

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

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE MISTURAS DO TIPO SOLO EXPANSIVO E AREIA PARA USO EM OBRAS DE TERRAPLENAGEM NA REGIÃO DE ILHEUS/BA

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

Clauber JB da Costa¹; Isaac Eduardo Pinto²

RESUMO

Quando um determinado tipo de solo não possui comportamento adequado para o uso, recorre-se às técnicas de estabilização. A estabilização mecânica ou granulométrica, consiste no emprego de um ou mais materiais na mistura que se enquadrem dentro de uma determinada especificação. Nela deseja-se obter determinadas condições de granulometria, limites físicos, expansividade e CBR apropriados à utilização à que se destina. Desta forma, se um solo isoladamente não satisfaz a estas condições, recorre-se à mistura com dois ou mais solos. Solos potencialmente expansivos são aqueles que apresentam aumento ou redução de volume quando sofrem variação na umidade ou na sucção, por ser constituído na fração argila, especialmente na dispersão coloidal, por minerais expansivos. A estabilização granulométrica com solo+areia é a mistura executada, de solo, areia e água, adequadamente compactada, resultando em melhores características de resistência mecânica com redução da expansividade e da sensibilidade à umidade do solo natural. Dessa forma, tem-se estudado a aplicação de misturas de areia e solos ditos expansivos como material alternativo para aplicação em corpo-de-aterro de sistemas viários. Este artigo apresenta um estudo de estabilização de um solo expansivo característico da região de Ilhéus-BA e um solo inerte (areia) para uso em corpo-de-aterro. A mistura constituiu de 30% a 40% de areia com o solo expansivo e realizados ensaios tradicionais para caracterização dos materiais como granulometria, massa específica dos grãos, limites de consistência, e ainda ensaios de compactação, expansão e CBR. A partir dos resultados dos ensaios, a mistura que obteve melhores resultados quanto ao desempenho de expansão, foi a de 40% de areia na estabilização com os solos ditos expansivos, atendendo as especificações rodoviárias do DNIT.

PALAVRAS-CHAVE: solo estabilizado, solos expansivos, terraplenagem.

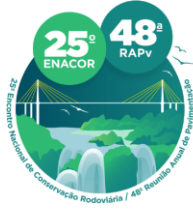
ABSTRACT

When a certain type of soil does not have adequate behavior for use, stabilization techniques are used. Mechanical or granulometric stabilization consists of using one or more materials in the mixture that fit within a given specification. It is intended to obtain certain granulometry conditions, physical limits, expansivity and CBR appropriate to the use for which it is intended. In this way, if a soil alone does not satisfy these conditions, a mixture with two or more soils is used. Potentially expansive soils are those that increase or decrease in volume when they undergo changes in humidity or suction, as they are constituted in the clay fraction, especially in the colloidal dispersion, by expansive minerals. The granulometric stabilization with soil+sand is the performed mixture of soil, sand and water, properly compacted, resulting in better mechanical strength characteristics with reduced expansivity and sensitivity to moisture of the natural soil. In this way, the application of mixtures of sand and no expansive soils has been studied as an alternative material for application in landfill bodies of road systems. This article presents a stabilization study of an expansive soil characteristic of the region of Ilhéus-BA and an inert soil (sand) for use in a landfill. The mixture consisted of 30% to 40% of sand with the expansive soil and traditional tests were carried out to characterize the materials such as granulometry, specific gravity, consistency limits, and also tests of compaction, expansion and CBR. Based on the results of the tests, the mixture that obtained the best results in terms of expansion performance was that of 40% inert soil (sand) in the stabilization with expansive soils, meeting the road specifications of the DNIT.

KEY WORDS: stabilized soil, expansive soils, earthworks.

¹ Siskon Engenharia Ltda, e-mail: clauber.costa7@gmail.com

² Instituto Federal de São Paulo, e-mail: isaac@ifsp.edu.br



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



INTRODUÇÃO

Pavimentos são projetados e construídos para proporcionar uma superfície de condução durável e confortável para veículos. O pavimento flexível é uma estrutura de multicamadas constituída de solos ou materiais granulares com espessuras finitas e coberto por um revestimento asfáltico, sendo projetado com uma espessura total suficiente para proteger o terreno de fundação e suportar as cargas de roda oriundas do tráfego.

Quando os materiais naturais não atentem as especificações de uso na engenharia, estes podem sofrer alterações das propriedades físicas ou químicas para melhor atender as necessidades.

