

MANUAL de Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Aeroportuários – SGPA



MANUAL de Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Aeroportuários – SGPA

1ª edição - junho de 2017

SUPERINTENDÊNCIA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA – SIA

Superintendente:

Fabio Faizi Rahnemay Rabbani

Gerente de Certificação e Segurança Operacional:

Rodrigo Flório Moser

Gerente Técnico de Manutenção Aeroportuária:

Virgílio de Matos Santos Castelo Branco

Equipe Técnica Responsável:

Anderson Bermond de Lima

Julio Cesar Buzar Perroni

Projeto gráfico e diagramação: Assessoria de Comunicação Social (ASCOM)

Dúvidas, sugestões e críticas podem ser enviadas para o e-mail:

gtem.sia@anac.gov.br

MANUAL de Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Aeroportuários – SGPA

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	7
2. Objetivos	8
3. Público-alvo	9
4. Introdução	10
4.1. O que é o SGPA	10
4.2. É obrigatória a criação de um SGPA?	10
4.3. Por que criar um SGPA no aeroporto?	10
4.4. Como criar um SGPA no aeroporto?	11
4.5. Se o aeroporto está certificado, é preciso inserir no Manual de Operações do Aeródromo (MOPS) a documentação referente ao SGPA?	11
5. Revisão do Assunto	12
5.1. Níveis de gerenciamento	14
5.2. Elementos essenciais de um SGPA	16
5.3. Estratégias de manutenção e reabilitação	18
6. SGPA – Nível de Rede	21
6.1. Componentes do SGPA	21
6.1.1. Definição da rede de pavimentos	21
6.1.2. Banco de dados	22
6.1.3. Modelos de previsão da condição do pavimento	22
7. Avaliação da condição funcional	23
7.1. Orientações quanto ao levantamento do PCI	23
7.1.1. Definição e mapeamento da rede de pavimentos e cálculo do PCI	26
7.1.2. Lista de defeitos considerado pelo PCI	29
7.2. Plano de amostragem	30
7.3. Frequência sugerida para a avaliação funcional (PCI)	30
7.4. Escala de PCI e Estratégias de M&R	31
7.5. Relatório da condição funcional	32
8. Avaliação da condição estrutural	34
8.1. FWD	35
8.2. GPR	35
8.3. Sondagens e DCP	36
8.4. Relatório da condição estrutural	38
9. Considerações gerais	40
APÊNDICE A - Modelos de árvores de decisão	41
APÊNDICE B - Modelos de fichas de inspeção para avaliação do PCI – pavimento flexível e rígido	43
APÊNDICE C - Exemplo de biblioteca dos defeitos e nível de severidade – método do PCI	45
APÊNDICE D - Exemplo de uma rede	47
APÊNDICE E - Referência bibliográfica	49

Lista de Símbolos, Nomenclaturas e Abreviações

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACN – *Aircraft Classification Number*
ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil
ART – Anotação de Responsabilidade Técnica
ASTM – *American Society for Testing and Materials*
CBR – *California Bearing Ratio* ou Índice de Suporte California
DCP – *Dynamic Cone Penetrometer*
DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FOD – Foreign Object Debris
FAA – Federal Aviation Administration
FWD – *Falling Weight Deflectometer*
GPR – Ground Penetrating Radar ou Geo-radar
OACI – Organização Internacional de Aviação Civil
IRI – *International Roughness Index* ou Índice de Irregularidade Longitudinal
M&R – Manutenção e Restauração
MOPS – Manual de Operações do Aeródromo
PCI – *Pavement Condition Index*
PCN – *Pavement Classification Number*
RBAC – Regulamento Brasileiro de Aviação Civil
RWY – *Runway* ou Pista de Pouso e Decolagem
SGPA – Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Aeroportuários
TRB – *Transportation Research Board*
TWY – *Taxiway* ou Pista de Táxi
USACE – *Unites State Army Corps of Engineers*

1. APRESENTAÇÃO

A ANAC, por meio do RBAC nº 153, define que o Operador de Aeródromo deve estabelecer e documentar requisitos e procedimentos de monitoramento e de avaliação do estado do pavimento baseados em metodologia de sistema de gerenciamento de pavimentos, a fim de manter as condições estruturais e funcionais e cumprir os requisitos estabelecidos nas seções 153.203, 153.205, 153.207, 153.215 e no apêndice C do regulamento.

Nesse contexto, a ANAC apresenta o presente Manual, que tem por objetivo a proposição de um modelo de orientação complementar ao requisito estabelecido no Regulamento, de forma a orientar o regulado no estabelecimento de um Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Aeroportuários.

2. Objetivos

Os objetivos específicos do manual são:

- a) descrever os elementos necessários para a efetividade do SGPA;
- b) oferecer um guia prático para a instituição de um SGPA;
- c) fornecer orientação da forma de cumprimento do requisito, por parte dos operadores aeroportuários.

A ANAC recomenda a implementação das práticas previstas neste manual, mas esclarece que o seu conteúdo não possui natureza normativa. Além disso, as práticas indicadas devem ser adaptadas às peculiaridades de cada aeródromo.

Destaca-se também que o cumprimento do disposto neste manual não isenta o operador do aeródromo de cumprir os requisitos estabelecidos nos regulamentos editados pela Agência.

3. Público-alvo

O SGPA é importante para todos os aeroportos com voos regulares, principalmente para aqueles com **configuração complexa e densidade de tráfego média ou alta**.

Em decorrência do estabelecido no requisito 153.203(c) e no Apêndice A do RBAC 153, a ANAC exige que os operadores de aeródromo classe IV estabeleçam um SGPA. Dessa forma, esse é o principal público-alvo deste manual.

Ressalta-se que diversas orientações constantes deste Manual podem ser úteis também para os Operadores de Aeródromo das Classes I a III, em especial os detalhamentos das Avaliações Funcionais e Estruturais dos Pavimentos Aeroportuários, que podem e devem ser realizadas em diversos casos, independentemente do estabelecimento de um SGPA.

4. Introdução

4.1. O que é o SGPA

O gerenciamento de pavimentos, em seu sentido mais amplo, inclui todas as atividades envolvidas no planejamento, no projeto, na construção, na manutenção (conservação e restauração) e na avaliação dos pavimentos que fazem parte de uma infraestrutura viária (rodoviária, aeroportuária ou urbana).

Um Sistema de Gerência de Pavimentos Aeroportuários (SGPA) consiste em um conjunto de ferramentas e métodos que auxiliam os gestores e os tomadores de decisões a encontrarem estratégias ótimas para construir, avaliar e manter os pavimentos em uma condição funcional aceitável, durante um certo período de tempo (Rodrigues, 2007).

O SGPA tem como um dos seus objetivos a melhoria contínua do nível de serviço e a segurança da infraestrutura aeroportuária a partir da otimização e do gerenciamento eficaz dos recursos disponíveis.

4.2. É obrigatória a criação de um SGPA?

Sim, a ANAC exige que os operadores de aeródromo classe IV possuam um SGPA, conforme disposto no item 153.203(c) do RBAC 153.

Para as demais classes de aeródromos, a ANAC recomenda a implementação de um SGPA, uma vez que a implantação do sistema é uma forma de melhorar a qualidade dos pavimentos aeroportuários, além de contribuir para minimizar os gastos com a manutenção aeroportuária, reduzindo o custo do ciclo de vida dos pavimentos e aumentando a sua vida útil.

4.3. Por que criar um SGPA no aeroporto?

A finalidade básica de um SGPA é auxiliar a organização responsável pela administração de uma rede viária a responder à seguinte questão: “Sob certas restrições orçamentárias, quais as medidas de conservação e de restauração devem ser executadas, bem como quando e onde, de modo a se preservar o patrimônio representado pela infraestrutura existente e se obter o máximo retorno possível dos investimentos a serem realizados? Além disso, qual parcela dos recursos disponíveis deveria ser alocada para novas pavimentações?” (Rodrigues, 2007)

O SGPA avalia a condição atual e prevê a condição futura do pavimento. Ao projetar a taxa de deterioração, o SGPA auxilia na análise de custos do ciclo de vida para os procedimentos de manutenção e reabilitação do pavimento, ajudando a determinar a melhor alternativa e fornecendo recomendações específicas para ações necessárias para manter a rede de pavimentos em um nível aceitável de serviço.

4.4. Como criar um SGPA no aeroporto?

Este manual visa ajudar na tomada de ações para criação de um SGPA no aeroporto que funcione de modo efetivo.

4.5. Se o aeroporto está certificado, é preciso inserir no Manual de Operações do Aeródromo (MOPS) a documentação referente ao SGPA?

Sim, os procedimentos estabelecidos para o funcionamento do SGPA devem constar no MOPS, em especial do Programa de Manutenção das Áreas Pavimentadas.

5. Revisão do Assunto

A degradação do pavimento de pistas de pouso e decolagem, táxis, pátios e outras áreas de circulação e manobras ocorrem, em geral, de forma gradual, com o acúmulo de defeitos, tendo comportamentos e desempenho diferentes. Assim, cada trecho da rede de pavimentos do aeródromo encontra-se em um nível de serventia diferente, ao longo da vida útil, necessitando ou não de intervenções de **Manutenção e Restauração (M&R)**.

Em função de diversos fatores, como **tráfego, clima, suporte do solo de subleito** etc., as condições da superfície variam de excelente, quando recém construída, a muito ruim ao longo da vida de serviço da estrutura, podendo chegar até mesmo à condição de ruptura (MACEDO, 2005).

A figura 1 demonstra que após um período de uso, a condição do estado do pavimento tende a cair acentuadamente em qualidade e propriedades, em intervalo de tempo relativamente curto.

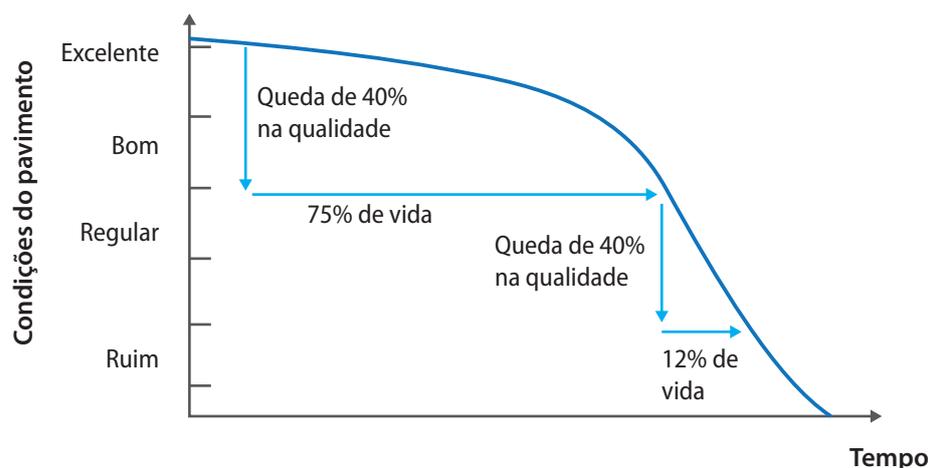


Figura 1 - Ciclo de Vida típico das condições de um pavimento (DEPARTMENT OF DEFENCE, 2015).

Esse comportamento requer que sejam realizadas manutenções preventivas e corretivas para manter essas condições no mais alto nível possível. Com o passar do tempo, o custo das intervenções passa a ser muito alto, perdendo a eficácia sob o aspecto econômico. Assim, há um limite de tempo da vida de serviço para fazer investimentos de conservação a partir do qual somente uma obra de maior porte trará eficácia ao processo.

O retardamento nos serviços de manutenção pode levar à necessidade de vultosos gastos de restauração, da ordem de quatro a cinco vezes mais caros, conforme mostra a figura 2.

