



Estabilização e melhoramento do solo de uma estrada de terra localizada no Município de Morro Grande - SC, com estabilizante Dynabase

Julia Crepaldi Zuchinali (1), Pedro Arns (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) juliazuchinali@gmail.com, (2) par@unescc.net

Resumo: As estradas possuem o poder de interligar cidades, aproximar pessoas, escoar produtos industriais, comerciais e agrícolas. Portanto, elas são de extrema importância no nosso dia-a-dia. Porém, a situação precária das rodovias brasileiras e a atual crise econômica do país, mostram que se faz cada vez mais necessário investir em novas tecnologias e pesquisas. Frente a isso, esse estudo avaliou as melhorias físicas e mecânicas que a utilização do aditivo Dynabase - Estabilizante de Solos, aditivo a base de hidróxido de cálcio, pode propiciar a Estrada Geral Santa Luzia, localizada no Município de Morro Grande – Santa Catarina. Para isso, foram coletadas três amostras de solo do seu leito, distantes 200 m entre si, e a elas foram adicionados 2, 3 e 4% do aditivo. Os ensaios físicos e mecânicos tornaram possível verificar que o trecho estudado possui materiais com propriedades particulares. Sendo a amostra 02, um material impossibilitado na sua forma natural, de ser utilizado como subleito, devido a sua alta expansão, 2,55%. O Dynabase possibilitou a redução da expansão volumétrica para todas as amostras, sendo que nas misturas de 3 e 4% a mesma foi menor que 0,5%, limite estabelecido para utilização em camada de base de pavimento. O que faz com que não haja mais a necessidade de gastar com transporte de bota fora e importação para substituição de material. O aditivo, também, aumentou o Índice de Suporte Califórnia das amostras, trazendo um ganho de 15,3% para 43,5%, amostra 01, 7,4% para 69%, amostra 02 e 13,5% para 40,3%, amostra 03. O mesmo proporcionou ao solo da rodovia, melhora na capacidade de suporte, redução da expansão volumétrica e aumento na coesão entre as partículas, fator que gera menor desagregação, reduz a formação de panelas e diminui a quantidade de poeira e lama, trazendo maior conforto e segurança aos usuários, tanto em dias secos quanto chuvosos. E por fim, gerar economia ao Município nos custos com manutenção.

Palavras-chave: crise econômica; novas tecnologias; Índice de Suporte Califórnia; expansão; economia com manutenção.

Soil stabilization and improvement of a dirt road located in the municipality of Morro Grande - SC, with stabilizer Dynabase

Abstract: Roads have the power to connect cities. Bring people together, transport of industrial, commercial and agricultural products. Therefore, they are of utmost importance in our daily lives. However, the precarious situation of Brazilian highways and the current economic crisis in the country show that it is increasingly necessary to invest in new technologies and research. Given this, this study evaluated the physical and mechanical improvements that the use of the additive Dynabase – Soil Stabilizer, additive based on calcium hydroxide, can provide the Santa Luzia General Road, located in the municipality of Morro Grande – Santa Catarina. For this, three soil samples were collected from its bed, 200 m apart, and 2, 3 and 4% of the additive were added. The physical and mechanical tests made it possible to verify that the studied stretch has materials with particular properties. Being the sample 02, a material impossible in its natural form, to be used as subgrade, due to its high expansion, 2,55%. Dynabase allowed the reduction of volumetric expansion for all samples, and in the mixtures of 3 and 4% it was less than 0,5%, a limit established for use in the pavement base layer. This means that there is no longer a need to spend on boot-off transportation and importing for material replacement. The additive also increased the California Bearing Ratio of the samples, bringing a gain from 15,3% to 43,5%, sample 01, 7,4% to 69%, sample 02 and 13,5% to 40,3%, sample 03. It has provided the road soil with improved carrying capacity, reduced volumetric expansion and increased particle cohesion, which causes less disintegration, reduces pan formation and reduces the amount of dust and mud, bringing greater comfort and safety for users on both dry and rainy days. And finally, generate savings to the Municipality in maintenance costs.

Key-words: economic crisis; new technologies; California Bearing Ratio; expansion; savings in maintenance costs.

