

ESTUDO DE CASO DO PROJETO DE RESTAURAÇÃO DA RODOVIA MS 157: PERÍMETRO URBANO DE ITAPORÃ-MS

Laisa Aparecida Ferreira Mello¹; Filipe Bittencourt Figueiredo

laisamello@hotmail.com¹;

RESUMO –

A pavimentação tem extrema importância para a locomoção da população, em um país como o Brasil que transporta 68% de sua carga e 97% da sua população por estradas, faz se urgente a melhoria do sistema, não só para quem realiza atividades de transporte, mas também para todos os setores da economia e sociedade em geral. Neste contexto, a presente pesquisa teve como objetivo apresentar um estudo de caso do projeto de reconstrução asfáltica do trecho MS 157 desde a terraplenagem à pavimentação, mostrando sua importância para o desempenho esperado do pavimento. Os resultados obtidos mostraram que o tipo de solo em que o antigo pavimento foi construído, encontrava-se em estado crítico, com material de baixa resistência e instável, devido à grande presença de água no subleito. Por fim, o pavimento flexível foi o modelo de pavimento adotado por apresentar menor custo comparado com o pavimento rígido, sendo também essencial as tubulações de drenagem e dreno profundo.

Palavras-chave: Pavimentação. Reconstrução Asfáltica. Estrutura do Pavimento.

ABSTRACT –

Paving is extremely important for locomotion of the population, in a country like Brazil that carries 68% of its cargo and 97% of its population by roads, it is urgent to improve the system, not only for those who carry out transportation activities, but also for all sectors of the economy and society in general. In this context, the present research had as objective to present a case study of the asphalt reconstruction project of the stretch MS 157 from the embankment to the pavement, showing its importance for the expected performance of the pavement. The results showed that the soil type in which the old pavement was built was in a critical state, with low resistance and unstable material due to the great presence of water in the subgrade. Finally, the flexible pavement was the model of pavement adopted for presenting lower cost compared to the rigid pavement, being also essential the drainage pipes and deep drain.

Keywords: Paving. Asphalt Reconstruction. Structures of Pavement.

1 INTRODUÇÃO

A pavimentação tem extrema importância para a locomoção da população, em um país globalizado é praticamente impossível não necessitar de vias pavimentadas para se locomover. Obviamente, existem lugares sem pavimentação adequada, ou nem se quer qualquer pavimentação, mas é importante entender que um projeto de pavimento estruturado e executado corretamente traz benefícios para a economia do país e para toda a população. Antes da execução de uma obra é essencial obter um planejamento, sendo assim o projeto poderá ser realizado de forma apropriada para o local (BALBO, 2007).

Em um país como o Brasil, que transporta 68% de sua carga e 97% da sua população por estradas, faz se urgente a melhoria do sistema, não só para quem realiza atividades de transporte, mas também para todos os setores da economia e sociedade em geral. Quem perde com a desatenção da qualidade das rodovias é a economia brasileira, pois o país depende dela para alcançar níveis satisfatórios de desenvolvimento (CNT, 2018).

De modo geral, certifica-se que, as patologias na superfície da pista de rolamento, está associada ao tempo de vida do pavimento e também as características de tráfego e as condições climáticas, promovendo desconforto e insegurança, aumentando os custos para os usuários. Os principais tipos de patologias que ocorrem nos pavimentos são as trincas por fadiga e o acúmulo de deformação permanente nas trilhas de rodas. Uma das causas da ocorrência acentuada de deformação permanente é a baixa resistência ao cisalhamento das misturas asfálticas, que depende da susceptibilidade térmica do ligante asfáltico e o recalque causado pela instabilidade do solo (FILHO, 2004).

Devido ao risco inerente do surgimento das patologias supracitadas, buscou-se nesse artigo fazer um estudo do tipo de recuperação executada no trecho escolhido, dando maior atenção para a drenagem de águas superficiais e subterrâneas e camadas de agregados minerais, com a finalidade de solucionar o problema.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

A presente pesquisa tem como objetivo apresentar um estudo de caso do projeto de reconstrução asfáltica do trecho MS 157, levando a prevenção de deformações e fissuras, de modo que seja possível prolongar a vida útil desse pavimento por um período maior, desde a terraplenagem à pavimentação, mostrando sua importância para o desempenho esperado do pavimento.

3.2 Objetivos específicos

São objetivos específicos desse trabalho:

- Conhecer as condições pré-existentes da MS 157;
- Analisar o levantamento de caracterização do solo realizado;
- Apresentar o projeto de pavimentação realizado;

2 JUSTIFICATIVA

Existem 1,7 milhões de quilômetros de estradas que passam pelo Brasil, onde 58% dessas estradas, são do volume nacional de cargas. Ainda assim, 80% não são pavimentadas. Ao todo, o país tem 13% de rodovias pavimentadas, os outros 7% são vias planejadas, projetos que ainda não chegaram a serem executadas (CNT, 2019).

A falta de pavimentação é um dos problemas da infraestrutura logística do Brasil, em 2013, participaram de uma pesquisa do Instituto Ilos, profissionais de empresas que mais faturaram no setor, 99% disseram acreditar que a infraestrutura logística causa perda de competitividade para o país. Ao todo 97% apontaram que estradas malconservadas são o principal problema, e que o acréscimo médio do custo operacional devido às condições do pavimento das rodovias brasileiras é de 25% (CNT, 2018).

