,00		114,724	567	452,2761	4646,948	12,6	4500,00	146,948	567	420,0525

3º corpo prova	2 Umidade Testada	12,8	3º corpo prova	2 Umidade Testada	12,8
Cápsula N	123	19	79	Cápsula N	130
Cápsula (g)	13,5	19	17	Cápsula (g)	13,9
Cáp. + Solo úmido (g)	72,2	73,9	75,3	Cáp. + Solo úmido (g)	73,2
Cápsula + Solo Seco (g)	65,9	67,7	69	Cápsula + Solo Seco (g)	66,6
Umidade (%)	12,02	12,73	12,12	Umidade (%)	12,52
Umidade media (%)		12,29		Umidade media (%)	
3º corpo prova	2 Umidade Testada	12,8			
Cápsula N	b134	47	12		
Cápsula (g)	15	16,2	16,4		
Cáp. + Solo úmido (g)	81,7	98,8	83,3		
Cápsula + Solo Seco (g)	73,9	89,6	75,6		
Umidade (%)	13,24	12,83	13,01		
Umidade media (%)		13,04			

Moldes	0	0	0
altura do Disco Separador (Dsep) (cm)	6,39	6,39	6,39
diâmetro do Dsep (cm)	15	15	15
altura total do molde (cm)	17,79	17,77	17,81
altura do CP (cm)	11,4	11,38	11,42
Vol. Do CP (cm³)	204,55	201,01	208,08
Massa do Molde + Dsep (g)	17140	17180	17380
Solo+Molde+Dsep (g)	21120	20920	21020
Massa do Solo Úmido (g)	3980	3740	3640
Massa Esp. Úmida Compac. (g/cm³)	198	186	180
Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	1,759	1,655	1,596
Teor de Umidade Medido (%)	12,290	12,344	13,045
Umidade Testada (estimada %)	12,8	5	5

### APÊNDICE C5 – Tabelas de Compactação do Tratamento M5 (80% de areia + 15% de solo fino + 5% CCA) para ISC

Entrada proporções	0,7443	0,2557		
Total amostra (g)	areia M.V. 75%	Solo cavera (20%)	total amostra	%
	3181,88	1093,12	4275,00	
finos	95,46	579,35	674,81	15,00
areia	3086,43	513,77	3600,19	80,00
total	3181,88	1093,12		95,00
Cinza (5%)	225			
umidade higroscópica	w% entrada	M. S. úmido	w% entrada	M. S. úmido
Solo Caverá	7,084244708	1170,556619	6,756492934	1166,973907
Solo Manoel Viana	0,196398634	3188,131674	1,561432092	3231,565434
		4583,688292		4623,539341

Solo Caverá					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
257	14,1	65,9	62,6	6,804123711	
165	15,3	82,9	78,4	7,131537242	7,084244708
18b	15,4	72,6	68,7	7,317073171	
solo Manoel Viana					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
79	17,1	85,1	85	0,147275405	
a3	16,5	91,1	91	0,134228188	0,196398634
25	18,5	83,7	83,5	0,307692308	
Massa umida	W% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
4583,688	12	4275,00	308,688	513	204,3117

Solo Caverá					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
a5	14,4	65,7	62,3	7,098121086	
a111	14,2	55,4	52,9	6,45994832	6,756492934
10	18,3	97,8	92,8	6,711409396	
solo Manoel Viana					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media(w%)
224	16,5	83,8	82,3	2,279635258	
58	18,1	115,9	114,1	1,875	1,561432092
51	21,5	116,4	115,9	0,529661017	
Massa umida	W% Comp M	Massa seca	Massa H2O	M h2o w% o	H2O adicional
4623,539	12	4275,00	348,539	513	164,4607

3º corpo prova	2	Umidade Testada	12,8	3º corpo prova	2	Umidade Testada	12,8
Cápsula N	101	215		Cápsula N	a3	257	153
Cápsula (g)	21,9	18,4		Cápsula (g)	16,6	14,1	14
Cáp. + Solo úmido (g)	89,8	90,5		Cáp. + Solo úmido (g)	68,3	72,9	62,8
Cápsula + Solo Seco (g)	82,3	82,4		Cápsula + Solo Seco (g)	62,1	65,8	57
Umidade (%)	12,42	12,66		Umidade (%)	13,63	13,73	13,49
Umidade media (%)		12,54		Umidade media (%)		13,62	
3º corpo prova	2	Umidade Testada	12,8				
Cápsula N	51	a111	248				
Cápsula (g)	21,5	14,2	14,3				
Cáp. + Solo úmido (g)	100,4	73,9	75,7				
Cápsula + Solo Seco (g)	92,3	67,8	69,4				
Umidade (%)	11,44	11,38	11,43				
Umidade media (%)		11,42					

Moldes	0	0	0
altura do Disco Separador (Dsep) (cm)	6,39	6,39	6,39
diâmetro do Dsep (cm)	15	15	15
altura total do molde (cm)	17,79	17,77	17,81
altura do CP (cm)	11,4	11,38	11,42
Vol. Do CP (cm³)	2014,55	2011,01	2018,08
Massa do Molde + Dsep (g)	17120	17280	17320
Solo+Molde+Dsep (g)	20950	21100	21060
Massa do Solo Úmido (g)	3830	3820	3740
Massa Esp. Úmida Compac. (g/cm³)	1,90	1,90	1,85
Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	1,689	1,672	1,683
Teor de Umidade Medido (%)	12,537	13,616	11,416
Umidade Testada (estimada %)	12,8	5	5

APÊNDICE C6 – Tabelas de Compactação do Tratamento M6 (85% de areia + 10% de solo fino + 5% CCA) para ISC

Entrada proporções	0,8495	0,1505		
Total amostra (g)	areia M.V. 85%	Solo caverá (10%)	total amostra	
	3631,61	643,39	4275,00	%
finos	108,95	341,00	449,94	10,00
areia	3522,66	302,39	3825,06	85,00
total	3631,61	643,39	4275,00	95,00
Cinza (5%)	225			
umidade higroscópica	w% entrada	M. S. úmido	w% entrada	M. S. úmido
Solo Caverá	7,084244708	688,9666449	6,756492934	686,857931
Solo Manoel Viana	0,196398634	3638,744937	1,561432092	3688,317663
		4552,711582		4600,175594

Solo Caverá					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media (w%)
257	14,1	65,9	62,6	6,804123711	7,084244708
165	15,3	82,9	78,4	7,131537242	
18b	15,4	72,6	68,7	7,317073171	
solo Manoel Viana					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media (w%)
79	17,1	85,1	85	0,147275405	0,196398634
a3	16,5	91,1	91	0,134228188	
25	18,5	83,7	83,5	0,307692308	
Massa umida	W% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	Mh2o w% o	H2O adicional
4552,712	10,3	4500,00	52,712	463,5	410,7884

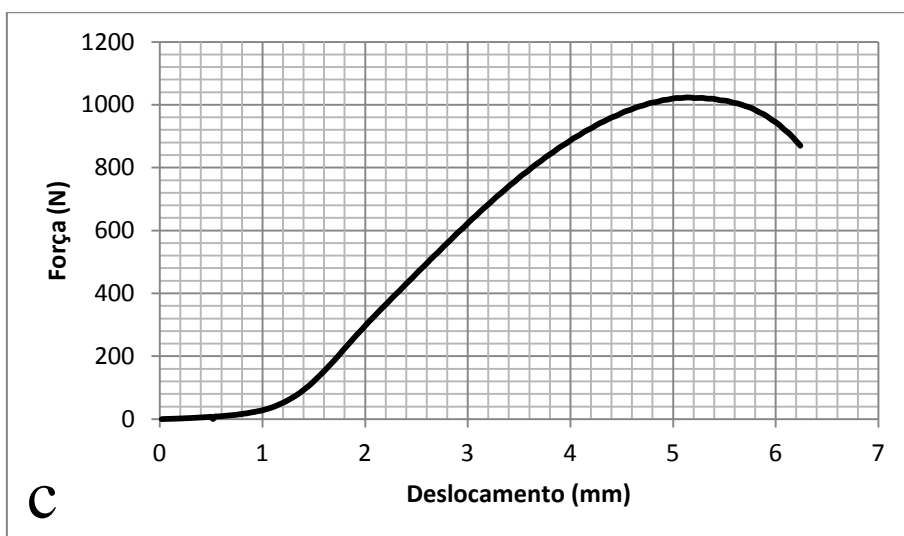
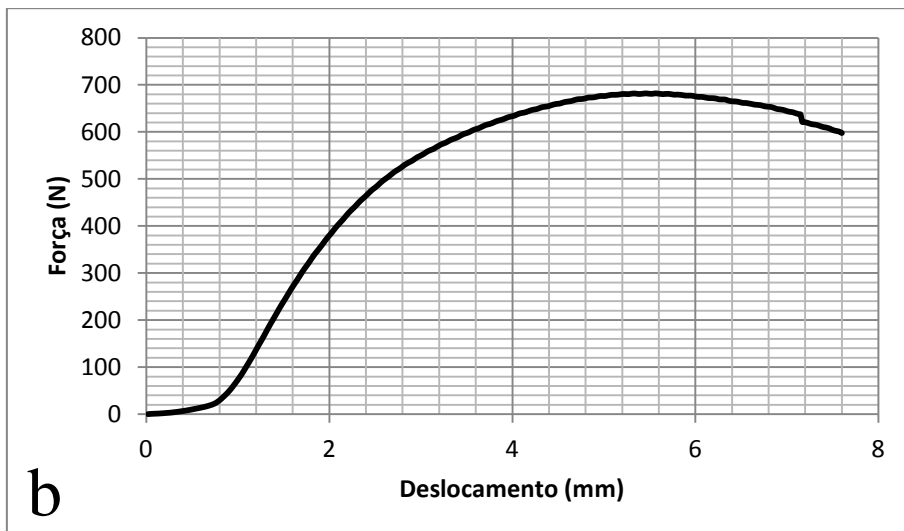
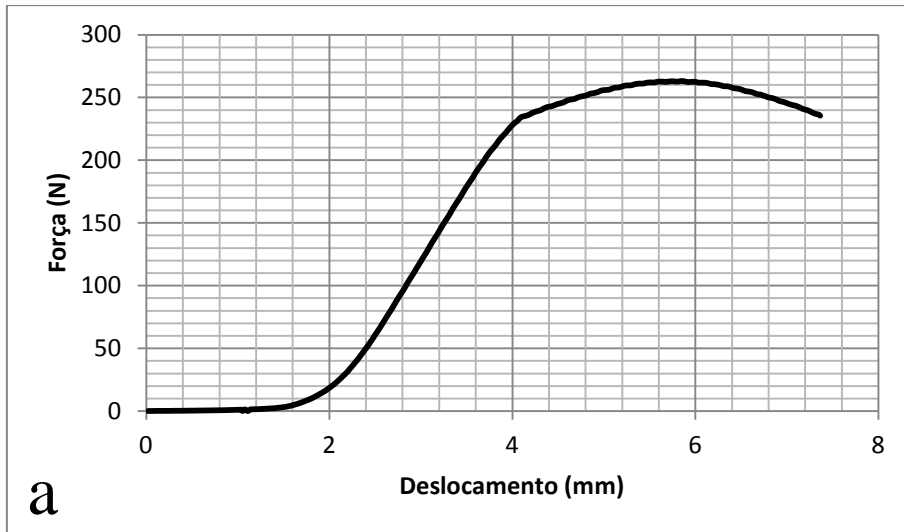
3º corpo prova	2	Umidade Testada	12,8	3º corpo prova	2	Umidade Testada	12,8
Cápsula N	b91	54	246	Cápsula N	233	154	17
Cápsula (g)	17,6	18,2	14,2	Cápsula (g)	14,1	14,8	17,6
Cáp. + Solo úmido (g)	88,9	88,6	89,5	Cáp. + Solo úmido (g)	89	86,2	73,6
Cápsula + Solo Seco (g)	82,8	82,4	82,9	Cápsula + Solo Seco (g)	82,6	80	68,7
Umidade (%)	9,36	9,66	9,61	Umidade (%)	9,34	9,51	9,59
Umidade media (%)		9,54		Umidade media (%)		9,48	

