



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR
www.rapvenacor.com.br



25º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 48ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

ESTABILIZAÇÃO DE UM SOLO ARGILOSO COM PÓ DE VIDRO E CAL DE CARBURETO PARA APLICAÇÃO EM OBRAS DE INFRAESTRUTURA

DOI: (a ser preenchido após o envio do código DOI da publicação)

Lucas Eduardo Dornelles¹; Laís Veríssimo do Nascimento²; Brenda Rielli Spier Correa²

RESUMO

A utilização de materiais alternativos para estabilização de solos tem surgido como uma opção na busca por processos mais sustentáveis em obras de infraestrutura. Além da redução do consumo de recursos naturais e substituição de produtos como o cimento Portland e cales comerciais, também se viabiliza uma destinação nobre a materiais que seriam descartados ou estocados. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a estabilização de um solo argiloso, do noroeste do estado do Rio Grande do Sul, através da adição de pó de vidro moído e cal de carbureto, visando sua aplicação em obras rodoviárias. O solo em questão foi coletado na cidade de Ijuí, às margens da RS-342, importante rodovia da região. A estabilização foi avaliada através da realização dos ensaios de compressão diametral e de pulso ultrassônico. Optou-se por avaliar dois tempos de cura (sete e 28 dias) e duas temperaturas distintas (23°C e 40°C), de modo a analisar o efeito da cura acelerada no comportamento mecânico das amostras. Os resultados obtidos nesta pesquisa indicam uma melhora nos parâmetros de resistência e rigidez do solo ao ser estabilizado com adição de pó de vidro moído e a cal de carbureto. Além disso, notou-se que a elevação do tempo e da temperatura de cura das amostras permitiu uma melhora considerável no comportamento mecânico do material.

PALAVRAS-CHAVE: estabilização de solos; pó de vidro; cal de carbureto; obras de infraestrutura.

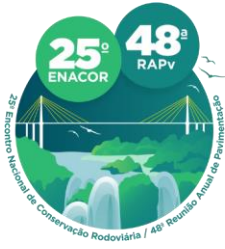
ABSTRACT

The use of alternative materials for soil stabilization has emerged as an option in the search for more sustainable processes in infrastructure works. In addition to reducing the consumption of natural resources and replacing products such as Portland cement and commercial limes, it also enables a noble destination for materials that would end up being discarded or stored. In this context, this study aimed to evaluate the stabilization of a clayey soil in the northwest of the state of Rio Grande do Sul through the addition of ground glass powder and carbide lime, aiming at its application in road works. The soil in question was collected in Ijuí/RS, on the banks of RS-342, an important highway in the region. Stabilization was evaluated by performing diametral compression tests and ultrasonic pulse tests. It was decided to evaluate two curing times (seven and 28 days) and to study two different curing temperatures (23°C and 40°C), in order to analyze the effect of accelerated curing on the mechanical behavior of the samples. The results obtained in this research confirm that the studied soil can be stabilized with the addition of alternative materials such as ground glass powder and carbide lime, obtaining materials with better resistance and stiffness. Furthermore, increasing the curing time and temperature of the samples allowed a considerable improvement in the mechanical behavior of the material.

KEY WORDS: soil stabilization; glass powder; carbide lime; infrastructure works.

¹ Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, ldornelles@san.uri.br

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, laisverissimonascimento@gmail.com; brenda.correa94@gmail.com.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



INTRODUÇÃO

A implantação de obras rodoviárias em regiões com presença de solos expansíveis, solos colapsíveis e solos com baixa capacidade de suporte implica na necessidade de adoção de técnicas de engenharia para contornar tais condições desfavoráveis. O melhoramento das propriedades dos materiais geotécnicos, seja para aplicação em pavimentação ou em fundações, é comumente realizado com produtos convencionais, como o cimento Portland e cales comerciais. Entretanto, a produção industrial destes materiais resulta em elevadas emissões de gases de efeito estufa, dependência de extração mineral e alta demanda energética.

Dentro de um contexto de desenvolvimento sustentável, a utilização de materiais não convencionais para melhoramento de solos em obras rodoviárias tem se mostrado uma excelente alternativa. Além de permitir uma redução do consumo de recursos naturais e a substituição de produtos como o cimento Portland, também se possibilita, com este desenvolvimento, uma destinação nobre a materiais que seriam descartados ou dispostos em aterros.

