

# A ENGENHARIA COMO MOTOR PARA A INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO

---

J. F. Silva Gomes, Carlos C. António, Clito F. Afonso, António S. Matos  
Editores



***7º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia / IV Congresso  
de Engenharia de Moçambique  
Inhambane/Moçambique, 14-18 Abril 2014***

# **CLME'2014-IVCEM**

---

**A ENGENHARIA COMO MOTOR  
PARA A INOVAÇÃO E  
DESENVOLVIMENTO**

## Patrocínios

---

Este livro e a organização do 7º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia / IV Congresso de Engenharia de Moçambique, realizado em Inhambane/Moçambique, de 14 a 18 de Abril de 2014, beneficiaram do patrocínio das seguintes empresas e instituições, cujas contribuições muito agradecemos:

*Abreu/PCO-Professional Congress Organizers*  
*Associação Portuguesa de Mecânica Experimental*  
*BETAR Consultores, Lda.*  
*Consulado de Moçambique no Porto e Região Norte de Portugal*  
*Electricidade de Moçambique*  
*Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*  
*Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane*  
*Grupo Visabeira*  
*Televisa Moçambique*  
*Hidroeléctrica de Cahora Bassa*  
*IncreaseTime® - Technology for Better Life*  
*Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial*  
*Linhas Aéreas de Moçambique*  
*Ordem dos Engenheiros de Moçambique*  
*Ordem dos Engenheiros de Portugal*



Fotografia da Capa

Antevisão da Ponte da Catembe, Moçambique

Fonte: [http://debatesdevaneios.blogspot.pt/2012/07/ponte-da-catembe-assegurados-681\\_19.html](http://debatesdevaneios.blogspot.pt/2012/07/ponte-da-catembe-assegurados-681_19.html)

# **CLME'2014-IVCEM**

---

## **A ENGENHARIA COMO MOTOR PARA A INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO**

**Editores**

---

*J.F. Silva Gomes, Carlos C. António  
Clito F. Afonso e António S. Matos*

**(2014)**

Distribuição

ABREU PCO - PORTO

Av. dos Aliados, 207 , 4000-067 Porto - Portugal  
Telefone: +351 22 2043570 Email: [pcoportugal@abreu.pt](mailto:pcoportugal@abreu.pt)  
<http://pco.abreu.pt/Default.aspx>

Abril, 2014

ISBN: 978-989-98832-0-8

Nº de Depósito Legal: 370909/14

Execução Gráfica: LusoImpress S.A.  
Rua Venceslau Ramos, 28 - 4430-929 Avintes, Portugal  
Tel:+351 22 787 73 20; Fax:+351 22 787 73 29  
[www.lusoimpress.com](http://www.lusoimpress.com)

---

*Reservados todos os direitos de harmonia com a lei.*

*Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, guardada pelo sistema "retrieval" ou transmitida por qualquer meio, seja electrónico, mecânico, gravação ou outros, sem autorização prévia por escrito dos editores.*

