



26º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 49ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

ANÁLISE DO ESTABILIZANTE DYNABASE® PARA REAPROVEITAMENTO DE SOLO LOCAL – UM ESTUDO DE CASO APLICADO AO SISTEMA VIÁRIO DE UM SHOPPING CENTER NO MUNICÍPIO DE LAGARTO/SE

***Tayná Macêdo Rito de Santana¹; Levy Pablo Silva Garcia²; José Victor Rodrigues Pinto²;
Franklin José Rodrigues Amorim²; Joelson hora Costa²; Victor Manuel de Queiroz Lourenço² &
Camilla Maria Torres Pinto³***

RESUMO

Um dos grandes desafios da infraestrutura urbana é a escassez de solos provenientes de jazidas naturais com alta capacidade de suporte. Além disso, os custos elevados de transportes devido as distâncias entre as jazidas e as obras. Estudos envolvendo a reutilização de solo local após o processo de estabilização, em diferentes nichos de mercado, se mostram cada vez mais necessários diante do grande passivo ambiental causado pelo acúmulo de bota-fora, resíduos gerados em grandes volumes. O objetivo deste trabalho foi analisar o desempenho geotécnico de um solo caracterizado como silte argiloso e estabilizado quimicamente, empregando-se a adição de 3% e 6% de Dynabase®, em massa, ao solo puro encontrado no sistema viário de um shopping center no município de Lagarto/SE, visando-se a aplicação em camadas de base e sub-base. Os resultados apresentaram aumento em cerca de cinco vezes nos valores de ISC das misturas solo-Dynabase®. Concluiu-se ainda que a adição do estabilizante tornou o solo apto para utilização no sistema viário do shopping center, contudo apenas para a camada de sub-base. Além disso, fez com que não houvesse mais a necessidade de agregar valor com transporte de bota-fora e importação para substituição de material, tendo em vista um passivo sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Solo; Propriedades Geotécnicas; Dynabase®; Estabilização; Pavimentação.

ABSTRACT

One of the great challenges of urban infrastructure is the scarcity of soil from natural deposits with high support capacity. Furthermore, high transport costs due to the distances between the deposits and the works. Studies involving the reuse of local soil after the stabilization process, in different market niches, are increasingly necessary given the great environmental liability caused by the accumulation of waste, waste generated in large volumes. The objective of this work was to analyze the geotechnical performance of a soil characterized as silty clay and chemically stabilized, using the addition of 3% and 6% of Dynabase®, by mass, to the pure soil found in the road system of a shopping mall in municipality of Lagarto/SE, aiming at the application in base and sub-base layers. The results showed a fivefold increase in the ISC values of the soil-Dynabase® mixtures. It was also concluded that the addition of the stabilizer made the soil suitable for use in the shopping center road system. In addition, it meant that there was no longer the need to spend on waste transport and imports to replace material, with a view to sustainable liabilities.

KEY WORDS: Soil; Geotechnical Properties; Dynabase®; Stabilization; Paving.

¹ Universidade Federal de Sergipe, taynamacedorito@gmail.com;

² Faculdade Pio Décimo, eng.levypablo@gmail.com; rodriguesvictor521@gmail.com;
franklin.jramorim@gmail.com; joelsonhcosta@gmail.com; victorqlourenco@gmail.com;

³ Universidade Estadual de Santa Cruz, cmtpinto@usc.br.



INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios da atualidade brasileira é a escassez de solos provenientes de jazidas naturais com alta capacidade de suporte. Outra problemática se dá devido as distâncias entre as jazidas e a obra, ocasionando um maior deslocamento, custos e emissão dos gases que provocam o aquecimento global (CYPRIANO *et al.*, 2019).

De acordo com a Organização Mundial das Nações Unidas, apenas um quinto dos recursos, utilizados no mundo, foram provenientes de fontes renováveis. Em virtude disso, uma das metas da Agenda de Desenvolvimento Sustentável para 2030 é o uso eficiente dos recursos naturais, devido à voracidade com que se têm consumido estes recursos (ONU, 2015).

A Agenda 2030 da ONU faz parte de um plano de desenvolvimento global para atingir em 2030 um melhor mundo para todos os povos e nações. Com isso, destaca-se que existem 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que devem ser atingidos até 2030. O objetivo de número 9 afirma que se deve aprimorar o sistema viário do país, com foco em sustentabilidade e segurança, na busca por menor custo e melhoria na qualidade (ONU, 2015).

