

Estudo da influência da adição de concha do mexilhão-dourado triturado no comportamento mecânico de um solo típico de Alagoas.

Adenilma Maria de Menezes

Graduanda em Engenharia Civil, Instituto Federal de Alagoas, Palmeira dos Índios, Brasil,
E-mail: amm10@aluno.ifal.edu.br

Lannay Leal Moura Rocha

Graduanda em Engenharia Civil, Instituto Federal de Alagoas, Palmeira dos Índios, Brasil,
E-mail: llmr1@aluno.ifal.edu.br

Ilames Jordan Gama de Moraes

Docente, Instituto Federal de Alagoas, Palmeira dos Índios, Brasil,
E-mail: ilames.moraes@ifal.edu.br

Taise Monique de Oliveira Carvalho

Docente, Instituto Federal de Alagoas, Maceió, Brasil,
E-mail: taise.carvalho@ifal.edu.br

Ronny Francisco Marques de Souza

Docente, Instituto Federal de Alagoas, Piranhas, Brasil,
E-mail: ronny.souza@ifal.edu.br

RESUMO: A influência da adição de conchas do mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*, Dunker 1857) triturado no comportamento mecânico de um solo típico de Alagoas foi realizado utilizando resíduos descartados do molusco buscando melhorar as propriedades geotécnicas do solo local. O mexilhão-dourado, tornou-se uma espécie invasora em águas continentais brasileiras e seu manejo gera quantidades vultosa de resíduos, ainda sem finalidade. Nesse sentido, busca-se compreender o comportamento mecânico de um solo após sua adição. A mecânica do solo foi avaliada em termos de resistência, compressibilidade, permeabilidade e outras características relevantes. A introdução das conchas do mexilhão-dourado visa verificar se há melhorias na estabilidade e nas propriedades físicas do solo, o que pode ter implicações importantes em projetos de engenharia civil e geotécnica na região de Alagoas. O estudo pode fornecer informações valiosas sobre a viabilidade da incorporação das conchas no solo, contribuindo para o desenvolvimento de práticas sustentáveis e economicamente viáveis na engenharia geotécnica.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de conchas; mexilhão-dourado; solo.

ABSTRACT: The influence of adding crushed golden mussel shells (*Limnoperna fortunei*, Dunker 1857) on the mechanical behavior of a typical soil from Alagoas was carried out using discarded mollusk residues seeking to improve the geotechnical properties of the local soil. The golden mussel has become an invasive species in Brazilian continental waters and its management generates large amounts of waste, still without purpose. In this sense, we seek to understand the mechanical behavior of a soil after its addition. Soil mechanics were evaluated in terms of strength, compressibility, permeability and other relevant characteristics. The introduction of golden mussel shells aims to verify whether there are improvements in the stability and physical properties of the soil, which could have important implications for civil and geotechnical engineering projects in the Alagoas region. The study can provide valuable information about the feasibility of incorporating shells into the soil, contributing to the development of sustainable and economically viable practices in geotechnical engineering.

KEYWORDS: Shells; golden mussel; ground.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Bolaños (2013), um dos desafios da engenharia geotécnica é garantir que um determinado solo resista às solicitações a que será submetido. Nos casos em que o solo não atende, total ou parcialmente, aos requisitos de projeto é preciso realizar um processo de melhoramento deste solo.

O termo melhoria de solos está associado ao tratamento através de processos químicos, enquanto que o termo reforço está associado à utilização de inclusões em aterros ou taludes (CASAGRANDE, 2005).

O *Limnoperna fortunei* é uma espécie originária da China que foi introduzida no Brasil na década de 90, tendo sua introdução iniciada no Delta do rio Jacuí em Porto Alegre/RS, por águas de lastro. Estudos recentes mostram a ocorrência do mexilhão-dourado no sertão de Alagoas, nas águas do “Velho Chico”, nos sistemas de adução da canal (SANTOS, SOUZA, 2022) e no Canal do Sertão (SANTOS, JUNIOR, SOUZA, 2022) e sua dispersão pelas águas do baixo São Francisco está em curso.

