

Estudo de viabilidade da utilização de solo nativo da mesorregião Norte Maranhense em camadas de pavimento

Feasibility study of the use of native soil from the Northern Maranhense mesoregion in sidewalk layers

DOI:10.34117/bjdv8n4-185

Recebimento dos originais: 21/02/2022

Aceitação para publicação: 31/03/2022

Andréa Maria Pereira Vieira

Estudante do Curso de Engenharia Civil do IFMA

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA)

Endereço: Av. Getúlio Vargas, 04 - Monte Castelo, São Luís - MA, CEP: 65030-005

E-mail: andrea.maria@acad.ifma.edu.br

Humberto Moura Lima

Graduado em Engenharia Civil pelo IFMA

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA)

Endereço: Av. Getúlio Vargas, 04 - Monte Castelo, São Luís - MA, CEP: 65030-005

E-mail: humberto.moura@acad.ifma.edu.br

Antônio Jorge Parga da Silva

Professor Doutor do Curso de Engenharia Civil do IFMA

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA)

Endereço: Av. Getúlio Vargas, 04 - Monte Castelo, São Luís - MA, CEP: 65030-005

E-mail: parga@ifma.edu.br

Benedito Lindoso Bastos Neto

Graduado em Engenharia Civil do IFMA;

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA)

Endereço: Av. Getúlio Vargas, 04 - Monte Castelo, São Luís - MA, CEP: 65030-005

E-mail: benedito.neto@acad.ifma.edu.br

Gabriel Henrique de Nazaré Silva

Estudante do Curso de Engenharia Civil do IFMA

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA)

Endereço: Av. Getúlio Vargas, 04 - Monte Castelo, São Luís - MA, CEP: 65030-005

E-mail: gabriel.h@acad.ifma.edu.br

Josivaldo Raposo Correa

Técnico Administrativo do IFMA do Campus Monte Castelo

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA)

Endereço: Av. Getúlio Vargas, 04 - Monte Castelo, São Luís - MA, CEP: 65030-005

E-mail: josivaldo.correa@ifma.edu.br

RESUMO

A maior parte das estradas brasileiras não é pavimentada, o que configura um problema para a logística do modal rodoviário. Além disso, rodovias já pavimentadas que possuem infraestrutura precária, por conta da implantação de pavimentação inadequada, apresentam constante necessidade de onerosas obras de manutenção. Por isso, é indispensável conhecer e caracterizar o solo antes da sua utilização, identificar sua natureza e composição, entender o seu comportamento, e estudar as suas propriedades físicas e mecânicas. Na mesorregião Norte Maranhense, mais precisamente na microrregião de Itapecuru Mirim, a Estrada do Tingidor se mostra importante tanto para a economia local, por escoar boa parte da produção agrícola, pecuarista e ceramista da região, quanto para o turismo, visto que liga a cidade de Itapecuru aos Lençóis Maranhenses (maior polo turístico do estado). A Estrada do Tingidor é do tipo vicinal, não pavimentada, e necessita, portanto, de estudos geotécnicos que caracterizem o material nativo quanto ao seu potencial para utilização no pavimento. Nesse contexto, o presente estudo realizou a análise do solo local por meio de ensaios físicos e mecânicos, tendo como objetivo o estudo da viabilidade de utilização do material do leito estradal em camadas do pavimento. Para isso, foram realizados os ensaios de granulometria, compactação e índice de suporte Califórnia, cujos resultados estão apresentados neste estudo em forma de gráficos e tabelas.

Palavras-chave: estradas, caracterização do solo, camadas do pavimento.

ABSTRACT

Most Brazilian roads are not paved, which is a problem for the logistics of the road modal. Furthermore, already paved roads that have precarious infrastructure, due to the implementation of inadequate paving, present a constant need for costly maintenance work. Therefore, it is essential to know and characterize the soil before it is used, to identify its nature and composition, to understand its behavior, and to study its physical and mechanical properties. In the North Maranhão mesoregion, more precisely in the microregion of Itapecuru Mirim, the Tingidor Road is important both for the local economy, for draining a good part of the agricultural, cattle raising and ceramics production of the region, and for tourism, since it connects the city of Itapecuru to the Lençóis Maranhenses (the biggest tourist pole in the state). The Tingidor Road is of the vicinal type, unpaved, and therefore needs geotechnical studies to characterize the native material as to its potential for use in sidewalk. In this context, the present study analyzed the local soil by means of physical and mechanical tests, with the objective of studying the feasibility of using the roadbed material in sidewalk layers. For this, the tests of particle size, compaction and California support index were performed, whose results are presented in this study in the form of graphs and tables.

Keywords: roads, soil characterization, sidewalk layers.

1 INTRODUÇÃO

A matriz de transporte no Brasil é predominantemente rodoviária, representando aproximadamente 95% da matriz de transporte de passageiros e cerca de 61% da matriz de transporte de cargas. A rede rodoviária é parte fundamental nas cadeias produtivas,

pelo fato de aproximar mercados, promovendo a integração de regiões e estados. Das rodovias existentes no Brasil, apenas 12,4% é pavimentada (213.453 km de 1.720.701 km), densidade muito baixa se comparado com outros países (CNT, 2018).

O transporte rodoviário desempenha um papel importante na sociedade e economia brasileiras, conseqüentemente, o bom desempenho das atividades econômicas e sociais depende dos adequados dimensionamentos e estado de conservação da infraestrutura de transportes. Em particular, o modal caracteriza-se pela sua capilaridade, flexibilidade e capacidade de integração com os demais sistemas de transporte. No entanto, para que o modal seja eficiente, faz-se necessário que o pavimento das rodovias esteja em condições adequadas, favorecendo a economia, bem como, oferecendo segurança e conforto aos usuários (CNT, 2017b).

Segundo dados apresentados pela Agência de Notícias do Estado do Maranhão, o subsistema rodoviário do estado desempenha papel de grande importância no apoio às atividades econômicas. Por estar conectado com os estados do Tocantins, Pará e Piauí, o Maranhão faz parte do roteiro de escoamento da produção pela via rodoviária. Além disso, o estado possui uma localização geográfica privilegiada e contempla quatro tipos de biomas brasileiros, o que proporciona bastante diversidade na produção local. Por esse motivo, para garantir o desenvolvimento da economia, do turismo e da mobilidade é essencial que haja interligação entre as regiões do estado.

Na mesorregião Norte Maranhense, mais precisamente na microrregião de Itapecuru Mirim, a Estrada do Tingidor, é quem escoar boa parte da produção local: produtos agrícolas, pecuaristas e indústria ceramista; sendo fundamental e essencial para a economia da região. Este percurso possui também sua importância turística no estado, visto que liga a cidade de Itapecuru à região dos Lençóis Maranhenses.

A Estrada do Tingidor apresenta problemas de infraestrutura, como por exemplo: drenagem, traçado, leito e subleito com baixa estabilidade do solo; o que deixa o seu trajeto intrafegável e pode vir a causar danos mecânicos nos transportes, bem como tornar a estrada inviável para escoar a produção do estado. Discute-se atualmente, a necessidade da sua estadualização e pavimentação, devido a sua contribuição à economia e ao turismo da região e do Maranhão.