A reutilização do solo local surge como uma alternativa sustentável, tendo em vista o reuso do solo, menor manejo de material, redução de custos com transporte e consequentemente uma redução no volume de bota-fora. Para Viana (2021), a definição dos princípios dos 3Rs (redução, reuso e reciclagem) são essenciais para a implementação da Economia Circular. Ademais, a Economia Circular (EC) surge como uma forma de viabilizar o crescimento econômico com a preservação ambiental, com foco na sustentabilidade (GUINÉE *et al.*, 2021).

Dessa forma, no contexto do cenário atual brasileiro e, mais especificamente, no Estado de Sergipe, verifica-se a necessidade de analisar o uso do aditivo *Dynabase*® para se estabilizar o solo local, com o intuito de reduzir os custos de bota-fora de material e/ou confecção de mistura. Além disso, incentivar o desacumulo de resíduos ao propor uma destinação ao solo com baixa capacidade de suporte e contribuir para a Agenda 2030 da ONU, atendendo a ODS 9. Por fim, diante do exposto, esta pesquisa realizou um estudo geotécnico e uma tentativa de estabilização em um solo situado no sistema viário de um *shopping center* da cidade de Lagarto/SE.

REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2021), dados estatísticos apresentam que apenas 12,40% (203.500 km) da malha rodoviária brasileira são pavimentadas. No estado de Sergipe foram verificados apenas 653 km de rodovias - de um total de 1.848 km pavimentados, apenas 25,70 % dos pavimentos possuem classificação ótima ou bom, e 74,30% foram considerados regular, ruim ou péssimo.

Para Metcalf (1972), o solo natural é um material heterogêneo, complexo e variável. Por esse motivo, em determinado local um solo pode não atender às especificações de engenharia requeridas para o que se pretende construir. Com isso, surge a necessidade de se alterar as propriedades do solo para que atenda a determinadas especificações de engenharia e seja estabilizado.

Estabilização de solos é definida como a alteração de uma ou mais propriedades do material, com o intuito de melhorar suas características e seu comportamento do ponto de vista da engenharia (MAHASNEH, 2016). Segundo Behak (2007), a estabilização de solos resulta em pavimentos com bom desempenho e durabilidade. Com bom desempenho e durabilidade, existem diversas técnicas de estabilização, que se dividem em métodos mecânicos, físicos e químicos. Silva (2006) afirma que um dos métodos de estabilização mais utilizado na pavimentação é a estabilização química, que



ocorre através da inserção de um aditivo ao solo com o intuito de obter melhorias em suas propriedades geotécnicas.

Conforme Gondim (2008), para escolher o método mais adequado de estabilização a ser utilizado deve-se considerar as propriedades do solo que precisam ser melhoradas e os propósitos aos quais se destinam o processo de estabilização, cada tipo vai se comportar de forma única, tendo suas aplicações e limites característicos para cada solicitação. Além disso, a estabilização busca a melhoria nas principais propriedades do solo, como resistência, permeabilidade e deformabilidade (OLIVEIRA, 2010).

Azevedo (2010) afirma que existem casos em que os materiais naturais que estão presentes na obra não podem ser utilizados para as camadas do pavimento. E diante disso, algumas condições devem ser avaliadas, tais como:

- a) Substituição do solo presente por um de melhor propriedade, também chamado como “Bota-fora” e “Empréstimo”;
- b) Estabilização por meios químicos e mecânicos;
- c) Reformulação de cálculos do pavimento para que fique nas condições que o local possua.

A estabilização dos solos pode ser feita por meios mecânicos, com a devida correção da granulometria e plasticidade, com adição ou subtração de certas quantidades das frações constituintes até a obtenção de parâmetros indicados para camadas de pavimentos seguindo as normas do DNIT. Além deste meio, esse processo pode usar meios químicos, como aditivos orgânicos ou inorgânicos, dentre eles, existem a cal, cimento Portland, silicato de sódio, e entre outros (GUIMARÃES, 2002).