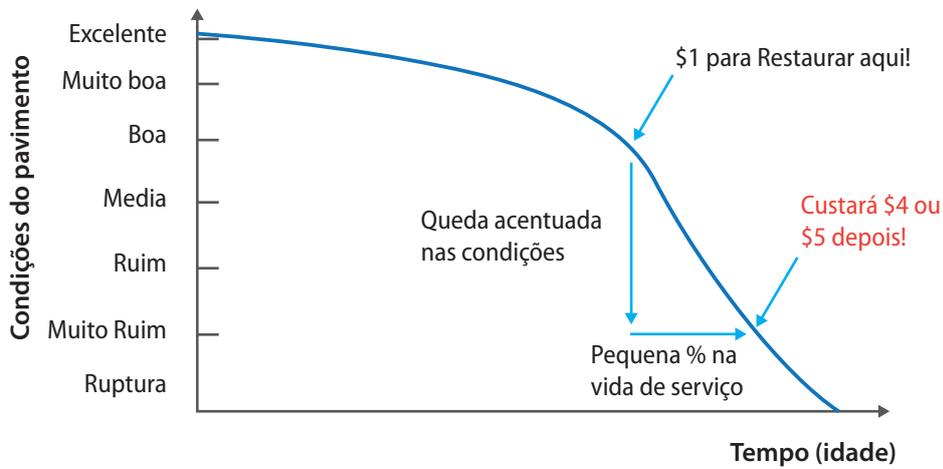


Figura 2 – Representação gráfica do desempenho de um pavimento (SHAHIN, 1994).

Um SGPA integra os seguintes módulos e elementos apresentados na figura abaixo:

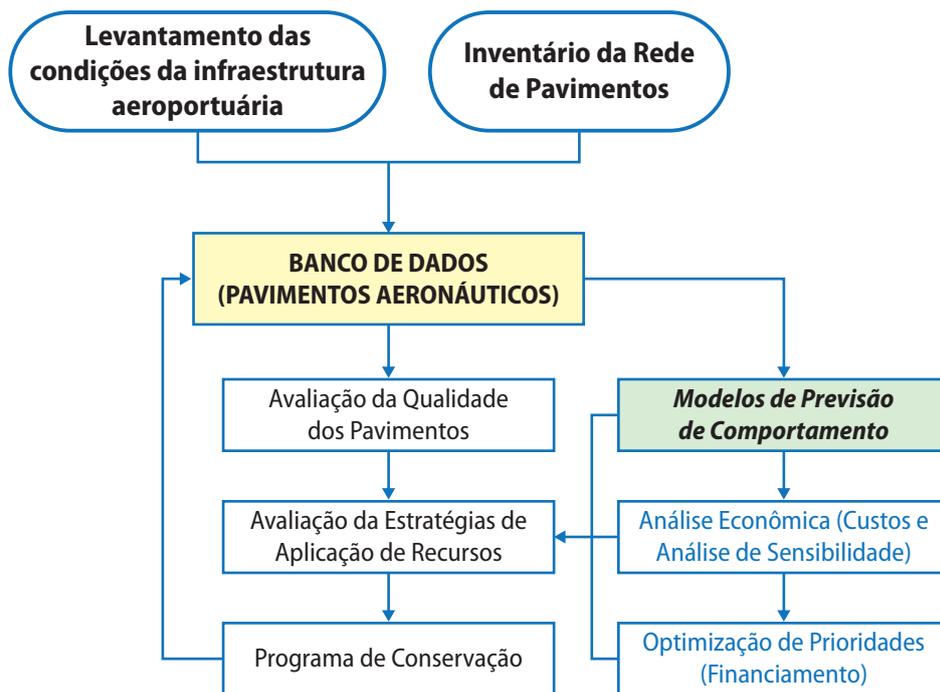


Figura 3 – Estrutura de um SGPA.

O processo de gerenciamento de pavimentos consiste das seguintes tarefas principais:

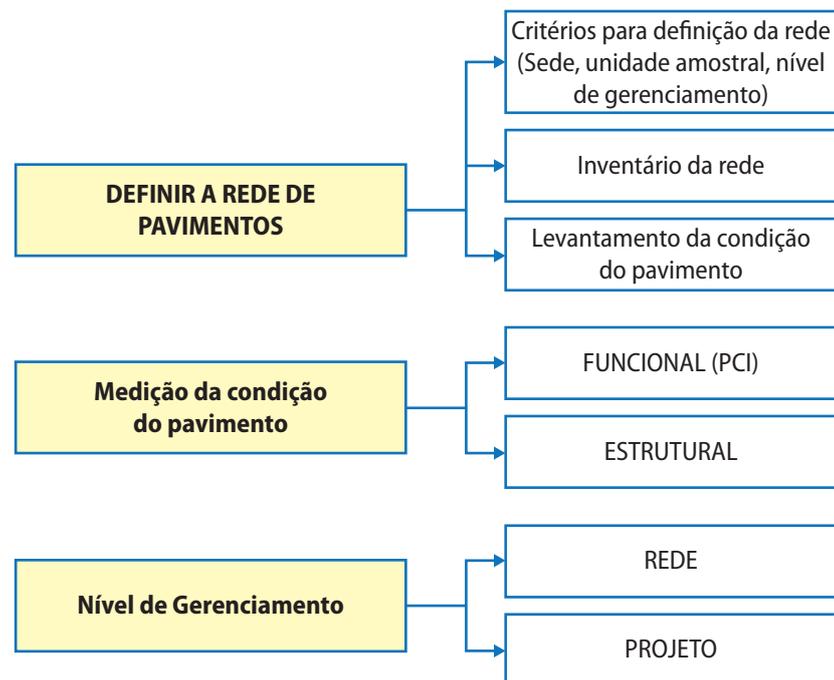


Figura 4 – Tarefas principais de um SGPA.

5.1. Níveis de gerenciamento

Um SGPA pode ser aplicado a dois níveis distintos de gerenciamento: ao “nível de rede” (englobando toda a rede de pavimentos) e ao “nível de projeto” (para a análise de um determinado trecho da rede).

No nível de rede, o sistema de gerenciamento objetiva responder a questões que se relacionam com as necessidades orçamentárias de curto e médio prazos ou com condição geral do pavimento (corrente e futura), servindo de apoio às políticas de gestão por parte da administração e dos responsáveis financeiros.

No nível de projeto, procura-se a solução mais adequada, do ponto de vista técnico-econômico, para cada trecho da rede. É crucial obter informação detalhada e uma análise exaustiva da mesma, de modo a definir com rigor cada projeto em particular.

As figuras 5 e 6 apresentam os fluxogramas que destacam os níveis de gerenciamento da rede de pavimentos.

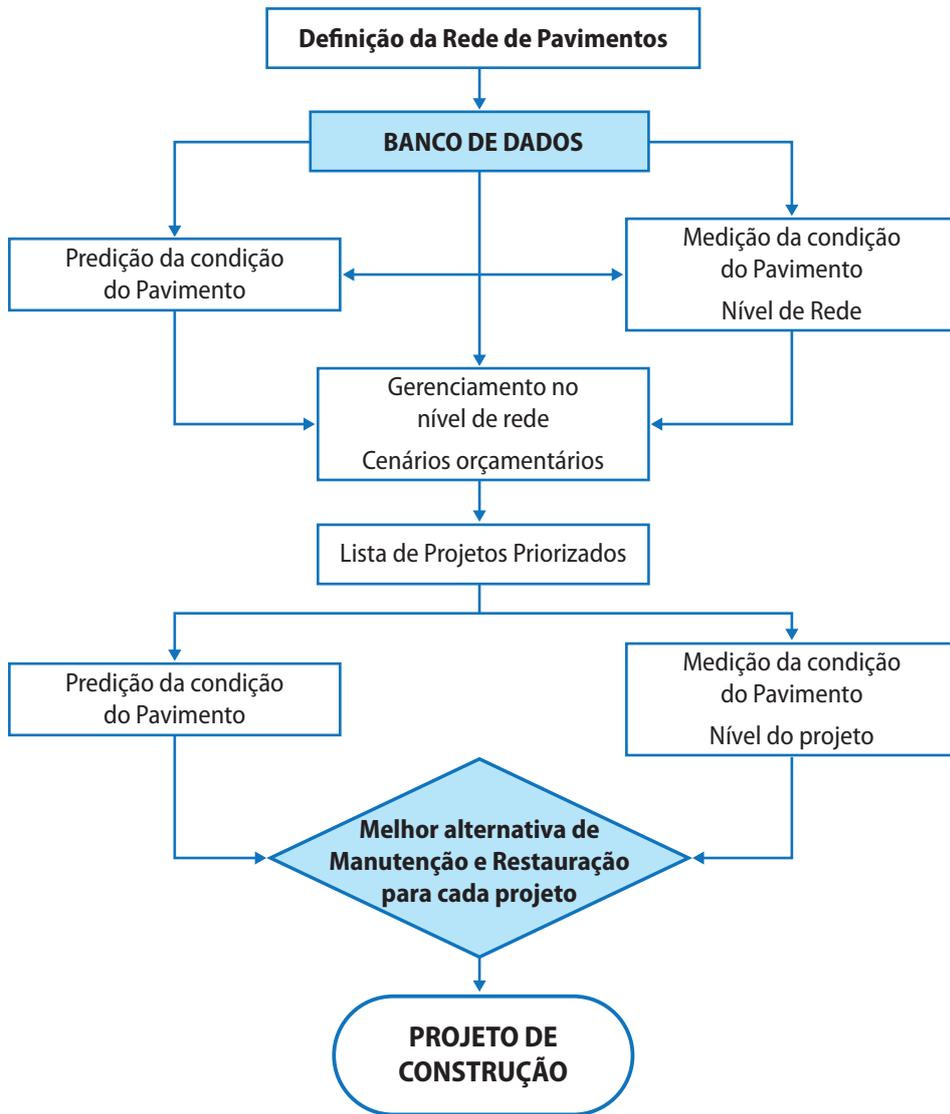


Figura 5 – Níveis de Gerenciamento.

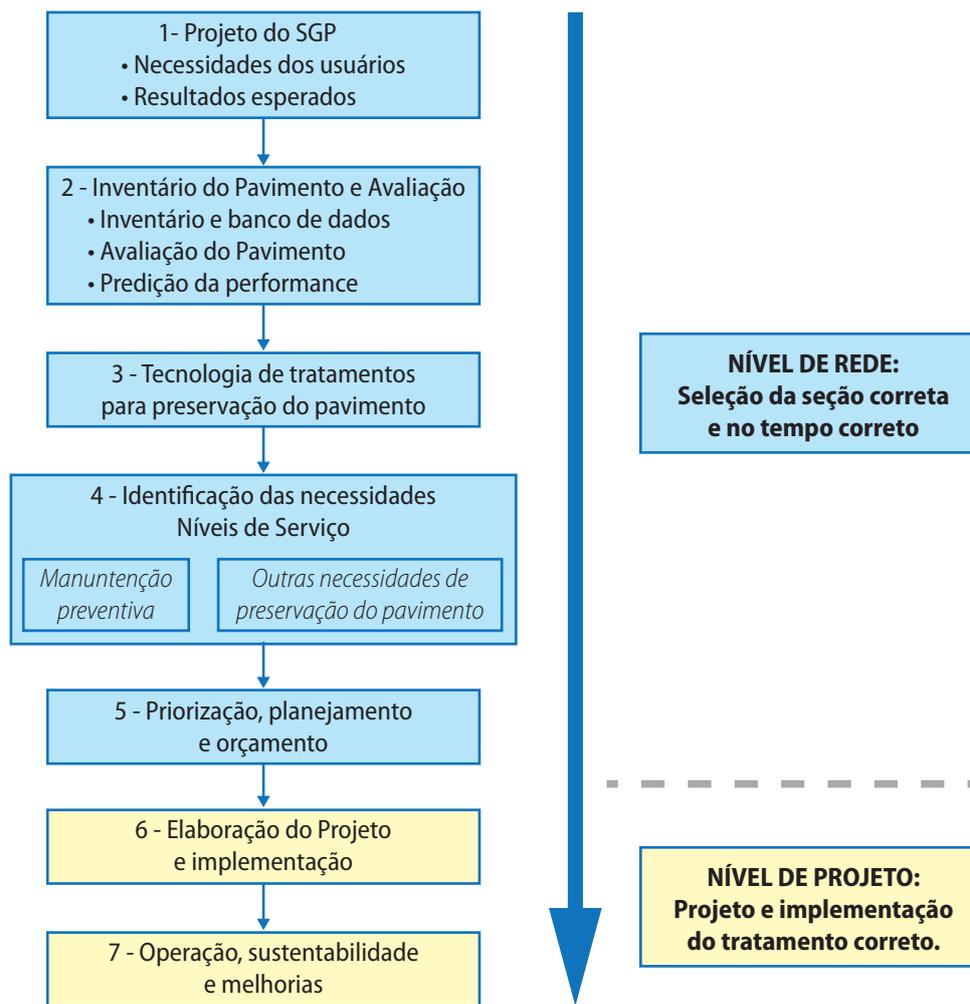


Figura 6 – Níveis de Gerenciamento – rede e projeto.