É indispensável conhecer e caracterizar o solo antes da sua utilização, identificar a sua natureza e composição, entender o seu comportamento, e estudar as suas propriedades físicas e mecânicas. Ensaio de laboratório tornam possível a determinação de propriedades como composição granulométrica, massa volumétrica, limites de

consistência, retração, teor de umidade e grau de compactação. Com essas características, torna-se possível estimar a necessidade de correção da composição do solo para determinado uso na construção civil (BRITO, 2017).

A partir disso, o presente estudo teve como objetivo analisar o solo da região da Estrada do Tingidor – MA através de ensaios específicos de laboratório, com o intuito de promover a adequação do solo para sua utilização em camadas da pavimentação local.

2 METODOLOGIA DA EXECUÇÃO DO PROJETO

Primeiramente foi feito o levantamento bibliográfico relacionado ao tema proposto, para fundamentar a realização dos ensaios, analisando a melhor forma para obtenção dos valores necessários, seguindo normas técnicas.

Foram coletadas amostras de solo em dez pontos diferentes ao longo da Estrada do Tingidor, como mostra a Figura 1. A escolha da posição dos pontos foi feita segundo avaliação visual, nos trechos considerados mais críticos. A Figura 2 exemplifica o perfil dos trechos escolhidos.

Figura 1: Estrada do Tingidor

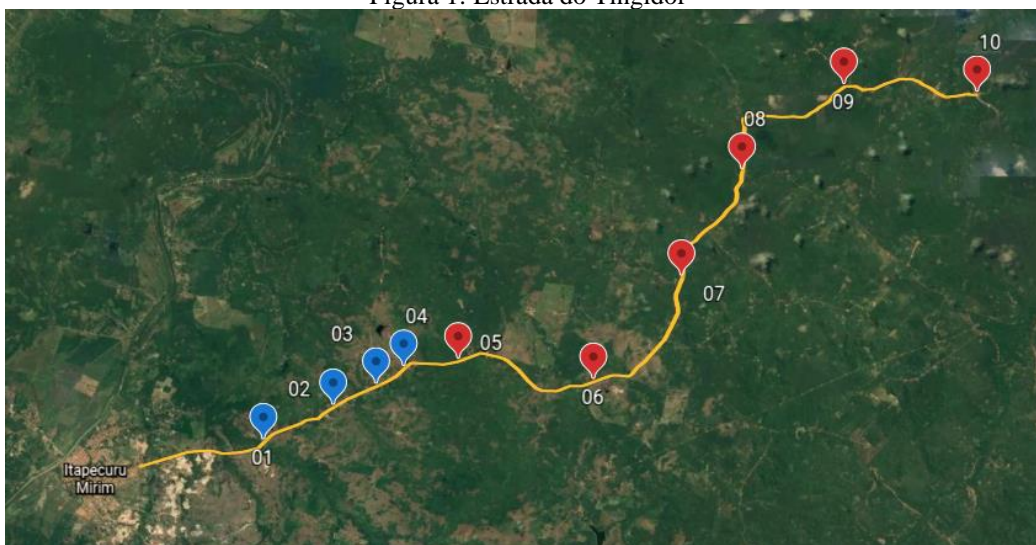


Figura 2: Estrada do Tingidor - Ponto 5



Com o solo coletado foram realizados os ensaios de granulometria, compactação e CBR. A caracterização granulométrica do solo foi feita em conformidade com a NBR 7181. Inicialmente foram coletadas as amostras, conforme a NBR NM 26, que foram divididas com base na NBR NM 27 e secas em estufa. Em seguida, as amostras de solo passaram por um conjunto de peneiras de diferentes aberturas, conforme demonstra a Figura 3, e foram calculados os resultados com base na porcentagem de solo retida em cada peneira.

Figura 3: Ensaio de granulometria por peneiramento



Para realização do ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC) ou California Bearing Ratio (CBR) foi utilizada a NBR 9895. O ensaio consiste na compactação das amostras de solo com diferentes índices de umidade, colocadas em cilindros de Proctor, utilizando golpes de soquete. Após essa etapa, as amostras foram deixadas imersas por 96 horas (Figura 4). Quando retiradas, ficaram escoando por 15 minutos e então foram feitos os ensaios na prensa, como demonstrado na Figura 5.

Figura 4: Imersão de cilindro de Proctor para ensaio de I.S.C.



Figura 5: Prensa utilizada no ensaio de I.S.C.



O ensaio de Compactação foi realizado seguindo os direcionamentos da NBR 7182. Neste ensaio foi utilizada a mesma aparelhagem utilizada no CBR (molde cilíndrico e soquete), alterando apenas o número de golpes e camadas. Primeiramente a amostra de solo umedecida foi colocada no cilindro Proctor e compactada com golpes do soquete. Em seguida, uma pequena quantidade de material foi retirada para o cálculo da umidade. Esse procedimento se repetiu aproximadamente cinco vezes, com diferentes teores de umidade, buscando encontrar a umidade ótima do material.

Depois da finalização dos ensaios, a caracterização do solo foi feita pelo método do DNER, que relaciona a capacidade de suporte do solo com o CBR. Para camadas de base, o material deve apresentar CBR maior ou igual a 80% com expansão máxima de 0,5%, já para camadas de sub-base, o solo deve apresentar CBR maior ou igual a 20% e expansão até 1%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a análise dos ensaios, os resultados foram organizados em gráficos e tabelas. As Figuras 6 a 15 apresentam os gráficos de compactação para cada trecho estudado, onde a linha verde indica a densidade máxima seca (g/cm^3); a linha azul marca o I.S.C corrigido; a vermelha, demonstra a expansão, e a laranja representa a umidade ótima. A Tabela 1 apresenta um resumo dos resultados obtidos no ensaio de compactação e CBR.

