JORGE BRAULIO COSSÍO DURÁN

**SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS: ESTUDO DE
CASO NO AEROPORTO ESTADUAL DE ARARAQUARA**

Dissertação apresentada ao Departamento de Engenharia de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Engenharia de Transportes.

Área de concentração: Infraestrutura de Transportes.

Orientador: Prof. Dr. José Leomar Fernandes Júnior

São Carlos, SP.

2015

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

D948s Durán, Jorge Braulio Cossío
 Sistema de gerência de pavimentos aeroportuários:
 estudo de caso no aeroporto estadual de Araraquara /
 Jorge Braulio Cossío Durán; orientador José Leomar
 Fernandes Júnior. São Carlos, 2015.

 Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação
 em Engenharia de Transportes e Área de Concentração em
 Infra-Estrutura de Transporte -- Escola de Engenharia
 de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2015.

 1. Pavimentos Aeroportuários. 2. Sistemas de
 Gerência . 3. Avaliação de pavimentos. 4. Manutenção e
 Reabilitação . 5. Análise econômica. 6. FAA PAVEAIR. 7.
 PCI. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **JORGE BRAULIO COSSIO DURAN.**

Título da dissertação: "Sistema de gerência de pavimentos aeroportuários: estudo de caso no aeroporto estadual de Araraquara".

Data da defesa: 26/02/2015

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Titular **José Leomar Fernandes Júnior**
(Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

APROVADO

Prof. Dr. **Glauco Túlio Pessa Fabbri**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Aprovado

Prof. Dr. **José Kiyinha Yshiba**
(Universidade Estadual de Maringá/UEM)

Aprovado

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes:
Prof. Associado **Paulo César Lima Segantine**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Paulo César Lima Segantine**

Dedico este trabalho aos meus pais Tamara e Sergio, aos meus irmãos Jesus, Cristóbal e Gonzalo, à minha avó Rocio e, em especial à minha bisavó Ofélia, (*in memoriam*), pelo amor, incentivo e inspiração durante todo este tempo fora do meu país.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me acompanhou neste longo caminho e me deu saúde, graça e paz para cumprir as exigências do Mestrado.

À minha família, Tamara, Sergio, Rocio, Enrique, Cristóbal, Gonzalo, Jesus e demais parentes e familiares que fizeram parte desta vitória.

Ao Brasil, pela confiança em mim depositada, por me fazer parte do seu povo e por me dar a oportunidade de cursar o Mestrado nesta prestigiosa universidade pública.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador, o Prof. Dr. José Leomar Fernandes Júnior, por ser o meu maior exemplo a seguir e por me guiar durante o desenvolvimento deste trabalho com todos os seus conhecimentos, paciência e dedicação.

Ao Dr. Antonio Carlos Dinato, ao Eng. Rombola e a todos os funcionários do Aeroporto Estadual de Araraquara, pela disposição e incentivos durante as visitas de campo e pelos comentários e sugestões para aprimorar este trabalho.

Aos Professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Transportes (STT) da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), da Universidade de São Paulo (USP), pela amizade e apoio constante e pelos conhecimentos e aprendizado transmitidos durante as aulas e durante a minha pesquisa.

Aos meus colegas e amigos de pós-graduação Elaine Ribeiro, Ricardo Freire Gonçalves e Renaude Carneiro, pela valiosa colaboração ao longo do mestrado, especialmente na fase do levantamento de defeitos no Aeroporto Estadual de Araraquara, pois sem eles certamente este trabalho não teria sido concretizado.

A todos os meus colegas e amigos de pós-graduação das turmas 2012, 2013 e 2014, especialmente a Loana Henriquez Sánchez, Miguel Andrés Castillo Rangel e Javier Yesid Mahecha Nuñez, pelas inúmeras contribuições e discussões que tanto aportaram neste trabalho e, principalmente, pela amizade e todos aqueles maravilhosos momentos compartilhados.

RESUMO

DURAN, J. B. C. **Sistema de Gerência de Pavimentos Aeroportuários: Estudo de Caso no Aeroporto Estadual de Araraquara**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2015.

A presente pesquisa objetiva contribuir para a implantação de Sistemas de Gerência de Pavimentos Aeroportuários (SGPA), tendo por base um estudo de caso desenvolvido no Aeroporto Estadual de Araraquara-SP Bartolomeu de Gusmão. Foi criado um banco de dados informatizado, através do *FAA PAVEAIR*, programa computacional de gerência de pavimentos aeroportuários disponibilizado pelo FAA (*Federal Aviation Administration*), que permitiu o armazenamento de toda informação inerente aos pavimentos do complexo aeroportuário e a determinação, com base no método PCI (*Pavement Condition Index*), da condição atual da pista de pousos e decolagens, da pista de rolagem e do pátio de aeronaves. Os resultados mostraram que o aeroporto de Araraquara apresenta condição regular de operação, indicada por um PCI médio de 67, e que os principais defeitos encontrados foram desagregação das partículas da mistura asfáltica, trincas transversais e, principalmente, trincas longitudinais. Por conseguinte, foram planejadas intervenções de manutenção e reabilitação, de modo a evitar situações que levassem ao comprometimento geral da condição dos pavimentos e, por consequência, a um aumento significativo dos custos de conservação. A melhor estratégia, se aplicada ao longo dos vinte anos de período de projeto, resultaria em um valor de PCI médio igual a 77, correspondente a boas condições de operação. Dessa forma, o estudo de caso desenvolvido contribuiu, com um exemplo completo, para a implantação de um SGPA em nível de rede e, mais ainda, para o desenvolvimento de um SGPA integral para a rede de aeroportos de administrações aeroportuárias de pequeno, médio e grande portes no Brasil, o que deve ser precedido pela elaboração de legislação específica que exija a aplicação efetiva de técnicas de manutenção que prolonguem a vida útil dos pavimentos, especialmente devido ao aumento da demanda por transporte aéreo e à necessidade de modernas e potentes aeronaves, que requerem, cada vez mais, melhores condições funcionais e estruturais das pistas de pousos e decolagens e dos pátios de aeronaves dos aeroportos.

Palavras-chave: pavimentos aeroportuários; sistemas de gerência; avaliação de pavimentos; manutenção e reabilitação; análise econômica; *FAA PAVEAIR*; PCI.

ABSTRACT

DURAN, J. B. C. **Airport Pavement Management System: a Case Study in Araraquara State Airport.** 2015. Dissertation (Master) – Sao Carlos School of Engineering, University of Sao Paulo, 2015.

This research aims to contribute to the implementation of Airport Pavements Management Systems (SGPA), based on a case study developed at the Araraquara State Airport Bartolomeu de Gusmao, in the State of Sao Paulo, Brazil. A computerized database was created, using the FAA PAVEAIR, an airport pavement management computer program provided by the FAA (Federal Aviation Administration), which allowed the storage all information inherent to the airport complex facilities and determining, based on the method of PCI (Pavement Condition Index), the current condition of the runway, taxiway and apron. The results showed that the airport presents regular operating condition, indicated by an average PCI of 67, and that the main defects found were raveling, transverse cracks and mainly longitudinal cracks. Therefore, maintenance and rehabilitation operations are planned so as to avoid situations that could lead to impairment of the general condition of the pavement and, consequently, a significant increase of maintenance costs. The best strategy, if applied over the twenty-year project period, would result in average PCI value of 77, corresponding to good operating condition. Thus, the case study developed contributed with a complete example, for the implementation of a SGPA network-level and even more so for the development of a comprehensive SGPA to the airport network of administrations of small, medium and large airports in Brazil, which should be preceded by the enactment of specific legislation that requires the effective application of maintenance techniques that prolong the life of pavements, especially due to increased demand for air transport and the need for modern and powerful aircraft, requiring increasingly, better functional and structural conditions of runways and aprons.

Keywords: airport pavements; management systems; pavement evaluation; maintenance and rehabilitation; economic analysis; FAA PAVEAIR; PCI.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Parâmetros do coeficiente de atrito para o equipamento <i>Grip Tester</i> [adaptada de ANAC (2012)].....	43
Tabela 2- Frequência das medições de atrito [adaptada de DAC (2001)].....	44
Tabela 3- Classes de textura do pavimento segundo o comprimento de onda [adaptada de Bernucci <i>et al.</i> (2008)].....	45
Tabela 4- Classes de microtextura [adaptada de Bernucci <i>et al.</i> (2008)].....	46
Tabela 5- Classificação da macrotextura [ANAC (2012)].....	47
Tabela 6- Frequência mínima de medições de macrotextura [ANAC (2012)].....	48
Tabela 7- Principais diferenças entre rodovias e aeródromos [adaptada de Medina e Motta (2005)].....	56
Tabela 8- Defeitos nos pavimentos aeroportuários flexíveis e rígidos [adaptada de ASTM (2012) e FAA (2014a)].....	58
Tabela 9- Categorias de defeitos em pavimentos aeroportuários [DNER (1998)].....	59
Tabela 10- Vantagens e desvantagens das versões do aplicativo <i>FAA PAVEAIR</i> [adaptada de TARBY (2011)].....	93
Tabela 11- Benefícios e custos associados aos SGP [adaptada de Haas, Hudson e Zaniewski (1994)].....	112
Tabela 12- Benefícios e custos adicionais em um nível de gerência estadual [adaptada de Haas, Hudson e Zaniewski (1994)].....	112
Tabela 13- Características de operação do <i>Convair 340</i> , aeronave considerada no projeto inicial [FAA (2012a)].....	118
Tabela 14- Características do B737-200, aeronave considerada no dimensionamento do pavimento [FAA (2012a)].....	119
Tabela 15- Histórico de construção do Aeroporto Estadual de Araraquara.....	120
Tabela 16- Características operacionais do Aeroporto Estadual de Araraquara.....	121

Tabela 17- Características de operação do ATR-72, aeronave em operação	126
Tabela 18- Resumo da divisão do aeródromo em ramos, seções e amostras	129
Tabela 19- Área e PCI calculado das seções do aeródromo.....	135
Tabela 20- Área e PCI calculado das amostras do aeródromo	136
Tabela 21- Atividades de M&R recomendadas para o SBAQ segundo o PCI das seções.....	142
Tabela 22- Principais defeitos avaliados nas seções da rede SBAQ	145
Tabela 23- Perda de desempenho do pavimento do SBAQ em PCI por ano	147
Tabela 24- Resumo das intervenções consideradas na alternativa de M&R No. 1	150
Tabela 25- Resumo das intervenções consideradas na alternativa de M&R No. 2	150
Tabela 26- Resumo das intervenções consideradas na alternativa de M&R No. 3	151
Tabela 27- Resumo das intervenções consideradas na alternativa de M&R No. 4	151
Tabela 28- Resumo das intervenções consideradas na alternativa de M&R No. 5	152
Tabela 29-- Razão Benefício/Custo das alternativas propostas no SBAQ	155
Tabela 30- Cronograma de atividades no SBAQ para o período de projeto	157

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estrutura típica de um pavimento flexível [adaptada de FAA (2007)].....	38
Figura 2- Estrutura típica de um pavimento rígido [adaptada de FAA (2007)]	39
Figura 3- Equipamento <i>Grip Tester</i> para medição de atrito [Dynatest (2014)]	43
Figura 4- Pêndulo Britânico [Bernucci <i>et al.</i> (2008)].....	46
Figura 5- Espalhamento da areia e medida do diâmetro do círculo formado [Bernucci <i>et al.</i> (2008)]	47
Figura 6- Esquema de medição da altura de <i>Bump</i> [adaptada de FAA (2009b)]	50
Figura 7- Determinação da linha imaginária [adaptada de FAA (2009b)].....	50
Figura 8- Critérios de aceitação de <i>bumps</i> (irregularidade) [adaptada de FAA (2009b)]	51
Figura 9- Critério de aceitação do <i>Boeing Bump Index</i> [adaptada de FAA (2009b)]	52
Figura 10- Classificação da condição dos pavimentos aeroportuários segundo sua origem e causas.....	58
Figura 11- Trincas por fadiga do revestimento [FAA (2014a)].	60
Figura 12- Deformação permanente, afundamento na trilha de roda [FAA (2014a)].....	61
Figura 13- Desagregação [FAA (2014a)]	62
Figura 14- Principais fatores causadores dos defeitos nos pavimentos rígidos.....	62
Figura 15- Principais classes de atividades de um SGP [adaptada de Haas e Hudson (1978)]	68
Figura 16- Ciclo de vida típico da condição do pavimento [adaptada de Zhang, <i>et al.</i> (2010)]	70
Figura 17- Relação das estratégias de M&R com as outras etapas de um SGP [MAPC (1986)]	76
Figura 18- Curvas de valores deduzidos para Trincas Trans. e Long. em pavimentos aeroportuários flexíveis [adaptada de FAA (2014b)]......	85

Figura 19- Sistema de classificação do PCI [adaptada de Shahin (1982) e ACRP (2011)]	88
Figura 20- Programas computacionais gratuitos oferecidos pela FAA [adaptada de LARKIN (2011)]	90
Figura 21- Programa de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias em pavimentos aeroportuários da FAA (2012-2022) [FAA (2012b)]	95
Figura 22- NAPTF (National Airport Pavement Test Facility) [FAA (2014c); GAGNON (2009)]	97
Figura 23- Equipamentos PASCO para coleta de dados automatizada [adaptada de PASCO (2014)]	98
Figura 24- Passos importantes na implantação de um SGP [adaptada de Haas, Hudson e Zaniewski (1994)]	105
Figura 25- Aeroportos Estaduais administrados pelo DAESP [DAESP (2014)]	115
Figura 26- Formato da infraestrutura do Aeroporto Estadual de Araraquara em 1973 [Dinato, 2001]	117
Figura 27- Estrutura do pavimento do Aeroporto Estadual de Araraquara em 1975 [adaptada de Dinato (2001)]	118
Figura 28- Vista aérea do Aeroporto Estadual de Araraquara e a identificação da sua infraestrutura atual [Google Earth (2014)]	122
Figura 29- Superfície pavimentada do Aeroporto Estadual de Araraquara [Google Earth (2014)]	123
Figura 30- Histórico do tráfego aéreo no Aeroporto Estadual de Araraquara.....	124
Figura 31- Histórico da carga movimentada no Aeroporto Estadual de Araraquara	125
Figura 32- Afundamento no pátio de aeronaves devido ao trem de pouso das aeronaves A320-200 e B737-500	126
Figura 33- Rede do Aeroporto Estadual de Araraquara dividida em ramos, seções e amostras	130
Figura 34- Base de dados do SBAQ no aplicativo <i>FAA PAVEAIR</i>	132
Figura 35- Informação detalhada da primeira seção da pista de pouso (PI 1-A)	132