Neste panorama, este trabalho teve como objetivo avaliar a estabilização de um solo argiloso com a adição de pó de vidro e cal de carbureto, visando sua aplicação em camadas de pavimentos. O pó de vidro pode ser obtido através da moagem e trituração de vidro de descartes, como garrafas não-retornáveis e vidros planos. Já a cal de carbureto, que é um resíduo da produção do gás acetileno, apresenta hidróxido de sódio em sua composição.

Em função da disponibilidade de sílica em estado amorfo, o pó de vidro apresenta atividade pozolânica. Quando moído e em presença de água, a sílica presente em sua composição é capaz de reagir com o hidróxido de cálcio e formar compostos cimentantes. Estas reações são denominadas reações pozolânicas, que são responsáveis por significativos aumentos em propriedades importantes para os materiais, como: resistência, rigidez e durabilidade.

Apesar da ampla gama de aplicações, nem sempre é possível utilizar estes resíduos em obras rodoviárias, uma vez que as reações pozolânicas são consideravelmente lentas e demandam longos períodos de cura para uma cimentação efetiva. Assim, é possível a utilização de técnicas para acelerar estas reações e o ganho de resistência das misturas, como a elevação da temperatura de cura e a aplicação de ativadores alcalinos.

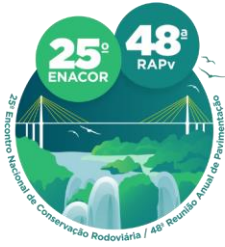
Desta forma, na busca de um desenvolvimento de práticas e materiais mais sustentáveis, a estabilização de solos com resíduos pode ser uma alternativa viável para diversas obras de infraestrutura, como camadas de suporte para fundações de obras de arte especiais, proteção de taludes rodoviários e em camadas de pavimentos.

MATERIAIS

Neste capítulo, são apresentados os materiais utilizados no estudo, quais sejam: o solo argiloso, o pó de vidro moído e a cal de carbureto, e a suas características avaliadas através de ensaios de laboratório.

Solo argiloso

O solo utilizado neste estudo foi coletado às margens da RS-342, km 120, entre os municípios de Ijuí e Boa Vista do Cadeado, no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. O trecho onde foi coletado o material é caracterizado por um histórico de defeitos estruturais no pavimento, o que indica a necessidade de pesquisas para avaliar sua estrutura e melhorias em sua totalidade. A Figura 1 mostra o perfil onde o solo foi coletado.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Figura 1: Perfil onde o solo foi coletado (AUTOR, 2020).

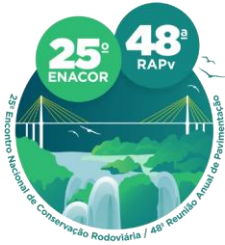
Após a coleta do material em campo, foram realizados em laboratório os ensaios de caracterização física e mecânica do solo. São eles: a análise granulométrica por peneiramento e sedimentação, Limites de Atterberg, peso específico real dos grãos, compactação, Índice de Suporte Califórnia (ISC) e ensaios classificatórios da metodologia MCT. A Tabela 1 apresenta um resumo das características do solo estudado.

Tabela 1: Características do solo estudado (AUTOR, 2023).

Característica	Resultado
Limite de Liquidez (LL)	79
Limite de Plasticidade (LP)	60
Índice de Plasticidade (IP)	19
Peso específico real dos grãos (G_s)	28,9 kN/m ³
% Areia média	10%
% Areia fina ($0,06 < d < 0,2\text{mm}$)	10%
% Silte ($0,002 > d > 0,06\text{mm}$)	37%
% Argila ($d < 0,002\text{mm}$)	43%
Classificação SUCS	CH
Classificação TRB	A-7-5
Classificação MCT	NG'
Índice de Suporte Califórnia (%)	5,2 (Energia normal)
Expansão (%)	2,21 (Energia normal)

De acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS), o solo estudado é classificado como um CH, ou seja, uma argila inorgânica de alta plasticidade. No entanto, no sistema da Transportation Research Board (TRB), o solo é enquadrado como um solo argiloso do subgrupo A-7-5. Esta classe reúne materiais que podem ser altamente elásticos e sujeitos a elevadas mudanças de volume. Além disso, são enquadrados como materiais de fraco a pobre comportamento quando utilizados como subleito rodoviário. Os valores de ISC e expansão também indicam que o solo não é indicado para utilização em subleitos rodoviários.