Para Corrêa (2008), o aditivo em contato com o solo interagirá de forma particular, seja por meio de cimentação, mudanças de mineralogia, permutação de íons, polimerização, entre outros. Ademais, são de suma importância, o conhecimento da atuação da substância adicionada, bem como das características do material que será tratado para ter sucesso no processo de estabilização.

MATERIAIS E MÉTODOS

Na presente pesquisa foram utilizados o solo puro, proveniente do município de Lagarto/SE, e o Dynabase© com o intuito de estabilização. A metodologia aplicada na pesquisa seguiu as etapas de coleta, caracterização das amostras, ensaios de caracterização para o solo puro, ensaios de compactação e Índice de Suporte Califórnia (ISC) e análise dos resultados. Destaca-se que as amostras de solos foram armazenadas em sacos plásticos após o processo de secagem e destorroamento, prontas para serem utilizadas nos ensaios de caracterização geotécnica.

Solo e local de estudo

Para o presente trabalho utilizou-se o solo do subleito existente no local da construção do sistema viário de um *shopping center*, na Avenida Contorno, S/N, município de Lagarto – SE. Na Figura 1 é apresentada a área de estudo e condições sob as quais o solo se encontrava no dia da coleta. As amostras foram coletadas em três pontos distintos e com profundidade entre 0,00 e 0,25m com relação às cotas do greide de terraplenagem.



Figura 1. Área de estudo: (a) Centro Sul Shopping Center; (b) Coleta de Solo Puro (Autores, 2023).

Estabilizante

O estabilizante químico utilizado neste estudo foi o *Dynabase*®, cedido pela empresa *Dynabase Comércio de Produtos Estabilizantes LTDA*, localizada no município de Penápolis/SP. O *Dynabase*® possui hidróxido de cálcio aditivado, no qual, de acordo com o fabricante, pode conferir ao projeto de uma rodovia redução de 60 a 80% com custos de remoção do solo e seu respectivo transporte para bota-fora e também, com a importação de material para substituição na regularização do greide. (DYNABASE, 2021).

O efeito aglutinante torna as partículas mais impermeáveis para serem utilizadas como camada final de pavimento. Essas ações são realizadas no início pela absorção dos íons de cálcio pelas partículas argilosas, mudando suas características, que dependem da atividade superficial, e tendo outra ação, mais lento. Causado pelas interligações entre íons de cálcio e os componentes aluminosos e silicosos separados em meio alcalino nos solos, transformando-os em silicatos e aluminatos de cálcio hidratados, estáveis com poder de cimentação das partículas (DYNABASE, 2021).

Segundo o fabricante, deve-se utilizar um percentual em massa de 2% a 4% do aditivo. E para evitar erros no dimensionamento do pavimento, deve-se realizar ensaios de caracterização a fim de que seja identificado um teor mais adequado para o solo em questão.

De acordo com valores encontrados na literatura, pode-se notar que misturas com 2% de *Dynabase*® resultaram melhoras significativas em seu valor de ISC, em torno de cinco vezes maior que o ISC do solo natural. Com isso, para a presente pesquisa adotou-se dois percentuais de aditivo, ou seja, 3% e 6% de *Dynabase*® adicionado ao solo puro. Destaca-se que o critério de escolha foi verificar o teor do ponto médio em relação à faixa sugerida pelo fabricante, e o efeito do uso de um maior percentual do aditivo ao solo. A Figura 2 apresenta a amostra de estabilizante utilizada na pesquisa.

O produto tem característica física sólida e coloração acinzentada, com composição química própria que permite ser depositado a céu aberto por longo período, sem que ocorra qualquer alteração na sua qualidade e sem qualquer agressão ao meio ambiente (BATISTA, 2019).



Figura 2. Amostra de Dynabase© utilizada na presente pesquisa (Autores, 2023).

Preparação e caracterização dos materiais

Após seco ao ar livre e destorroado, procedeu-se à caracterização geotécnica do solo em estudo. A preparação das amostras foi norteada pela Norma ABNT NBR 6457:2016. A Tabela 1 apresenta os ensaios adotados na presente pesquisa.

Tabela 1. Ensaios e métodos utilizados (Autores, 2023).

