

# CONTRIBUIÇÃO PARA A CRIAÇÃO DE UM MANUAL PARA DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS PARA MOÇAMBIQUE

Gonçalves Zianai<sup>1</sup>, Jorge Pais<sup>2</sup>, Paulo Pereira<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Administração Nacional de Estradas, Moçambique, Tel: + 258 822 672 826, e-mail: zianambofana@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, 4800-058 Guimarães, Tel: + 351 253 510 200, e-mail: jpais@civil.uminho.pt

<sup>3</sup> Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, 4800-058 Guimarães, Tel: + 351 253 510 200, e-mail: ppereira@civil.uminho.pt

---

## Sumário

*Nos últimos anos tem sido notório um aumento progressivo do tráfego de veículos na rede rodoviária de Moçambique, não havendo muito conhecimento no dimensionamento de pavimentos flexíveis, nem como considerar as condições específicas do país em termos de condições climáticas, torna-se imprescindível a elaboração de um manual de apoio ao dimensionamento de pavimentos para o país que tenha em consideração as especificidades do clima e do tráfego. Deste modo, este trabalho apresenta a primeira contribuição para a elaboração de um manual de dimensionamento de pavimentos para Moçambique tendo a contribuição incidido sobre a temperatura dos pavimentos e o comportamento das misturas betuminosas.*

---

**Palavras-chave:** Dimensionamento de pavimentos; Temperatura dos pavimentos; Moçambique.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem sido notório um aumento progressivo do tráfego de veículos na rede rodoviária nacional, bem como da agressividade das cargas a eles associadas, especialmente em termos de cargas por eixo.

Verifica-se igualmente que a espessura das camadas de revestimento dos pavimentos não está aumentando em função do aumento progressivo do tráfego, além de continuar a usar-se os revestimentos simples e duplos nas estradas de Moçambique, em detrimento dos pavimentos com misturas betuminosas que assegurariam um melhor desempenho dos pavimentos face às solicitações cada vez maiores.

Os pavimentos flexíveis constituem a maioria dos pavimentos rodoviários utilizados em Moçambique. Aliás, é o único tipo de pavimentos utilizados em Moçambique, sendo o fendilhamento por fadiga e a deformação permanente os principais modos de degradação dos mesmos, bem como os principais indicadores do seu estado de ruína, os quais são bastante prejudiciais para as condições de circulação, quer em termos de comodidade de condução quer em condições de segurança.

O acumular da degradação ou dano, sendo este a parcela de vida do pavimento que se esgota em resultado da combinação de acções tais como tráfego, temperatura e condições hídricas, sendo pois importante tê-las em consideração na modelação e dimensionamento dos pavimentos.

Os vários métodos de dimensionamento consideram de forma diferente estes factores pelo que neste trabalho vai ser abordada a forma como a temperatura é considerada no dimensionamento dos pavimentos, visto que ela tem vindo a aumentar significativamente nos últimos anos ao nível do globo terrestre.

O objectivo principal deste trabalho consiste em contribuir para elaboração de um catálogo para o dimensionamento de pavimentos rodoviários flexíveis para Moçambique. A contribuição faz-se pela consideração da temperatura no comportamento das misturas betuminosas.

Para a elaboração deste trabalho são analisadas as temperaturas do ar das várias províncias de Moçambique e calculada a temperatura ponderada do ar para dimensionamento e a temperatura nos pavimentos com a qual se determina o módulo de rigidez das misturas betuminosas.

A contribuição para o catálogo de dimensionamento resulta na determinação da espessura das camadas betuminosas função da classe de tráfego e de fundação do pavimento.

## **2 DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS**

O dimensionamento racional ou analítico de qualquer estrutura de Engenharia Civil, entre as quais se incluem os pavimentos rodoviários, consiste genericamente, nos seguintes passos: i) Definição das acções; ii) Adopção de uma estrutura inicial composta por materiais de determinadas características; iii) Análise do comportamento da estrutura, usando as propriedades mecânicas dos materiais necessárias à resolução dos modelos de comportamento; iv) Comparação das tensões e extensões resultantes da análise estrutural com aquelas que constituem o limite para o qual os materiais ainda podem resistir em condições de segurança; v) Ajustamento da estrutura adoptada e/ou utilização de materiais com outras características até se conseguir um dimensionamento conveniente.