2 METODOLOGIA

2.1 Seleção do solo

Para a realização deste estudo optou-se pela utilização de um solo típico do estado de Alagoas.

Foram realizadas visitas em duas jazidas na cidade de Maceió-Alagoas, conhecida por ser de planície arenosa costeira, sendo seus solos representativos o Espodossolo Humilúvico e o Neossolo Quartzarênico.

Referente ao primeiro tipo de solo, *Carvalho et al.*, (2013) infere que do ponto de vista físico, apresentam em geral textura arenosa, com baixíssima capacidade de retenção de água e nutrientes, e problemas de drenagem nas posições abaciadas, onde ocorrem horizontes endurecidos que bloqueiam a percolação da água, formando lençol freático suspenso no período chuvoso, podendo também influenciar no crescimento das raízes quando muito superficiais.

Já com relação ao segundo tipo de solo, *Frazão et al.*, (2008) menciona que os Neossolos Quartzarênicos se originam de depósitos arenosos e apresentam textura de areia ou areia franca até 2 m de profundidade, com teor de argila inferior a 15%.

2.2 Coleta do solo

A coleta da amostra de solo foi realizada em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela NBR 9604. Este procedimento assegura que a amostragem do solo atenda a todos os critérios técnicos e padrões de qualidade requeridos, garantindo a representatividade e a confiabilidade dos resultados das análises.

2.3 Obtenção das Conchas

Durante visitas feitas em pisciculturas e em companhias de abastecimento de água localizadas na região do baixo São Francisco, uma área notoriamente afetada pela invasão do mexilhão-dourado, procedeu-se à coleta de material essencial para o avanço da pesquisa. Esta coleta resultou em uma quantidade significativa de matéria-prima, alcançando um volume capaz de preencher $\frac{2}{3}$ de um saco de rafia, contabilizando um total de 7Kg de material.

2.4 Trituração das Conchas

As conchas de mexilhão passaram por um processo de secagem e limpeza para remoção de macrófitas e resíduos de filamentos de bisso antes do processo de trituração. O processo de cominuição foi realizado de forma manual, com o auxílio de um almofariz e de um pistilo.

2.5 Caracterização das conchas e do Solo com Adição de 0%, 5% e 15% de Mexilhão-dourado

Para a realização do ensaio de granulometria por peneiramento, conforme a NBR 7181, foi separada uma quantidade de 1.000g da amostra de conchas de mexilhão-dourado triturada, assim como amostras de mesma quantidade de solo com a adição de mexilhão-dourado. Onde estas misturas consistiam em 0%, 5% e 15% de mexilhão-dourado. Para a execução do ensaio, foi empregado o conjunto de peneiras da Série Normal, cujas aberturas de malha, em conformidade com as exigências normativas e as particularidades do material em estudo, foram de 4.8mm, 2.4mm, 1.2mm, 0.6mm, 0.3mm e 0.15mm.

Também foram realizados os ensaios de Limite de Liquidez (LL) de acordo com a NBR 6459 e Limite de Plasticidade (LP) de acordo com a NBR7180. Estes ensaios também foram realizados para cada uma das misturas de solo com adição de 0%, 5% e 15% de mexilhão-dourado.

2.6 Compactação

A compactação do solo foi realizada de acordo com a NBR7182 para cada uma das misturas de solo com adição de 0%, 5% e 15% de mexilhão-dourado.

A compactação de um solo em laboratório tem a finalidade de determinar a curva de variação da densidade do solo em função da umidade, para uma dada energia de compactação (SOBREIRA, *et al.*, 2018).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Revisão Bibliográfica acerca do solo de Alagoas

Do ponto de vista físico-geográfico, o Estado de Alagoas situa-se ao sul do bloco neotectônico do Nordeste Setentrional do Brasil (NSB), que é individualizado como uma entidade original em termos de peculiaridades neotectônicas e morfoestruturais, principalmente em função das respostas de suas estruturas, herdadas aos eventos pós-paleozóicos, tendo seu limite sul marcado pelo lineamento Pernambucano (SAADI *et al.*, 2004).