Introdução

Estradas são, meios capazes de ligar um lugar a outro e pelo qual transitam pessoas, veículos e animais. Com o poder de interligar cidades, aproximar pessoas, escoar produtos industriais, comerciais e agrícolas, elas têm grande importância na vida cotidiana de quem as utiliza. Com isso, é necessário que as mesmas tenham uma boa trafegabilidade, trazendo conforto e segurança ao usuário. É pensando nisso que as pesquisas atuais buscam formas de melhorar a qualidade das rodovias brasileiras, aplicando a melhor tecnologia para cada região.

Segundo França (2003), a busca por estudar materiais alternativos sob o ponto de vista técnico-econômico, se faz cada vez mais importante, frente ao cenário que o país vem vivenciando. Levando em consideração a grande quantidade de obras viárias a serem implantadas ou recuperadas no país, conforme relata uma pesquisa da Confederação Nacional dos Transportes - CNT, publicada no site da Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária

do Brasil – CNA (2017), 61,8% das rodovias brasileiras estão em condições “regular”, “ruim” ou “péssima”.

Para alcançar uma qualidade desejável é necessário analisar o solo natural da rodovia e verificar se o mesmo atende as especificações mínimas estipuladas na Norma 108/2019 - ES - Terraplenagem – Aterros – Especificação de Serviços (2019), do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, as quais são, Índice de Suporte Califórnia – $ISC \geq 2\%$ e expansão e $\leq 2\%$. Se o solo natural escavado não for de qualidade para a pavimentação, é possível fazer uso de empréstimos ou estabilização através de processos químicos ou mecânicos. (KAMMER; ARNS, 2013). O Dynabase, hidróxido de cálcio aditivado, é um aditivo que, segundo 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.

Segundo Senço (2001), quando se procura melhorar o desempenho de estradas de terra, logo se pensa na junção dos pontos positivos de um solo arenoso com os de um argiloso. O arenoso apresenta um rolamento de qualidade razoável durante as chuvas, mas muita poeira durante a seca, já o argiloso possui bom rolamento durante a estiagem, porém forma muita lama durante as chuvas. Segundo França (2003), estabilização química de um solo é a alteração da sua estrutura através da introdução de uma certa quantidade de aditivo que seja capaz de melhorar as suas propriedades físicas e mecânicas. O fabricante do Dynabase afirma que, o aditivo pode proporcionar o aumento do desempenho do solo com a simples adição do mesmo. Com ele é possível aumentar o ISC do material, reduzir a expansão e aumentar a coesão entre as partículas constituintes, fazendo, assim, com que o pavimento fique mais impermeável, desagregue menos, levante pouca poeira e forme menos panelas.

Pavimento é a estrutura que se assenta sobre um terreno de fundação e é composto por determinadas camadas, as quais podem ser, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento. (SILVA, 2008). Alguns pavimentos não possuem todas as camadas citadas, uns tem apenas base e revestimento, outros tem o revestimento logo acima do subleito e muitos nem possuem o revestimento. Nesses casos a última camada costuma ser o próprio subleito ou a base da rodovia, desde que sejam capazes de, conforme diz França (2003) e Silva (2008), resistir aos

esforços causados pelo tráfego e pelas ações climáticas, aumentando a resistência a derrapagem, melhorando assim, as condições de rodagem e atendendo as especificações mais adversas de projeto. As estradas de terra, como são comumente conhecidas as vias não pavimentadas, tem por finalidade em sua última camada a impermeabilização, para que não haja infiltração das águas superficiais que podem atingir as camadas subjacentes, modificando, assim, a sua estrutura. Além disso, devem resistir aos esforços verticais causados pelas rodas dos veículos, evitando que as tensões e deformações atinjam as camadas inferiores.

A grande necessidade de impermeabilizar um solo se dá pelo fato de que, segundo Silva (2008), a água é uma grande inimiga do pavimento, pois a partir do momento em que há infiltração, ela pode alterar as características das camadas inferiores e diminuir a capacidade resistente das mesmas. Segundo o fabricante do Dynabase, o aditivo é capaz de impermeabilizar e cimentar o solo, através da complementação da sua granulometria, gerando a obstrução dos seus poros e diminuindo sua capacidade de sucção. Além da mudança dos parâmetros geomecânicos, o mesmo pode ser depositado a céu aberto sem que haja qualquer alteração na sua qualidade e, ainda, é facilmente incorporado ao solo.