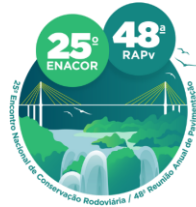
A estabilização mecânica ou granulométrica, consiste no emprego de um ou mais materiais na mistura que se enquadrem dentro de uma determinada especificação, sendo realizada por meio de compactação e mistura de solos de texturas diferentes (ONYELOWE et al., 2012). A compactação é a ação mecânica imposta ao solo, buscando a máxima massa específica do solo, tendo como principal objetivo a redução do índice de vazios com a expulsão de ar, com vistas portanto, da melhoria nas propriedades geotécnicas do solo para fins de engenharia (TRINDADE et al., 2008). Esse processo aumenta a resistência mecânica e a coesão das partículas (HOSSAIN et al., 2007). Segundo Rücknagel et al. (2013), é importante conhecer a capacidade de carga mecânica máxima que um solo pode suportar mantendo as suas funções adequadamente preservadas

Portanto, com a estabilização de solos deseja-se obter determinadas condições de granulometria, limites físicos e California Bearing Ratio (CBR), visando obter um novo material com propriedades de engenharia desejado apropriados à utilização a que se destina (LIM et al., 2014). A estabilização por correção granulométrica tem sido bastante empregada na construção de bases e sub-bases de pavimentos rodoviários. Se um solo isoladamente não satisfaz a estas condições, recorre-se à mistura de dois ou mais solos. Normalmente para obtenção da granulometria final da mistura, deve-se recorrer a métodos analíticos ou gráficos.

O solo-areia é um tipo particular de solo estabilizado granulometricamente, que possivelmente é utilizado em obras de terraplanagem e pavimentos, consistindo na mistura de um solo e areia, em proporções previamente definidas em laboratório. Este material deve se enquadrar em uma determinada faixa granulométrica e atender aos limites físicos, equivalente de areia e CBR das normas para bases estabilizadas granulometricamente.

Portanto, a utilização de misturas do tipo solo-areia para a estabilização de camadas em obras rodoviárias apresenta-se como possível alternativa para melhoria da capacidade de resistência a serem empregas nesse caso em corpo de aterro, otimizando as distâncias de transportes (DMT's) em Ilhéus/BA, região do estudo.

A área de estudo compreende as Folhas Ilhéus/Itacaré, situada na região sul da Bahia, tem quase todos seus terrenos geológicos envolvidos em uma evolução geotectônica do Pré-Cambriano, com absoluto predomínio de rochas Arqueanas (>2.600m.a.). Em sua grande maioria apresentam corpos graníticos, evidenciados pelo Núcleo Antigo Jequié com ovais gnáissicos que cortam quase todo o litoral. Sobrejacentes ao cinturão granítico, estão estruturadas as bacias mesozoicas costeiras de Almada e Recôncavo Sul, com suas origens relacionadas às forças tectônicas responsáveis por formar os estágios iniciais do Oceano Atlântico e da margem continental brasileira. Nessas bacias são depositados sedimentos predominantemente areníticos e pelíticos (rocha detrítica cujos componentes principais são da fração argilosa e do silte e que se originam pela litificação de lama). Por fim, a atuação de processos climáticos e geomorfológicos diferenciados resultou da deposição da Cobertura superimposta final (Cenozóico), constituída por sedimentos inconsolidados continentais.



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

www.rapvenacor.com.br



O mapa de solos ilustrado abaixo foi obtido através da digitalização e união dos mapas pedológicos das áreas correspondentes as Folhas SD 24 e SD 34 do Projeto RADAMBRASIL, onde foram coletadas imagens de radar da região (NEVES e SOUZA, 1984).

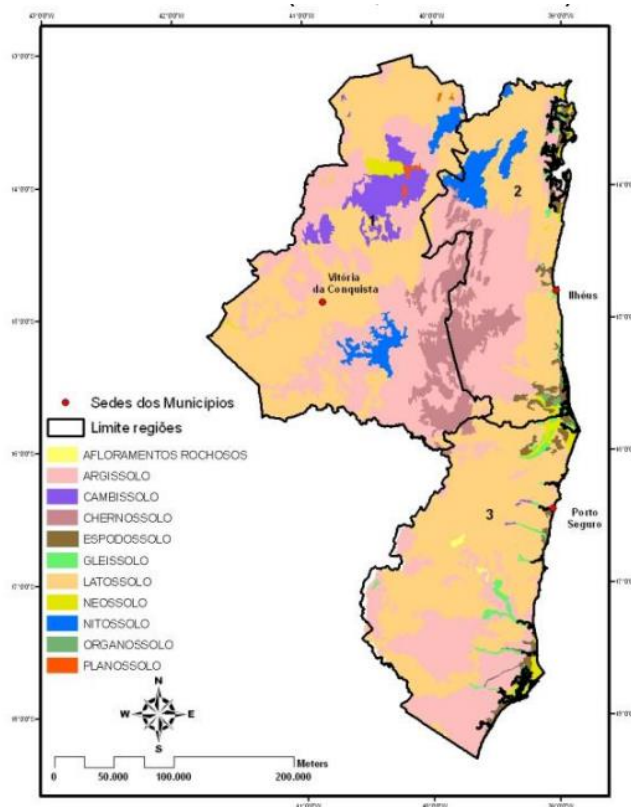
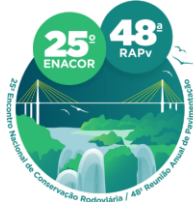