ENSAIOS REALIZADOS	MÉTODOS DE ENSAIOS
Granulometria	NBR 7181:2018
Limite de Liquidez	NBR 6459:2017
Limite de Plasticidade	NBR 7180:2016
Compactação	NBR 7182:2016
Índice de Suporte Califórnia ISC	NBR 9895:2017

Para a classificação do solo foram empregados os procedimentos da TRB (*Transportation Research Board*) e a USCS (*Unified Soil Classification System*) ou SUCS (Sistema Unificado de Classificação de Solos). Os ensaios de compactação foram realizados empregando-se a energia do Proctor Intermediário, ou seja, com aplicação de 26 golpes do soquete em cada uma das 5 camadas, no cilindro grande e com reuso de material. A Figura 3 apresenta as etapas de preparação para o ensaio de compactação.



Figura 3. Compactação das misturas: (a) Solo + Dynabase®; (b) Umedecimento e homogeneização da amostra; (c) Compactação (Autores, 2023).

Com os dados obtidos no ensaio de compactação, o peso específico aparente seco máximo (γ_d) e a umidade ótima ($w_{ót}$), foram moldados corpos de prova para os ensaios de expansão e capacidade de suporte do solo, o Índice de Suporte Califórnia (ISC). A Tabela 2 mostra a nomenclatura dos materiais usados nesta pesquisa.

Tabela 2. Materiais e siglas adotados (Autores, 2023).

MATERIAL	SIGLA
Solo Puro	SP
Solo Puro + 3% Dynabase®	3DNB
Solo Puro + 6% Dynabase®	6DNB

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dos ensaios de granulometria, foi possível classificar o solo puro e obter-se a sua curva granulométrica. O solo compõe-se de 38% de material fino, passante na peneira N°. 200 (0,074 mm). Com a utilização da NBR 6502 (ABNT, 1995) foram determinados os percentuais de pedregulho, areias grossa, média e fina, além da fração de silte e argila, levando em consideração as faixas estabelecidas por essa norma. As porcentagens de pedregulho (34%), areia (28%), silte e argila (38%), seguiram a escala granulométrica estabelecida na ABNT NBR 6502 (1995). Com isso, o solo foi classificado como silte argiloso com pouca areia e vestígios de pedregulhos. A Figura 4 a seguir apresenta a curva granulométrica obtida na presente pesquisa.

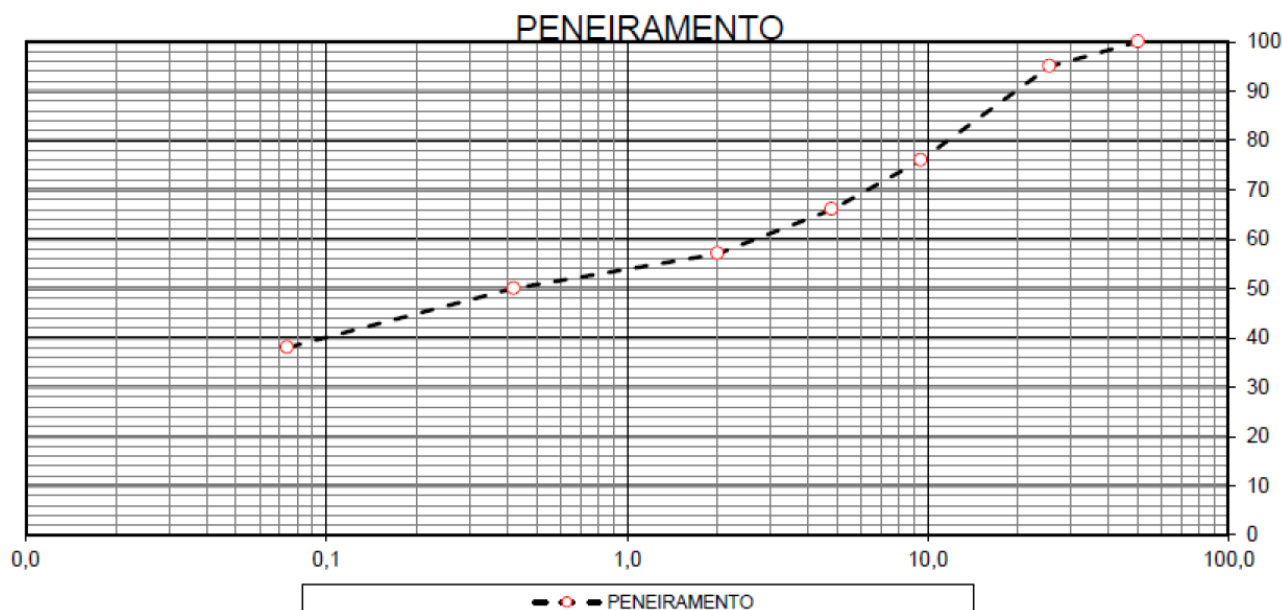


Figura 4. Curva granulométrica do solo puro: porcentagem de solo passante versus diâmetro das peneiras (Autores, 2023).