Deste modo, o dimensionamento de um pavimento rodoviário deve ter em ponderação os seguintes factores: i) Solicitações – tráfego a que está sujeito e acções climáticas; ii) Materiais – apreciação das soluções mais adequadas e factores económicos envolvidos; iii) Modelo de comportamento – representa o sistema pavimento - fundação. O dimensionamento é efectuado através de um processo iterativo de verificação.

Trata-se de um processo facilmente descritível mas que é extremamente complexo de ser aplicado a pavimentos rodoviários, visto que: i) o tráfego é muito variado e complexo de caracterizar, sendo composto desde os veículos ligeiros até aos veículos pesados articulados com reboque de diferentes eixos e cargas por eixos; ii) as condições climáticas (temperatura e água) são variadas e difíceis de caracterizar; iii) os modelos de comportamento são relativamente complexos e válidos para as condições em que foram desenvolvidos – cargas por eixo e condições climáticas; iv) a caracterização mecânica dos materiais que constituem o pavimento ou a sua fundação é complexa, devido à existência de uma grande gama de comportamentos.

Existem vários métodos de dimensionamento de pavimentos rodoviários flexíveis, que podem ser divididos em empíricos e empírico-mecanicistas.

Os métodos empíricos baseiam-se na experiência de acompanhamento de ensaios realizados em secções de pavimento, enquanto que os modelos empírico -mecanicistas utilizam modelos de comportamento para preverem o estado de tensão a que o pavimento está sujeito, estado este de tensão que utilizando leis empíricas estimam a vida do pavimento.

Devido à complexidade da aplicação dos métodos empírico-mecanicistas, algumas entidades procuraram tornar o processo de dimensionamento mais simples, elaborando manuais de utilização como os da AASHTO, do Asphalt Institute ou da Shell.

Outra opção foi a elaboração de catálogos de pavimentos que definiam certas estruturas-tipo em função das características da fundação, do tráfego e dos materiais disponíveis, como o caso do catálogo elaborado pela JAE - "Manual de concepção de pavimentos para a rede rodoviária nacional" (JAE, 1995).

### **2.1 Critérios de Ruína de Pavimentos Flexíveis**

Os critérios de ruína podem ser designados como situações limite em relação às quais os pavimentos são analisados nos métodos empírico-mecanicistas de dimensionamento. Existem dois grandes tipos de critérios, que se intitulam como:

- Critério de fadiga que é definido como o fendilhamento excessivo, com início nas zonas mais traccionadas das camadas ligadas e é controlado pela extensão radial de tracção,  $\xi_t$ , na base das camadas betuminosas;

- Critério de deformação permanente que traduz o assentamento excessivo à superfície do pavimento sendo controlado pela extensão vertical de compressão,  $\epsilon_{dp}$ , no topo do solo de fundação.

Um dos principais critérios de ruína utilizados no dimensionamento de pavimentos para controlo do fendilhamento dos pavimentos é o desenvolvido pela Shell (Shell, 1978), o qual relaciona a extensão radial de tracção,  $\epsilon_t$ , com a vida útil do pavimento,  $N_{80}$ , critério traduzido na Equação 1,

$$\epsilon_t = (0.856 \times V_b + 1.08) \times E_m^{-0.36} \times N_{80}^{-0.20} \quad (1)$$

em que:  $\epsilon_t$  – extensão de tracção;

$N_{80}$  – número de eixos padrão de 80 kN;

$V_b$  - percentagem volumétrica de betume no volume total;

$E_m$  - módulo de deformabilidade da mistura betuminosa (em Pa).