## ÍNDICE GERAL

---

Prefácio	xxi
Organização	xxiii
Comissão de Honra	xxiv
Comissão Científica	xxiv
Simpósia Temáticos	xxv
Paineis Temáticos	xxvii
<b>CAP. I - INOVAÇÃO NO ENSINO DA ENGENHARIA (Simpósio N° 1)</b>	<b>1</b>
A013553 DE PAR EM PAR. João Pedro Pêgo, Ana Mouraz, José M. Martins Ferreira, Amélia Lopes, José F. Oliveira, Isabel Ferreira.	3
A013626 UMA EXPERIÊNCIA NA MOTIVAÇÃO DE ALUNOS DO 1.º ANO DE ENGENHARIA. Pedro Fonseca, João Nuno Matos, Paulo Pedreiras, Nuno Borges de Carvalho.	5
A013541 REPOSITÓRIOS CIENTÍFICOS DE ACESSO ABERTO NO CONTEXTO AFRICANO SUPOSTADOS POR NRENs. Marangaze Munhepe Mulhanga, Solange Rito Lima, Venâncio Massingue, João Nuno Ferreira.	7
A013654 VANTAGENS COMPETITIVAS DA TECNOLOGIA <i>OPEN SOURCE</i> NOS PAÍSES EMERGENTES. Ricardo Ruivo, Jorge Granjal.	9
A013540 UM CONTRIBUTO PARA A UTILIZAÇÃO DE APLICAÇÕES PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS NO ENSINO DA GEOLOGIA DE ENGENHARIA. Sofia Soares, João Paulo Barros, Miguel Nobre, Luís Garcia.	11
A013659 ERASMUS MUNDUS MASTER COURSE IN SUSTAINABLE TRANSPORTATION AND ELECTRICAL POWER SYSTEMS. THE EXPERIENCE OF AN ERASMUS MUNDUS MASTER. Fernando J. T. E. Ferreira, M. S. Perdigão, Pablo F. Garcia, Jorge Garcia-Garcia, Pablo Arboleya.	13
A013638 VIRTUAL CENTRE FOR ENTERPRISE: A LIFELONG LEARNING TOOL FOR IMPLEMENTATION OF ENTREPRENEURSHIP EDUCATION. F. P. Maciel Barbosa, Maria João Martins, C. M. Machado Ferreira.	15
A013679 ESTUDO PRELIMINAR PARA A ADOÇÃO DE PRÁTICAS DE EAD NA UNIZAMBEZE. Mansur Salimo, Luís Borges Gouveia.	17
A013736 CIDADE, ÁGUAS E AMBIENTE: INOVAÇÃO, EFICIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS URBANOS DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Wiliam Romanholi, Felipe Castro, Isabela Marra.	19
<b>CAP. II - ENGENHARIA E OPERAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE (Simpósio N° 2)</b>	<b>21</b>
A023575 VALIDAÇÃO E CONFIABILIDADE DE QUESTIONÁRIO SOBRE TRANSPORTE URBANO COLETIVO EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ. Rui M. Pinto Dantier, Eduardo Shimoda, Aldo Shimoya, Fábio Freitas da Silva, Guilherme Melo Miranda.	23
A023644 ACIDENTES DE VIAÇÃO EM INTERSEÇÕES DE TRÊS RAMOS: ESTUDO DAS FORMAS FUNCIONAIS DO TRÁFEGO. Jocilene O. Costa, Maria Alice P. Jacques, Elisabete F. Freitas, Paulo A. A. Pereira.	25