De acordo com as concepções de Araújo Filho & Marques (2016), na zona mais úmida do estado, que engloba a Baixada Litorânea, Tabuleiros Costeiros, Mar de Morros, e grande parte das Várzeas e Terraços aluvionares, o clima determina uma alta lixiviação de bases de modo que a SB se torna baixa (1 a < 3 cmolc kg-1) a muito baixa (< 1 cmolc kg-1).

Na cidade de Maceió, é comum encontrar solos predominantemente arenosos. Isso se deve principalmente à geologia da região, que é caracterizada por formações sedimentares, como dunas, praias e planícies costeiras.

De acordo com as concepções de Kiehl (1979), solos arenosos tendem a apresentar densidades com valores baixos, porém, quando têm uma grande quantidade de areia fina, é mais fácil ocorrer o processo de adensamento.

Pinto (2006) traz os seguintes apontamentos acerca do peso específico do solo:

O peso específico dos grãos dos solos varia pouco de solo para solo e, por si, não permite identificar o solo em questão, mas é necessário para cálculos de outros índices. Os valores situam-se em torno de 27 kN/m³, valor adotado quando não se dispõe do valor específico para o solo em estudo. Grãos de quartzo (areia) costumam apresentar pesos específicos de 26,5 kN/m³ e argilas lateríticas, em virtude da deposição de sais de ferro, valores até 30 kN/m³ (PINTO, 2006).

Desta maneira, como não foram realizados ensaios para determinação do peso específico para um solo típico do estado de Alagoas, adotamos o peso específico de 26,5KN/m³ como recomendado.

3.2 Análise Granulométrica

O agregado miúdo é caracterizado como o material granular cujas partículas são suficientemente pequenas para atravessar uma peneira de malha com abertura de 4,75 mm, mas grandes o suficiente para serem retidas por uma peneira com abertura de malha de 150 μm .

A partir dos dados obtidos neste ensaio e norteando-se pelas NBR 7181 e NBR 6502, foi possível traçar a curva granulométrica e realizar a classificação tanto da concha de mexilhão-dourado triturada quanto das misturas de solo com adição de 0%, 5% e 15% de mexilhão-dourado.

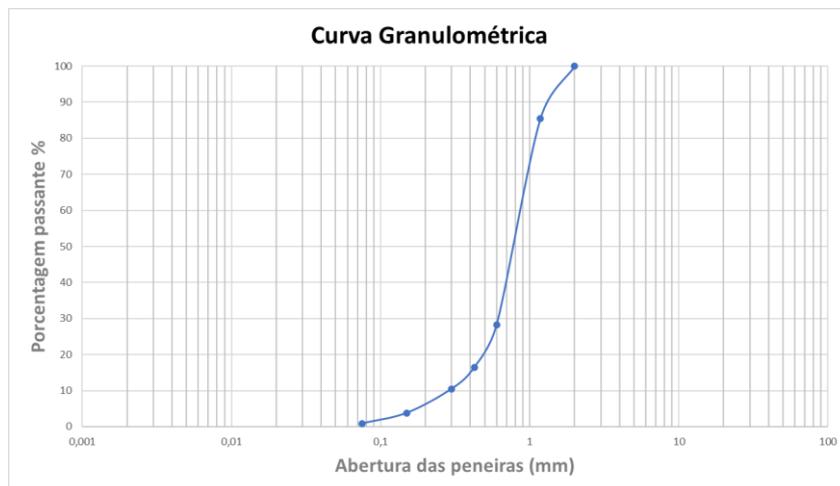


Figura 1. Curva granulométrica do mexilhão-dourado.

Fonte: Os autores, 2024.