Quanto ao controlo da deformação permanente do pavimento, o mesmo método da Shell estabeleceu a sua análise da deformação permanente com base nos resultados do AASHO Road Test através da relação entre a extensão vertical de compressão,  $\epsilon_{dp}$ , no topo do solo de fundação, e a vida útil,  $N$ , dada pela Equação 2,

$$\epsilon_{dp} = K_s \times N_{80}^{-0.25} \quad (2)$$

em que:  $\epsilon_{dp}$  – extensão vertical de compressão no topo do solo de fundação;

$N_{80}$  – número de eixos padrão de 80kN;

$K_s$  – parâmetro que depende da probabilidade de sobrevivência atribuída no âmbito do dimensionamento do pavimento. Toma o valor de  $2,8 \times 10^{-2}$  para 50% de probabilidade de sobrevivência,  $2,1 \times 10^{-2}$  para 85% e  $1,8 \times 10^{-2}$  para 95%.

## 2.2 Cálculo da temperatura do pavimento

Um dos principais métodos de cálculo da temperatura dos pavimentos foi desenvolvido pela Shell, o qual consiste em realizar uma estimativa da temperatura média ponderada do ar e com esta temperatura estimar a temperatura do pavimento para determinada profundidade. É esta temperatura do pavimento que permite a estimativa dos módulos de rigidez das misturas betuminosas para o dimensionamento de pavimentos rodoviários flexíveis.

Este procedimento utiliza uma temperatura média anual do ar ponderada (w-MAAT), a qual deriva das temperaturas médias mensais de ar (TMMA) da região para onde se pretende calcular o pavimento.

Para o cálculo da temperatura média anual do ar ponderada são registadas as TMMA para cada mês num ano, com as quais se determina o factor de ponderação associado a esse mês utilizando a Equação 3. A média dos factores de ponderação permite estimar a temperatura média anual do ar ponderada utilizando a Equação 4.

$$w = 0.0723 \times e^{0.1296 \times TMMA} \quad (3)$$

Em que: w – factor de ponderação;

e – número Neperiano;

TMMA – temperatura média mensal.

$$w - TMMA = 7.7068 \times \ln(w) + 20.257 \quad (4)$$

Em que: w – factor de ponderação;

Ln – logaritmo Neperiano;

w-TMMA – temperatura média anual ponderada.

### 2.3 Método de cálculo do módulo de rigidez das misturas betuminosas

Existem vários métodos para cálculo do módulo de rigidez das misturas betuminosas a partir da rigidez do betume e da composição volumétrica de misturas betuminosas. O mais conhecido, o método da Shell, recorre ao ábaco de Van der Pool, conhecendo o tempo de carregamento, a temperatura de serviço, a temperatura de amolecimento do betume e o índice de penetração do betume.

Após obtenção do módulo de rigidez do betume, a Shell dispõe de um ábaco que permite determinar o módulo de rigidez das misturas betuminosas conhecendo o módulo de rigidez do betume, a percentagem volumétrica de betume e agregado da mistura betuminosa. No entanto, estes módulos podem ser calculados recorrendo a modelos como os que se apresentam a seguir.

O módulo de rigidez das misturas betuminosas é dado pela Equação 5,

$$E_{mist} = E_{bet} \left[ 1 + \frac{257,5 - 2,5VMA}{n(VMA - 3)} \right]^n \quad (5)$$

em que:  $E_{mist}$  – módulo de rigidez da mistura betuminosa;

$E_{bet}$  – módulo de rigidez do betume;

VMA – vazios na mistura dos agregados dado por:  $VMA = V_{bet} + V_v$

n – parâmetro dado por:  $n = 0,83 \log_{10} \left[ 1 + \frac{4 \times 10^4}{E_{bet}} \right]$

O módulo de rigidez do betume é dado pela Equação 6,

$$E_{bet} = 1,157 \times 10^{-7} \times t^{-0,368} \times 2,718^{-IP_{rec}} \times (Tab_{rec} - T)^5 \quad (6)$$

em que:  $E_{bet}$  – módulo de rigidez do betume;

t – tempo de carregamento dado por:  $t(s) = \frac{1}{V(km/h)}$

$IP_{rec}$  – índice de penetração do betume recuperado dado por:  $IP_{rec} = \frac{1951 - 500 \log(Pen_{rec}) - 20Tab_{rec}}{50 \log(Pen_{rec}) - Tab_{rec} - 120,1}$

$Tab_{rec}$  – temperatura de amolecimento do betume recuperado dada por:

$Tab_{rec} = 98,4 - 26,4 \log(Pen_{rec})$ , sendo  $Pen_{rec} = 0,65 Pen_{nominal}$

T – temperatura de serviço.