A023737	TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS: ACIDENTES RODOVIÁRIOS VERSUS COMBATE À POBREZA EM MOÇAMBIQUE. António Santos Matos.	27
A023738	BARRIERS AND FRICTION FOR ENHANCED PASSENGER INTERMODAL TRANSPORT. Vasco Reis, Rosário Macário.	29
A023673	REGULAÇÃO DE LINHAS DE ÔNIBUS EM TEMPO REAL. Maria Cristina Molina Ladeira, Fernando Dutra Michel, Luiz Afonso dos Santos Senna.	31
A023520	GESTÃO DINÂMICA DE VELOCIDADES: APLICAÇÃO NA VIA DE CINTURA INTERNA DO PORTO. André Gonçalves, José Pedro Tavares.	33
A023547	GESTÃO DA VELOCIDADE - CRITÉRIOS E SOLUÇÕES DE DEFINIÇÃO E CONTROLO DOS LIMITES DE VELOCIDADE EM AMBIENTES URBANOS E RURAIS. Alvaro Seco, Ana Bastos Silva.	35
A023558	AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE INTERSECÇÕES COMPLEXAS POR RECURSO A MICROSIMULAÇÃO. Ana Bastos Silva, Alvaro Seco.	37
A023617	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SERVIÇO DE ESTRADAS DE DUAS VIAS SEGUNDO O HCM 2010 - PRINCIPAIS ALTERAÇÕES METODOLÓGICAS. Joaquim M. Macedo, Agostinho Benta, Luís Picado-Santos.	39
A023658	AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE MISTURAS BETUMINOSAS RECICLADAS COM ELEVADAS TAXAS DE MATERIAL FRESADO. Daniela Palha, Paulo Fonseca, Carla Guimarães, Liliana Abreu, Hugo Silva, Joel Oliveira, Paulo Pereira.	41
A023708	RELAÇÃO ENTRE MÓDULO DE DEFORMABILIDADE E CBR NO ESTUDO DA FUNDAÇÃO DUM PAVIMENTO RODOVIÁRIO FLEXÍVEL. Hermínia Maria Mesquita Morais, Manuel J. Costa Minhoto.	43
A023715	AVALIAÇÃO <i>IN SITU</i> DE FUNDAÇÕES DE PAVIMENTOS E DE CAMADAS DE SOLO TRATADO COM CIMENTO RECORRENDO A ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS. João Mendes, Silvino Capitão, Luís Picado-Santos.	45
A023722	CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS COM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM CAMADAS NÃO LIGADAS. Ana Cristina Freire, José Neves, António José Roque, Isabel Martins, Maria de Lurdes Antunes.	47
A023643	DESENVOLVIMENTO E ESTUDO DE LIGANTES MODIFICADOS INOVADORES PARA INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE. Hugo Silva, Joana Peralta, Liliana Costa, Sara Fernandes, Joel Oliveira, Paulo Pereira.	49
A023645	TECNOLOGIAS PARA A PRODUÇÃO DE MISTURAS BETUMINOSAS TEMPERADAS. Joel Oliveira, Liliana Abreu, Hugo Silva, Paulo Pereira.	51
A023670	A CONTRIBUIÇÃO DO COMPORTAMENTO VISCO-ELASTOPLÁSTICO DE ASFALTOS NO AUMENTO DA DEFORMAÇÃO PERMANENTE DO PAVIMENTO ASFÁLTICO. José Francisco Rufino Diogo, Carlos Seara.	53
A023667	ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS LATERÍTICOS COM CAL. Cláudio Luiz Dias Leal, Luiza Fernandes Neto, Weliton da Silva Barbosa.	55
A023717	MISTURAS BETUMINOSAS DESCONTÍNUAS PARA PAVIMENTOS FLEXÍVEIS QUE REQUEREM ELEVADO DESEMPENHO. Fernando Martinho, Luís Picado Santos, José Neves, Jorge Maltezinho, Rodrigo Bouça, Arcénio Mandlate.	57
A023684	FATORES DE AGRESSIVIDADE CONSIDERANDO A INTERAÇÃO VEÍCULO-PAVIMENTO. Arminda Almeida, Luís Picado dos Santos, Silvino Capitão.	59
A023723	CASO DE ESTUDO DUM REFORÇO ESTRUTURAL DUM PAVIMENTO RODOVIÁRIO FLEXÍVEL. Ana Francisco, Manuel Minhoto.	61
A023545	A MANUTENÇÃO E GESTÃO DE OBRAS DE ARTE COMO OBJECTIVO ESTRATÉGICO DE INTERESSE PÚBLICO. Luís Cância Martins, Vasco Ferreira.	63
A023598	PROJECTO E CONSTRUÇÃO DO NOVO TERMINAL DE CONTENTORES NO SECTOR OESTE DO <i>PUERTO DE LA GUAIRA</i> NA VENEZUELA. Fernando Oliveira.	65

## **Promotores Institucionais**

---

**Faculdade de Engenharia da U. Porto**

**Faculdade de Engenharia da UEM**

**Ordem dos Engenheiros de Portugal**

**Ordem dos Engenheiros de Moçambique**

## **Comissão Executiva**

---

Joaquim Silva Gomes  
(FEUP)

Carlos Conceição António  
(FEUP)

Clito Félix Afonso  
(FEUP)

António Santos Matos  
(FEUEM)

## **Comissão Organizadora**

---

J.F. Silva Gomes  
(FEUP)

Carlos C. António  
(FEUP)

Clito F. Afonso  
(FEUP)

Catarina F. Castro  
(FEUP)

António Matos  
(FEUEM)

Alexandra Neves  
(FEUEM)

Rui Sitor  
(FEUEM)

Valeri Menchoi  
(O.E. Moçambique)

Vasco Gama Junior  
(FEUEM)

Isabel Tembe  
(FEUEM)

Graciete Taibo  
(O.E. Moçambique)

Eunice Abreu  
(O.E. Moçambique)

