

1.B. ANEXOS À MEMÓRIA

1.B.5 PAVIMENTO

PROJETO DE EXECUÇÃO

REABILITAÇÃO E MELHORIA DA ESTRADA NACIONAL “EN1-SL-01-ESPARGOS-SANTA MARIA”

DOCUMENTO Nº 1 – MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA ANEXO 1.B.5 PAVIMENTO

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	2
2.	ESTUDO DE TRÁFEGO.....	2
2.1.	<i>CÁLCULO DO “N130dim”</i>	<i>3</i>
3.	CATEGORIA DA FUNDAÇÃO.....	4
4.	ESTRUTURA DE PAVIMENTO	4
4.1.	<i>METODOLOGIA DE CÁLCULO</i>	<i>4</i>
4.2.	<i>CAMADAS DO PAVIMENTO DAS FAIXAS DE RODAGEM.....</i>	<i>5</i>
4.1.	<i>SOLUÇÃO PARA TRAMOS ESPECIAIS.....</i>	<i>6</i>
5.	BERMAS PAVIMENTADAS	7
6.	BERMAS NÃO PAVIMENTADAS	7
7.	CICLOVIA	7
8.	CARACTERÍSTICAS DAS CAMADAS DO PAVIMENTO	7
9.	DESENHOS TIPOS DOS PAVIMENTOS.....	9

1. INTRODUÇÃO

Com o presente anexo busca-se justificar a estrutura do pavimento proposto para a estrada e as interseções. Para a análise e definição foi considerado as seguintes normas e recomendações:

- Instrucción 6.1-I.C. “Secciones de Firme” (2003)
- Projeto de Norma Técnica das Estradas de Cabo
- Prescrições Técnicas para os Trabalhos Rodoviários das Estradas de Cabo Verde.
- MACOPAV – Manual de Concepção de Pavimentos Rodoviários para a Rede Rodoviária Nacional, julho 95.
- Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes.
- Manual de Pavimentação (CEPSA)
- Manual de Pavimentação 2006 (DNIT)

2. ESTUDO DE TRÁFEGO

A EN1-SL-01 – Espargos – Santa Maria possui duas contagens de tráfego realizados pelas Estradas de Cabo Verde uma em 2008 e outra em 2012. Da análise realizada aos dados obtidos das contagens de tráfego, a Estradas de Cabo Verde E.P.E disponibilizou os seguintes dados no relatório de contagem de tráfego (2012):

Ano	TMDA	Taxa de veículos pesados	TMDA _P	Velocidade média	Taxa de crescimento
2012	1963	15,5%	304	74 km/h	8,4%

Quadro 1 – Dados contagem de tráfego 2012

A taxa de crescimento de 8,4% é referente à média de crescimento anual de 2008 a 2012. Segundo os dados da INE de crescimento da população, do mercado de trabalho, do turismo e do parque de automóveis (que em 2020 conta com cerca de 5670 veículos) é justo dizer que até 2020 o crescimento manteve-se em média o mesmo.

Em 2020, devido aos impactos da COVID – 19 no qual teve uma diminuição significativa no turismo (motor económico da ilha) e consequente diminuição na população residente e da construção civil, áreas que mais contribuem para o tráfego de veículos pesados, foi considerado uma **taxa de crescimento de 0% de 2020 até 2025**. Sendo assim a TMDA para o ano de abertura da estrada (2025) foi considerado a seguinte TMDA.

Anos	2012	2020	2025
TMDA	1.963	3.742	3.742
TMDA_P	304	580	580

Quadro 2 – TMDA e TMDA_P para o ano de abertura

A TMDA e a TMDA_P apresentados são referentes à contagem geral nos dois sentidos da estrada, sendo assim, para fim de dimensionamento será utilizado a metade do valor apresentado na tabela anterior. Segundo o MACOPAV nas faixas com duas vias é considerada que 90% da TMDA_P passa na via mais a direita (a mais solicitada), sendo assim a TMDA_P para o ano de início (2025) é de:

$$TMDA_P = 0,9 \times \left(\frac{580}{2}\right) = 261 \text{ veículos pesados}$$

Uma TMDA_P de 261 veículos enquadra na classe T₅ do Manual de Pavimentação português.

2.1. CÁLCULO DO “N₁₃₀^{dim}”

Por ser uma estrutura com camada de base em solo-cimento, será calculada com um eixo padrão de 130 kN.