O índice de penetração do betume é dado pela Equação 7,

$$IP = \frac{20 - 500A}{1 + 50A} \quad (7)$$

em que: IP – índice de penetração do betume;

A – parâmetro dado pela Equação 8.

$$A = \frac{\log(\text{pen}T1) - \log(\text{pen}T2)}{T_1 - T_2} \quad (8)$$

em que: T1 e T2 – duas temperaturas para as quais se conhece a penetração do betume;

pen T1 e pen T2 – penetração do betume para as temperaturas T1 e T2.

## 2.4 MACOPAV

Apesar da utilização da metodologia empírico - mecanicista estar generalizada no dimensionamento de pavimentos, o recurso a catálogos ainda é uma prática corrente principalmente para o dimensionamento de pavimentos de estradas de pouca importância ou sempre que o recurso a meios computacionais não é fácil, sendo actualmente utilizados principalmente a nível de pré-dimensionamento.

Um dos principais catálogos de dimensionamento existente é o MACOPAV - Manual de Concepção de Pavimentos desenvolvido em Portugal pela JAE em 1995. Para a Rede Nacional de Estradas moçambicana ainda não está disponível um catálogo de dimensionamento pelo que para tal usa-se o código da SATCC que um guião concebido para estradas da região austral (SADCC).

Neste trabalho seguir-se-á metodologia utilizada neste catálogo da JAE. pelo que a seguir se faz uma breve descrição do processo de dimensionamento recorrendo ao MACOPAV.

O MACOPAV é um “Manual de Concepção de Pavimentos” desenvolvido pela JAE em 1995 para a Rede Rodoviária Nacional de Portugal, com o intuito de apoiar e orientar na concepção da estrutura de pavimentos e respectivas fundações, propondo estruturas tipo a adoptar em pavimentos novos. Na sua elaboração, foram adoptados critérios com o objectivo de adaptar as estruturas propostas às condições do projecto.

É estabelecido um período de dimensionamento que visa assegurar adequadas condições de circulação de tráfego durante um dado período. Nos pavimentos flexíveis este período é normalmente de 20 anos.

Para dimensionar uma estrutura de pavimento através do MACOPAV é necessário dispor de dados relativos a:

- A. Tráfego;
- B. Condições climáticas;
- C. Condições de fundação;
- D. Materiais de pavimentação.

Com os dados do estudo de tráfego é analisada a configuração da estrada para se saber qual o número de vias e a percentagem do tráfego na via mais solicitada, definindo-se a classe de tráfego (entre T0 e T7).

No manual é considerada a influência da temperatura nas propriedades das misturas betuminosas, definindo para cada zona climática o tipo de betume a utilizar. Estas zonas estão definidas num mapa que divide o país em três zonas climáticas (quente, média e temperada).

Conhecida a classe de tráfego, é possível relaciona-la com o tipo de fundação necessária para suportar esse tráfego e se este não for adequado quais os procedimentos a seguir para o obter.

Com base nestes elementos pode escolher-se uma das estruturas propostas, tendo em atenção os materiais a empregar e as espessuras em que os mesmos devem ser utilizados.

## 3 MÓDULO DE RIGIDEZ DAS MISTURAS BETUMINOSAS EM MOÇAMBIQUE

Neste capítulo é calculado o módulo de rigidez das misturas betuminosas em Moçambique, começando-se pelo cálculo da temperatura de serviço dos pavimentos em Moçambique pelo método da Shell, ao qual se segue o cálculo do módulo de rigidez das misturas betuminosas.

Para o cálculo da temperatura de serviço dos pavimentos de Moçambique foi necessário recorrer a dados meteorológicos fornecidos pelo INAM (Instituto Nacional de Meteorologia) para se obter a temperatura média

mensal do ar para os dez províncias em estudo, nomeadamente Maputo, Xai-Xai, Inhambane, Beira, Chimoio, Tete, Quelimane, Nampula, Lichinga e Pemba.