Em um país onde o transporte rodoviário foi responsável por transportar 237.700.000 (duzentos e trinta e sete milhões e setecentos mil) toneladas de produtos agrícolas, no período de 2016/17, (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL, 2018), as rodovias agrícolas devem receber cuidados para que possuam capacidade de resistir as altas cargas as quais são sujeitadas durante o período da colheita. A economia do Município de Morro Grande, como a grande maioria das cidades da região sul catarinense, se baseia na agricultura, sendo a principal cultura o arroz. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2017) a região sul do estado colheu no ano 2017, 719.272 (setecentos e dezenove mil duzentos e setenta e duas) toneladas do grão.

Isto posto, o presente trabalho tem por objetivo analisar o uso do aditivo Dynabase, no solo da Estrada Geral Santa Luzia, do Município de Morro Grande - SC, rodovia vicinal muito utilizada para escoamento da produção agrícola, visando conferir a mesma uma maior capacidade de suporte.

Materiais e Métodos

Para a análise de um trecho de 500 m de extensão da Estrada Geral Santa Luzia, foram coletadas três amostras de solo distantes 200 m entre si, a uma profundidade de 60 cm, conforme determina o Manual de Pavimentação do DNIT (DNIT, 2006). A localização dos pontos de coleta pode ser vista na Figura 1 abaixo, onde o Ponto 01 tem por coordenadas geográficas no sistema geodésico WGS84, $28^{\circ}47'15.92''S$ e $49^{\circ}43'45.24''O$, o Ponto 02 $28^{\circ}47'22.34''S$ e $49^{\circ}43'43.68''O$ e o Ponto 03 $28^{\circ}47'28.42''S$ e $49^{\circ}43'40.77''O$.

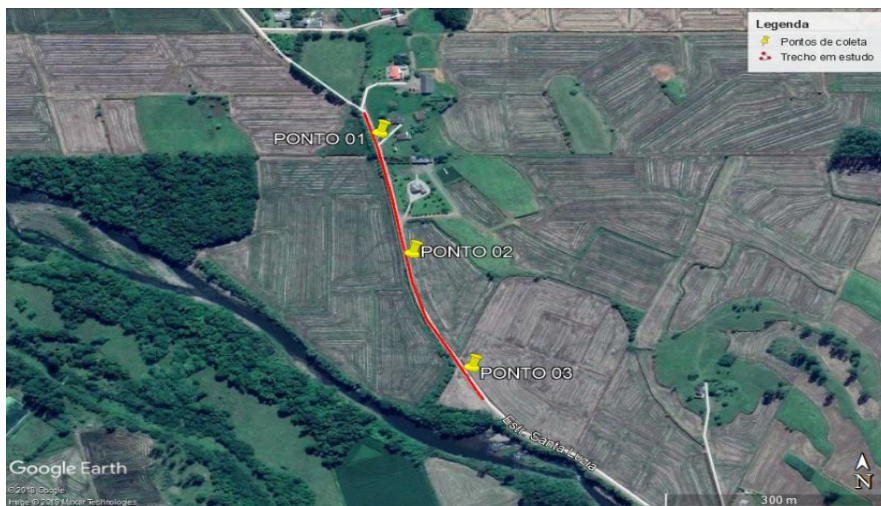


Figura 1. Pontos de coleta

Após a coleta, as amostras, foram encaminhadas ao Laboratório de Mecânica dos Solos – LMS, do Instituto de Engenharia e Tecnologia – IDT, do Parque Científico e Tecnológico – IPARQUE, da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Na Figura 02 estão representadas frações das amostras do solo natural.



Figura 2. Solo Natural: (a) amostra 01, (b) amostra 02, (c) amostra 03

Os ensaios de caracterização física e mecânica das amostras foram realizados segundo as normas listadas na Tabela 1, abaixo. O ensaio de granulometria e os limites de Atemberg, possibilitaram determinar a classificação das amostras pelo método TRB (*Transportation Research Board*). O ensaio de compactação, foi realizado na energia do Proctor Intermediário (PI), e com ele determinada a densidade seca máxima e a umidade ótima de compactação. A resistência a penetração foi determinada pelo ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC), realizado, também, na energia do PI. E com os corpos de prova moldados na umidade ótima, foi possível determinar os valores do ISC, após as 96 h de imersão em água, das três amostras.

Tabela 1. Normas adotadas

Ensaio	Norma adotada
Compactação	NBR 7182/2016
Granulometria	NBR 7181/2016 Versão Corrigida 2:2018
Índice de Suporte Califórnia	NBR 9895/2016 Versão Corrigida:2017
Limite de Liquidez	NBR 6459/2016 Versão Corrigida:2017
Limite de Plasticidade	NBR 7180/2016
Preparação de amostras	NBR 6457/2016 Versão Corrigida:2016

Os procedimentos realizados em laboratório seguiram o fluxograma descrito na Figura 3 a seguir.