5.2. Elementos essenciais de um SGPA

A figura 7 apresenta os elementos essenciais de um SGPA.

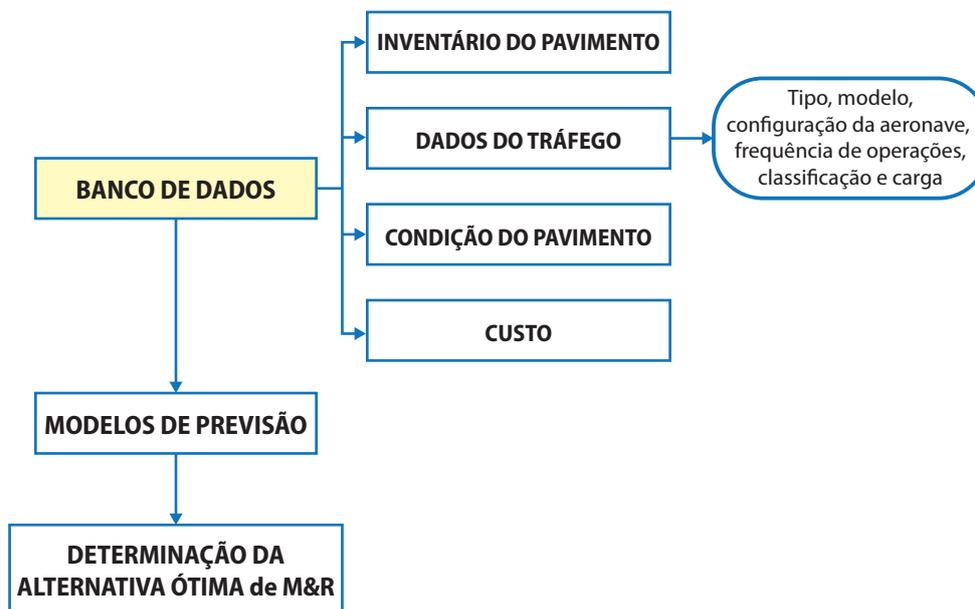


Figura 7 – Elementos essenciais de um SGPA.

A figura 8 apresenta os elementos que devem fazer parte do inventário de um pavimento.

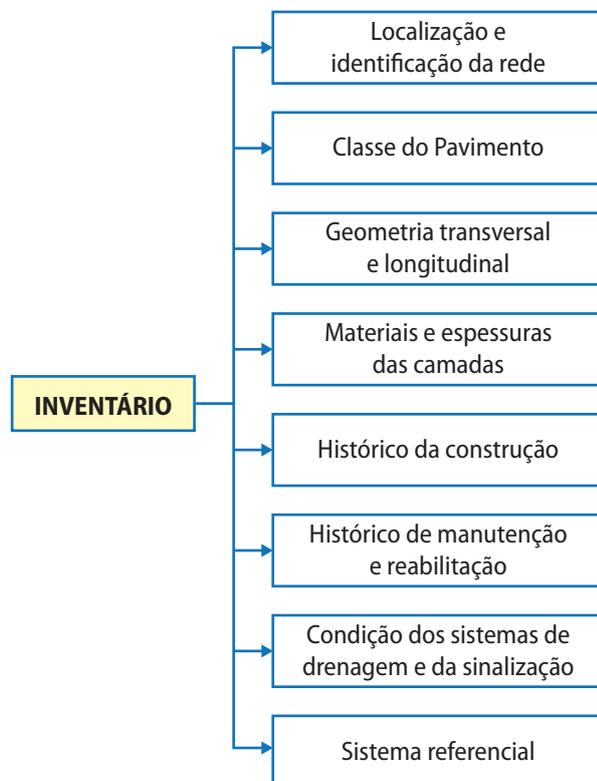


Figura 8 – Elementos de um inventário.

A figura 9 apresenta os métodos de avaliação da condição do pavimento.

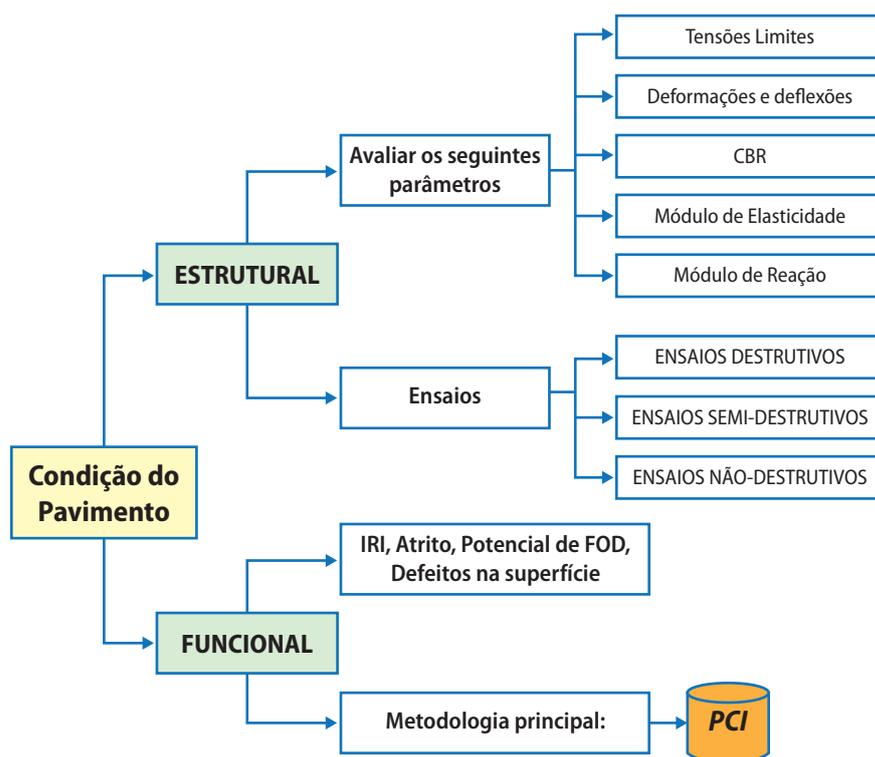


Figura 9 – Métodos de avaliação da condição do pavimento.

A figura 10 apresenta as principais funções e as categorias dos modelos de previsão.

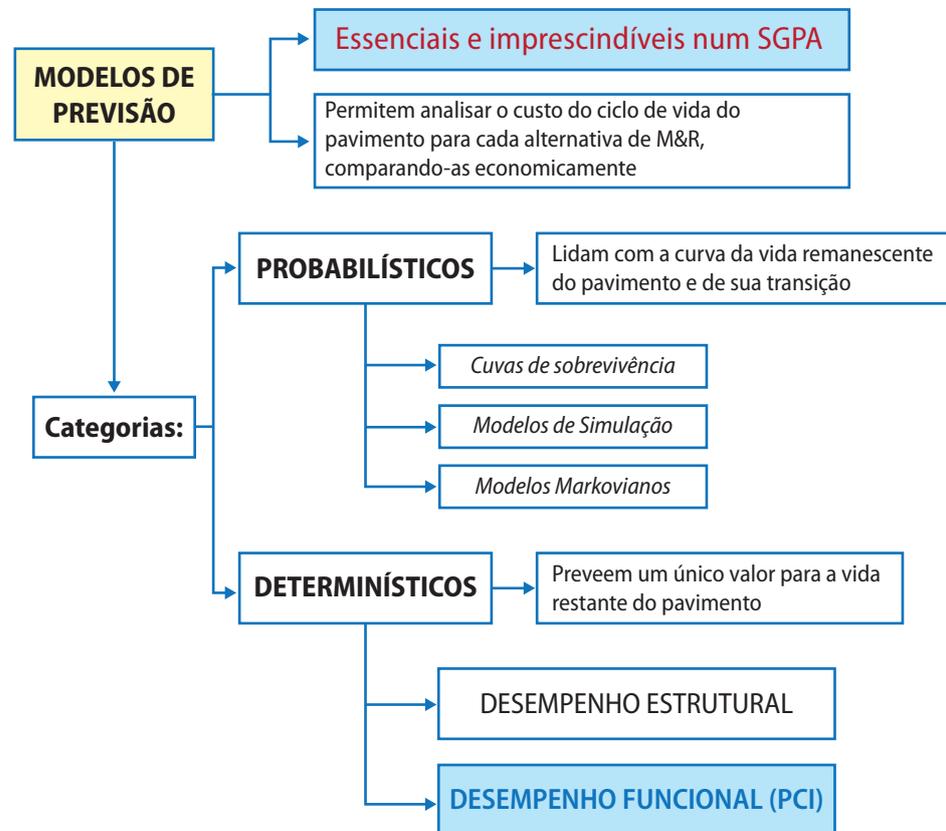


Figura 10 – Modelos de previsão.

5.3. Estratégias de manutenção e reabilitação

O SGPA deve conter a descrição e o detalhamento dos critérios de decisão quanto às alternativas de manutenção e reabilitação, inclusive com possibilidade de serem montadas árvores de decisão para cada tipo de defeito e o nível de severidade.

A figura 11 apresenta as principais estratégias de manutenção e reabilitação.

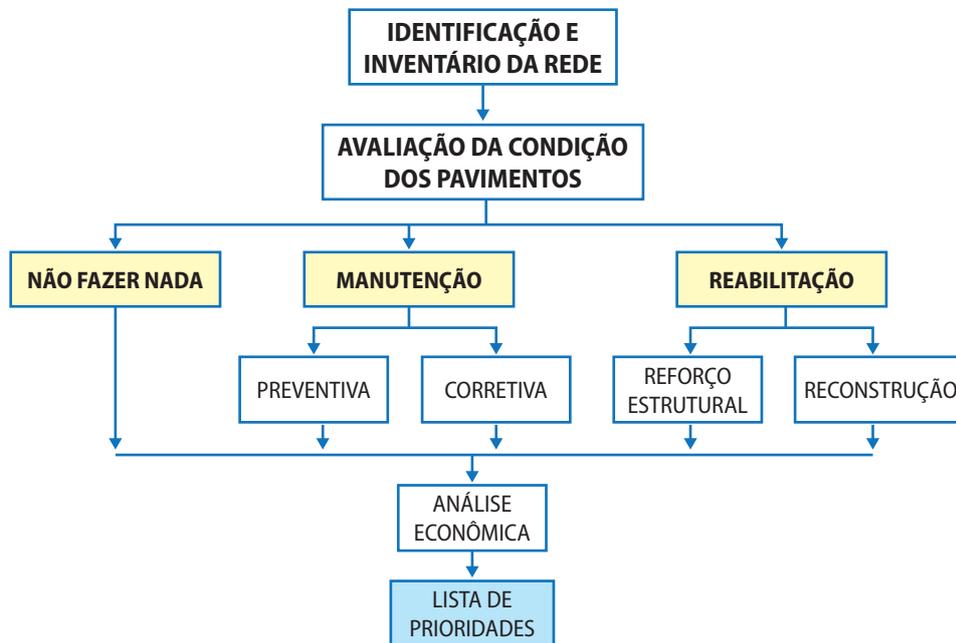


Figura 11 – Estratégias de manutenção e reabilitação (MAPC, 1986).

No Apêndice A, constam alguns modelos de árvores de decisão, proposta por Fernandes Jr. e Pantigoso (1998), no qual são considerados fatores como os tipos de defeitos (nível de severidade e extensão) e o volume de tráfego (quando este influencia a ocorrência do defeito).

Além disso, o operador poderá estabelecer parâmetros da vida de serviço de um pavimento, a partir do estabelecimento de limite de serviço do PCI.



ATENÇÃO! Mais detalhes sobre Avaliação da Condição Funcional, em especial o *Pavement Condition Index* (PCI), podem ser encontrados no Capítulo 7.