Para o cálculo da temperatura de serviço dos pavimentos de Moçambique calculou-se inicialmente a temperatura média ponderada do ar (w-TMMA) das várias províncias de Moçambique, conhecendo a temperatura média (TMMA) de cada mês do ano. No Quadro 1 apresenta-se o resumo das temperaturas médias ponderada do ar para as várias províncias de Moçambique as quais podem ser utilizadas para dimensionamento de pavimentos. Estas temperaturas variam entre os 18,7°C e os 25,9°C, valores relativamente elevados, os quais conduzem a baixos módulos de rigidez das misturas betuminosas.

Quadro 1. Temperatura média ponderada do ar (w-TMMA) para as províncias de Moçambique

Província	w-TMMA (°C)	Província	w-TMMA (°C)
Maputo	23,2	Tete	27,9
Xai-Xai	23,3	Quelimane	25,9
Inhambane	24,4	Nampula	25,1
Beira	25,7	Lichinga	18,7
Chimoio	20,5	Pemba	24,4

Os valores da temperatura média ponderada do ar obtidos para as várias províncias de Moçambique foram utilizados para calcular a temperatura de serviço dos pavimentos para várias profundidades, de 2 a 30 cm, apresentando-se estes valores na Figura 1.

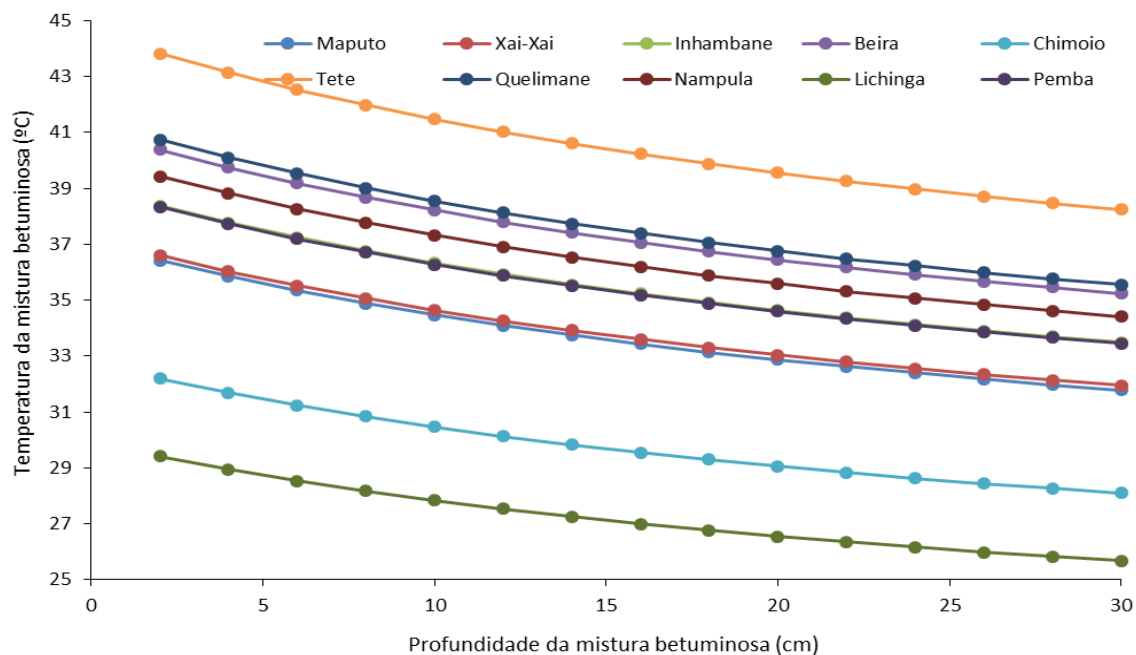
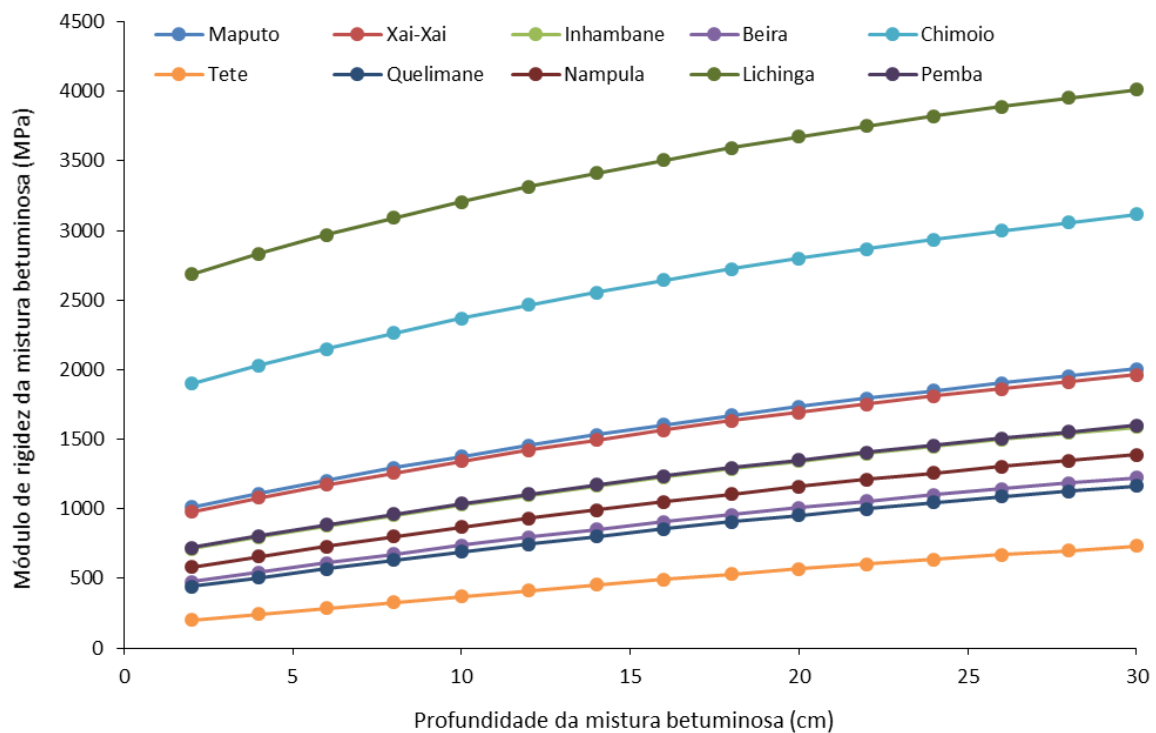