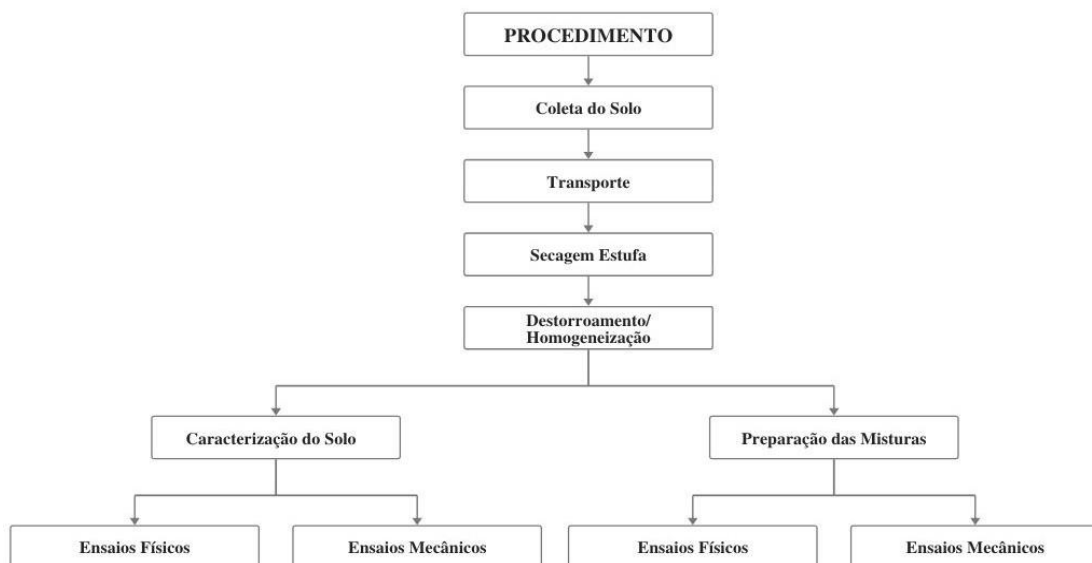


Figura 3. Fluxograma de procedimentos

A partir dos resultados obtidos com as amostras de solo natural (SN), foi determinado que seriam adicionados ao material da rodovia 2, 3 e 4% do aditivo Dynabase – Estabilizante de Solos, Figura 4.



Figura 4. Dynabase – Estabilizante de Solo

O mesmo, é um aditivo a base de hidróxido de cálcio e possui a composição química mostrada na Tabela 2 abaixo. Esse, foi fornecido pela empresa Dynabase Comércio de Produtos Químicos Ltda., a qual tem sua sede localizada na cidade de Penápolis, estado de São Paulo.

Tabela 2. Composição química do aditivo Dynabase (Fonte: Dynabase)

Parâmetros	Unidades	Quantidades
Bário	mg Ba/Kg	13
Cobalto	mg Co/Kg	1,08
Cálcio	mg Ca/Kg	464000
Cobre	mg Cu/Kg	1
Cromo	mg Cr/Kg	0,6
Níquel	mg Ni/Kg	7,8
Vanádio	mg V/Kg	18,8
Zinco	mg Zn/Kg	3,5
Umidades	%	33
Óleos/ Graxas	%	0,7
Cianeto	mg CN/Kg	5,6
Fluoreto	mg F/Kg	1014
PH	-	12,26
Cor	UH	Cinza
Odor	-	Ausente

Resultados e Discussões

O resultado dos ensaios de caracterização física e mecânica das amostras de solo natural apontaram que as mesmas possuem características e comportamentos particulares, os quais podem ser observadas na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3. Caracterização do solo natural

Características	Resultados		
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03
Limite de liquidez	NL	51%	NL
Limite de plasticidade	NP	33%	NP
Índice de plasticidade	0%	18%	0%
Índice de grupo	0	14	1
Material passante na #200 (0,075 mm)	7,80%	80,40%	37,60%
Classificação TRB	A1-b	A7-5	A4
Umidade ótima	13,70%	23,30%	15,00%
Densidade seca máxima	1,984 g/m ³	1,538 g/m ³	1,811 g/m ³
ISC	15,30%	7,40%	13,50%
Expansão	0,74%	2,55%	0,52%

A partir do ensaio de granulometria, que determinou o percentual de material passante na peneira nº 200 (malha 0,075 mm), foi possível verificar a impossibilidade de realizar os ensaios de limite de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP) para a amostra 01 e 03. Classificando os materiais como sendo não líquidos (NL) e não plásticos (NP). Já para amostra 02, foi possível determinar os valores de LL = 51% e LP = 33%, resultando em um índice de plasticidade de 18% e um índice de grupo de 14.