Figura 36- Exemplo do histórico de construção e de intervenções feitas ao longo do tempo.	133
Figura 37- Detalhes do primeiro trabalho executado na primeira seção da pista (PI 1-A)	133
Figura 38-Registro da avaliação do pavimento correspondente à primeira seção da pista (PI 1-A).	134
Figura 39- Escalas de classificação do PCI.....	139
Figura 40- Classificação PCI proposta	140
Figura 41- Mapa da rede SBAQ com o PCI correspondente às amostras	141
Figura 42- Mapa da rede SBAQ com o PCI correspondente às seções.....	142
Figura 43- Porcentagens dos defeitos encontrados no pavimento do SBAQ.	143
Figura 44-Frequências dos valores deduzidos dos defeitos encontrados no pavimento do SBAQ	144
Figura 45- Curva de previsão de desempenho do pavimento do SBAQ.....	146
Figura 46- PCI médio da rede por ano, alternativa de M&R No. 1.....	152
Figura 47- PCI médio da rede por ano, alternativa de M&R No. 2.....	153
Figura 48- PCI médio da rede por ano, alternativa de M&R No. 3.....	153
Figura 49- PCI médio da rede por ano, alternativa de M&R No. 4.....	153
Figura 50- PCI médio da rede por ano, alternativa de M&R No. 5.....	154
Figura 51- Razão Benefício/Custo das alternativas propostas no SBAQ.....	155

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A	Área da seção
A _{ad}	Área da amostra adicional selecionada aleatoriamente
AASHO	<i>American Association of State Highway Officials</i>
ACN	<i>Aircraft Classification Number</i>
ACRP	<i>Airport Cooperative Research Program</i>
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
A _{r,i}	Área da amostra i selecionada aleatoriamente
ASTM	<i>American Society of Testing Materials</i>
ATAERO	Adicional de Tarifas Aeronáuticas
B	Benefício
BBI	<i>Boeing Bump Index</i>
C	Custo
CBR	<i>California Bearing Ratio</i>
CBUQ	Concreto betuminoso usinado a quente
CDV	Valor Deduzido Corrigido
CERL	<i>US Army Construction Engineering Research Laboratory</i>
D	Densidade da área afetada
d	Média de três medições do círculo de areia em mm
DAC	Departamento de Aviação Civil
DAESP	Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DOD	<i>United States Department of Defense</i>
DV	Valor Deduzido
e	Erro máximo admitido entre o PCI real e o PCI estimado
ESRI	<i>Environmental Systems Research Institute</i>
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
FNAC	Fundo Nacional de Aviação Civil
FOD	<i>Foreign Object Debris</i>
FWD	<i>Falling Weight Deflectometer</i>
GPR	<i>Ground Penetrating Radar</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HDV	Maior valor deduzido da amostra
HOTRAN	Horário de Transporte
HS	Altura média da mancha de areia em mm
HVS	<i>Heavy Vehicle Simulator</i>
i	Intervalo de espaçamento das amostras
IAC	Instrução de aviação civil
ICAO	<i>International Civil Aviation Administration</i>

IFI	<i>International Friction Index</i>
IIS	<i>Internet Information Server</i>
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
IRI	<i>International Roughness Index</i>
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
LWD	<i>Light Weight Deflectometer</i>
m	Número de amostras adicionais avaliadas
<i>m</i>	Número máximo de deduções incluindo a fração
MC	Manutenção corretiva
MP	Manutenção preventiva
M&R	Manutenção e Reabilitação
n	Número total de amostras aleatórias avaliadas
N	Número total de amostras na seção
NAPTF	<i>National Airport Pavement Test Facility</i>
NF	Não fazer nada
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
PA	Pátio de aeronaves
PASCO	<i>Pacific Aero Survey Company, Ltd</i>
PCC	<i>Portland Cement Concrete</i>
PCI	<i>Pavement Condition Index</i>
PCI _a	PCI de uma amostra
PCI _{ad}	PCI das amostras adicionais
PCI _f	Média dos PCI das amostras analisadas na seção
PCI _r	Média ponderada do PCI das amostras da seção
PCI _{r,i}	PCI da amostra i selecionada aleatoriamente
PCI _s	PCI de uma seção
PCN	<i>Pavement Classification Number</i>
PI	Pista de pousos e decolagem
PIARC	Associação Mundial de Rodovias
q	Número de valores deduzidos superiores a cinco
RC	Reconstrução
RCLS	<i>Road Condition Laser Surveying</i>
REAL	<i>Road Condition Surveying System</i>
RF	Reforço
RSP	Perfilômetro Laser
RVS	<i>Road Video Survey Vehicle</i>
RWY	<i>Runway</i>
s	Desvio padrão do PCI entre amostras da mesma seção
SAC	Secretaria de Aviação Civil
SBAQ	Aeroporto Estadual de Araraquara
SCI	<i>Structural Condition Index</i>
SGP	Sistemas de Gerência de Pavimentos

SGPA	Sistemas de Gerência de Pavimentos Aeroportuários
SGPR	Sistemas de Gerência de Pavimentos Rodoviários
SIG	Sistemas de informação geográfica
SQL	<i>Structured Query Language</i>
TDV	Valor Deduzido Total
TRB	<i>Transportation Research Board</i>
TX	Pista de rolagem
USACE	<i>U.S. Army Corps of Engineers</i>
USP	Universidade de São Paulo
V	Volume constante de areia de 25.000 mm ³
VP _b	Valor presente dos benefícios
VP _c	Valor presente líquido dos custos
VPL	Valor presente líquido
VRD	Valor de Resistência à Derrapagem
μ	Coefficiente de atrito
λ	Comprimento de onda
σ	Desvio padrão (σ) corrigido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO.....	31
1.2. JUSTIFICATIVA	32
1.3. PROBLEMA DA PESQUISA	32
1.4. OBJETIVO GERAL.....	33
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
1.6. ABORDAGEM METODOLÓGICA	33
1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO	34

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	36
2.2. PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS	36
2.2.1. Generalidades e conceitos fundamentais	36
2.2.2. Capacidade de suporte	40
2.2.3. Resistência à derrapagem	42
2.2.4. Irregularidade longitudinal	48
2.2.5. Danos por Objetos Estranhos	53
2.2.6. Analogia com os pavimentos rodoviários	54
2.2.7. Defeitos e mecanismos de deterioração.....	55
2.2.8. Importância da drenagem	63
2.3. SISTEMAS DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS (SGPA)	64
2.3.1. Conceituação dos Sistemas de Gerência de Pavimentos	64
2.3.2. Objetivos e benefícios da Gerência de Pavimentos.....	68
2.3.3. Componentes de um SGPA	71
2.3.4. Níveis de gerência	73
2.3.5. Manutenção e reabilitação de pavimentos.....	75
2.4. ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO (PCI)	77
2.4.1. Definição da rede de pavimentos de um aeródromo	78
2.4.2. Identificação e divisão do pavimento em ramos, seções e amostras	79
2.4.3. Avaliação dos pavimentos	80
2.4.4. Método de cálculo do PCI	83
2.5. PROGRAMAS COMPUTACIONAIS E TECNOLOGIAS USADAS EM SGPA.....	89
2.5.1. Programas computacionais	89
2.5.2. Aplicativo FAA PAVEAIR	91
2.5.3. Pesquisa e desenvolvimento de tecnologia.....	94
2.5.4. Coleta de dados automatizada	97
2.5.5. Sistemas de informações geográficas (SIG).....	100

2.6. IMPLANTAÇÃO DO SGPA	103
2.6.1. Generalidades	103
2.6.2. Passos importantes na implantação de um SGPA	104
2.6.3. Critérios de apoio à decisão	105
2.6.4. Barreiras institucionais	107
2.6.5. Custos associados	110
2.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
 3. ESTUDO DE CASO	
3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	114
3.2. DEPARTAMENTO AEROVIÁRIO DO ESTADO DE SÃO PAULO – DAESP.....	114
3.3. AEROPORTO ESTADUAL BARTOLOMEU DE GUSMÃO.....	116
3.3.1. Histórico	116
3.3.2. Características operacionais	120
3.3.3. Operacionalidade e tipo de tráfego aéreo	123
3.3.4. Recursos financeiros no SBAQ	126
3.4. MÉTODO INICIAL DE CRIAÇÃO DE UM SGPA NO SBAQ	128
3.4.1. Uso do aplicativo FAA PAVEAIR.....	128
3.4.2. Definição da rede, ramos seções e amostras.....	128
3.4.3. Levantamento e avaliação dos defeitos no pavimento	130
3.4.4. Criação da base de dados.....	131
3.4.5. Cálculo do PCI	135
3.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	136
 4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS	
4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	138
4.2. MÉTODO FINAL DE CRIAÇÃO DE UM SGPA NO SBAQ.....	138
4.2.1. Avaliação qualitativa da condição do pavimento	140
4.2.2. Modelo de previsão de desempenho do pavimento baseado no PCI.....	145
4.2.3. Definição das estratégias de manutenção e reabilitação.....	147
4.2.4. Análise de alternativas e definição de prioridades	149
4.2.5. Cronograma e planejamentos futuros	156
4.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	158
 6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	
6.1. CONCLUSÕES	159
6.2. SUGESTÕES PARA PESQUISAS E DESENVOLVIMENTOS	161
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	163
APÊNDICE A – DADOS AEROPORTOS DAESP	170
APÊNDICE B – LEVANTAMENTO DE DEFEITOS NO SBAQ	176
APÊNDICE C - TABELAS DE CÁLCULO.....	198
APÊNDICE D – PRINCIPAIS DEFEITOS NO PAVIMENTO DO SBAQ	176

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se a contextualização do trabalho e a justificativa para esta pesquisa, assim como a descrição dos seus objetivos, método empregado e a organização da estrutura do trabalho.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO

A infraestrutura aeroportuária representa uma grande parcela dos recursos materiais e financeiros da administração de aeroportos e a importância da conservação de uma rede de pavimentos aeroportuários é evidente, uma vez que a deterioração do pavimento pode contribuir para a ocorrência de acidentes aéreos. No entanto, os recursos financeiros necessários para a adequada conservação de uma rede de pavimentos são elevados e, na maioria das vezes, os recursos disponíveis são insuficientes (Shahin, 2005).

São milhões os metros quadrados de pavimento utilizados na infraestrutura aeroportuária. O Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo (DAESP), por exemplo, administra 26 aeroportos estaduais que totalizam 1.956.552 m² de pavimento, dos quais 99% são pavimentos flexíveis e somente 1% é pavimento rígido. Nesse sentido, a grande quantidade de recursos financeiros investidos na infraestrutura aeroportuária deveria fazer com que uma das principais preocupações das autoridades administrativas fosse a preservação da vida útil dos pavimentos, por meio do constante monitoramento da estrutura e da correta execução de atividades de manutenção e reabilitação (M&R).

De acordo com Fernandes Jr. *et al.* (2011), os Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGP) visam à obtenção do melhor retorno possível para os recursos investidos, provendo pavimentos seguros, confortáveis e econômicos aos usuários e representam a possibilidade de se avançar de um esquema de manutenção baseado apenas na correção de problemas para um sistema de manutenção planejada, capaz de prolongar a vida útil e garantir padrões mínimos de serviço em toda a rede. Ou seja, uma programação eficiente das atividades de M&R, resultante de um Sistema de Gerência de Pavimentos Aeroportuários (SGPA), pode dar respostas às questões de como, quando e onde utilizar os recursos financeiros disponíveis.

1.2. JUSTIFICATIVA

O uso de um SGPA permite, a partir do conhecimento da condição atual, a previsão da condição futura do pavimento e, assim, a alocação dos recursos financeiros destinados à preservação da infraestrutura aeroportuária de maneira eficiente. Pavimentos seguros, confortáveis e em ótimas condições de operação são os principais benefícios esperados por uma sociedade que exige o retorno do que foi indiretamente investido através de impostos e taxas pagos.

Da mesma forma, as empresas aéreas que fazem uso da infraestrutura para suas atividades comerciais buscam operar em pavimentos resistentes e bem conservados, que garantam a segurança das operações aeroportuárias. Neste sentido, a intenção de contribuir na implantação de um SGPA no Aeroporto Estadual de Araraquara é fornecer uma ferramenta de controle e auxílio na tomada de decisões técnicas e administrativas relacionadas com o planejamento, programação, orçamento e identificação das áreas candidatas à manutenção e reabilitação. Além disso, os resultados e benefícios obtidos através do presente trabalho podem incentivar a implantação de um SGPA que englobe os 26 aeroportos estaduais administrados atualmente pelo DAESP.

1.3. PROBLEMA DA PESQUISA

Percebe-se, no Aeroporto Estadual de Araraquara, Estado de São Paulo, objeto do estudo de caso deste trabalho, a degradação dos pavimentos, principalmente da pista de pousos e de decolagens, causada pela ausência de atividades regulares de conservação e reabilitação ao longo do tempo.

O problema acentua-se pela ausência de desenvolvimento, de implantação e de aplicação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Aeroportuários com o objetivo de estabelecer estratégias de manutenção e de reabilitação que visem garantir as condições mínimas operacionais e de segurança dos pavimentos no aeroporto.

1.4. OBJETIVO GERAL

A presente pesquisa objetiva contribuir para a implantação de Sistemas de Gerência de Pavimentos Aeroportuários, tendo por base um estudo de caso no Aeroporto Estadual de Araraquara-SP Bartolomeu de Gusmão.

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com base no estudo de caso pretende-se:

- a) Analisar o aplicativo *FAA PAVEAIR* em termos de criação de uma base de dados informatizada, contendo as principais informações dos pavimentos do aeródromo e de determinação das seções e amostras para a avaliação da condição do pavimento;
- b) Efetuar o levantamento de defeitos de todas as amostras e seções do aeródromo e analisar a representação da condição atual do pavimento por meio do Índice de Condição do Pavimento (PCI);
- c) Analisar e utilizar o modelo de previsão de desempenho de pavimentos aeroportuários gerado pelo aplicativo *FAA PAVEAIR*;
- d) Avaliar as estratégias de M&R possíveis, principalmente as que envolvem novas técnicas, de forma a propor aquela que apresente a melhor relação benefício/custo. Além disso, pretende-se descrever os critérios para se estabelecer prioridades e a forma de elaboração do cronograma de intervenções ao longo de um período de projeto de vinte anos (2015-2034).