3º corpo prova	2	Umidade Testada	12,8
Cápsula N	58	10	224
Cápsula (g)	18	18,2	16,2
Cáp. + Solo úmido (g)	79,7	87	88,8
Cápsula + Solo Seco (g)	74,2	80,5	82,3
Umidade (%)	9,79	10,43	9,83
Umidade media (%)		10,02	

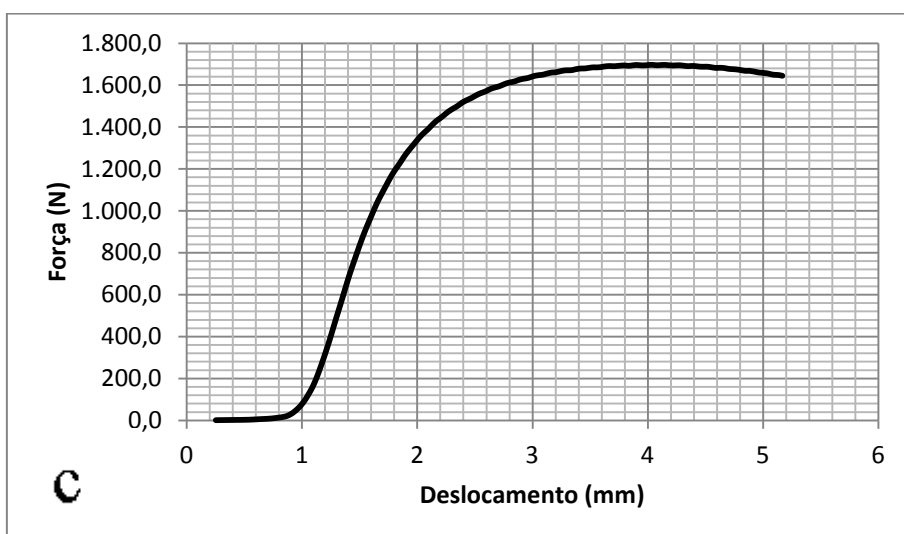
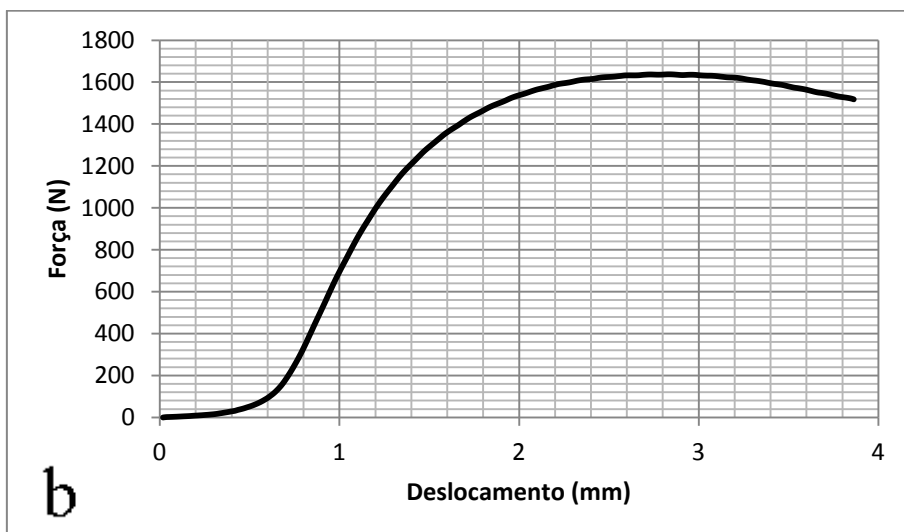
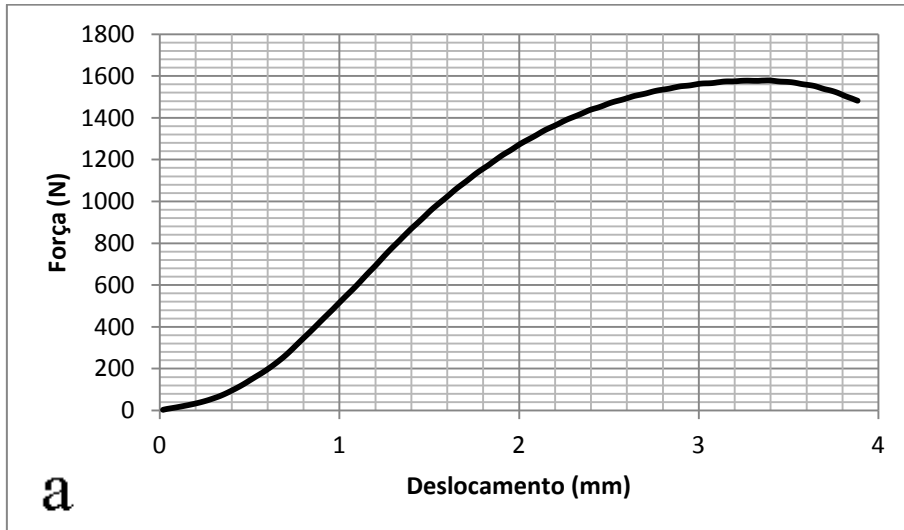
Solo Caverá					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media (w%)
a5	14,4	65,7	62,3	7,098121086	6,756492934
a111	14,2	55,4	52,9	6,45994832	
10	18,3	97,8	92,8	6,711403936	
solo Manoel Viana					
capsula	PC (g)	PC + SU (g)	PC + SS (g)	Umidade (w%)	Um Media (w%)
224	16,5	83,8	82,3	2,279635258	1,561432092
58	18,1	115,9	114,1	1,875	
51	21,5	116,4	115,9	0,529661017	
Massa umida	W% Comp Max	Massa seca	Massa H2O	Mh2o w% o	H2O adicional
4600,176	10,3	4500,00	100,176	463,5	363,3244

Moldes	0	0	0
altura do Disco Separador (Dsep) (cm)	6,39	6,39	6,39
diâmetro do Dsep (cm)	15	15	15
altura total do molde (cm)	17,77	17,74	17,74
altura do CP (cm)	11,38	11,35	11,35
Vol. Do CP (cm³)	2011,01	2005,71	2005,71
Massa do Molde + Dsep (g)	17160	17200	17360
Solo+Molde+Dsep (g)	20570	20660	21000
Massa do Solo Umido (g)	3410	3460	3640
Massa Esp. Umida Compac. (g/cm³)	1,70	1,73	1,81
Massa Esp. Seca Compac. (g/cm³)	1,548	1,576	1,650
Teor de Umidade Medido (%)	9,540	9,480	10,018
Umidade Testada (estimada %)	10,8	10,8	10,8

