

**MELHORIAS DE SOLOS EÓLICOS DA REGIÃO DA CAMPANHA
GAÚCHA SOB ADIÇÃO DE CIMENTO**

Luciéle Bilhalva Campagnolo ¹; Wilber Feliciano Chambi Tapahuasco ²; Filipe Ribeiro de Almeida³; Lissara Polano Ody ⁴.

Resumo – A região da Campanha Gaúcha sofre com um problema ambiental que precisa de uma atenção especial, que é historicamente conhecida como arenização eólica, motivado principalmente por fatores naturais, mas intensificada pelo uso e manejo inadequado dos solos da região, acarretando em áreas propensas à disposição de sedimentos eólicos e, conseqüentemente, gerando areais quase sem vegetação e sem capacidade de utilização na agricultura. Em virtude disso, o objetivo deste trabalho é estudar o aproveitamento geotécnico dos solos eólicos que compõem os areais da região da campanha, visando a sua aplicação em edificações rurais. Para isso, inicialmente foram coletadas amostras de solos de três áreas distintas e distantes. Seguidamente, foram executados ensaios de caracterização e, também, foram aplicadas técnicas de melhoria nos solos sob a adição de cimento, permitindo assim, obter ganhos na resistência final. A utilização de cimento para estabilização dos solos é uma técnica bastante conhecida, porém pouco explorada na região dos municípios de Alegrete e Manoel Viana. Os resultados da pesquisa permitiram constatar que a adição de 12% de cimento nos solos dos areais, proporcionou uma melhoria na resistência mecânica, possibilitando assim, a sua utilização para fins de edificação de estradas rurais e confecção de tijolos maciços.

Abstract – the Gaúcha prairie region is affected by an environmental problem that needs special attention, which is historically known as aeolian arenization, mainly caused by natural factors, but enhanced by the use and improper management of the soils, causing susceptible areas at the disposal of aeolian sediments and, consequently, developing sand surface almost no vegetation and no capacity for agricultural use. The objective of this work is to the study geotechnical utilization of the soils that make up the aeolian sands of the prairie region, aiming at their application in rural buildings. Initially, soil samples were collected from three distinct and distant areas. then, geotechnical characterization tests were performed, also, improvement techniques were applied in the soils with the cement addition, in order to obtain improvements in the mechanical capacity and increase of the final resistance of the soils. The use of Portland cement for soils stabilization is a well-known technique, but little explored in the Alegrete and Manoel Viana cities. The results of the study showed that the addition of 12% cement to aeolian sand soils provides an improvement in mechanical strength, allowing its use in the construction of rural roads and the manufacture of massive bricks.

Palavras-Chave – areais; solo-cimento; resistência mecânica.

¹ Acadêmico em Engenharia Agrícola, Unipampa / IFFar: Alegrete – RS, (55) 996710333, campagnolo.lu@gmail.com

² DSc. Prof., Universidade Federal do Pampa: Alegrete - RS, (55) 34218400, wilbertapahuasco@unipampa.edu.br

³ Acadêmico em Engenharia Agrícola, Unipampa / IFFar: Alegrete – RS, (55) 999311952, fii1995@hotmail.com

⁴ Acadêmico em Engenharia Agrícola, Unipampa / IFFar: Alegrete – RS, (55) 996594984, lissaraody@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

A região da Campanha Gaúcha ao sudoeste do estado do Rio Grande do Sul é identificada como área de atenção especial (Ministério do Meio Ambiente, 1997) e sofre com um problema ambiental, caracterizado pelo processo de arenização.

Segundo Suertegaray (1987), entende-se como arenização, o processo de retrabalhamento de depósitos arenosos (pouco ou não consolidados) que promove nessas áreas dificuldade de fixar a vegetação, devido à mobilidade constante de sedimentos, associados a essa característica sabe-se que o solo não tem coesão, apresenta baixa resistência mecânica e é facilmente transportado pela força das águas e ventos. O processo é intensificado pela abrangência de práticas de mau uso e manejo inadequado do solo. Sabendo que, o setor agrícola é de suma importância para a economia da região, o trabalho realizado investiga e busca alternativas econômicas para as áreas arenizadas situadas nos municípios de Alegrete e Manoel Viana.