1.6. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Inicialmente, foi feita uma revisão bibliográfica de obras que abordam os Sistemas de Gerência de Pavimentos Aeroportuários, principalmente quanto aos métodos aplicados. Em seguida, foi utilizado o método PCI, preconizado pelo FAA (*Federal Aviation Administration*), destacando-se que a identificação e quantificação dos defeitos do pavimento e seus respectivos níveis de severidade, assim como o próprio cálculo do PCI, já estão normalizados na ASTM D5340-12 (ASTM, 2012). O aplicativo *FAA PAVEAIR* é utilizado

nesta pesquisa por representar uma ferramenta básica e acessível para o desenvolvimento de Sistemas de Gerência de Pavimentos Aeroportuários.

A seguir são apresentadas, de forma breve, as ações feitas nesta pesquisa para o desenvolvimento do Método PCI e a consequente contribuição para a implantação de um SGPA no aeródromo estudado:

- a) Definição da rede, ramos, seções e amostras: para a avaliação do PCI, o aeródromo em estudo foi considerado como uma rede e dividido em ramos, seções e amostras;
- b) Criação da base de dados informatizada: a base de dados foi criada por meio do aplicativo *FAA PAVEAIR*;
- c) Determinação do número de amostras avaliadas: embora o método PCI permita calcular o número mínimo de amostras a serem avaliadas atendendo um nível de confiança de 95% foi possível avaliar todas as amostras que compõem a rede;
- d) Levantamento de defeitos: a avaliação do pavimento teve uma duração de seis dias e foi realizada por três engenheiros civis previamente treinados;
- e) Cálculo do PCI: o PCI foi calculado para todas as amostras e seções da rede, por meio do aplicativo *FAA PAVEAIR*;
- f) Definição da curva de desempenho do pavimento, por meio da ferramenta de predição do aplicativo *FAA PAVEAIR*, a partir dos valores de PCI das amostras e seções da rede;
- g) Comparação da condição atual e futura do pavimento, com base em três classificações diferentes de PCI;
- h) Identificação de estratégias de manutenção e reabilitação através de cinco alternativas propostas;
- i) Escolha da melhor alternativa com base no critério da relação benefício/custo;
- j) Proposição do cronograma de intervenções futuras.

1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação foi dividida em seis capítulos, em que o Capítulo 1 – Introdução apresenta a contextualização do trabalho, sua justificativa, o problema da pesquisa, os objetivos - geral e específicos, o método utilizado e a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 consiste em uma revisão bibliográfica sobre os conceitos fundamentais dos pavimentos aeroportuários e dos SGPA, o método PCI e os programas computacionais e tecnologias aplicados nos SGPA.

A escolha do Aeroporto Estadual de Araraquara, utilizado no estudo de caso, é justificada no Capítulo 3, no qual se apresenta o DAESP (Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo) e a descrição geral do aeroporto.

No Capítulo 4 é apresentada a análise e interpretação dos resultados decorrentes da aplicação do Método PCI . Apresenta-se, também, a avaliação qualitativa da condição do pavimento, o modelo de previsão de desempenho baseado no PCI, a definição das estratégias de M&R, os critérios de apoio à decisão, a análise de alternativas e definição de prioridades e o cronograma de intervenções futuras.

O Capítulo 5 refere-se à implantação do SGPA. São apresentados os passos mais importantes na tentativa de implantação de um SGPA e são abordados a integração dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), as principais barreiras institucionais e os custos associados à implantação.

Finalmente, no Capítulo 6, apresentam-se as conclusões obtidas a partir da análise dos resultados e das demais informações apresentadas ao longo desta pesquisa, assim como sugestões para pesquisas e desenvolvimentos futuros relacionados com os Sistemas de Gerência de Pavimentos Aeroportuários.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo objetiva expor uma revisão das obras que abordam os Sistemas de Gerência de Pavimentos Aeroportuários, delinear os conceitos fundamentais associados aos pavimentos aeroportuários, descrever o método de cálculo do Índice de Condição do Pavimento e apresentar os programas computacionais e tecnologias atuais aplicadas na área.

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

São poucas as pesquisas desenvolvidas no Brasil sobre Sistemas de Gerência de Pavimentos Aeroportuários, encontrando-se principalmente registros de trabalhos produzidos por pesquisadores do Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) e da Universidade de São Paulo (USP). Não obstante, a maior parte das obras pesquisadas e apresentadas nesta revisão bibliográfica é de origem estrangeira, principalmente de estudos realizados pela Administração Federal de Aviação dos Estados Unidos (*Federal Aviation Administration – FAA*). É importante ressaltar que também foram encontradas diversas pesquisas desenvolvidas no Brasil, referentes a Sistemas de Gerência de Pavimentos Rodoviários (SGPR), em que seus conceitos, práticas e processos têm sido aplicados, sem variações significativas, no ambiente aeroportuário.

2.2. PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS

2.2.1. Generalidades e conceitos fundamentais

Um dos fatores mais importantes para a realização de uma viagem aérea com segurança e conforto é o pavimento no qual a aeronave opera. Os pavimentos aeroportuários são projetados, construídos e mantidos de modo a suportar as cargas críticas nas que são submetidos além de fornecer regularidade, resistência à derrapagem e uma superfície segura e confortável tanto para as aeronaves como para os passageiros. Ao mesmo tempo, o pavimento deve prover a qualidade e espessura suficientes para garantir que a estrutura não falhará por

causa das cargas impostas e que resistirá ao efeito abrasivo do tráfego, às condições climáticas adversas e a outros fatores de deterioração (FAA, 2007).

A infraestrutura na qual os pavimentos aeroportuários fazem parte é chamada de aeródromo. O aeródromo é o local que tem como objetivo possibilitar, com segurança, as manobras de pouso, decolagem, movimento e estacionamento de aeronaves e que possui todos os equipamentos e construções necessárias para cumprir este objetivo. Duas zonas, o lado ar e o lado terra, são as principais partes de um aeródromo. O lado ar, de acesso restrito ao público, corresponde à área de movimentação das aeronaves representada principalmente pelas pistas de pouso e decolagem (*runways*), as pistas de rolagem ou táxis (*taxiways*) e os pátios de estacionamento das aeronaves (*aprons*). O lado terra é constituído por todos os edifícios e instalações com acesso livre tais como as salas de embarque e desembarque de passageiros e carga, os estacionamentos veiculares, entre outras.

As áreas pavimentadas de ambos os lados, ar e terra, são constituídas por pavimentos flexíveis ou rígidos, dimensionados para cumprir as funções específicas de cada área, possuindo as características anteriormente mencionadas como espessura, qualidade e durabilidade suficiente que permitem suportar as cargas aplicadas e resistir à ação abrasiva das mesmas, das condições meteorológicas e a outros fatores.

Os pavimentos flexíveis são compostos por um revestimento de concreto asfáltico apoiado sobre um conjunto de camadas subsequentes que são construídas com materiais cuidadosamente selecionados como solos ou misturas de solos e materiais granulares. As camadas que o compõem sofrem uma deformação elástica significativa em virtude do carregamento aplicado, fazendo distribuir a carga equitativa e gradativamente entre elas. A Figura 1 ilustra a estrutura típica de um pavimento flexível.

As camadas que conformam um pavimento flexível são as seguintes:

- a) Revestimento ou Camada Superficial: é formada por uma mistura betuminosa constituída por agregados selecionados que estão unidos por ligantes betuminosos. As principais funções desta camada são criar uma superfície uniforme, estável, durável, aderente e sem partículas soltas, evitar a entrada de água para as camadas inferiores e resistir ao cisalhamento induzido pelas cargas aplicadas, distribuindo-as nas camadas inferiores.

- b) Camada de Base: Segundo Balbo (2007), as bases podem ser constituídas por solo estabilizado naturalmente, misturas de solos e agregados (solo-brita), brita graduada, brita graduada com cimento, solo estabilizado quimicamente com ligante hidráulico ou asfáltico, entre outros agentes estabilizadores. Esta camada representa a componente estrutural principal do pavimento, pois tem como função principal distribuir os esforços às camadas inferiores do pavimento e resistir ao cisalhamento evitando assim a consolidação e deformação do pavimento.
- c) Camada de Sub-base: Esta camada é semelhante à camada de base e é muito utilizada tanto em lugares de baixa temperatura como em locais onde o subleito é de baixa capacidade de suporte. Para as sub-bases podem ser utilizados os mesmos materiais citados para o caso das bases. A sub-base distribui as cargas recebidas pelo subleito, podendo também ter a função de drenagem e prevenir a ação destrutiva do gelo.
- d) Reforço do subleito: camada de solo de boa qualidade que serve como reforço para um subleito de baixa capacidade de suporte de maneira a receber pressões de menor magnitude, compatíveis com sua resistência.
- e) Subleito: é o solo natural consolidado e compactado que conforma a fundação da estrutura do pavimento. Uma vez que os esforços de cisalhamento gerados pelo carregamento diminuem com a profundidade dada pela espessura das camadas superiores, o topo do subleito é quem recebe os esforços resultantes da dissipação.

Figura 1- Estrutura típica de um pavimento flexível [adaptada de FAA (2007)]

Por outro lado, o principal elemento estrutural de um pavimento rígido é o Concreto de Cimento Portland (*Portland Cement Concrete* - PCC). De acordo com Oliveira (2009), os pavimentos rígidos são projetados em placas com dimensões e especificações que variam com sua destinação, apoiadas sobre uma sub-base (ou um reforço do subleito caso seja necessário) e podendo ser do tipo armado ou protendido com a finalidade de controlar e minimizar os efeitos danosos das trincas e promover uma transferência do carregamento entre as placas.

Nos critérios da FAA (2007), as camadas que conformam um pavimento rígido são as seguintes:

- a) Placa de PCC: esta camada fornece suficiente suporte estrutural às aeronaves e uma superfície resistente à derrapagem além de evitar possíveis infiltrações de excessos da água superficial na sub-base.
- b) Sub-base: é a camada que oferece um suporte uniforme para assentar a placa de concreto. A sub-base serve também para controlar a ação destrutiva do gelo, prover drenagem sub-superficial, controlar a expansão do solo do subleito e impedir o bombeamento de partículas finas. Os pavimentos rígidos requerem uma espessura mínima de sub-base de 10 cm.
- c) Sub-base estabilizada: O benefício estrutural transmitido à seção de pavimento por uma sub-base estabilizada é refletido no módulo de reação do subleito e conferido para a fundação. Assim, todos os pavimentos novos projetados para acomodar aeronaves de peso igual ou superior a 45.000 Kg devem possuir uma sub-base estabilizada.
- d) Reforço do subleito e Subleito: da mesma forma que os pavimentos flexíveis o subleito é o solo compactado que conforma a fundação do pavimento e o reforço é um solo de boa qualidade que visa melhorar a resistência de subleitos de baixa capacidade de suporte. O subleito recebe poucos esforços de cisalhamento devido à dissipação da energia através da sub-base e a camada de reforço.

Na Figura 2 é mostrada a estrutura típica de um pavimento rígido.

Figura 2- Estrutura típica de um pavimento rígido [adaptada de FAA (2007)]

A principal diferença entre os dois tipos de pavimentos reside na forma em que as cargas atuantes são distribuídas. No caso dos pavimentos rígidos, devido à elevada rigidez do revestimento em relação às demais camadas da estrutura, as cargas de superfície são distribuídas numa grande área, aliviando as tensões transmitidas às camadas subjacentes (BERNUCCI *et al.*, 2008). Já os pavimentos flexíveis distribuem gradualmente as cargas

numa área mais restrita desde a superfície até o subleito a través das camadas evitando atingirem as suas respectivas capacidades de suporte.

Ainda nas considerações de Bernucci *et al.* (2008), para dimensionar adequadamente uma estrutura de pavimento, devem-se conhecer bem as propriedades dos materiais que as compõem, sua resistência à ruptura, permeabilidade e deformabilidade, frente às repetições de carga e ao efeito do clima. As diferentes camadas dos pavimentos devem resistir aos esforços solicitantes e transferi-los às camadas subjacentes, pois as tensões e deformações as quais a estrutura está sujeita dependem principalmente da espessura das camadas e da rigidez dos materiais.

Para Gomes (2008), a escolha do tipo de pavimento a ser utilizado nas diversas áreas que compõem os sistemas de pistas e pátios de um aeródromo envolve fatores técnicos e econômicos. Deste modo a tendência em aeródromos é usar pavimentos flexíveis nas áreas que são destinadas ao pouso, decolagem e rolamento das aeronaves (pistas de pouso e pistas de rolagem), e pavimentos rígidos nos pátios de estacionamento das aeronaves devido a uma maior resistência do pavimento às cargas estáticas e à ação química de combustíveis, óleos e lubrificantes.

Segundo Barros (2008), de modo a atingir os objetivos para os quais um pavimento é dimensionado torna-se imprescindível que este possua e mantenha propriedades fundamentais relacionadas com a capacidade de suporte, a resistência à derrapagem, a regularidade longitudinal e aos danos devidos a objetos estranhos com potencial de risco conhecidos como *Foreign Object Debris* (FOD).

2.2.2. Capacidade de suporte

Um pavimento aeroportuário deve possuir a capacidade de suporte necessária para resistir às cargas impostas pelo tráfego aéreo. Portanto, definir o tipo de aeronaves que podem operar sobre um determinado pavimento é fundamental para avaliar o efeito sobre o mesmo.

ICAO (2013) apresenta o método conhecido como ACN/PCN (*Aircraft Classification Number / Pavement Classification Number*) instituído pela Organização Internacional de Aviação Civil (*International Civil Aviation Administration* – ICAO) em 1977. Aplica-se a

pavimentos destinados a suportar aviões de peso igual ou superior a 5700 kg permitindo avaliar sua resistência correlacionando um número ACN que expressa o efeito relativo de uma aeronave com uma determinada carga sobre o pavimento para uma categoria padrão de subleito especificado, ao número PCN que expressa a capacidade de suporte do pavimento para operar sem restrições (ANAC, 2008; ROEHRS, 2002).

