https://doi.org/10.4322/CBPAT.2022.038

ESTUDO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM NO AEROPORTO DE TERESINA - PI

Guilherme Mendes Figueredo[1]*, Yohana Fernanda Ribeiro de Sampaio[2]; Maria de Jesus Melo Cerqueira[3]; Claudeny Simone Alves Santana[4]
*Autor de contato: guilhermemfigueredo1@gmail.com

[1,2,3,4] Engenharia Civil, Centro universitário Uninovafapi, Teresina, Brasil

RESUMO

Com o tráfego de aeronaves, o surgimento de manifestações patológicas na Pista de Pouso e Decolagem (PPD) é constante, na qual a existência desses danos influencia diretamente no conforto e na segurança dos seus usuários, como também para a degradação da pista que tende a acorrer gradativamente. Diante disso, essa pesquisa tem o intuito de identificar possíveis danos patológicos na PPD do Aeroporto de Teresina – Senador Petrônio Portella, bem como quantificá-los e qualificá-los, para que se possa buscar uma alternativa eficiente que amenize a incidência desses detrimentos. Para tal estudo, foi feita a verificação através do método de LVC, sendo possível identificar danos em segmentos da via estudada.
Palavras-chave: Pavimentação aeroportuária; patologia; pavimento.

ABSTRACT

With aircraft traffic, the emergence of pathologies on the Runway of Landing and Takeoff (PPD) is constant, in which the existence of these pathologies directly influences the comfort and safety of its users, as well as the degradation of the runway that tends to occur. gradually. Therefore, this research aims to identify possible pathologies in the PPD of Teresina Airport - Senador Petrônio Portella, as well as quantify and qualify them, so that an efficient alternative can be sought that mitigates the incidence of these pathologies. For this study, verification was carried out using the LVC method, making it possible to identify pathologies in segments of the studied pathway.
Keywords: Airport paving; pathologies; pavement.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Bielschowsky (2011) a origem do setor de transportes aéreos no Brasil deuse por volta das décadas de 1920 a 1960, onde o cenário da economia brasileira passava por fortes mudanças. A estrutura do mercado de transporte aéreo brasileiro na década de 1930 foi submetida a impactos negativos, uma vez que a tecnologia disponibilizada para o mercado estava monopolizada por empresas estrangeiras, vindo a mudar esse cenário apenas no final da década de 1950, onde as empresas nacionais conseguiram consolidação no mercado. Nos últimos anos houve um aumento na demanda de fabricação de aeronaves, isso ocorreu devido a intenso tráfego de

pessoas e mercadorias que acontece diariamente nos aeroportos brasileiros (VALERIO, 2019). Isso está atrelado ao progresso de uma nação, proporcionando acessibilidade e mobilidade entre pessoas e mercadorias e que tornou possível o uso desse meio de transporte por milhões de pessoas, favorecendo as grandes empresas nacionais. Com isso, tornou-se necessária à retomada dos investimentos na infraestrutura aeroportuária brasileira, fazendo com que a mesma saísse da estagnação que se encontrava durante décadas. (KONISHI, 2015).

Os aeroportos possuem como principal elemento de ligação entre os voos e as operações de embarque e desembarque a denominada Pista de Pouso e Decolagem (PPD). Visando a prevenção de acidentes e incidentes, é necessário que se tenha uma manutenção rigorosa na via em questão, atentando principalmente a sua degradação que tende a ocorrer com o tempo e o uso contínuo da mesma.

Nesse sentido a presente pesquisa tem como objetivo o estudo e levantamento de patologías na PPD do aeroporto de Teresina, bem como a proposição de soluções para garantir principalmente a segurança no que diz respeito a pouso e decolagens na mesma.

