*XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*
*XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens*
*24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF*
**DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.6/85**

# Efeitos da Cura no Comportamento Geomecânico de um Resíduo da Produção de Sal (Carago)

Thalita Costa Maurício de Souza
Engenheira Civil, Natal, Brasil, thalitacosta923@gmail.com

Romário Stéffano Amaro da Silva
Doutorando, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, romario.amaro@coc.ufrj.br

Osvaldo de Freitas Neto
Professor, UFRN, Natal, Brasil, osvaldo.neto@ufrn.br

Olavo Francisco dos Santos Júnior
Professor, UFRN, Natal, Brasil, olavo@ct.ufrn.br

Ricardo Nascimento Flores Severo
Professor, IFRN, Natal, Brasil, ricardo.severo@ifrn.edu.br

Afrânio Pereira de Oliveira Júnior
Engenheiro Civil, Natal, Brasil, a.j.mat@hotmail.com

RESUMO: Durante a produção de sal, é gerado um resíduo conhecido localmente como “carago”, composto por sulfato de cálcio di-hidratado, o qual pode ser empregado em obras geotécnicas. Para uma aplicação viável, é crucial entender o comportamento geotécnico do carago, especialmente em sua forma compactada e sob efeito de cura a seco. Realizou-se ensaios de ensaios de caracterização geotécnica básica, bem como ensaios de compactação do material em três níveis de energia. Também foram realizados ensaios de permeabilidade e ISC. O carago apresentou características de areia siltosa sem plasticidade. A partir dos parâmetros de compactação na energia normal, moldaram-se corpos de prova para testar a resistência à compressão simples e à tração por compressão diametral após períodos de cura de um, sete e 56 dias. O período de cura influenciou em um possível processo de cimentação do carago, dado que as resistências à compressão simples e à compressão diametral aumentaram consideravelmente entre os períodos de cura de sete e 56 dias. Nesse contexto, conclui-se que o carago tem potencial para obras de pavimentação, aplicado em subleito, reforço de subleito, sub-base e base com tráfego de veículos moderados, a depender da energia de compactação empregada.

PALAVRAS-CHAVE: carago, resíduo, tempo de cura, rodovias, obras de terra

ABSTRACT: Carago, a residual by-product made of dihydrated calcium sulphate, is generated during salt production. This waste material can be used in geotechnical projects. In order for such applications to become feasible, it is vital to understand the geotechnical behavior of carago, especially in its compacted form and subjected to a dry curing process. Geotechnical characterization laboratory tests were carried out, as well as three energy levels Proctor compaction tests. Constant head permeability and CBR tests were also performed. The material was characterized as no plastic silty sand. Based on Standard Proctor compaction tests results, specimens were prepared to perform unconfined compression tests and Brazilian tests after curing periods of one, seven, and 56 days. The curing period influenced a possible cementation process, given that the unconfined compression and diametral compression strengths increased considerably between the curing periods of seven and 56 days. Therefore, carago has potential for earthworks, applied in subgrade, subgrade reinforcement, subbase, and base for moderate traffic, depending on the compaction energy.

KEYWORDS: carago, waste material, curing period, roads, earthworks

## 1 INTRODUÇÃO

O aproveitamento de resíduos provenientes da indústria é uma tendência frente à necessidade da adoção de práticas cada vez mais ambientalmente sustentáveis. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS – Lei 12.305/2010) atesta que, em prol da adoção de condutas e condições que visem uma produção sustentável, deve-se objetivar a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos. Nesse âmbito, é de interesse dos geradores de resíduos explorar soluções sustentáveis, alternativas à disposição final. Uma das possibilidades mais vantajosas, inclusive financeiramente, é o aproveitamento do subproduto como material para outro fim.

Entretanto, de acordo com Mancini et al. (2021), uma alternativa comum para os resíduos sólidos industriais no Brasil ainda é a disposição final, que exige dispêndio de recursos naturais e financeiros, e ocasiona uma série de problemas associados. No contexto da possibilidade de aproveitamento de resíduos industriais, quando esses são inertes, destaca-se o seu uso em obras de terra. O volume de material necessário nesse tipo de obra é compatível com a ordem de grandeza dos volumes de resíduos gerados em diversas indústrias.