Para referência, segue alguns parâmetros:

- a) Segundo a *Vermont Agency of Transportation* (2012), em geral, pavimentos com PCI acima de 70 são aqueles que não exibem defeitos significativos e serão beneficiados a partir de ações de manutenção preventiva, como selamento de trincas e tratamentos superficiais. Pavimentos com PCI entre 40 e 70 podem exigir uma reabilitação maior, como por exemplo um recapeamento. Geralmente, quando o PCI é menor que 40, a reconstrução é a única alternativa viável devido ao dano substancial à estrutura do pavimento. A figura abaixo representa os níveis de PCI versus o tipo de reparo.

	PCI	REPARO
	86 à 100	Manutenção Preventiva
	71 à 85	
	56 à 70	Reabilitação
	41 à 55	
	26 à 40	Reconstrução
	11 à 25	
	0 à 10	

Figura 12 - PCI x tipo de reparo.

- b) O *Defence Infrastructure Organisation* (DIO) do Reino Unido (2011), também fornece no seu guia um nível crítico de PCI em função do uso do pavimento, conforme tabela abaixo:

Tabela 1 – Nível crítico do PCI pelo uso do pavimento (DIO, 2011).

Categoria do Pavimento	Uso do pavimento	Nível crítico do PCI
P (primário)	Pista de pouso e decolagem; táxis designadas como de emergência ou pista de pouso auxiliar; helipontos.	70
S (Secundário)	Demais táxis; plataforma de estacionamento e serviços em aeronaves; pátio.	55
T (Terciário)	Plataformas de lavagem de aeronaves; piso de hangares, rotas de reboques de aeronaves.	40

Notas DIO:

- Um valor do PCI menor do que o nível crítico não significa automaticamente que a área está fora de serviço para operações de todas aeronaves, mas o risco de dano às aeronaves é aumentado.
- Qualquer pavimento com um valor de PCI menor que 35 é considerado como altamente degradado com um considerável potencial de dano às aeronaves e a continuidade de operações aéreas nessa área deve ser urgentemente revista.

6. SGPA – Nível de Rede

Sugere-se que o SGPA ao nível de rede seja utilizado para avaliar os pavimentos aeroportuários e determinar as necessidades e prioridades de manutenção, reabilitações ou reconstruções dos pavimentos. Para isso, ao nível de rede o SGPA deve realizar:

- a) Avaliação da condição funcional;
- b) Previsão futura do estado da rede, em função do nível de investimento considerado e da política de conservação adotada;
- c) Identificação dos trechos da rede a serem beneficiados, determinando a respectiva prioridade, tendo em conta fatores como o tráfego, custo aos usuários, entre outros critérios de decisão;
- d) Determinação do orçamento necessário a curto e a médio prazo; e
- e) Identificação e priorização de projetos potenciais.



OBSERVAÇÃO: A avaliação estrutural dos pavimentos é fundamental para a determinação de uma solução ótima de M&R para a recuperação de pavimentos já degradados. Todavia, a sua utilização ao SGPA ao nível de rede pode ser desejável, uma vez que, a realização de avaliações estruturais periódicas nos pavimentos pode levar a um melhor gerenciamento do pavimento aeroportuário.

6.1. Componentes do SGPA

O SGPA deve conter os seguintes componentes:

- a) Definição da rede de pavimentos;
- b) Banco de dados; e
- c) Modelo de previsão da condição do pavimento.

6.1.1. Definição da rede de pavimentos

A definição da rede de pavimentos deve conter os seguintes elementos:

- a) Detalhamento da rede em função do tipo de pavimento (área em m² e porcentagem em relação ao total da rede) e do uso (pista de pouso, pista de táxi ou pátio);
- b) Critérios e definições da área típica, da seção e da unidade amostral:
 - 1) **Área típica do pavimento** – é a parte identificável da rede de pavimentos que possui uma função distinta. Por exemplo: cada pista de pouso e decolagem, as táxis e as áreas de pátio são áreas típicas separadas;
 - 2) **Seção do pavimento** – área contínua do pavimento contendo o mesmo histórico de construção, manutenção e de uso e mesma condição do pavimento. A seção deve também ter o mesmo volume de tráfego e intensidade de carregamento; e
 - 3) **Unidade amostral** – é uma subdivisão de uma seção do pavimento que tem um tamanho padrão:

- **Pavimento rígido** = 20 placas de concreto contíguas (+/- 8 se o número total não for divisível por 20, ou para acomodar condições de campo específicas);
 - **Pavimento flexível** = 450 m² contíguas (+/- 180 m² se a seção do pavimento não for divisível por 450m², ou para acomodar condições de campo específicas).
- c) Planta, em escala, contendo a rede de pavimentos, a divisão nas seções e unidades amostrais, com legenda explicativa sobre a nomenclatura adotada.

6.1.2. Banco de dados

O Banco de dados deve conter os seguintes elementos:

- a) Inventário da rede:
- 1) Localização e identificação da rede;
 - 2) Classe do pavimento (Pista de Pouso e Decolagem, Pista de Táxi ou Pátio);
 - 3) Geometria transversal e longitudinal;
 - 4) Materiais e espessuras das camadas;
 - 5) Histórico de construção;
 - 6) Histórico de manutenção e reabilitação; e
 - 7) Condição do sistema de drenagem e da sinalização.
- b) Dados do tráfego;
- d) Condição funcional do pavimento;
- e) Condição estrutural do pavimento; e
- f) Custos das alternativas de manutenção e reabilitação.



ATENÇÃO! O Inventário da Rede descrito na alínea “a” deve ser o mais completo possível para um melhor desempenho do SPGA. Caso o Operador de Aeródromo não possua todos os dados históricos da construção, manutenção e reabilitação dos pavimentos, os modelos de previsão poderão fornecer uma estimativa menos precisa do comportamento futuro do pavimento e das estimativas de custo de M&R.

6.1.3. Modelos de previsão da condição do pavimento

Esse componente deve conter os seguintes elementos:

- a) Descrição sucinta do método adotado e suas vantagens;
- b) No caso de utilização de software, fazer descrição sucinta e objetiva do mesmo;
- c) Procedimentos de otimização das alternativas de M&R (considerando o custo das alternativas);
- d) Critérios de decisão e de priorização para escolha das alternativas de M&R;
- e) Árvores de decisão; e
- f) Parâmetros e limites para o PCI x tipo de reparo.

7. Avaliação da condição funcional

A avaliação da condição funcional visa verificar se o pavimento cumpre duas funções básicas: conforto ao rolamento e segurança. Dessa forma, a avaliação funcional abrange a análise dos seguintes elementos: irregularidade, atrito, macrotextura e defeitos no pavimento.

O RBAC nº 153 estabelece requisitos prescritivos quanto às avaliações de irregularidade longitudinal, atrito e macrotextura. Todavia, esse regulamento não especifica nenhum índice de serventia que avalia os defeitos dos pavimentos. Ressalta-se que o levantamento periódico de algum dos índices de serventia disponíveis no mercado é uma condição mínima para o estabelecimento de um SGPA.

Nesse sentido, para avaliação da condição funcional do pavimento quanto aos defeitos, sugere-se que o operador de aeródromo utilize o PCI estabelecido pela norma ASTM D5340 - 12 *Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys*.

7.1. Orientações quanto ao levantamento do PCI

Esta seção apresenta um resumo da metodologia do PCI além de orientações adicionais quanto ao seu levantamento, sem prejuízo ao cumprimento dos requisitos previstos na ASTM D5340 – 12, sendo apenas uma seção complementar aos dispositivos contidos na norma.

O PCI é um índice de condição geral da superfície do pavimento, no qual os valores variam de 0 (representando um pavimento na condição de ruptura) até o valor de 100 (representando um pavimento numa condição excelente).

PCI	Escala
85 à 100	Excelente
70 à 84	Bom
55 à 69	Regular
40 à 54	Ruim
25 à 39	Muito Ruim
10 à 24	Péssimo
0 à 9	Ruptura

Figura 13 - Escala do PCI.

As Figuras 14, 15 e 16 apresentam exemplos de pavimentos aeroportuários com PCI 100, 60 e 20 respectivamente.



Figura 14 – Exemplo de pavimento com PCI 100
(Vermont Agency of Transportation, 2012)



Figura 15 – Exemplo de pavimento com PCI 60
(Vermont Agency of Transportation, 2012)



**Figura 16 – Exemplo de pavimento com PCI 20
(Vermont Agency of Transportation, 2012)**

O PCI fornece uma base racional e objetiva para determinação das necessidades e das prioridades de manutenção e reparo.

Como utilizar o método PCI?

Em resumo, o método consiste em caracterizar as áreas típicas, que são definidas como a parte identificável da rede de pavimentos e que possuem uma função distinta, tais como, pistas principais de pouso e decolagem, táxis e pátios.

Cada área típica é dividida em seções homogêneas baseadas nos seguintes critérios: estrutura dos pavimentos, histórico de construção e tráfego.

Em seguida, as seções homogêneas são divididas em unidades amostrais, que consistem numa subdivisão da seção do pavimento para um tamanho padrão.

As unidades amostrais individuais a serem inspecionadas devem ser marcadas ou identificadas de maneira a permitir que os avaliadores possam identificá-las facilmente na superfície do pavimento. Marcas de pintura ao longo da borda e do eixo do pavimento são aceitáveis.

Essas unidades devem ser definidas por técnicas de amostragem aleatórias ou um procedimento aleatório sistemático, sendo chamadas neste caso de unidades amostrais aleatórias.

Para compensar pontos não-representativos (como, por exemplo, amostras muito ruins ou excelentes que não são típicas da seção ou da amostra avaliada, e também

de unidades amostrais que contenham um defeito incomum, como, por exemplo, um remendo feito num corte realizado para passagem de tubulações e utilidades) na determinação da condição do pavimento, deverão ser selecionadas unidades amostrais adicionais. Assim, caso a unidade amostral aleatoriamente selecionada apresente um defeito incomum, esta amostra deve ser considerada como amostra adicional e outra amostra aleatória deve ser escolhida.

Algumas terminologias do PCI:

- **Área típica do pavimento** – é uma parte identificável da rede de pavimentos que possui uma função distinta. Por exemplo: cada pista de pouso e decolagem, as táxis e as áreas de pátio são áreas típicas separadas.
- **Seção do pavimento** – área contínua do pavimento contendo o mesmo histórico de construção, manutenção e de uso e mesma condição do pavimento. A seção deve também ter o mesmo volume de tráfego e intensidade de carregamento.
- **Unidade amostral aleatória** – é uma subdivisão de uma seção do pavimento que tem um tamanho padrão, selecionada para a inspeção por especialistas em avaliação de pavimentos, definidas por técnicas de amostragem aleatórias ou um procedimento aleatório sistemático.
- **Amostra adicional** – uma unidade amostral inspecionada em adição às unidades amostrais aleatórias, visando compensar pontos não-representativas na determinação da condição do pavimento. Refere-se às amostras muito ruins ou excelentes que não são típicas da seção ou da amostra avaliada, e também de unidades amostrais que contenham um defeito incomum, como, por exemplo, um remendo feito num corte realizado para passagem de tubulações e utilidades. Se a unidade amostral aleatoriamente selecionada apresentar um defeito incomum, esta amostra deverá ser considerada como amostra adicional e outra amostra aleatória deverá ser escolhida. Se toda unidade de amostra é investigada, então, não haverá unidades amostrais adicionais.

7.1.1. Definição e mapeamento da rede de pavimentos e cálculo do PCI

A maior unidade de um SGPA é a rede. Uma rede de um aeroporto pode ser definida como um conjunto de pavimentos que são mantidos e geridos em conjunto, tal como o conjunto das áreas pavimentadas, utilizadas pelo tráfego aéreo.

A rede é então dividida em áreas típicas, que são a segmentação dos pavimentos atendendo às suas funções específicas dentro da rede. As pistas, os pátios de estacionamento e as vias circulação são exemplo de áreas típicas comuns numa rede de pavimentos.

Uma área típica pode ser dividida em unidades menores chamadas seções. Cada seção é vista como uma unidade de gestão, quando se fala em termos de

conservação ou reabilitação, atendendo ao fato de que ao longo da mesma deve haver homogeneidade no que diz respeito ao tráfego, à história construtiva, à estrutura e à condição do pavimento.