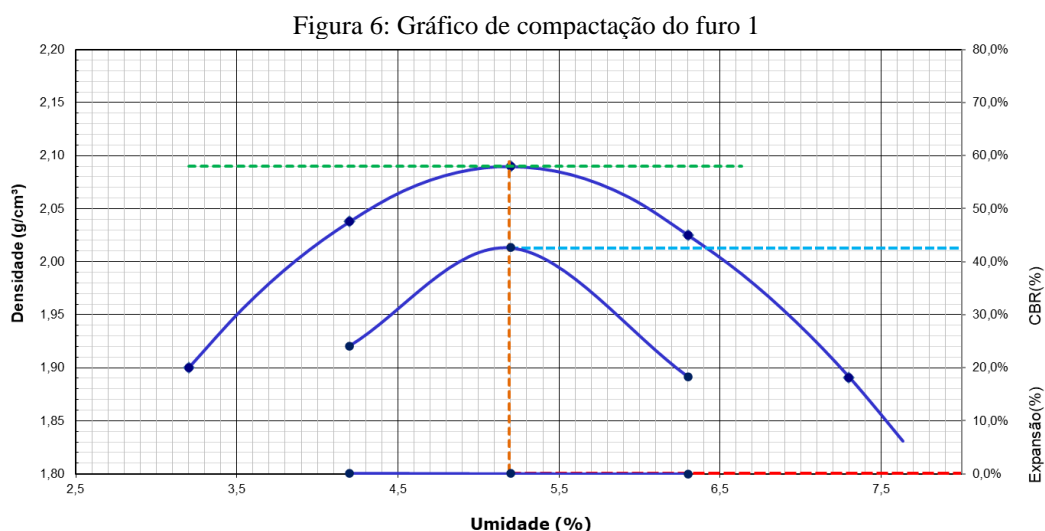


Figura 7: Gráfico de compactação do furo 2

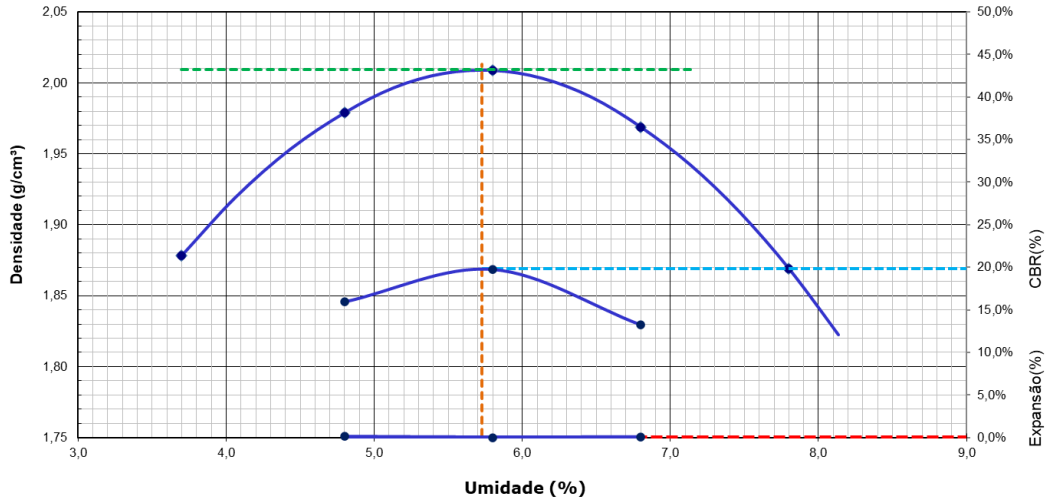


Figura 8: Gráfico de compactação do furo 3

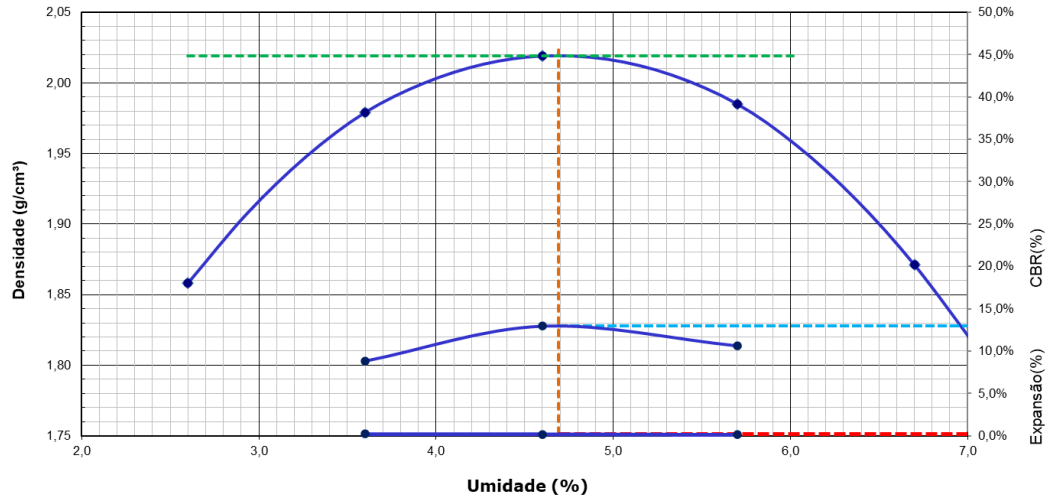


Figura 9: Gráfico de compactação do furo 4

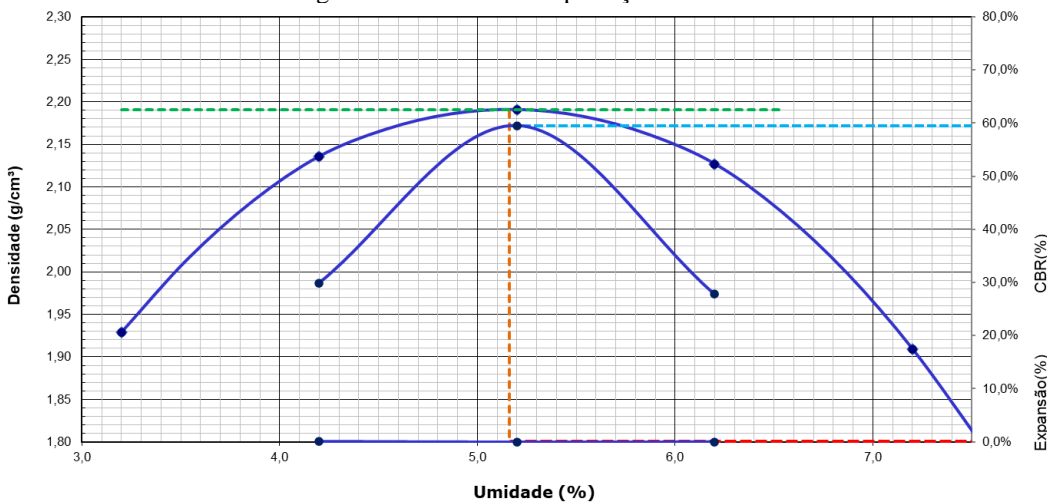


Figura 10: Gráfico de compactação do furo 5

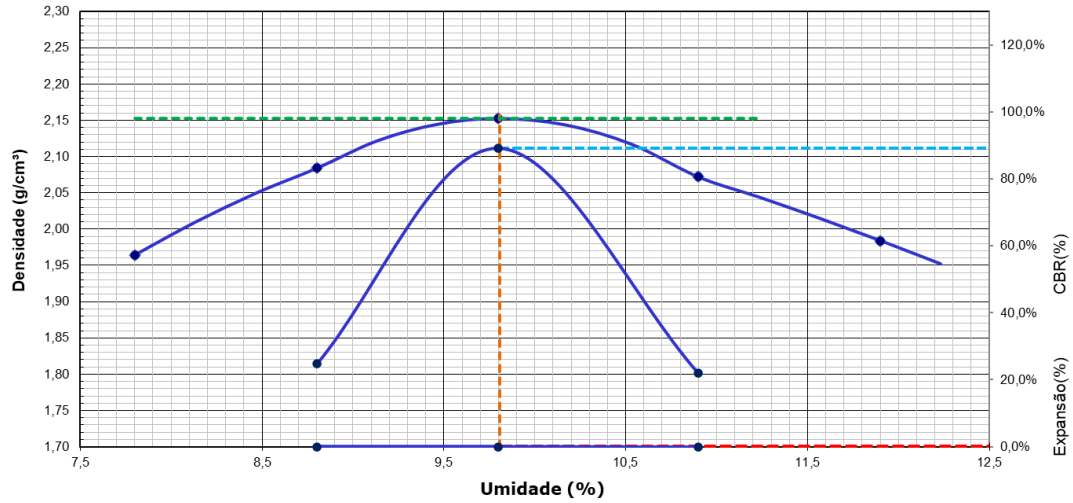


Figura 11: Gráfico de compactação do furo 6

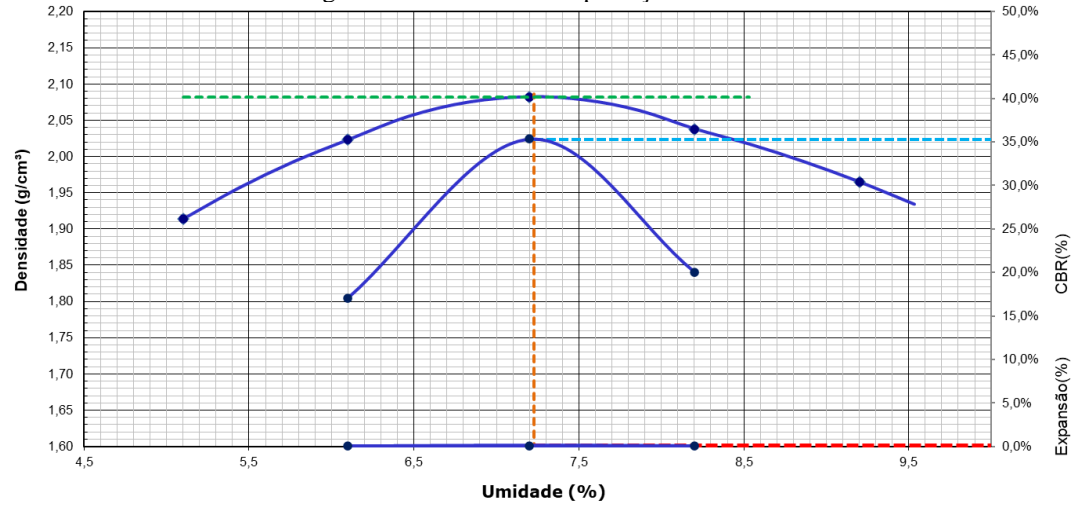


Figura 12: Gráfico de compactação do furo 7