## **Secretariado**

---

Nuno Pinto e Lurdes Catalino

M. F. Silva Gomes

Com o apoio de ABREU-PCO, Professional Congress Organizer (<http://pco.abreu.pt/>)

## Comissão de Honra

---

A. Sousa Fernando  
(Bastonário O.E. de Moçambique)

Alberto Tsamba  
(Director da FEUEM)

Ana Mondjana  
(Vice-Reitora da UEM)

Angelo Macuacua  
(Vice-Reitor da UEM)

António Cunha  
(Reitor da U. Minho)

António Fidalgo  
(Reitor da UBI)

Arlindo Oliveira  
(Presidente do IST/UTL)

Augusto Jone Luís  
(Ministro da Ed. de Moçambique)

Carlos Matias Ramos  
(Bastonário O.E de Portugal)

J. Gabriel Silva  
(Reitor da U. Coimbra)

J. Marques dos Santos  
(Reitor da U. Porto)

Louis Pelembe  
(Ministro C&T de Moçambique)

Manuel A.C. Assunção  
(Reitor da U. Aveiro)

Orlando Quilambo  
(Reitor da UEM)

Sebastião F. Azevedo  
(Director da FEUP)

## Comissão Científica

---

A. Barata da Rocha (FEUP)

A. Carmo Vaz (FEUEM)

A. Charifo (FEUEM)

A. Lopes Campos (ISEC)

A. Machado e Moura (FEUP)

A. Pires da Costa (FEUP)

A. Torres Marques (FEUP)

Agostinho Benta (UA)

Alberto Cardoso (UC)

Alexandra Neves (FEUEM)

Alfredo S. Ferreira (E&O)

Álvaro Cunha (FEUP)

Amílcar Soares (IST)

Ana M. Segadães (UA)

Ana Virtudes (UBI)

Anabela Alves (UM)

Anabela Paiva (UTAD)

António C. Mendes (UBI)

António Correia (U. Évora)

António Fiúza (FEUP)

António Pinho (U. Évora)

António Rodrigues (FCT/UNL)

Armando C. Manso (LNEC)

C. Mota Soares (IST)

Carlos C. António (FEUP)

Carlos Rodrigues (IPG)

Carlos S. Borrego (UA)

Carlos V. Quadros (FEUEM)

Carlos Varandas (IST)

Casimiro Cala (FEUEM)

Catarina F. Castro (FEUP)

Celina P. Leão (UM)

Cláudia Beato (UBI)

Clito F. Afonso (FEUP)

Cristina Fael (UBI)

Daniel A. Fumo (FEUEM)

Eduardo S. Júlio (IST)

Eduardo Qualharini (UFRJ)

Elsa Caetano (FEUP)

Elza Fonseca (IPB)

Fernando Branco (FCTUC)

Fernando J. Ferreira (ISEC)

Hélder Araújo (FCTUC)

Henrique da Hora (I.F.Flum)

Hipólito Sousa (FEUP)

Hugo Rodrigues (U. Lusófona)

Humberto Varum (UA)

Isabel Duarte (U. Évora)

Isabel Malico (U. Évora)

J. Mora Ramos (LNEC)

J. Reis Campos (FMDUP)

J. Santos Baptista (FEUP)

J. Silva Gomes (FEUP)

João Fernandes (IST)

João Ferreira (IST)

João Gomes (ISEL)

João Lanzinha (UBI)

João Lemos Pinto (UA)

João M. Tavares (FEUP)

João Marcelino (LNEC)

João T. Sousa (FEUP)

Joaquim Góis (FEUP/OERN)

Joaquim S. Pinto (UA)

Jorge J.G. Martins (UM)

Jorge Lino Alves (FEUP)

Jorge Nhambiu (FEUEM)

Jorge Pinto (UTAD)

Jorge O. Seabra (FEUP)

José A. Rodrigues (ISEL)

José L. Esteves (FEUP)

José M. Cirne (FCTUC)

L. Oliveira Santos (LNEC)

L. Picado Santos (IST/UTL)

Luís Lopes (U. Évora)

Luís Pais (UBI)

Luísa Costa (FEUP)

Luísa P.C. Lopes (IPV)