O último passo no processo de definição de rede consiste em dividir cada seção em unidades de análise, com especial importância para efeitos de inspeção da condição do pavimento. A norma ASTM D5340 estipula que o tamanho da unidade amostral para os pavimentos aeronáuticos é o seguinte:

- **Pavimento rígido** = 20 placas de concreto contíguas (+/- 8 se o número total não for divisível por 20, ou para acomodar condições de campo específicas);
- **Pavimento flexível** = 450 m² contíguas (+/- 180 m² se a seção do pavimento não for divisível por 450 m², ou para acomodar condições de campo específicas).

Na determinação do número mínimo de amostras a serem inspecionadas, deve ser usada, no primeiro levantamento do PCI, a fórmula abaixo, considerando-se que o nível de confiança deve ser maior ou igual a 95% para o índice de amostragem e o resultado deve ser arredondado para o número imediatamente superior, em caso de resultado fracionário:

$$n = \frac{N \cdot s^2}{\left\{ \left(\frac{e^2}{4} \right) (N-1) + s^2 \right\}} \quad \text{eq. 1}$$

Onde:

- n – número de unidades amostrais a investigar;
- e – erro aceitável na estimativa do PCI da seção. Em geral, $e = +/- 5$;
- s – Desvio padrão do PCI de uma amostra em relação ao da seção. Para inspeção inicial pode-se assumir $s = 10$ (p/ pavimento flexível). Para inspeções subsequentes o desvio padrão da inspeção anterior deverá ser usado para determinar o n ; e
- N - total de amostras da seção;

Deve ser calculado o desvio-padrão das unidades amostrais inspecionadas, para verificar a necessidade de inspeção em novas unidades amostrais. O desvio padrão deve ser calculado usando a fórmula abaixo:

$$s_{calc} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_f)^2}{(n-1)}} \quad \text{eq. 2}$$

Onde:

- PCI_i – PCI da unidade amostral investigada;
- PCI_f – média do PCI das unidades amostrais investigadas em uma seção; e
- n – número total de amostras investigadas.

Caso o valor do desvio padrão, calculado pela equação anterior, seja maior do que o valor do desvio padrão inicialmente previsto, o nível de confiança do valor médio do PCI será inferior e poderá ser necessário inspecionar novas unidades amostrais. Este processo iterativo, deve ser repetido, usando-se as equações 1 e 2, até que o desvio padrão das unidades amostrais calculado não supere a tolerância supracitada em relação ao desvio padrão utilizado na equação 1 na iteração anterior.

SHARIN, M. Y. (1994) recomenda que do número total de unidades amostrais investigadas numa pista de pouso e decolagem, pelo menos 50% das amostras devem estar localizadas na faixa central (faixa dos 15m centrais para pistas com 45m de largura e 20m para pistas com 60m de largura) da pista de pouso e decolagem.

Após determinado o número de amostras a serem inspecionadas, deve-se calcular o espaçamento entre as unidades. O espaçamento (i) de unidades a serem investigadas é calculada pela fórmula abaixo:

$$i = N/n$$

eq. 3

Onde:

- N – número total de unidades amostrais da seção; e
- n – número mínimo de unidades amostrais a ser investigado;

Sugere-se que o levantamento da condição funcional da superfície do pavimento seja realizado durante o período diurno.

A metodologia de cálculo do PCI baseia-se em valores deduzidos ou fatores de ponderação de 0 a 100 que indicam o impacto dos defeitos na condição do pavimento. Valores deduzidos iguais a 0 indicam que os defeitos não afetaram o desempenho do pavimento, enquanto valores deduzidos iguais a 100 indicam defeitos extremamente graves.

A quantificação dos defeitos é apresentada através da densidade da área afetada. Para cada defeito e seu respectivo grau de severidade associado àquela densidade existe um gráfico que mostra os valores deduzidos, os quais são somados para obter o Valor Deduzido Total (VDT).

Os valores deduzidos superiores a 5 são finalmente ajustados através de um gráfico específico de Valor Deduzido Corrigido (VDC) e o cálculo do PCI para cada amostra é dado pela equação abaixo.

eq. 4

$$PCI_{Amostra} = 100 - VDC$$

Onde:

- $PCI_{amostra}$ – índice de condição do pavimento da amostra; e
- VDC – Valor Deduzido Corrigido.

O Valor deduzido pode ser obtido a partir de gráficos, para cada tipo de defeito, e partir da densidade do defeito e do nível do mesmo.

O cálculo do PCI de cada seção é obtido pela equação abaixo.

eq. 5

$$PCI_s = \frac{(N - A) PCI_R - A PCI_A}{N}$$

Onde:

- PCI_s – PCI da seção do pavimento;
- PCI_R – PCI médio das amostras representativas;
- PCI_A – PCI médio das amostras adicionais (se for o caso);
- N – número total de amostras na seção e,
- A – número total de amostras adicionais avaliadas (se for o caso);

7.1.2. Lista de defeitos considerado pelo PCI

Os defeitos em pavimentos flexíveis considerados pelo método do PCI são os seguintes:

- 1) Trincas por fadiga, couro de jacaré (*Alligator Cracking*);
- 2) Exsudação (*Bleeding*);
- 3) Trincas em Bloco (*Block Cracking*);
- 4) Corrugação (*Corrugation*);
- 5) Depressão/Afundamento (*Depression*);
- 6) Erosão por rápida propulsão do jato de aeronaves (*Jet Blast*);
- 7) Trincas de reflexão, base de concreto (*Joint Reflection, PCC*);
- 8) Trincas transversais e longitudinais (*Longitudinal & Transversal Cracking*);
- 9) Deterioração por presença de óleo/combustível (*Oil Spillage*);
- 10) Remendo (*Patching*);
- 11) Agregado polido (*Polished Aggregate*);

- 12) Desagregação (*Raveling*);
- 13) Afundamento da trilha de roda, deformação permanente (*Rutting*);
- 14) Solevamento da camada asfáltica devido à placa de PCC (*Shoving from PCC*);
- 15) Escorregamento (*Slippage cracking*);
- 16) Inchamento (*Swell*); e
- 17) Desprendimento (*Weathering*).

7.2. Plano de amostragem

Para o levantamento do PCI dos aeroportos de classe IV que necessitam implantar o SGPA, sugere-se a utilização da fórmula iterativa para o cálculo do número mínimo de unidades a serem avaliadas, bem como que se escolha aleatoriamente a primeira unidade amostral e que as demais sejam levantadas em um espaçamento constante, demonstrando a aleatoriedade do plano de amostragem.

Devido à complexidade dos aeroportos de classe III, uma vez que seja levantado o PCI dos pavimentos, sugere-se que também se utilize a mesma metodologia sugerida para os aeródromos classe IV.

Para os aeródromos classe I B e II que desejam avaliar a condição de degradação superficial do pavimento, recomenda-se a avaliação da condição funcional pela metodologia do PCI com a adoção, ao menos, do plano de amostragem constante do item 7.5.3 da norma ASTM D5340 - 12 apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Plano de amostragem mínimo para classe I B e II.

Número de unidades amostrais	Número de unidades a avaliar
1 a 5	1
6 a 10	2
11 a 15	3
16 a 40	4
> 40	10%

7.3. Frequência sugerida para a avaliação funcional (PCI)

Sugere-se que a avaliação da condição funcional do pavimento quanto aos defeitos seja realizada conforme frequência definida na Tabela 3, a seguir.

Tabela 3 – Frequência sugerida para avaliação funcional do pavimento.

Elemento	Classe I-B		Classe II		Classe III		Classe IV	
	RWY	TWY e pátio	RWY	TWY e pátio	RWY	TWY e pátio	RWY	TWY e pátio
Frequência (em meses)	24	48	24	48	18	36	12	24

7.4. Escala de PCI e Estratégias de M&R

Sugere-se que o operador de aeródromo mantenha o PCI do pavimento igual ou superior aos parâmetros estabelecidos na Tabela 4, a seguir.

Tabela 4 – Parâmetros do PCI do pavimento.

	PCI	Escala	Cores
	85 à 100	Excelente	Verde escuro
	70 à 84	Bom	Verde Claro
PCI Crítico de Manutenção (70)	55 à 69	Regular	Amarelo
	40 à 54	Ruim	Laranja
PCI Crítico de Serviço (40)	25 à 39	Muito Ruim	Vermelho
	10 à 24	Péssimo	Vermelho escuro
	0 à 09	Ruptura	Cinza escuro

Sugere-se a utilização dos seguintes limites de PCI:

- PCI Crítico de Manutenção = 70
- PCI Crítico de Serviço = 40



ATENÇÃO! O PCI crítico de manutenção é aquele em que, a partir desse nível, a taxa de decréscimo da condição do pavimento em função do tempo aumenta significativamente. Assim, do ponto de vista de eficiência orçamentária, esse seria um nível ótimo para execução de uma reabilitação do pavimento.



ATENÇÃO! O PCI crítico de serviço é aquele em que o pavimento já possui uma condição ruim, que pode comprometer a função do pavimento e aumentar o risco às operações aeroportuárias.

Sugere-se que o operador de aeródromo adote ações quando o valor do PCI estiver abaixo do valor do PCI crítico de manutenção ($40 \leq \text{PCI} < 70$) indicado na Tabela 4, visando ao restabelecimento do PCI em nível maior ou igual ao PCI crítico de manutenção. Caso essas ações de manutenção venham a ser postergadas, o custo para a reabilitação do pavimento pode ser muito maior. Assim, o ideal seria a execução de alguma estratégia de manutenção e reabilitação o quanto antes. Porém, caso não haja recursos disponíveis para o restabelecimento do pavimento em boas condições, sugere-se que o operador elabore minimamente um plano de M&R e que realize esforços para a sua execução na maior brevidade factível.

Sempre que o PCI obtido apresentar valor inferior ao PCI crítico de manutenção indicado na Tabela 4, sugere-se que o operador de aeródromo execute o Plano de M&R na maior brevidade possível. Assim, recomenda-se que o operador encaminhe à ANAC o plano de M&R com indicação da intervenção a ser executada no pavimento, com a previsão de execução para restabelecer o PCI em valor maior ou igual ao PCI crítico de manutenção.

Sempre que o PCI obtido apresentar valor inferior ao PCI crítico de serviço ($PCI < 40$) indicado na Tabela 4, sugere-se ao operador de aeródromo:

- a) Realizar uma análise técnica e uma análise de segurança operacional conforme previsto no RBAC 153.201(f), avaliando quais ações de manutenção corretiva e de segurança operacional deverão ser aplicadas para a garantia da segurança das operações aeroportuárias até que o pavimento seja reabilitado ou reconstruído;
- b) Proibir a sobrecarga do pavimento (seção);
- c) Elaborar plano de M&R indicando a intervenção que deverá ser executada no pavimento e a previsão de execução para restabelecer o PCI em valor maior ou igual ao PCI crítico de manutenção.



ATENÇÃO! Sempre que alguma seção dos pavimentos se encontra com o PCI inferior ao PCI Crítico de Serviço ($PCI < 40$), o operador deverá, na análise de segurança operacional, avaliar a razoabilidade de interromper o uso dessa infraestrutura, segregando o risco às operações. Caso não seja factível interromper as operações, sugere-se que adoção de medidas de mitigação de risco como a redução da solicitação dos pavimentos por meio da limitação do ACN dessa infraestrutura, o estabelecimento de rotas alternativas de taxiamento, escala de prioridades da utilização das posições de estacionamento ou outras estratégias a serem avaliadas pelo Operador de Aeródromo.