Ao realizar a análise da curva granulométrica obtida a partir da amostra triturada de mexilhão-dourado, observa-se um espectro de distribuição variado do tamanho das partículas. O diâmetro das partículas contidas na amostra abrange uma gama que vai de 0,075mm a 1,18mm.

Com isto, podemos afirmar que 14,48% da amostra é classificada como areia muito grossa, 57,28% da amostra é classificada como areia grossa, 17,75% da amostra é classificada como areia média, 6,71% da amostra trata-se de areia fina, 2,94% é considerada areia muito fina e 0,84% da amostra pode ser considerada silte.

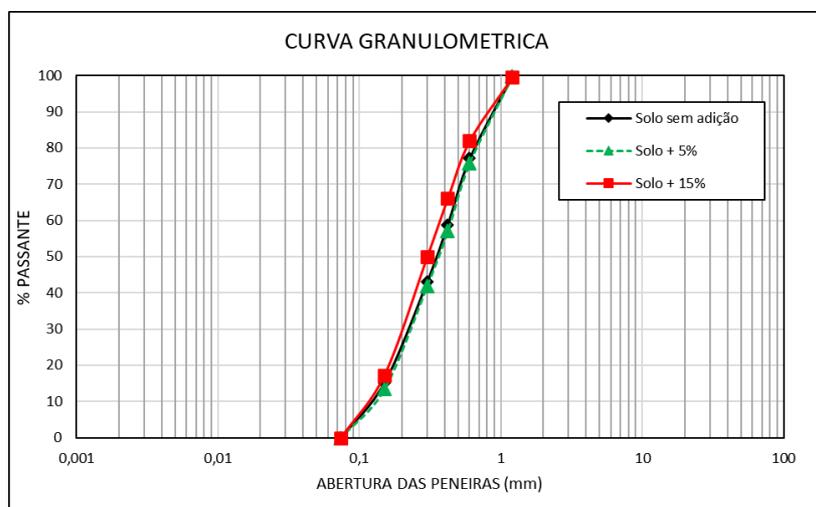


Figura 2. Curva granulométrica das misturas de solo com adição de 0%, 5% e 15% de mexilhão-dourado.

Fonte: Os autores, 2024.

A partir da comparação entre as curvas granulométricas do solo com adição de 0%, 5% e 15% de mexilhão-dourado pode-se notar que as misturas com 0% e com 5% não apresentam uma mudança significativa na granulometria, diferente do solo com adição de 15%.

Isto é, o solo com adição de 0% de mexilhão-dourado pode ser classificado como um solo arenoso ou silto-arenoso, dependendo da composição e da distribuição de tamanhos de partículas, já que ele apresenta uma gama de tamanhos de partículas.

Solo com 5% de adição: Este solo também pode ser classificado como arenoso ou silto-arenoso, com uma ligeira tendência a aumentar a quantidade de finos.

Solo com 15% de adição: Este solo pode ser classificado como silto-argiloso ou um solo com alta presença de finos, devido ao aumento significativo de partículas finas.

3.3 Limites de Liquidez (LL) e Plasticidade (LP)

Os dados obtidos nos ensaios de Limites de Liquidez para as misturas de solo com adição de 0%, 5% e 15% de mexilhão-dourado estão apresentados nos gráficos das figuras 3, 4 e 5, onde podemos observar que no ensaio de Limite de Liquidez para o solo com adição de adição de 0% de mexilhão-dourado temos uma umidade média de 37,10%, o solo com adição de adição de 5% de mexilhão-dourado apresentou uma umidade média de 30,60% e o solo com adição de adição de 15% de mexilhão-dourado resultou em uma umidade média de 26,27%.