O litoral norte do estado do Rio Grande do Norte destaca-se como produtor industrial de sal marinho, responsável por cerca de 95% de todo o sal produzido no Brasil (Silva et al, 2023). Na indústria salineira, um subproduto residual composto por cálcio di-hidratado (CaSO4.2H2O), o carago, uma espécie de gipsita, formado na etapa de cristalização dos sais, é descartado na natureza sem nenhum tratamento adequado para minimizar os impactos ambientais. Batista et al. (2021) constataram que o carago apresentou características semelhantes à de uma areia siltosa sem plasticidade. No mesmo trabalho, conclui-se, a partir de ensaios de compactação, que o material apresentou potencial para aplicabilidade como subleito de rodovias.

O interesse pelo aproveitamento do carago cru se caracteriza em trabalhos anteriores, que estudaram o seu emprego como parte integrante na fabricação de materiais de construção civil (Gomes, 2012; Gomes Filho, 2019; Araújo, 2023). Entretanto, a avaliação do resíduo do sal como material para obras de terra ainda é um tema pouco explorado, tendo em vista a necessidade de uma caracterização distinta daquela realizada para o uso proposto nos trabalhos citados.

Ainda, o bom desempenho de um material como camada de pavimento rodoviário também é fortemente dependente da sua durabilidade. Lovato (2004) conceitua durabilidade como a capacidade de um material de manter a sua integridade estrutural frente a determinadas condições as quais é exposto. Um método para analisar a durabilidade de um material é avaliar as influências em suas características de solicitações impostas pelo ambiente ao qual ele se expõe. A imposição de períodos de cura é uma forma bastante empregada para simular os efeitos da exposição de um solo no campo. A cura em ambientes secos promove uma maior eficiência que a cura em condições úmidas e promove uma maior estabilidade ao longo do tempo (Latifi et al., 2017).

Com base nessas questões, este trabalho objetivou estudar o carago como material para camada de pavimento, a partir da sua caracterização por meio de ensaios geotécnicos de laboratório típicos de projetos rodoviários. Além disso, por meio de ensaios adicionais, avaliar a influência de períodos de cura na resistência mecânica do resíduo compactado.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O resíduo utilizado neste trabalho foi coletado diretamente de uma planta de produção de sal, localizada no município de Grossos-RN. A localização do município está destacada na Figura 1. O material foi devidamente acondicionado no Laboratório de Mecânica dos Solos da UFRN, até sua preparação para uso nos ensaios de laboratório. A preparação consistiu na realização de quarteamento e destorroamento, conforme o que preconiza a ABNT NBR 6457:2016 (Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização).

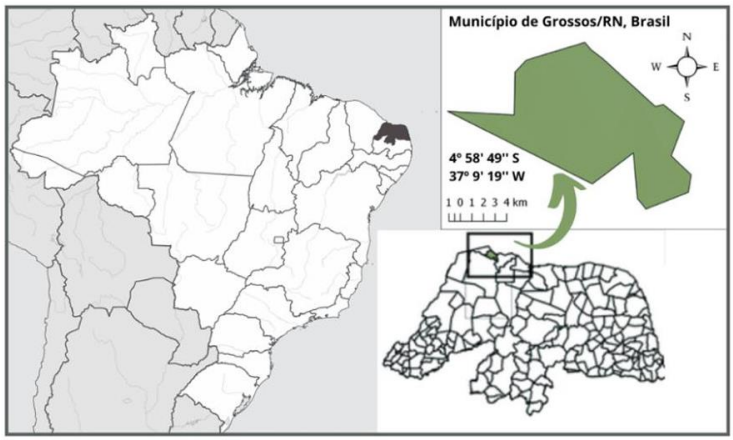



Figura 1. Localização geográfica do município de Grossos/RN (Batista et al., 2021)

## 2.2 Ensaios de caracterização geotécnica

Para execução dos ensaios de caracterização geotécnica do carago, a amostra foi seca ao sol por um período de 48h. A análise granulométrica do material seguiu as recomendações da ABNT NBR7181:2016 (Solo – Análise granulométrica), os limites de Atterberg foram determinados de acordo com as ABNT NBR 6459:2016 (Solos – Determinação do limite de liquidez) e NBR 7180:2016 (Solo – Determinação do limite de plasticidade), e a massa específica dos sólidos foi medida conforme a norma DNER-ME 085/94 (Material finalmente pulverizado - determinação da massa específica real). As medidas de teor de umidade em estufa forma realizadas segundo as orientações descritas no trabalho de Batista et al. (2021), no qual destaca-se a importância de regular a estufa à 60 °C, para que o resíduo não perca água da sua microestrutura.