Figura 1. Mapa de classes de solos das Regiões Sudoeste, Litoral Sul e Extremo Sul da Bahia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo Terzaghi et al. (1996), os solos podem ser divididos em dois grandes grupos, os que são resultados da decomposição química e os que sofrem mudanças devido aos intemperismos físicos. De acordo com Ferreira (1995) tanto os solos resultantes da decomposição química quanto os advindos do intemperismo físico, podem ter característica de expansão, devido à presença de minerais argilosos em sua composição ou por ser “solos essencialmente siltosos e micáceos, porém, geralmente decorrentes de desagregação de gnaíse. Para Caputo (2022) a divisão dos minerais argilosos pode apresentar estruturas com configurações diferentes dada em três grupos: caulinitas, montmorilonitas e ilitas. Estes minerais irão comandar as características de um determinado solo quando compuser 50% ou mais do mesmo (DAS, 2011). Se a sucção exercida na água é aumentada, o volume do solo diminuirá, caso a sucção diminua, o volume do solo cresce. Essa característica torna-se mais expressiva com o elevado valor da superfície específica, pois significa uma maior interação água/partícula.

Conceitualmente, solos potencialmente expansivos são aqueles que apresentam aumento ou redução de volume quando sofre variação na umidade ou na sucção, por serem constituídos na fração argila, especialmente na dispersão coloidal, por minerais expansivos.



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



A caracterização dos materiais, foi utilizada para identificar um grupo de ensaios que visaram obter algumas características básicas dos materiais utilizados para as obras de terraplenagem (corpo-de-aterro), com o objetivo de avaliar o comportamento dos materiais da área de interesse.

Os ensaios tradicionais de caracterização (granulometria, massa específica dos grãos e os limites de consistência), assim como os ensaios de compactação, expansão e *California Bearing Ratio* - CBR foram realizados no laboratório de mecânica de solos de uma empresa localizada na cidade de Belo Horizonte – MG. Estes ensaios serviram para obter as características básicas dos materiais utilizados nas obras de terraplenagem (corpo-de-aterro), com o objetivo de avaliar o comportamento dos materiais de interesse.

Para escolha das áreas potenciais à exploração de materiais de construção mais convenientes à utilização nas obras, foram desenvolvidos estudos de reconhecimento e caracterização da área do empreendimento (visitas de inspeção técnica), com vistas a elaboração da programação de investigações de subsuperfície através da execução de sondagens e ensaios geotécnicos apresentado na Figura 2, abaixo.

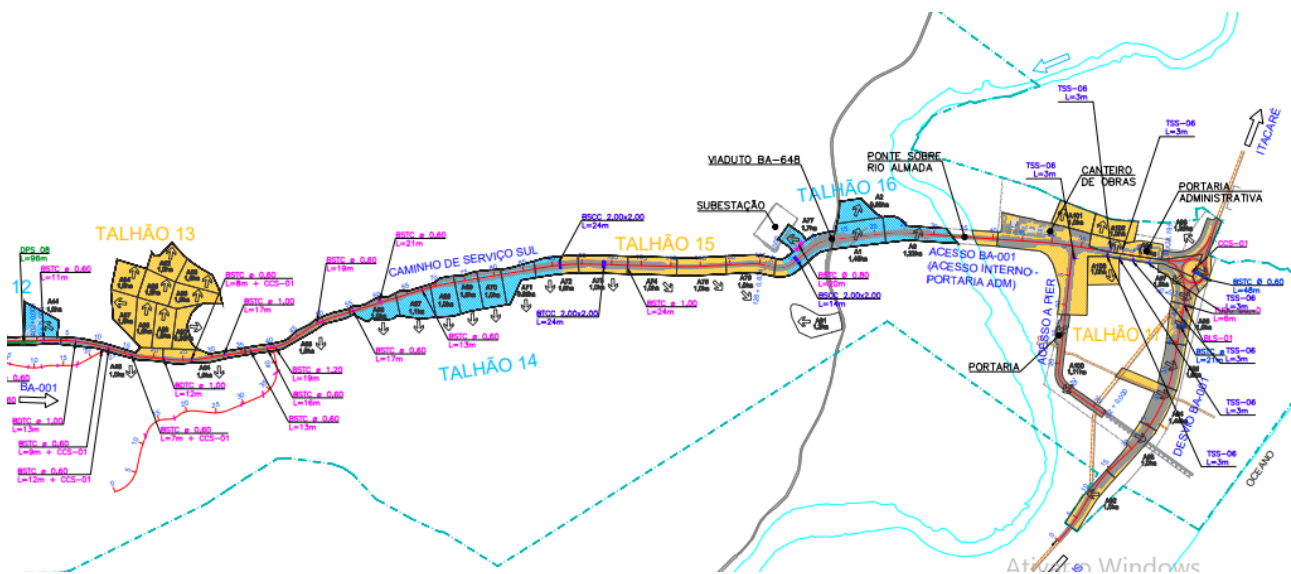
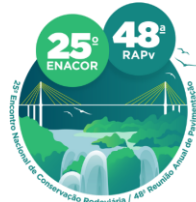