Figura 1. Temperatura de serviço dos pavimentos em Moçambique

O módulo de rigidez das misturas betuminosas para dimensionamento de pavimentos em Moçambique encontra-se representado na Figura 2. Considerando uma profundidade de 10 cm, a análise da evolução dos módulos de rigidez permite definir 5 classes diferentes de módulos de rigidez das misturas betuminosas a utilizar no dimensionamento de pavimentos, tal como se apresenta no Quadro 2.



**Figura 2. Módulo de rigidez das misturas betuminosas para Moçambique**

**Quadro 2. Módulo de rigidez das misturas betuminosas para dimensionamento dos pavimentos de Moçambique**

Província	10 cm	Módulo de rigidez (MPa)
Tete	372	250
Quelimane	690	500
Beira	736	500
Nampula	867	500
Inhambane	1028	1000
Pemba	1036	1000
Xai-Xai	1342	1000
Maputo	1378	1000
Chimoio	2367	2000
Lichinga	3207	3000

#### 4 DIMENSIONAMENTO DOS PAVIMENTOS DE MOÇAMBIQUE

Neste capítulo apresenta-se o dimensionamento de um conjunto de pavimentos para várias classes de tráfego e de fundação de modo a permitir elaborar uma primeira versão de um catálogo de dimensionamento de pavimentos a ser utilizado em Moçambique.

