

UTILIZAÇÃO DA EMULSÃO ASFÁLTICA PARA ESTABILIZAÇÃO DE SOLO DA CAMADA DE BASE DE VIA URBANA EM PARAÍSO DO TOCANTINS

GEOVANA CUNHA SANTOS,
FERNANDO MORENO SUARTE JUNIOR.

ABSTRACT - Soil stabilization with asphalt emulsion is an alternative used to provide resistance to soils that do not present the desired mechanical behavior for its use. This type of stabilization enables the rationing of resources because it uses local soil, and thus promotes cost reduction in paving works. The main objective of this study is to compare and evaluate the use of different contents of asphalt emulsion, used to stabilize and increase the strength of a soil used as the base of the sidewalk of a low flow road in the city of Paraiso do Tocantins (TO). The soil characterized as clayey pebble was mixed with four different levels of asphalt emulsion type RR-1C, 1%, 3%, 5% and 7%, these were subjected to compaction tests with Modified Proctor and the California Support Index test. From these tests, it could be seen that the main effect caused by the emulsion in the soil studied was the lubrication, which prevented the improvement of mechanical properties, noting that as the content of asphalt emulsion increased, the California Bearing Index decreased, making it impossible to determine an optimum content of the mixture Soil-Emulsion. This is justified by the clay concentration in the soil, which had an aversive response to the test where it was subjected to saturation. However, the statement that stabilization with asphalt emulsion for sidewalk base is inadvisable is still erroneous.

KEYWORDS - Soil stabilization; Asphalt Emulsion; Soil-Emulsion.

I. INTRODUÇÃO

O modal rodoviário é o que mais contribui com a matriz de transportes no Brasil, sendo responsável por cerca de 61% do transporte de cargas e 95% do transporte de passageiros. Porém, somente cerca de 12,4% da malha rodoviária se encontra pavimentada, e destes, 52,4% apresentaram pavimento em condição regular, ruim ou péssima. Com condições ruins de uso, aumenta o tempo das mercadorias na estrada, e consequentemente, eleva também os custos do traslado, encarecendo o valor final do produto, além do alto risco de acidentes ocasionados pela falta de qualidade do pavimento [3].

Diante disso, fica evidente a necessidade de que o número de vias pavimentadas cresça, melhorando a economia do país e as condições de conforto e segurança do usuário, mas muitas vezes o subleito do local não atende as especificações necessárias, fazendo com que seja preciso o uso de novas tecnologias para atender a demanda local, a partir disso, tecnologias como a estabilização dos solos estão sendo cada vez mais estudadas e aprimoradas.

A estabilização dos solos é empregada para alterar qualquer uma de suas propriedades, melhorando seu comportamento e é aplicada quando não há solo de qualidade dis-

ponível no local e quando o transporte desse material de jazidas distantes se torna inviável e pode ser feita a partir da aplicação de cal, material asfáltico, cimento Portland, dentre outros.

A emulsão asfáltica é uma ótima alternativa técnica, de baixo custo e para a preservação dos recursos naturais e do meio ambiente, uma vez que, pode-se fazer o aproveitamento dos materiais do local para a execução a frio da base com resistência estrutural adequada as condições pré-estabelecidas de tráfego. Nas vias de baixo fluxo de veículos, podem simplesmente combinar a técnica de estabilização com um revestimento superficial leve [1].

A estabilização com emulsão asfáltica depende diretamente da granulometria do local e das suas características físico-químicas [1]. Em solos granulares, a emulsão age como aglutinante, dando ao solo coesão e assim, aumentando a sua resistência.

Como a mistura solo-emulsão está cada vez mais ganhando notoriedade na pavimentação, esse trabalho irá analisar e avaliar diferentes teores de emulsão asfáltica misturadas ao solo que servirá de base para o pavimento de uma via urbana de baixo fluxo localizada entre os setores Aeroporto e Nova Esperança em Paraíso do Tocantins, a fim de definir a

melhor concentração da mistura para que o solo seja estabelecido atendendo aos critérios técnicos e econômicos.

II. METODOLOGIA

Por meio da abordagem qualitativa exploratória, foi possível promover maior proximidade com o assunto estudado, além de assegurar a obtenção de conhecimento aprofundado das práticas adotadas. Adotou-se também a abordagem quantitativa experimental, a fim de definir o material quanto a suas características físicas e mecânicas por meio de ensaios laboratoriais.