Os areais do Pampa são reconhecidos facilmente pelas manchas que se espalham, em lugares onde havia vegetação. Segundo Ribeiro (2013), para os agricultores e pecuaristas da região, os areais representam em certos casos, maior ou menor dificuldade para a realização de atividades ligadas ao uso do solo. Conforme Freitas et al. (2007), a busca de soluções para as questões dos areais, deve ser orientada no sentido de selecionar alternativas que permitam, além de recuperar as áreas afetadas, reintegrá-las ao processo produtivo para geração de algum rendimento.

Com o intuito de reduzir o impacto negativo dos areais ocasionados aos proprietários das terras, este trabalho pretende viabilizar o aproveitamento desses solos para fins de edificações rurais, tanto para confecção de tijolos, como na manutenção e construção de estradas rurais.

Segundo Pereira (1970), a utilização de cimento como aditivo é mais indicada para a estabilização de solos granulares e, em termos de resistência à compressão esta será mais elevada quanto maiores os teores em cimento utilizados, sendo que os solos arenosos atingem maiores resistências à compressão do que os argilosos, independentemente dos teores em cimento utilizados.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

As áreas de estudo estão situadas no sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, envolvendo as cidades de Alegrete e Manoel Viana. A primeira área está localizada no Deserto de São João, situado nas proximidades do 2º Distrito de Passo Novo, nas coordenadas 651702.83E; 6713021.21S. Já a segunda área de estudo está inserida no subdistrito do Durasnal, nas coordenadas 646164.12E; 6689770.13S. A última área correspondeu ao município de Manoel Viana (658099.16E; 6725295.36S).

Segundo EMBRAPA (1994), os solos que caracterizam essas áreas foram recentemente classificados como Neossolos Quartzarêncios Órticos. São solos novos, pouco desenvolvidos, muito frágeis e altamente susceptíveis à erosão hídrica e, quando expostos, à erosão eólica. A cobertura vegetal original é caracterizada de acordo com o bioma pampa, gramíneas de vegetação rasteira e pequenos arbustos.

As áreas têm como substrato o arenito da Formação Botucatu conforme Suertegaray (1987). Nesta formação Mesozóica assentam-se depósitos arenosos não consolidados, originados da deposição fluvial e eólica durante o Pleistoceno e Holoceno que ocorrem sobre unidades litológicas frágeis (depósitos arenosos) em áreas com baixas altitudes e declividades, assim origina-se os areais, com teores mínimos de argila e matéria orgânica.

Todas as áreas apresentam a mesma característica visual, altamente degradada conforme mostra a Figura 1.



Figura 1. (A) Área do São João; (B) Área de Durasnal; (C) Área de Manoel Viana.

As três áreas apresentam diferentes usos e recursos para a recuperação, na localidade do São João, foi realizado o plantio de Eucaliptos e Pinhos em torno e sobre o areal, conseguindo assim recuperar maior parte da área, mas o problema se intensifica no centro, no qual não se desenvolvem os plantios. No areal localizado no subdistrito do Durasnal, até o momento não apresenta proposta de recuperação, isso em virtude a extensão da área arenizada e devido aos poucos recursos econômicos dos proprietários, crescendo apenas no local, algumas plantas arbustivas. Já nos areais de Manoel Viana, estão sendo realizados estudos acadêmicos, a fim de conseguir recuperar a camada de solo que sofreu erosão, para utilização da área na agricultura e, também, minimizar o aumento da área arenizada. Dessa forma, a recuperação está sendo aplicada através da utilização de uma rotação de culturas, utilizando plantas de coberturas no inverno e soja/milho no verão.

3. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

Para as amostras de solos coletadas, foram executados no laboratório, testes de caracterização geotécnica, tais como o ensaio de granulometria pelo método do peneiramento (NBR 7181, 1984). Seguidamente, foram definidas as curvas de granulometria e, através das Equações (1) e (2), foi possível a classificação dos solos em relação ao coeficiente de uniformidade (C_u) e coeficiente de curvatura (C_c).