De acordo com Gomes (2008), o número de classificação de aeronaves (ACN) e o número de classificação do pavimento (PCN) são um conjunto de números únicos. O primeiro é comumente fornecido pelo construtor e varia de acordo com o peso e a configuração da aeronave (peso, geometria do trem de pouso, pressão de enchimento dos pneus, entre outros), o tipo de pavimento e a resistência do subleito. O segundo indica a carga aplicada admissível de um pavimento em função de uma roda simples com pressão de enchimento de 1,25 Mpa (180 psi) e varia sem especificar o tipo de aeronave em particular e sem detalhar informações sobre o pavimento (ROEHRS, 2002).

O número PCN pode ser determinado através de um dos seguintes procedimentos:

Avaliação Prática: adota o valor do ACN da aeronave mais crítica em operação regular em um determinado aeroporto em que o pavimento não apresente danos significativos e publica como PCN o maior valor de ACN observado.

Avaliação Técnica: com base nos princípios para dimensionamento de pavimentos, relacionam-se diferentes combinações de condições de carregamento, frequência de operações e níveis de tensão admissíveis e obtém-se a carga bruta pelo processo inverso do dimensionamento. Uma vez obtida a carga admissível, identifica-se a aeronave que representa a carga admissível e adota-se esse valor como o PCN do pavimento (ANAC, 2008).

O PCN de um pavimento é notificado a través de um código formado por cinco elementos (FAA, 2011a):

- a) Valor numérico do PCN;
- b) Tipo de pavimento: Rígido (R) ou Flexível (F);
- c) Resistência do subleito: Alta (A), Média (B), Baixa (C) ou Ultrabaixa (D);
- d) Pressão máxima dos pneus:
Alta, Sem limite (W);

Média, de 0,1 a 1,5 MPa (X);

Baixa, de 0,51 a 1,0 Mpa (Y) ou

Ultrabaixa, de 0 a 0,5 (Z).

e) Método de avaliação: Técnica (T) ou Prática (P).

Deste modo, a notificação de um PCN 80/R/B/W/T corresponde a um pavimento com PCN igual a 80, rígido, de resistência do subleito média, pressão admissível dos pneus alta e que foi avaliado de forma técnica.

Contudo, o método ACN/PCN é utilizado exclusivamente para difundir dados sobre a capacidade de carga dos pavimentos de forma a subsidiar a decisão das autoridades aeroportuárias quanto a viabilidade de pouso de determinadas aeronaves em determinadas pistas e não tem em vista substituir os procedimentos de dimensionamento e avaliação de pavimentos nem restringir a metodologia utilizada para projetar ou avaliar sua estrutura (FAA, 2011a).

2.2.3. Resistência à derrapagem

As características antiderrapantes de um pavimento são um importante indicador de qualidade funcional e estão relacionadas diretamente com o atrito pneu-pavimento. A textura superficial do pavimento permite o desenvolvimento das forças de atrito no contato pneu-pavimento, gera resistência ao movimento (relacionada com o consumo de combustível), contribui com o desgaste dos pneus e provoca vibração e ruído nas aeronaves e seus componentes.

Para Oliveira (2009) as características de atrito dos pavimentos aeroportuários, especialmente nas pistas de pousos e decolagens, podem afetar sobremaneira a segurança das operações das aeronaves. Dependendo das condições encontradas nestes pavimentos, uma condição de atrito deficiente pode gerar graves incidentes envolvendo inúmeras vítimas fatais.

O atrito, caracterizado pelo seu coeficiente e simbolizado pela letra grega “ μ ” é definido segundo OACI (2002) como a relação entre a força tangencial necessária para manter um movimento relativo uniforme entre as duas superfícies em contato (os pneus da aeronave e

a superfície do pavimento) e a força perpendicular que as mantêm em contato (peso distribuído do avião sobre as aéreas dos pneus do avião).

De modo a medir o atrito, existem diferentes métodos e técnicas. Equipamentos rebocáveis com um ou mais pneus que simulam a frenagem bloqueando-os e arrastando-os, ou ainda com pneus livres para rolarem, mas com um determinado ângulo em relação à direção de deslocamento, são os mais comuns para fins de medição do atrito. Um equipamento disponível no Brasil e muito utilizado em pistas de pouso e decolagem é o *Grip Tester*. A Figura 3 mostra o equipamento *Grip Tester* simulando uma situação de chuva por meio do espargimento de uma vazão constante na frente da roda teste do equipamento, suficiente para criar uma película de água com espessura de 1,0 mm, como estabelecido na Resolução No. 236 da ANAC (ANAC, 2012).

Figura 3- Equipamento *Grip Tester* para medição de atrito [Dynatest (2014)]

A ANAC (2012) estabelece requisitos de aderência para pistas de pouso e decolagem, visando diminuir o risco de hidroplanagem e aumentar a segurança das condições operacionais das aeronaves. A Tabela 1 mostra os parâmetros de coeficiente de atrito e suas respectivas condições como tipo e pressão de enchimento do pneu, velocidade do ensaio e profundidade da lâmina de água simulada para esse equipamento, admitindo-se uma tolerância de 2,5% sobre os valores do coeficiente.

Tabela 1- Parâmetros do coeficiente de atrito para o equipamento *Grip Tester* [adaptada de ANAC (2012)]

Equipamento	Pressão do pneu (KPa)	Velocidade do ensaio (Km/h)	Profundidade da lâmina de água simulada (mm)	Coeficiente de atrito	
				Nível de manutenção	Nível mínimo
<i>Grip Tester</i>	140	65	1,0	0,53	0,43
	140	95	1,0	0,36	0,24

Por sua vez, o Departamento de Aviação Civil (DAC) sugere que as medições dos coeficientes de atrito de pistas de pouso e decolagem sejam realizadas após a construção do pavimento e sempre que o pavimento for submetido a recapeamento ou tratamento superficial (teste de calibração), (DAC, 2001). A partir do teste de calibração as medições de atrito devem ser efetuadas com uma determinada periodicidade (teste de monitoramento), como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2- Frequência das medições de atrito [adaptada de DAC (2001)]

Pousos diários de aeronaves	Frequência das medições de atrito	
	Pavimentos sem tratamento superficial	Pavimentos com tratamento superficial
Menos de 50	Cada 12 meses	Cada 12 meses
51 a 250	Cada 6 meses	Cada 9 meses
251 a 450	Cada 4 meses	Cada 6 meses
451 a 700	Cada 3 meses	Cada 4 meses
701 ou mais	Cada 3 meses	Cada 3 meses

Por outro lado, um Índice Internacional de Atrito (*International Friction Index* - IFI) foi concebido em 1992 pela Associação Mundial de Rodovias (PIARC) de modo a criar uma escala única de referência. O IFI corresponde ao atrito de um veículo de passeio deslocando-se a 60 km/h por meio de pneus lisos e rodas travadas, sobre um pavimento molhado. Atualmente vem se desenvolvendo múltiplos estudos visando definir limites aceitáveis tanto para pavimentos asfálticos rodoviários como aeroportuários.

Contudo, nas considerações de Bernucci *et al.* (2008), vários fatores colaboram para a aderência pneu-pavimento em pistas molhadas sendo os mais importantes a textura superficial e as características dos pneus (ranhuras, pressão de enchimento, dimensões e tipo). A segurança em pavimentos molhados é considerada o aspecto funcional mais importante de um pavimento, pois as condições de aderência são fatores de grande relevância nas avaliações de superfície e na decisão de manutenções, principalmente de pistas de pouso e decolagem. Casos de hidroplanagem ocorrem quando os pneus perdem o contato com o pavimento por causa da presença de um filme de água que não foi rompido pelos pneus ou pela textura da pista. Através do contato pneu-pavimento pode-se garantir o atrito o qual depende da textura da superfície do pavimento, caracterizada pela microtextura e a macrotextura. A microtextura e a macrotextura representam o comprimento de onda entre duas depressões da superfície do pavimento. A Tabela 3 mostra essas duas classes de textura do pavimento segundo o comprimento de onda.

Tabela 3- Classes de textura do pavimento segundo o comprimento de onda [adaptada de Bernucci *et al.* (2008)]

Classificação de Textura	Comprimento de Onda (λ)
Microtextura	$\lambda < 0,50 \text{ mm}$
Macrotextura	$0,50 \text{ mm} \leq \lambda < 50 \text{ mm}$

Segundo OACI (2002), a microtextura é a textura representada pela superfície das partículas individualmente e que pode ser sentida pelo tato, porém não pode ser medida diretamente. Embora a microtextura não seja visível a olho nu, pode ser identificada por superfícies lisas ou ásperas. Superfícies com microtextura áspera permitem uma penetração substancial de uma película fina de água, fornecendo comumente um nível de atrito alto. Não obstante, superfícies com microtextura lisa são deficientes à penetração da película fina de água, proporcionando um baixo nível de atrito que propicia à ocorrência de hidroplanagem. A microtextura lisa pode ser associada à utilização de agregados inadequados, à ação do tráfego, às condições climáticas e a outros fatores como a impregnação da borracha dos pneus das aeronaves nas zonas de toque das pistas de pouso e decolagem (OLIVEIRA, 2009).

De forma a avaliar a microtextura, Bernucci *et al.* (2008), recomenda o uso do Pêndulo Britânico, ensaio padronizado pela Sociedade Americana para Testes e Materiais (*American Society of Testing Materials* – ASTM) através da norma ASTM 303-93. A Figura 4 mostra esse equipamento o qual é munido de um braço pendular cuja extremidade tem uma base recoberta de borracha para ser atritada contra a superfície (úmida) do pavimento. O equipamento objetiva medir a perda de energia ocasionada pelo atrito provocado entre o pêndulo e a superfície do pavimento, permitindo determinar o valor de resistência à derrapagem conhecido como VRD, representado por valores que vão dos 31 ou menos caracterizando superfícies perigosas e lisas, até 75 ou mais descrevendo superfícies muito rugosas, como apresentado na Tabela 4.

Segundo OACI (2002), não existem especificações de um critério objetivo para determinar diretamente a microtextura e não tem se apresentado uma recomendação para um VRD destinado aos pavimentos aeroportuários.

Figura 4- Pêndulo Britânico [Bernucci *et al.* (2008)]

Tabela 4- Classes de microtextura [adaptada de Bernucci *et al.* (2008)]

Classe	Valor de resistência à derrapagem (VRD)
Muito Lisa	$VRD \leq 31$
Lisa	$32 \leq VRD \leq 39$
Rugosa	$40 \leq VRD \leq 75$
Muito rugosa	$VRD > 75$

Uma eficiente interação pneu-pavimento pode ser conseguida por meio de uma boa macrotextura. A macrotextura é associada à rugosidade do conjunto ligante asfáltico e agregados assim como à capacidade de drenagem do pavimento que fornece canais de escoamento da água conferindo ao pavimento a rugosidade necessária para a circulação das aeronaves. A manutenção de valores de macrotextura adequados reduz a tendência dos pneus das aeronaves experimentarem fenômenos de hidroplanagem durante as operações de pouso e decolagem, atendendo às velocidades elevadas atingidas pelas aeronaves (OACI, 2002).

Por sua vez, para FAA (2007) a macrotextura é definida como uma visível e pequena irregularidade na superfície do pavimento que forma pequenas trilhas que facilitam o escoamento da água durante a passagem dos pneus das aeronaves. O método mais utilizado pelas administrações aeroportuárias para determinar a macrotextura de um pavimento é o ensaio da mancha de areia. O ensaio determina a profundidade média da altura da mancha de areia formada entre os picos e as depressões da textura da superfície por meio do espalhamento circular e homogêneo de um volume de 25 cm^3 ($25,000 \text{ mm}^3$) de areia com granulometria contida entre as peneiras 50 e 100 sobre a superfície do pavimento que será avaliado auxiliando-se de um espalhador com base circular emborrachada, conforme ilustrado na Figura 5. Após o espalhamento da areia sobre a superfície é medido o diâmetro do círculo formado e calculada a área da mancha de areia por meio da Equação 1:

$$HS = \frac{4V}{d^2\pi} \quad (1)$$

Figura 5- Espalhamento da areia e medida do diâmetro do círculo formado [Bernucci *et al.* (2008)]

em que:

HS = altura média da mancha de areia em mm;

V = volume constante de areia de 25.000 mm³;

d = Média de três medições (em direções distintas) do círculo de areia em mm.

Finalmente, para classificar a macrotextura utiliza-se a altura média da mancha de areia segundo os critérios mostrados na Tabela 5.

Tabela 5- Classificação da macrotextura [ANAC (2012)]	
Classe	Altura média da mancha de areia HS (mm)
Muito fechada	$HS \leq 0,20$
Fechada	$0,20 < HS \leq 0,40$
Média	$0,40 < HS \leq 0,80$
Aberta	$0,80 < HS \leq 1,20$
Muito aberta	$HS \geq 1,20$

Por recomendação de ANAC (2012), os pavimentos aeroportuários devem possuir uma profundidade média de macrotextura maior ou igual a 0,60 mm para pistas de pouso e decolagem em operação e a frequência mínima em que as medições devem ocorrer varia segundo a quantidade de pousos diários por cabeceira, conforme a Tabela 6. Do mesmo modo, segundo Bernucci *et al.* (2008), pavimentos com valores de macrotextura abaixo de 0,6 mm (fechada) aumentam potencialmente o risco de hidroplanagem precisando intervenção imediata de manutenção. Para pavimentos novos, a FAA (2007) recomenda valores mínimos de macrotextura iguais a 1,14 mm.

Tabela 6- Frequência mínima de medições de macrotextura [ANAC (2012)].

Pousos diários por cabeceira	Frequência mínima de medições de macrotextura
Menor ou igual a 15	Cada 360 dias
16 a 30	Cada 180 dias
31 a 90	Cada 90 dias
91 a 150	Cada 60 dias
151 a 210	Cada 45 dias
Mais de 210	Cada 30 dias

2.2.4. Irregularidade longitudinal

A irregularidade é definida por DNER (1998) como o desvio da superfície do pavimento em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade ao rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via. A irregularidade é a grandeza física mensurável (direta ou indireta) da superfície do pavimento que melhor se correlaciona com o custo operacional dos veículos, o conforto, a segurança, a velocidade, a economia das viagens e com a drenagem e o risco de hidroplanagem. Para Barros (2008), a irregularidade longitudinal é o somatório dos desvios da superfície de um pavimento em relação a um plano de referência ideal do projeto geométrico, causando a formação de depressões na superfície do pavimento e constituindo conseqüentemente um alto risco de hidroplanagem que comprometerá a circulação das aeronaves.