Para o cálculo do número acumulado de passagens de um eixo padrão de 130 kN (N₁₃₀^{dim}) será utilizado o método descrito no MACOPAV considerando período de dimensionamento (p) de **20 anos**, o fator de agressividade do tráfego (α) de **3** (para eixo padrão de 80 kN) e a taxa média de crescimento anual (t) de **3%** (valores conforme as recomendações do MACOPAV). Com esses dados pode-se calcular o número acumulado de passagens do eixo padrão de 130 kN segundo a fórmula exposta no MACOPAV:

$$N_{80}^{dim} = 365 \times (TMDA_P) \times C \times \alpha \times p$$

$$C = \frac{(1 + t)^p - 1}{p \times t}$$

TMDA _P	T	α	P	C	N ₈₀ ^{dim}
261	3%	0,6	20	1,34	1.535.844

Quadro 3 – Cálculo do Número acumulado de passagens de um eixo padrão de 130 kN

3. CATEGORIA DA FUNDAÇÃO

A EN1-SL-01 possui a sua estrutura e fundação bastante consolidada devido a anos de utilização mediante esforços provocados pelo tráfego sem que houvesse alteração química na sua estrutura no qual resultaria na sua perda de capacidade de carga. A fundação da estrada existente consiste em material de aterro com CBR maior que 20% e menor que 40% enquadrada como **solo de classe S₄** segundo o Manual de Pavimentação Português no qual proporciona uma **fundação da categoria F₃** com um módulo da fundação estimada pelo Manual de Pavimentação Português para efeitos de cálculo de aproximadamente 100 MPa.

Sendo assim, considerando as recomendações do Manual de Pavimentação Português e considerando que as camadas de aterro e estrutura do pavimento se encontram bem consolidado devido a anos de utilização será utilizado para fins de dimensionamento do pavimento um **módulo de 100 MPa para a camada de fundação e um coeficiente de poisson de 0,35**.

No anexo **1.B.3 GEOTECNIA E GEOLOGIA** é apresentado mais informações sobre a geologia da ilha.

4. ESTRUTURA DE PAVIMENTO

4.1. METODOLOGIA DE CÁLCULO

Nesta epígrafe é descrita a metodologia do dimensionamento da estrutura de pavimento preconizada, assim como, é realizada a verificação da sua capacidade de carga, de acordo com a norma portuguesa de referência “**MACOPAV, julho 95 - Manual de Concepção de pavimentos para Rede Rodoviária Nacional**”, o **Manual de Pavimentação, 2006 – do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte do Brasil e a Norma 6.1 IC Secciones de Firme, de 23 de novembro de 2003 da Instrucción de Carreteras da Espanha**.

A análise efetuada consistiu no cálculo do estado de deformação permanente na estrutura constituída pelas camadas do pavimento e pelo solo de fundação, quando solicitada pelo tráfego, no seguimento das recomendações da **SHELL**, no que diz respeito à correlação da deformação excessiva no solo de fundação com as características dos materiais constituintes das diferentes camadas.

A verificação da capacidade de carga do pavimento é função do número acumulado de passagens de eixos padrão de 130 kN.

O Critério de dimensionamento utilizado foi de um dano admissível máximo de 95% no fim da vida útil do projeto.

4.2. CAMADAS DO PAVIMENTO DAS FAIXAS DE RODAGEM

A solução adotada na qual proporciona o melhor custo benefício e que possa resistir ao tráfego esperado nos próximos 20 anos consiste nas seguintes etapas:

- Remoção de toda a camada em betão betuminoso;
- Remoção dos 40 cm do tout-venant natural existente e armazenar no estaleiro de obra para reutilização;
- Realização de todos os trabalhos de terraplenagem ajustando a rasante do projeto;
- Produção de solo-cimento em central com a utilização do tout-venant natural removido no ponto anterior e cimento em uma percentagem tal que a mistura alcance um módulo de deformabilidade igual ou superior a 2.000 MPa. Para essa atividade será necessário crivar o tout-venant natural, tal que obtenha um $D_{máx}$ de 25 mm;
- Regularização e compactação da camada de leito de pavimento a um mínimo de 98% do proctor;
- Colocação de uma camada de 15 cm do tout-venant natural armazenado, regularizado e compactado a 98% do proctor;
- Colocação de 20 cm de solo-cimento produzido em central, regularização e compactação;
- Fornecimento e aplicação de 5 cm de betão betuminoso AC 14 surf (BB) com um módulo mínimo de 4.000 MPa determinado em ensaios de laboratório e em troço experimental.