A coleta do material foi realizada na Rua 02 que liga o setor Aeroporto ao setor Nova Esperança em Paraíso do Tocantins – TO, este estudo foi realizado para avaliar a possibilidade de implantação de uma base estabilizada com emulsão asfáltica a fim de receber a camada de pavimento flexível. Após a coleta do material, o mesmo foi levado ao laboratório da Usina de asfalto da empresa Vilasa Construtora Ltda., na cidade de Santa Rosa do Tocantins.

O material passou por alguns ensaios a fim de caracterizá-lo física e mecanicamente. O primeiro ensaio realizado foi o de granulometria por peneiramento (Figura 1), que seguiu as recomendações da NBR 7181/2016, e a partir deste, gerou-se o gráfico da curva granulométrica.



Figura 1. Peneiramento grosso. Fonte: Autoria Própria (2021).

Além deste, para a caracterização física do solo, realizou-se ainda a partir das NBRs 6459/2016 (Solo – Determinação

do Limite de Liquidez) e NBR 7180/2016 (Solo – Determinação do Limite de Plasticidade) os ensaios de Limites de consistência, ou Limites de Atterberg. A partir destes, o solo pode ser categorizado de acordo com o método de classificação Transportation Research Board (TRB) (Figura 2).

CLASSIFICAÇÃO GERAL	MATERIAIS GRANULARES 35% (ou menos) passando na peneira Nº 200						MATERIAIS SILTO - ARGILOSOS				
	A - 1		A - 3	A - 2			A - 4	A - 5	A - 6	A - 7	
CLASSIFICAÇÃO EM GRUPOS	A-1-A	A-1-B		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7			A-7-5	A-7-6
Granulometria - % passando na peneira											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	30 máx.	51 min.								
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características da fração passando na peneira Nº 40:											
Limite de Liquidez				40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.
Índice de Plasticidade	6 máx.	6 máx.	NP	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.*
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais constituintes	Fragmentos de pedras, pedregulho fino e areia			Pedregulho ou areias siltosos ou argilosos			Solos siltosos		Solos argilosos		
Comportamento como subleito	Excelente a bom						Sofriável a mau				

* O IP do grupo A - 7 - 5 é igual ou menor do que o LL menos 30.

Figura 2. Classificação dos solos - (TRB). Fonte: (DNIT, 2006).

Os ensaios mecânicos realizados foram o de Compactação (NBR 7182/2016 – Solo – Ensaio de compactação), para a determinação do teor ótimo de água e o de Índice de Suporte Califórnia (ISC) (NBR 9895/2017 – Solo – Índice de Suporte Califórnia) para a determinação da resistência do material.

Além destes, foi necessária a caracterização da emulsão asfáltica catiônica de ruptura rápida (RR-1C), esta caracterização foi cedida pela empresa que forneceu o produto para o estudo.

Após a caracterização do solo e da emulsão, realizou-se a mistura nos teores de 1%, 3%, 5% e 7% de emulsão em relação ao peso total da amostra de solo, esta mistura foi realizada seguindo o passo a passo descrito por Miceli Jr. [7] onde a água é o fator que recebe maior atenção. Esta água total da mistura é dividida em alguns teores que foram aplicados em momentos distintos da mistura, são esses:

- Água de dispersão, que é uma parcela de água misturada ao solo antes da aplicação da emulsão;
- Água de diluição, segundo Soliz [9], deve-se considerar a proporção de 1:1, uma parte de emulsão para uma parte de água. Nos estudos em laboratório, a água de diluição contribui facilitando a mistura, pois a emulsão possui baixa viscosidade na massa de solo [7].
- Água de compactação que se refere à água total que deve ser adicionada na massa de solo, ou seja, o teor necessário para alcançar a umidade ótima.

Realizada a mistura solo-emulsão, o material foi submetido novamente aos ensaios de Compactação e Índice de Suporte Califórnia, para a partir desses ensaios, gerar os gráficos de compactação e ISC e tornar possível a comparação da resistência do solo puro e da mistura Solo-emulsão.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Seguindo a metodologia, para a classificação física do solo, realizaram-se ensaios de granulometria por peneiramento, limite de liquidez e limite de plasticidade, seguindo as especificações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O solo foi passado na peneira nº 10 e pôde-se perceber que cerca de 40% da amostra é caracterizada como fina e 60% caracterizada como de média a grossa. Diante dos dados coletados e da análise dos percentuais de material passantes, tornou-se possível a obtenção da curva granulométrica apresentada na Figura 3.