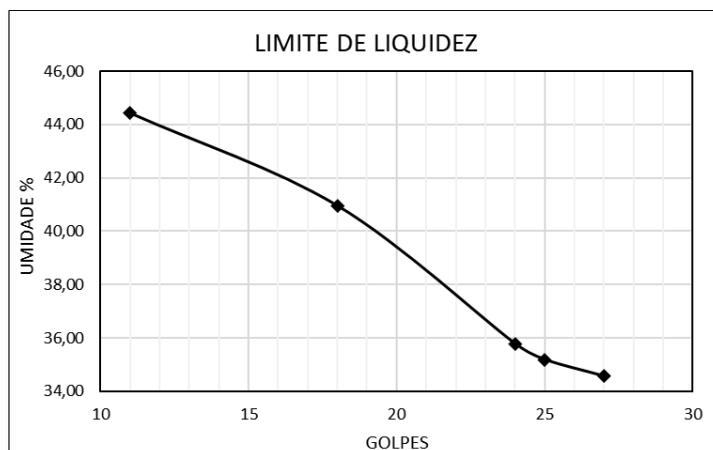


Figura 3. Limite de Liquidez da mistura de solo com adição de 0% de mexilhão-dourado.

Fonte: Os autores, 2024.

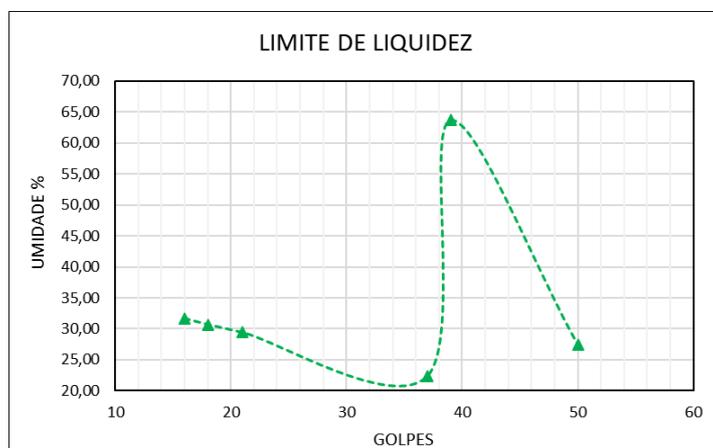


Figura 4. Limite de Liquidez da mistura de solo com adição de 5% de mexilhão-dourado.

Fonte: Os autores, 2024.

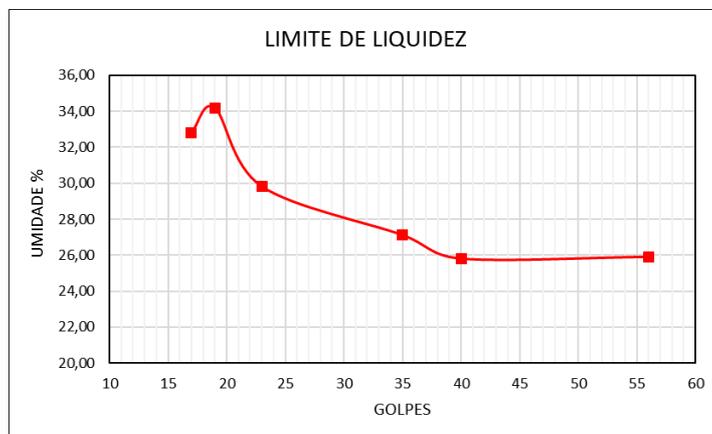


Figura 5. Limite de Liquidez da mistura de solo com adição de 15% de mexilhão-dourado.
 Fonte: Os autores, 2024.

Os dados obtidos nos ensaio de Plasticidade podem ser observados nas tabelas 1, 2 e 3. Onde podemos perceber que no caso do o solo com adição de 0% de mexilhão-dourado foi preciso eliminar todas as amostras, logo o solo foi considerado como **Não Plástico**. O solo com adição de 5% de mexilhão-dourado obteve umidade média de 16,40% após eliminar as cápsulas 4DM, 12 E 11, e o solo com adição de 15% de mexilhão-dourado obteve umidade média de 15,38% após eliminar as cápsulas 1A, L51, D1 E F1.