A incorporação dos aditivos nas amostras 01 e 03, não alterou significativamente as características físicas dos mesmos. Porém, a amostra 02 mostrou alterações frente ao aditivo que possibilitaram, na mistura de 4%, alterar a classificação do mesmo, de um solo A7-5 para um A5, como pode ser observado na Tabela 4 abaixo.



Tabela 4. Índices de consistência

	Amostra	LL (%)	LP (%)	IP	IG	HRB
01	SN	NL	NP	0	0	A1-b
	SN + 2%	NL	NP	0	0	A1-b
	SN + 3%	NL	NP	0	0	A1-b
	SN + 4%	NL	NP	0	0	A1-b
02	SN	51	33	18	14	A7-5
	SN + 2%	52	38	14	12	A7-5
	SN + 3%	51	38	13	12	A7-5
	SN + 4%	48	39	9	10	A5
03	SN	NL	NP	0	1	A4
	SN + 2%	NL	NP	0	1	A4
	SN + 3%	NL	NP	0	1	A4
	SN + 4%	NL	NP	0	1	A4

Esse fator, acarretou na mudança da classificação TRB do mesmo, vindo de um A7-5 para um A5. Isso se deve, a complementação da composição granulométrica do solo, gerada pelo aditivo, passando de um solo argiloso para um siltoso. Apesar da alteração ocorrida, o comportamento do solo como subleito permaneceu como sofrível a mau. Porém, o ganho com essa alteração foi significativo quando comparado um solo A7-5, que é um material altamente plástico e sujeito a elevadas mudanças volumétricas, já um solo A5 pode ser considerado, moderadamente plástico (DNIT, 2006). Vale salientar que essa amostra é proveniente de um ponto em aterro, cujo material depositado não é o natural da rodovia em estudo.

Na determinação do Índice de Suporte Califórnia e expansão do solo, é preciso primeiro obter a umidade ótima de compactação, que foi realizada no PI, para cada amostra de solo natural e para as três misturas de solo mais aditivo. Como pode ser observado, na Figura 5 abaixo, as amostras em geral tiveram pouca variação de umidade, com exceção da amostra 02 que chegou a ter um decréscimo de até 2,8%.

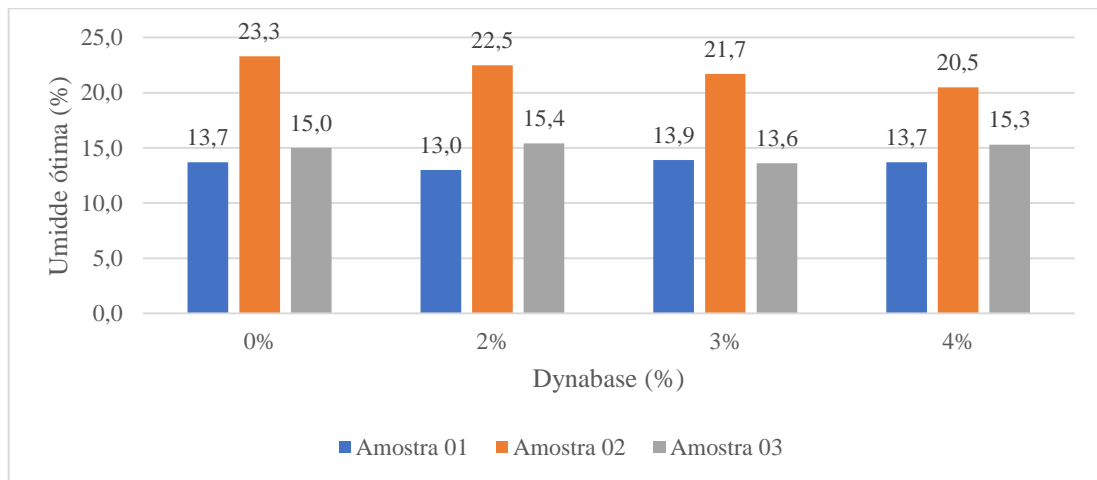


Figura 5. Umidade ótima de compactação

Juntamente com a umidade ótima foi obtido os valores das densidades secas máximas de cada mistura. Onde novamente houve pouca variação, conforme mostra a Figura 6 abaixo.