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (1)$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}} \quad (2)$$

Onde: D_{60} é Diâmetro correspondente a 60% em peso total das partículas menores que esta porcentagem; D_{30} é Diâmetro correspondente a 30% em peso total das partículas menores que esta porcentagem; D_{10} é o Diâmetro correspondente a 10% em peso total das partículas menores que esta porcentagem.

Os ensaios de Limite de liquidez foram executados conforme a norma NBR 6459/1984 e, os ensaios de limite de Plasticidade sob a norma NBR 7180/1984. É importante ressaltar que o Limite de Plasticidade é o teor de umidade que separa a transição entre a fase semissólida e a fase plástica (SOUZA PINTO, 2002). Segundo DAS (2007), o limite de liquidez é definido como o teor de umidade no ponto e transição do estado plástico para o estado líquido.

Os ensaios de massa específica dos grãos foram executados utilizando o método do picnômetro. Com o intuito de obter valores médios representativos, foram realizados três repetições para cada amostra. Os procedimentos aplicados na execução do ensaio seguiram as orientações da norma cancelada NBR 6508/1984.

Para as amostras dos areais estudados, além dos ensaios de caracterização geotécnica, foram realizadas análises químicas através do ensaio de pH, sendo utilizado para isso, as orientações do Manual de Análise de Solo–Embrapa (1997).

A Figura 2 mostra os ensaios de caracterização geotécnica executados nas amostras de solos eólicos.



Figura 2. Ensaios de Caracterização das areias eólicas da Região da Campanha Gaúcha : (A) Preparação de amostras; (B) Ensaio de Granulometria; (C) Limite de Liquidez; (D) Limite de Plasticidade; (E) Massa Específica dos Grãos; (F) Ensaio pH.

4. MELHORIA DO SOLO

A estabilização de um solo consiste na melhoria de suas características, dependendo do objetivo de sua aplicação, através da alteração de suas propriedades físicas, químicas ou mecânicas, fornecendo resistência, durabilidade, trabalhabilidade, entre outros, buscando a permanência dessas características ao longo prazo (BATISTA, 1976).

Conforme apresentado no SENÇO (2001), os métodos de estabilização de solos para uso em edificações rodoviárias, são a compactação, a correção granulométrica e a adição de estabilizante químico. Um solo para ser estabilizado quimicamente deve apresentar certa resistência ao cisalhamento e a deformação, atendendo a necessidade de cada obra.

Segundo Freire (2003), o cimento Portland é o estabilizador mais indicado para solos com baixos teores de argila, com os quais se obtém um material de solo-cimento de alta resistência mecânica, assim como resistência à água (baixa capacidade de absorção à água), ao inchamento e à contração. Para solos argilosos com altos teores de limite de liquidez, a cal (hidróxido de cálcio) é o agente estabilizador mais indicado.

De acordo com Buriol (2002), o tijolo de solo-cimento pode ser utilizado como solução econômica nas obras de alvenaria, pois podemos avaliar que depois de um tempo de cura a mistura aumenta sua resistência. A avaliação do grau de estabilização de tijolos de solo-cimento é

realizada através de testes físico-mecânicos, tais como ensaios de compressão simples, capacidade de absorção de água. Conforme orienta a norma NBR 08491/1992, a resistência mínima de compressão simples recomendada é de 2 MPa e, valor máximo de absorção de água é de 20%.

Para o presente estudo foi utilizado o cimento Portland CP IV-32, pois apresenta propriedades satisfatórias para confecção do solo-cimento, sendo facilmente encontrado no mercado.

Com o intuito de avaliar possíveis melhorias de resistência nos solos eólicos, foram preparadas misturas solo-cimento sob proporção em peso seco de 12% de cimento. Seguidamente, foram executados ensaios de compactação pelo método Proctor, utilizando a Energia Normal, de acordo com a NBR 7182/1996.

Após a compactação, os corpos de prova das misturas solo-cimento, os mesmos foram submetidos a um processo de cura por período de 28 dias. Posteriormente, com o propósito de avaliar a deformabilidade das amostras compactadas sob condição saturada (situação mais crítica), foram realizados ensaios de expansão por um tempo de 4 dias, sendo utilizado para isso, a norma NBR 9895/87.