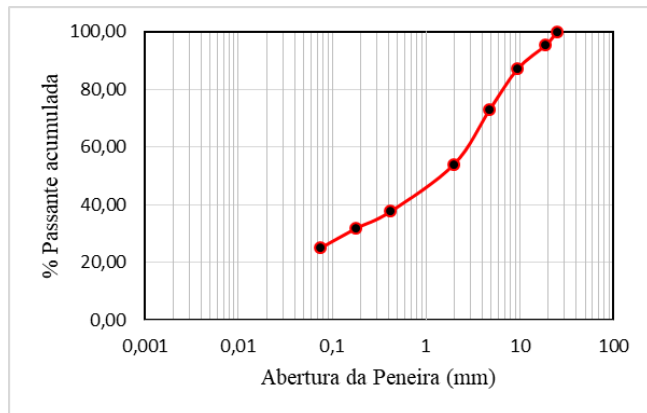


Figura 3. Curva Granulométrica. Fonte: Autoria Própria (2021).

A partir da aparência da curva granulométrica, observa-se que o solo é bem graduado, ou seja, os tamanhos das partículas de solo tendem a ser diferentes. Conforme a composição granulométrica observa-se que o solo contém um grande percentual de pedregulho e material fino, sendo caracterizado como cascalho argiloso com areia [4].

Já os ensaios de limite de consistência permitem explorar a plasticidade dos solos, propriedade essa que os solos argilosos possuem e que determina a sua maior ou menor capacidade de serem moldados sem que ocorra variação de volume, sob certas condições de umidade [4]. Com o cruzamento de dados entre o teor de umidade e o número de golpes obteve-se o Limite de Liquidez do solo, isso é valor de umidade em que o solo passa do estado líquido para o estado plástico.

Com base na análise da imagem, pode-se observar que o Limite de liquidez, aquele em que a amostra se fecha ao fim de 25 golpes, é de 33,7%.

O ensaio de Limite de Plasticidade foi realizado de acordo com o descrito na NBR 7180/2016. A partir dos valores encontrados, foi possível determinar o valor do Limite de Plasticidade que consiste da média dos valores que estão dentro do intervalo determinado pela norma, o valor do Limite de Plasticidade encontrado foi de 21,1%.

Com esses valores, determinou-se o Índice de Plasticidade do solo. O IP encontrado foi de 12,6%, solo com boa plasticidade, ou seja, razoável percentual de argila e silte que são responsáveis pela plasticidade e trabalhabilidade natural do solo.

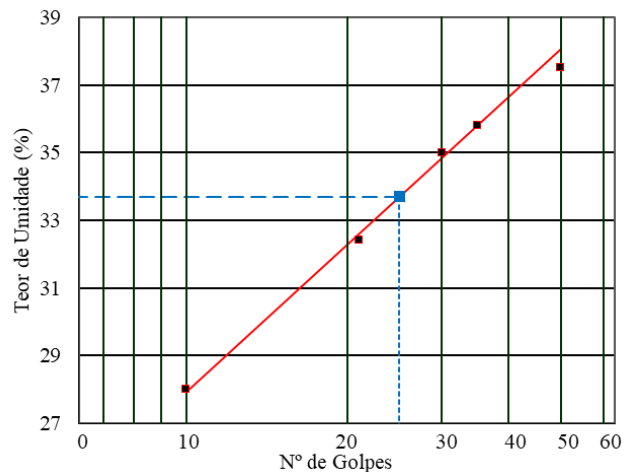


Figura 4. Limite de Liquidez. Fonte: Autoria Própria (2021).

Diante dos dados apresentados, e fazendo uso do quadro de classificação *Transportation Research Board (TBR)* pode-se caracterizar o solo como A-2-6.

Na caracterização mecânica do solo, foi realizado primeiramente o ensaio de Compactação e a partir deste, gerada a curva de compactação.

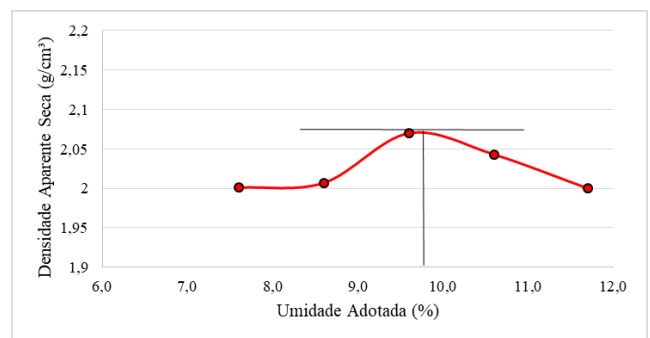


Figura 5. Curva de Compactação. Fonte: Autoria Própria (2021).