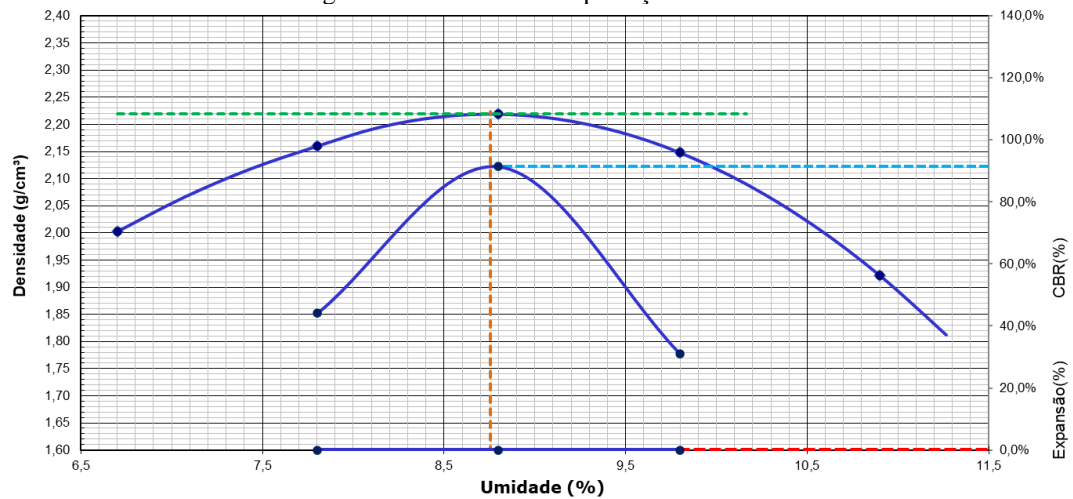


Figura 13: Gráfico de compactação do furo 8

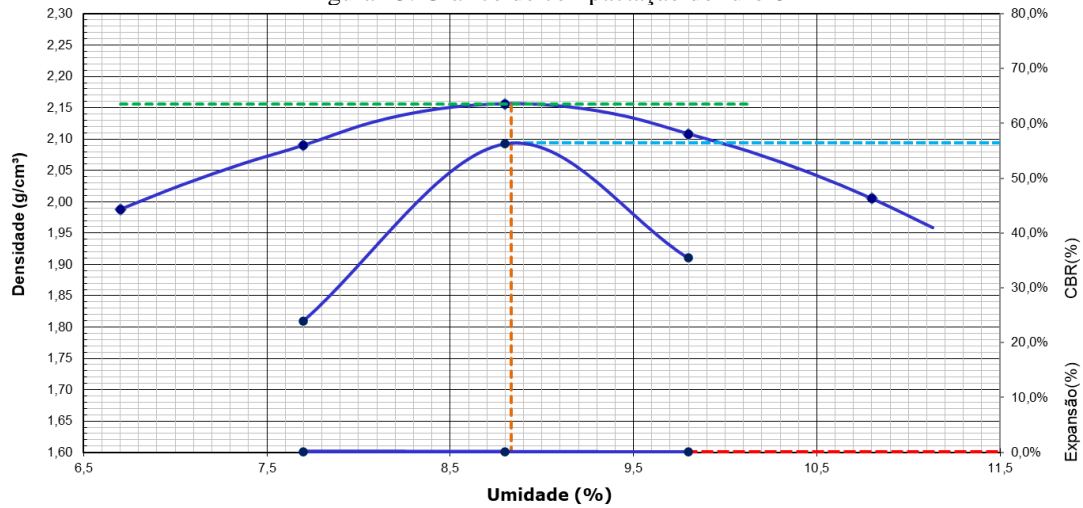


Figura 14: Gráfico de compactação do furo 9

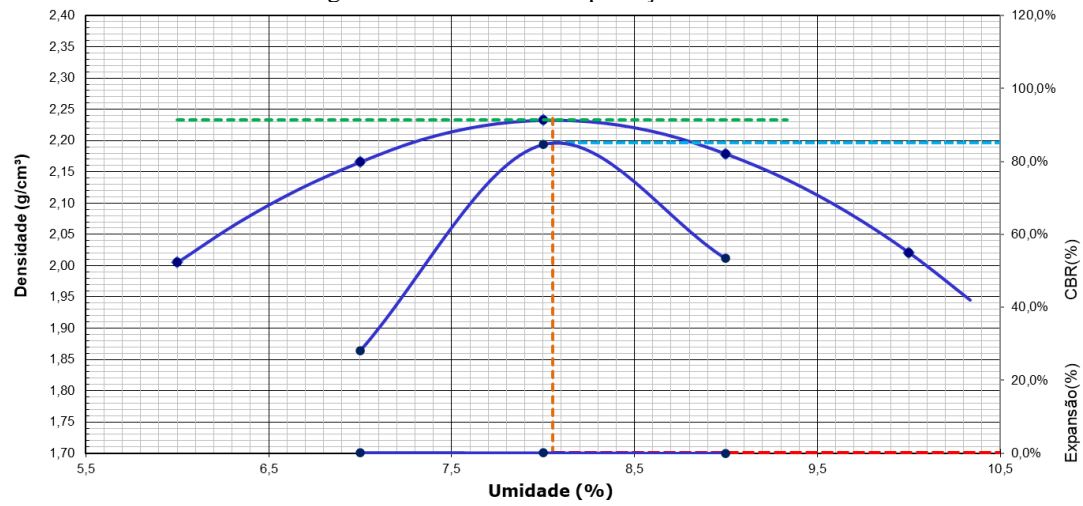
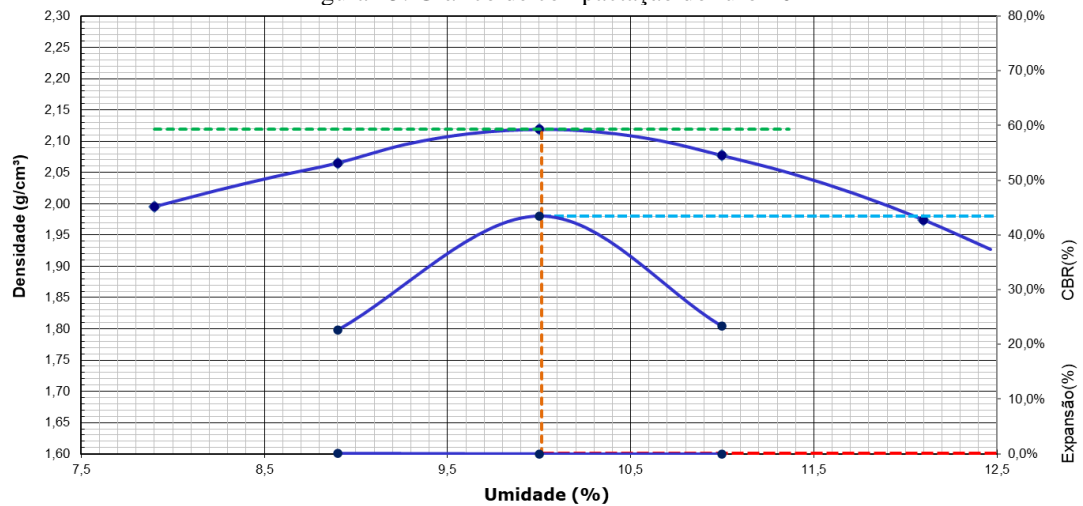


Figura 15: Gráfico de compactação do furo 10



A Tabela 1 apresenta um resumo dos resultados obtidos no ensaio de compactação e CBR.

Tabela 1: Resumo dos resultados do ensaio de CBR e compactação

Furo de sondagem	Densidade Máxima Seca	Umidade ótima	Expansão	CBR Corrigido
Furo 1	2,090 g/cm ³	5,2%	0,02%	42,6%
Furo 2	2,009 g/cm ³	5,7%	0%	19,8%
Furo 3	2,019 g/cm ³	4,7%	0,19%	13%
Furo 4	2,191 g/cm ³	5,2%	0%	59,5%
Furo 5	2,153 g/cm ³	9,8%	0,03%	89,2%
Furo 6	2,082 g/cm ³	7,2%	0,07%	35,3%
Furo 7	2,219 g/cm ³	8,8%	0%	91,5%
Furo 8	2,156 g/cm ³	8,8%	0,09%	56,4%
Furo 9	2,233 g/cm ³	8,1%	0,06%	85,2%
Furo 10	2,119 g/cm ³	10%	0,01%	43,5%

As Figuras 16 a 25 apresentam as curvas granulométricas referentes aos trechos estudados.