7.5. Relatório da condição funcional

A cada levantamento da condição funcional da superfície do pavimento, o operador de aeródromo deve elaborar um relatório (em meio digital ou impresso), contendo os seguintes itens:

- a) Nome do aeródromo;
- b) Código OACI;
- c) Endereço do aeródromo;
- d) Cidade e estado de localização do aeródromo;
- e) Período de realização do levantamento;
- f) Horário de realização do levantamento;
- g) Condições climáticas durante o levantamento;
- h) Descrição da rede:
 - 1) Tabela resumo para cada área típica (colocar a identificação e o tipo de uso e área), indicando a suas seções (identificação, data de construção, tipo de pavimento, área, largura e comprimento, data da inspeção) e para cada seção, indicar as unidades amostrais (identificação, tamanho da unidade, indicar se é aleatória ou adicional).
- i) Croqui geral, indicando as áreas típicas e as seções;
- j) Planilha resumo dos defeitos de cada unidade amostral, indicando os defeitos encontrados, a quantidade e a unidade;

- k) Cálculo do PCI de cada unidade amostral;
- l) PCI de cada seção;
- m) Croqui final indicando o valor numérico do PCI da rede levantada, podendo-se apresentar croqui na escala de cores do PCI, conforme Tabela 4;
- n) Análise dos Resultados: indicar a priorização e as intervenções a serem realizadas; análise dos níveis de PCI; medidas propostas e previsão da condição futura do pavimento;
- o) Conclusão:
 - 1) O relatório deverá estar assinado e identificado pelo executor ou equipe responsável pelo levantamento, bem como, pelo responsável pela manutenção do aeródromo.
- p) Anexos:
 - 1) Planta – no formato mínimo A3, com escala indicada e medidas em metro, indicando a localização das seções e das unidades amostrais.
- q) Fotos – compor um banco digital ou físico, com no mínimo:
 - 1) Foto de todas as unidades amostrais que apresentarem defeitos;
 - 2) Foto de 50% das unidades amostrais que não apresentarem defeitos.
- r) Armazenar, em meio digital ou físico, todas as fichas de inspeção usadas no levantamento.

O relatório de avaliação funcional do pavimento deve ser composto por parecer/laudo técnico, acompanhado de devida ART e, no caso de terceirização dos serviços, o parecer/laudo deverá ser acompanhado da devida aprovação da análise pela área de engenharia ou de manutenção do operador de aeródromo.

8. Avaliação da condição estrutural

A avaliação da Condição Estrutural indica como a condição funcional do pavimento evoluirá ao longo do tempo se nenhuma intervenção for executada, bem como permite que se avalie as consequências, para o desempenho futuro, da implementação de diversas alternativas de restauração. A condição estrutural é composta pelos seguintes elementos (Rodrigues, 2007):

- Integridade Estrutural: relaciona-se à presença maior ou menor de discontinuidades como trincas e desagregações em camadas asfálticas e cimentadas. É inferida por meio de avaliação visual, quando se registra a extensão, frequência e severidade dos defeitos de superfície existentes, podendo ser complementada por resultados de ensaios não destrutivos, que permitam, por exemplo, a detecção de reduções no módulo de elasticidade efetivo in situ de camadas asfálticas ou cimentadas; e
- Capacidade Estrutural: é a capacidade que as camadas do pavimento têm de resistir aos efeitos deteriorantes produzidos pela repetição das cargas do tráfego. Relaciona-se tanto ao comportamento tensão-deformação sob cargas transientes dos materiais (comportamento resiliente) como à resistência dos materiais contra o acúmulo de deformações plásticas sob cargas repetidas e à resistência ao trincamento por fadiga das camadas asfálticas e cimentadas.

Ressalta-se que, para efeito de elaboração de um projeto de restauração e/ou reconstrução de pavimento, somente a avaliação funcional não é suficiente para fornecer as informações necessárias, sendo também recomendável a realização de uma avaliação estrutural para verificação da capacidade de carga do pavimento avaliado (Ramos, 2015).

Este capítulo apresenta um resumo de ensaios existentes na engenharia para uma adequada avaliação estrutural de um Pavimento Aeroportuário. Cabe ao responsável técnico do Aeroporto definir quais e quando se dará a realização desses ensaios, a depender da condição apresentada pelo pavimento.

Todavia, a realização de avaliações estruturais periódicas nos pavimentos pode levar a um melhor gerenciamento do pavimento aeroportuário. Assim, caso os Operadores de Aeródromos queiram inserir, em seus SGPA, uma avaliação periódica da condição estrutura dos pavimentos aeroportuários, sugere-se que a inserção seja realizada conforme frequência apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 – Frequência sugerida para avaliação estrutural do pavimento.

Elemento	Classe I B		Classe II		Classe III		Classe IV	
	RWY	TWY e pátio	RWY	TWY e pátio	RWY	TWY e pátio	RWY	TWY e pátio
Frequência (em meses)	48		48		36		24	

8.1. FWD

O deflectômetro de impacto tipo Falling Weight Deflectometer (FWD) é utilizado para determinar as deflexões recuperáveis na superfície do pavimento.

Sugere-se que as medições das deflexões recuperáveis na superfície do pavimento sejam realizadas considerando:

- a) A aeronave com maior letra do código em operação, conforme indicado na coluna [2] da Tabela 6;
- b) O alinhamento paralelo ao eixo da pista de pouso e decolagem, ao eixo da pista de táxi e ao eixo da linha de entrada, conforme localização especificada na coluna [3] da Tabela 6;
- c) As quantidades mínimas de medições, segundo especificado na coluna [4] da Tabela 6.

Tabela 6 – Localização das medições das deflexões

# [1]	Letra do Código (vide RBAC 154) [2]	Localização da medição [3]	Quantidade mínima [4]
1	Aeródromos com operação de aeronave com letra do código A, B ou C	Distante 3m do eixo	Em cada lado, de forma alternada em relação ao eixo, por toda a extensão, com espaçamento de 20m entre as estações de ensaio
2	Aeródromos com operação de aeronave com letra do código D, E ou F	Distante 3m e 6m do eixo	Em cada lado, de forma alternada em relação ao eixo, por toda a extensão, com espaçamento de 20m entre as estações de ensaio, para cada distância em relação ao eixo da pista

8.2. GPR

O *Ground Penetration Radar* (GPR) é utilizado para avaliar a estratigrafia e detectar possíveis anomalias estruturais das camadas do pavimento.

Sugere-se que a avaliação estratigráfica seja realizada considerando:

- a) A aeronave com maior letra do código em operação, conforme indicado na coluna [2] da Tabela 7;
- b) O alinhamento paralelo ao eixo da pista de pouso e decolagem, ao eixo da pista de táxi e ao eixo da linha de entrada, conforme localização especificada na coluna [3] da Tabela 7;
- c) As quantidades mínimas de medições, segundo especificado na coluna [4] da Tabela 7.

Tabela 7 – Localização das avaliações estratigráficas

# [1]	Letra do Código (vide RBAC 154) [2]	Localização da medição [3]	Quantidade mínima [4]
1	Aeródromos com operação de aeronave com letra do código A, B ou C	Distante 3m do eixo	Uma vez de cada lado por toda a extensão
2	Aeródromos com operação de aeronave com letra do código D, E ou F	Distante 3m e 6m do eixo	Uma vez de cada lado por toda a extensão, para cada distância em relação ao eixo da pista

8.3. Sondagens e DCP

As sondagens para extração de corpos de prova são utilizadas para identificação, caracterização e medição das espessuras das camadas do pavimento.

Sugere-se que o operador de aeródromo realize, no mínimo, os seguintes ensaios laboratoriais nos corpos de prova extraídos na sondagem:

- a) Ensaio de granulometria;
- b) Limite de liquidez e limite de plasticidade;
- c) Ensaio de resistência a compressão simples para a camada superficial de concreto de cimento Portland;
- d) Ensaio Marshall para a camada superficial asfáltica.

O *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) é utilizado para determinar o CBR in situ do pavimento.

Sugere-se que a sondagem e o DCP sejam realizados considerando:

- a) A aeronave com maior letra do código em operação, conforme indicado na coluna [2] da Tabela 8;

- b) O alinhamento paralelo ao eixo da pista de pouso e decolagem e ao eixo da pista de táxi, conforme localização especificada na coluna [4] da Tabela 8;
- c) As quantidades mínimas de medições, segundo especificado na coluna [5] da Tabela 8.

Tabela 8 – Localização das sondagens e DCP

# [1]	Letra do Código (vide RBAC 154) [2]	Elemento [3]	Localização da medição [4]	Quantidade mínima [5]
1	Aeródromos com operação de aeronave com letra do código A, B ou C	RWY	Distante 3m do eixo	Em cada lado, de forma alternada em relação ao eixo, por toda a extensão, com espaçamento de 200m entre pontos de sondagem
2	Aeródromos com operação de aeronave com letra do código D, E ou F	RWY	Distante 3m e 6m do eixo	Em cada lado, de forma alternada em relação ao eixo, por toda a extensão, com espaçamento de 200m entre pontos de sondagem, para cada distância em relação ao eixo da pista
3	Aeródromos com operação de aeronave com letra do código A, B ou C	TWY	Distante 3m do eixo	Em cada lado, de forma alternada em relação ao eixo, por toda a extensão, com espaçamento de 500m entre pontos de sondagem
4	Aeródromos com operação de aeronave com letra do código D, E ou F	TWY	Distante 3m e 6m do eixo	Em cada lado, de forma alternada em relação ao eixo, por toda a extensão, com espaçamento de 500m entre pontos de sondagem, para cada distância em relação ao eixo da pista
5	Aeródromos com operação de aeronave com letra do código A, B, C, D, E ou F	Pátio	Posição de estacionamento	Um ponto de sondagem para cada posição de estacionamento



ATENÇÃO! Sugere-se que o operador de aeródromo execute no mínimo uma sondagem e DCP para pista de táxi com extensão inferior à 500m.

8.4. Relatório da condição estrutural

A cada levantamento da condição estrutural do pavimento, o operador de aeródromo deve elaborar um relatório (em meio digital ou impresso), contendo os seguintes itens:

- a) Nome do aeródromo;
- b) Código OACI;
- c) Endereço do aeródromo;
- d) Cidade e estado de localização do aeródromo;
- e) Período de realização do levantamento;
- f) Horário de realização do levantamento;
- g) Condições climáticas durante o levantamento;
- h) Metodologias adotadas e objetivos;
- i) Relação dos ensaios realizados e a quantidade;
- j) Croqui indicando as áreas típicas (RWY, TWY e Pátio) e a localização de cada ensaio realizado;
- k) Análise dos Resultados;
- l) Desenho final: croqui ou planta em escala, indicando a condição estrutural das áreas, indicando em verde as áreas que estão em condições estruturais adequadas e, em vermelho as áreas com condições estruturais não adequadas ou não satisfatórias; e
- m) Conclusão:
 - 1) O relatório deve estar assinado e identificado pelo executor ou equipe responsável pelos levantamentos e ensaios, bem como, pelo responsável pela manutenção do aeródromo;

Sempre que a condição estrutural se mostrar inadequada, conforme conclusão do relatório de avaliação estrutural, sugere-se ao operador de aeródromo:

- a) Realizar uma análise técnica e uma análise de segurança operacional conforme previsto no RBAC 153.201(f), avaliando quais ações de manutenção corretiva e de segurança operacional deverão ser aplicadas para a garantia da segurança das operações aeroportuárias até que o pavimento seja reabilitado ou reconstruído;
- b) Proibir a sobrecarga do pavimento (seção);
- c) Elaborar plano de M&R indicando a intervenção que deverá ser executada no pavimento e a previsão de execução para restabelecer a condição estrutural do pavimento que garanta a segurança das operações aeroportuárias.



ATENÇÃO! Sempre que alguma seção dos pavimentos se mostrar inadequada, o operador deverá, na análise de segurança operacional, avaliar a razoabilidade de interromper o uso dessa infraestrutura, segregando o risco às operações. Caso não seja factível interromper as operações, sugere-se que adoção de medidas de mitigação de risco como a redução da solicitação dos pavimentos pela limitação do ACN dessa infraestrutura, o estabelecimento de rotas alternativas de taxiamento, escala de prioridades da utilização das posições de estacionamento ou outras estratégias a serem avaliadas pelo Operador de Aeródromo.

O relatório de avaliação estrutural do pavimento, deve ser composto por parecer/laudo técnico, acompanhado de devida ART e, no caso de terceirização dos serviços, o parecer/laudo deverá ter a devida aprovação da análise pela área de engenharia ou de manutenção do operador de aeródromo.

9. Considerações gerais

O APÊNDICE A apresenta modelos de árvores de decisão.

O APÊNDICE B apresenta modelos de fichas de inspeção de campo para avaliação do PCI dos pavimentos flexíveis e rígidos.