De tal modo, é importante que as superfícies dos pavimentos aeroportuários permaneçam livres de irregularidades que possam prejudicar a segurança das operações das aeronaves, provocar danos ou aumentar a fadiga da estrutura do pavimento. Para FAA (2009b), a irregularidade nos pavimentos aeroportuários pode também ser definida em termos de fadiga do pavimento devido ao aumento das tensões aplicadas e ao desgaste da superfície, além de outros fatores que prejudicam a segurança das operações das aeronaves como as vibrações geradas na cabine de mando, que impedem aos pilotos se concentrar na instrumentação e manipular os controles durante o pouso ou decolagem. Entretanto, os sistemas de suspensão das aeronaves apresentam baixa capacidade para amortecer o impacto da irregularidade da superfície devido à magnitude da energia gerada no momento de pouso. A indústria aeronáutica projeta os sistemas de suspensão das aeronaves visando dissipar essa energia através de diferentes configurações de trens de pouso.

No caso dos pavimentos aeroportuários, a irregularidade da superfície não é definida pela percepção da qualidade de percurso ou pelo desconforto dos passageiros, mas sim pelo dano ao trem de pouso e aos equipamentos da aeronave. O grau de desconforto é geralmente pequeno e o tempo de exposição é limitado em poucos segundos. É comum que durante as operações de pouso e decolagem a percepção dos passageiros diminua por causa do ruído das turbinas, do ruído aerodinâmico e da aceleração ou desaceleração horizontal da aeronave.

Para identificar de forma rápida e simplificada a irregularidade da superfície dos pavimentos aeroportuários a FAA e a *Boeing Company* desenvolveram o índice de irregularidade longitudinal BBI (*Boeing Bump Index*) que avalia a qualidade de rolamento das aeronaves, FAA (2009b). O índice objetiva orientar a avaliação da superfície do pavimento de modo a identificar potenciais eventos isolados de desvios verticais chamados *Bumps*, que podem afetar aos equipamentos das aeronaves e as operações aéreas. A metodologia do BBI categoriza um *bump* como aceitável, excessivo ou inaceitável com base na amplitude e no comprimento de onda do mesmo, considerando aeronaves a jato totalmente carregadas operando em pistas de pouso e decolagem a velocidades de 240 a 370 km/hr (130 a 200 nós).

Mudanças súbitas de elevação na superfície do pavimento de pistas de pouso e decolagem podem ocasionar danos aos componentes da aeronave, reduzir a capacidade de frenagem do trem de pouso e dificultar aos pilotos a leitura dos instrumentos do painel de operação. Comumente grandes comprimentos de onda prevalecem na superfície do pavimento, mas geralmente não são visíveis a olho nu. A altura do *bump* mais crítica depende da relação entre o comprimento de onda e a passagem da aeronave. *Bumps* com desvios verticais aproximados à zero raramente causam problemas nas operações das aeronaves, pois seu tamanho está geralmente dentro da faixa aceitável, como mostrado na Figura 8.

O método BBI é baseado na construção de uma linha imaginária entre dois pontos sobre o perfil de elevação longitudinal de uma pista de pouso e decolagem e na medição do desvio desta linha imaginária com relação à superfície do pavimento. A metodologia considera a “altura de *bump*” como o desvio máximo (positivo ou negativo) medido a partir da linha imaginária até a superfície do pavimento. O “comprimento de *bump*”, por sua vez, é definido como a distância mais curta desde qualquer extremidade da linha imaginária até o ponto que o *bump* é medido, como mostrado nas Figuras 6 e 7. São consideradas linhas imaginárias (comprimento de onda) de até 120 metros. Pesquisas feitas pela empresa Boeing

têm demonstrado que comprimentos de onda (*bumps*) maiores a 120 metros não contribuem com uma resposta dinâmica por parte da aeronave e não afetam negativamente a mesma. O comprimento mínimo da linha imaginária depende do espaçamento das amostras ou do intervalo dos dados do perfil da superfície. São necessários pelo menos três pontos no perfil para obter o desvio com relação à linha imaginária, como mostrado na Figura 7. Os dois pontos externos definem o comprimento da linha imaginária e o ponto interno fornece o desvio do perfil. A separação mínima ou incremento de avaliação entre os pontos deve ser igual a 0,25 m, assim o comprimento mínimo da linha imaginária será de 0,5 m.

Figura 8- Critérios de aceitação de bumps (irregularidade) [adaptada de FAA (2009b)]

Para avaliar a irregularidade da superfície basta que cada combinação de elevação e comprimento de *bump* seja plotada num gráfico que posteriormente deve ser sobreposto na Figura 8. Este gráfico estabelece os limites de irregularidade do pavimento em aceitável, excessiva ou inaceitável, associados a cada *bump* e que reproduzem a condição geral do pavimento da pista de pouso e decolagem.

- a) Aceitável: Geralmente toda irregularidade superficial menor a 1. Na medida em que o pavimento aumenta sua vida útil, vários fatores como o clima ou as falhas nas juntas mal construídas ou mal localizadas levam a combinações de elevação e comprimento da onda próximas do limite do intervalo aceitável. Próximo a esse limite é comum que os pilotos reportem irregularidade excessiva, sendo necessária a preparação para as atividades de manutenção rotineira e o constante monitoramento da superfície. Sempre que a irregularidade esteja próxima a ultrapassar o intervalo aceitável, a fadiga do trem de pouso torna-se mais crítica do que o desconforto dos passageiros e as limitações de aceleração produzidas na cabine;
- b) Excessiva: Quando os níveis de irregularidade estão na zona excessiva devem ser executadas atividades de M&R no pavimento. Níveis de irregularidade longitudinal excessivos são intoleráveis tanto para a aeronave quanto para a tripulação e os

passageiros, podendo resultar em problemas operacionais como a redução na capacidade de manobra da aeronave e a redução da vida útil dos trens de pouso principal e de nariz. Não é necessária a interrupção das operações neste nível, embora sejam requeridas intervenções imediatas;

- c) Inaceitável: Níveis de irregularidade dentro da zona inaceitável exigem a interrupção das operações até o restabelecimento da irregularidade em um nível aceitável.

Finalmente o índice BBI é determinado da seguinte forma:

- i) Para um ponto selecionado no perfil, calcular a altura e o comprimento de *Bump* de todos os comprimentos de linhas imaginárias;
- ii) Para cada linha imaginária, calcular o limite aceitável da altura de *Bump* (limite superior da zona aceitável);
- iii) Para cada linha imaginária, calcular a relação: altura de *Bump* medida / limite aceitável da altura de *Bump*;
- iv) Repetir os passos 1 a 4 para todos os pontos do perfil.

O BBI para o ponto selecionado é o maior de todos os valores calculados no passo iii. Se o BBI calculado for inferior a 1 a irregularidade da superfície esta dentro da zona aceitável, se for maior do que 1 está dentro da zona excessiva ou inaceitável (Figura 9).

Figura 9- Critério de aceitação do *Boeing Bump Index* [adaptada de FAA (2009b)]

Embora essa abordagem possa ser utilizada facilmente sem a necessidade de uma análise técnica extensa, para APR (2014) o BBI tem alguns problemas significativos que restringem seu uso em determinadas situações. Por exemplo, o BBI somente pode avaliar o comprimento de onda e a amplitude de um evento separadamente. Extensas pesquisas da consultora APR sobre irregularidade mostram que a deficiência na resposta da aeronave é provocada por vários eventos sucessivos, dos quais cada um pode ser considerado aceitável pelo BBI. Já na realidade, as aeronaves respondem a uma série de eventos considerada como um todo e, como resultado produz baixa qualidade de rolamento. Segundo FAA (2009b), o BBI é o primeiro passo para definir e aplicar os critérios básicos de irregularidade nos pavimentos aeroportuários, porém é projetado para atender unicamente eventos isolados e não eventos cíclicos. Nas considerações de APR (2014), o índice BBI declara uma pista de pouso e decolagem como aceitável que, na realidade, pode ultrapassar o limiar de resposta (limiar de percepção de vibração) de aeronaves Boeing de 0,40 g (força gravitacional).

2.2.5. Danos por Objetos Estranhos

Segundo Batista e Teixeira (2003), os Danos por Objetos Estranhos (*Foreign Object Debris - FOD*) são todo tipo de detrito sólido na pista que pode causar danos às aeronaves. Estes fragmentos apresentam grandes riscos potenciais para o trem de pouso, pneus e para as próprias aeronaves podendo ser aspirados pelas turbinas danificando os motores e colocando em perigo os passageiros.

Para FAA (2009c) a presença de FOD nas pistas de pouso e decolagem, pistas de rolagem e pátios de aeronaves representam uma ameaça significativa para a segurança do transporte aéreo. FOD tem o potencial suficiente para danificar as aeronaves durante as operações aéreas, contribuindo com a ocorrência de acidentes que podem ocasionar perdas materiais e humanas irreparáveis e consideravelmente traumáticas, além de aumentar as atividades de M&R e os custos de operação. De acordo com Oliveira (2009), os FOD estão diretamente relacionados com a segurança das condições de funcionamento diário dos pavimentos aeroportuários sendo indispensável a execução de diversas tarefas de manutenção como a remoção de neve e vegetação, drenagem, limpeza, ensaios, levantamentos e inspeções na busca de animais e todos aqueles objetos estranhos como porcas, parafusos, fios, entre outros que possam danificar as aeronaves e seus equipamentos.

2.2.6. Analogia com os pavimentos rodoviários

Na opinião de Yoder e Witczak (1975), os pavimentos aeroportuários e rodoviários têm alguns pontos em comum em relação com seus princípios gerais. Diversas distinções fundamentais existem entre os dois tipos de pavimento, destacando-se entre elas as repetições e a magnitude das cargas aplicadas, a pressão de enchimento e largura dos pneus, a configuração dos trens de pouso, o posicionamento do centro de gravidade de cada aeronave, a seção geométrica da via e as espessuras das camadas que conformam a estrutura do pavimento. Tanto os pavimentos aeroportuários como os rodoviários baseiam-se nos mesmos critérios para o dimensionamento, no entanto o valor que cada um assume é bastante diferente. No caso dos pavimentos aeroportuários o peso total das aeronaves é superior ao dos veículos que circulam nas rodovias, não obstante o número de repetições de cargas é superior nos pavimentos rodoviários do que nos aeroportuários.

Outra diferença destacável é a pressão de enchimento dos pneus, no caso dos pneus de um avião esta pressão é muito superior quando comparada com um veículo. Numa pesquisa às fichas técnicas dos fabricantes de pneus é visível que para caminhões pesados a pressão de enchimento dos pneus geralmente varia de 100 a 120 psi, enquanto o intervalo de pressão para um avião pode ser de 130 até 250 psi (GUIADOTRC, 2014; MICHELIN, 2014).

Contudo, os veículos circulam numa área limitada da via formando trilhas de roda bem definidas enquanto nos pavimentos aeroportuários as diferentes configurações dos trens de pouso dos aviões definem as trilhas numa área mais dispersa a pesar de se localizarem o centro da pista.

Deste modo, o dimensionamento de pavimentos rodoviários e aeroportuários difere principalmente em fatores importantes como o carregamento cíclico, a distribuição do tráfego e a geometria.

Por sua vez, Medina e Motta (2005), numa percepção comparativa, apontam uma série de diferenças entre as características de alguns veículos e aeronaves que fazem uso de rodovias e aeródromos, respectivamente, as quais podem ser observadas na Tabela 7.

De uma maneira geral, Oliveira (2009) expõe que é evidente a existência de diferenças expressivas entre as características dos pavimentos aeroportuários e rodoviários, haja vista possuírem utilizações distintas. Nos aeroportos, em contraposição ao que ocorre nas rodovias, um número menor de solicitações com cargas atuantes mais pesadas é verificado, além de um aumento considerável na pressão dos pneus e a necessidade de maiores seções geométricas dos pavimentos.

2.2.7. Defeitos e mecanismos de deterioração

Segundo DNER (1998), os pavimentos são concebidos para durarem um determinado período de tempo. Durante cada um destes períodos ou “ciclos de vida”, o pavimento inicia numa condição ótima até alcançar uma condição ruim. O decréscimo da condição ou da serventia do pavimento ao longo do tempo é conhecido como desempenho. A mudança da condição do pavimento é chamada de deterioração e o entendimento dos mecanismos que o regem é essencial para identificar as causas que o levaram a sua condição atual e escolher a programação da técnica mais adequada para sua reabilitação.

Nas considerações de Da Silva (2009), é após a abertura ao tráfego de um pavimento que começa o processo de deterioração e, na inexistência de atividades de manutenção e reabilitação, o conduzirá à ruína. O carregamento cíclico devido ao tráfego das aeronaves e aos efeitos adversos do clima como as variações de temperatura e umidade e o efeito gelo-degelo provocam desgaste e aparecimento de pequenos defeitos que se não são imediatamente corrigidos, ampliam-se acelerando a deterioração do pavimento. O avanço gradual da deterioração faz com que o nível de serventia dos pavimentos (perda de funcionalidade) diminua ao longo do tempo num certo grau, de acordo o dimensionamento da estrutura e das características dos materiais de construção.

De acordo com Barros (2008), os defeitos tanto nos pavimentos rígidos quanto nos pavimentos flexíveis além de ser ocasionados pela repetição de cargas de tráfego e os efeitos adversos do clima, podem também ser originados pela baixa qualidade dos materiais de construção e as ineficientes técnicas dos processos construtivos.

Já para Silva (2008), os defeitos nos pavimentos podem ser de origem estrutural ou funcional. Os defeitos estruturais referem-se à capacidade de um pavimento em manter sua

integridade estrutural sem apresentar falhas significativas, enquanto os defeitos funcionais são aqueles que afetam a segurança e as condições de conforto dos passageiros e das aeronaves.