Figura 2. Localização da área de interesse na diretriz de projeto / Trecho CSS - EST. 0 a EST. 126

Os solos foram classificados sob o ponto de vista rodoviário, segundo a metodologia original da *Public Road Administration* atualizada e designada como Sistema TRB – *Transportation Research Board*, classificação tradicionalmente mais empregada na caracterização de solos para uso em estradas, segundo critérios baseados na granulometria e plasticidade.

A Figura 3 apresenta a localização das jazidas de solos denominadas S-01 e S-05 para o Trecho denominado CSS - EST. 0 a EST. 126, utilizados no estudo.



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br

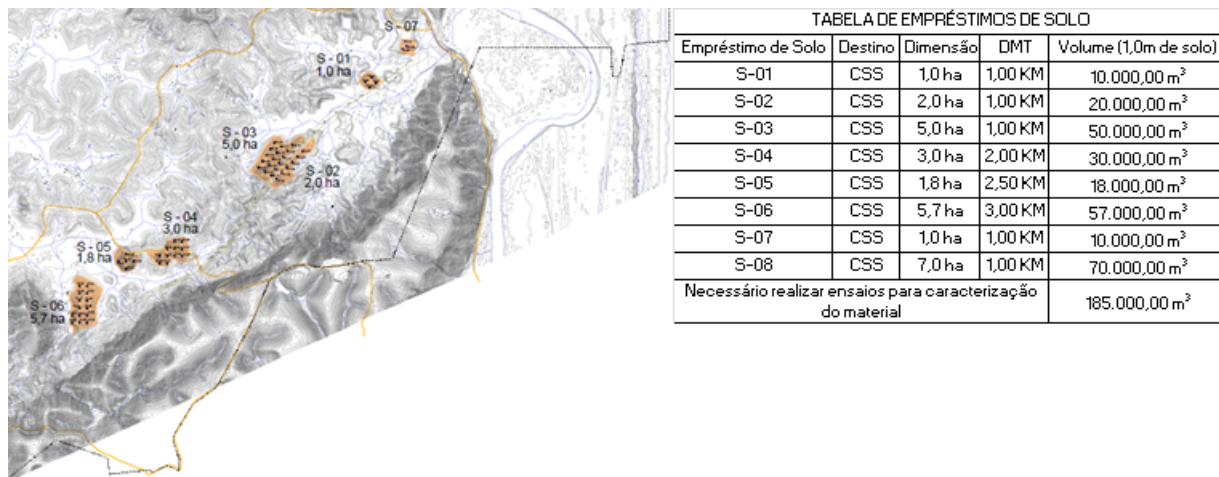


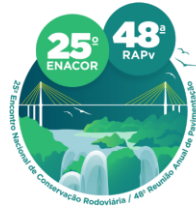
Figura 3. Prospecção geotécnica das jazidas de Solos: S-01 e S-05 / Trecho CSS - EST. 0 a EST. 126

Os solos empregados para execução do de corpo-de-aterro (terraplenagem) deveriam satisfazer as seguintes condicionantes:

- Solos oriundos da seleção das jazidas (solos in natura) com características expansivas do 1º horizonte, com profundidade de $\approx 1,20$ a $1,80$ m. Esses solos apresentam textura argilosa, sendo de coloração vermelha, provenientes das áreas de empréstimos S-01 e S-05;
- Primeiramente investigar isoladamente as características físicas e mecânicas dos solos in natura, provenientes das áreas S-01 e S-05, estudando posteriormente as características físicas e o comportamento mecânico das composições (solo+areia), através de ensaios.
- Avaliação da composição granulométrica (ABNT NBR NM 248:2003).