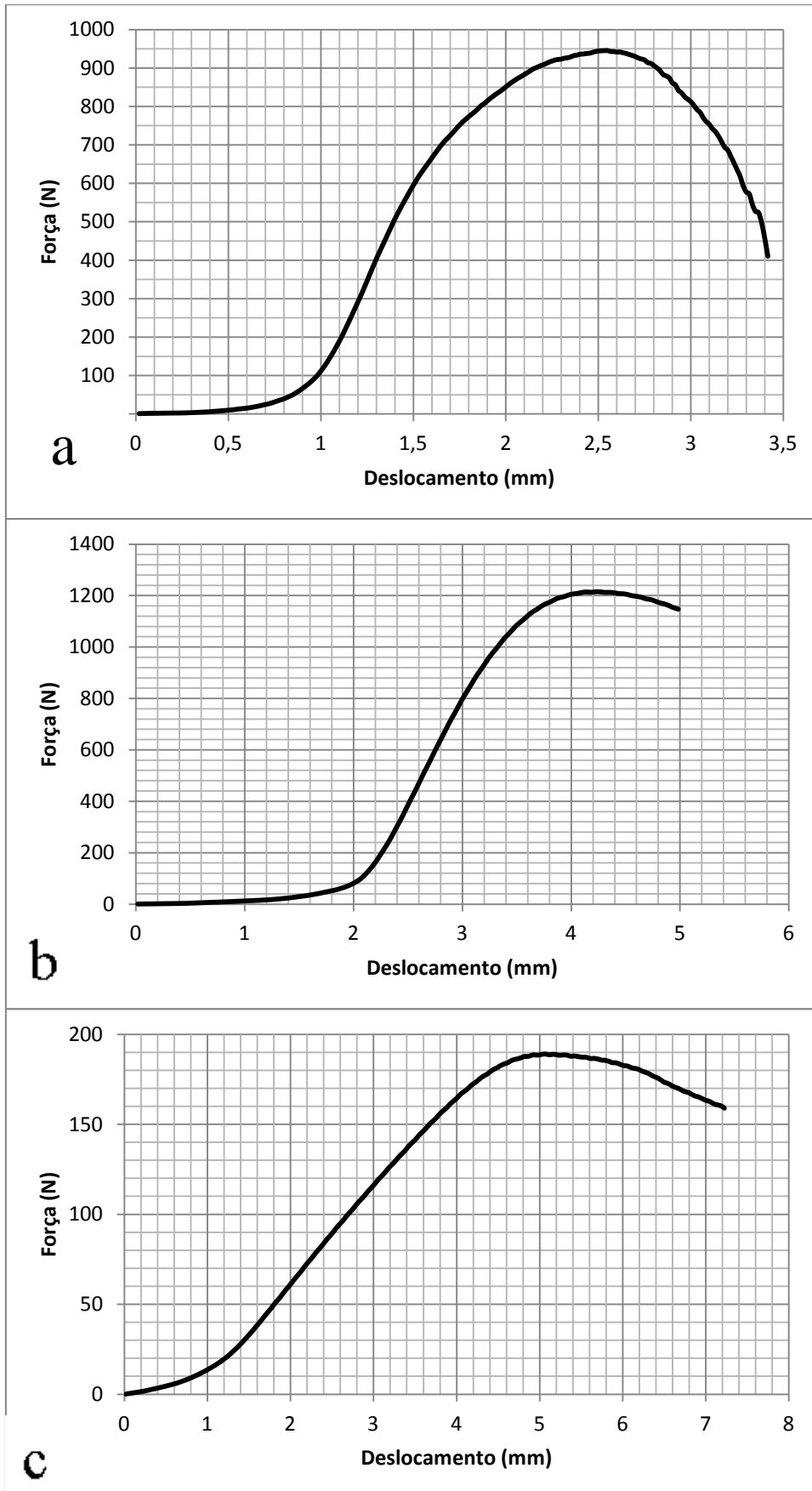
APÊNDICE B7.1 – Gráficos de Ruptura do tratamento M1 (75% Areia+25% solo fino). CP1 (a), CP2 (b) e CP3(c) do ensaio de RCS



APÊNDICE B7.2 – Graficos de Ruptura do tratamento M1 (75% Areia+25% solo fino). CP4 (a), CP5 (b) e CP6(c) do ensaio de RCS

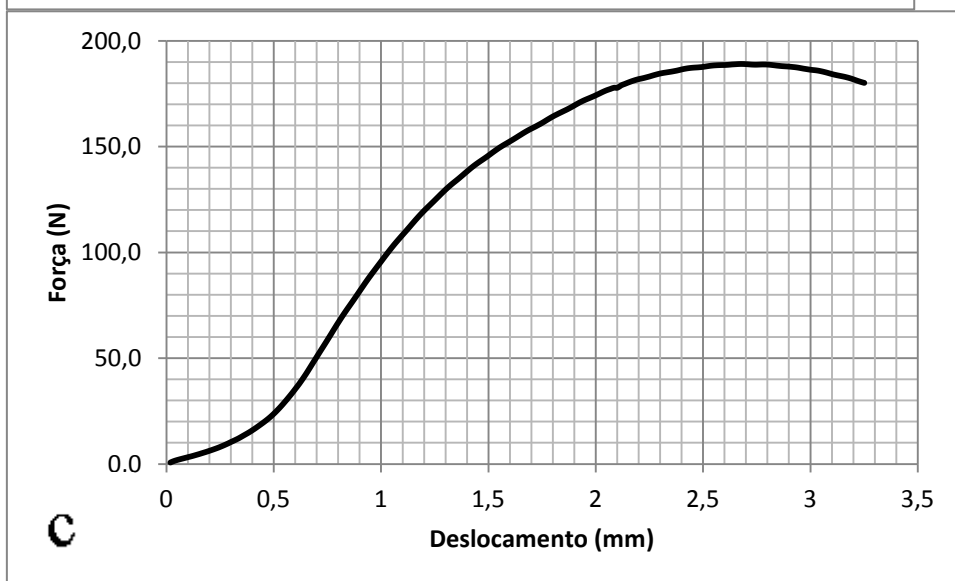
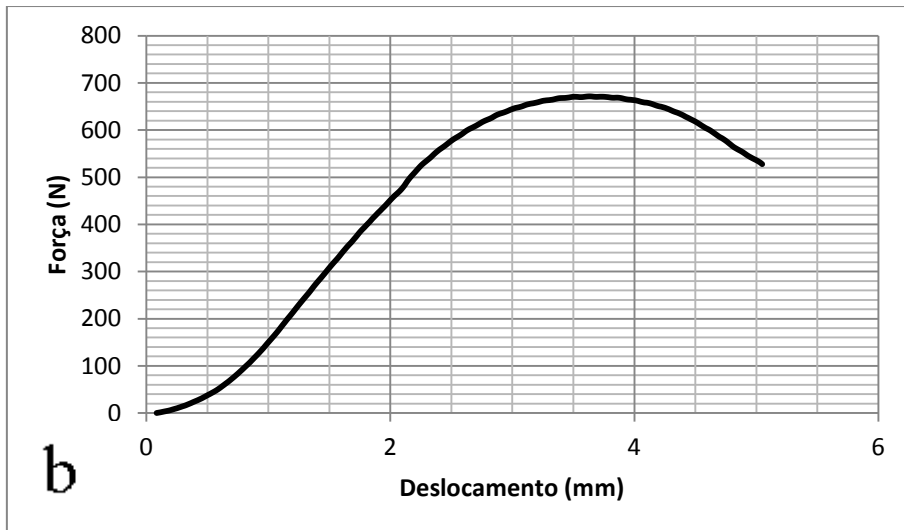
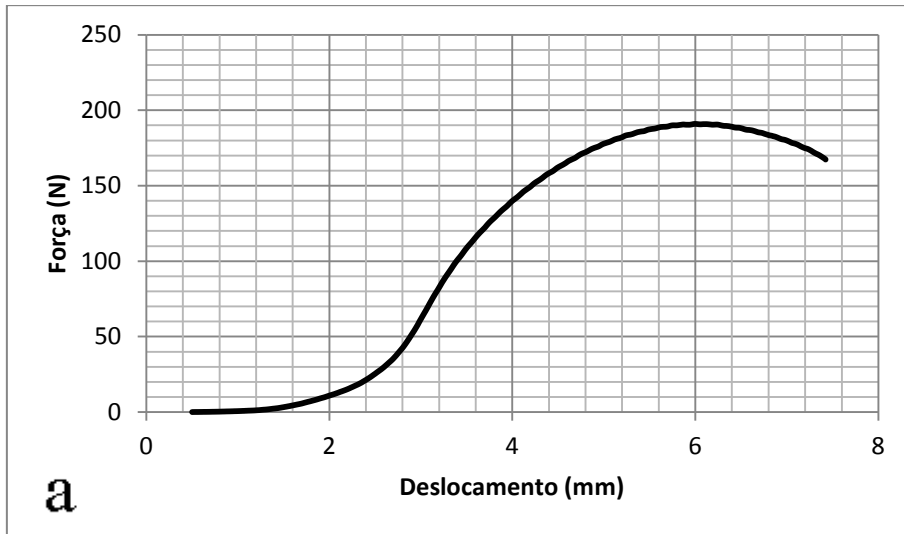


APÊNDICE B8.1 – Gráficos de Ruptura do tratamento M2 (80% Areia+20% solo fino). CP1 (a), CP2 (b) e CP3(c) do ensaio de RCS