Tabela 7- Principais diferenças entre rodovias e aeródromos [adaptada de Medina e Motta (2005)]

Característica	Rodovias	Aeródromos
Largura das pistas	Comumente de 7 a 10m	20 a 50 m (rolagem: 10 a 25m)
Comprimento	Vários quilômetros	Até cerca de 4000 m
Cargas	Aprox. 10 t./eixo, veículos de até 45 t.	100 t. ou mais por trem de pouso principal, aeronaves de até 500 t.
Frequência da repetição das cargas	Por exemplo: 2000 veículos por dia, vários milhões na vida de serviço do pavimento.	Pequena, por dia: 50 a 700; menos de 6 milhões na vida de serviço do pavimento.
Pressão de enchimento dos pneus	100 a 120 psi (0,69 a 0,83 MPa) para caminhões pesados	130 a 250 psi (0,90 a 1,72 MPa) para aeronaves de médio e grande porte
Distribuição transversal da carga nas pistas	<p>(não se faz diferenciação transversal praticamente)</p>	<p>(diferencia-se o dimensionamento transversalmente)</p>
Impacto do veículo no pavimento	Pequeno	Grande no pouso, porém minorado pela sustentação do ar e amortecimento.
Ação das cargas dinâmicas (vibrações) de veículos parados	Relevante somente nas ruas, semáforos, cruzamentos, etc.	Importante quando do acionamento dos motores, com as rodas do trem de pouso travadas e antes da decolagem
Geometria das rodas	<p>Roda simples caminhão leve</p> <p>Roda duplas caminhão pesado</p> <p>Tandem duplo caminhão pesado</p> <p>Tandem triplo caminhão com reboque</p>	<p>Exemplos de alguns trens de pouso de aeronaves segundo a FAA (2009).</p> <p>BOEING 747-400</p> <p>AIRBUS A380-800</p> <p>ANTONOV An-124</p>

Contudo, Gomes (2008) classifica a deterioração dos pavimentos em dois grandes blocos: ruptura por resistência e danos provocados por fadiga. A ruptura dos pavimentos pode ser derivada de processos construtivos incorretos, projetos inadequados ou controle tecnológico deficiente (DNIT, 2006). Os materiais de pavimentação, desde que vibrados e compactados, apresentam resistências características a determinados tipos de esforços. Caso esses esforços excedam o valor da resistência específica do material, ocorrerá uma ruptura por resistência.

Por sua vez, o fenômeno de fadiga, segundo Balbo (2007), relaciona-se às sucessivas solicitações dos materiais em níveis de tensão inferiores àqueles de ruptura, porém que desenvolvem gradativamente alterações em sua estrutura interna, resultando na perda de características físicas originais gerando, conseqüentemente, um progressivo processo de microfissuração, culminando com o desenvolvimento de fraturas que levam à ruptura ou falha do material.

ASTM (2012) e FAA (2014a) estabelecem 16 tipos de defeitos para pavimentos flexíveis e 17 para pavimentos rígidos como mostrado na Tabela 8. O reconhecimento do tipo de defeito, a quantificação de sua extensão (frequência de ocorrência ou área do revestimento sujeita a um determinado tipo de defeito) e a identificação do nível de severidade (nível de deterioração dos defeitos, classificado em baixo, médio e alto), juntamente com a determinação das causas dos defeitos, são fatores de vital importância para seleção das estratégias de intervenção e definição das atividades de manutenção e reabilitação (FERNANDES JR. *et al.*, 2011).

De modo a estabelecer uma relação entre a condição do pavimento, os tipos de defeito e sua origem (estrutural ou funcional), Shahin (1982) indica uma classificação para os pavimentos flexíveis, como se mostra na Figura 10. Por sua vez, DNER (1998) classifica os defeitos nos pavimentos flexíveis em três principais categorias: trincas, deformações e desagregações. A Tabela 9 sumariza os modos de deterioração e seus agentes causais.

Tabela 8- Defeitos nos pavimentos aeroportuários flexíveis e rígidos [adaptada de ASTM (2012) e FAA (2014a)]

Defeitos em pavimentos flexíveis	Defeitos em pavimentos rígidos
1 Trincas por fadiga, couro de jacaré (<i>Alligator Cracking</i>)	1 Estouro (<i>Blowup</i>)
2 Exudação (<i>Bleeding</i>)	2 Ruptura no canto da placa (<i>Corner Break</i>)
3 Trincas em Bloco (<i>Block Cracking</i>)	3 Trinca linear (<i>Linear Cracking</i>)
4 Corrugação (<i>Corrugation</i>)	4 Trinca por intemperismo (<i>Durability Cracking</i>)
5 Depressão/Afundamento (<i>Depression</i>)	5 Selagem da junta danificada (<i>Joint Seal Damage</i>)
6 Erosão por queima ou combustão (<i>Jet Blast</i>)	6 Remendo pequeno (<i>Small Patch</i>)
7 Trincas de reflexão, base de concreto (<i>Joint Reflection, PCC</i>)	7 Remendo grande (<i>Large Patch/Utility</i>)
8 Trincas transversais e longitudinais (<i>Long. & Trans. Cracking</i>)	8 Partículas soltas (<i>Popouts</i>)
9 Deterioração por presença de óleo/combustível (<i>Oil Spillage</i>)	9 Bombeamento (<i>Pumping</i>)
10 Remendos (<i>Patching</i>)	10 Escamação (<i>Scaling</i>)
11 Polimento do agregado (<i>Polished Aggregate</i>)	11 Descontinuidade/Falha (<i>Faulting</i>)
12 Desagregação (<i>Raveling</i>)	12 Placa quebrada/destruída (<i>Shattered Slab</i>)
13 Afundamento da trilha de roda, deformação permanente (<i>Rutting</i>)	13 Trincas por contração (<i>Shrinkage Cracking</i>)
14 Empuxo no revestimento, placas de concreto (<i>Shoving from PCC</i>)	14 Fragmentação nas juntas (<i>Joint Spalling</i>)
15 Escorregamento (<i>Slippage cracking</i>)	15 Fragmentação no canto da placa (<i>Corner Spalling</i>)
16 Inchamento (<i>Swell</i>)	16 Reação Álcali-Agregado (<i>Alkali Silica Reaction</i>)
17 Desprendimento (<i>Weathering</i>)

Figura 10- Classificação da condição dos pavimentos aeroportuários segundo sua origem e causas

Tabela 9- Categorias de defeitos em pavimentos aeroportuários [DNER (1998)]

Categoria do defeito	Causa genérica	Causa específica
Trincas	Associada com tráfego	*Cargas repetidas (fadiga)
		*Carga excessiva
		*Escorregamento
	Não associada com tráfego	*Mudanças de umidade *Mudanças térmicas *Retração (Propagação)
Deformação	Associada com tráfego	*Carga excessiva (Cisalhamento) *Fluência plástica
		*Densificação (Compactação)
	Não associada com tráfego	*Expansão
		*Consolidação de substratos
Desagregação	Associada com tráfego	*Degradação do agregado
	Não associada com tráfego	*Falta de qualidade dos materiais

a) Trincas

Uma trinca, segundo DNER (1998), é um defeito na superfície que enfraquece o revestimento e permite a entrada da água, provocando um enfraquecimento adicional da estrutura. Uma vez iniciado, o trincamento tende a aumentar sua extensão e severidade conduzindo eventualmente a desintegração do revestimento. As trincas têm sido ao longo do tempo um critério importante para a execução de intervenções de recuperação de pavimentos. Contudo, as trincas e outras fraturas no pavimento são difíceis de ser percebidas pelos usuários podendo assim, evoluir rapidamente causando sérios problemas se não forem prontamente seladas. Segundo Shahin (2005), dentre os diferentes tipos de trincas listadas anteriormente na Tabela 9, as trincas por fadiga são consideradas o maior defeito estrutural dos pavimentos flexíveis.

Para Fernandes Jr. *et al.* (2011) as trincas por fadiga são trincas conectadas, que formam uma série de pequenos blocos, semelhantes ao couro de crocodilo ou tela de galinheiro (Figura 11). A causa das trincas por fadiga está relacionada com as deformações repetidas provocadas pelas cargas do tráfego, aliadas à existência de uma ou mais camadas instáveis, consequência de base granular e subleito saturados ou pavimento com espessuras de camadas insuficientes para suportar as cargas.

Figura 11- Trincas por fadiga do revestimento [FAA (2014a)].

b) Deformações

Entre as deformações permanentes em pavimentos, incluem-se os afundamentos nas trilhas de roda, deformações plásticas no revestimento e as depressões. Esses defeitos causam acréscimos na irregularidade longitudinal afetando a dinâmica das cargas, a qualidade ao rolamento e o custo operacional dos veículos, além de aumentar o risco de hidroplanagem devido ao acúmulo de água na superfície. As causas das deformações permanentes podem estar associadas ao tráfego ou não, como foi resumido na Tabela 9. A deformação permanente, junto com as trincas por fadiga, é considerada também o principal defeito estrutural. Bernucci *et al.* (2008) considera que a deformação permanente é um defeito comum do pavimento flexível, podendo ser atribuída tanto ao revestimento quanto às camadas inferiores e desenvolvendo-se em pavimentos mal compactados (densificação) ou com baixa estabilidade (movimentação plástica), resultado de problemas de drenagem e construtivos.

Fernandes Jr. *et al.* (2011), definem a deformação permanente como a distorção que se manifesta sob a forma de depressões longitudinais (Figura 12), sendo decorrente da densificação dos materiais ou de ruptura por cisalhamento. Tais distorções são resultado da compactação deficiente das camadas do pavimento, excesso de finos na mistura asfáltica, excesso de ligante asfáltico e expansão e contração das camadas inferiores.

Figura 12- Deformação permanente, afundamento na trilha de roda [FAA (2014a)]

c) Desagregação

DNER (1998) define a desagregação (Figura 13) 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 endurecimento ou esbeltes do ligante asfáltico que envolve o agregado ocasiona sua fratura mecânica e o impede de suportar os esforços gerados na área de contato pneu-pavimento. A degradação começa por causa da evaporação dos óleos leves do ligante asfáltico que fazem com que a viscosidade diminua significativamente devido ao aquecimento exagerado na usinagem ou à oxidação durante a longa exposição às temperaturas ambientais. As passagens dos pneus das aeronaves sobre o revestimento geram forças horizontais e de sucção que trituram o ligante asfáltico tirando o agregado da matriz asfáltica.

A presença de água e a contaminação do agregado são as principais causas da perda de adesão entre o ligante asfáltico e o agregado. Uma ligação molecular permite a adesão entre o ligante e o agregado, porém por causa do betume possuir carga neutra e a maioria dos agregados apresentar superfícies com cargas levemente negativas, o agregado atrai água e não betume. Agregados com excesso de pó ou altamente siliciosos são particularmente susceptíveis ao deslocamento do ligante asfáltico na presença de água. De modo a melhorar a adesividade e a consequente qualidade do serviço, tem-se empregado o uso de aditivos como a cal hidratada e os sais de amina, assim como o emprego de pedras limpas e das especificações construtivas relativas ao tipo de pedra a ser utilizada.

Figura 13- Desagregação [FAA (2014a)]

No caso dos defeitos nos pavimentos rígidos, uma classificação simples que relaciona os tipos de defeito com os principais fatores que os originam é mostrada na Figura 14. Segundo Shahin (2005), as trincas lineares de média ou alta severidade são consideradas o maior defeito estrutural em pavimentos rígidos.

Figura 14- Principais fatores causadores dos defeitos nos pavimentos rígidos.

É comum que durante os trabalhos de levantamento de defeitos em campo, surjam dúvidas relacionadas ao reconhecimento e à forma de medição dos defeitos. Vários manuais têm sido elaborados buscando estabelecer e uniformizar a nomenclatura, as definições, os conceitos e os métodos de levantamento dos principais defeitos observados (FERNANDES JR. *et al.*, 2011). Em virtude da necessidade de uniformização da coleta de dados, recomenda-se a adoção do manual de levantamento de defeitos da ASTM (ASTM, 2012; FAA, 2014a) que cataloga os defeitos anteriormente listados na Tabela 8. Este manual resume cada um desses defeitos, indicando as principais características e fatores que os ocasionam, os

diferentes níveis de severidade, a forma de medição e as principais atividades de manutenção e reabilitação fundamentais para mitigá-los.

2.2.8. Importância da drenagem

Silva (2008) define a drenagem de um pavimento como o conjunto de ações e dispositivos destinados a encaminhar e/ou impedir os excessos das águas provenientes do escoamento superficial e do escoamento do lençol freático, de forma a proteger sua estrutura, o meio ambiente e a garantir que a vida útil do pavimento estabelecida para o projeto seja atingida. Segundo Cedergreen (1980), uma grande parte dos pavimentos rodoviários e aeroportuários projetada para tráfego pesado apresenta sistemas de drenagem pouco drenantes, resultado da omissão da importância do efeito das águas infiltradas na superfície que reduzem a vida útil de um pavimento à metade de seu potencial.

A drenagem de um pavimento confinado por um subleito impermeável e por acostamentos de baixa permeabilidade pode ser conferida habitualmente, nos primeiros 60 ou 90 cm da superfície do pavimento, deixando inundada a estrutura por longo tempo após uma chuva, independentemente de estar construída em corte ou em aterro. Nos períodos em que os pavimentos são submetidos a carregamentos cíclicos do tráfego e na sua estrutura contém água livre, os índices de produção de danos podem ser extremamente maiores que quando a água livre não está presente. Embora o dimensionamento dos pavimentos seja baseado na capacidade de suporte do subleito e das camadas estruturais na condição saturada, os diversos métodos de dimensionamento não avaliam os efeitos dinâmicos dos impactos do tráfego sobre a água livre que comumente é represada nas estruturas reais durante dias, semanas ou meses.

A rápida drenagem das estruturas dos pavimentos pode ser obtida por meio de camadas altamente permeáveis (de graduação aberta) providas de tubos de saída ao longo da superfície de rolamento que além de assegurarem a drenagem constante por gravidade, protegem os pavimentos da infiltração proveniente de grandes quantidades de água superficial e dos altos níveis do lençol de água em períodos úmidos, oferecendo duradouros serviços de alta qualidade com necessidade de manutenção mínima. No entanto, os pavimentos construídos com bases pouco drenantes fazem com que a melhora da drenagem seja muito difícil, pois as ações danosas causadas pelos impactos do tráfego sobre uma estrutura

contendo água livre (bombeamento, erosão e poro-pressões pulsantes), não são significativamente reduzidas por quaisquer aumentos de espessura da base ou da sub-base.

A inclusão de dispositivos eficazes de drenagem aumenta a vida útil do pavimento, escoar a água livre tão logo ela entra, economiza bilhões em longo prazo e ajuda a conservar os decrescentes suprimentos de materiais de construção, pois os pavimentos com uma drenagem eficiente utilizam menores quantidades destes materiais durante sua vida útil, quando comparados com os mal drenados. Do mesmo modo, os custos reais da construção de pavimentos não drenados abrangem os elevados custos de manutenção e reabilitação de pavimentos, em conjunto com os custos adicionais causados pela interrupção das operações aéreas de pistas de pousos e de rolagem e as perdas de tempo devidas aos atrasos causados aos usuários e às companhias aéreas.