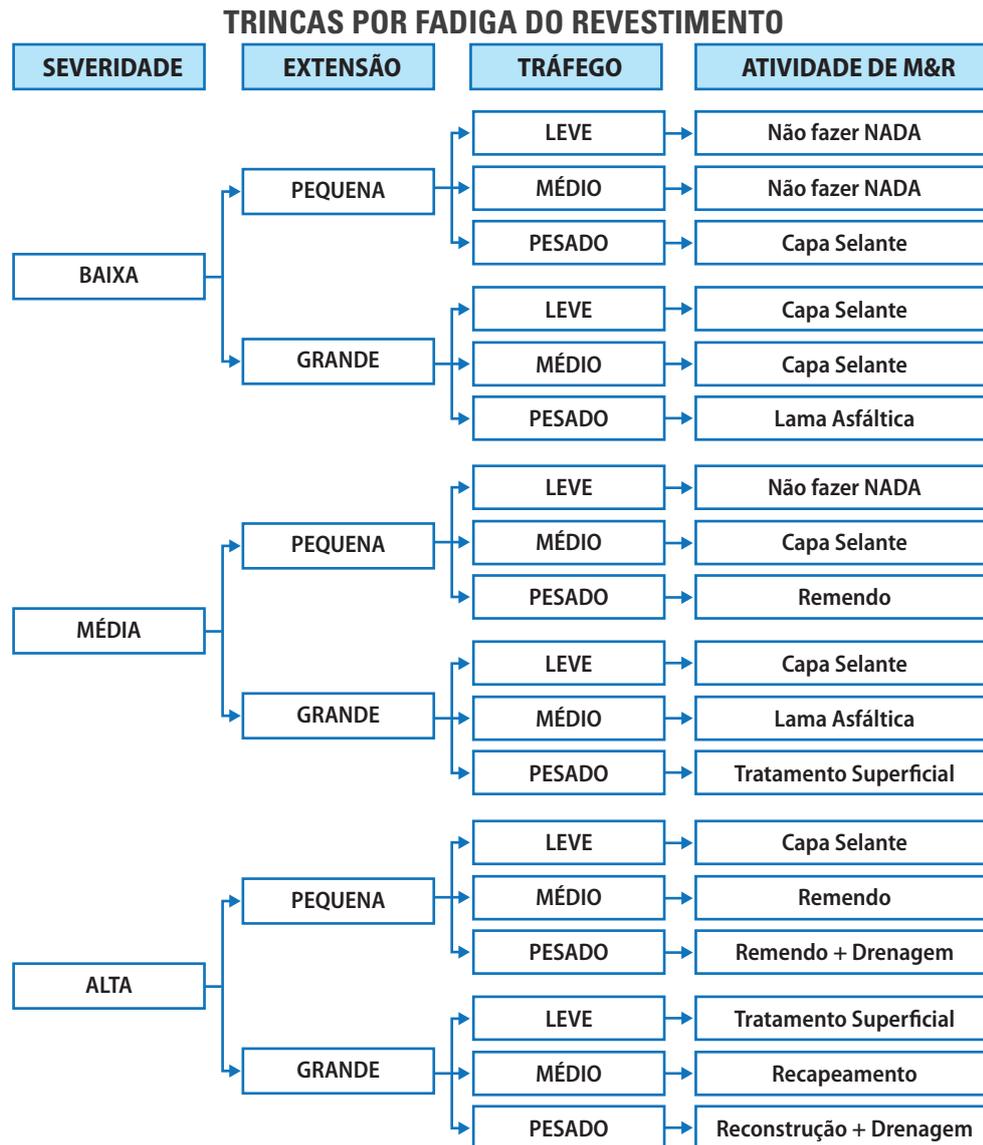
O APÊNDICE C apresenta um exemplo de como o operador pode criar uma biblioteca de defeitos para auxiliar o responsável pela inspeção da condição do pavimento na identificação do defeito e na determinação do nível de severidade.

O APÊNDICE D exemplifica a divisão da rede de pavimentos de um aeródromo hipotético, contendo uma pista de pouso e decolagem, sete pistas de táxis, todas em pavimento flexível (CBUQ), e um pátio de estacionamento, em pavimento rígido.

O APÊNDICE E apresenta as referências bibliográficas citadas neste manual.

APÊNDICE A - Modelos de árvores de decisão

FERNANDES JR. e PANTIGOSO (1998) propõem árvores de decisão para a seleção de atividades de manutenção e reabilitação de pavimentos. Consideram como fatores os tipos de defeitos (nível de severidade e extensão) e o volume de tráfego (quando este influencia a ocorrência do defeito), e adotam as seguintes atividades de manutenção e reabilitação:



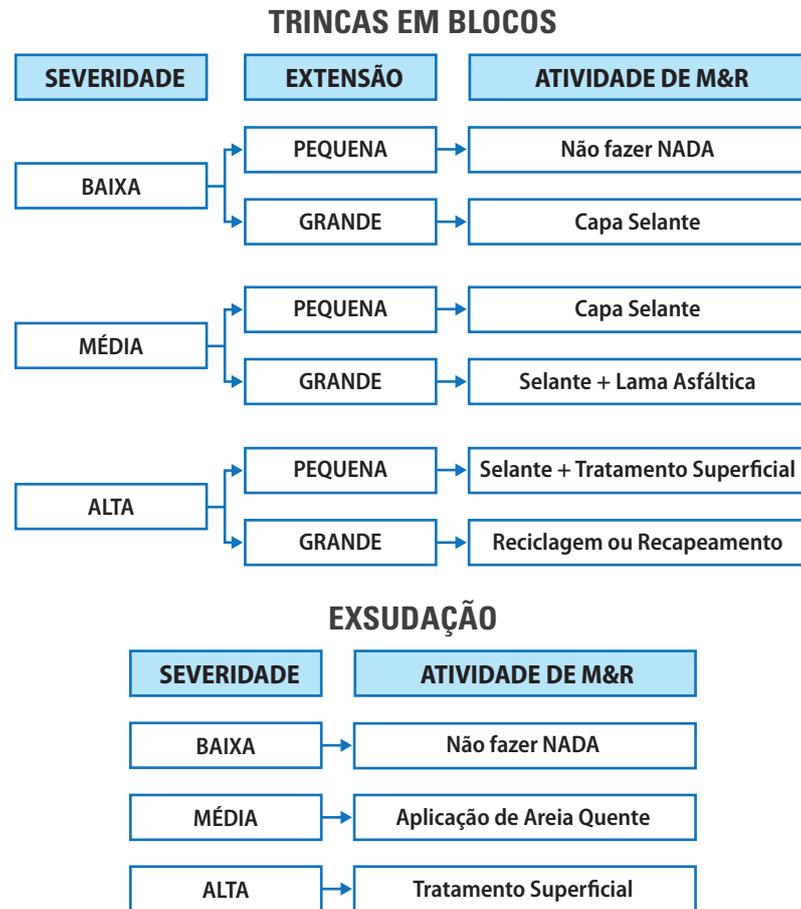


Figura A.1 – Modelos de árvores de decisão.

APÊNDICE B - Modelos de fichas de inspeção para avaliação do PCI – pavimento flexível e rígido

ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO - PCI														
FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO - PAVIMENTO FLEXÍVEL														
AEROPORTO:												DATA:		
CIDADE/ESTADO:												SEÇÃO:		
FACILIDADE:												AMOSTRA:		
AVALIADOR:												ÁREA DA AMOSTRA (m2):		
TIPOS DE DEFEITOS														
1 - TRINCAS DE FADIGA OU "COURO DE JACARÉ"		10 - REMENDO												
2 - EXSUDAÇÃO		11 - AGREGADO POLIDO												
3 - TRINCA EM BLOCO		12 - DESAGREGAÇÃO												
4 - CORRUGAÇÃO		13 - AFUNDAMENTO DA TRILHA DE RODA												
5 - DEPRESSÃO/AFUNDAMENTO		14 - SOLEVAMENTO DA CAMADA ASFÁLTICA DEVIDO À PLACA DE CONCRETO												
6 - EROÇÃO CAUSADA POR JET BLAST		15 - ESCORREGAMENTO												
7 - TRINCAS DE REFLEXÃO, BASE DE CONCRETO		16 - INCHAMENTO												
8 - TRINCAS TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS		17 - DESPRENDIMENTO												
9 - DETERIORAÇÃO POR PRESENÇA DE ÓLEO/COMBUSTÍVEL														
TIPOS DE DEFEITOS EXISTENTES														
QUANTIDADE E SEVERIDADE														
SEVERIDADE TOTAL	A - ALTA													
	M - MÉDIA													
	B - BAIXA													
CÁLCULO DO PCI														
TIPOS DE DEFEITOS	SEVERIDADE	DENSIDADE	VALOR DEDUZIDO	PCI = 100 - VDC						CONDIÇÃO DO PAVIMENTO				
										85 - 100 Excelente				
										70 - 84 Muito Bom				
										55 - 69 Bom				
										40 - 54 Regular				
										25 - 39 Ruim				
				10 - 24 Muito Ruim										
				0 - 9 Ruptura										
q=	Valor Deduzido total (VDT)													
	Valor Deduzido Corrigido (VDC)													
OBSERVAÇÕES														

Figura B.1 – Modelo de ficha para pavimento flexível.

APÊNDICE C - Exemplo de biblioteca dos defeitos e nível de severidade – método do PCI

Defeito: Trinca de fadiga ou couro de jacaré (DIO, 2011)

Descrição

É a série de trincas interligadas causadas pela ruptura à fadiga da superfície de asfalto sob ação repetitiva das cargas do tráfego. As trincas iniciam-se na parte inferior da superfície do asfalto (ou na camada de base) onde a tensão de tração e as deformações são maiores sob a ação das cargas dos pneus. As trincas propagam-se, inicialmente, para a superfície como uma série de trincas paralelas. Após ação repetida do carregamento, as trincas se ligam e formam diversas faces, como um poliedro, e pedaços em formas angulares num padrão semelhante a uma tela de galinheiro ou ao couro de um jacaré. Os pedaços são menores que 60cm no lado maior. As trincas couro de jacaré ocorrem apenas nas áreas sujeitas a ação dos carregamentos do tráfego, como nas trilhas de rodas. Dessa forma, essas trincas não poderão ocorrer na área inteira, exceto se toda a área for submetida ao carregamento do tráfego (esse padrão de trincas que ocorre em toda a área não é devido ao carregamento, e é classificada como trincas em blocos, as quais não estão associadas ao carregamento). Trinca couro de jacaré é considerada como um defeito estrutural.

Níveis de severidade

- B – trincas longitudinais pequenas que correm paralelas a outras, com nenhuma ou apenas poucas trincas interligadas. As trincas não estão lascadas.
- M – as trincas apresentam desenvolvimento para o padrão de redes de trincas interligadas, que podem ser levemente lascadas.
- A – padrão de rede de trincas no qual os pedaços são bem definidos e lascados nas bordas. Alguns pedaços podem se soltar sob ação do tráfego, podendo ser potencial de FOD.

Como medir

Trincas couro de jacaré devem ser medidas em m². Se houver mais de um nível de severidade, e se as porções puderem ser distinguidas facilmente, cada nível deve ser medido separadamente. Contudo, se os diferentes níveis de severidade não puderem ser divididos facilmente, a área inteira deverá ser classificada no maior nível apresentado. Se as trincas couro de jacaré e o afundamento de trilha de roda ocorrerem numa mesma área, cada uma deverá ser registrada separadamente com seu respectivo nível de severidade.