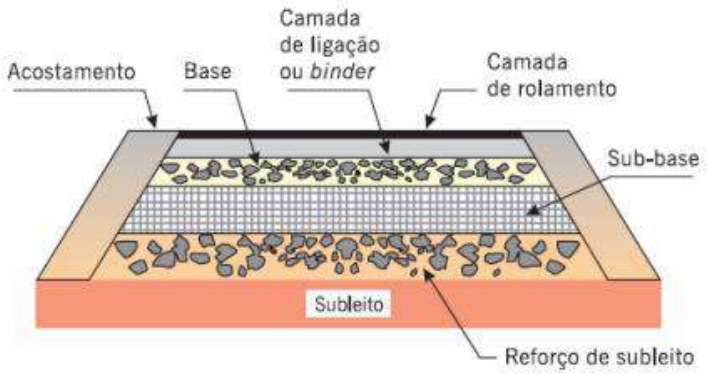
2. PAVIMENTOS

2.1 Estrutura de um pavimento

De acordo com Bernucci [et al.]. (2006) Os pavimentos asfálticos são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos. É formado por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. O revestimento asfáltico pode ser composto por camada de rolamento – em contato direto com as rodas dos veículos e por camadas intermediárias ou de ligação, por vezes denominadas de binder, embora essa designação possa levar a uma certa confusão, uma vez que esse termo é utilizado na língua inglesa para designar o ligante asfáltico. Dependendo do tráfego e dos materiais disponíveis, pode-se ter ausência de algumas camadas. As camadas da estrutura repousam sobre o subleito, ou seja, a plataforma da estrada terminada após a conclusão dos cortes e aterros.

O pavimento tem em sua composição várias camadas que auxiliam de reforço para a estrutura das vias. Estas, ilustradas na Figura 1, possuem uma ou mais atribuições específicas para garantir que as estradas tenham condições adequadas de suporte e rolamento nas diversas condições climáticas. Os requisitos aos quais são concebidos, têm em seu sentido puramente estrutural, para receber e transmitir esforços para aliviar as camadas das partes inferiores.

Figura 1 - camadas de pavimento flexível



Fonte: Balbo (2008)

2.2 Pavimentos mais utilizados em Aeroportos

Segundo Barros (2008), é de suma importância que o pavimento dimensionado tenha e mantenha as propriedades fundamentais, de modo que os objetivos possam ser atingidos, tais como a capacidade suportada pelo pavimento, a resistência à derrapagem, a regularidade da superfície longitudinal e também danos causados por objetos que causam riscos, chamados de Foreign Object Debris (FOD).

Sabendo disso, tem-se conhecimento de vários tipos de revestimentos asfálticos: Tratamento Superficial, Concreto Asfáltico, Pré-Misturado a Frio, etc. Para determinar qual revestimento a ser utilizados no pavimento, deve-se levar em consideração alguns fatores.

O Concreto Asfáltico Denso (CA), também denominado de Concreto Asfáltico Usinado a Quente (C.A.U.Q.) é um composto asfáltico conhecido por ser muito resistente, sendo essa propriedade ligada diretamente a escolha e dosagem de materiais de foma conveniente e adequada. Devido ao seu arranjo consistir em partículas bem graduadas, a quantidade de ligante asfáltico não pode ser excessiva, mesmo que seja para ajudar a preencher vazios e cobrir os elementos, pois a mistura ainda precisa ter um índice de vazios em torno de 3 a 5%, isso no caso de camada de rolamento, que consiste na camada que sofre contato direto com os pneus. Esse é o tipo de revestimento mais utilizado no Brasil para Pistas de Pouso e Decolagem, a sua aplicação segue as especificações técnicas ditadas pela DIRENG (Diretoria de Engenharia Aeronáutica), que determina as condições para que a camada de revestimento, de base e de nivelamento sejam executadas. A Figura 5 mostra um exemplo de PPD com revestimento em concreto asfáltico. (SILVA, 2004)