2.3. SISTEMAS DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS (SGPA)

2.3.1. Conceituação dos Sistemas de Gerência de Pavimentos

Historicamente, as autoridades aeroportuárias assumiram a maioria das decisões relacionadas com as atividades de M&R, baseando-se nas necessidades imediatas ou na experiência profissional, ao invés do planejamento de longo prazo ou dos dados documentados ao longo do tempo. Essa abordagem impede as autoridades aeroportuárias avaliar a efetividade dos custos de estratégias alternativas de M&R, ocasionando um uso ineficiente dos recursos financeiros. Os responsáveis pela administração da infraestrutura aeroportuária devem tomar as decisões corretas para que seus recursos financeiros disponíveis sejam alocados eficientemente. A escolha da melhor atividade de M&R pode ser determinada com base na previsão dos efeitos de cada uma das atividades propostas.

Um exemplo citado por FAA (2006), diz que a aplicação de um fino recapeamento de concreto asfáltico sobre um pavimento pode melhorar imediatamente sua condição, porém à rápida deterioração da superfície torna necessária a execução de atividades de reabilitação em um curto período de tempo. Se, além de outros pavimentos que precisam certo tipo de manutenção, há alguns pavimentos recapeados demandando novamente reabilitação no ano seguinte, o estado geral da rede irá deteriorar-se significativamente. Alternativamente, se

alguns pavimentos são selecionados estrategicamente para receber um recapeamento de espessura total, não vão precisar de reabilitação durante muitos anos. Do mesmo modo, nos anos seguintes os pavimentos restantes podem então receber recapeamentos com espessura total, de maneira que o número de pavimentos precisando de reabilitação seja mínimo. No entanto, com essa estratégia a condição geral do pavimento pode ir piorando em um curto prazo, pois aqueles pavimentos que não foram recapeados continuarão deteriorando-se até serem reabilitados.

A fim de determinar qual dessas ações é a melhor opção, deve existir a capacidade de prever as consequências dos vários cenários possíveis, como a compreensão da diferença entre os ciclos de vida de um recapeamento grosso de 10 cm de espessura, por exemplo, em relação a um recapeamento fino de 5 cm. Além disso, é imprescindível o entendimento da taxa de deterioração de um pavimento com e sem manutenção e das causas que provocaram seu deterioro, como os efeitos adversos do clima e as cargas cíclicas do tráfego. Não obstante, a previsão das consequências dos cenários de manutenção e reabilitação exigem também o bom senso, a experiência e a capacidade crítica dos engenheiros no processo da tomada de decisões. Se as consequências previstas são baseadas numa metodologia pré-determinada, torna-se possível a análise de previsões anteriores e a consequente melhora do processo de previsão ao longo de um determinado período de tempo, independentemente da gerência ou rotação de pessoal.

Uma metodologia eficiente que visa melhorar o processo da tomada de decisões é o Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), expandindo seu escopo e permitindo receber um *feedback* baseado em escolhas feitas, de modo a garantir que as decisões sejam consistentes, organizadas e bem fundamentadas.

O conceito SGP tem se desenvolvido ao longo das últimas décadas no âmbito das atividades aeroportuárias e rodoviárias, permitindo que ferramentas de apoio à gerência sejam utilizadas no campo da conservação de pavimentos. Para Henriques Fernandes (2010), um sistema compreende um conjunto de elementos inter-relacionados que ocupam uma posição funcional bem definida dentro do mesmo. Já a gerência é definida como um conjunto de ações que objetivam garantir a alocação eficiente dos recursos disponibilizados e maximizar os resultados positivos do investimento realizado.

Quando existe a necessidade de controlar um futuro incerto, como a previsão da condição de um determinado pavimento ao longo do tempo, um sistema deve possuir as seguintes características fundamentais:

- a) Aberto, em que sua concepção e aplicabilidade não dependem de um ponto de partida e cujo funcionamento não depende da sua conclusão;
- b) Flexível, podendo ser complementado com a informação adquirida através da experiência, do progresso dos conhecimentos, da natureza e da quantidade dos dados disponíveis;
- c) Iterativo, ajustando-se em função dos resultados obtidos, da avaliação da sua eficácia, permitindo simular diversos cenários e analisar a sensibilidade em torno da variação dos vários parâmetros de entrada;
- d) Dinâmico, para permitir integrar variáveis estabelecidas com base em métodos teóricos e práticos que evoluam ao longo do tempo.

Contudo, para que um SGP seja encarado como uma ferramenta de gerência efetiva que facilite a tomada de decisões é fundamental que o mesmo se mantenha coerente em todo momento, permitindo avaliar vários cenários a partir de alternativas e estratégias que reproduzam as condições reais.

Nas considerações de Finn (1997), as atividades relacionadas com os SGP começaram a difundir-se entre 1950 e 1960, por ocasião dos experimentos realizados na pista teste da então *American Association of State Highway Officials – AASHO Road Test*, no Estado de Illinois, nos Estados Unidos. As aplicações utilizadas na *AASHO Road Test* guiaram as pesquisas de Carey e Irick (1960) que desenvolveram o conceito de serventia-desempenho de pavimentos. Para Fernandes Jr. *et al.* (2011), a serventia é a capacidade de uma determinada seção do pavimento, à época da observação, de servir ao tráfego, com elevados volumes e altas velocidades. O desempenho, por sua vez, é a variação dessa serventia com o tempo e/ou o tráfego.

Haas, Hudson e Zaniewski (1994), definem a gerência de pavimentos como o processo que abrange todas as atividades envolvidas com o propósito de fornecer e manter pavimentos em um nível adequado de serviço. Tais atividades envolvem desde a obtenção inicial de informações para o planejamento e elaboração de orçamento até a monitorização periódica do

pavimento em serviço, passando pelo projeto e construção do pavimento até sua manutenção e reabilitação ao longo do tempo.

Segundo Barros (2008), um SGP baseado na avaliação da condição dos pavimentos provê um procedimento consistente, objetivo e sistemático que permite criar estratégias, estabelecer prioridades, alocar os recursos disponíveis e gerar orçamentos de M&R, tornando-se assim, uma ferramenta bastante útil e pouco dispendiosa para as autoridades responsáveis de uma rede de pavimentos. Do mesmo modo, um SGP oferece recomendações específicas sobre as ações necessárias para manter uma rede de pavimentos a um nível aceitável de serviço, enquanto minimiza os custos de M&R. Por tanto, um SGP avalia não somente a condição atual de um pavimento, mas pode também prever sua condição futura com base em um índice de condição do pavimento (PCI).

Fernandes Jr. *et al.*, (2011) refere que os SGP visam obter o melhor retorno possível para os recursos investidos, provendo pavimentos seguros, confortáveis e econômicos aos usuários, representando a possibilidade de se avançar de um esquema de manutenção baseado apenas na correção de problemas para um sistema de manutenção planejada, capaz de prolongar a vida útil e garantir padrões mínimos de serviço em toda a rede de pavimentos. De acordo com Gomes (2008), os órgãos responsáveis de administrar as redes pavimentadas tanto aeroportuárias quanto rodoviárias ou urbanas, podem desenvolver as atividades de manutenção e melhorar as condições operacionais de sua rede de diversas formas, que vão desde a execução dispersa das diversas atividades por seções com pouca ou nenhuma interconexão, até a adoção de um SGP integrado e automatizado, que englobe o conjunto de procedimentos e metodologias destinadas a assegurar a execução coordenada de todas as atividades relacionadas à manutenção e melhoria dos pavimentos da rede.

Contudo, para ICAO (2013), de nada adiantaria a concepção e implantação de um SGP avançado contendo atividades de planejamento, projeto, construção, manutenção, avaliação, pesquisa, banco de dados, orçamento, programação, monitoramento, reabilitação e reconstrução, se os técnicos de suas mais variadas áreas de atuação não são submetidos a treinamentos específicos. Os treinamentos específicos são atividades de suma importância devido ao próprio dinamismo do SGP que obrigam o pessoal envolvido a seguir a evolução tecnológica e de pesquisa e a intercambiar as informações e experiências adquiridas ao longo do tempo. A Figura 15 mostra a sequência lógica e as relações operacionais das atividades

que conformam um SGP, ressaltando-se que nenhuma dessas atividades é mais importante do que a outra, o que permite aos usuários de um SGP seguir a ordem desejada sem restrições.

Figura 15- Principais classes de atividades de um SGP [adaptada de Haas e Hudson (1978)]

2.3.2. Objetivos e benefícios da Gerência de Pavimentos

Os Sistemas de Gerência de Pavimentos Aeroportuários (SGPA) constituem uma ferramenta de apoio à decisão indispensável para as autoridades responsáveis pela administração aeroportuária. Um SGPA segue estritamente os princípios e conceitos fundamentais de todo SGP visando a conservação contínua dos pavimentos, de modo a prolongar sua vida útil, garantir a segurança das operações aéreas, e otimizar os recursos disponíveis para as atividades de M&R necessárias. Do mesmo modo, além de avaliar a condição atual do pavimento, os SGPA predizem sua condição futura através do PCI, índice utilizado para analisar a condição atual do pavimento, projetar sua taxa de deterioração, analisar o custo do ciclo de vida e determinar as alternativas de manutenção que apresentem os melhores benefícios.

Na opinião da FAA (2006), um SGPA fornece procedimentos consistentes, objetivos e sistemáticos que permitem estabelecer políticas de manutenção da infraestrutura, definir prioridades e cronogramas de atividades e alocar eficientemente os recursos destinados à manutenção e reabilitação dos pavimentos. Além disso, um SGPA tem a capacidade de armazenar todo tipo de informação relacionada com a infraestrutura de modo a proporcionar

recomendações específicas das ações necessárias para manter a rede de pavimentos em um nível de serviço aceitável que garanta a segurança das operações aéreas.

Para Fernandes Jr. *et al.*, (2011) as respostas às seguintes perguntas são os principais objetivos dos SGPA:

- 1) **O que** precisa ser feito numa determinada rede de pavimentos? (seleção da estratégia ótima);
- 2) **Como** devem ser executadas as atividades de M&R dos pavimentos? (definição das atividades de M&R para cada seção e seleção da estratégia ótima com o cronograma de distribuição das atividades);
- 3) **Quando** serão necessárias intervenções para evitar a falha do pavimento e prolongar sua vida em serviço?
- 4) **Onde** se localizam os projetos prioritários?

O emprego dos SGPA traz inúmeros benefícios. Do ponto de vista técnico, os SGPA incluem um banco de dados informatizado que armazena toda informação inerente aos pavimentos. O banco de dados facilita o acesso e a consulta da informação permitindo obter relatórios dos dados disponíveis sobre a condição do pavimento de uma determinada rede. Assim, o principal benefício de um SGPA é fornecer uma forma mais eficiente de monitorar a condição dos pavimentos e sugerir planos de manutenção e reabilitação adequados. A possibilidade de analisar tendências de deterioração do pavimento nas várias seções que constituem uma rede é também um benefício dos SGPA. Com um SGPA é possível desenvolver modelos de previsão de desempenho que preveem a evolução da condição dos pavimentos ao longo do tempo, permitindo localizar as seções da rede que precisam de intervenção, estabelecer prioridades e determinar a melhor solução com base em atividades de M&R que atendam aos critérios da melhor relação custo/benefício.

Uma curva que descreve o ciclo de vida típico de vinte anos de um pavimento e os custos associados às intervenções executadas ao longo do tempo é mostrada na Figura 16. Note-se que na maioria de sua vida de serviço (75%, equivalente ao ano quinze) o pavimento apresenta uma queda de 40% na sua qualidade, porém seu comportamento é relativamente estável e apresenta ainda um desempenho regular, porém assim que atinge esse limiar (25% restante, equivalente a um período de cinco anos) começa a deteriorar-se rapidamente.

Figura 16- Ciclo de vida típico da condição do pavimento [adaptada de Zhang, *et. al.* (2010)]

A Figura 16 mostra também que a manutenção preventiva de um pavimento em bom estado versus a reabilitação de um pavimento em mau estado é cinco vezes mais barata. Caso não existam atividades de M&R até o momento de 75% da vida útil do pavimento, a estrutura perde mais 40% da sua qualidade em apenas 12% do período projetado, correspondente a dois anos e cinco meses aproximadamente. Consequentemente, o custo das intervenções executadas a partir dos 87% da vida útil (dezessete anos e cinco meses) pode ser cinco vezes maior.

O número de anos em que um pavimento permanece em boas condições depende de diversos fatores, tais como o tipo e a qualidade dos materiais e das técnicas construtivas, a ação do tráfego, as condições climáticas e as diferentes atividades de manutenção e reabilitação. Ainda na Figura 16, pode-se observar que o momento ideal para investir na reabilitação de um pavimento corresponde ao ponto a partir do qual a taxa de deterioração aumenta significativamente (75% da vida de serviço). Para Zhang *et. al.* (2010), uma manutenção preventiva executada num estágio avançado de deterioração é financeiramente inviável.

O planejamento das atividades de manutenção e reabilitação seria fácil se os sinais que mostram o momento ideal para investir fossem óbvios, mas infelizmente não são. Numa rede

de pavimentos, a curva de deterioração pode variar consideravelmente tornando difícil prever o momento em que os pavimentos atingirão o seu ponto crítico de deterioração (HENRIQUES FERNANDES, 2010). Portanto, o desafio dos SGPA é prever quando e em quais condições os pavimentos chegarão aos 75% de sua vida útil (condição crítica em torno de 55 pontos de PCI) e garantir que esse limiar não seja atingido, evitando assim a perda total do pavimento e a geração de gastos excessivos em atividades de reabilitação e reconstrução.

Para FAA (2006), o uso de um SGPA traz os seguintes benefícios:

- a) Fornece uma avaliação objetiva e consistente da condição da rede de pavimentos;
- b) Provê uma base sistemática e documentada para determinar as necessidades de M&R;
- c) Identifica o orçamento necessário para manter os pavimentos em diferentes níveis de serviço;
- d) Providencia informação sobre a condição atual e futura dos pavimentos da rede;
- e) Determina o custo do ciclo de vida de várias alternativas de M&R;
- f) Identifica o impacto gerado na rede de pavimentos como consequência da execução de grandes intervenções ou reparos.