Em adição, ao se classificar o solo pela metodologia MCT, de Nogami e Villibor (1981), conclui-se que o solo apresenta com comportamento não laterítico (NG'). Solos deste tipo (Classe N) apresentam, de uma forma geral, valores de capacidade de suporte abaixo dos índices classificatórios tradicionais, além de poderem apresentar altos valores de expansão. Mais que isso,



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



são geralmente erodíveis e possuem baixos valores de ISC e módulo resiliente, de modo que são considerados inadequados para uso em pavimentação.

Desta forma, tanto os sistemas tradicionais de classificação quanto a metodologia MCT indicam que o solo não é recomendado para utilização em camadas de pavimentos rodoviários, o que reforça a necessidade de adoção de técnicas para melhoria de suas propriedades.

Ainda, diversos pesquisadores realizaram estudos classificatórios em solos da região de Ijuí/RS utilizando a Metodologia MCT. Amaral (2015), Buligon (2015), Callai (2017) e Zappe (2017) comprovaram uma melhoria significativa nas propriedades do solo da região em misturas com adição de areia natural, areia industrial, areia de fundição e resíduos da construção civil moídos.

Pó de vidro

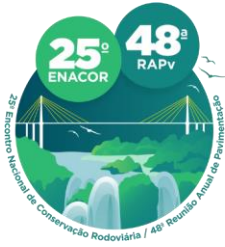
Neste estudo, optou-se por utilizar vidro proveniente de garrafas de cor verde, coletadas na Central de Descarte de Vidros do município de Ijuí/RS. Após a coleta, as garrafas foram lavadas com água e sabão neutro, e posteriormente passaram por secagem ao ar. Inicialmente, as garrafas foram trituradas em um britador de mandíbulas. Após, separou-se cerca de 1,5 kg deste material triturado para ciclagem no moinho de bolas metálicas, com número de giros variando entre 1500 e 2000. Manteve-se também constante o número e o tamanho das bolas metálicas utilizadas em cada ciclo de moagem. A Figura 2 mostra os equipamentos utilizados na trituração e moagem do vidro.



Figura 2: Equipamentos utilizados na trituração e moagem do vidro (AUTOR, 2020).

Após o processo de moagem, o material obtido foi peneirado até a fração que realmente foi utilizada no estudo, ou seja, o material passante na peneira de malha #200 (diâmetro das partículas inferior a 0,075mm). O processo de peneiramento resultou em um rendimento entre 30 e 40%. Isso significa que cada amostra de 1,5 kg submetida ao processo de moagem resultou em cerca de 500g de material passante na peneira #200.

A Tabela 2 apresenta algumas características físicas do pó de vidro moído, assim como as frações granulométricas obtidas no ensaio de granulometria.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Tabela 2: Características físicas do pó de vidro (AUTOR, 2023).

Característica	Resultado
Peso específico real dos grãos (G_s)	23,50 kN/m ³
Superfície específica (SSA)	4,821 m ² /g
pH	10,39
% Passante na peneira #200	100%
% Silte (0,002 < d < 0,06mm)	97%
% Argila (d < 0,002mm)	3%

Cal de carbureto

A cal de carbureto utilizada nesta pesquisa é um resíduo da produção de gás acetileno de uma indústria de Esteio/RS, região metropolitana de Porto Alegre. De acordo com Saldanha *et al* (2018), a empresa gera mais de duas mil toneladas de cal de carbureto por ano. O material foi coletado em um estado úmido e com consistência aquosa (umidade entre 48 e 80%). Por isso, passou por um processo de secagem a 50° C, por dois a três dias, antes de sua utilização. Em seguida, o material foi destorroado e passado em peneira de malha #100 (d < 0,149mm), de modo a se obter um material com um bom nível de uniformidade.

A cal e carbureto é constituída basicamente por óxido de cálcio, possuindo uma pureza de cálcio maior do que a cal dolomítica comercializada no estado do Rio Grande do Sul. A Tabela 3 apresenta as propriedades físicas do material estudado em laboratório.