Com uma forte presença da pecuária e agricultura na área de influência em que se encontra o trecho da rodovia em estudo, existe um intenso fluxo de veículos de cargas pesadas nesta ligação.

Trazer para o centro de discussões o conceito de melhorias que podem ser aplicadas nas estradas e mostrar como ela pode vir a impactar diretamente a economia do país, e a maneira como indivíduos e empresas atualmente dependem das rodovias do Brasil, justificam a necessidade de estudos como este para busca de melhores práticas para o desenvolvimento do setor.

Sendo assim, o trecho que será estudado fica sujeito a cargas pesadas (veículos com mais de 3,5 toneladas) (CONTRAN, 2010), o que requer uma análise do perfil do solo e a escolha de uma estrutura reforçada para que se evite danos futuros após a reconstrução, tendo em vista que, é um empreendimento de alto custo.

4 METODOLOGIA

4.1 Tipo de Pesquisa

Esta é uma pesquisa exploratória e tem como ferramenta o estudo de caso. Esta ferramenta, de acordo com (Yin, 2001), consiste em aprofundar os conhecimentos a

respeito da problemática estudada e é usado, geralmente, quando o fenômeno não pode ser reproduzido em um laboratório e é necessário estudá-lo onde ele ocorre normalmente.

Previamente ao estudo de caso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica a respeito do objeto estudado, abordando a parte teórica e normas utilizadas na realização dos ensaios e definições das etapas executadas na reconstrução asfáltica.

4.2 Localização

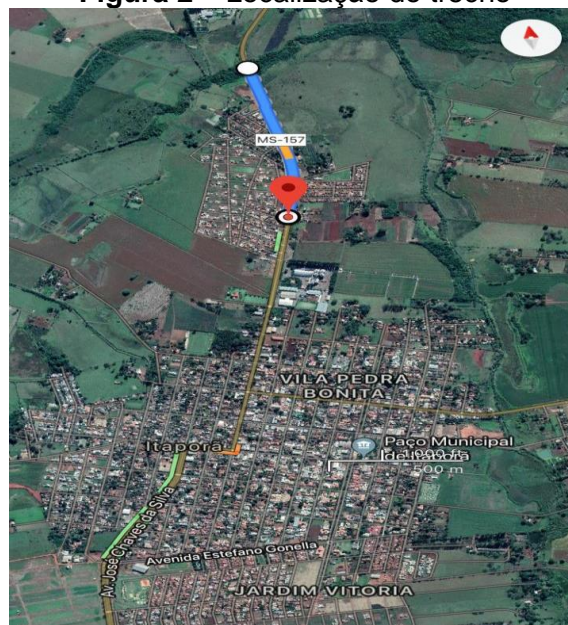
O estudo de caso analisou o projeto realizado na reconstrução de um trecho da rodovia MS 157, localizada no mapa de situação, como mostra a Figura 1. A via pavimentada, é situada logo na saída da cidade de Itaporã MS, a Figura 2 apresenta a localização do trecho, possuindo 830 metros de extensão e 6,50 metros de largura para cada lado da pista.

Figura 1 – Mapa de Situação



Fonte: IBGE 2018

Figura 2 – Localização do trecho



Fonte: Google Earth Foto Aérea

4.3 Etapas da Coleta de Dados

Em parceria com uma construtora e incorporadora sediada em Campo Grande – MS, a qual realizou a reconstrução asfáltica da rodovia MS 157 em Itaporã, foi possível realizar o estudo de caso durante a execução da obra.

A empresa disponibilizou o seu registro fotográfico do trecho antes do início das obras e desta forma foi possível fazer o levantamento das condições pré-existentes da rodovia e justificada a necessidade de reconstrução. A partir de então, os estudos preliminares para o início da obra foram realizados pela empresa, dentre eles o levantamento dos estudos geotécnicos e escolha do tipo de drenagem adotada. Estes estudos, em sua maioria, foram acompanhados pelo pesquisador.

Todos os dados das etapas posteriores, foram disponibilizadas pela empresa para a realização do estudo de caso: materiais utilizados, resistências, resultados dos ensaios, altura das camadas e tempo de realização de cada serviço.

4.4 Estudos Geotécnicos

Foram realizadas coletas dos materiais do subleito, através de escavações, utilizando-se de pá e picareta. Os materiais foram acondicionados em sacos plásticos e identificados com etiquetas, onde constam a localização do furo, camada coletada e análise visual do solo e transportados para o laboratório, onde foram realizados os ensaios de caracterização e posterior classificação.

A sondagem do subleito é realizada ao longo do eixo selecionado, com intervalos de no máximo 300 m, de forma a ter no mínimo uma sondagem a cada corte, com profundidade de 1,0m a baixo do greide do projeto (DNIT IPR 726). Com essas amostras coletadas em cada furo foi realizada o ensaio de caracterização, definindo o limite físico e granulométrico, compactação e ISC (índice de suporte Califórnia).