Terminado o período de embebição, cada molde com o corpo de prova foi retirado da imersão e deixando escoar a água durante 15 minutos. Findo esse tempo, os corpos de prova ficaram aptos para a execução do ensaio de resistência à compressão simples. Dessa forma, seguindo a orientação da norma NBR 12025/1990, foram realizados ensaios de compressão simples. Para isso, foi utilizada a prensa uniaxial Instron/Hv15595. A movimentação da carga ocorreu de forma lenta e o carregamento só foi cessado quando o valor da carga máxima alcançada começou a diminuir, desenvolvendo assim, fissuras visíveis no corpo de prova e, antes de acontecer o total rompimento, o ensaio foi cessado. A carga máxima alcançada foi anotada como carga de ruptura do corpo de prova. A Figura 3 mostra os ensaios de melhoria executados nas misturas dos solos.



Figura 3. (A) Ensaio de compactação das misturas solo-cimento; (B) Ensaio de Expansibilidade; (C) Ensaio de resistência à compressão simples.

5. RESULTADOS E ANÁLISE

A distribuição da granulometria dos solos estudados (areias eólicas) está representada na Figura 4. O comportamento das curvas caracteriza solos muito uniformes, apresentando valores de coeficiente de uniformidade $C_u < 5$. Este fato é comprovado pela Equação (1) e demonstrado na Tabela 1. Além disso, com base na Equação (2), embora a relação dos coeficientes de curvatura dos solos de Durasnal e Manoel Viana apresentem-se bem graduados ($1 < C_c < 3$), pela classificação do Sistema Unificado - SUCS, os mesmos são definidos como areias mal graduadas (SP). Assim também, a curva granulométrica dos areais do São João, contem descontinuidade no

conjunto de partículas, se enquadrando como areias mal graduadas ($C_c < 1$), fato comprovado pela Equação (2) e demonstrado na Tabela 1.

Para o ensaio de Limite de Plasticidade não foi possível obter resultado, pois as areias não atingiram um grau de plasticidade, apresentando maior tendência em se fraturar, não sendo possível conseguir moldar o gabarito cilíndrico conforme a norma NBR 7180/84. O mesmo ocorreu com o ensaio de Limite de Liquidez, onde as areias mostraram tendência em fechar a ranhura feita na concha de Casagrande antes de 10 golpes, isso porque os areais não tem capacidade de adquirir coesão. Logo, não foi possível chegar a resultados específicos para as amostras analisadas.

No que se refere a Massa Específica dos Grãos, conforme Tabela 1, observa-se que as amostras de areias representativas das regiões de Durasnal e de Manoel Viana, apresentam valores próximos a $2,80 \text{ g/cm}^3$. Já a amostra do deserto de São João, mostrou um valor mais baixo ($2,34 \text{ g/cm}^3$). Uma possível explicação, aos valores baixos de massa específica dos areais do deserto do São João, seja devido às características mineralógicas do solo.

A verificação do pH das amostras, indica que os solos encontram-se na condição ácida, conforme demonstrado na Tabela 1 ($\text{pH} < 7$). 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.