Tabela 3: Características da cal de carbureto (AUTOR, 2023).

Característica	Resultado
Peso específico real dos grãos (G_s)	21,90 kN/m ³
Superfície específica (SSA)	22,60 m ² /g
pH	12,4
% Areia fina (0,06 < d < 0,2mm)	10%
% Silte (0,002 < d < 0,06mm)	83%
% Argila (d < 0,002mm)	7%

METODOLOGIA

A metodologia do estudo pode ser sintetizada como a estabilização de um solo residual argiloso com adições de diferentes teores de pó de vidro moído e cal de carbureto, estudadas em misturas com diferentes pesos específicos secos, tempos e temperaturas de cura. A estabilização do solo foi avaliada através da realização de ensaios de resistência à tração por compressão diametral e ensaio de pulso ultrassônico.

Programa experimental

Foram definidas oito misturas diferentes a serem estudadas, conforme a Quadro 1. Para os ensaios de resistência à tração por compressão diametral, elas foram avaliadas nos dois tempos de cura (sete e 28 dias) e nas duas temperaturas de cura (23°C e 40°C). Para os ensaios de pulso ultrassônico, as amostras foram avaliadas somente para um único tempo de cura, de 28 dias.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Quadro 1: Misturas utilizadas no estudo (AUTOR, 2023).

Mistura	Peso específico aparente seco (kN/m ³)	Teor de pó de vidro (%)	Teor de cal (%)
1A	13	10	3
2A	15	10	3
3A	13	30	3
4A	15	30	3
5A	13	10	7
6A	15	10	7
7A	13	30	7
8A	15	30	7

Em solos argilosos com adição de pozolana e cal, com a devida hidratação, o aumento no teor de pozolana resulta em uma disponibilidade imediata de sílica e/ou alumina. Assim, há uma maior formação de compostos cimentantes em um prazo menor, em comparação à solos em que há somente adição de cal. As quantidades usuais de pozolanas utilizadas, em relação à massa seca de solo, variam entre 10 e 40%. Neste estudo, foram definidos os teores de pó de vidro moído de 10 e 30% em relação à massa seca total das misturas.

O teor mínimo de cal foi determinado a partir do método do ICL (Initial Consumption of Lime), proposto por Rogers, Glendinnings e Roff (1997). O método consiste na adição de teores crescentes de cal na mistura, com medições da variação de pH. Define-se como teor mínimo de cal aquele que leva a um valor máximo e constante de pH, que indica o teor de cal necessário para o início das reações pozolânicas. Neste estudo, o valor encontrado foi de 3%.

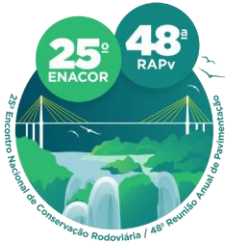
Os valores de porosidade das misturas, controlados a partir dos pesos específicos aparentes secos (γ_d) e umidades de moldagem, foram definidos de acordo com a curva de compactação do solo (valores de γ_d entre 13 kN/m³ e 15 kN/m³ e teores de umidade de moldagem entre 28 e 30%).

Por fim, optou-se pela cura acelerada através do aumento da temperatura das amostras em função das reações pozolânicas serem consideravelmente lentas. Por isso, foram estabelecidas duas temperaturas de cura (23°C e 40°C).

Moldagem dos corpos de prova em laboratório

Em laboratório, os corpos de prova foram criados através dos procedimentos de: pesagem, mistura, compactação estática, desmoldagem, armazenamento e cura. A compactação da amostra é feita de forma estática, em três camadas, no interior de um molde metálico tripartido devidamente lubrificado, conforme a Figura 3.

Para os ensaios de compressão diametral e de pulso ultrassônico foram utilizados corpos de prova cilíndricos com 10 cm de altura e 5 cm de diâmetro. Durante o período de cura, as amostras curadas a temperatura de 23°C foram colocadas em uma câmara úmida, enquanto as amostras curadas a 40°C foram seladas em uma embalagem hermética e imersas em água com esta temperatura. Para todas as misturas foram moldadas duplicatas.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Figura 3. Molde tripartido utilizado para moldagem de corpos-de-prova (AUTOR, 2020).