Os ensaios de Limites de Consistência revelaram que o solo possui um limite de liquidez (LL) de 25%. Já o limite de plasticidade (LP) determinado para o solo puro foi de 16%, resultando num índice de plasticidade (IP) de 8%.

De acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS), o solo analisado pode ser classificado como argila siltosa com baixa compressibilidade (CL – ML). Para a *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), o solo em estudo é predominantemente siltoso do grupo A-4, ou seja, a porcentagem de material que passa na peneira nº 200 é maior que 35%, e com Índice de Grupo (IG) igual a 1,00.

Após os ensaios já mencionados, prosseguiu-se à realização dos ensaios de compactação do solo puro, e adotou-se os mesmos parâmetros obtidos para o SP na confecção das demais misturas 3DNB e 6DNB para moldagem dos corpos de prova do ensaio de ISC. Cabe destacar que a justificativa para a não realização do ensaio de compactação com as misturas se deve ao fato de que de acordo com o fabricante do estabilizante o mesmo não influenciaria na compactação. Além disso, segundo Matias *et al* (2019), o uso do *Dynabase*® não apresenta mudanças consideráveis na caracterização física das misturas, apresentando apenas grandes alterações quando se trata do ensaio de ISC. A Tabela 3 apresenta os valores obtidos para o peso específico aparente seco máximo e o teor de umidade ótima desses materiais.

Tabela 3. Resultados obtidos nos ensaios de compactação (Autores, 2023).

MATERIAL	$\gamma_{dm\acute{a}x}$. (kN/m³)	W_{ot} (%)
SP	18,86	12,9
SP + 3DNB		
SP + 6DNB		



Em relação ao ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC), a Tabela 4 apresenta os valores obtidos, destaca-se que foram finalizados após quatro dias de imersão.

Tabela 4. Resultados obtidos no ensaio de ISC (Autores, 2023).

MATERIAL	ISC (%)	EXPANSÃO (mm)
SP	12,00	0,78
3DNB	61,00	0,04
6DNB	75,00	0,02

O ISC foi a propriedade geotécnica que apresentou melhor desempenho com a adição do estabilizante, tornando assim o material apto para utilização na camada de sub-base do pavimento, o que antes não seria viável, devido ao fato de apresentar 12% de ISC. Contudo, com a adição de apenas 3% do *Dynabase*®, o ISC apresentou aumento de cinco vezes quando comparado com o solo puro. A considerável diferença observada nos valores de ISC pode se dar devido ao fato de o solo ser heterogêneo e a camada dupla de argila, ocasionando uma maior interação entre o estabilizante e as partículas de solo. Além disso, constata-se a redução na expansão com a adição do estabilizante, o que reitera Batista (2019) e o fabricante do produto.

A Figura 5 apresenta um gráfico comparando os valores de ISC obtidos com este estudo, com valores encontrado na literatura. Contudo, apesar do *Dynabase*® ser um estabilizante que surgiu no mercado no ano de 1989, o número de artigos científicos encontrados foi considerado limitado, destacando assim a importância de mais pesquisas com esse material, com o intuito de ampliar o banco de dados existente.