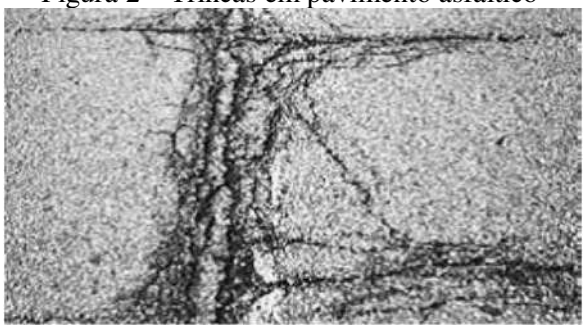
A Camada Porosa de Atrito (CPA) vem se difundido desde o início da década de 90, principalmente nos Estados Unidos e Europa, surgiu pela necessidade de melhorar as 24 condições de segurança de tráfego em pistas de aeroportos, pavimentação rodoviária e urbana. Apresenta um alto índice de vazios, variando entre 10 a 25%, essa condição de vazios ajuda na questão da infiltração de águas pluviais e na percolação até que essa água seja drenada pelas laterais do pavimento. Uma vez que esse tipo de revestimento auxilia no atrito do pavimento com os pneus, ele também contribui para a redução de ruídos. É um revestimento bastante utilizado no mundo, entretanto exige que o processo construtivo seja feito de forma impecável para que se aproveite todas as propriedades por ele fornecidas, como exemplo, no Brasil temos o Aeroporto Santos Dumont. A Figura 6 mostra uma amostra de CPA conforme foi definida anteriormente. (SIQUEIRA, 2017)

3 PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS AEROPORTUARIOS

3.1 Trincas

Segundo Silva (2008), as trincas são descontinuidades com largura superior as fisuras (FI), as quais só são visiveis a distância inferior a 1,5m. As trincas no Revestimento, como podem ser observadas nas Figuras 2 e 3, podem ser devido a fadiga ou nao. A fadiga está relacionada com a repetição da passagem de carga de veículo comercial. Os automoveis não causam problemas estruturais, mais somente a Redução do Atrito, o que pode causar acidentes.

Figura 2 – Trincas em pavimento asfáltico



Fonte: US Department of Transportation(2004).

Figura 3 – Trincas isoladas



Fonte: US Department of Transportation(2004).

As trincas que têm como causa a fadiga podem ser isoladas, ou interligadas. As trincas couro de jacaré representan estágio atual avançado de fadiga. Caracterizam-se por ter ângulo agudo a maior aresta de comprimento inferior a 30 cm. Inicialmente, tem-se uma serie de trincas isoladas.

3.2 Remendos

Segundo DNIT (2010) Reparações localizadas ou remendos, são as operações corretivas processadas normalmente a nível do revestimento asfáltico, com o objetivo de corrigir manifestações de ruína específicas, bem definidas e de pequenas dimensões; em alguns casos extremos, a sua magnitude pode atingir frações das camadas granulares subjacentes. Tais operações podem ser visualizadas nas Figuras 4 e 5 e têm sido, de um modo geral, consideradas como de importância secundária ou relativa, e por conseguinte, realizadas, não raras vezes, sem o esmero e a qualidade necessários.

Figura 4 – Remendo com desnível



Fonte: US Department of Transportation(2004).

Figura 5 – Remendo em pavimento



Fonte: US Department of Transportation(2004).

3.3 Desagregação

Cerqueira (2020) A degradação inicia devido à evaporação dos óleos leves do ligante asfáltico que contribuem para que a viscosidade do mesmo diminua consideravelmente devido ao aquecimento excessivo na usinagem ou à oxidação enquanto o ligante era exposto a temperatura ambiente. O tráfego das aeronaves permite que os pneus sobre o revestimento provoquem forças no sentido horizontal como também de sucção que por sua vez, contribuem para a retirada do ligante asfáltico no agregado da matriz asfáltica, causando essas degradações demonstradas nas Figuras 6, 7 e 8. DNER (1998) descreve a desagregação como a perda do agregado superficial devido à fratura do filme do ligante asfáltico ou pela perda de adesão entre o ligante e o agregado, o que impede de suportar os esforços que são gerados na área de contato pneu-pavimento.

Figura 6 – Desagregação superficial



Fonte: US Department of Transportation(2004).

Figura 7 – Desagregação superficial



Fonte: US Department of Transportation(2004).