Figura 16: Curva granulométrica do furo 1

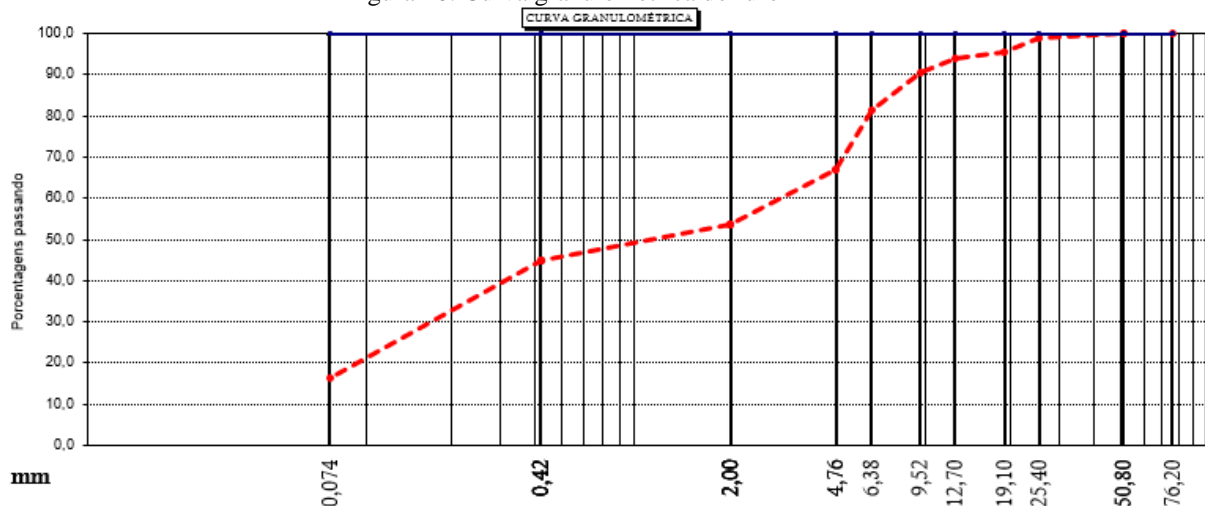


Figura 17: Curva granulométrica do furo 2

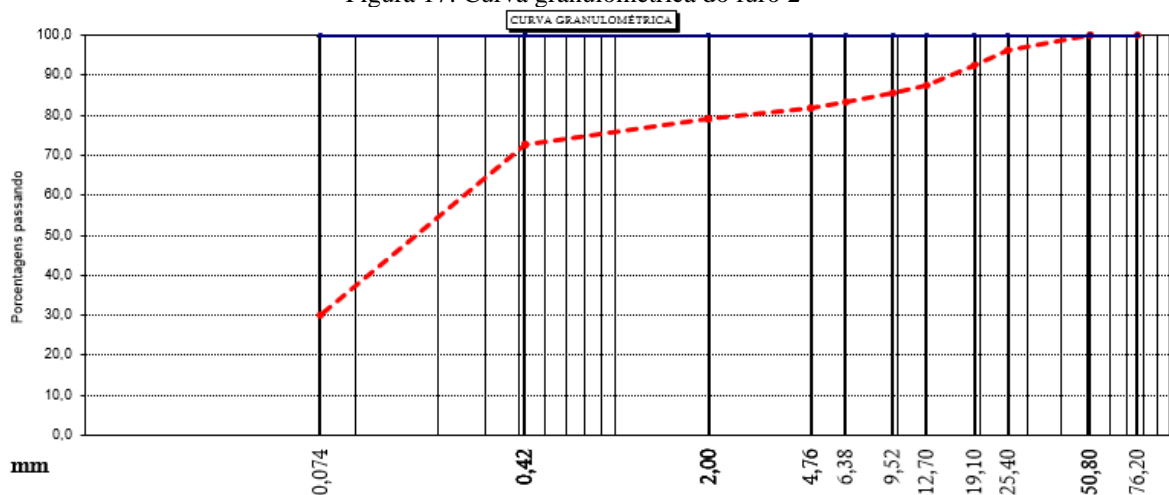


Figura 18: Curva granulométrica do furo 3

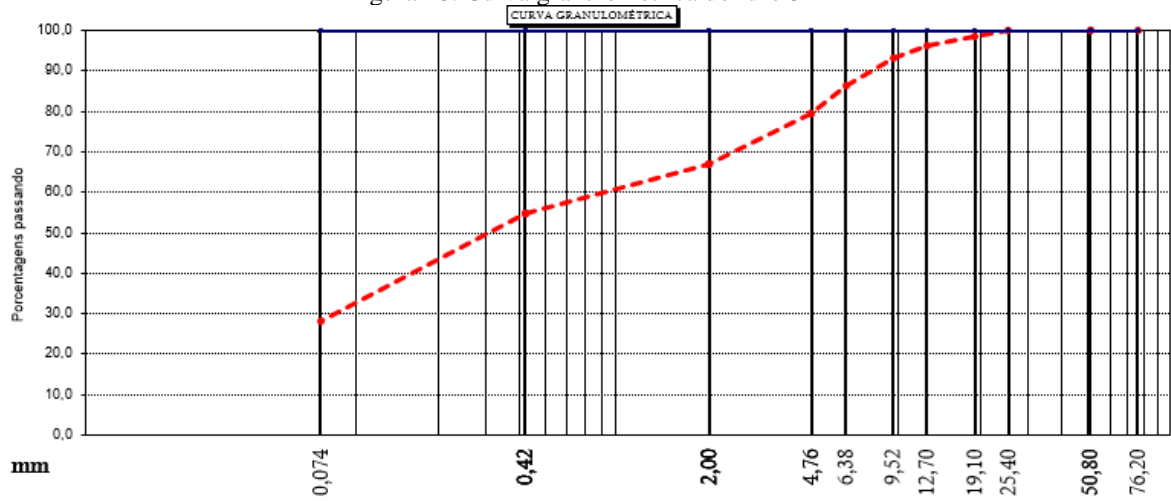


Figura 19: Curva granulométrica do furo 4

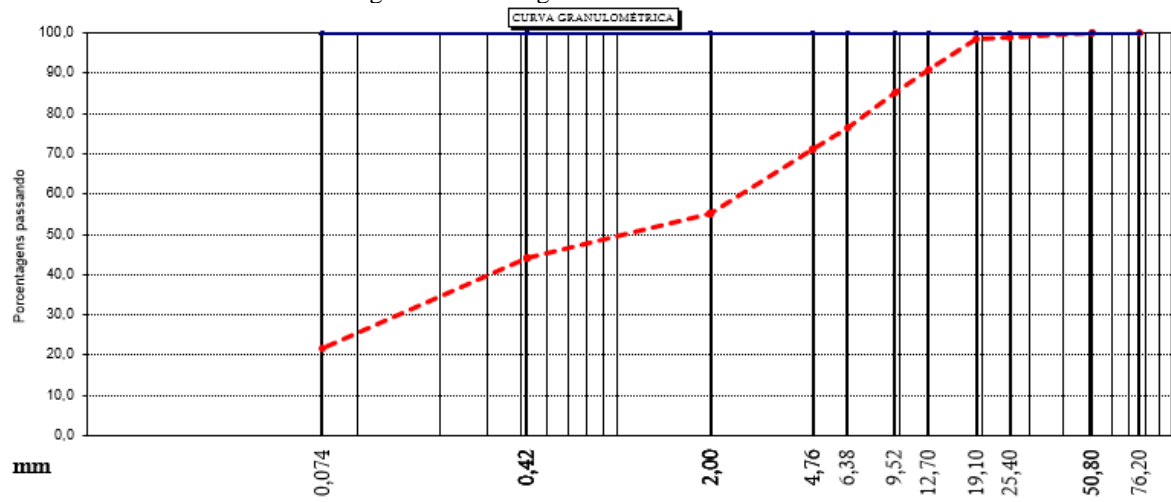


Figura 20: Curva granulométrica do furo 5

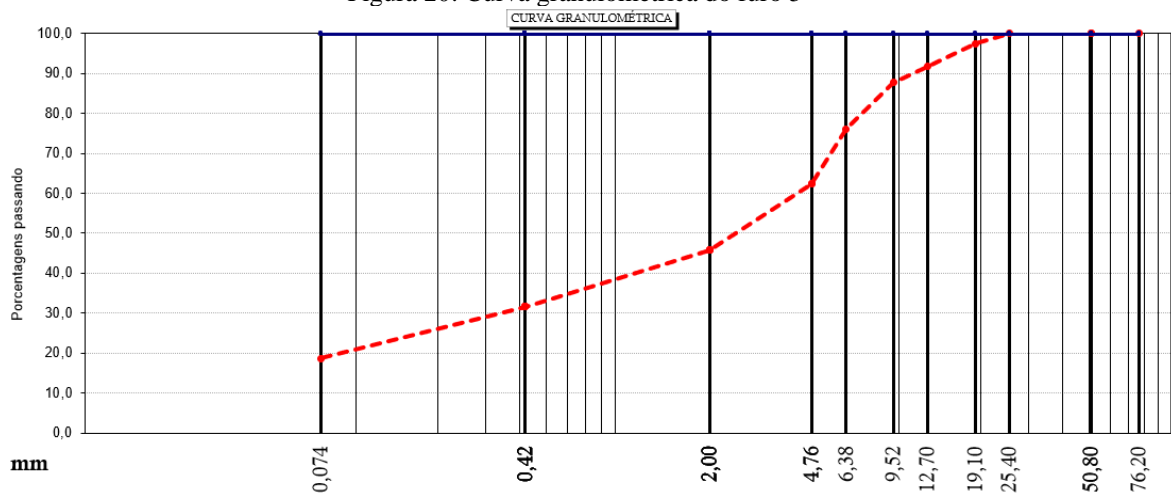


Figura 21: Curva granulométrica do furo 6

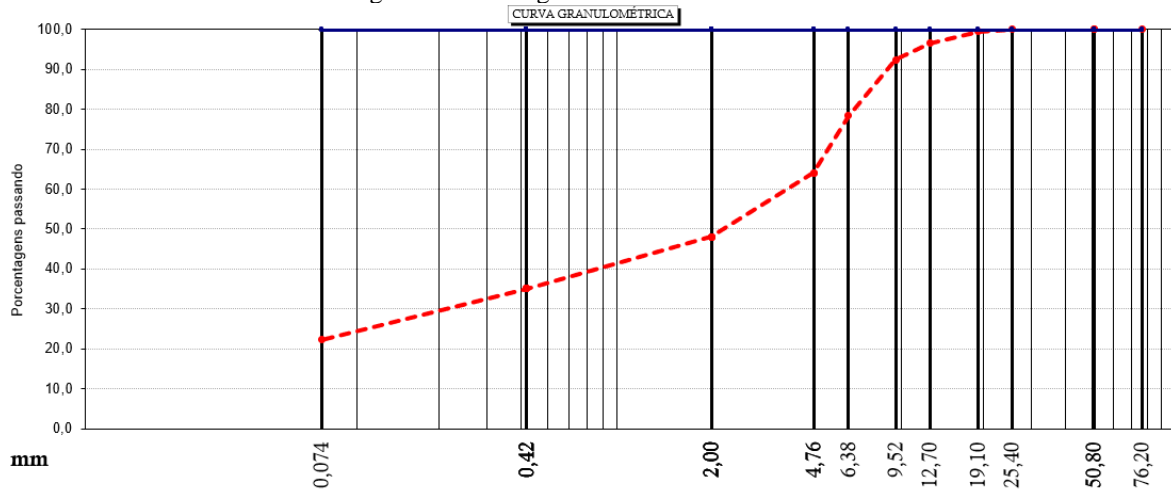


Figura 22: Curva granulométrica do furo 7

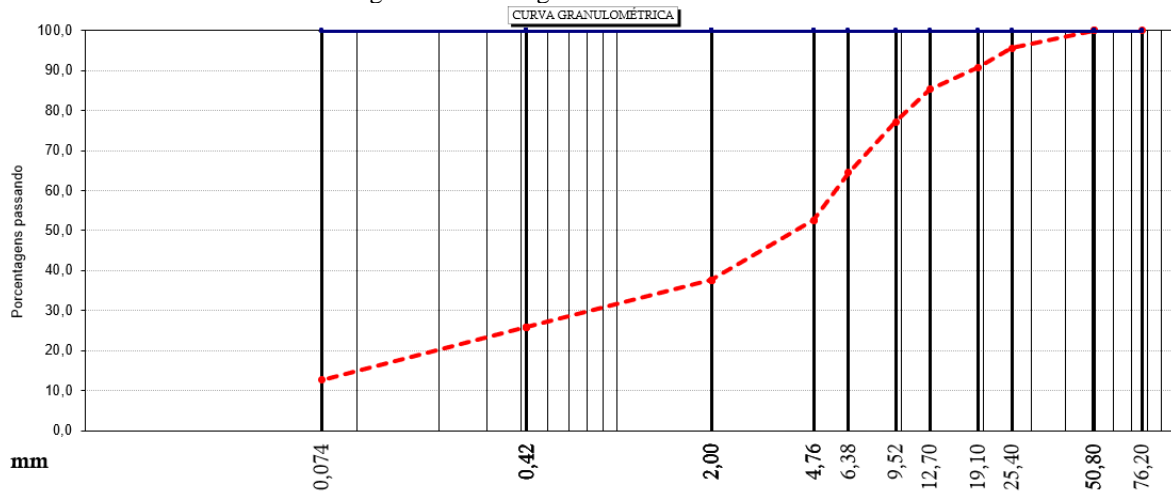


Figura 23: Curva granulométrica do furo 8

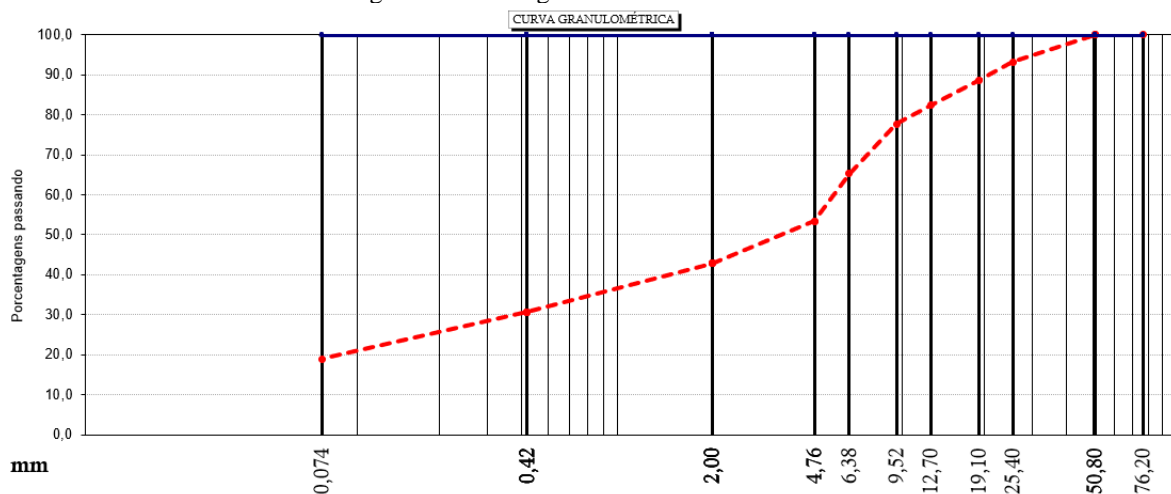


Figura 24: Curva granulométrica do furo 9

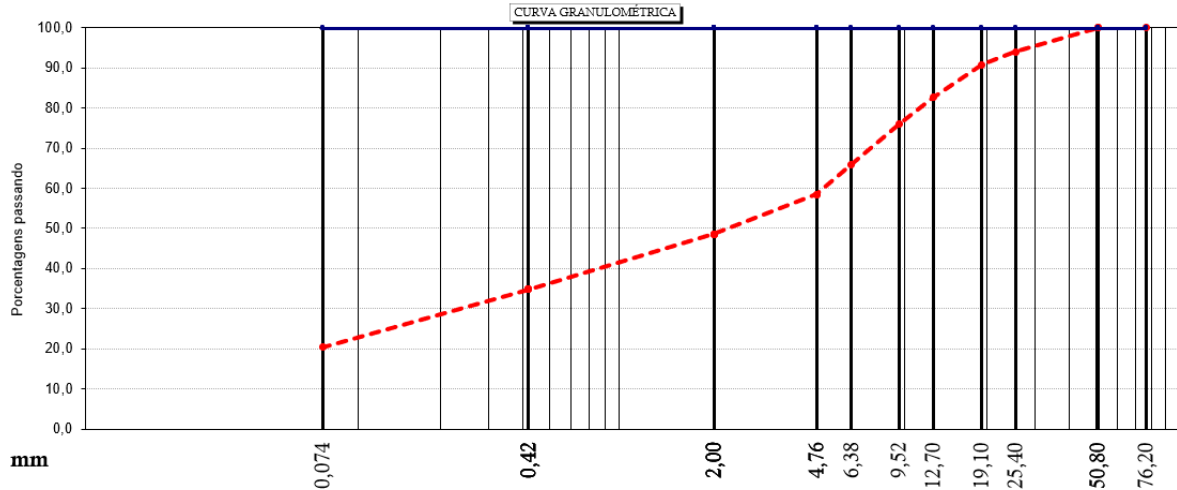
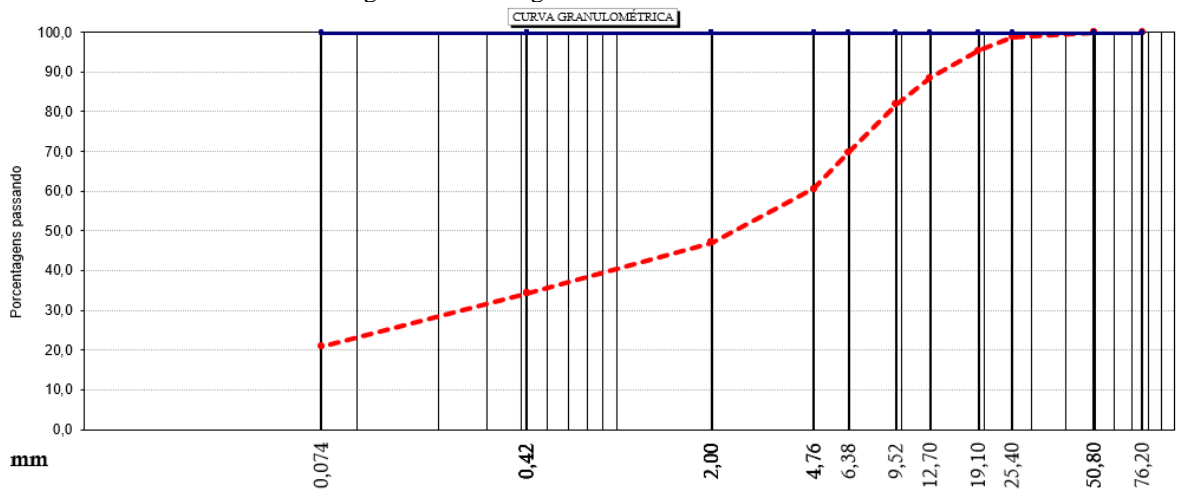


Figura 25: Curva granulométrica do furo 10



Os resultados obtidos também foram organizados em uma tabela resumo (Tabela 2) para melhor visualização dos dados.

Tabela 2: Resumo dos resultados dos ensaios

Reg. Amostra		Furo 1	Furo 2	Furo 3	Furo 4	Furo 5	Furo 6	Furo 7	Furo 8	Furo 9	Furo 10	
Granulometria	Peneiras (%)	2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
		1"	98,8	96,2	100	98,9	100	100	95,6	93,2	98,7	94,1
		3/8"	90,5	85,4	93,3	85,3	87,8	92,4	77,2	77,6	81,9	76,0
		4	66,8	82,0	79,4	71,1	62,4	64,1	52,5	53,3	60,7	58,5
		10	53,7	79,1	67,0	55,3	45,7	48	37,6	42,8	47	48,6
		40	44,9	72,6	55,0	44,0	31,6	35	25,9	30,6	34,3	34,8
		200	16,2	30,1	28,2	21,5	18,7	22,2	12,6	18,9	20,9	20,4
Classificação HRB		A-1b	A-2-4	A-2-4	A-1b	A-1b	A-1b	A-1a	A-1b	A-1b	A-1b	