LIMITE DE PLASTICIDADE						
Nº DA CAPSULA	MASSA DA CÁPSULA (g)	MASSA BRUTA ÚMIDA (g)	MASSA BRUTA SECA (g)	MASSA ÚMIDA (g)	MASSA SECA (g)	TEOR DE UMIDADE (%)
5DB	5,9	10,4	9,6	4,5	3,7	21,62
1A	6,1	8,8	8,3	2,7	2,2	22,73
H1	6	8,3	7,9	2,3	1,9	21,05
D2	6,4	9,6	9,1	3,2	2,7	18,52
1B2	5,8	8,3	8	2,5	2,2	13,64
UMIDADE MÉDIA %						19,51

Tabela 1. Limite de Plasticidade da mistura de solo com adição de 0% de mexilhão-dourado.
 Fonte: Os autores, 2024.

LIMITE DE PLASTICIDADE						
Nº DA CAPSULA	MASSA DA CÁPSULA (g)	MASSA BRUTA ÚMIDA (g)	MASSA BRUTA SECA (g)	MASSA ÚMIDA (g)	MASSA SECA (g)	TEOR DE UMIDADE (%)
4DM	5,7	8,3	7,9	2,6	2,2	18,18
A10	5,7	9,3	8,8	3,6	3,1	16,13
12	5,9	9,4	8,9	3,5	3	16,67
B5	6,3	8,9	8,6	2,6	2,3	13,04
11	6,1	10,9	10,1	4,8	4	20,00
UMIDADE MÉDIA %						16,40

Tabela 2. Limite de Plasticidade da mistura de solo com adição de 5% de mexilhão-dourado.
 Fonte: Os autores, 2024.

LIMITE DE PLASTICIDADE						
Nº DA CAPSULA	MASSA DA CÁPSULA (g)	MASSA BRUTA ÚMIDA (g)	MASSA BRUTA SECA (g)	MASSA ÚMIDA (g)	MASSA SECA (g)	TEOR DE UMIDADE (%)
1A	6,1	9,5	9	3,4	2,9	17,24
L51	6,5	9	8,7	2,5	2,2	13,64
1B2	5,8	7,3	7,1	1,5	1,3	15,38
D1	6	7,6	7,4	1,6	1,4	14,29
F1	6,1	8,1	7,8	2	1,7	17,65
UMIDADE MÉDIA %						15,38

Tabela 2. Limite de Plasticidade da mistura de solo com adição de 15% de mexilhão-dourado.
 Fonte: Os autores, 2024.

3.4 Compactação

Os resultados do ensão de compactação das misturas de solo com adição de 0%, 5% e 15% de mexilhão-dourado podem ser observados na figura 6.

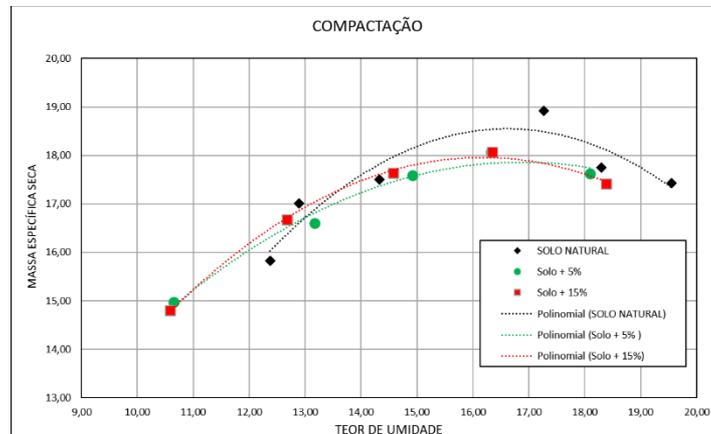


Figura 6. Compactação das misturas de solo com adição de 0%, 5% e 15% de mexilhão-dourado.
Fonte: Os autores, 2024.