Em todo caso, foi considerada a ação dos veículos pesados expressa em termos de um número equivalente de passagens do eixo padrão de 130 kN com rodado duplo e 31,5 cm de afastamento e com uma área de impressão de pneus circular com diâmetro de aproximadamente 21 cm.

Assim sendo, a estrutura do pavimento final seria:

- 5 cm de Betão Betuminoso AC 14 surf (BB);
- 20 cm de solo-cimento,
- 15 cm de tout-venant natural (existente)

- Leito de pavimento, CBR mínimo de 20%, IP máximo de 10.

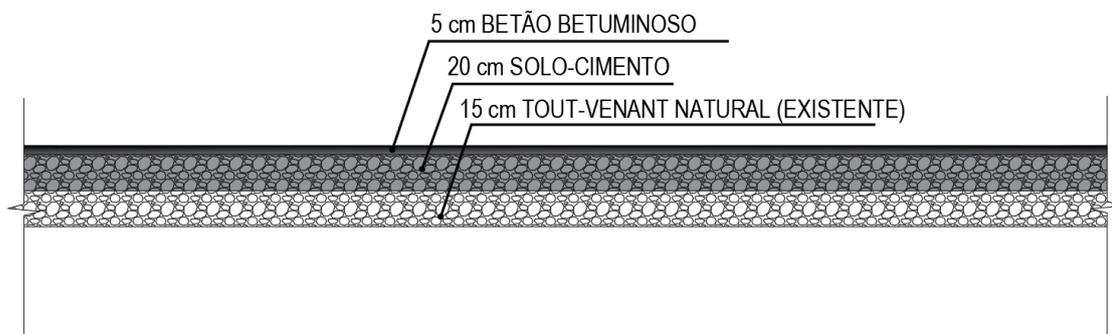


Figura 1 – Estrutura de Pavimento

ESTRUTURA DO PAVIMENTO				
Camadas	Leito de Pavimento	Sub-base em tout-venant natural	Base em solo-cimento	Revestimento em Betão Betuminoso
Espessura	-	15 cm	20 cm	5 cm
E (MPa)	100	150	2000	4000
CÁLCULO PELO BISAR 3.0				
N_{130}^{dim}	ϵ_{admi}^Z	N_{130}^{admi}	Dano	
1.535.844	$502,5 \times 10^{-6}$	1.646.439	93,29 %	

Quadro 4 – Cálculo da Estrutura do Pavimento

4.1. SOLUÇÃO PARA TRAMOS ESPECIAIS

Alguns troços terão que ter uma camada em betão betuminoso com maior espessura devido a maiores esforços de cisalhamento derivados da travagem dos camiões e/ou da proximidade altimétrica do nível freático causando perda de capacidade da fundação. Esses tramos especiais consistem nos 200 metros antes de cada rotunda e um troço do PK 4+500 ao PK 7+800 no qual apresentam maior proximidade com o nível freático. Da inspeção visual ao terreno esses troços destacados como tramos especiais são os troços com maior dano, no qual justifica investir em uma estrutura com maior resistência.

Posto isso, nesses troços a estrutura do pavimento será a mesma, mas com 8 cm de betão betuminoso. No troço compreendido entre o PK 4+500 e o PK 7+800 será colocado uma manta geotêxtil envolvendo toda a estrutura do pavimento (sub-base 15 cm de tout-venant natural e 20 cm de camada de base em solo cimento) como forma de impedir a perda de finos e consequente perda da capacidade de carga.

5. BERMAS PAVIMENTADAS

As bermas pavimentadas serão executadas de forma a não existir desnível entre a faixa e a berma e terá a mesma estrutura de pavimento da faixa de rodagem.

6. BERMAS NÃO PAVIMENTADAS

As Bermas não pavimentadas serão executadas com material proveniente das escavações ou empréstimo com característica de material para enchimento. Devendo permanecer compactado e regularizado.

7. CICLOVIA

A ciclovia trata-se de uma estrutura nova, um novo elemento incorporado à estrada. Por se tratar de um elemento sem tráfego pesado, foi adotado uma estrutura de pavimento mínima em concertação com as Estradas de Cabo Verde, no qual consiste em uma camada de base de 20 cm em ABGE e uma camada de rolamento de 4 cm em betão betuminoso AC 14 surf.