Figura 8 – Desagregação superficial

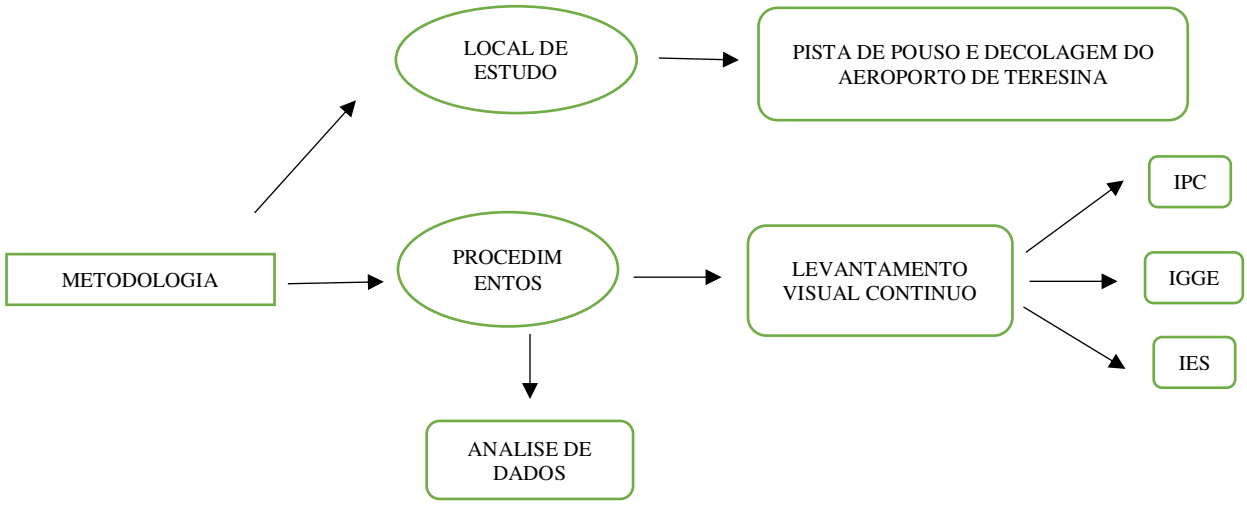


Fonte: Cerqueira (2020)

4. METODOLOGIA

Essa pesquisa fundamentou-se em uma vista de campo a pista de pouso e decolagem do Aeroporto de Teresina e vários estudos feitos através de referências bibliográficas relacionadas às patologias. O Fluxograma 1 apresenta as etapas para o desenvolvimento desta pesquisa.

Fluxograma 1 – Etapas da Pesquisa



Fonte: Autores (2022)

O presente estudo tem como foco a Pista de Pouso e Decolagem do Aeroporto Senador Petrônio Portella, localizado na cidade de Teresina-PI, onde foi feita a relação dos danos patológicos nela existentes. A Figura 9 mostra a vista aérea do Aeroporto de Teresina nas quais suas coordenadas são 5.0591929321090685, -42.82369527194688.

Figura 9 - Vista aérea do Aeroporto de Teresina



Fonte: GOOGLE MAPS (2020)

Foi feita uma visita na pista de pouso, onde foi percorrido toda a extensão da pista de pouso e decolagem e feito o levantamento dos principais danos patológicos apresentados na pista no dia da inspeção, tais detrimentos existentes no Aeroporto foram registrados e catalogados através de fotos, seguindo todas as normas do levantamento visual continuo (Levantamento visual continuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos).

De acordo com DNIT 008/2003 – PRO, a presente norma foi preparada pela Diretoria de Planejamento e Pesquisa, para servir como documento base no levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos por meio de determinação do Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis (ICPF), do Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) e do Índice do Estado de Superfície do Pavimento (IES).

A Norma de Levantamento Visual Contínuo (LVC) fixa os procedimentos exigíveis na avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos com base na determinação do valor do ICPF, ao mesmo tempo em que proporciona também as informações necessárias para o cálculo do IGGE e do IES. (DNIT 008/2003 – PRO).