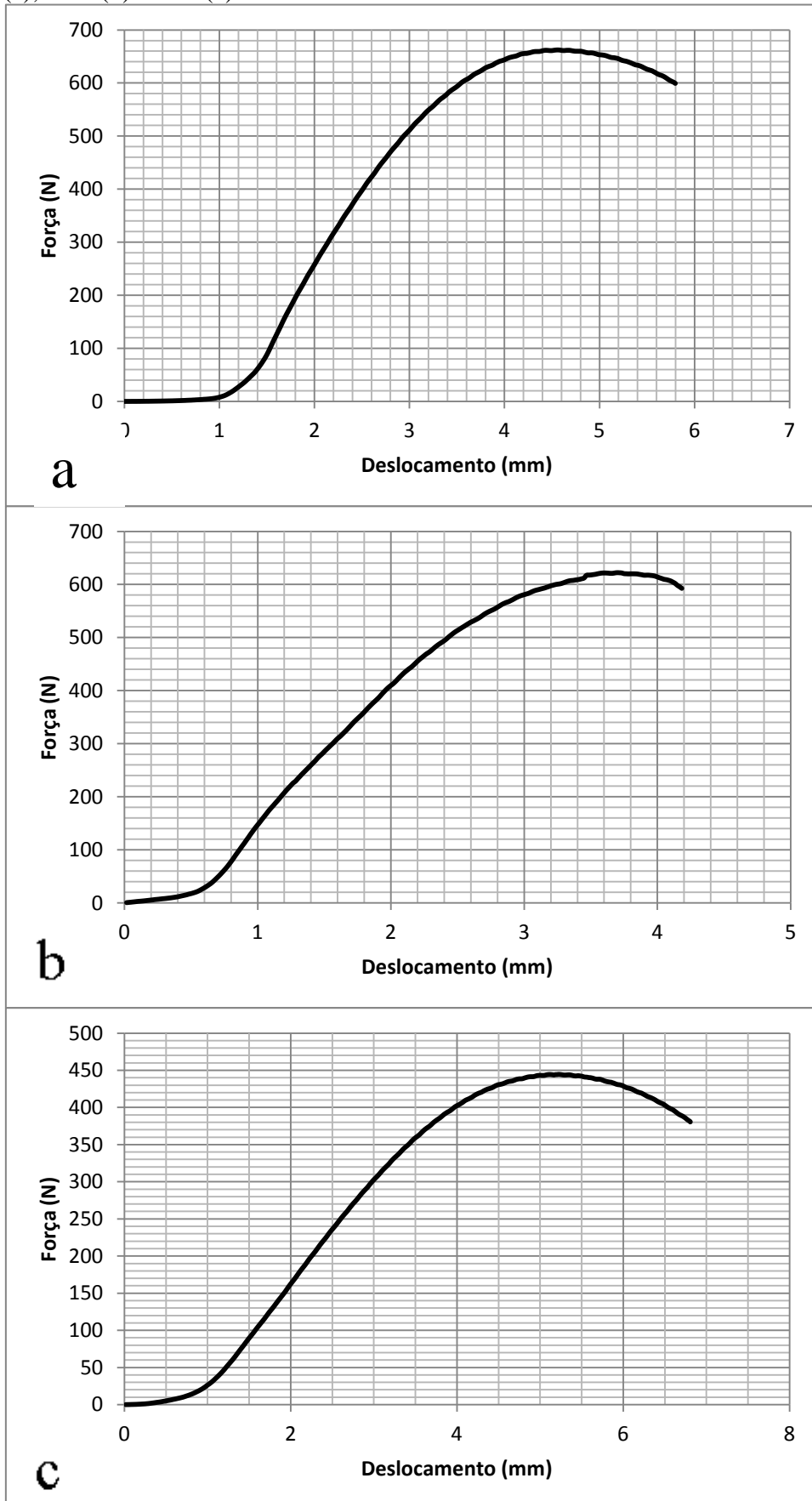




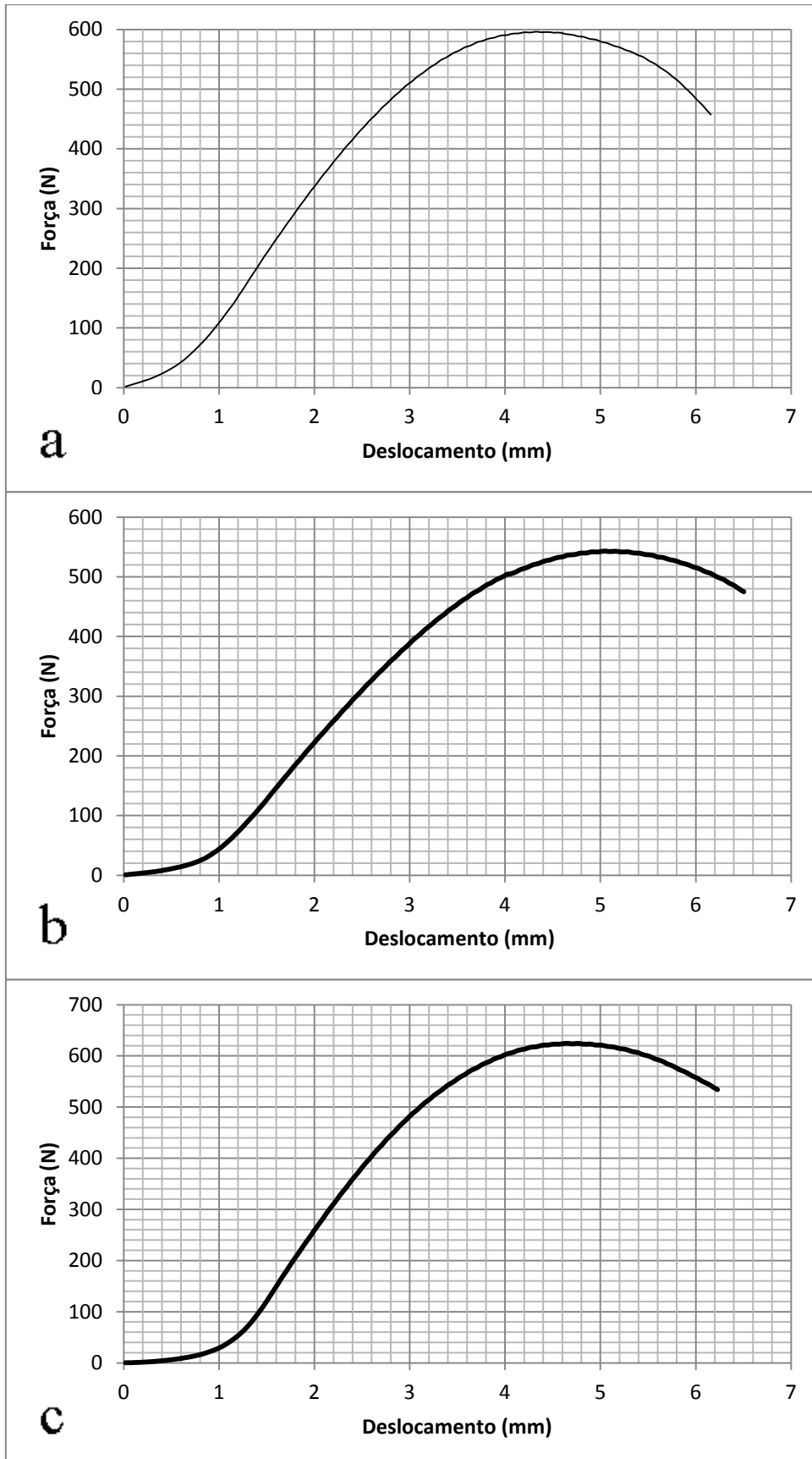
APÊNDICE B8.2 – Gráficos de Ruptura do tratamento M2 (80% Areia+20% solo fino). CP4 (a), CP5 (b) e CP6(c) do ensaio de RCS



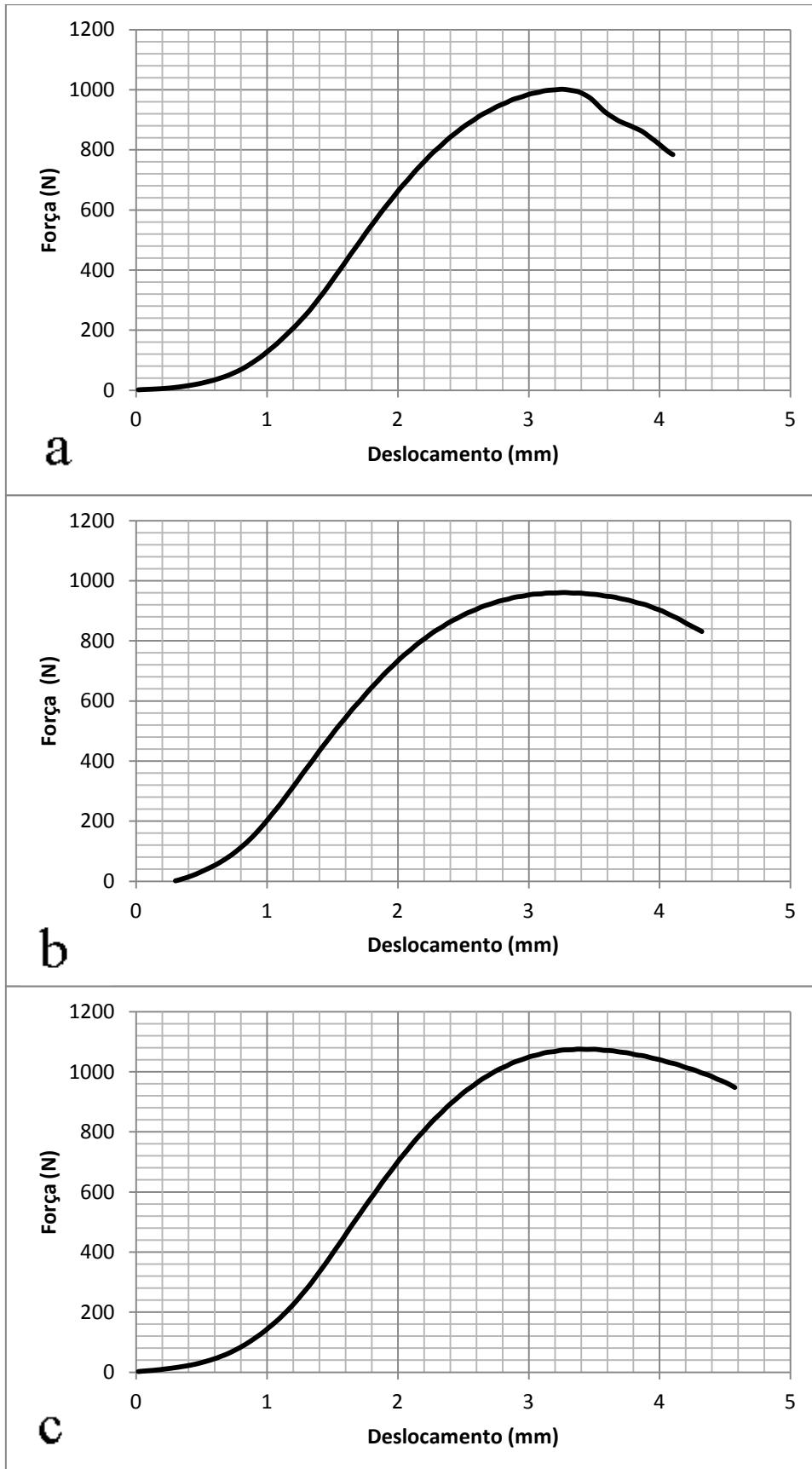
APÊNDICE B9.1 – Gráficos de Ruptura do tratamento M3 (85% Areia+15% solo fino). CP1 (a), CP2 (b) e CP3(c) do ensaio de RCS