4.4.1 Granulometria

Os agregados minerais quando retirados durante a cominuição podem ser liberados de diferentes formas, nesse caso, realiza-se a análise granulométrica, que pode ser constituída em duas fases: por peneiramento e sedimentação, em caso de caracterização do solo é realizado o mesmo processo. Cada material que passa em uma determinada peneira com diferentes diâmetros é considerado como a “porcentagem que passa” e graficamente representado em função da abertura da peneira (PINTO, 2006).

As diretrizes e especificações da análise de granulometria por peneiramento é encontrado na norma NBR 7181 (1984).

4.4.2 Limites de Atterberg

Limite de Liquidez (LL) corresponde ao teor de umidade do solo, definida como a umidade limite do solo até que estabeleça comportamento plástico, ou seja, marca o limite do estado líquido até que atinja o estado plástico. As diretrizes, método e especificações do ensaio para determinação do limite de liquidez estão definidas na norma DNER-ME 122/94.

Limite de Plasticidade (LP) também corresponde a umidade do solo, porém nesse caso é a umidade limite entre o estado plástico e o estado quebradiço do solo. As diretrizes, métodos e especificações do ensaio estão definidas na norma DNER-ME 082/94 (1994).

Índice de Plasticidade (IP) associa o limite de liquidez com o limite de plasticidade ($IP=LL-LP$). Determina basicamente a faixa de valor em que o solo se apresenta no estado plástico, sendo assim, o valor de máxima quantidade de água que poderá ser adicionada ao solo para que o mesmo permaneça com sua consistência plástica. (PINTO, 2006).

4.4.3 Classificação TRB

De acordo com DNIT (2006), os solos são classificados por grupos e subgrupos, em função da granulometria, limites de consistência e do índice de grupo. Segundo o Sistema Rodoviário, determina-se o grupo do solo, por processo de eliminação da esquerda para a direita, a Figura 3 apresenta o quadro utilizado para a classificação, será a classificação correta o primeiro grupo a partir da esquerda, com o qual os valores do solo ensaiado coincidir. Neste sistema, consideram-se a granulometria, o limite de liquidez, o índice de liquidez e o índice de grupo. Este sistema de classificação liga-se intimamente ao método de dimensionamento de pavimentos pelo índice de grupo.

Figura 3- Classificação dos solos TRB

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 A - 7 - 5 A - 7 - 6
CLASSIFICAÇÃO EM GRUPOS	A - 1 - A	A - 1 - B		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				
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							Sofrível a mau			

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

Fonte: DNIT (2006)

4.4.4 Ensaio de Compactação

A norma (NBR 7182, 1986) estabelece um método para determinar a relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente seca de solos quando compactados. Com essa norma consegue-se definir a curva de compactação, a massa específica aparente máxima do solo seco e a umidade ótima do solo.

4.4.5 Índice de Suporte Califórnia (ISC)

O ensaio conhecido como índice de suporte Califórnia tem como objetivo definir qual a expansão e resistência do solo (NBR 9895, 2016), na qual esses resultados influenciaram na análise e definição da espessura das camadas e qualquer tratamento que se faça necessário para evitar desgaste precoce do pavimento. (DNER-ME 122/94).

4.5 Estudo de Tráfego

O objetivo dos estudos de tráfego foi obter, através de métodos sistemáticos de coleta, dados relativos as contagens volumétricas classificatórias, sendo essenciais para elaboração do projeto de rodovias, seja para implantação, restauração ou adequação de capacidade, bem como a melhoria da sinalização nas zonas críticas (DNIT, 2006).

Nessas contagens são registrados os volumes para os vários tipos ou classes de veículos. São empregados para o dimensionamento estrutural e projeto geométrico de rodovias e interseções, cálculo de capacidade e cálculo de benefícios aos usuários.

4.5.1 Dimensionamento do Pavimento

Atualmente no Brasil, o método mais utilizado é conhecido como Método do CBR ou Método do DNER 667/22 (1981), utilizando ábacos que relacionam valores de tráfego com dados dos materiais do subleito para cada tipo de pavimento.

No método DNER citado são encontradas as diretrizes para o procedimento de realização do dimensionamento do pavimento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise do pavimento existente

Após a análise visual mostradas na Figura 4, foi verificado trincas, fissuras e buracos, que podem ter sido causadas devido à instabilidade do solo, deficiência na compactação, umidade excessiva em camadas do solo, entre outros, a instabilidade foi comprovada através das análises dos ensaios de caracterização de solo, apurou-se também a

necessidade da realização de remoção mecanizada de revestimento betuminoso, e em seguida a escavação de caixa para o início da construção da nova estrutura do pavimento.

Figura 4- Condições do local a ser pavimentado



Fonte: Aatoria Própria (2018)

5.2 Granulometria por peneiramento

Os Quadros 1, 2 e 3 a seguir mostram os resultados obtidos de três pontos diferentes, classificando as amostras por percentagem passante de acordo com as peneiras ABNT.