Dentre os elementos utilizados como adição de agentes estabilizantes em solos encontram-se: betume, cimento Portland, cal, produtos químicos industrializados, areia de fundição, entre outros. Como mostram os autores, Teixeira (2014). O objetivo da adição é aprimorar as propriedades dos solos de acordo com o desejado, de forma a obter melhorias no comportamento geotécnico do material, como, por exemplo, redução da expansibilidade, variação no suporte e densidade, resultando em ganhos econômicos, técnicos e ambientais. As jazidas de areia selecionada empregados como agentes estabilizantes nas camadas de corpo-de-aterro (terraplenagem), deveriam satisfazer as seguintes condicionantes:

- As areias oriundas da seleção das jazidas (solos in natura), do horizonte 1º com profundidade de $\approx 1,00$ a $1,80$ m, provenientes das áreas S-07 (Figura 3), devem constituir-se por fragmentos, limpos e duráveis, não devem conter outras substâncias ou contaminações prejudiciais;
- A areia deve apresentar um equivalente de areia mínimo de 30%, obtido no ensaio Equivalente de Areia (ABNT NBR 12052-92 ou DNER-ME 054/94);
- A Composição granulométrica deve atender uma das faixas definidas na norma DNER-EM 038/97;
- O teor de material pulverulento (ABNT NBR NM 46:2003 ou DNER ME 266/97) preferencialmente, não deveria ser superior a 5%;
- Cumprir lembrar que os resultados obtidos, notadamente para areais, podem variar em função das condições locais de extração;



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



f. Sempre que julgar necessário, a fiscalização poderá inspecionar e solicitar amostragem e ensaio de qualquer material nas fontes de suprimento, nos pontos de transferência, nos depósitos da obra e em outros locais.

Na Figura 4 abaixo, tem-se as localizações das jazidas de areia S-07 / Trecho CSS - EST. 0 a EST. 126, utilizados no estudo.

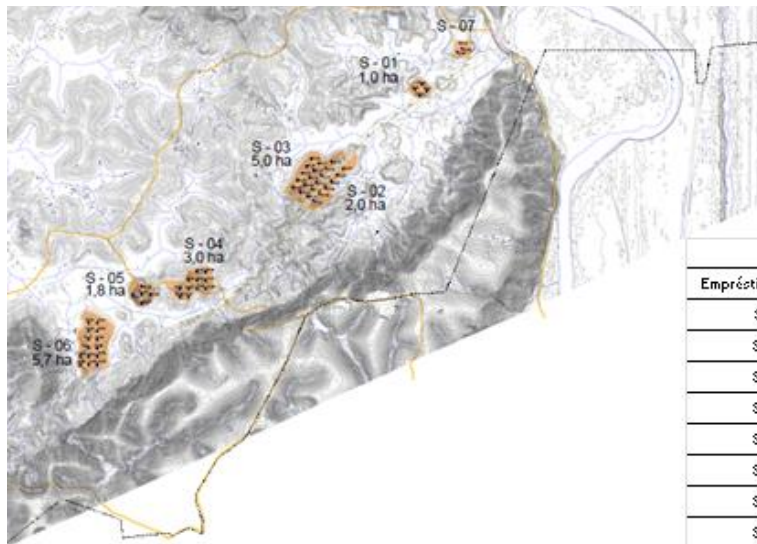
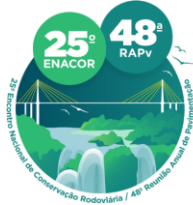


TABELA DE EMPRÉSTIMOS DE SOLO				
Empréstimo de Solo	Destino	Dimensão	DMT	Volume (1,0m de solo)
S-01	CSS	1,0 ha	1,00 KM	10.000,00 m ³
S-02	CSS	2,0 ha	1,00 KM	20.000,00 m ³
S-03	CSS	5,0 ha	1,00 KM	50.000,00 m ³
S-04	CSS	3,0 ha	2,00 KM	30.000,00 m ³
S-05	CSS	1,8 ha	2,50 KM	18.000,00 m ³
S-06	CSS	5,7 ha	3,00 KM	57.000,00 m ³
S-07	CSS	1,0 ha	1,00 KM	10.000,00 m ³
S-08	CSS	7,0 ha	1,00 KM	70.000,00 m ³
Necessário realizar ensaios para caracterização do material				185.000,00 m ³

Figura 4. Prospecção geotécnica das jazidas de areia S-07 Trecho CSS - EST. 0 a EST. 126

A mistura do tipo solo+areia descontínua deveria satisfazer as seguintes condicionantes:

- O programa de ensaios de laboratório deve englobar o uso de composições percentuais de solos, de modo a obter um produto eficiente para aplicações do corpo-de-aterro preferencialmente com os percentuais de 30 e 40% de areia e de 70 e 60% das argilas, em peso, nas composições das misturas, compactado na energia do ensaio do Proctor Normal (PN), e apresentar $CBR \geq 2\%$, e expansão medida nesse ensaio abaixo de 4% ($E < 4,0\%$), conforme especificações do DNIT, para a referida camada;
- A mistura tipo solo+areia, deveria fornecer estabilização mecânica, sendo a areia um solo inerte, reduzindo a expansividade dessa mistura, através da redução da concentração de argilominerais expansivos dos solos in natura.
- As curvas de compactação definidas, conforme prescrito no método de ensaio DNIT ME – 164/2013.
- A curva granulométrica da mistura solo+areia descontínua deve atender à faixa definida de acordo com os parâmetros estabelecidos na alínea “a”, acima;
- A faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer à tolerância indicada para cada peneira, porém sempre respeitando os limites da faixa granulométrica.