M. Graça Madureira (IPB)

M. João Silva (LNEC)

M. Luisa Madureira (FEUP)

M. Manuela Portela (IST)

M. Teresa Restivo (FEUP)

Manuel R. Cordeiro (UTAD)

Marcelo M. Moura (FEUP)

Margarida Marques (UTAD)

Maria da Graça Rasteiro (UC)

Maria J. Geraldès (UBI)

Maria José Abreu (UM)

Maria M. Moreira (U. Évora)

Mário F. Secca (FCT/UNL)

Maria R. Duque (U. Évora)

Mário P. Vaz (FEUP)

Mário Talaia (UA)

Miguel Amado (FCT/UNL)

Patrícia Falé (LNEG)

Paulo Canhoto (U. Évora)

Paulo Carvalho (UBI)

Paulo G. Piloto (IPB)

Paulo Pereira (UM)

Pedro Sing Sang (FEUEM)

Pedro T. Pinho (ISEL)

Raquel P.F. Guiné (IPV)

Raúl Figueiro (UM)

Renato N. Jorge (FEUP)

Rosa Maria Miranda (UNL)

Rosa Vasconcelos (UM)

Rúben Martis (U. Évora)

Rui C. Barros (FEUP)

Rui Gonzalez (LEM)

Rui Lima (UM)

Rui M. Cravo (ISEL)

S. Carmo Silva (UM)

Sarp Adali (UKZN, S. Africa)

Shaker Meguid (U. Toronto)

Silva Magaia (FEUEM)

Telmo D. Pereira (FCTUC)

Xavier Carvalho (FEUP)

Artigo N° A023723

## CASO DE ESTUDO DUM REFORÇO ESTRUTURAL DUM PAVIMENTO RODOVIÁRIO FLEXÍVEL

Ana Francisco<sup>1</sup>, Manuel Minhoto<sup>2(\*)</sup>

<sup>1</sup>Construções Albino Lucas, Lda - Bragança, Portugal

<sup>2</sup>Instituto Politécnico de Bragança (ESTiG) - Bragança, Portugal

(\*)Email: minhoto@ipb.pt

### RESUMO

Após a abertura ao tráfego o comportamento dos pavimentos rodoviários deve ser acompanhado a fim de, atempadamente serem promovidas as ações de conservação necessárias para manter a sua qualidade ao longo do tempo [Branco et al, 2008].

Uma das atividades que permite um acompanhamento a um pavimento rodoviário é designada de auscultação estrutural.

A auscultação estrutural permite avaliar a capacidade estrutural de um pavimento flexível existente através da análise de um parâmetro de estado designado deflexão que é obtido através de ensaios realizados com equipamentos de deflectometria, nomeadamente a Viga Benkelman.

Deste modo, o trabalho aqui apresentado consistiu em realizar um estudo de reabilitação do pavimento dum arruamento urbano que exibia algumas degradações superficiais, usando a Viga Benkelman para avaliação estrutural. No ensaio, as deflexões do pavimento foram obtidas através do método da linha de influência. No total foram nove pontos de ensaio realizados numa extensão de 720 metros da Avenida Abade Baçal localizada em Bragança.

Os pontos de leitura registados no momento do ensaio e que permitiram obter a linha de influência dos nove pontos de ensaio foram os seguintes: 0.00 m; 0.25m; 0.50m; 1.00 m; 2.50 m; 3.70 m 5.00 m.

A figura 1 ilustra os resultados das deflexões nos diversos pontos de ensaio. Verifica-se que a máxima deflexão ocorre aos 1335 metros que corresponde à zona com maior degradação superficial.