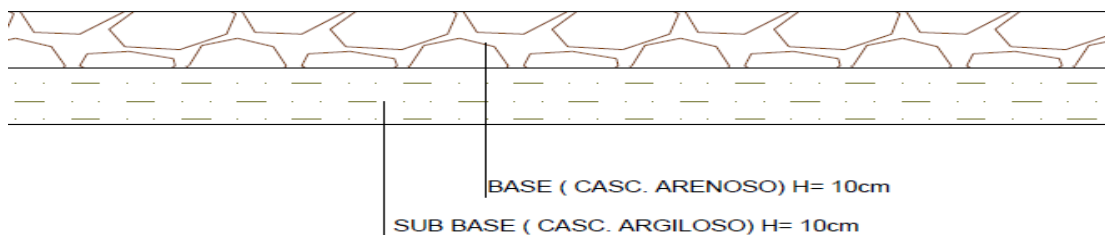
Quadro 1- Resultado Ensaio de Granulometria por peneiramento Amostra P-01

SONDAGEM				
FURO	PROFUNDIDADE		CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA	
1	0,00	a	0,00	SEM A CAPA DE ASFALTO
1	0,00	a	0,10	BASE (CASCALHO ARENOSO)
1	0,10	a	0,20	SUB-BASE (CASC. ARGILOSO)
1	0,20	a	1,50	ARGILA VERMELHA

CAMADA ANALISADA			SUB-LEITO
PROFUNDIDADE/FURO (m)			0,20 - 1,50
GRANULOMETRIA	% PASSANTE NAS PENEIRAS	2"	0
		1"	0
		3/8"	100,0
		N° 4	99,6
		N° 10	96,0
		N° 40	92,6
		N° 200	69,3

Fonte: autoria própria (2018)

Figura 5- Análise do perfil do solo



Fonte: Aatoria Própria (2018)

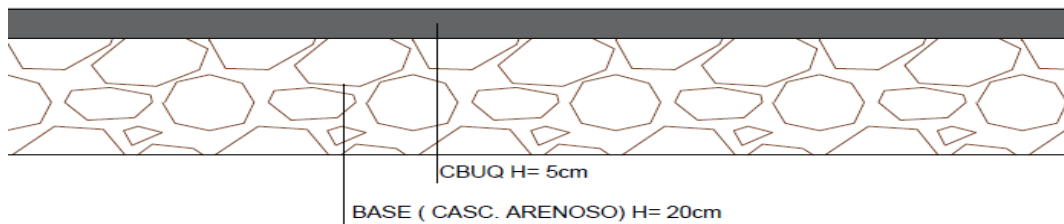
Quadro 2- Resultado Ensaio de Granulometria por peneiramento Amostra P-02

SONDAGEM				
FURO	PROFUNDIDADE		CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA	
2	0,00	a	0,05	CBUQ
2	0,05	a	0,25	BASE (CASCALHO ARENOSO)
2	0,25	a	1,50	ARENITO ARGILOSO

CAMADA ANALISADA				SUB-LEITO
PROFUNDIDADE/FURO (m)				0,25 - 1,50
GRANULOMETRIA	% PASSANTE NAS PENIERAS		2"	0
			1"	0
			3/8"	100,0
			N° 4	99,8
			N° 10	99,5
			N° 40	98,2
			N° 200	73,3

Fonte: autoria própria (2018)

Figura 6- Análise do perfil do solo



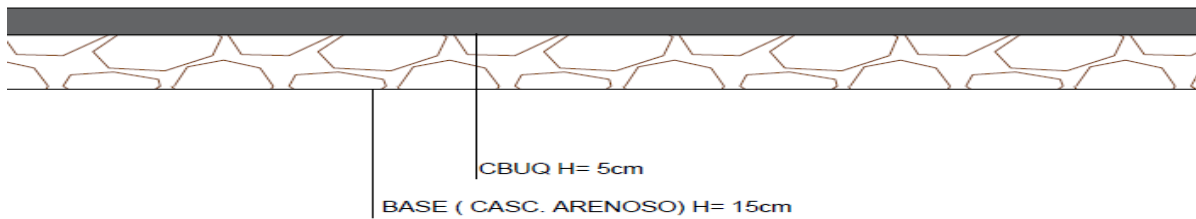
Fonte: autoria própria (2018)

Quadro 3- Resultado Ensaio de Granulometria por peneiramento Amostra P-03

SONDAGEM				
FURO	PROFUNDIDADE		CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA	
3	0,00	a	0,05	CBUQ
3	0,05	a	0,20	BASE (CASCALHO ARENOSO)
3	0,20	a	1,50	ARENITO ARGILOSO

CAMADA ANALISADA				SUB-LEITO
PROFUNDIDADE/FURO (m)				0,25 - 1,50
GRANULOMETRIA	% PASSANTE NAS PENIERAS		2"	0
			1"	0
			3/8"	100,0
			N° 4	99,8
			N° 10	99,6
			N° 40	98,3
			N° 200	72,5

Fonte: autoria própria (2018)

Figura 7- Análise do perfil do solo

Fonte: autoria própria (2018)

Analisando estes resultados, observa-se coerência com os resultados da classificação expedita, onde demonstra que o solo P-01 considerado como argila vermelha é o menos passante na peneira 200, e sendo o solo P-02 e P-03 os mais argilosos classificados como arenito argiloso, com porcentagem passante um pouco maior na peneira 200. Nas Figuras 5, 6 e 7 são apresentados o perfil da estrutura asfáltica em que se encontrava o pavimento, de acordo com cada amostra.

5.3 Limites de Atterberg

O Quadro 4, apresenta os valores dos limites de consistência ou de Atterberg (limite de liquidez e índice de plasticidade) de cada uma das três amostras.