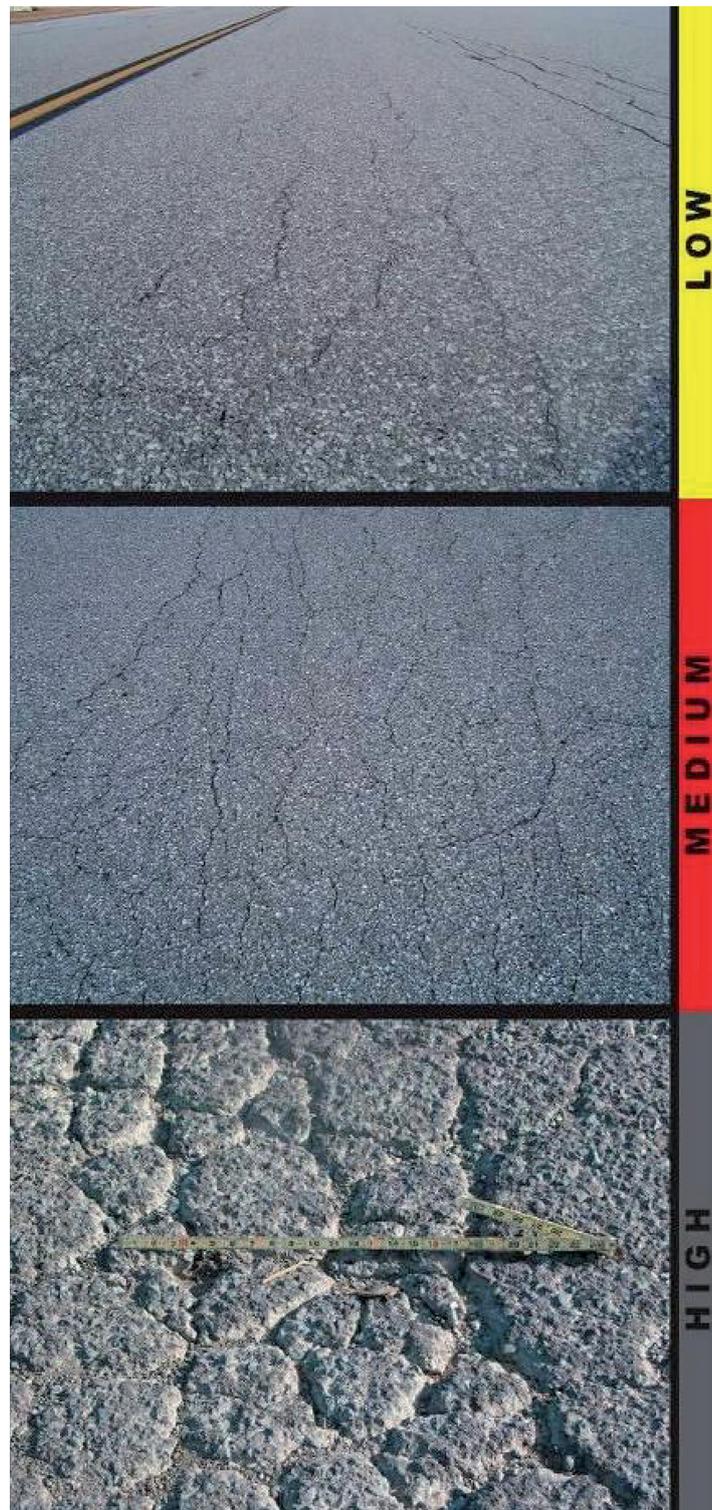


Figura C.1 – Nível de severidade.

APÊNDICE D - Exemplo de uma rede

Para exemplificar a divisão da rede de pavimentos, a figura abaixo ilustra um aeródromo hipotético, contendo uma pista de pouso e decolagem, 7 pistas de táxis, todas em pavimento flexível (CBUQ) e 1 pátio, em pavimento rígido.

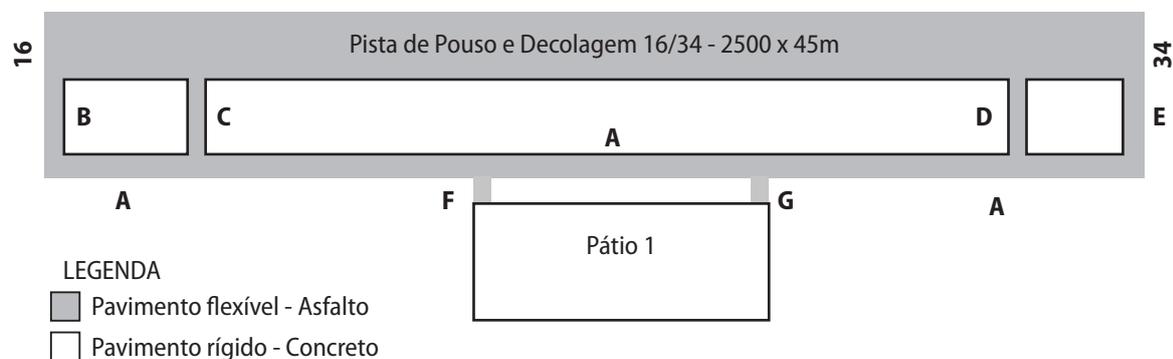


Figura D.1 – Ilustração de um aeródromo hipotético.

A tabela D.1, a seguir, apresenta as dimensões e o tipo de pavimento do aeródromo hipotético.

Designação	Dimensões (m)	Área (m ²)	Tipo de Pavimento
RWY 16/34	2500 x 45	112.500	Flexível
TWY A	23 x 2500	57.500	Flexível
TWY B	23 x 100	2.300	Flexível
TWY C	23 x 100	2.300	Flexível
TWY D	23 x 100	2.300	Flexível
TWY E	23 x 100	2.300	Flexível
TWY F	23 x 30	690	Flexível
TWY G	23 x 30	690	Flexível
Pátio 1	600 x 100	60.000	Rígido

A figura D.2, a seguir, apresenta o gráfico de distribuição do tipo de pavimento do aeródromo hipotético.

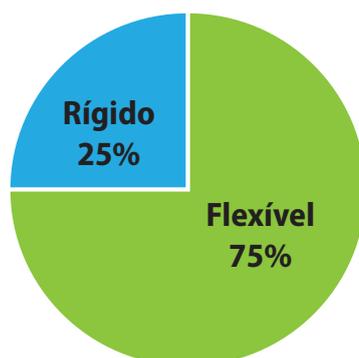


Figura D.2 – Distribuição da área pavimentada, em função do tipo de pavimento para o aeródromo hipotético.

A figura abaixo apresenta a divisão das seções da rede deste aeródromo hipotético.

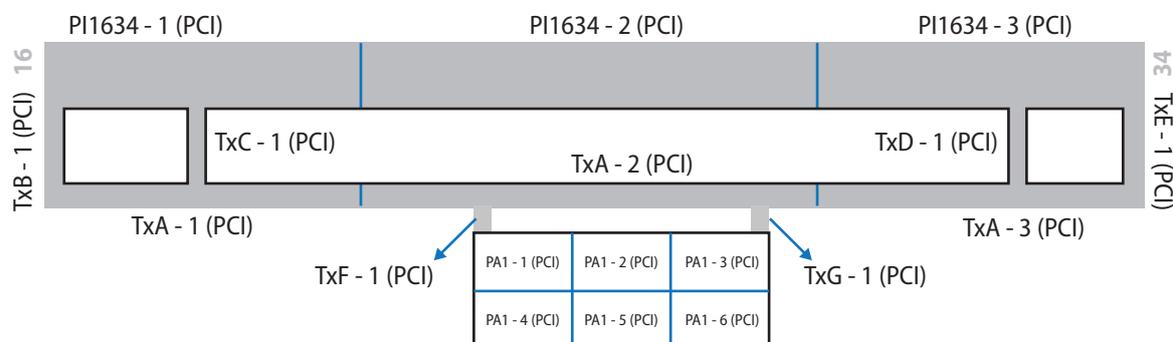


Figura D.3 – Rede de um aeródromo hipotético – apenas ilustrativo.

A figura abaixo apresenta a representação gráfica dos PCIs das seções (apenas ilustrativo) para a rede do aeródromo hipotético.

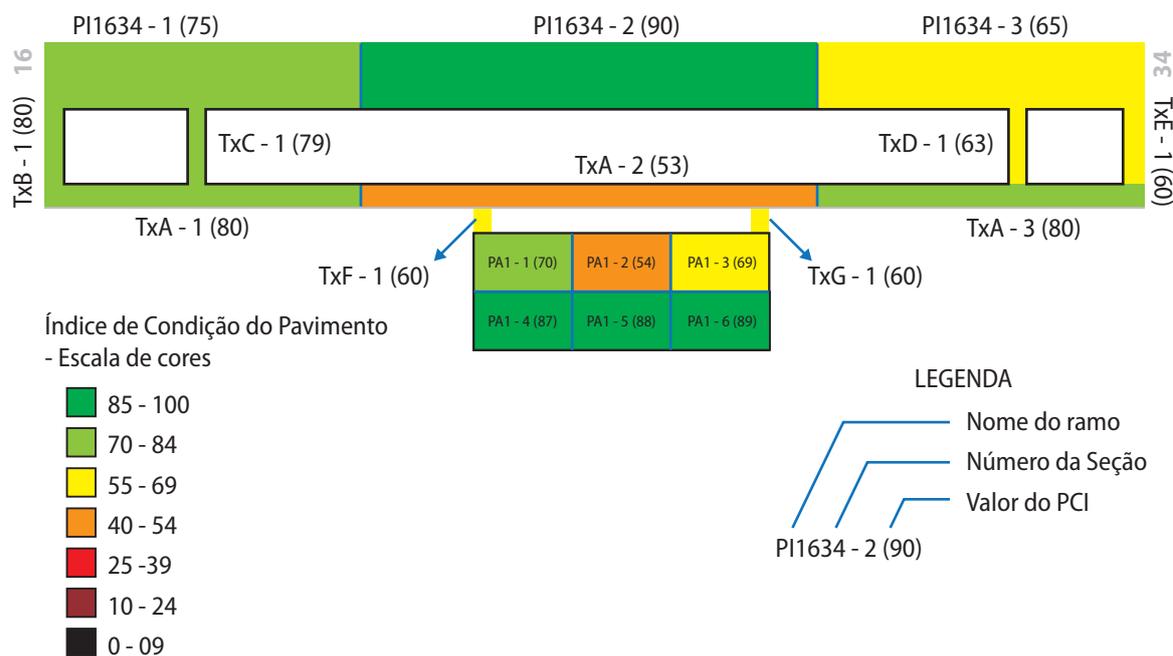


Figura D.4 – Ilustração do PCI no aeródromo.

APÊNDICE E - Referência bibliográfica

- ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº 153. Aérodromos - Operação, Manutenção e Resposta à Emergência - Emenda nº 01. Brasília/DF, 2016a.
- ASTM. (2012). D5340 - 12 Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys. Pennsylvania (PA), United States: ASTM International, West Conshohocken.
- DEPARTMENT OF DEFENCE. Airfield Pavement Maintenance Manual. Australian Government. Department of Defence. Defence Support and Reform Group. Rev. nº E, January 2015.
- DIO, DEFENCE INFRASTRUCTURE ORGANISATION. "Inspections of Airfield Pavements – Practitioner Guide 06/11." Version nº 01. United Kingdom: Ministry of Defence and Defence Infrastructure Organisation. (Obtido em: <https://www.gov.uk/government/publications/practitioner-guides-2011>), 2011.
- FAA, F. A. (Outubro de 2014b). Advisory Circular - AC 150/5380-7B - Airport Pavement Management Program (PMP), 12f. Washington, DC: Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation.
- FERNANDES JR. J. L. e PANTIGOSO, J. F. G. (1998) Uso dos Sistemas de Informação Geográfica para Integração da Gerência de Pavimentos Urbanos com as Atividades das Concessionárias de Serviços Públicos – Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos, SP.
- MACEDO, M. C. (2005). Estudo para a base técnica de um sistema de gerência de pavimentos para redes regionais de aeroportos. São José dos Campos - SP: Tese de doutorado - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 218f.
- MAPC (1986). Pavement Management - A Manual for Communities. U. S. Department of Transportation. Metropolitan Area Planning Council, Boston, MA.
- RAMOS, F. R. (2015). Aplicação de SMA (Stone Matrix Asphalt) em pavimentos aeroportuários - estudo de caso: Aeroporto de Aracaju - SE. Dissertação de Mestrado. Ouro Preto - MG: Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Núcleo de Geotecnia - NUGEO. Programa de Pós-Graduação em Geotecnia. 174f.
- RODRIGUES, R. M. (2007). Projeto e Gerência de Pavimentos. São José dos Campos - SP: Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA, Divisão de Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica.

SHAHIN, M. Y. (1994). Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots.
New York, USA: Chapman & Hall, 450 f.

TRANSPORTATION, VERMONT AGENCY of. "Airport Pavement Management
System Update Report." Vermont, United States.: Vermont Agency of
Transportation, Aviation Program Montpelier, VT 05633., 2012.