Ensaio de compressão diametral

Os ensaios de compressão diametral foram realizados de acordo com a normativa norte-americana ASTM C496 (ASTM, 2017). Utilizou-se uma prensa automática com deslocamento controlado (Figura 4). Antes da ruptura, os corpos-de-prova foram submetidos a imersão em água por 24h, na mesma temperatura utilizada para a cura. Deste modo, minimizaram-se eventuais efeitos da sucção. Este procedimento também é utilizado para avaliar a ocorrência de reações que promovam algum tipo de cimentação nas misturas. Caso a cimentação ocorrida não tivesse sido suficiente, provavelmente o corpo-de-prova seria dissolvido na água.

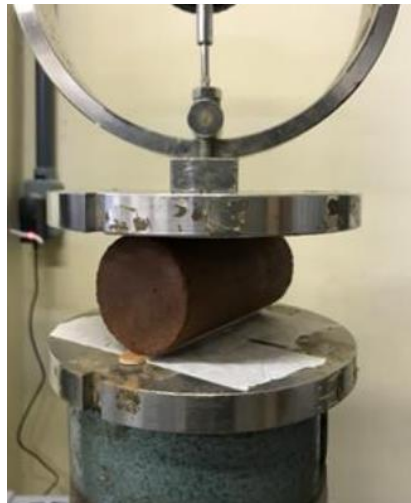
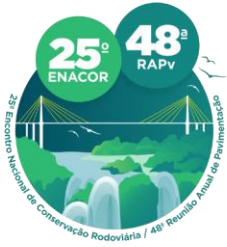


Figura 4: Ensaio de compressão diametral (AUTOR, 2020).

Ensaio de pulso ultrassônico

O ensaio de pulso ultrassônico foi realizado com o aparelho *PunditLab* (+) e consiste no aferimento dos tempos de propagação de ondas de compressão e cisalhamento nos corpos de prova cilíndricos. Esta medição permite estimar o módulo cisalhante a pequeníssimas deformações (G_0). As ondas de compressão são induzidas através da vibração de transdutores com frequência de 54 kHz, enquanto



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



as ondas de cisalhamento são propiciadas pela vibração de outros transdutores a 250 kHz. As Figuras 5 e 6 mostram a realização das medições.



Figura 5: Medição do tempo de deslocamento de ondas de compressão (AUTOR, 2020).



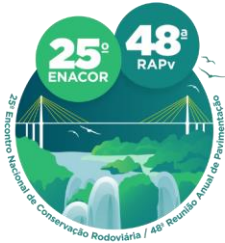
Figura 6: Medição do tempo de deslocamento de ondas de cisalhamento (AUTOR, 2020).

RESULTADOS E ANÁLISES

A estabilização do solo foi estudada através da realização de ensaios de compressão diametral e ensaios de pulso ultrassônico. Foram utilizadas misturas com pesos específicos aparentes secos de $13,0 \text{ kN/m}^3$ e 15 kN/m^3 , teores de pó de vidro de 10% e 30%, teores de cal de carbureto de 3% e 7%, tempos de cura de sete e 28 dias e temperaturas de cura de 23°C e 40°C .

Resistência à tração por compressão diametral

Os ensaios de compressão diametral foram realizados para todas as misturas apresentadas no plano experimental. Os resultados médios obtidos para as duplicatas estão apresentados na Tabela 4. O valor máximo de q_t foi $594,68 \text{ kPa}$, para a amostra 8A, curada a 40°C por 28 dias. Os resultados também estão ilustrados nas Figuras 7 e 8.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR
www.rapvenacor.com.br



Tabela 4: Resultados de resistência à tração por compressão diametral (q_t) em kPa.

Mistura	Sete dias de cura		28 dias de cura	
	23°C	40°C	23°C	40°C
1A	7,41	20,12	25,30	17,44
2A	44,99	70,02	56,74	159,87
3A	6,98	41,43	25,45	77,06
4A	51,67	83,05	70,09	256,78
5A	12,38	88,56	80,77	181,76
6A	47,78	284,83	188,93	492,78
7A	26,58	164,58	144,54	328,78
8A	104,89	394,65	336,75	594,68