Quadro 4 - Resultado ensaio de limites de consistência das amostras

LIMITES DE ATTERBERG			
	P-01	P-02	P-03
LL	38,8	40,2	39,5
IP	11,8	12,4	12,1
IG	7,6	8,7	8,3

Fonte: autoria própria (2018)

Os resultados dos ensaios de limites das amostras mostram que o solo P-01, o de menor porcentagem passante na peneira nº200, têm o LL e IP menores, portanto, para os solos P-02 e P-03, os limites são maiores, sendo o P-02 o de maior índice de plasticidade, isso se deve ao fato do solo ser mais fino e argiloso, portanto, normalmente mais plástico.

5.4 Classificação HBR

Neste item são apresentadas a classificação das amostras, através dos resultados dos ensaios de granulometria e dos limites de consistência. Pela classificação HRB a amostra P-01 e P-03 são classificados no grupo A-6, o solo classificado nesse grupo tem característica argilosa e plástica, geralmente tendo 70% ou mais do material passando na

peneira n °200, podem sofrer elevada mudança de volume entre os estados secos e úmidos. Já o solo da amostra P-02 foi classificado no grupo A-7 subgrupo A-7-6, este grupo é semelhante ao grupo A-6, com a diferença de possuir alto limite de liquidez e ainda ser elástico, incluindo materiais com elevados índices de plasticidade em relação ao limite de liquidez, e sujeitos a grandes mudanças de volume DNIT (2006).

5.5 Ensaio de Compactação

O Quadro 5, apresenta os resultados do ensaio de compactação para as três amostras, na energia normal de compactação.

Quadro 5- Ensaio de compactação das amostras

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO			
	P-01	P-02	P-03
W ót. (%)	20,2	21,5	21,1
Massa Espec. Máx(Kn/cm ³)	17,05	16,76	16,86

Fonte: autoria própria (2018)

Os resultados deste ensaio seguiram um comportamento padrão esperado, conforme a massa específica aparente seca máxima aumenta a umidade ótima diminui. Comparando as amostras umas com as outras, percebe-se que a amostra P-02 apresenta umidade ótima maior que as outras devido a maior porção de finos, as amostras P-01 e P-03 tem valores próximos a amostra P-02, porém apresentam a umidade ótima menor, demonstrando, mais uma vez, coerência com os resultados anteriores.

5.6 Índice de Suporte Califórnia (ISC)

E por fim, o Quadro 6 a seguir apresenta os resultados do ensaio ISC, para as três amostras.

Quadro 6 - ISC das amostras

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFORNIA (ISC)			
	P-01	P-02	P-03
Expansão(%)	0,70	0,81	0,79
ISC (%)	11,9	10,4	10,6

Fonte: autoria própria (2018)

O ensaio ISC foi realizado na energia normal, obtendo os resultados de resistência e expansão das amostras do solo, como mostrado na tabela, o solo P-01 apresenta maior capacidade de suporte e resistência do que as outras amostras, sendo ele o menos argiloso e com menor índice de plasticidade.

O resultado dos ensaios realizados permitiu definir as características geotécnicas e as respectivas aplicabilidades em serviços de terraplenagem, pavimentação e drenagem.

5.7 Apresentação dos dados de Contagem de tráfego

O dimensionamento de um pavimento consiste basicamente na determinação das espessuras das camadas da estrutura desse pavimento, visando atender o número N. Para esse dimensionamento é essencial o ensaio do Índice de Suporte Califórnia (ISC ou CBR).

A localização dos postos de pesquisa foi definida em dois pontos estratégicos, onde à indicação de passagem do maior número de veículos pesados, de forma a atender a necessidade do estudo, na Figura 8, é apresentado a contagem de hora em hora de apenas um dia de estudo e os tipos de veículos, a contagem foi realizada durante uma semana, para um resultado mais preciso, foi utilizada a média das contagens para a elaboração dos cálculos.

Figura 8- Contagem de tráfego

PERÍODO	VEICULOS LEVES		ONIBUS		CAMINHAO		REBOQUES						SEMI-REBOQUES					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Autos / Camionetas	Urbano	Rodoviário	2C	3C	2C2	2C3	3C2	3C3	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	BITREM	RODOTREM	3S3S3
00:00																		
01:00																		
02:00																		
03:00																		
04:00																		
05:00																		
06:00	160	2		5	7							1			10	2	1	
07:00	201			4	8					1		1	2		4	10		1
08:00	245	3	3	6	3	1	1			2	1	2			12	7		
09:00	220	2	1	8	5	2		1		2	2	2			6	8		1
10:00	215	2		10	6	1	1	2	2						8	4		2
11:00	164			9	5			3	2	3	5	3		1	6	3		
12:00	235			7	6				1	4		1		1	5	8		
13:00	190			3	7			2			1	1			7	6		2
14:00	179			16	4						3	2			5	2		
15:00	184	1		1	6		1				4						2	1
16:00	231		2	5	1	2									4	4	1	
17:00	167			3	3		2	1		2	1	3			2	2	1	
18:00	187			2								2				1		
19:00	149						1					1						
20:00	146			1	1					1								
21:00	130		1															
22:00	115																	
23:00	94																	
00:00	97																	

Fonte: Autoria própria (2018)

Através da contagem de tráfego, encontrando o número “N” e dos ensaios realizados, foi possível calcular o dimensionamento pelo Método DNER 667/22 (1981), obtendo os seguintes valores de espessuras:

Revestimento H = 7,5cm

Base H = 20cm

Sub-base H = 40cm

5.8 Base

Camada localizada logo abaixo do revestimento do pavimento, será responsável pelo suporte estrutural do pavimento distribuindo os esforços para as camadas inferiores, reduzindo sua intensidade (BALBO,2007). Caso a qualidade da base não seja boa será muito provável que aconteça algum dano a esse pavimento.