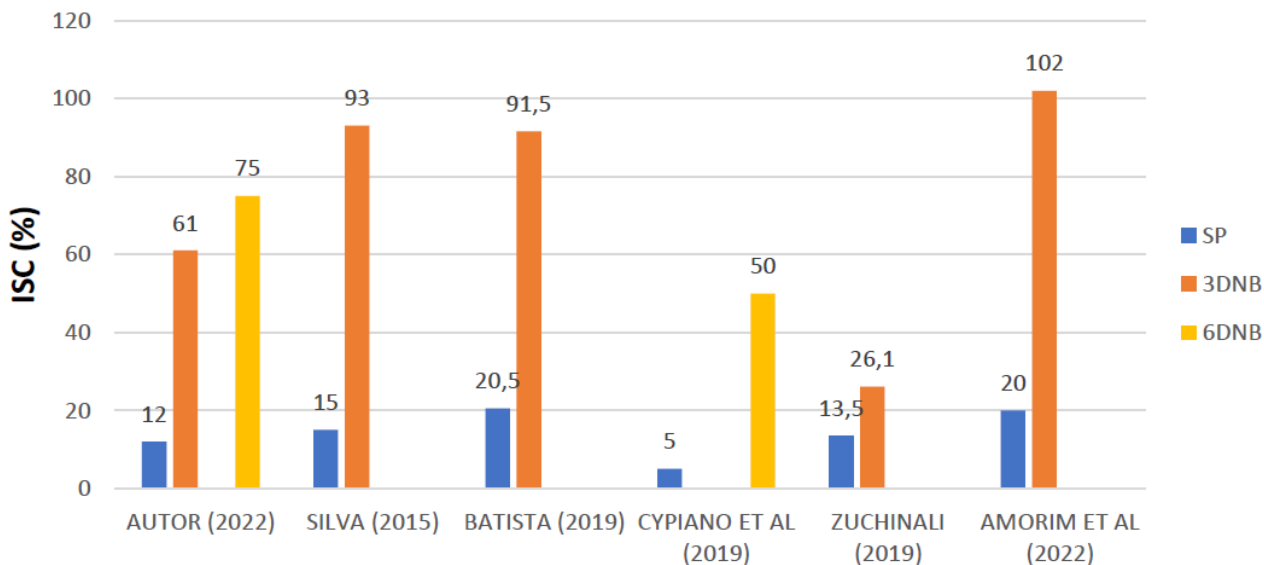


Figura 5. Resultados de ISC e de valores encontrados na literatura (Autores, 2023).

Ao todo foram encontrados cinco artigos citando o uso do *Dynabase*®, e para um melhor efeito de comparação, foi filtrado os resultados de acordo com a porcentagem de 3% e 6%, além do mesmo tipo de solo, ou seja, o solo A-4 que foi o mesmo utilizado na presente pesquisa.

A maioria das amostras apresentaram um ganho significativo no ISC com a utilização de apenas 3% do estabilizante. Cypriano *et al.* (2019) foi o único que não utilizou o teor de 3%, contudo, seus



teores adotados foram 2% a 12%, com variação de 2%, portando o teor utilizado para comparação dos resultados com o presente trabalho foi o de 6%.

Após analisar os resultados das amostras e de acordo com as especificações do manual de pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte - DNIT (2006) - para utilização em camadas de sub-base e base de pavimentos rodoviários, respectivamente, além dos requisitos de baixa plasticidade, o material deve apresentar valores de ISC iguais ou superiores à 20% e 60%, com isso, houve adequabilidade das misturas com a adição do estabilizante para ambos os casos. Enquanto que apenas as amostras de solo em seu estado natural de Cypriano *et al.* (2019) e Amorim *et al.* (2022) estão adequadas para utilização em camada de sub-base. Sabe-se que a adição de 3%, elevou-se a categoria do solo para todas as amostras apresentadas no gráfico e as misturas sem adição de estabilizante dos demais autores, não se qualificam para aplicação em camadas de sub-base e base.

Todavia, Zuchinali (2019) não apresentou variação significativa na capacidade de suporte do solo, visto que a amostra tem maior quantidade de frações grossas presente em sua granulometria. E de acordo com Júnior (2016), as partículas mais finas absorvem os íons de cálcio do aditivo, modificando suas propriedades, com efeitos de cimentação e redução da quantidade de vazios presentes no solo.

As diferenças observadas entre os valores obtidos neste estudo e os demais autores podem estar relacionadas com a plasticidade de cada solo, como também ao tamanho das partículas. Contudo, apesar de pertencerem ao grupo A-4, existem faixas para se enquadrar nesse grupo, com isso, a variação dentre essas porcentagens fazem com que ocorra mudanças em seus valores de ISC. Outro fator que também pode ser responsável por essas diferenças pode ser a faixa granulométrica do solo de cada pesquisa, como por exemplo Zuchinali (2019) apresentou 37,60% passando na peneira de malha #200, e seu solo obteve um resultado de NL e NP. Por fim, destaca-se que apesar das diferenças de origens, horizontes e classificações, é notório observar o ganho na capacidade de suporte do solo, ou seja, aumento do ISC.