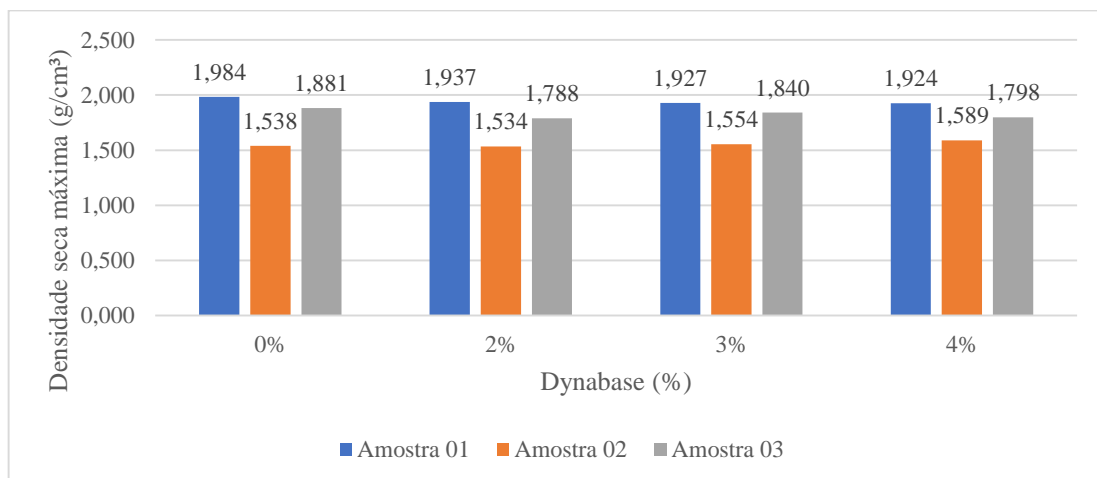


Figura 6. Densidade seca máxima

Tendo moldado os corpos de prova do ISC, na umidade ótima de compactação, os mesmos ficaram em imersão em água pelo período de 96 h. Assim, foi possível obter a expansão volumétrica do solo natural e das misturas. Os resultados, indicados na Figura 7 a seguir, mostraram uma melhora significativa da mesma, onde com 3 e 4% foi possível transformar a expansão das amostras naturais, em solos indicados para utilização em camada de base de pavimento. Sendo que com 2% do aditivo já poderia ser aplicado como material de sub-base. Isso se justifica pela capacidade de aglutinação e cimentação que o aditivo proporciona ao solo, o que o torna mais coeso e impermeável, fazendo com que o mesmo tenha menor variação

volumétrica. O que vem a reforçar a sua aplicabilidade em estradas vicinais não pavimentadas, dando a elas vida útil mais longa, diminuindo a quantidade de manutenção, gerando economia ao Município.