Determinou-se a umidade ótima do solo como a umidade para qual os Corpos de Prova apresentaram maior densidade aparente seca, correspondendo a 9,8 % de umidade e densidade aparente seca de 2,072 g/cm³.

Dos copos de prova obtidos no ensaio de compactação, o solo com umidade seca, ótima e saturada foram levados ao tanque a fim de se obter a expansão gerada e o Índice de Suporte Califórnia a partir da penetração que o solo permitiu.

O material de base apresentou expansão de 0,03% e Índice de Suporte Califórnia de 82,9% para umidade ótima, portanto corresponde aos padrões exigidos pelo DNIT de ISC 60% e expansão 0,5%.

Após essa etapa, foi realizada a mistura do solo com a emulsão asfáltica. Em seguida, realizados novamente os ensaios de caracterização mecânica.

Observando a resposta das curvas de compactação, nota-se que as adições dos teores de emulsão não alteraram significativamente o valor da umidade ótima comparada a umidade

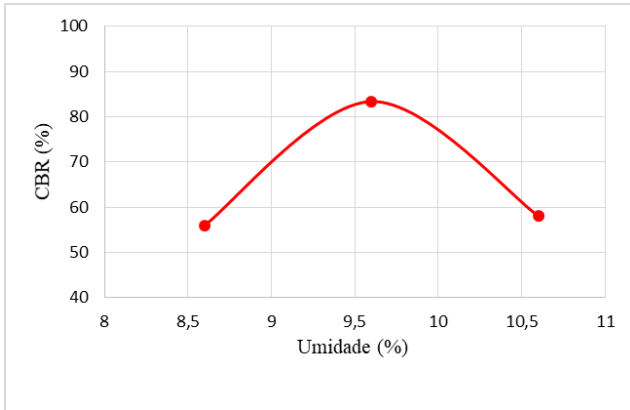


Figura 6. ICS do Solo Natural. Fonte: Autoria Própria (2021).

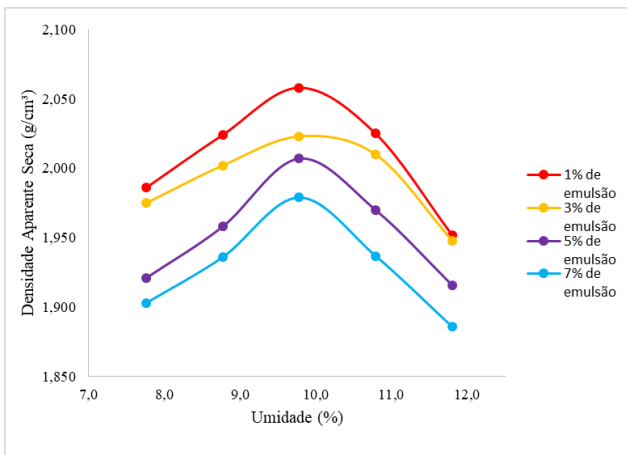


Figura 7. Curvas de Compactação Solo-Emulsão. Fonte: Autoria Própria (2021).

ótima do solo natural, sendo estes valores entre 9,8% e 9,9%. Já em relação à Densidade Aparente Seca, notou-se uma pequena diminuição conforme o teor de emulsão aumentava.

Esses resultados mostram consenso com as conclusões de alguns autores, de que a densidade aparente diminui conforme o teor de emulsão aumenta e que a umidade da mistura solo-emulsão tem alteração de menos de 1% em relação a umidade ótima do solo natural ([2], [6]).

Depois de compactado, o solo foi levado aos tanques para a realização dos ensaios de expansão e penetração. Os resultados obtidos no ensaio de expansão mostram que para os maiores percentuais de emulsão (3%, 5% e 7%) houve maior expansão, enquanto para 1% de emulsão houve pouca expansão.