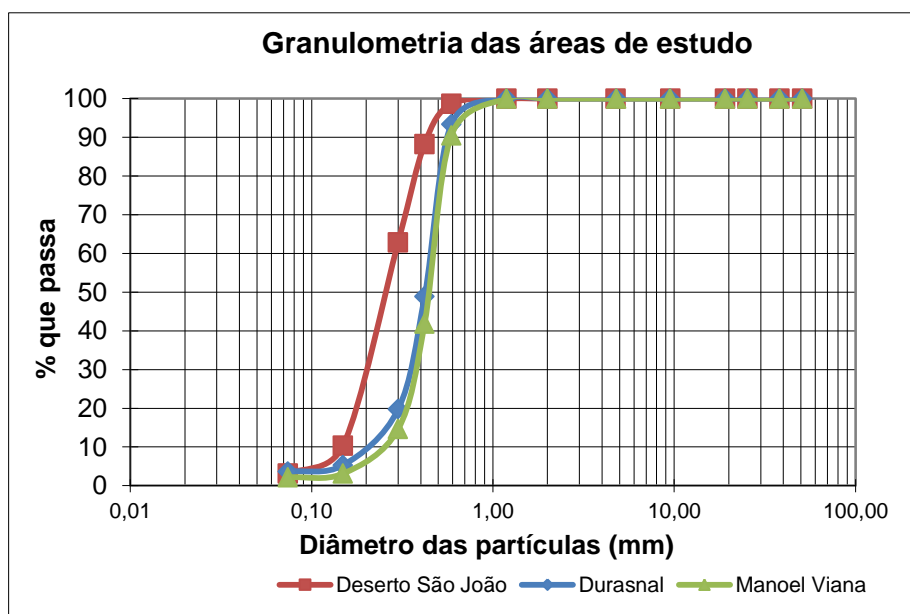


Figura 4. Distribuição granulométrica dos solos dos areais da região da Campanha Gaúcha.

Tabela 1. Ensaios de Caracterização Geotécnica

Solos Arenosos	yg	pH	LL	LP	Cu	Cc
Durasnal	2,84	4,5	-	-	3	1,33
Manoel Viana	2,80	4,6	-	-	2,3	1,19
São João	2,34	6	-	-	2	0,89

Onde: yg – Massa Específica Dos Grãos; pH – Ensaio pH; LL – Limite de Liquidez; LP – Limite de Plasticidade; Cu – Coeficiente de uniformidade; Cc – Coeficiente de curvatura.

Para os areais de São João, Durasnal e Manoel Viana, mostra-se na Figura 5 o comportamento das curvas de compactação das misturas solo-cimento, sob adição de 12% de cimento. Percebe-se que as curvas de compactação das misturas correspondente aos solos de Durasnal e Manoel Viana, mostram comportamentos similares, apresentando valores de massa

específica seca máxima próximos de $1,86 \text{ g/cm}^3$. Já a mistura do solo de São João apresentou um comportamento diferente, com valor de massa específica seca máxima próximo de $1,94 \text{ g/cm}^3$.

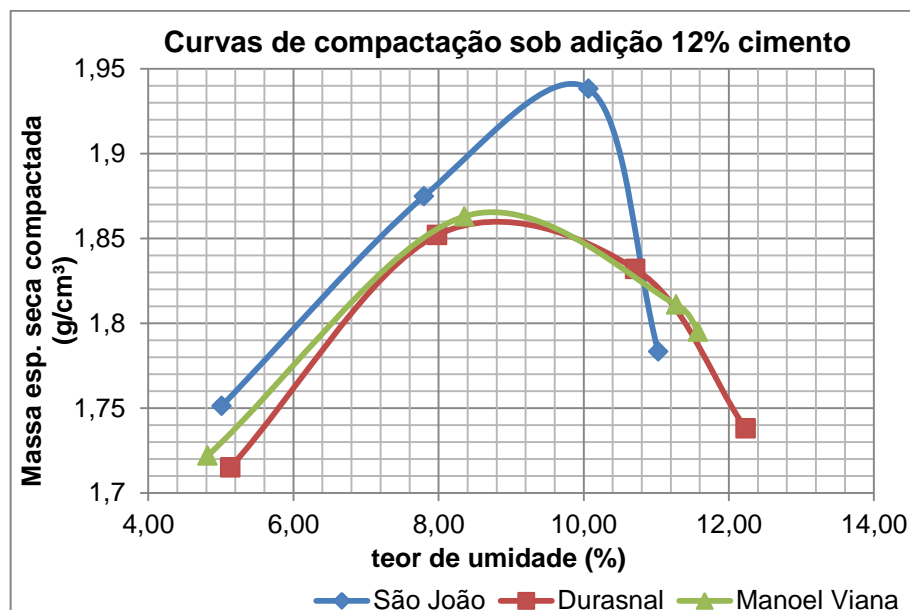


Figura 5. Curvas de compactação das misturas de solo-cimento sob adição de 12% de cimento.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 2, os corpos de prova das misturas solo-cimento, sob condições de imersão em água, mantiveram-se estáveis, sem apresentar expansibilidades significativas. Segundo o DNIT (2006), os solos aproveitados como camadas bases de rodovias, devem apresentar expansibilidade menor ou igual a 0,5%. Isso mostra, em termos de deformabilidade, a estabilidade das misturas solo-cimento, possibilitando o seu aproveitamento em edificações de rodovias rurais.