Quanto às classes de tráfego a considerar para a elaboração do catálogo de dimensionamento optou-se por utilizar as mesmas que existem no MACOPAV, nomeadamente as constantes no Quadro 3.

Quadro 3. Classes de tráfego a considerar no catálogo

<b>CLASSES DE TRÁFEGO</b>	
<b>Classe</b>	<b>(TMDA)<sub>p</sub></b>
T6	50 -150
T5	150 - 300
T4	300 - 500
T3	500 - 800
T2	800 - 1200
T1	1200 - 2000

Quanto ao tráfego de projeto, o qual considera a taxa de crescimento do tráfego e a agressividade dos veículos pesados, na ausência de informação sobre o panorama destes valores para Moçambique, neste trabalho utiliza-se os valores do MACOPAV, os quais se indicam no Quadro 4.

Quadro 4. Elementos relativos ao tráfego considerados no dimensionamento

<b>ELEMENTOS RELATIVOS AO TRÁFEGO</b>				
<b>Classe</b>	<b>(TMDA)<sub>p</sub></b>	<b>Taxa de crescimento médio (t)</b>	<b>Pavimentos flexíveis</b>	
			<b>Fator de agressividade (a)</b>	<b>N<sup>dim</sup><sub>80</sub> (20 anos)</b>
T6	50 -150	3	2	2 x 10 <sup>6</sup>
T5	150 - 300		3	8 x 10 <sup>6</sup>
T4	300 - 500	4	4	2 x 10 <sup>7</sup>
T3	500 - 800		4.5	4 x 10 <sup>7</sup>
T2	800 - 1200	5	5	7 x 10 <sup>7</sup>
T1	1200 - 2000		5.5	10 <sup>8</sup>

Quanto à fundação do pavimento, para a elaboração do catálogo de dimensionamento são consideradas as primeiras 3 classes definidas no MACOPAV, de acordo com o Quadro 5.

Quadro 5. Definição das classes de fundação utilizadas no dimensionamento

<b>CLASSES DE FUNDAÇÃO</b>		
<b>Classe da Fundação</b>	<b>Módulo da Fundação (MPa)</b>	
	<b>Gama</b>	<b>Valor de Cálculo</b>
F1	> 30 a ≤ 50	30
F2	> 50 a ≤ 80	60
F3	> 80 a ≤ 150	100

Para a elaboração do catálogo de dimensionamento de pavimentos são consideradas duas estruturas de pavimento. Uma com uma camada granular e outra com duas camadas granulares, sobre as quais se considera uma camada betuminosa que englobará toda a espessura de misturas betuminosas necessárias para suportar o tráfego de projeto para o período de 20 anos.

O módulo de rigidez de cada camada granular será considerado igual ao dobro do correspondente à camada que lhe dá suporte.

Considerando as classes de tráfego e de fundação definidas acima e os módulos de rigidez das misturas betuminosas, para a elaboração do catálogo de dimensionamento são analisadas as condições a seguir indicadas, as quais conduzem a  $6 \times 3 \times 5 \times 2 = 180$  tipos de pavimentos a dimensionar:

- Tráfego: T1 a T6



- Fundação: F1 a F3
- Módulo de rigidez das misturas betuminosas: 250, 500, 1000, 2000 e 3000 MPa
- Estruturas de pavimento: 1 e 2 camadas granulares com 20 cm de espessura cada.

Foi considerado 0.35 para o coeficiente de Poisson de todas as camadas.

O dimensionamento dos pavimentos acima indicados foi realizado recorrendo ao programa de cálculo JPav, no qual foram verificadas espessuras das camadas betuminosas de 2 a 30 cm. O dimensionamento, e os resultados, foram realizados para cada módulo de rigidez das misturas betuminosas, ou seja, para cada grupo de províncias que a ele está associado, apresentando-se nos Quadros 6 a 10 a espessura das camadas betuminosas para os vários módulos de rigidez considerados para as misturas betuminosas.