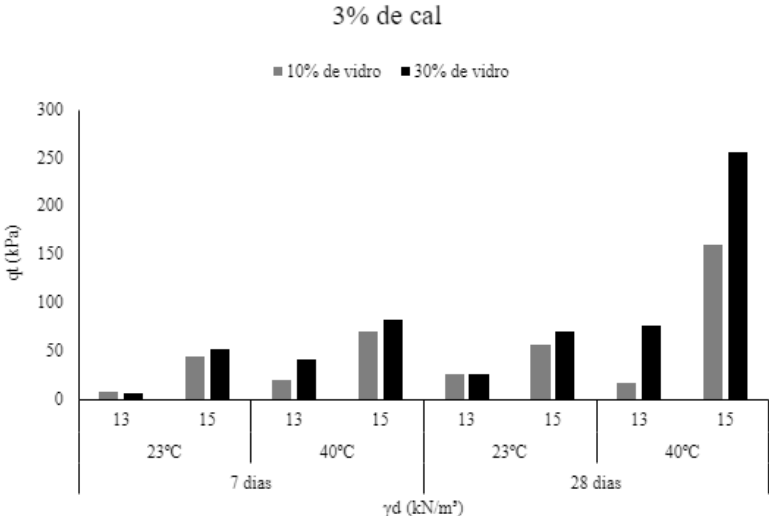


Figura 7: Variação da RTCD (q_t) em função do peso específico aparente seco, teor de pó de vidro, tempo de cura e temperatura de cura para 3% de cal de carbureto (AUTOR, 2023).

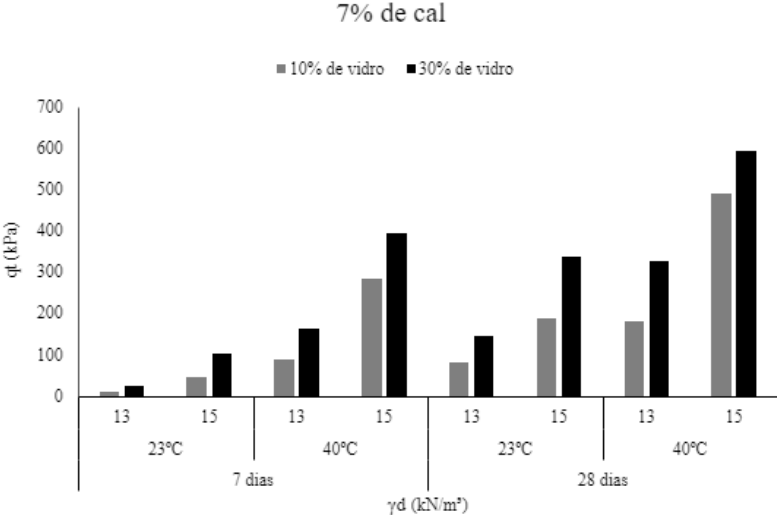
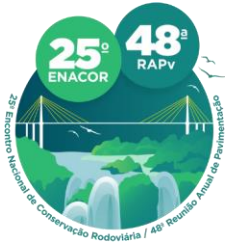


Figura 8: Variação da RTCD (q_t) em função do peso específico aparente seco, teor de pó de vidro, tempo de cura e temperatura de cura para 7% de cal de carbureto (AUTOR, 2023).



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



A partir dos resultados, é possível identificar que a resistência aumenta com a elevação do teor de cal de carbureto, conforme esperado. Isso indica que teores de cal inferiores à 7% não são suficientes para a obtenção das maiores resistências. Todavia, um maior tempo de cura pode ser necessário para que essa hipótese seja confirmada, uma vez que parte do hidróxido de cálcio excedente pode ainda não ter reagido com a cal no período de 28 dias.

Da mesma forma, identifica-se também a elevação dos valores de q_t com o aumento do peso específico aparente seco e conseqüente redução da porosidade das misturas. Independentemente da quantidade de cal utilizada, a redução na porosidade do material promove ganhos consideráveis de resistência. Esse efeito é explicado, em parte, pelo maior intertravamento entre as partículas do solo, resultando em uma maior área de contato para o desenvolvimento das reações no sistema e maior compactação da mistura.

Por outro lado, a elevação do teor de pó de vidro moído de 10% para 30% não representou uma variação considerável na resistência das amostras. Isso pode indicar que existe um mútuo interesse entre as partículas do solo e da pozolana pelo consumo da cal de carbureto, qual seja, as fontes de sílica, alumina e ferro presentes no solo reagem com a cal e a água antes de reagir com o pó de vidro. Ainda, o tempo e a temperatura de cura influenciaram no comportamento das amostras de forma evidente.