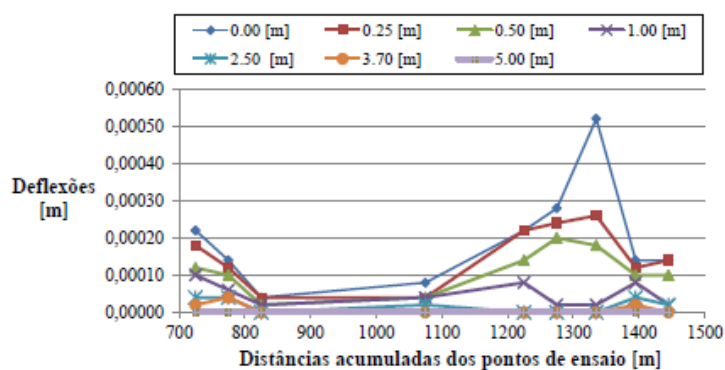


Fig. 1 - Relação entre as deflexões para cada ponto de ensaio

A divisão do trecho do pavimento ensaiado em zonas de comportamento estrutural homogéneo foi obtida através do método das diferenças acumuladas, onde o parâmetro de

uniformidade foi a deflexão máxima. No estudo elaborado foram identificados três zonas de comportamento estrutural homogéneo, como ilustrado na figura 2.

Para uma posterior classificação estrutural do pavimento, para cada zona homogénea foi determinado o deflectograma característico, ilustrados na figura 2.

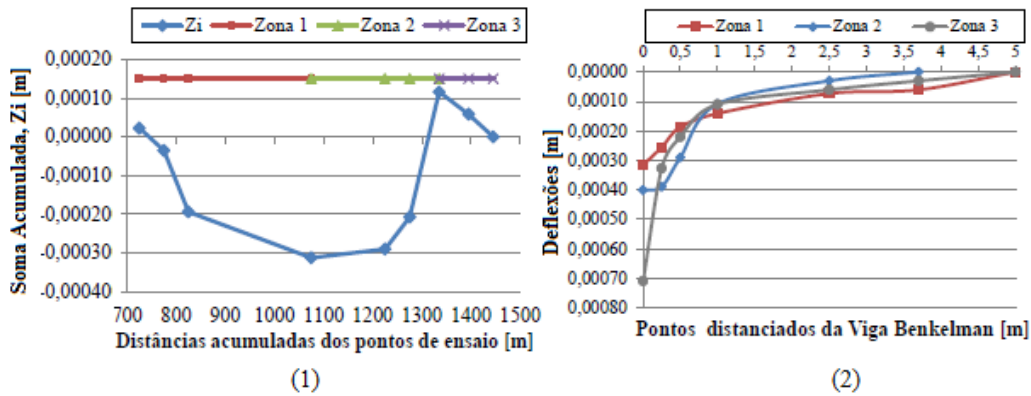


Fig. 2 - Divisão em zonas de comportamento estrutural homogéneo (1); Comparação entre os deflectogramas característicos de cada zona (2)

Os módulos de deformabilidade, das três camadas do pavimento existente, foram determinados iterativamente pelo método da retroanálise para as três zonas homogéneas. Posteriormente, os módulos das camadas betuminosas foram corrigidos para uma temperatura de projeto. Desta forma foi possível dimensionar e comparar a camada de reforço, realizada em dois materiais alternativos, mistura betuminosa convencional e mistura com betume modificado com borracha, através da utilização de três métodos Empíricos-Mecanicistas: o Manual de Dimensionamento de Reforços de Pavimentos Flexíveis das Estradas de Portugal (MDRPF) [EP-JAE,1995], o Método da Shell [SHELL,1978] e um método de dimensionamento de reforços de pavimento considerando reflexão de fendas, proposto por Sousa et al., 2002. Na tabela 1 apresentam-se os resultados obtidos por cada método.

Tabela 1 - Comparação entre as espessuras da camada de reforço pelos três métodos

		Espessura da camada de reforço [m]			BMB - Mistura de Betume Modificado com Borracha
		MDRPF	SHELL (SPDM)	Reflexão de Fendas	
Zona 2	MC	0,040	0,070	0,072	MC - Mistura Convencional
	BMB	0,020	0,072	0,045	
Zona 3	MC	0,120	0,038	0,037	
	BMB	0,070	0,061	0,027	

Conclui-se que o reforço de pavimentos constituído por uma mistura com BMB melhora o comportamento do pavimento principalmente devido às suas propriedades de boa flexibilidade, boa resistência à fadiga e uma boa contribuição para o comportamento global do pavimento à deformação permanente.

## REFERÊNCIAS

[1]-Branco, F.; Pereira, P.; Picado Santos, L., Pavimentos Rodoviários, Edições Almedina, Coimbra, 2008.