Destinada a suportar aos esforços verticais recebidos do tráfego e distribuir para as demais camadas do pavimento. Porém, o pavimento pode ser considerado composto de base e revestimento, pois a base pode ou não ter como complemento a sub-base e reforço do subleito. As bases podem ser formadas por solo estabilizado naturalmente, brita graduada, brita graduada tratada com cimento, misturas de solos e agregados (solo-brita), solo estabilizado quimicamente com ligante hidráulico ou asfáltico, concretos (SENÇO, 2007). Na realização do projeto foi dimensionado uma espessura de 20cm, o material selecionado para a utilização na base do pavimento foi a brita graduada simples.

5.9 Sub-Base

Camada complementar à base, quando, de acordo com o projeto e por circunstâncias econômicas e técnicas, não for aconselhável a aplicação de base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito. Sendo o material constituinte da sub-base superior às do material de reforço, que por sua vez, o material da base deverá seguir o mesmo conceito sendo de melhor qualidade que o material da sub-base (SENÇO, 2007). Para a realização do projeto foi utilizado 40cm de macadame seco para constituir a camada de sub-base

5.10 Revestimento

O revestimento é a última camada a ser executada na estrutura. Onde recebe diretamente a ação e carga do tráfego. A espessura é ligada e depende da resistência do subleito, caso o subleito seja de boa qualidade a espessura poderá ser menor. Mesmo assim, independente da espessura o revestimento deve ser de boa qualidade, pois além resistir aos esforços solicitantes, também deve fornecer um bom rolamento da pista e proporcionar maior conforto ao usuário (BERNUCCI et al., 2007). De acordo com o dimensionamento das camadas da estrutura do pavimento, a espessura solicitada será de 7,5 cm, sendo 4,5 cm de faixa B e 3 cm de faixa C.

Em casos de tráfego muito intenso, os métodos de dimensionamento de pavimentos podem levar a espessuras elevadas das capas de rolamento. Então, nesses casos, pode-se dividir essa capa em duas camadas, a superior, exercendo essencialmente a função de resistir ao desgaste, construída com agregado de granulometria fina, para maior conforto na capa de rolamento, sendo então chamadas de faixa C, D e E, sendo a faixa C a menos fina e mais resistente entre eles, e a inferior, construída com agregado de granulometria mais graúda chamadas de faixa A e B, exercendo uma função intermediária, ou seja, é um complemento do revestimento, mas sua função no conjunto do pavimento assemelha-se mais às funções de uma base, destinado a conduzir as águas que penetram no revestimento para fora do pavimento até a borda de acostamento ou até o topo dos drenos profundo. Essa camada recebe o nome de "binder" ou camada de ligação e geralmente é considerada parte do revestimento, embora possa ser considerada também uma segunda ou primeira base (SENÇO, 2007).

5.11 Pintura de ligação

Segundo definição do DNIT na norma 145/2012 - ES, pintura de ligação é aplicação de RR-1C sobre a superfície de base ou sobre uma camada asfáltica anteriormente à execução de uma próxima camada de revestimento, com o objetivo de promover aderência entre as camadas de massa asfáltica.

Na norma citada são encontradas as diretrizes para o procedimento de realização da pintura de ligação, incluindo também os equipamentos necessários

5.12 Imprimação

Segundo definição do DNIT na norma 144/2014 – ES, imprimação é aplicação de asfalto diluído do tipo CM-30 ou emulsão asfáltica do tipo EAI sobre a superfície da base concluída, anteriormente a execução do revestimento, com objetivo de proporcionar coesão, impermeabilização e condições de aderência entre a camada de revestimento a ser executado.

Na norma citada são encontradas as diretrizes para o procedimento de realização da pintura de ligação, incluindo também os equipamentos necessários.

5.13 Drenos Longitudinais Profundos para Cortes em Solo

De acordo com o álbum de projetos com tipos de dispositivos de drenagem (DNIT, IPR- 725, 2006) foi selecionado o tipo de dreno profundo DPS-08, para compor o sistema

de dreno nos bordos da pista. Na publicação citada encontra-se as medidas e materiais necessários para a execução desse tipo de dreno.