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir de uma predominância de solos com baixa capacidade de suporte (alta plasticidade) para utilização em obras de pavimentação, foi desenvolvido um estudo de variabilidade das composições das misturas, aproveitando, sempre que possível, as propriedades do solo *in natura*. Para esses casos particulares, e possíveis alternativas visando à estabilização desses solos (estabilização mecânica), através de processos de misturas de materiais (solo+areia).

Desta forma, a proposta de metodologia para o desenvolvimento do estudo procurou primeiramente investigar isoladamente as características físicas e mecânicas dos solos *in natura*, estudando posteriormente as características físicas e o comportamento mecânico das composições (solo+areia). As porcentagens máximas e mínimas dos respectivos materiais empregados na mistura foram determinadas com o objetivo de atender, exclusivamente, a compactado na energia de referência do Proctor Normal (PN), e apresentar $CBR \geq 2\%$, e expansão medida abaixo de 4% ($E < 4,0\%$), conforme especificações do DNIT, ou seja, para a incorporação dos solos, foram definidos critérios que visaram estabelecer a quantidade ideal a ser incorporado na mistura e encontrar a granulometria adequada para a manutenção das características desejadas às misturas de solo+areia, a fim de avaliar a influência nos valores do índice de plasticidade e da resistência (CBR). As misturas foram dosadas nas seguintes composições granulométricas (Tabela 1).

Tabela 1. Composição granulométrica das misturas

Mistura 1	Mistura 2
70% solo + 30% areia	60% solo + 40% areia

Teores de solo, em peso, superiores ou inferiores a estes, não conduziram a um bom desempenho mecânico das composições para os estudos até então desenvolvidos.

As amostras coletadas foram preparadas (Figuras 5 a 10) para realização de ensaios de caracterização e ensaios de compactação, de acordo com a NBR 6457 (ABNT, 1986a), para o ensaio de CBR o DNIT172/2016, utilizando a energia do Proctor Modificada, com o intuito de obter melhores parâmetros de resistência.

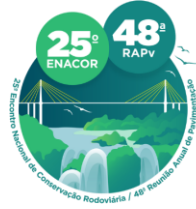
As curvas de compactação foram definidas conforme prescrito no método de ensaio DNIT ME – 164/2013.



Figura 5. Preparação das amostras coletadas para ensaios *IN NATURA* PCA07.



Figura 6. Preparação das amostras coletadas para ensaios *BLEND 30%* PCA08.



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

www.rapvenacor.com.br



Figura 7. Preparação das amostras coletadas para ensaios *IN NATURA* PCA13.



Figura 8. Preparação das amostras coletadas para ensaios *BLEND* 30% PCA11.



Figura 9. Preparação das amostras coletadas para ensaios *BLEND* 40% PCA15.

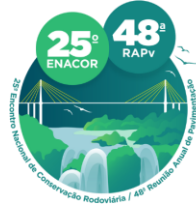


Figura 10. Preparação das amostras coletadas para ensaios *BLEND* 30% PCA16AM2.

O comportamento desses solos *in natura*, apresentaram excesso de finos, indicados na peneira nº40, contribuindo para um Índice de Plasticidade (IP) elevado na maioria das amostras ensaiadas, ou seja, permitem valores de limite de liquidez superiores. Portanto, os índices de plasticidade e resistência obtidos caracterizam estas argilas como plásticas e de alta expansibilidade após compactação.

Na busca de melhorar a eficiência dos Blend's, deve-se procurar como alternativa, a mistura em usinas de solos e agregados, onde os materiais chegam na pista para serem aplicados já prontos, onde são carregados por meio de caminhões, empilhados e espalhados diretamente no corpo estradal, na espessura solta desejada.

A Tabela 2 consta as granulometrias dos solos *IN NATURA*, bem como as misturas denominadas de *BLEND* 30% e 40% de areia em peso, respectivamente, utilizados no estudo de caso.



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



Tabela 2. Resumo da Caracterização dos Solos.