Já para o ICS do solo-emulsão, observa-se que a mistura solo-emulsão que apresentou maior Índice de Suporte Califórnia na amostra foi a com 1% de emulsão asfáltica com 69,9%, sendo a única a apresentar um ICS acima do exigido pelo DNIT para uso em base de pavimento, mas o valor ainda está inferior ao ICS apresentado pelo solo natural. A amostra que apresentou menor valor de ICS é a com maior teor de emulsão, isso acontece devido a alta quantidade de emulsão

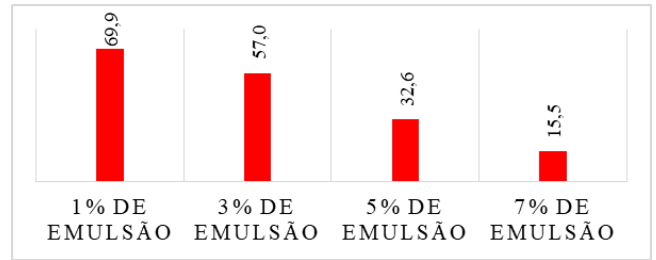


Figura 8. ICS do Solo-Emulsão. Fonte: Autoria Própria (2021).

passar a agir como lubrificante, reduzindo o contato entre as partículas, e conseqüentemente, a resistência.

Comparado os resultados obtidos no ensaio de Compactação do solo natural e do solo-emulsão, apresentado na Figura 9, é possível notar que à medida que se acrescenta a emulsão asfáltica, ocorre uma pequena variação na densidade aparente seca do material, além de uma alteração mínima na umidade ótima.

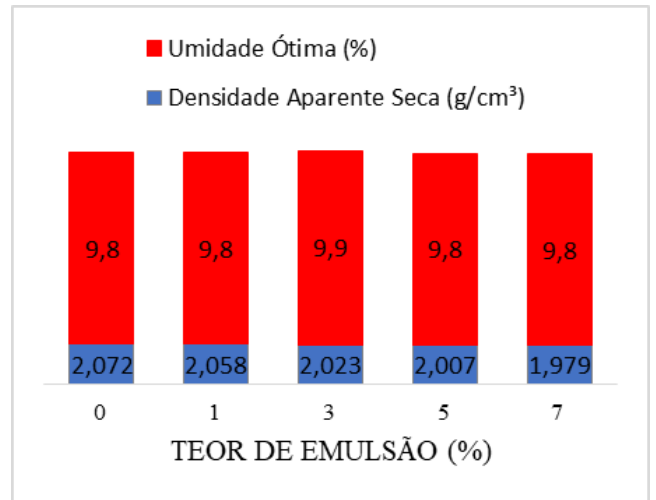


Figura 9. Compactação Solo Natural x Solo-Emulsão. Fonte: Autoria Própria (2021).

Já para o ensaio de Índice de Suporte Califórnia, é possível notar a partir dos resultados apresentados que a expansão apresentada foi extremamente baixa, próxima de 0 para todas as amostras, já para o ICS os resultados divergiram muito. O ICS do solo natural, com 0% de emulsão, chegou a 82,9%, enquanto o maior ICS do solo-emulsão chegou apenas a 69,9%, ainda estando acima do mínimo exigido pelo DNIT para base de vias de baixo fluxo, mas muito abaixo do apresentado pelo solo em seu estado natural.

Diante desses resultados, verifica-se que a emulsão asfáltica não foi capaz de proporcionar um aumento no ICS do solo, porém isso não implica afirmar que a estabilização com emulsão asfáltica seja desaconselhável, dado que, de acordo com Rabelo [8] e Micelli [7], o ensaio de ICS é que não é o mais confiável para verificação do comportamento de misturas estabilizadas quimicamente.

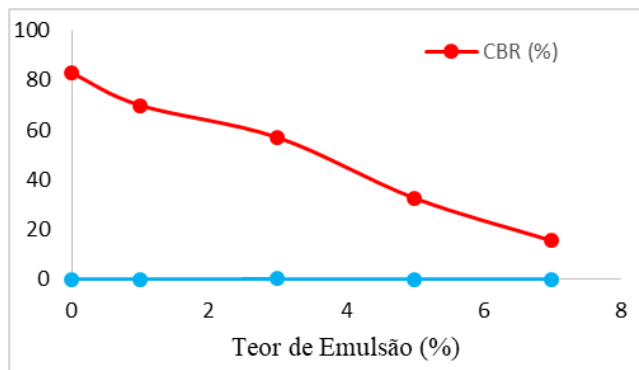


Figura 10. Expansão e ICS do Solo Natural x Solo Emulsão. Fonte: Autoria Própria (2021).

Isso fortalece a afirmação dos autores Ingles e Metcalf [5] sobre a interação solo-betume, que asseguram que os efeitos da estabilização com betume em areias podem se perder caso aconteça a penetração de água na mistura.

Diante disso, não foi possível identificar um teor ótimo de emulsão para suportar uma máxima capacidade de suporte, já que as misturas estabilizadas apresentaram um decréscimo em relação ao ICS do solo puro.