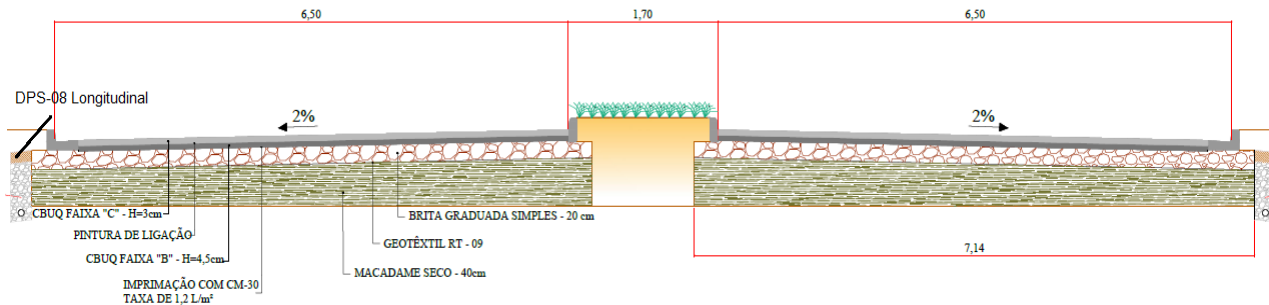
5.14 Manta geotêxtil

Segundo a norma do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT 161/2012) os materiais geossintéticos foram designados para uso em obras geotécnicas, são usados para algumas funções, como, filtração, proteção, impermeabilização, separação e controle de erosão. O material pode ser dividido por categorias, entre essas divisões, temos as mantas geotêxtil, elas são usadas na maioria das obras de infraestrutura, funcionando como um filtro, passando apenas o líquido e bloqueando as demais partículas, com isso, os tubos e o material drenante se mantém limpo, livre de terra e areias (DNIT, 2012). As diretriz e especificações de tipos de materiais geossintéticos são encontradas na norma citada.

5.15 Apresentação em corte da estrutura do pavimento

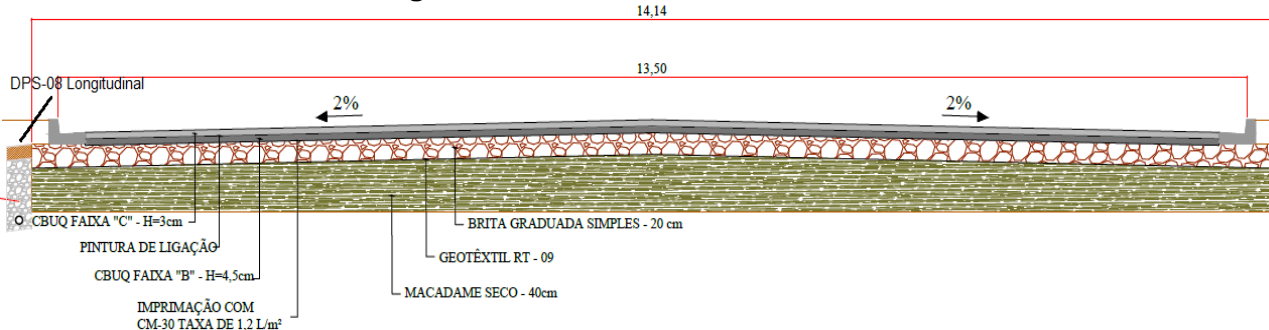
Nas Figuras 9 e 10 apresentadas abaixo, mostram esquematicamente o corte da estrutura do pavimento.

Figura 9- Estaca 0 À 34+10,00



Fonte: Projeto Executivo

Figura 10- Estaca 34+10,00 À 42+0,00



Fonte: Projeto Executivo

5.16 Soluções adotadas

O trecho encontrava-se totalmente destruído, a solução foi uma reconstrução total, incluindo aproximadamente 1000m de rede de drenagem e descarga no córrego Sardinha. Drenos profundos são fundamentais, iniciando 150m acima do ponto A, ponto este onde se inicia a drenagem. A ideia preliminar é que a tubulação desça sentido ao córrego Sardinha, pelo passeio da pista que sai de Itaporã sentido Maracajú, com macadame seco, atuando como colchão drenante. Os drenos com tubos PEAD no bordo do colchão serão descarregados nos PV's. A drenagem tem papel importante pois seu objetivo é captar e retirar o mais rápido possível as águas que penetram no pavimento. Um pavimento mal drenado pode causar danos, porém não apresentam problemas imediatamente, a drenagem possui influência no desempenho dos materiais usados na estrutura do pavimento, sem ela a vida útil é reduzida, onde começa a apresentar sinais de deformação na pista como manchas trincas e desnivelamento. Na Figura 11 a seguir, são apresentados os pontos mais importantes do trecho em estudo.

Figura 11- Mapa com os Pontos A-B-C determinados



Fonte: Google earth (2017)

Descrição dos pontos:

Ponto A:

- Início do pavimento novo;
- Início dreno profundo em solo DPS-08 lado esquerdo (estaca 0+00 até 38+10);
- Início dreno profundo em solo DPS-08 lado direito (estaca 0+00 até 23+00);
- Início de tubulação de drenagem lado direito;
- Início do acréscimo de 19 Bocas de Lobo ao longo do segmento. Sendo 10 BL do lado direito e 9 do lado esquerdo;
- Início do acréscimo de 10 Poços de Visita ao longo do segmento, apenas do lado direito.

Ponto B:

- Final do trecho de pista dupla que sai de Itaporã sentido Maracajú;
- Até o final do trecho em questão, no córrego Sardinha, a margem da direita no sentido Itaporã – Maracajú, a pista está em aterro, onde será a descarga do dreno profundo;

Ponto C:

- A drenagem descarregará no córrego, sendo totalmente tubulada, com auxílio de dissipador de energia, reduzindo o fluxo de água e evitando a formação de erosão no local.
- Final da drenagem e pavimento.