CLIENTE:			DATA: 23/1							Revisão: 0						
AMOSTRA	ESTACA	BLEND INDICADO	LIMITES			GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)				CLASSIFICAÇÃO		COMPACTAÇÃO			CBR	
			LL (%)	LP (%)	IP (%)	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	HRB	TEXTURAL	Energia	w (%)	Dens. (g/cm³)	Exp.	ISC
PCA-07	278+0,00	IN NATURA	82%	46%	36%	100%	100%	100%	99%	A-7-5	ARGILA	PN	20,86	1,515	5,28	2,96
PCA-08	280+0,00	BLEND 30%	62%	35%	26%	100%	100%	92%	76%	A-7-5	ARGILA	PN	16,58	1,688	3,17	4,13
PCA-09 AM1	324+0,00	BLEND 40%	56%	37%	19%	100%	100%	89%	72%	A-7-5	ARGILA	PN	14,63	1,611	3,83	4,05
PCA-09 AM2	324+0,00	BLEND 40%	31%	19%	12%	100%	100%	84%	51%	A-6	FRANCO ARGILO ARENOSA	PN	16,58	1,619	2,17	5,61
PCA-10	331+0,00	IN NATURA	88%	53%	35%	100%	100%	100%	98%	A-7-5	ARGILA SILTOSA	PN	28,66	1,312	3,43	5,22
PCA-11	338+0,00	BLEND 30%	27%	20%	7%	100%	100%	86%	47%	A-4	FRANCO ARGILO ARENOSA	PN	15,27	1,657	1,84	7,05
PCA-12	356+0,00	BLEND 40%	25%	17%	8%	100%	100%	87%	52%	A-4	ARGILA ARENOSA	PN	11,53	1,690	3,39	4,17
PCA-13	359+0,00	IN NATURA	68%	39%	29%	100%	100%	100%	99%	A-7-5	ARGILA	PN	19,94	1,460	3,22	4,71
PCA-14	361+0,00	BLEND 30%	26%	16%	10%	100%	100%	87%	54%	A-6	FRANCO ARGILO ARENOSA	PN	12,83	1,635	2,83	6,16
PCA-15	368+0,00	BLEND 40%	26%	17%	9%	100%	100%	87%	55%	A-4	FRANCA	PN	9,17	1,783	1,50	7,98
PCA-16 AM1	375+0,00	BLEND 30%	23%	17%	6%	100%	100%	88%	50%	A-4	FRANCO ARGILO ARENOSA	PN	10,58	1,725	5,62	2,70
PCA-16 AM2	375+0,00	BLEND 30%	28%	14%	14%	100%	99%	89%	62%	A-6	FRANCO ARGILOSA	PN	12,77	1,707	3,97	3,04
PCA-17 AM1	380+0,00	BLEND 40%	18%	NP	-	99%	97%	73%	35%	-	FRANCO ARENOSA	PN	12,49	1,809	0,24	12,42
PCA-17 AM2	380+0,00	BLEND 40%	24%	21%	4%	100%	99%	84%	46%	A-4	FRANCO ARGILO ARENOSA	PN	15,72	1,689	2,29	4,57

CRITÉRIOS DE CONSTRUÇÃO SUGERIDOS NA ÉPOCA

A execução do corpo-de-aterro (Figura 11) compreenderia as operações de mistura e pulverização, umedecimento ou secagem dos materiais realizados na pista e/ou na praça de trabalho, bem como o espalhamento, compactação e acabamento na pista devidamente preparada na largura desejada, nas quantidades que permitam, após a compactação, atingir a espessura projetada.

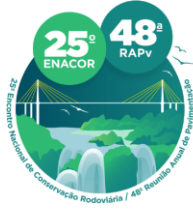


Figura 11. Execução da terraplenagem no trecho CSS - EST. 0 a EST. 126

Todos os serviços seriam executados com acompanhamento de fiscalização, com os controles tecnológicos previstos nas especificações. O colchão de solo solto (solos da Jazida) submetido ao processo de pulverização, mediante atuação de grade de discos.

Ao final da operação de pulverização, a camada resultante deveria estar completamente solta, o mais homogênea possível e conformada de acordo com as características geométricas da plataforma, tomados os cuidados necessários para que os equipamentos de pulverização não atinjam a camada subjacente, a ponto de prejudicá-la.

A areia seria distribuída uniformemente na superfície, em toda a largura da faixa de trabalho, segundo o teor especificado. Caso a distribuição da areia seja feita por processo mecânico, o equipamento para distribuição, deverá ser aferido e aprovado pela Fiscalização.



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Especial atenção seria conferida à distribuição, com o intuito de evitar perdas decorrentes da ação do vento e do tráfego dos equipamentos.

Imediatamente após a distribuição da areia, seria procedida a mistura desta, visando a sua boa incorporação em meio ao solo.

A mistura seria efetuada pela ação conjunta de grade de discos e motoniveladora. A homogeneidade do processo da mistura deverá ser atestada visualmente, observando-se a ocorrência de coloração uniforme em toda a espessura da camada.