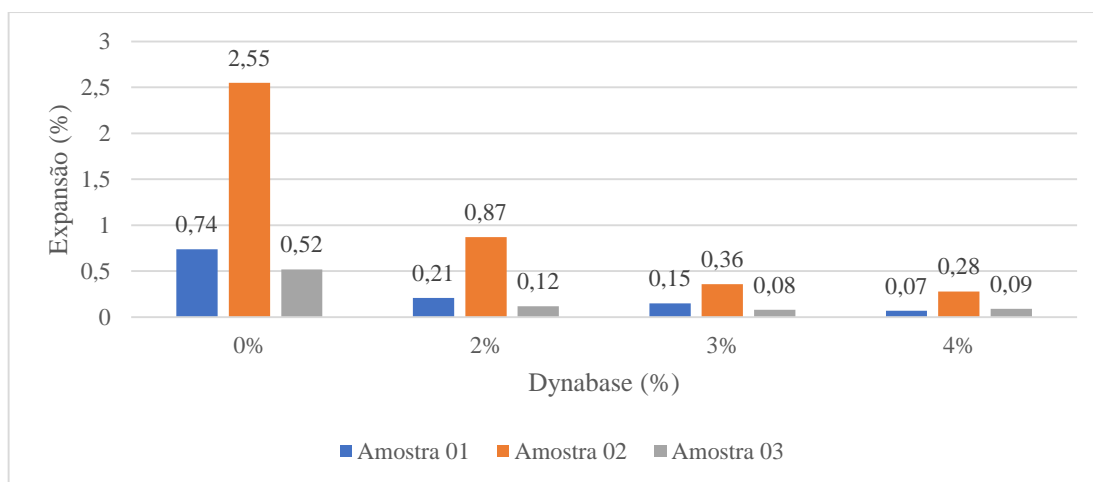


Figura 7. Expansão volumétrica

Após a leitura das expansões, os corpos de prova das misturas foram rompidos na prensa, para a determinação do ISC. A partir disso, foi possível verificar um aumento na capacidade de suporte em relação ao solo natural, como pode ser observado na Figura 8 abaixo.

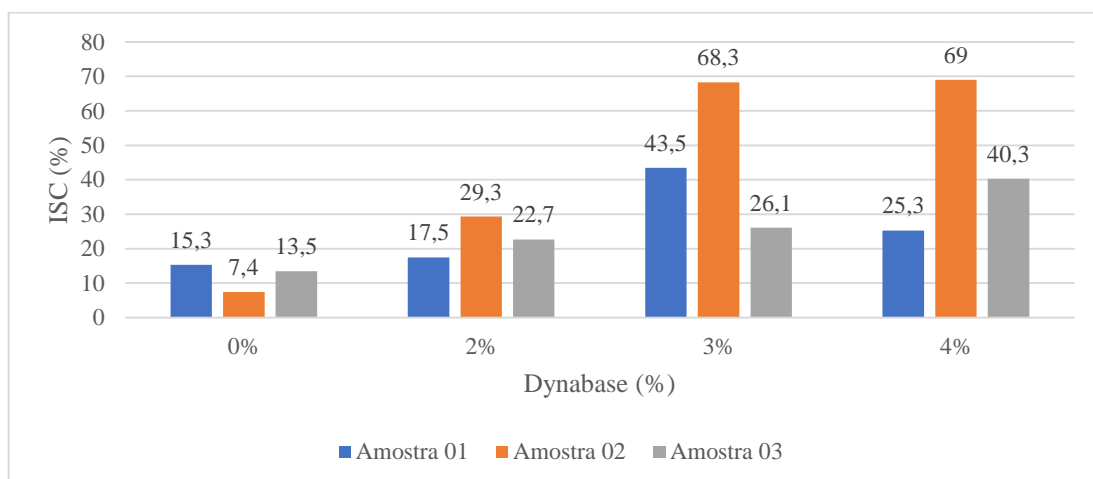


Figura 8. Índice de Suporte Califórnia

Todas as amostras tiveram ganho de resistência com todos os percentuais de aditivo. E, ainda, que o melhor comportamento, quanto ao ISC, foi o da amostra 02, com um aumento crescente de resistência, para todas as misturas. A amostra 01 cresceu sua resistência com 2 e

3% e decresceu com a adição de 4%. Já a amostra 03, teve um incremento constante em todos os percentuais, porém menos significativo que a amostra 02.

Assim, é possível afirmar que, com exceção da amostra 01, com 2% de aditivo as demais podem ser utilizadas como camada de sub-base. E mais, as misturas de 3 e 4% da amostra 02, podem ser utilizadas como camada de base de pavimento, desde que, seja realizado um estudo de tráfego da rodovia e nesse conste um número N característico de até 5×10^6 , pois, conforme consta no Manual de Pavimentação do DNIT (2006) um material com $ISC \geq 60\%$, pode ser considerado como material de base, desde que o número de repetições do eixo-padrão seja $N \leq 5 \times 10^6$, durante o período estipulado de projeto.

O fato de a amostra 02 ter obtido maior aumento na capacidade de suporte em relação as outras, se deve a maior quantidade de finos presente em sua granulometria, pois segundo Júnior (2016) as partículas argilosas absorvem os íons de cálcio do aditivo, o que modifica as suas propriedades, gerando efeitos de cimentação e impermeabilização, além da obstrução dos canais capilares, reduzindo a quantidade de vazios presentes no solo.