ENSAIO DE I.S.C./COMPACTAÇÃO	Umid. (%)	5,2	5,7	4,7	5,2	9,8	7,2	8,8	8,8	8,1	10	
	Dens. (g/cm ³)	2,09	2,009	2,019	2,191	2,153	2,082	2,219	2,156	2,233	2,119	
	Exp. (%)	0,02	0	0,19	0	0,03	0,07	0	0,09	0,06	0,01	
	I.S.C. (%)	42,6	19,8	13	59,5	89,2	35,3	91,5	56,4	85,2	43,5	

Após análise dos gráficos é possível aferir que o solo dos trechos referentes aos furos de sondagem 2 e 3 apresentam CBR inferior a 20%, portanto não são adequados para utilização em camadas de sub-base, diferente dos demais trechos. Apenas os trechos 5, 7 e 9 apresentaram CBR adequado para utilização em camadas de base. Os valores de expansão do solo se mostraram adequados em todos os ensaios.

4 CONCLUSÕES

A presente pesquisa teve como foco a análise do solo da Estrada do Tingidor – MA, com a realização de ensaios laboratoriais, a fim de determinar a viabilidade da utilização do material do leito estradal em camadas de base e sub-base do pavimento, e a possível necessidade da utilização de aditivos para estabilização do solo, visando a pavimentação da Estrada do Tingidor, dado a sua importância para a economia e turismo do local.

Concluiu-se que o solo da estrada em questão necessita de passar por um processo de estabilização para habilitá-lo a compor as camadas de sub-base e base do pavimento, na maior parte de sua extensão. Sugere-se a continuação do estudo, com realização de ensaios utilizando aditivos, a fim de definir a quantidade ideal a ser utilizada em cada trecho.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS – GOVERNO DO MARANHÃO. Mais Asfalto contribui para estímulo ao turismo e desenvolvimento de todo o estado. 2017. Disponível em: <<http://www.ma.gov.br/agenciadenoticias/sem-categoria/mais-asfalto-contribui-para-estimulo-ao-turismo-e-desenvolvimento-de-todo-o-estado>>. Acesso em: 23 ago. 2019

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: Solo – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, p.12. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7182: Solo - Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, p.9. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9895: Solo – Índice de suporte Califórnia (ISC) – Método de ensaio. Rio de Janeiro, p.14. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR MN 26: Agregados – Amostragem. Rio de Janeiro, p.10. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR MN 27: Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro, p.7. 2001.

BRITO, L. C.; PARANHOS, H. S. Estabilização de Solos. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 06. Ano 02, Vol. 01. pp 425-438, setembro de 2017. ISSN:2448-0959

CNT – Confederação Nacional dos transportes. Pesquisa CNT de rodovias 2018: relatório gerencial. Brasília. CNT: SEST SENAT, 2018. Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/>>. Acesso em: 24 fev. 2019.

CNT – Confederação Nacional dos transportes. Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?. Brasília. CNT, 2017b. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Estudo/transporte-rodoviario-pavimento2017b>>. Acesso em: 24 fev. 2019.

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Manual de Pavimentação. 3.ed. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <www.dnit.gov.br/>. Acesso em: 23 ago. 2019