8. CARACTERÍSTICAS DAS CAMADAS DO PAVIMENTO

- **LEITO DO PAVIMENTO**

O leito do pavimento, quando possível, é de manter o existente pois já se encontra bem consolidado devido a anos de utilização. Em caso de alteração quer seja por escavação (para qualquer finalidade) ou para aterro, o material a ser utilizado para a camada de leito de pavimento (últimos 30 cm antes da estrutura do pavimento) deve cumprir com as seguintes características:

- Índice de Plasticidade (IP) menor que 10;
- CBR maior que 20;
- Compactado a 98 % do proctor;
- Equivalente de areia mínimo de 30%;
- Expansibilidade menor que 0,1%.

- **TOUT-VENANT NATURAL (CAMADA DE SUB-BASE)**

As especificações técnicas são mais detalhadas no Caderno de Encargos, a título de resumo, o tout-venant natural a ser utilizado na camada de sub-base é o existente no pavimento. No entanto, o mesmo deve ser comprovado o cumprimento das seguintes características:

- Granulometria extensa;
- Dimensão máxima dos agregados de 50 mm;
- Equivalente de areia mínimo de 40%;
- Los Angeles máximo de 25%;
- CBR maior que 20;
- Compactado a 98% do proctor;
- Não plástico.

Essas características mínimas são estipulados pela “Prescrições Técnicas Trabalhos Rodoviários” das Estradas de Cabo Verde, pelo que em caso de divergência do material existente com essas características, dependendo do grau da divergência, o mesmo deverá ser melhorado através de mistura com material de empréstimo.

- **SOLO-CIMENTO (CAMADA DE BASE)**

As especificações técnicas são mais detalhadas no Caderno de Encargos, a título de resumo, o solo-cimento a ser utilizado na camada de base é deve ter as seguintes características:

- Agregado de granulometria extensa;
- Dimensão máxima dos agregados de 25 mm;
- Equivalente de areia mínimo de 30%;
- Los Angeles máximo de 30%;
- Percentagem mínima de cimento de 3 % e percentagem máxima de 4,5%;
- Cimento de categoria inferior a 350.

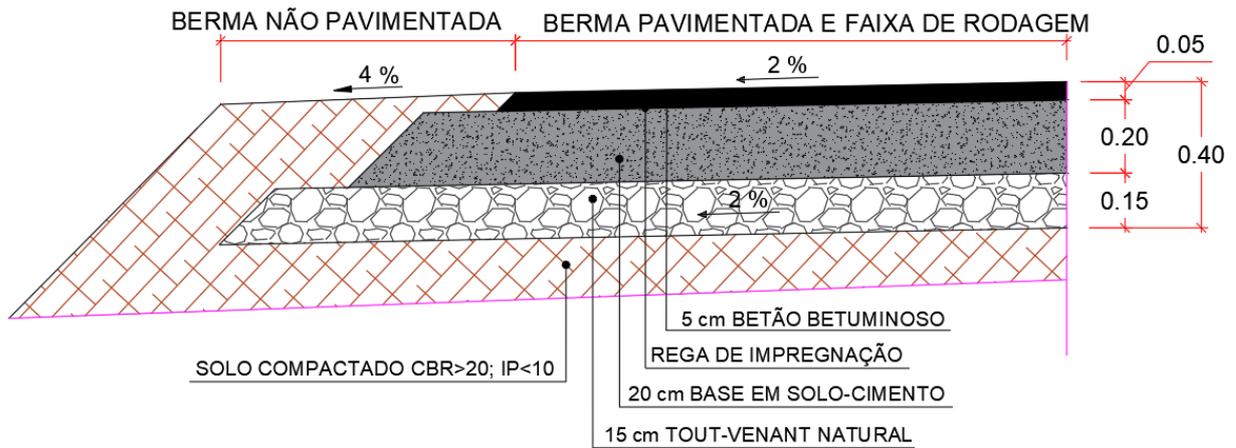
- **BETÃO BETUMINOSO**

O empreiteiro deve apresentar um estudo para a aplicação do Betão Betuminoso AC 14 surf (BB), no qual deve ser aceite pela Fiscalização. A realização de um troço experimental é primordial. Da mesma forma, maiores especificações são encontradas no Caderno de Encargo, pelo que a título de resumo, o Betão Betuminoso deve possuir as seguintes características:

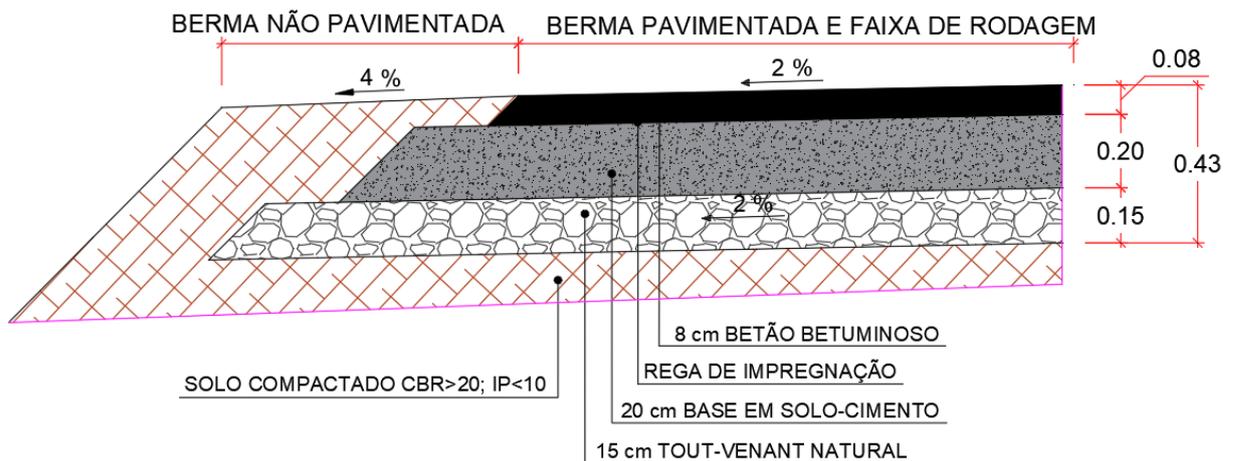
- Mistura betuminosa a quente;
- Dimensão máxima de agregado 14 mm;
- Teor em betume 8,2 – 5,8%
- Porosidade 3-5 %
- Módulo de deformabilidade de 4000MPa

9. DESENHOS TIPOS DOS PAVIMENTOS

- **ESTRUTURA DE PAVIMENTO TIPO 1** – válido para as faixas de rodagem e bermas pavimentadas.

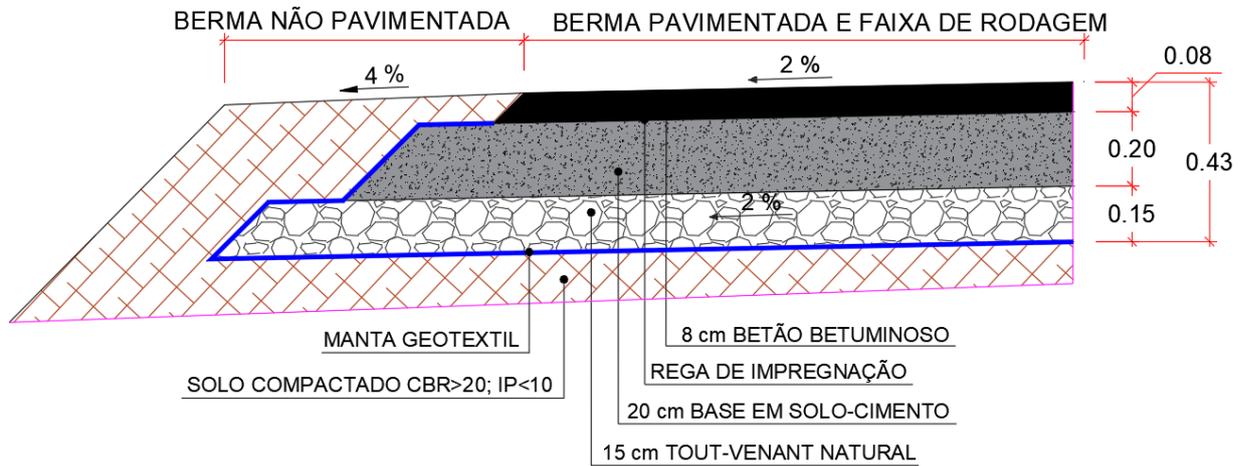


- **ESTRUTURA DE PAVIMENTO TIPO 2** – válido nos 200 metros antes das rotundas.



PROJETO DE EXECUÇÃO PARA REABILITAÇÃO E MELHORIA DA ESTRADA NACIONAL "EN1-SL-01-ESPARGOS-SANTA MARIA"

- **ESTRUTURA DE PAVIMENTO TIPO 3** – válido do PK 4+500 ao PK 7+800.



- **ESTRUTURA DE PAVIMENTO TIPO 4** – válido para a Ciclovia.