Foram realizados ensaios de compactação no cilindro Proctor, conforme as diretrizes descritas na ABNT NBR 7182:2020 (Solo – Ensaio de compactação). A compactação do carago foi feita para as três energias de compactação: Proctor Normal, Proctor Intermediária e Proctor Modificada, com reuso do material.

Os ensaios de permeabilidade foram realizados em permeâmetro de parede flexível, em célula triaxial mostrada na Figura 2a, conforme metodologia descrita por Gondim (2020). Os corpos de prova com 10,0 cm de altura e 5,0 cm de diâmetro forma compactados estaticamente. Os parâmetros para a moldagem desses corpos de prova foram obtidos a partir dos resultados dos ensaios de compactação Proctor. Foi realizado um ensaio para cada energia de compactação.

Realizou-se um ensaio de ISC para cada energia de compactação. Os procedimentos foram realizados conforme a ASTM-D 1883-2/ 2021 - Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory Compacted Soils, em prensa manual e com aquisição de dados por meio de relógio comparador e anel dinamométrico.

Os ensaios de resistência à compressão simples foram realizados conforme as diretrizes da ABNT NBR 12025 (Solo-cimento – Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos- Método de ensaio), enquanto os ensaios de resistência à tração por compressão triaxial foram baseados na ABNT NBR 7222/2011 (Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos). Moldou-se corpos de prova com características semelhantes às dos usados nos ensaios de permeabilidade. Preparou-se um total de nove corpos de prova, subdivididos igualmente em três conjuntos, cada qual submetido a um período de cura distinto (um, sete e 56 dias). Durante os intervalos entre a moldagem e o ensaio, os corpos de prova permaneceram acondicionados no interior do laboratório e sem qualquer proteção, submetidos às mudanças de temperatura e de umidade do ambiente. Esse processo de cura não controlada foi proposital, com vistas a reproduzir parcialmente as condições pós-construtivas às quais uma camada de pavimento é submetida. As Figura 2b e Figura 2c ilustram a realização de ensaios de compressão simples e de compressão diametral, respectivamente. A medida de força e de deslocamento durante o ensaio foram feitas por meio de célula de carga e Linear Variable Displacement Transducer (LVDT), respectivamente, associados a um sistema de aquisição automática de dados.