Módulo de rigidez inicial

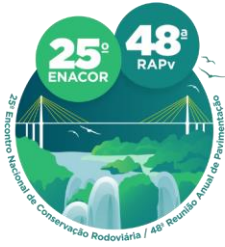
As mesmas amostras utilizadas para o ensaio de resistência à tração por compressão diametral aos 28 dias, antes da ruptura, foram submetidas ao ensaio de pulso ultrassônico para determinação do módulo de rigidez inicial (G_0). Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 5. O valor máximo de G_0 foi igual a 7640,36 MPa, para a amostra 8A, curada a 40°C por 28 dias, e a mesma amostra apresentou o maior valor de q_t . Os resultados também estão ilustrados nas Figuras 9 e 10.

A partir dos resultados, é possível identificar que a rigidez das misturas aumenta com a elevação do teor de cal de carbureto. De forma análoga, identifica-se também a elevação dos valores de G_0 com o aumento do peso específico aparente seco.

Ainda, foi possível identificar que, ao contrário do que foi observado para os valores de q_t , o aumento da temperatura de cura das amostras não resultou em um ganho considerável de rigidez às amostras curadas por 28 dias. Os maiores valores de G_0 foram obtidos para as amostras moldadas com 7% de cal de carbureto, com pesos específicos secos de 15 kN/m³ e curadas a 40°C.

Tabela 5: Resultados de módulo de rigidez inicial (G_0) em MPa.

Mistura	28 dias de cura	
	23°C	40°C
1A	270,29	243,01
2A	343,61	547,42
3A	274,01	420,40
4A	450,79	975,81
5A	773,68	1013,73
6A	4583,86	6124,93
7A	3686,08	1585,68
8A	5755,59	7640,36



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br

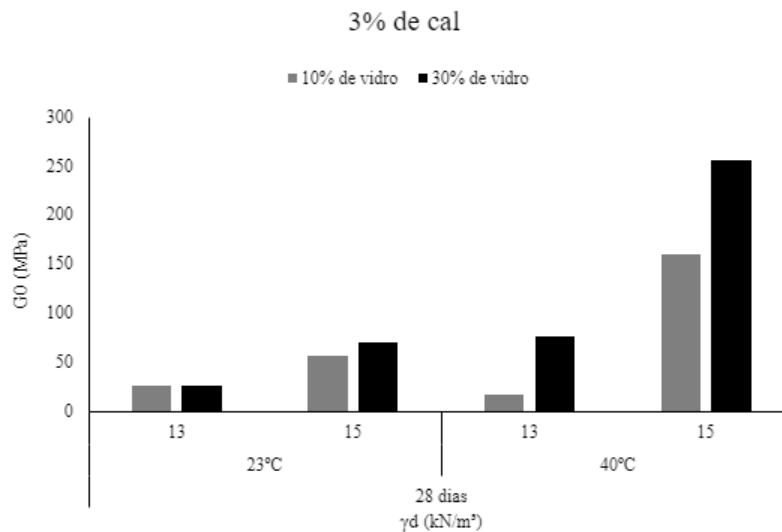


Figura 9: Variação de G_0 em função do peso específico aparente seco, teor de pó de vidro e temperatura de cura para 3% de cal de carbureto (AUTOR, 2023).

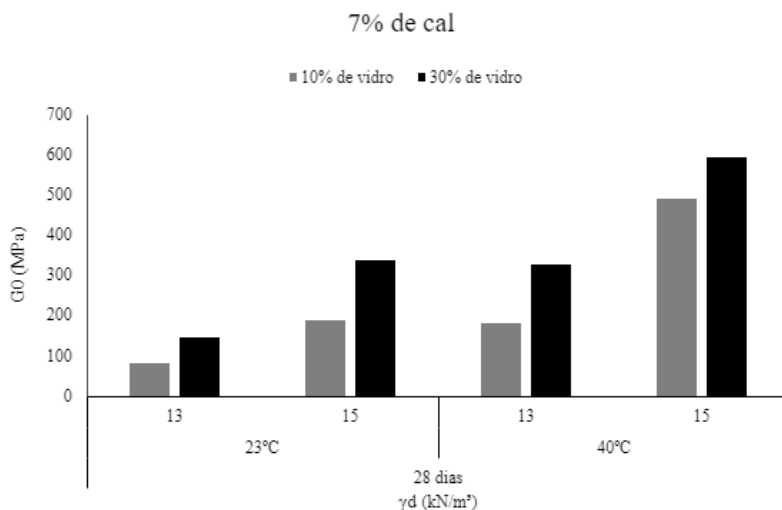
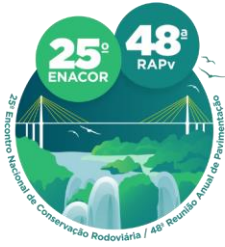