Os resultados dos ensaios de compressão simples mostraram para as misturas dos solos dos areais (sob adição de 12% de cimento), valores acima de 2,7 MPa. Além disso, pelos dados mostrados na Tabela 2 e pelo comportamento das curvas de compactação (Figura 5), quanto mais próximo da massa específica seca máxima os corpos de prova estiverem compactados, serão obtidos valores maiores de resistência à compressão simples. Consequentemente, considerando que a norma NBR 08491/1992 exige para confecção de tijolos maciços de solo-cimento, valores de resistência à compressão simples acima de 2 MPa, pode-se dizer, que os solos estudados neste trabalho, sob adição de 12% de cimento, podem ser aproveitados para esta finalidade.

Tabela 2. Resultados de Ensaio de expansão e Resistência à Compressão Simples - Misturas solo-cimento sob adição de 12% de cimento.

Expansão (%)				
Solo Durasnal	CP1	CP2	CP3	CP4
W%	5,13	7,98	10,71	12,23
γ_d (g/cm³)	1,715	1,852	1,832	1,738
Expansão (%)	0	0	0	-
Solo São João	CP1	CP2	CP3	CP4
W%	5,012	7,798	10,068	11,026
γ_d (g/cm³)	1,751	1,874	1,938	1,783
Expansão (%)	0,2%	0	0	0
Solo Manoel Viana	CP1	CP2	CP3	CP4
W%	4,818	8,354	11,276	11,573

γ_d (g/cm ³)	1,722	1,863	1,811	1,795
Expansão (%)	0	0	0	0
Resistencia à compressão simples (MPa)				
Solo Durasnal	CP1	CP2	CP3	CP4
W%	5,13	7,98	10,71	12,23
γ_d (g/cm ³)	1,715	1,852	1,832	1,738
Resistência (MPa)	-	4,27	5,89	-
Solo São João	CP1	CP2	CP3	CP4
W%	5,012	7,798	10,068	11,026
γ_d (g/cm ³)	1,751	1,874	1,938	1,783
Resistência (MPa)	3,94	6,7	7,61	4,14
Solo Manoel Viana	CP1	CP2	CP3	CP4
W%	4,818	8,354	11,276	11,573
γ_d (g/cm ³)	1,722	1,863	1,811	1,795
Resistência (MPa)	3,61	6,7	3,41	2,75

Onde: W% – teor de umidade das misturas compactadas; γ_d – massa específica seca compactada.

6. CONCLUSÕES

Os solos dos areais da Região da Campanha Gaúcha, estudados neste trabalho, retratam coeficiente de uniformidade (Cu) abaixo de cinco, implicando comportamento granulométrico uniforme. Dessa forma, segundo a Metodologia de classificação SUCS, todos os solos estudados são definidos como areias mal graduadas (SP).

Conclui-se também que os solos estudados não apresentam características de coesividade e plasticidade, já que no laboratório, não foi possível obter resultados de limite de liquidez e limite de plasticidade.

Os solos dos areais de Durasnal e Manoel Viana apresentaram valores de Massa Específica dos Grãos similares, no entanto, obteve-se um valor diferente para o solo de São João. Isso, provavelmente guarda relação com as características mineralógicas de origem e formação de cada solo.

A análise química do pH comprovou que os solos dos areias apresentam níveis ácidos, implicando isso, na baixa fertilidade e escassa presença de matéria orgânica.

As curvas de compactação das misturas de solo-cimento correspondente aos solos de Durasnal e Manoel Viana mostram comportamentos similares. Já a mistura do solo de São João apresentou um comportamento diferente. Novamente, ressalta-se a divergência do solo de São João, à possibilidade de características mineralógicas distintas.