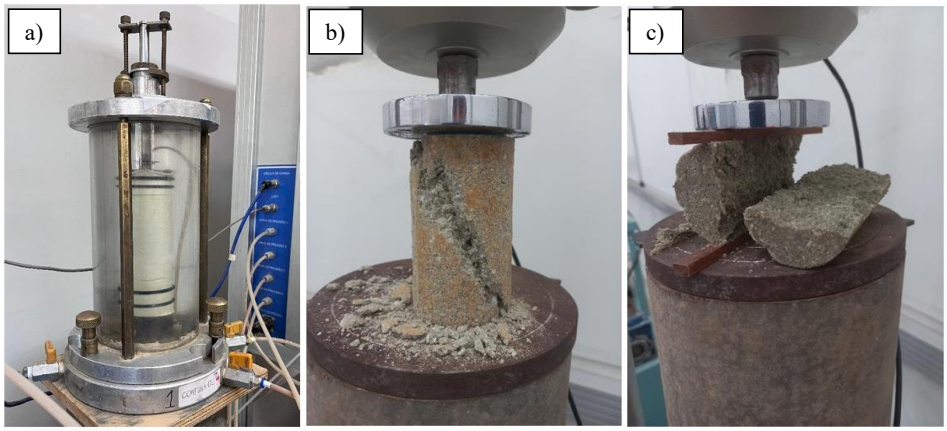
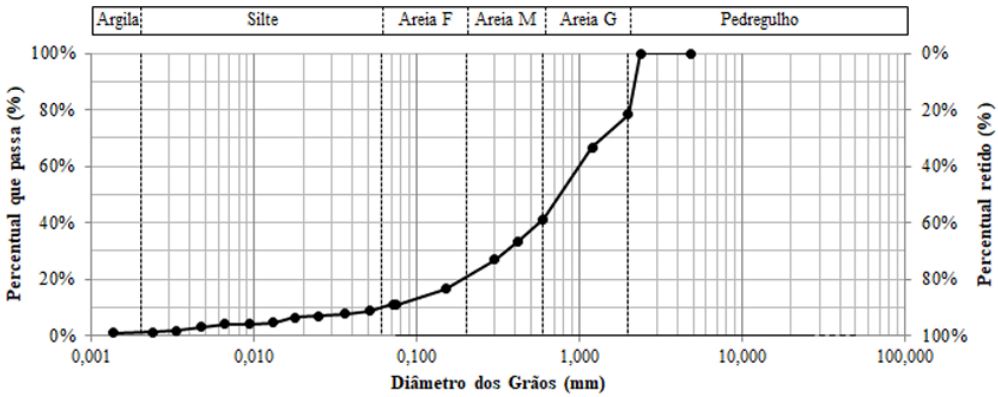



Figura 2. (a) Permeâmetro de parede flexível (b) compressão simples e (c) compressão diametral

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Carcterização geotécnica

A partir da tentativa de determinação dos limites de Atterberg, foi possível constatar que o carago é um material não plástico. A massa específica dos sólidos do resíduo é igual a 2,31 g/cm³, valor que condiz com a gipsita ($CaSO4 \cdot 2H2O$), para a qual espera-se massa específica de 2,31 a 2,32 g/cm³. A curva granulométrica do carago é apresentada na Figura 3, a qual mostra que o resíduo destorroado é composto principalmente por uma fração arenosa.




| Pedregulho (%) | Areia grossa (%) | Areia média (%) | Areia fina (%) | Silte (%) | Argila (%) | $D_{10}$ (mm) | $D_{30}$ (mm) | $D_{60}$ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21,60 | 37,10 | 21,30 | 10,40 | 8,70 | 1,00 | 0,10 | 0,40 | 1,00 |

Figura 3. Curva granulométrica do carago.

A Tabela 1 resume a caracterização geotécnica do carago. Os valores de CNU e CC enquadram o material como bem graduado. Pelo Sistema de Classificação Rodoviário (HBR – AASHTO), o material se enquadra como A-2-4, equivalente a uma areia siltosa, o que indica uma expectativa de comportamento considerado satisfatório em obras rodoviárias.

Tabela 1. Características geotécnicas básicas do carago.

| | |
|---|---|
| $D_{10}$(mm) | 0,06 |
| $D_{30}$(mm) | 0,36 |
| $D_{60}$(mm) | 1,00 |
| Coeficiente de não Uniformidade (CNU) | 16,7 |
| Coeficiente de Curvatura (CC) | 2,2 |
| Classificação SUCS | SW - SM |
| Classificação HRB | A – 2 - 4 |
| Massa específica dos sólidos (g/cm³) | 2,30 |

### 3.2 Compactação, ISC e permeabilidade

Os ensaios de compactação foram feitos com reuso do carago e nas três energias de compactação: Proctor Normal, Proctor Intermediário e Proctor Modificada. As curvas de compactação resultantes estão apresentadas na Figura 4.

Foi possível observar que o resíduo apresentou o comportamento que se espera de um solo convencional, visto que o aumento da energia de compactação ocasionou uma maior massa específica seca máxima e uma menor umidade ótima. Isso é um indicativo preliminar de que o resíduo se adequa bem à tecnologia de compactação empregada em obras de terra. Porém, apenas pelas curvas de compactação não é possível definir se a possível quebra de grãos durante a aplicação dos golpes do soquete afeta a eficiência e o resultado do processo, o que é um aspecto relevante, a ser avaliado em trabalhos posteriores.