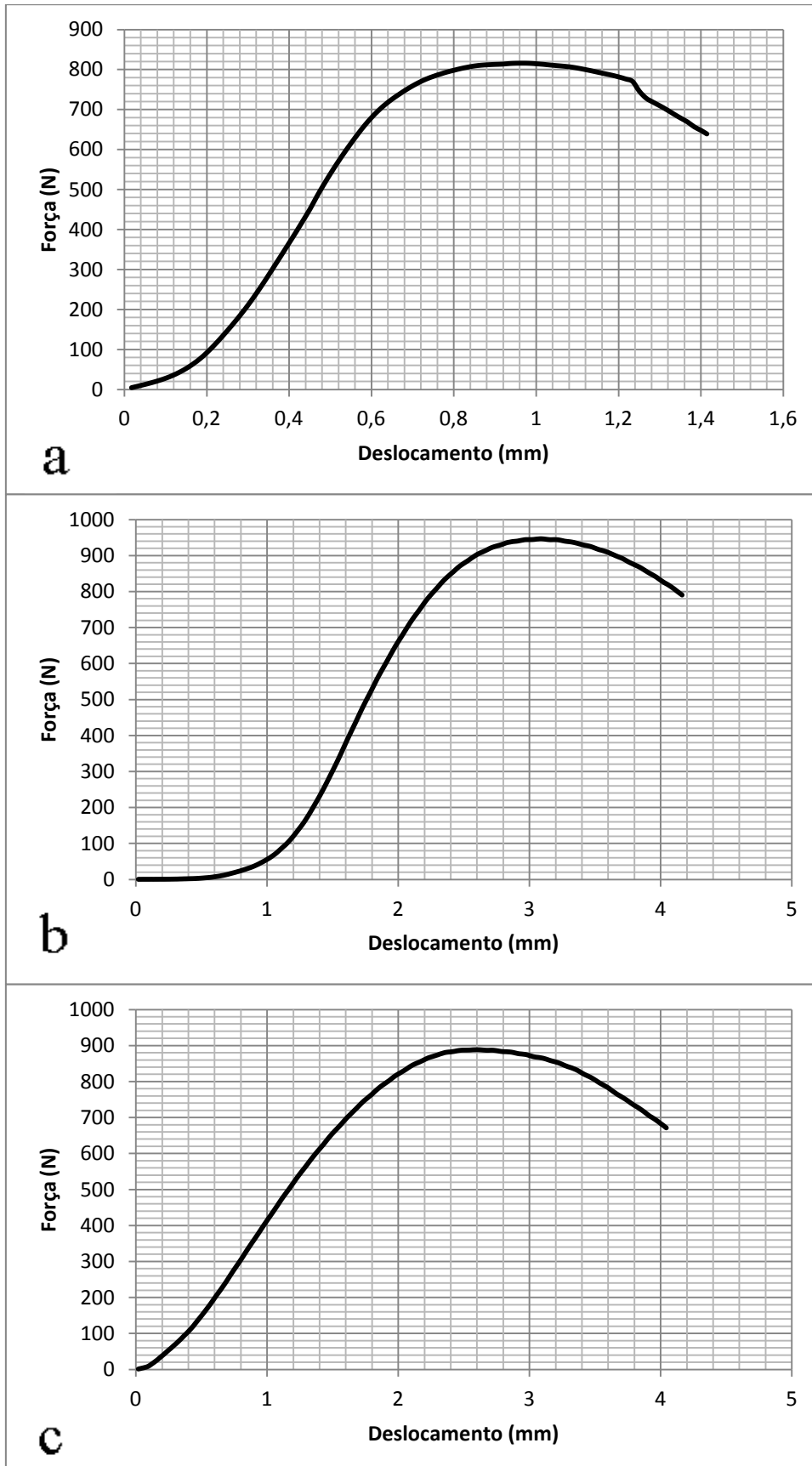
APÊNDICE B9.2 – Gráficos de Ruptura do tratamento M3 (85% Areia+15% solo fino). CP4 (a), CP5 (b) e CP6(c) do ensaio de RCS



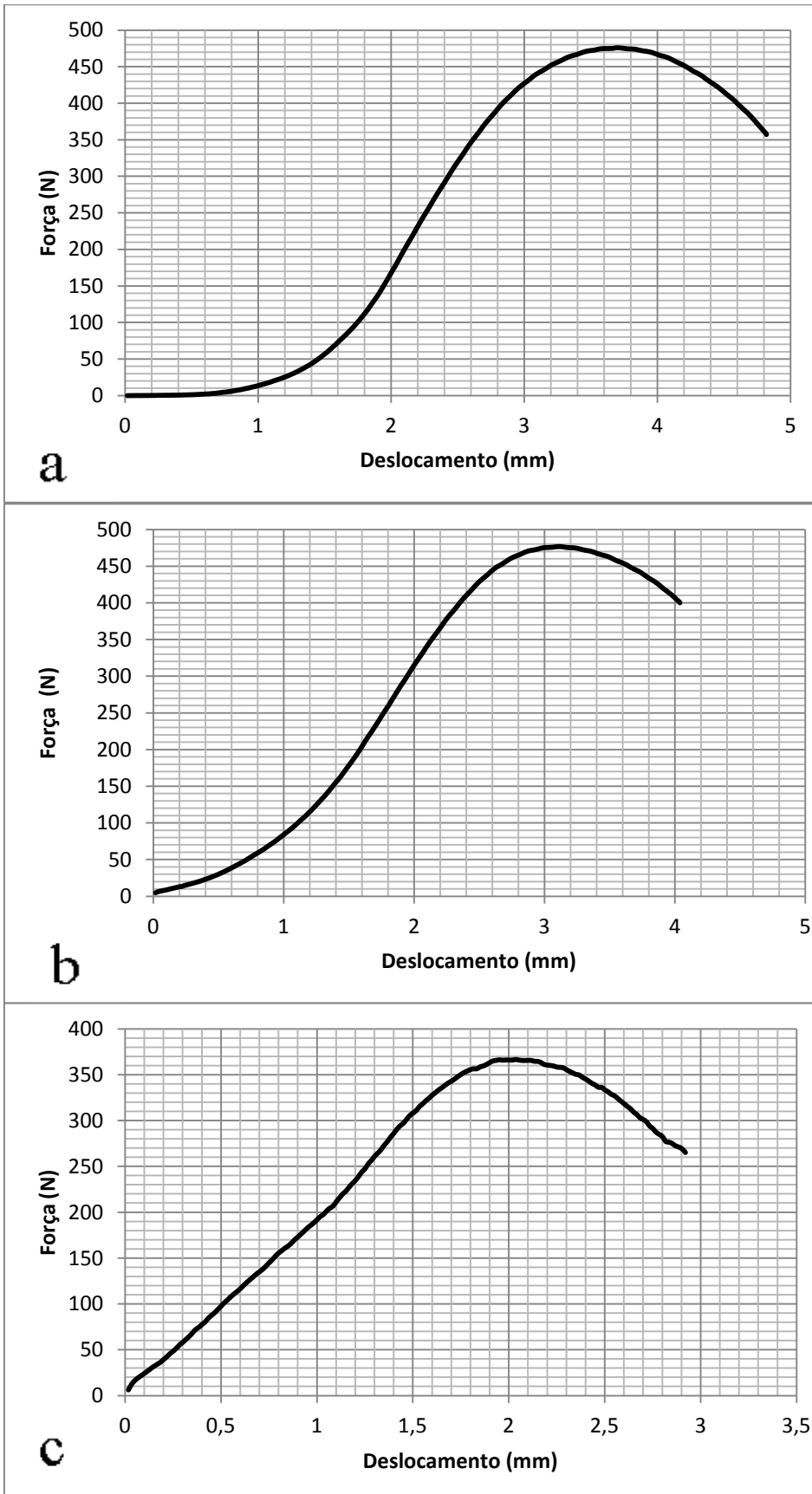
APÊNDICE B10 – Gráficos de Ruptura do tratamento M4 (75% Areia+20% solo fino+5% CCA). CP1 (a), CP2 (b) e CP3(c) do ensaio de RCS



APÊNDICE B11 – Gráficos de Ruptura do tratamento M5 (80% Areia+15% solo fino+5% CCA). CP1 (a), CP2 (b) e CP3(c) do ensaio de RCS



APÊNDICE B12 – Gráficos de Ruptura do tratamento M6 (85% Areia+10% solo fino+5% CCA). CP1 (a), CP2 (b) e CP3(c) do ensaio de RCS



APÊNDICE B13 – Quadros de Umidade (a), Massa Específica Seca Compactada (b) Data de Compactação (c) e Data de Ruptura (d) dos corpos de prova rompidos nos ensaios de RCS.

RCS						
Umidade (%)	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Cp1	13,026	12,174	11,463	10,861	10,477	9,613
Cp2	12,033	12,438	11,235	11,599	10,342	9,750
Cp3	12,021	9,982	12,398	11,659	10,099	9,731
Cp4	13,615	10,571	10,444			
Cp5	12,693	10,706	10,449			
Cp6	12,169	10,184	11,161			

Quadro a. Umidade na hora da compactação dos CPs utilizados para o ensaio de RCS.

RCS						
Massa Esp. Seca Comp. (g. cm <sup>-3</sup> )	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Cp1	1,787	1,852	1,811	1,634	1,659	1,649
Cp2	1,758	1,860	1,814	1,643	1,662	1,629
Cp3	1,800	1,796	1,797	1,646	1,712	1,628
Cp4	1,752	1,814	1,816			
Cp5	1,849	1,789	1,835			
Cp6	1,826	1,777	1,823			

Quadro b. Massa Específica Seca Compactada dos CPs utilizados para o ensaio de RCS