5. RESULTADOS

O Levantamento Visual Contínuo permite identificar os danos patológicos em segmentos da via estudada, como também quantificá-los, além de determinar o Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis – ICPF, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis – ICPF

SEGMENTO				FREQUÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, ou S)										ICPF
Nº DO SEG	ODÔMETRO/KM		Ext	P	TRINCAS			R	DEFORMAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			
	INÍCIO	FIM			TR	TJ	TB		AF	O	D	EX	E	
	0,0	0,5	0,5	B	M	S	B	A	B	B	B	B	S	1,5
1														
	0,5	1,0	0,5	B	A	B	B	M	A	A	M	M	B	3,5
2														
	1,0	1,5	0,5	B	M	S	S	A	B	M	B	S	S	1,0
3														
	1,5	2,0	0,5	B	B	S	S	A	B	M	B	S	S	1,5
4														
	2,0	2,2	0,5	B	B	S	B	A	M	M	B	B	S	1,0

P – Panela AF – Afundamento D – Desgaste do Pavimento TR – Trinca Isolada O – Ondulações

TJ – Trinca Couro E – Escorregamento do Resvestimento Betuminoso R – Remendo EX – Exsudação

TB – Trinca em Bloco ICPF – Índice de Condições dos Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos

Fonte: Cerqueira (2020)

Feito o Levantamento Visual Contínuo, são evidenciados alguns dos danos patológicos encontradas na PPD do Aeroporto de Teresina. De acordo com o formulário do LVC, obteve-se o quantitativo de danos encontradas na PPD. Através das tabelas que fornecem os valores dos pesos e frequências de defeitos, foi possível a realização do cálculo do Índice de Gravidade Global Expedito – IGGE, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Índice de Gravidade de Global Expedito - IGGE

SEGMENTO				TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELA + REMENDO			(Ft x Pt) +(Foap x Poap) + (Fpr x Ppr) =
Nº DO SEG	Km Início	Km Fim	Ext	Ft	Pt	Ft x Pt	Foap (%)	Poap	Foap x Poap	Fpr nº	Ppr	Fpr x Ppr	
1,0	0,0	0,5	0,5	16,0	0,3	4,8	16,0	0,6	9,6	2,0	0,7	1,4	15,8
2,0	0,5	1,0	0,5	28,0	0,7	18,2	18,0	1,0	28,0	5,0	0,8	4,0	50,2
3,0	1,0	1,5	0,5	12,0	0,3	3,6	12,0	0,6	7,2	2,0	0,7	1,4	12,2
4,0	1,5	2,0	0,5	22,0	0,7	14,3	22,0	1,0	22,0	5,0	0,8	4,0	40,3
5,0	2,0	2,2	0,2	15,0	0,3	4,5	15,0	0,6	9,0	2,0	0,7	1,4	14,9

Fonte: Cerqueira (2020)

Por fim, obteve-se o Índice de Estado da Superfície do Pavimento – IES que indica um código e o conceito sobre cada patologia analisada de acordo com o Índice de Condição do Pavimento Flexível - ICPF e do Índice de Gravidade Global Expedito - IGGE, como podemos visualizar os resultados na Tabela 3.

Tabela 3 - Índice de Estado da Superfície do Pavimento – IES

SEGMENTO				RESULTADOS					
Nº DO SEG	Km Início	Km Fim	Ext	ICPF	IGGE	IES			OBSERVAÇÕES
						Valor	Cod.	Conceito	
1,0	0,0	0,5	0,5	1,5	15,8	2	B	BOM	
2,0	0,5	1,0	0,5	3,5	50,2	4	C	REGULAR	
3,0	1,0	1,5	0,5	1,0	12,2	1	B	BOM	
4,0	1,5	2,0	0,5	1,5	40,3	5	D	RUIM	
5,0	2,0	2,2	0,2	1,0	14,9	1	B	BOM	

Fonte: Cerqueira (2020)

Fazendo um comparativo com a pesquisa de Almeida (2019), que analisou o Aeroporto do estado do Amazonas, grande parte da PPD apresentava trincas isoladas nos trechos inicias. Da mesma forma, o Aeroporto de Teresina apresentou comportamento semelhante no que diz respeito às trincas, como também, apresentou predominância à lixiviação. Isso ocorre devido ao fato de que os primeiros trechos da PPD sejam as zonas de toque (de ambos os lados), onde as rodas do avião tocam o asfalto na hora do pouso, a Figura 9 mostra alguns danos patológicos encontrados na PPD do Aeroporto de Teresina, entre eles, trincas isoladas, remendos, desagregação e lixiviações.