Observando os resultados desta análise, afirma-se que possivelmente, a concentração de sílica no solo seja um fator limitador para a estabilização com emulsão asfáltica, principalmente se este material estiver sujeito a condições de saturação. Porém, estudos mais aprofundados devem ser realizados para se obter conclusões mais confiáveis.

IV. CONCLUSÃO

Este trabalho avaliou uma possível utilização da emulsão asfáltica para a estabilização de um solo usado como base do pavimento de uma via de baixo fluxo na cidade de Paraíso do Tocantins. Essa avaliação foi feita por meio da caracterização do solo e de ensaios mecânicos de Compactação e ICS.

Com a realização dos ensaios, foi possível apresentar as seguintes considerações:

A amostra de solo, classificado como pedregulho argiloso com areia apresentou uma granulometria contínua, com um bom teor de argila, o que resultou na sua adequada plasticidade. Os resultados de granulometria e consistência indicaram que o solo poderia ser estabilizado com emulsão asfáltica segundo os limites conferidos por alguns autores, embora essa não fosse a melhor estabilização para esse solo com 25% de material passando na peneira n° 200.

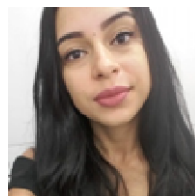
Em relação aos diferentes teores de emulsão aplicado ao solo, é possível perceber que a principal diferença entre o solo puro e o solo-emulsão é a lubrificação. Isso acontece porque as partículas de betume se unem as do solo, substituindo as partículas de ar por um filme protetor. Isso se prova com a diminuição da densidade aparente seca e do ICS que diminui conforme se adiciona emulsão asfáltica.

Analisando a resposta mecânica das misturas solo-emulsão no ensaio de Índice de Suporte Califórnia, não é possível definir o teor ótimo de emulsão a ser aplicado, porém, com a análise dos resultados obtidos, pode-se dizer que o teor que apresentaria melhor desempenho mecânico para este solo seria o de 1% de emulsão, visto que em pouca quantidade, o betume age como um impermeabilizante no solo, porém, quando submetido ao ensaio de ICS onde o corpo de prova fica em estado de saturação, essa mistura não teve sua melhor performance.

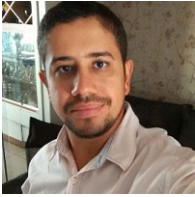
A partir disso, sugere-se para estudos futuros que se leve em conta outros parâmetros, como por exemplo, o ensaio de Resistência a Compressão Simples (RCS) para a definição da resistência de solos estabilizados com emulsão asfáltica, visto que ainda não há norma que regulamenta os ensaios para este tipo de estabilização.

Referências

- [1] ABEDA, A. B. DAS E. D. DE A. Manual básico de emulsões asfálticas. [s.l: s.n.].
- [2] ARAÚJO, R.; LUCENA, F.; FERREIRA, H. Propriedades de Resistência ao Cisalhamento de Solos Lateríticos Estabilizados com Emulsão Asfáltica Catiônica RM-1C. Associação Brasileira de Pavimentação, Porto Alegre, RS, p. 500-517, 1983.
- [3] CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. Pesquisa CNT de rodovias, 2019. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/gerencial.pdf>>. Acesso em: 6 out. 2020.
- [4] DNIT. Manual de pavimentação. 2006.
- [5] INGLES, O. G.; METCALF, J. B. Soil stabilization principles and practice. [s.l: s.n.].
- [6] JACINTHO, E. C. Estudo do comportamento de misturas solo-emulsão para uso em barragens. 2005.
- [7] MICELI JR, G. Comportamento de solos do Estado do Rio de Janeiro estabilizados com emulsão asfáltica. Instituto Militar de Engenharia (in Portuguese), 2006.
- [8] REBELO, E. DE P. Estudo de mistura solo-emulsão para a região de Uruçu (Coari-AM). 2009.
- [9] SOLIZ, V. V. P. Estudo de três solos estabilizados com emulsão asfáltica. 2007.



GEOVANA CUNHA SANTOS
Graduanda em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas.



FERNANDO MORENO SUARTE JÚNIOR
Engenheiro Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (2005) e Arquiteto e Urbanista pela Universidade Federal do Tocantins (2008), possui especialização em MBA – Gestão Eficaz de Obras e Projetos pela Universidade Cruzeiro do Sul (2011) e mestrado-profissionalizante em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (2019). Atualmente é professor titular

do Centro Universitário Luterano de Palmas e Professor Substituto da UFT. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Construção Civil.

• • •

• • •