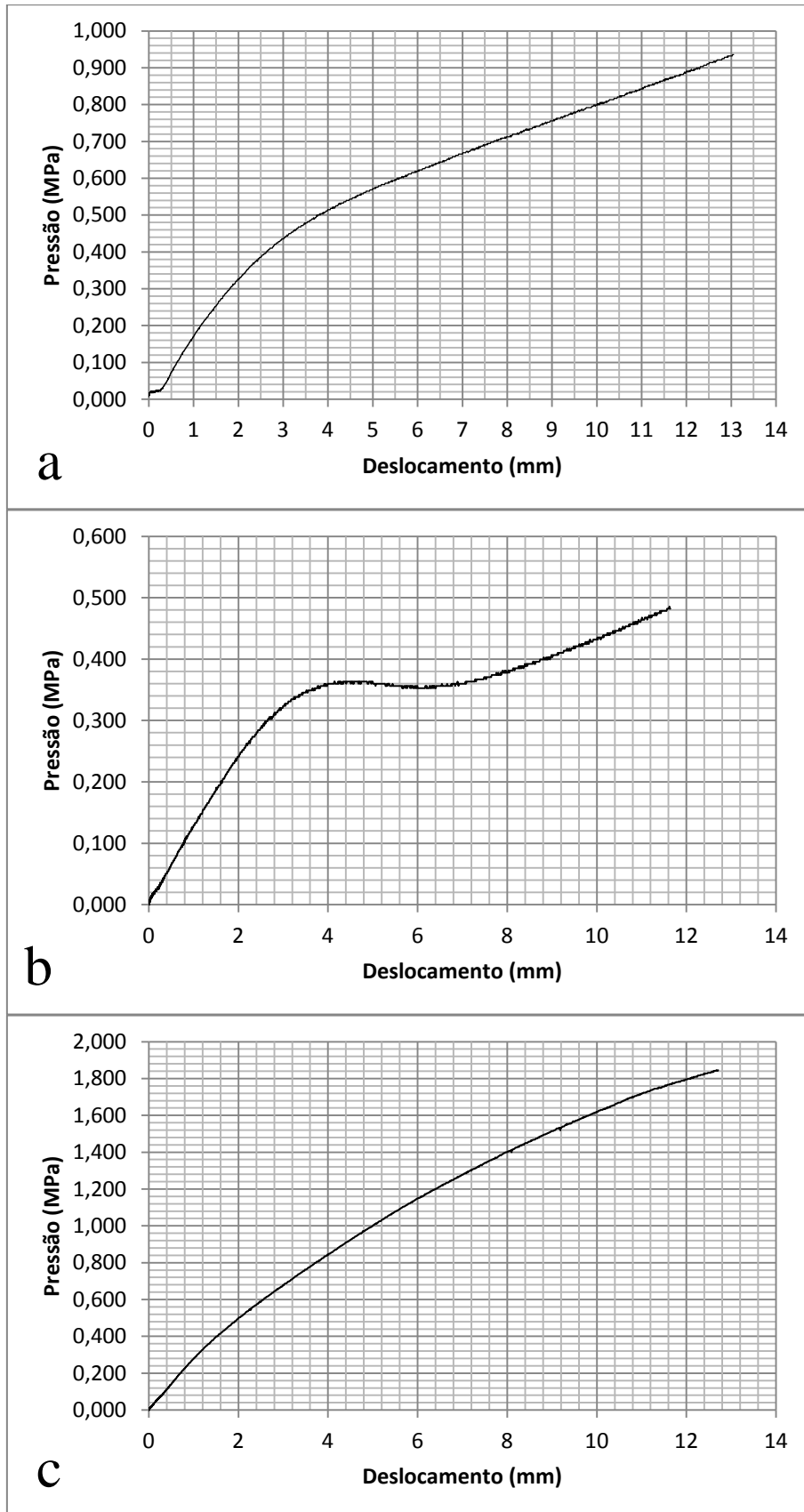
RCS						
Data de Compactação	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Cp1	19/out	20/out	11/nov	13/nov	14/nov	15/nov
Cp2	19/out	20/out	11/nov	13/nov	14/nov	15/nov
Cp3	19/out	20/out	11/nov	13/nov	14/nov	15/nov
Cp4	19/out	20/out	11/nov			
Cp5	19/out	20/out	11/nov			
Cp6	19/out	20/out	11/nov			

Quadro c. Data da Compactação dos CPs utilizados para o ensaio de RCS.

RCS						
Data da Ruptura	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Cp1	22/nov	22/nov	22/nov	25/nov	25/nov	25/nov
Cp2	22/nov	22/nov	25/nov	25/nov	25/nov	25/nov
Cp3	22/nov	22/nov	25/nov	25/nov	25/nov	25/nov
Cp4	22/nov	22/nov	25/nov			
Cp5	22/nov	22/nov	25/nov			
Cp6	22/nov	22/nov	25/nov			

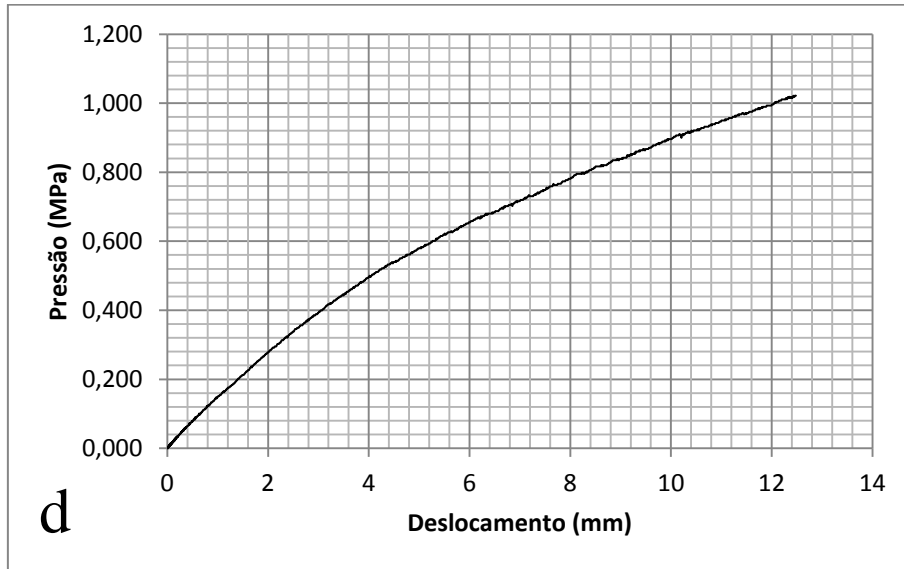
Quadro d. Data da Ruptura dos CPs utilizados para o ensaio de RCS.

APÊNDICE C7.1 – Gráficos de Ruptura do tratamento M1 (75% Areia+25% solo fino). CP1 (a), CP2 (b) e CP3(c) do ensaio de ISC

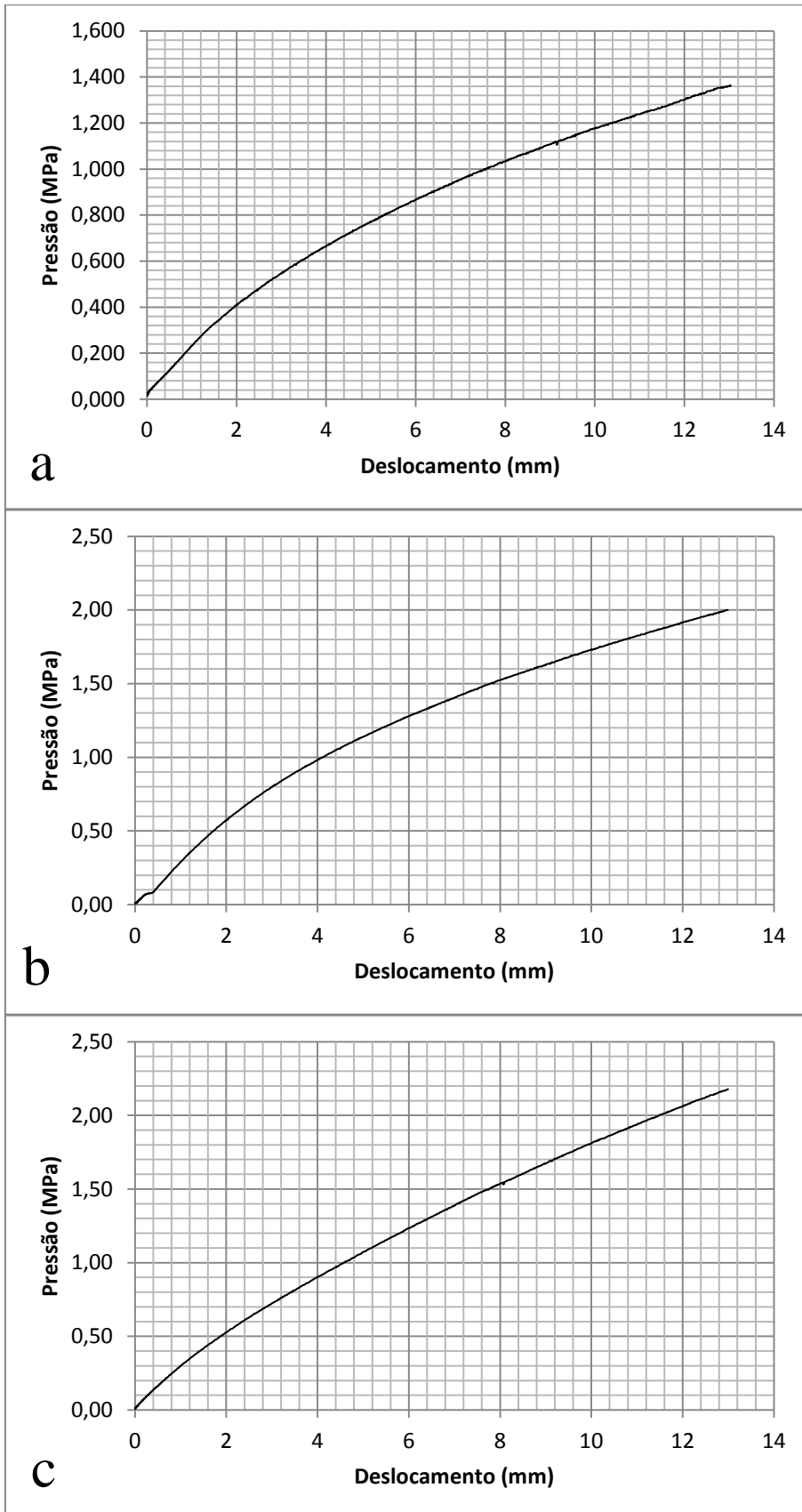




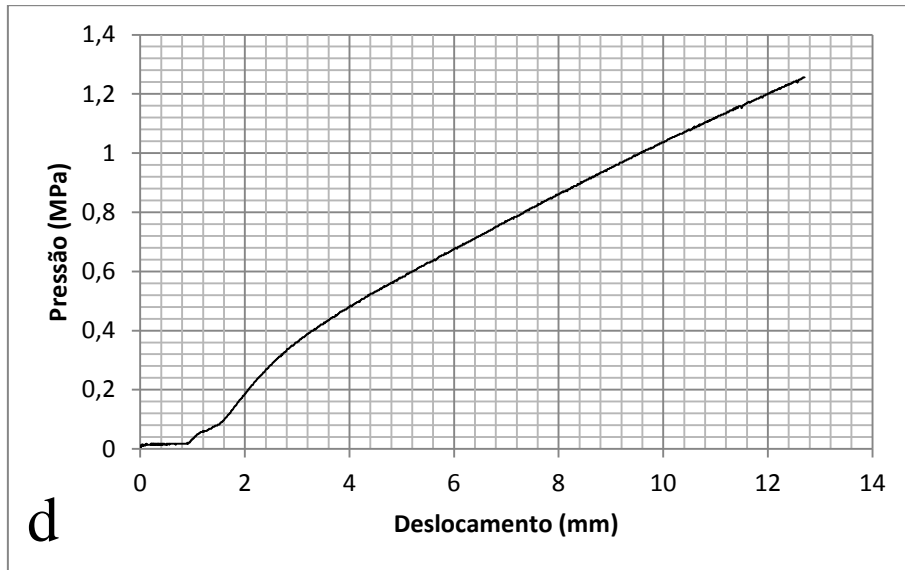
APÊNDICE C7.2 – Gráfico de Ruptura do tratamento M1 (75% Areia+25% solo fino). CP4  
(d) do ensaio de ISC