Observou-se que o carago cru apresentou valores crescentes de CBR, conforme o aumento da energia de compactação. É importante destacar que em nenhuma das situações o material apresentou expansão, após 96 horas de inundação. Na energia Proctor Normal, o valor de CBR = 12,9 % indica um material que pode ser aplicado na execução de um subleito ou reforço de subleito, de acordo com a faixa estabelecida pela DNER-ME 667/81, no qual determina CBR ≥ 2% e expansão ≤ 2%. O resíduo compactado na energia Proctor Intermediário se apresenta como um material adequado para sub-base, pois o CBR = 32,45 % está dentro do estabelecido, CBR ≥ 20% e expansão ≤ 1%. A compactação na energia Proctor Modificado, com CBR = 78,9%, aponta para um material que pode ser utilizado como base de uma via de uma via com tráfego moderado, para a qual se requer CBR ≥ 60%.

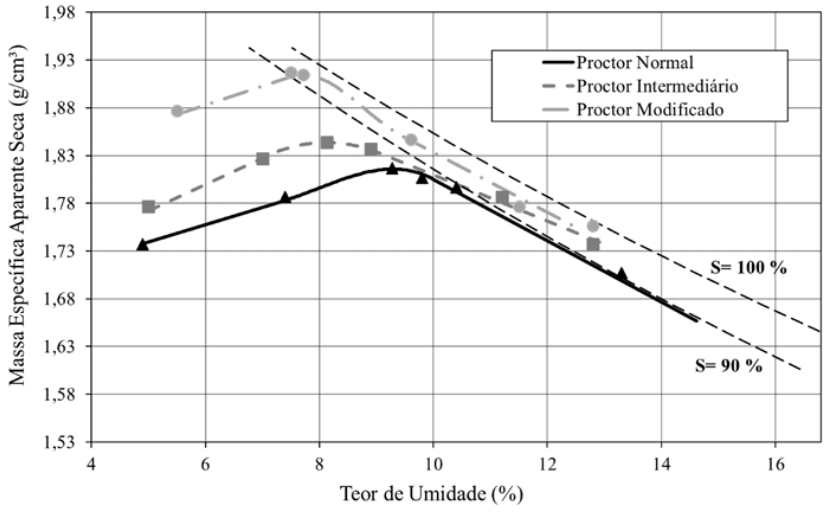



Figura 4. Curvas de compactação

A Tabela 2 apresenta os parâmetros obtidos nos ensaios de compactação, ISC e Permeabilidade para as energias Proctor Normal (PN), Proctor Intermediário (PI) e Proctor Modificado (PM).

Tabela 2. Influência da energia de compactação.

| Energia | Massa específica seca máxima (g/cm³) | Teor de umidade ótimo (%) | Índice de vazios | ISC (%) | Variação de volume (%) | Coeficiente de permeabilidade (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PN | 1,81 | 9,9 | 0,28 | 12,9 | 2,20 | $1{,}18\times 10^{-6}$ |
| PI | 1,85 | 8,2 | 0,25 | 32,4 | 0,16 | $1{,}10\times 10^{-6}$ |
| PM | 1,92 | 7,7 | 0,20 | 78,9 | 0,02 | $7{,}87\times 10^{-7}$ |

A tendência de diminuição da variação de volume do material durante a inundação, conforme o aumento da energia de compactação empregada, guarda relação com a porosidade do material resultante. Na energia Proctor Normal, o resíduo formou um material mais poroso, o qual tendeu a uma maior redução de volume. Nas maiores energias, em função do material resultante ser menos poroso, a redução de volume durante a inundação é percentualmente menor. Juntamente aos resultados destacados, na Tabela 2, é possível observar que houve uma diminuição no coeficiente de permeabilidade para a amostra referente à energia Proctor Modificada, quando em comparação com a amostra referente à energia Proctor Normal. Essa redução se dá pela redução da porosidade da amostra, em função da maior energia de compactação.

### 3.3 Resistência à compressão simples e diametral

A Tabela 3 apresenta as resistências à compressão simples e tração por compressão diametral dos corpos de prova moldados na energia Proctor Normal, com diferentes tempos de cura.