Ademais, conforme os resultados apresentados, os materiais utilizados nesta pesquisa podem ser empregados em camadas de sub-base de pavimentos, onde as faixas granulométricas, limites de consistência, assim como, os parâmetros de expansão e ISC atenderam as exigências normatizadas pelo DNIT (2006). Vale ressaltar que para materiais utilizados nos pavimentos, o solo coletado poderá ser utilizado como sub-base de pavimentos, por apresentar Índice de Suporte Califórnia $\geq 20\%$, I.G. = 0 e expansão $\leq 1\%$, já para ser utilizado como base de pavimento de rodovia de baixo volume de tráfego é necessário possuir ISC $\geq 60\%$, expansão $\leq 0,5\%$, Limite de liquidez $\leq 25\%$ e Índice de plasticidade $\leq 6\%$, além de enquadrar em uma das quatro faixas granulométricas existentes.

CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou resultados de uma pesquisa com a tentativa de estabilização de um solo empregando o estabilizante *Dynabase*®, com o objetivo de analisar o comportamento geotécnico do solo puro e do solo com estabilizante, para posterior aplicação do material em camadas de base e sub-base de pavimentos rodoviários.

A análise dos resultados dos ensaios realizados com as misturas contendo solo puro mais *Dynabase*® revelou a viabilidade do uso do estabilizante, conforme as principais conclusões elencadas a seguir.



O solo em estudo nesta pesquisa foi identificado e classificado como argila siltosa com baixa compressibilidade, apresentando 38% de fração de argila e silte, baixa plasticidade ($IP = 8\%$), baixíssima capacidade de suporte ($ISC=12\%$).

Os valores de ISC obtidos para as duas misturas testadas com o emprego do *Dynabase*® ficaram na faixa de 60% a 75%, respectivamente para os teores de 3% e 6% - valores considerados aceitáveis, de acordo com as especificações do DNIT (2006) para utilização da mistura em camadas de sub-base de pavimentos, contudo não aprovado para utilização em camadas de base.

Em comparação com os valores obtidos para o solo puro, conclui-se que uso do *Dynabase*® nas proporções utilizadas se mostrou eficiente para aumentar a capacidade de suporte do solo, em virtude dos elevados valores de ISC apresentados por esse solo. Portanto, o uso do *Dynabase*® como agente estabilizante pode se tornar promissor, contudo, devem ser realizadas pesquisas com maiores teores na mistura para se ampliar as análises e o banco de dados existente.

Pode-se notar que apesar da diferença entre as frações dos tipos de solo da atual pesquisa e dos demais autores, os resultados foram coerentes e similares, tornando o solo analisado apto para aplicação na camada de sub-base do sistema viário do *shopping center* do município de Lagarto/SE. Espera-se que esse artigo tenha seus resultados aplicados em estudos futuros e que incentive à pesquisa da influência de outros materiais de construção na engenharia civil, visando o reaproveitamento de materiais e redução do volume de bota-fora existentes nas obras.

Para possíveis trabalhos futuros, podem-se realizar ensaios adicionais para avaliar mais profundamente a ação do *Dynabase*® em um solo expansivo. Dentre eles, a difração de raios-X, análise térmica diferencial, análise térmica gravimétrica, além dos ensaios de Índice de Suporte Califórnia e resistência à compressão simples. Ademais, uma análise da aplicação do *Dynabase*® em grande escala, por meio de um aterro experimental no local de estudo.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6457**: Amostra de solo – preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

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

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

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

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7182**: Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9895**: Solo – Índice de suporte Califórnia (ISC): método de ensaio. Rio de Janeiro, 2017.

AMORIM, F. J. R.; PINTO, J. V. R.; GARCIA, L. P. S.; LOURENÇO, V. M. Q. (2022). **Estudo e estabilização de solos da região metropolitana de Aracaju para uso em subcamadas de pavimentos de baixo volume de tráfego**. Iniciação Científica em Engenharia Civil, FACULDADE PIO DÉCIMO.