Enquanto a operação de mistura seca estivesse em processamento, nenhum equipamento, exceto os que operam nessa fase, poderá trafegar sobre a mistura.

CONCLUSÃO

Para este estudo a estabilização granulométrica com solo+areia, trata-se de mistura executada, na pista, de solo, areia e água, adequadamente compactada, resultando em melhores características de resistência mecânica e redução da expansividade e da sensibilidade à umidade do solo natural.

O programa experimental englobou o uso de composições de modo a obter um produto eficiente para aplicações do corpo-de-aterro preferencialmente com os percentuais % de areia e % de argila, preestabelecidos em peso, nesse caso, compactado na energia de referência do Proctor Normal (PN), e apresentar $CBR \geq 2\%$, e expansão medida abaixo de 4% ($E < 4,0\%$), conforme especificações do DNIT, para a referida camada.

Este estudo de caso, apresentou a viabilidade técnica do uso do *blend's* com areia, com objetivo e uma oportunidade para otimizar as distâncias médias de transportes (DMT's) de terraplenagem (balanço de massa) na fase de execução de obra, bem como evitar o destino desses materiais para bota-fora. Mas vale ressaltar a alternativa a mistura em usinas de solos e agregados, onde os materiais são previamente dosados e aplicados na pista na espessura de projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeto RADAMBRASIL Levantamento de Recursos Naturais - Folha SD 24 Salvador, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: IBGE, 1981. 633p.

CAPUTO, H. P. (1988). Mecânica dos Solos – Teoria e Aplicações. 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 049/94 - Solos - determinação do índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas.

_____ DNER-ME 054/94 - Equivalente de areia.

_____ DNER-ME 088/94 - Solos - determinação da umidade pelo método expedito do álcool.

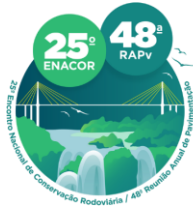
_____ DNER-ME 092/94 - Solo - determinação da massa específica aparente "in situ", com emprego do frasco de areia.

_____ DNER-ME 122/94 - Solos - determinação do limite de liquidez - método de referência e método expedito.

_____ DNER-ME 129/94 - Solos - compactação utilizando amostras não trabalhadas.

_____ DNER-ISA 07 - instrução de serviço ambiental.

_____ DNER - Manual de Pavimentação, 1996.



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



_____ DNER-PRO 277/97: metodologia para controle estatístico de obras e serviços: procedimento: Rio de Janeiro: IPR, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 011/2004 PRO: gestão da qualidade em obras rodoviárias: procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2004.

_____ DNIT 108/2009 – ES – Aterros – Especificação de Serviços

DAS, Braja M. Fundamentos de engenharia geotécnica/Braja M. Das; tradução EZ2Translate; revisão técnica Leonardo R. Miranda. – São Paulo : Cengage Learning, 2011.

FERREIRA, S. R. M. (1995). Colapso e expansão de solos naturais não saturados devido à inundação. Tese (Doutorado) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 401 p.

HOSSAIN, K. M. A.; LACHEMI, M.; EASA, S. Stabilized soils for construction applications incorporating natural resources of Papua new Guinea. Resources, Conservation and Recycling, Amsterdam, v.51, n.4, p.711-731, 2007. <https://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2006.12.003>.

LIM, S. M.; WIJEYESEKERA, D. C.; LIM, A. J. M. S.; BAKAR, I. B. H. Critical review of innovative soil road stabilization techniques. International Journal of Engineering and Advanced Technology, Bhopal, v.3, n.5, p. 204-211, jun. 2014.

NEVES, J.; SOUZA, J. D. Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais: Folhas SD.24-Y-B Ilhéus e SD.24-Z-A Itacaré. CPRM – Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. 1984.

ONYELOWE, K. C.; OKAFOR, F. O. A comparative review of soil modification methods. ARPN Journal of Earth Sciences, IpswichMA, v.1, n.2, p.36-41, 2012

TRINDADE, T. P.; CAVALHO, C. A. B.; LIMA, D. C. et. al. Compactação de solos: fundamentos teóricos e práticos. 1.ed. Viçosa: UFV, 2008. 95p.

RÜCKNAGEL, J.; GÖTZE, P.; HOFFMANN, B.; CHRISTEN, O.; MARSCHALL, K. The influence of soil gravel content on compaction behaviour and pre-compression stress. Geoderma, Amsterdam, v. 209-210, n.11, p. 226-232, 2013. <https://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.05.030>.

TEIXEIRA, Ivonei. Estabilização de um solo laterítico argiloso para utilização como camada de pavimento. 2014. 167 f. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual de Campinas – Campinas, SP.

TERZAGHI, K.; PECK, R. B.; MESRI, G. Soil mechanics in engineering practice. 3rd ed. New York: John Willey & Sons, Inc, 1996.