Conclusões

Com os resultados obtidos nesse trabalho, é possível concluir que:

- ✓ O trecho em estudo possui materiais com diferentes propriedades físicas e mecânicas. Onde a classificação das amostras 01, 02 e 03, pelo método TRB foram, respectivamente, A1-b, A7-5 e A4. Sendo as amostras 01 e 03 não líquidas e não plásticas;
- ✓ O aditivo, Dynabase, conferiu a amostra 02, mudança na sua classificação TRB, onde a mesma com 4% passou a ser classificada como A5;
- ✓ A amostra 02 em seu estado natural, de acordo com as normas, não poderia ser utilizada como subleito, pois sua expansão volumétrica foi maior que 2% e teria que ser substituída por outro material capaz de atender as especificações. Porém

com a presença do aditivo, não só ela como todas as misturas obtiveram redução na expansão ao ponto de $e < 0,5\%$;

- ✓ O solo natural da rodovia estudada possui capacidade de suporte aceitável para um subleito da mesma. No entanto, com o uso do Dynabase foi possível conferir, ao mesmo, ISC correspondente a camada de sub-base de pavimento, onde todas as amostras alcançaram $ISC \geq 20\%$ com 2, 3 e 4%, exceto a amostra 01 que obteve a partir de 3%;
- ✓ A amostra 02 foi a que atingiu o maior ganho na capacidade de suporte. Porém, não chegou a um $ISC \geq 80\%$ para ser indicada como camada de base. Contudo, se for realizado um estudo de tráfego e nesse constatar um número de repetições do eixo-padrão $N \leq 5 \times 10^6$, esse solo poderia ser utilizado como camada de base pois seu ISC foi superior a 60%;
- ✓ O maior crescimento do ISC da amostra 02 em relação as demais, se deve a maior presença de partículas finas em sua granulometria, tendo em vista que grãos mais finos conseguem absorver melhor os íons de cálcio presentes no aditivo;
- ✓ A amostra 01 mostrou um comportamento singular, pois enquanto o índice de suporte de todas as amostras crescia com o aumento da quantidade de aditivo, a mesma aumentou até 3% e com 4% caiu consideravelmente;
- ✓ A densidade seca máxima e a umidade ótima, não sofreram nenhuma alteração significativa frente ao aditivo;
- ✓ Analisando as misturas de 2, 3 e 4%, é possível assegurar que a de 3% se torna, tecnicamente, mais viável para aplicação;
- ✓ Com o uso do Dynabase - Estabilizante de Solos, a Estrada Geral Santa Luzia poderia continuar a ser uma estrada de chão, e ao mesmo tempo trazer conforto e segurança aos usuários. Além de diminuir os gastos com manutenção para o Município de Morro Grande – SC.

Como complementação desse estudo, podem ser realizados as seguintes pesquisas futuras:

- ✓ Analisar misturas com maiores quantidades do aditivo;

- ✓ Avaliar o comportamento das misturas, com cura exposta ao tempo por sete dias e exposta ao tempo por sete dias seguido de imersão em água por 96 h;

Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457:** Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459:** Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180:** Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181:** Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182:** Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9895:** Solo – Índice de suporte Califórnia (ISC): método de ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA (Org.). **EDITORIAL: Uma potência negligenciada.** 2017. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/noticias/editorial-uma-pot%C3%Aancia-negligenciada>>. Acesso em: 28 maio 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 108/2019 ES:** Terraplenagem - Aterros - Especificação de Serviços. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR, 2009. 13 p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit108_2009_es.pdf>. Acesso em: 25 maio 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO.** 3. ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR, 2006. 274 p.

FRANÇA, F. C. **Estabilização química de solos para fins rodoviários: estudo de caso com um produto "RBI grade 81"**. 2003. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9669/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 24 maio 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Ministério da Economia (Org.). **Produção agrícola municipal - PAM - culturas temporárias e**

permanentes: Quantidade produzida (tonelada), 2017. Brasil: IBGE, 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=destaques>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

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.

KAMMER, V. J.; ARNS, P. **Análise das propriedades físicas e mecânicas de um solo estabilizado quimicamente com aditivo CONAID® /CBRPLUS® para emprego em obras de pavimentação.** 2013. 16 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/2489/1/Vanessa%20Jesuino%20Kammer.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2019.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL. Governo Federal (Org.). **Anuário Estatístico de Transportes: 2010 - 2017.** Brasília, 2018. 52 p. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/anu%C3%A1rio_estatistico.html>. Acesso em: 31 maio 2019.

SENÇO, W. de. **Manual de Técnicas de Pavimentação.** São Paulo: Pini. v. 2, 2001. 671 p.

SILVA, P. F. A. **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos.** 2. ed. São Paulo: Pini, 2008. 127 p.