AZEVEDO, André Luis Cairo de. **Estabilização de Solos com Adição de Cal: um estudo a respeito da reversibilidade das reações que acontecem no solo após a adição de cal**. 2010. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Geotécnica, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2010.



BATISTA, Mariane Sartor. **Análise para estabilização e melhoramento de solo com a utilização do aditivo Dynabase para uma estrada de terra localizada no município de Turvo/SC.** Santa Catarina: Unesc - Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2019. 15 p.

BEHAK, Leonardo. **Estabilização de solo arenoso com cinza da casca de arroz e cal.** Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

CNT – Confederação Nacional do Transporte. **Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?.** Brasília: CNT, 2021.

CORRÊA, J. F. **Avaliação das melhorias das propriedades físicas e mecânicas de solos originados de rochas sedimentares pela adição de cal para fins de pavimentação.** 2008. 151 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

CYPRIANO, Gustavo Leal; ARNS, Pedro (2019). **Estabilização de um solo argiloso com aditivo Dynabase para fins rodoviários.** Revista Técnico-Científica de Engenharia Civil, UNESC.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Pavimentação.** 3. ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR, 2006. 274 p.

DNIT 141/2010 – **ES: Pavimentação – Base Estabilizada Granulometricamente - Especificação de serviço.** Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2010.

DYNABASE. **Orientação Técnica De Serviço Para Execução De Camadas De Solo Estabilizado.** Penápolis: Dynabase Estabilizante de Solo, 2021.

GONDIM, Lilian Medeiros. **Estudo Experimental de Misturas Solo-Emulsão Aplicado às Rodovias do Agropólo do Baixo Jaguaribe/Estado do Ceará.** 2008. 248 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

GUIMARÃES, J. E. **A cal. Fundamentos e aplicações na Engenharia Civil.** 2. Edi. São Paulo: Pini, 2002.

GUINÉE, J. B.; HEIJUNGS, R. Life cycle sustainability analysis. **Journal of Industrial**, 2021.

JÚNIOR, C. M. A. **Estudo da influência da utilização de estabilizante a base de hidróxido de cálcio aditivado em amostras de solo para fins de pavimentação.** 2016. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2016.

MAHASNEH, Bassam Z. Use of aluminum residue and recycled asphalt pavement materials to stabilize silty clay soil, **Journal of Infrastructure Systems**, Virgínia, EUA, v. 22, n. 4, 2016.

MATIAS, A. A. P.; ANGELO, R. M. de. **Uso de estabilizantes de solo para o aumento da durabilidade de estradas.** 2019. 20 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Fundação Hermínio Ometto (FHO), Araras – São Paulo, 2019.

METCALF, J. B. **Soil stabilization – principles and practice.** Sydney: Butterworths, 1972.

OLIVEIRA, a. G.; JESUS, a. C., & MIRANDA, S. B. **Estudo geológico – geotécnico dos solos expansivos da região do Recôncavo Baiano.** In: II Simpósio Brasileiro de Jovens Geotécnicos - II Geojovem, Nova Friburgo/RJ, p. 1–6, 2010.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** 2015. Disponível em:< <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em 10/09/2022.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** 2015. Disponível em:< <https://movimentoods.org.br/>> Acesso em 11/09/2022.

SILVA, Luiz Alberto da. **Estudo Comparativo entre base estabilizada granulometricamente e Dynabase. Estudo de caso: Rodovia MGT/ 267 – Trecho Monsenhor Paulo/MG a Cordislândia/MG.** Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil. Varginha/MG: UNIS – Centro Universitário do Sul de Minas, 2015. 53p.



SILVA, Matheus Francisco da. **Estudo da estabilização com cal de um solo laterítico e um solo não laterítico**. 2016. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

VIANA, F. L. E. **Economia Circular e Gestão de resíduos Sólidos – Perspectivas para o Brasil e o Nordeste**. Fortaleza/CE. Estudos e Pesquisas do Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE (ETENE/BNB). 2021. 17p.

ZUCHINALI, Júlia Crepaldi; ARNS, Pedro (2019). **Estabilização e melhoramento do solo de uma estrada de terra localizada no Município de Morro Grande - SC, com estabilizante Dynabase**. Revista Técnico-Científica de Engenharia Civil, UNESC.