A partir da média aritmética dos resultados, o carago possui resistência à compressão simples de 25,13 kPa, 35,88 kPa e 141,27 kPa, para os tempos de cura um dia, sete dias e 56 dias, respectivamente. Tomando a resistência de um dia como referência, o percentual de aumento da resistência à compressão simples foi de 42,78% para sete dias e 462,16% para 56 dias. A partir da proximidade entre os valores de teor de umidade dos corpos de prova pós-ensaio, pode-se supor que o acréscimo de resistência à compressão simples ao longo do tempo não é exclusivamente dependente da sucção, a qual tende a aumentar conforme a diminuição do teor de umidade do corpo de prova. Tendo em vista os elevados valores de óxido de cálcio típicos desse tipo de material, pode-se esperar uma significativa cimentação no corpo de prova. O aumento da resistência mecânica desse material fica possivelmente condicionada ao tempo de cura seca, uma vez que o resíduo tem o tempo específico para formar ligações cimentícias, além do aumento da sucção devido a secagem do corpo de prova.

Tabela 3. Resistência à compressão simples do carago.

| Corpo de prova | Idade (dias) | Resistência à compressão simples (kPa) | Massa específica (g/cm³) | Grau de saturação (%) | Resistência à tração (kPa) | Massa específica (g/cm³) | Grau de saturação (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CP1 | 1 | 26,98 | 1,86 | 48 | 1,28 | 2,00 | 51 |
| CP2 | 1 | 24,59 | 1,99 | 64 | 1,71 | 2,05 | 49 |
| CP3 | 1 | 23,81 | 1,98 | 64 | 1,59 | 2,03 | 53 |
| CP4 | 7 | 37,24 | 1,98 | 77 | 3,33 | 1,96 | 59 |
| CP5 | 7 | 32,84 | 1,96 | 72 | 3,09 | 1,95 | 48 |
| CP6 | 7 | 37,55 | 1,99 | 73 | 3,24 | 1,97 | 62 |
| CP7 | 56 | 133,55 | 1,98 | 33 | 13,99 | 1,96 | 24 |
| CP8 | 56 | 145,30 | 1,97 | 33 | 13,89 | 1,98 | 34 |
| CP9 | 56 | 144,95 | 1,96 | 32 | 13,53 | 1,99 | 34 |

Analogamente à compressão simples, o resíduo apresentou as médias de 1,53 kPa, 3,22 kPa e 13,79 de resistência à tração, para os períodos de cura de um dia, sete e 56 dias. Também ao tomar a resistência de um dia como referência, foi obtido o percentual de acréscimo de resistência de 110,00 % para a cura de sete dias, e 801,32 % para a cura de 56 dias. A resistência a tração obteve um acréscimo significativo para o período de cura de 56 dias. Sabe-se que a magnitude da resistência a compressão axial de um material tende a ser maior do que a sua magnitude da sua resistência a tração por compressão diametral. Porém, os acréscimos de

resistência para os corpos de prova submetidos à tração foram percentualmente maiores do que os observados para o caso da resistência à compressão simples. Isso pode indicar uma maior relevância das ligações cimentícias e da sucção na resistência à tração do material.

É importante ressaltar que ao menos parte do acréscimo de resistência mecânica observado conforme a passagem do tempo se deve à presença de ligações cimentícias e de sucção, as quais podem ser degradadas em função das condições ambientais e de operação as quais o material será exposto no campo.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, estudou-se o comportamento geomecânico do Carago, a partir de ensaios de laboratório, com foco no emprego desse resíduo em obras rodoviárias. Além disso, analisou-se o efeito do tempo de cura na resistência mecânica do material. A partir dos resultados, podese chegar às seguintes conclusões:

- O material destorroado manualmente possui granulometria semelhante a de uma areia siltosa não plástica;
- Observou-se que, com o aumento da energia de compactação, o material apresentou maior valor de CBR. O carago possui potencial para pavimentação, podendo ser aplicado no subleito, reforço de subleito, sub-base e base com tráfego de veículos moderados, a depender da energia de compactação aplicada.
- Os corpos de prova submetidos ao ensaio de resistência à compressão simples com um tempo de cura seca de sete dias tiveram acréscimo de 42,78% na sua resistência à compressão simples. Para uma cura seca de 56 dias, a resistência à compressão simples aumentou 462,16%.
- No ensaio de compressão diametral, os períodos de cura dos corpos de prova ocasionaram um aumento mais significativo na resistência à tração, quando comparados ao acréscimo de resistência à compressão simples. Foi constatado o acréscimo de resistência à tração de 110,00 % para a cura seca de sete dias, e 801,32 % para a cura seca de 56 dias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Society for Testing and Materials. ASTM-D 1883-2 - *Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory Compacted Soils*. U.S., 2021.

Araújo, T. M. *Estudo da potencialidade do CBR na produção de tijolos maciços estabilizados com cimento Portland e teores de carago, cal hidratada e metacaulim*. 2023. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 7181: *Solo – Análise granulométrica*. Rio de Janeiro, ABNT, 2018.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 6457 – *Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização*. Rio de Janeiro, ABNT, 2016.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 7222: *Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, ABNT, 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 12025: *Solocimento – Ensaio de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, ABNT ,1990.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 6459: *Solo – Determinação do limite de liquidez*. Rio de Janeiro, ABNT, 2017.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 7180: *Solo – Determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro, ABNT,2016.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 7222: *Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, ABNT, 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 12025: *Solocimento – Ensaio de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, ABNT ,1990.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 7182: *Solo – Ensaio de compactação*. Rio de Janeiro, ABNT, 2020.

Batista, S. D., Freitas Neto, O., Souza, T. C. M., Santos, G. C., Santos, V. S. Caracterização Geotécnica de um Resíduo da Produção de Sal. In: *Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica da UFRN*, 34., 2021, Natal. Anais eletrônicos [...] Rio Grande do Norte. Disponível em: https://cic.propesq.ufrn.br/trabalhos.php. Acesso em: 22 de out. de 2023.

Baltar, C. A. M.; Bastos, F. F.; Luz, A. B. Gipsita. IN: *Rochas e Minerais Industriais no Brasil: usos e especificações*. 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 505-526.

Barreto, E. M. R. *Caracterização geotécnica de um resíduo da produção de sal (carago)*. 2022. 23f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2022.

Brasil (2010). *Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010*. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Congresso Nacional, Brasília, DF, 2010.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). DNER-ME 085/94: *Solos – Determinação da densidade real*. Rio de Janeiro, DNER,1994.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). DNER-ME 667/81: *Método de projeto de pavimentos flexíveis*. Rio de Janeiro, DNER,1981.

Gondim, T. F. *Aplicação geotécnica de resíduo de mineração em sistemas de cobertura final de aterros sanitários*. 2020. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.

Gomes, M. F. *Optimization of time and temperature in the processing of the gypsum from of the crystallizers of the salt production for use plaster in civil construction*. 2012. 115 f. Dissertação (Mestrado em Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias Regionais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

Gomes Filho, T. S. *Incorporação de gesso alfa, oriundo de resíduos da indústria salineira, e de gesso beta reciclado em pastas para revestimento de construção civil*. 2019. 325f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

Latifi, N.; Horpibulsuk, S.; Meehan, C. L.; Abd Majid, M. Z.; Tahir, M. M.; Mohamad, E. T. (2017). Improvement of problematic soils with biopolymer-an environmentally friendly soil stabilizer. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 29 (2), pp. 04016204.

Lovato, R. S. *Estudo do comportamento mecânico de um solo laterítico estabilizado com cal, aplicado à pavimentação*. 2004. 164f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2004.

Mancini, S. D., Medeiros, G. A., Paes, M. X., Oliveira, B. O. S., Antunes, M. L. P., Souza, R. G., Oliveira, J. A. P. Circular economy and solid waste management: challenges and opportunities in Brazil. *Circular Economy and Sustainability*, v. 1, n. 1, p. 261-282, 2021.

Silva, S. L. P., Costa, W. P. L., Nascimento, I. C. S. A indústria salineira do Rio Grande do Norte: análise de fatores para o desenvolvimento. *Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento*, v. 12, n. 2, p. 292-323, 2023.