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos confirmaram o tipo de solo onde o antigo pavimento foi construído, o trecho realmente encontrava-se em estado crítico, com material de baixa resistência e instável, ou seja, solos argilosos, com alto índice de plasticidade, constituídos por grãos de granulometria fina, normalmente é o tipo de solo que retém mais líquido, mantendo-se sempre encharcado. Com o ensaio de ISC, ficou concluído que a amostra P-01 apresentou maior capacidade de suporte e resistência, mesmo assim, o resultado mostra que nenhuma das amostras têm instabilidade para suportar grandes cargas diariamente.

Os ensaios permitiram a definição das características geotécnicas e as aplicabilidades necessárias para a execução do projeto da reconstrução do pavimento. Através de bibliografias existentes verificou-se que a presença de água no interior da estrutura do pavimento é prejudicial ao seu desempenho, causando perda de capacidade de suporte. Com o método escolhido da contagem de tráfego, foi possível conhecer a solicitação de carga e definir as espessuras necessárias na estrutura do pavimento para suportar o intenso fluxo, além disso, foi determinado o tipo de dreno com melhor desempenho para o local, drenos longitudinais profundos para cortes em solos, com o objetivo de interceptar o fluxo da água subterrânea, captar e desviar, através do rebaixamento do lençol freático, impedindo de atingir o subleito do corpo estradal.

Por fim, foi adotado a recuperação de pavimento flexível para o trecho estudado, modelo de pavimento considerado de menor custo se comparado ao pavimento rígido. O pavimento flexível quando bem executado e devidamente dimensionado pode-se ter uma longa vida útil, caso o contrário, o custo para mantê-lo em condições satisfatórias de uso pode ser bastante elevado, as camadas de base e sub-base, se mostram capaz de suportar e transmitir a carga para o subleito, sendo essencial os tubos de drenagem que afastam as

aguas superficiais que escoam sobre a pista, e o dreno profundo que tem a finalidade de desviar as aguas subterrâneas, evitando que atinjam o subleito.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Elton e Ivone, as pessoas mais importantes da minha vida, que sempre me apoiaram em minhas decisões e projetos, me fornecendo toda a estrutura necessária e sempre dispostos a fazer de tudo para que eu possa alcançar minhas conquistas e objetivos.

Aos meus amigos, especialmente a minha amiga Mariana, que sempre está comigo, me aconselhando e me confortando nos momentos ruins.

Agradeço também ao Professor e Orientador Filipe Bittencourt Figueiredo, pela oportunidade, paciência e suporte necessário no desenvolvimento e conclusão desse estudo.

REFERÊNCIAS

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração**. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

BERNUCCI, L.B. MOTTA, L.M.G., CERATTI, J.A.P., SOARES, J.B. **Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros**. Petrobras Distribuidora S.A. Rio de Janeiro: Petrobras Distribuidora. 2007.

CNT. Confederação Nacional dos Transportes. **Pesquisas rodoviárias**, 2018. Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/relatorio-gerencial>>. Acesso em: 16 Abril 2019.

CONTRAN. **Resolução nº 349**. Conselho Nacional De Trânsito. Brasília. 2010.

DIAS, A. C. **Plano Nacional de Logística Integrada**. Empresa de Planejamento e Logística. Brasília. 2016.

DNER 667/22. **Métodos de Projetos de Pavimentos Flexível**. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Rio de Janeiro. 1981.

DNER-ME 082/94. **Solos - Determinação do limite de plasticidade**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. [S.l.]. 1994.

DNER-ME 122/94. **Solos - Determinação do limite de liquidez- método de referência e método expedito**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. [S.l.]. 1994.

DNIT 144 ES. **Pavimentação - Imprimação com ligante asfáltico**. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Rio de Janeiro. 2014.

DNIT 145 ES. **Pavimentação- Pintura de Ligação com Ligante Asfáltico**. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Rio de Janeiro. 2012.

DNIT 161. **Geocomposto para Drenagem e Geotêxteis não-tecido aplicáveis a dispositivos de Drenagem de Rodovia - Especificação de Material**. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Rio de Janeiro. 2012.

DNIT IPR-725. **Álbum de Projetos- TIPO DE DISPOSITIVOS DE DRENAGEM**. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Rio de Janeiro. 2006.

DNIT IPR 726. **Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários**.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Rio de Janeiro. 2006.

FILHO, C. L. D. N. **Avaliação laboratorial de Misturas Asfálticas SMA produzidas com ligante**. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos- SP. 2004.

GOOGLE EARTH. **Mapa**. Google Earth. São Paulo. 2019.

IBGE. **Imagem Maps**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. 2018.

NBR 7181. **Solo - Análise Granulométrica.** ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. 1984.

NBR 7182. **Solo - Ensaio de Compactação.** ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. 1986.

NBR 9895. **Solo - Índice de Suporte California (ISC)- Método de Ensaio.** ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. 2016.

PINTO, C. D. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16Aulas/3ªEdição.** São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SENÇO, W. D. **Manual de Técnicas de Pavimentação: volume 1. 2. ed.** São paulo. 2007

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2. ed. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.