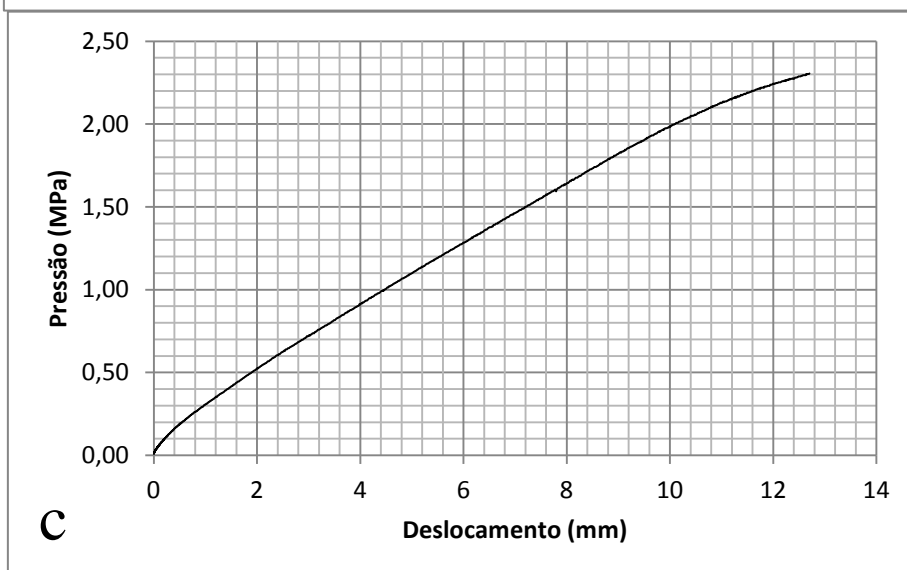
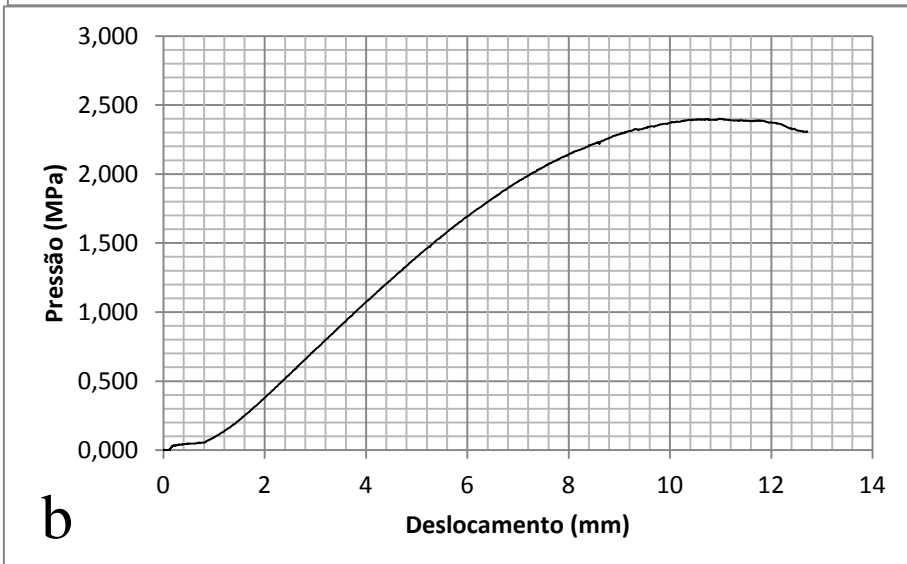
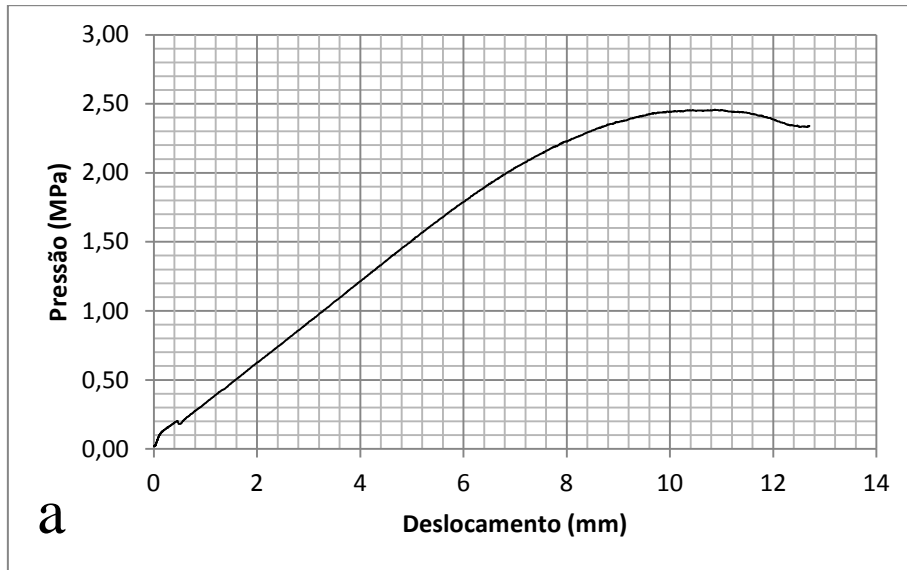
APÊNDICE C8.1 – Gráficos de Ruptura do tratamento M2 (80% Areia+20% solo fino). CP1 (a), CP2 (b) e CP3(c) do ensaio de ISC



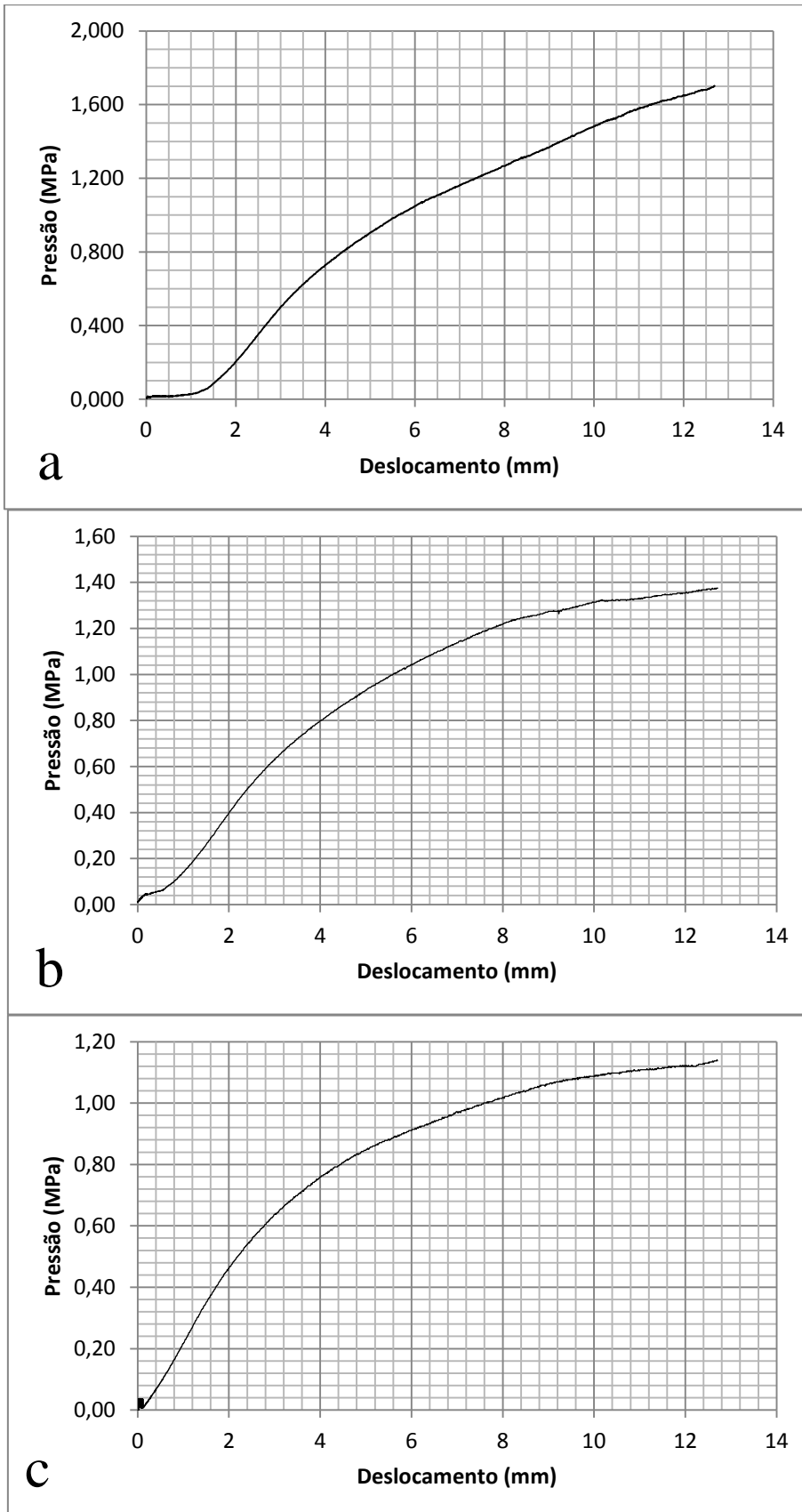
APÊNDICE C8.2 – Gráfico de Ruptura do tratamento M2 (80% Areia+20% solo fino). CP4  
(d) do ensaio de ISC