Figura 10: Variação de G_0 em função do peso específico aparente seco, teor de pó de vidro e temperatura de cura para 7% de cal de carbureto (AUTOR, 2023).

CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados de resistência à tração por compressão diametral e módulo de rigidez inicial, é possível concluir que o teor de cal de carbureto utilizado nas misturas exerceu considerável influência sobre os parâmetros estudados. Isso porque o acréscimo deste teor de 3% para 7% na mistura resultou em uma melhora considerável no comportamento mecânico do material em ambos os ensaios.

Além disso, o aumento do peso específico aparente seco, e consequente redução da porosidade das misturas, também exerceu influência significativa nos valores obtidos. A elevação do teor de pó de vidro moído de 10% para 30% exerceu pouca influência na melhoria do comportamento do material no que tange a resistência à tração por compressão diametral e rigidez inicial. Dentre os efeitos com



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



influência positiva no comportamento, este fator foi o que teve ação mais discreta. Ainda, cabe salientar que o pó de vidro exerceu maior influência nos valores de q_t do que de G_0 .

Por fim, tanto a elevação do tempo de cura (de sete para 28 dias) e da temperatura de cura (de 23°C para 40°C) resultaram em um aumento dos valores de q_t . Esse comportamento era esperado e comprova que a elevação da temperatura de cura pode ser utilizada em materiais deste tipo para a obtenção de melhores resistências à curto prazo. Ainda, foi possível identificar, para o tempo de cura de 28 dias, uma elevação do módulo de rigidez inicial das amostras com o aumento da temperatura de cura.

Assim sendo, conclui-se que é viável a estabilização do solo estudado com materiais mais sustentáveis como o pó de vidro moído e a cal de carbureto e com a utilização da técnica de cura acelerada, visando o desenvolvimento de camadas de pavimentos mais resistentes, duráveis e sustentáveis. Porém, para uma validação do estudo, é necessário um programa experimental mais robusto e que inclua ensaios com o solo sem adições para mensurar de forma mais exata a modificação do comportamento do material.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Mariana Bamberg. Estudo de misturas de solo argiloso laterítico do noroeste do Rio Grande do Sul e areia industrial para uso em pavimentos econômicos. 2015. 67 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí. 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). C 496: Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens. Philadelphia, 2017.

BULIGON, Liliane Bonadiman. Estudo de misturas de solo argiloso laterítico e resíduo de construção civil para uso em pavimentos econômicos. 89 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí. 2015.

CALLAI, N. D. Estudo mecânico de misturas de argila laterítica e agregado miúdo para emprego em pavimentos econômicos. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2017.

NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. Uma nova classificação de solos para finalidades rodoviárias. 1981. In. Simpósio Brasileiro de Solos Tropicais em Engenharia, Rio de Janeiro – Rio de Janeiro.

ROGERS, C.D.F.; GLENDINNING, S.; ROFF, T.E.J. Lime modification of clay soils for construction expediency. Proceedings: Institute of Civil Engineers, Geotechnical Engineering, 125(4), p. 242–249. 1997.

SALDANHA, R. B.; SCHEUERMANN FILHO, H. C.; MALLMANN, J. E. C.; CONSOLI, N. C.; REDDY, K. R. Physical-mineralogical-chemical characterization of carbide lime: an environment-friendly chemical additive for soil stabilization. Journal of Materials in Civil Engineering, v. 30(6), p. 1 – 7, 2018.

ZAPPE, A. P. S. Uso de areia de fundição em misturas com argila laterítica para estrutura de pavimentos econômicos. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2017. 97 f.