Considerando os resultados obtidos nos ensaios de expansibilidade e, tomando como base as orientações do DNIT (2006), possibilita o aproveitamento dos solos dos areais, sob mistura de 12% de cimento, em edificações de rodovias rurais.

Salientando que a norma NBR 08491/1992 exige para confecção de tijolos maciços de solo-cimento, valores de resistência à compressão simples acima de 2 Mpa, pode-se dizer, que os solos estudados neste trabalho, sob adição de 12% de cimento, podem ser aproveitados para esta finalidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao professor Wilber por toda orientação e ajuda durante a pesquisa, coleta de amostras e a realização dos ensaios de laboratório. Agradecem também aos técnicos de

laboratório da UNIPAMPA por toda ajuda durante a realização dos ensaios e aos colegas e amigos de curso que de alguma forma contribuíram para a realização da pesquisa.

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.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459: *Solo – Determinação do Limite de Liquidez*. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6508: *Grãos de Solo que passam na peneira de 4,8mm – Determinação da Massa Específica*. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: *Solo – Determinação do Limite de Plasticidade*. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: *Solo – Análise Granulométrica*. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7182: *Solo – Ensaio de compactação*. Rio de Janeiro, 1986.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8491: *tijolo maciço de solo-cimento: especificação*. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12025: *Solo-cimento - Ensaio de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 1990.

BATISTA, C. F. N. “*Ensaio Fundamentais para a Pavimentação e Dimensionamentos dos Pavimentos Flexíveis*”. Vol. 1, 2ª Edição, Editora Globo, Porto Alegre, RS, 1976.

BURIOL, Telmo Luiz. “*Caracterização de jazidas para construção de habitações populares, com solo-cimento, em Santa Maria 2002*”. 139 f. Dissertação (Mestrado) –Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

DNIT (2006). “*Manual de pavimentação*”. Publicação IPR – 179. Ministério dos transportes. Departamento nacional de infra-estrutura de transportes, Instituto de pesquisas rodoviárias.

CAPUTO, Homero Pinto. *Mecânica dos Solos e Suas Aplicações*. Rio de Janeiro: LTC, 6ª edição, 1996.

DAS, Braja. M. *Fundamentos de Engenharia Geotécnica*. São Paulo: Thomson, 2007.

EMBRAPA. “*Atlas do Meio Ambiente do Brasil*”. Brasília: Editora Terra Viva, 1-138., 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. “*Manual de métodos de análise do solo*”. Brasília, 1997. 212p.

FREIRE, W.J. “*Materiais alternativos de construções*”. In: FREIRE, W.J.; BERHALDO, A.L. (Coords). *Tecnologias e materiais alternativos de construção*. Campinas: Ed. Unicamp, 2003. p.27-54.

FREITAS, C. A; GOULART, D. D; ALVES, F. D. “*O processo de arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul: Uma alternativa para seu desenvolvimento sócio econômico*”. Universidade Federal de Santa Maria. 16p. Santa Maria – RS. 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (1997). *Plano Nacional de Combate à Desertificação*. Centro de Sensoriamento remoto. IBAMA.

PEREIRA, Orlando Almeida. “*Estabilização de Solos*”, Curso de especialização 108, LNEC, Lisboa, 1970.

RIBEIRO, J.C; VERDUM, R. *“Arenização, silvicultura e políticas ambientais no sudoeste do Rio Grande do Sul”*. 22p. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013.

SENÇO, W. de. *Manual de técnicas de pavimentação*. 1ª ed. São Paulo: Pini, vol. I, 779p. 2001.

SOUZA PINTO, C. *Curso de Mecânica dos Solos*. 2ªEd. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

SUERTEGARAY, D. M. A.. (1987) Universidade de São Paulo. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, instituição de defesa de tese. *“A Trajetória da Natureza: um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí – RS.”* São Paulo: USP, 1987. 243F.I.L.Mapas. Tese de doutorado: Universidade de São Paulo. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, BR-SP. Orientador: ABREU, Adilson Avansi de.