Figura 9 - Algumas patologias encontradas na PPD



Figura 9a- Trinca isolada



Figura 9b-Remendo com 15,20 m de comprimento



Figura 9c- Desagregação do material



Figura 9d- Lixiviação

Fonte: Cerqueira (2020)

No Aeroporto do Amazonas, o IES chegou a apresentar um índice PÉSSIMO, enquanto que no Aeroporto de Teresina, o índice chegou a RUIM apenas em um dos segmentos, apresentando-se como bom em sua grande parte, isso pode ser explicado pela manutenção recentemente feita na PPD do aeroporto como também pelo baixo tráfego de aeronaves que trafegam no Aeroporto de Teresina atualmente.

6. CONCLUSÃO

De acordo com os seguimentos divididos, três trechos encontram-se em uma situação boa quando se refere aos índices de estados das superfícies, duas encontram-se em uma situação adversa, apresentando-se ruim. Dessa forma, deverá ser feita uma análise mais aprofundada para indicar as possíveis soluções para melhorar as condições do estado desse pavimento. Uma das soluções estabelecidas por Cerqueira (2020), em seu estudo apresentado, propõe o uso de um pavimento SMA (Stone Matrix Asphalt) pra melhor o índice do estado de superfície do pavimento.

7. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Tribunal de Contas do Estado do Piauí, ao IME - Instituto Militar de Engenharia – e ao Centro Universitário Univovafapi, pelo apoio e meios para realização de pesquisas e/ou ensaios laboratoriais. Agradecemos também à Infraero pela viabilização desse estudo tornando possíveis as visitas à Pista de Pouso e Decolagem de Teresina – Senador Petrônio Portella.

REFERÊNCIAS

ANAC. BIBLIOTECA DE PATOLOGIAS DE PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS, Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária – SIA, 2019.

AZAMBUJA, A. R. PAVIMENTOS ASFÁLTICOS: ANÁLISE DE PATOLOGIAS NA REPAVIMENTAÇÃO DE TRECHOS DEVIDO A OBRAS DE REDE DE ESGOTO SANITÁRIO. UFRS, Rio Grande do Sul, 2009.

BALBO, J. T. **PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA: MATERIAIS, PROJETOS E RESTAURAÇÃO**. Oficina de texto, 2007.

BERNUCCI, Leidi Bariani et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS/ABEDA, 2006.

CERQUEIRA, M.J.M ANÁLISE DA VIABILIDADE DE INSERÇÃO DE PÓ DE MÁRMORE EM UM REVESTIMENTO ASFÁLTICO DO TIPO SMA PARA APLICAÇÃO EM PISTA DE POUSO E DECOLAGEM DE AEROPORTOS. Dissertação de Conclusão de Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Centro Universitário Uninovafapi – NOVAFAPI, Teresina, 2020.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. ES 386/99: pavimentação: pré-misturado a quente com asfalto polímero: camada porosa de atrito. Rio de Janeiro, 1999.

DNIT. Publicação IPR - 719 – MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 3ª ed. Rio de Janeiro, 2006.

FAA. **GUIDELINES AND PROCEDURES FOR MAINTENANCE OF AIRPORT PAVEMENTS**. Advisory Circular – AC 150/5380-6A. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation. Washington, DC, 2007.

Manual de projetos aeroportuários [livro eletrônico] : volume único / Marcio Maffili Fernandes et al. -- 1. ed. -- Brasília, DF: Secretaria Nacional de Aviação Civil, 2021.

MEDINA, J. Mecânica dos pavimentos. 1. ed. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 1997. 380 p.

SILVA, Paulo Fernando. **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos.** 2ª ed. São Paulo: Pini, 2008. V. 1.