Quadro 6. Dimensionamento dos pavimentos para misturas betuminosas com módulo de rigidez de 250 MPa

		Espessura da camada betuminosa (m)						
		Fundação	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1 camada granular	F1	---	---	---	---	---	---	---
	F2	---	---	---	---	---	---	---
	F3	---	---	---	---	---	---	0.21
2 camadas granulares	F1	---	---	---	---	---	---	---
	F2	---	---	---	---	---	0.26	0.16
	F3	---	---	0.26	0.24	0.13	0.04	

Quadro 7. Dimensionamento dos pavimentos para misturas betuminosas com módulo de rigidez de 500 MPa

		Espessura da camada betuminosa (m)						
		Fundação	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1 camada granular	F1	---	---	---	---	---	---	---
	F2	---	---	---	---	---	---	---
	F3	---	---	---	---	---	---	0.21
2 camadas granulares	F1	---	---	---	---	---	---	---
	F2	---	---	---	---	---	0.26	0.16
	F3	---	---	0.26	0.24	0.13	0.04	

Quadro 8. Dimensionamento dos pavimentos para misturas betuminosas com módulo de rigidez de 1000 MPa

		Espessura da camada betuminosa (m)						
		Fundação	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1 camada granular	F1	---	---	---	---	---	---	---
	F2	---	---	---	---	---	---	0.25
	F3	---	---	---	---	---	0.25	0.17
2 camadas granulares	F1	---	---	---	---	---	---	0.26
	F2	---	---	---	---	---	0.22	0.13
	F3	0.29	0.26	0.22	0.20	0.10	0.03	

Quadro 9. Dimensionamento dos pavimentos para misturas betuminosas com módulo de rigidez de 2000 MPa

		Espessura da camada betuminosa (m)						
		Fundação	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1 camada granular	F1	---	---	---	---	---	---	0.27
	F2	---	---	---	---	---	0.26	0.20
	F3	---	---	0.29	0.27	0.20	0.14	
2 camadas granulares	F1	---	---	---	---	---	0.28	0.21
	F2	---	---	0.27	0.25	0.18	0.11	
	F3	0.24	0.21	0.18	0.16	0.09	0.03	

Quadro 10. Dimensionamento dos pavimentos para misturas betuminosas com módulo de rigidez de 3000 MPa

		Espessura da camada betuminosa (m)						
		Fundação	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1 camada granular	F1	---	---	---	---	---	0.29	0.23
	F2	---	---	---	---	0.29	0.23	0.18
	F3	0.30	0.28	0.25	0.24	0.18	0.13	
2 camadas granulares	F1	---	---	---	---	---	0.25	0.19
	F2	0.29	0.27	0.24	0.23	0.16	0.10	
	F3	0.21	0.19	0.16	0.15	0.08	0.02	

## 5 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo contribuir para a elaboração de um catálogo de dimensionamento de pavimentos rodoviários para Moçambique. Dada a quantidade de informação necessária para a realização de um catálogo, neste trabalho optou-se por limitar-se à consideração da temperatura no dimensionamento dos pavimentos.

No trabalho foram analisadas as temperaturas médias do ar das várias províncias de Moçambique com as quais se determinou a temperatura média ponderada do ar, temperaturas estas que podem ser utilizadas para dimensionamento de pavimentos. Estas temperaturas variam entre os 18,7°C e os 25,9°C, valores que são relativamente elevados, o que conduz a baixos módulos de rigidez das misturas betuminosas.

A análise destas temperaturas permitiu observar que existem três situações de temperatura dos pavimentos apresentadas, nomeadamente mais baixas, intermédias e mais altas, o que constituiria de igual maneira três grupos de temperaturas para dimensionamento. No entanto, em termos de módulo de rigidez das misturas betuminosas foram definidos 5 classes diferentes, as quais estão associadas às várias províncias do país.

Assim, com estas temperaturas foram criados quadros que permitem determinar a espessura da camada betuminosa do pavimento função da classe de tráfego e de fundação.

## 6 REFERÊNCIAS

1. Shell, *Shell Pavement Design Manual*. Shell International Petroleum Limited, London, 1978.
2. JAE, *Manual de concepção de pavimentos para a rede rodoviária nacional*. Junta Autónoma das Estradas, Lisboa, 1995.