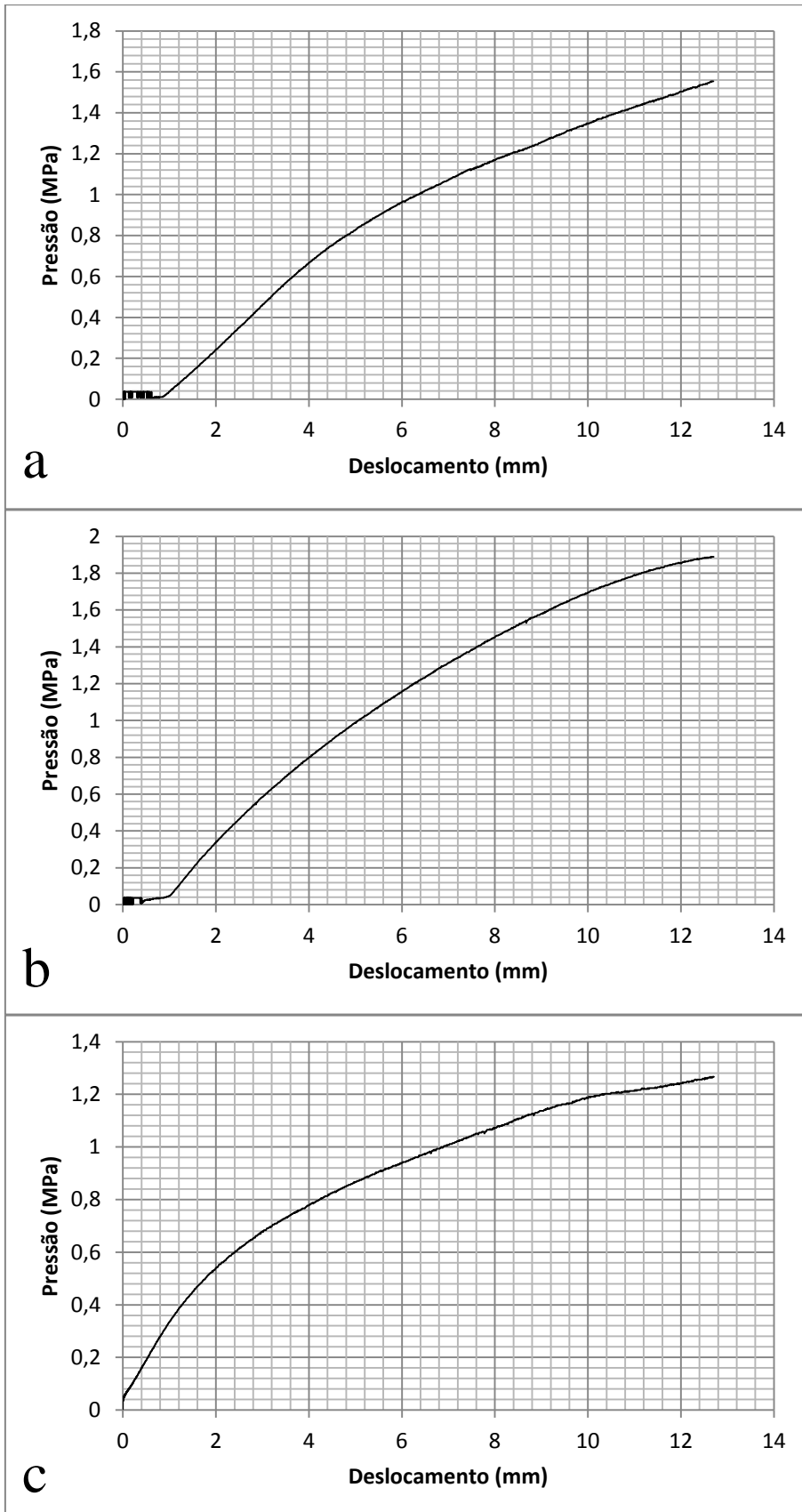
APÊNDICE C9 – Gráficos de Ruptura do tratamento M3 (85% Areia+15% solo fino). CP1 (a), CP2 (b) e CP3(c) do ensaio de ISC



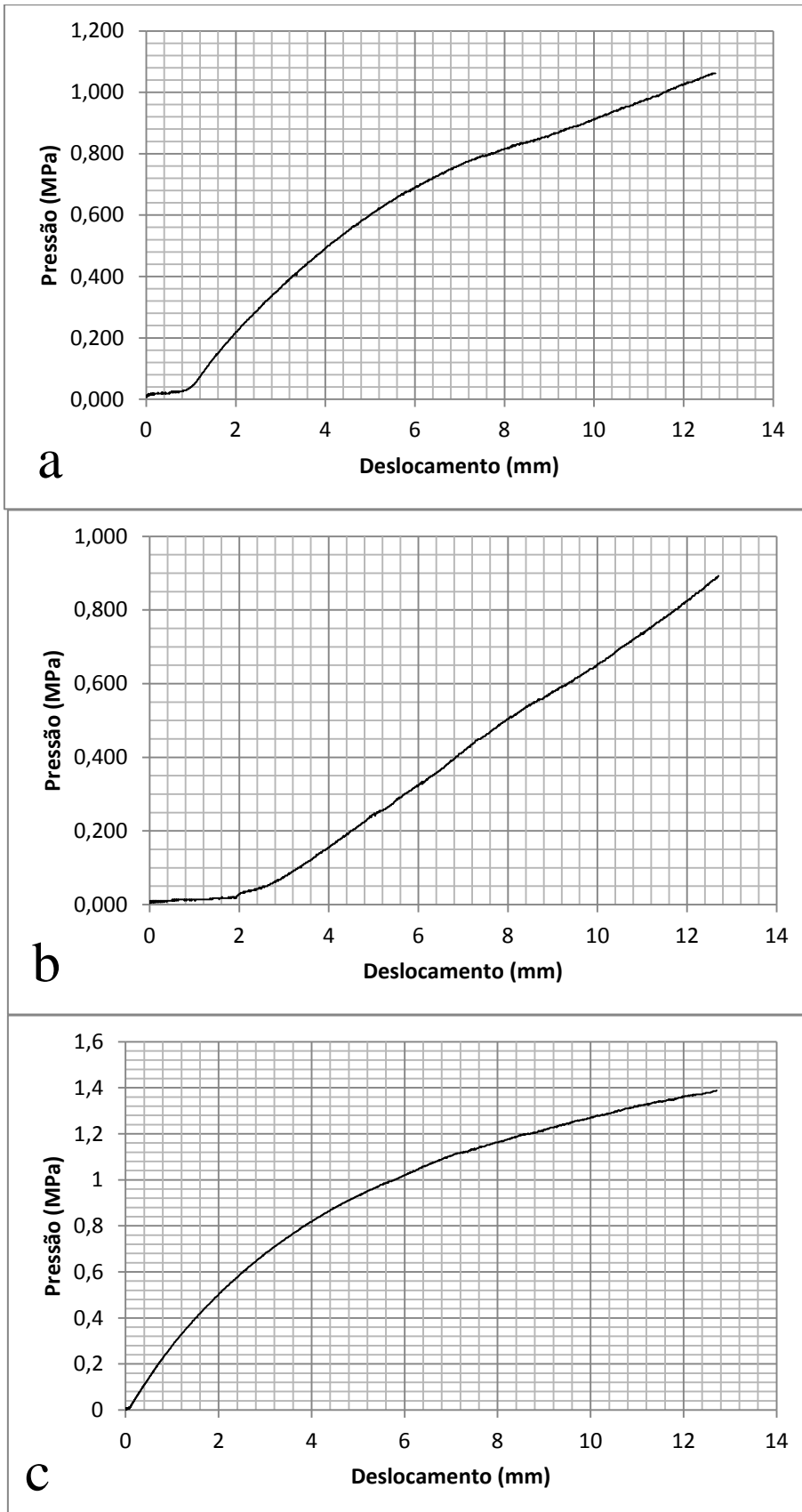
APÊNDICE C10 – Gráficos de Ruptura do tratamento M4 (75% Areia+20% solo fino+ 5% CCA). CP1 (a), CP2 (b) e CP3(c) do ensaio de ISC



APÊNDICE C11 – Gráficos de Ruptura do tratamento M5 (80% Areia+15% solo fino+ 5% CCA). CP1 (a), CP2 (b) e CP3(c) do ensaio de ISC



APÊNDICE C12 – Gráficos de Ruptura do tratamento M6 (85% Areia+10% solo fino+ 5% CCA). CP1 (a), CP2 (b) e CP3(c) do ensaio de ISC



APÊNDICE C13 – Quadros de umidade (a), Massa específica seca compactada (b) Data de compactação (c) e Data de Ruptura (d) dos corpos de prova utilizados no ensaio de ISC.

ISC						
Umidade	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Cp1	10,974	12,413	11,378	12,29	12,537	9,54
Cp2	12,514	12,33	11,607	12,344	13,616	9,48
Cp3	12,975	12,591	11,846	13,045	1,418	10,018
Cp4	12,313	12,633				

Quadro a. Umidade na hora da Compactação dos CPs utilizados para o ISC.

ISC						
Massa Esp. Seca Comp.	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Cp1	1,725	2,031	2,003	1,759	1,689	1,7
Cp2	1,78	1,727	1,866	1,655	1,672	1,73
Cp3	1,806	1,778	1,963	1,596	1,663	1,81
Cp4	1,842	1,863				

Quadro b. Massa Específica Seca Compactada dos CPs utilizados para o ensaio de ISC

ISC						
Data de Compactação	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Cp1	16/nov	23/nov	28/nov	28/nov	28/nov	28/nov
Cp2	16/nov	23/nov	28/nov	28/nov	28/nov	28/nov
Cp3	21/nov	23/nov	29/nov	29/nov	29/nov	29/nov
Cp4	21/nov	23/nov				

Quadro c. Data da Compactação dos CPs utilizados para o ensaio de ISC.

ISC						
Data da Ruptura	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Cp1	20/nov	27/nov	02/dez	02/dez	02/dez	02/dez
Cp2	20/nov	27/nov	02/dez	02/dez	02/dez	02/dez
Cp3	25/nov	27/nov	03/dez	03/dez	03/dez	03/dez
Cp4	25/nov	27/nov				

Quadro d. Data da Ruptura dos CPs utilizados para o ensaio de ISC.