A partir do gráfico, podemos observar que a densidade seca máxima para a mistura com adição de 0% de mexilhão-dourado, o solo natural, a umidade ótima é de 17,27% e a densidade seca máxima é de 18,92 kN/m³. A mistura com adição de 5% de mexilhão-dourado possui a umidade ótima é de 16,32% e a densidade seca máxima é de 18,07 kN/m³. Já a densidade seca máxima para a mistura com adição de 15% de mexilhão-dourado é de 18,07 kN/m³, e a umidade ótima correspondente é de 16,34%.

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram compreender o comportamento do solo no estado de Alagoas e que a incorporação de resíduos naturais, como a concha do mexilhão-dourado, pode melhorar as propriedades do solo. Este estudo evidencia o potencial dos resíduos naturais na engenharia civil e ambiental, promovendo a sustentabilidade. O objetivo foi incorporar a concha de mexilhão-dourado em um solo típico de Alagoas e avaliar suas propriedades mecânicas. Constatou-se que a granulometria das conchas trituradas é semelhante à da areia e que a umidade do solo diminui com o aumento da quantidade de mexilhão-dourado, indicando uma redução na capacidade de retenção de água. Além disso, a adição de mexilhão-dourado se mostrou uma opção viável para modificar as propriedades de compactação do solo, especialmente em projetos onde a densidade seca máxima e a umidade ótima são fatores críticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO FILHO, J. C.; MARQUES, F. A. Uma síntese sobre a fertilidade natural química dos solos do Estado de Alagoas. III Reunião Nordestina de Ciência do Solo. Aracajú, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9604: Coleta de Amostras. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459. Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459. Solo – determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6502: Rochas e solos – Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7181: SOLO – Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7182: SOLO – Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- BOLAÑOS, R. E. Z. Comportamento de um solo argiloso reforçado com fibras de coco. Dissertação (mestrado) – Politécnica Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil, 2013, 143 p.
- CASAGRANDE, M. D. T. Comportamento de solos reforçados com fibras submetidas a grandes deformações. Dissertação (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, 2005, 219 p.
- CARVALHO, V. S. *et al.*, CARACTERIZAÇÃO DE ESPODOSSOLOS DOS ESTADOS DA PARAÍBA E DO PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/zW6cdTqw7Y3nkbRcznVcHbf/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 18 de fev. de 2024.
- FLOR, T. O. *et al.*, REVISÕES DE LITERATURA COMO MÉTODOS DE PESQUISA:
- FRAZÃO, L. A. *et al.*, Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/BGHnbXhvsYsx3WGXPctkWLj/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 18 de fev. de 2024.
- KIEHL, E.J. (1979) Manual de Edafologia Relações Solo-Planta. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 262 p.
- MENEZES, Adna Lúcia Rodrigues de. Caracterização das argamassas históricas existentes na Usina de Ilha Bela localizada no município de Ceará Mirim/RN. 2019. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.
- PINTO, Carlos de Sousa. Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas/3ª Edição – São Paulo: Oficina de Textos, 2006.
- SAADI, A. *et al.* Neotectônica da Plataforma Brasileira. In: Quaternário do Brasil. São Paulo: Holos Editora, 2005.
- SANTOS, A. M. E.; JUNIOR, N.T.; SOUZA, R. F.S. Ocorrência do Mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*, Dunker 1857) no Canal do Sertão, Delmiro Gouveia-AL, Brasil. Revista de Gestão de Água da América Latina, 19, e18, 2022.
- SANTOS, S. V. O.; SILVA, A. S. Erosão de solos em áreas de expansão urbana no litoral norte do município de Maceió – AL. Espaço & Geografia, vol.23, n.2. 2020
- SANTOS, A. M. E.; SOUZA, R. F. M. *Limnoperna fortunei*: impactos e medidas de Controle no abastecimento de água no sertão alagoano. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, 13, 108-117, 2022.
- SOBREIRA, D. S. V. *et al.*, ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS DE COMPACTAÇÃO DE SOLOS POR IMPACTO E AMASSAMENTO. Disponível em: https://www.revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/37/volume37_3_files/37-3-artigo-16.pdf. Acesso em 05 de julho. de 2024.