2.3.3. Componentes de um SGPA

De modo a adquirir a maior vantagem dos benefícios de um SGPA, toda a informação relacionada com a condição dos pavimentos deve ser coletada e atualizada periodicamente e as estratégias de M&R devem ser identificadas, juntamente com os critérios de decisão e as políticas de manutenção correspondentes para determinar quais procedimentos de M&R devem ser aplicados. Do mesmo modo, os SGPA precisam conter modelos de previsão de desempenho, custos de estratégias alternativas e procedimentos de otimização que levem em conta o ciclo de vida completo do pavimento. Um SGPA que cumpre com esses critérios geralmente inclui:

- a) Um meio sistemático de coleta e armazenamento de informações;
- b) Um sistema exato e preciso para avaliar a condição do pavimento;
- c) Métodos para prever a condição futura do pavimento;
- d) Métodos para gerar modelos de desempenho de pavimentos (tanto da condição passada como da futura);
- e) Procedimentos para determinar as consequências na condição do pavimento e o custo do ciclo de vida para um determinado orçamento de M&R;

- f) Estratégias específicas para determinar as necessidades de orçamento e cumprir os objetivos da gerência, como a conservação de uma condição mínima;
- g) Procedimentos necessários para a formulação e priorização de projetos de M&R.

Os componentes essenciais de um SGPA incluem:

Banco ou base de dados: o armazenamento de dados sobre a estrutura do pavimento e dos históricos das manutenções feitas na estrutura, incluindo custos, dados de tráfego e informações sobre a condição do pavimento, são elementos indispensáveis para selecionar as estratégias de M&R mais adequadas e fazer uma boa manutenção do pavimento.

- a) Estrutura do pavimento. A data em que o pavimento foi originalmente construído, as espessuras e materiais que compõem sua estrutura, assim como os recapeamentos e reabilitações subsequentes, são informações chave para analisar problemas na estrutura e projetar e aprimorar as soluções necessárias. A falta dessas informações obriga as autoridades aeroportuárias à extração de núcleos no pavimento existente de modo a registrar a espessura e composição de cada uma das camadas estruturais.
- b) Histórico de manutenção. O registro de todas aquelas atividades de M&R que foram executadas no pavimento e seus respectivos custos proporcionam informação valiosa sobre a efetividade dos procedimentos de manutenção dos pavimentos e tornam eficiente a análise do custo do ciclo de vida.
- c) Dados de tráfego. Informações acerca do número de pousos e decolagens e sobre o tipo de aeronaves operando no aeródromo são necessárias para analisar as causas prováveis da deterioração do pavimento e os procedimentos alternativos de M&R.
- d) Dados da condição do pavimento. Um componente fundamental de todo sistema de gerência de pavimentos é a capacidade de monitorar a condição do pavimento através da avaliação objetiva, sistemática e precisa da superfície. Um sistema de classificação da condição do pavimento como o PCI oferece uma classificação da condição da superfície de um pavimento que pode ser relacionado com o seu desempenho estrutural. O levantamento periódico desses dados é essencial para monitorar e modelar o desempenho do pavimento e preparar um cronograma de atividades de M&R.

Recursos do sistema: representam a estrutura fundamental de um SGPA.

- a) Previsão da condição futura do pavimento. Um SGPA deve ser capaz de prever a condição futura do pavimento para posteriormente desenvolver planos plurianuais de M&R de forma ótima.
- b) Determinação dos melhores planos de M&R para um determinado orçamento. Um SGPA deve ter a capacidade de produzir um plano ideal que identifique onde e quando as atividades de M&R serão necessárias e aproximadamente quanto isso vai custar, de forma a definir quais prioridades se encaixam nos recursos disponíveis.
- c) Determinação das exigências orçamentárias para atingir os objetivos da gerência. Um SGPA deve ser capaz de conservar os pavimentos acima de uma condição ou nível de serviço especificado e a execução das principais necessidades de M&R ao longo de um determinado número de anos.
- d) Fácil formulação e priorização dos projetos de M&R. Além de desenvolver os melhores planos de M&R numa seção, um SGPA deve facilitar a formulação e priorização de projetos de M&R e valer-se das avaliações técnicas necessárias, as quais são imprescindíveis para transformar um plano ideal de M&R em um projeto prático e executável.

2.3.4. Níveis de gerência

As atividades da gerência de pavimentos e os componentes do sistema são caracterizados geralmente em dois níveis administrativos: gerência em nível de rede e em nível de projeto. Uma vez que o SGPA é estabelecido, o uso de um programa computacional de gerência de pavimentos torna eficiente a tomada de decisões nesses dois níveis importantes de gerência.

Gerência em nível de rede. Uma gerência em nível de rede trabalha com informações resumidas, relacionadas a toda a rede de pavimentos, utilizadas para a tomada de decisões essencialmente administrativas como o planejamento, programação e orçamento. Este nível de gerência relaciona-se com as necessidades orçamentárias de curto, médio e longo prazo, a condição geral (atual e futura) da rede e a definição das seções de pavimento a serem consideradas posteriormente em um nível de projeto.

Todas as decisões tomadas na gerência em nível de rede consideram uma rede de pavimentos completa que pode incluir tanto os pavimentos de um aeroporto só quanto os pavimentos de um sistema aeroportuário estadual completo. Nas considerações de Fernandes Jr. *et al.*, (2011), um sistema de gerência em nível de rede compreende os seguintes parâmetros básicos:

- a) Identificação de projetos candidatos para atividades de M&R;
- b) Priorização dos projetos considerando as características de desempenho, tráfego, custo aos usuários e outros fatores locais;
- c) Geração de necessidades de orçamento da agência a curto e longo prazo;
- d) Análise de estratégias de M&R, com avaliação da condição atual do sistema e previsão da condição futura, em função dos recursos aplicados em cada alternativa.

Além de ser uma forma automatizada para o armazenamento de dados, o emprego de uma ferramenta computacional de gerência de pavimentos no nível de rede permite que uma série de rotinas acessem ao banco de dados e facilitem a produção de relatórios padronizados ou definidos pelo usuário. Estes relatórios podem ajudar o usuário na tomada de decisões sobre a programação das inspeções do pavimento, a identificação das seções que necessitam de manutenção ou reabilitação, a previsão orçamentária, os projetos de manutenção de rotina e a previsão das condições atuais e futuras do pavimento. A previsão da condição dos pavimentos é um ponto de partida para desenvolver cronogramas que possibilitam a elaboração do orçamento do ano em curso e dos anos seguintes, valendo-se de esquemas prioritários que levam em consideração as políticas de M&R e os recursos atuais disponíveis.

Gerência em nível de projeto. A gerência em nível de projeto trabalha com informações técnicas bem detalhadas relacionadas a seções específicas da rede, envolvendo o dimensionamento, construção, manutenção e reabilitação dos pavimentos e incluindo diagnósticos que detalham os defeitos, suas causas prováveis e os métodos corretivos alternativos.

As decisões tomadas nesse nível consideram a alternativa de M&R mais rentável para os pavimentos que foram identificados na análise em nível de rede, os quais devem apresentar um levantamento minucioso de sua condição. Um levantamento minucioso inclui ensaios destrutivos e não destrutivos que são executados a fim de determinar a capacidade de suporte

da estrutura do pavimento. Medições da irregularidade e do atrito no pavimento são bastante úteis para o desenvolvimento do projeto:

- a) Irregularidade: As medições da irregularidade da superfície do pavimento podem ser úteis quando há evidência de irregularidade, geralmente sob a forma de queixas frequentes por parte dos pilotos das aeronaves;
- b) Atrito: As medições de atrito devem ser executadas periodicamente de modo a monitorar a textura da superfície do pavimento e determinar o grau de deterioração ao longo do tempo.

Fernandes Jr. *et al.*, (2011) mostram alguns exemplos das atividades da gerência de pavimentos em nível de projeto:

- a) Seleção das atividades de manutenção, reabilitação e reconstrução, com base nos critérios estabelecidos pelos níveis mais elevados da gerência;
- b) Realimentação da base de dados com relação ao desempenho do pavimento, fornecendo dados para as atividades de projeto, construção e manutenção; e,
- c) Definição dos parâmetros principais de projeto, tais como: resistência do subleito, número de solicitações do eixo padrão e especificações para os materiais.

Uma ferramenta computacional de gerência de pavimentos em nível de projeto utiliza uma série de medidas que permitem quantificar a condição dos pavimentos. A base de dados pode armazenar e analisar dados de ensaios não destrutivos, medições de atrito e até informações de drenagem, entre outras. A informação é usada para identificar alternativas viáveis que possam corrigir as deficiências existentes.

As várias alternativas identificadas, incluindo “não fazer nada”, são comparadas com base no custo do ciclo de vida. Os resultados, em conjunto com as restrições orçamentárias e de gerência, disponibilizam os dados suficientes para elaborar o programa de M&R do ano em curso.

2.3.5. *Manutenção e reabilitação de pavimentos*

De forma geral, o primeiro passo no desenvolvimento de um SGPA consiste na definição dos ramos, seções e amostras a serem avaliadas, as quais geralmente estão em função do seu tipo de uso, como pistas de pouso e decolagem, pistas de rolagem e pátios de

aeronaves, além do volume e tipo de tráfego, do tipo de pavimento, da espessura das camadas, do tipo de subleito e do estado de conservação do pavimento.

Posteriormente, é feita a avaliação da condição atual do pavimento, que objetiva registrar as extensões e os níveis de severidade de cada forma de deterioração encontrada nas seções. Com base no inventário e na condição do pavimento, pode-se analisar, em nível de rede, diferentes estratégias de manutenção e reabilitação, como se mostra na Figura 17, que relaciona as estratégias de M&R com outras etapas de um SGP.

Figura 17- Relação das estratégias de M&R com as outras etapas de um SGP [MAPC (1986)]

Em seguida, passa-se à definição das atividades de manutenção e, quando for o caso, no dimensionamento dos reforços e na reconstrução. Finalmente são realizadas as análises econômicas correspondentes que conduzirão à elaboração da lista de prioridades.

Atualmente, são várias as estratégias de M&R disponíveis tanto para pavimentos aeroportuários quanto para pavimentos rodoviários. Apresentam-se principalmente em diferentes bibliografias desenvolvidas por pesquisadores e empresas especializadas no assunto, as quais referem que os defeitos encontrados nos pavimentos não diferem substancialmente daqueles que se encontram nos pavimentos rodoviários, o que faz com que a maior parte das estratégias de M&R desenvolvidas para pavimentos rodoviários possam ser utilizadas em pavimentos aeroportuários. Esta pesquisa é focada no estudo das alternativas de M&R destinadas à melhoria das condições da superfície dos pavimentos aeroportuários

flexíveis, em que, segundo FAA (2006) os principais defeitos podem ser classificados de uma forma generalizada em: trincas, desintegração, deformação superficial e perda de resistência à derrapagem.

2.4. ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO (PCI)

De acordo Cordovil (2010), a inspeção visual representa o método de levantamento mais frequente para a avaliação dos defeitos encontrados na superfície dos pavimentos. Um levantamento de defeitos pode ser feito a pé ou dentro de um veículo trafegando a baixa velocidade. Atualmente, existem vários métodos de levantamento de defeitos inteiramente automatizados que utilizam técnicas e equipamentos sofisticados como computadores portáteis, vídeo-câmeras, laser, radar, entre outros. Não obstante, levantamentos manuais de defeitos são comumente adotados pela maioria das autoridades aeroportuárias. Um levantamento manual é executado por uma equipe técnica composta por duas ou três pessoas que caminham pelo pavimento a ser avaliado e, através do uso de ferramentas simples como trena e régua, identificam o tipo de defeito, sua extensão e sua severidade (SHAHIN, 1982).

Lembrando que um SGPA deve possuir a capacidade de determinar a condição atual de um pavimento aeroportuário, bem como de prever sua condição futura, é utilizado nesta pesquisa o método de avaliação conhecido como Índice de Condição do Pavimento (PCI). O método do PCI foi desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE) na década de setenta (1974 a 1976) e atualmente é normatizado pela ASTM através da norma D 5340-12, referente ao método de teste padrão para a avaliação do índice de condição de pavimentos aeroportuários (ASTM, 2012).

Segundo Oliveira (2009), O PCI foi desenvolvido em escritório, experimentado na prática e validado através do trabalho de muitos engenheiros experientes em nove aeroportos. Mais de 100 pavimentos foram localizados nas mais diferentes condições climáticas e submetidos em distintas intensidades de tráfego. O PCI é atualmente uma ferramenta base na gerência de pavimentos aeroportuários flexíveis e rígidos, não só nos Estados Unidos, como também em diversos aeroportos da Europa e da América Latina, inclusive o Brasil.

O PCI é um índice numérico qualitativo que varia de 0 para pavimentos completamente ruins a 100 para pavimentos em perfeitas condições. A finalidade do PCI é medir a condição de um pavimento e a operacionalidade da sua superfície, com base nos resultados de uma avaliação visual da condição do pavimento. A avaliação visual objetiva identificar o tipo de defeito, sua severidade e sua quantidade, assim como as causas adjacentes que provocaram sua formação. O grau de deterioração de um pavimento está em função do tipo, severidade e densidade de cada um dos defeitos. A metodologia utilizada para o cálculo do PCI é descrita nos itens seguintes e segue rigorosamente a norma D 5340-12 da ASTM.

2.4.1. Definição da rede de pavimentos de um aeródromo

De acordo com Barros (2008), o primeiro passo do método do PCI para avaliar a condição dos pavimentos aeroportuários consiste na identificação e hierarquização dos diferentes pavimentos que constituem o aeródromo, atendendo à função que cada um deles assume dentro da infraestrutura, e ainda na sua subdivisão em áreas de estudo menores (amostras). O processo de organização e divisão do aeródromo é fundamental para monitorar adequadamente o pavimento e permitir a seleção das áreas que devem ser analisadas durante inspeção ou levantamento de defeitos. Assim, um pavimento aeroportuário pode ser definido como uma rede de pavimentos constituída por ramos, seções e amostras, como apresentado nos seguintes conceitos:

- a) Rede: Conjunto de áreas pavimentadas que constituem o espaço reservado ao tráfego aéreo e que permitem a realização em segurança das manobras de pouso, decolagem, circulação e estacionamento das aeronaves. O aeródromo inteiro é geralmente considerado como uma rede;
- b) Ramo: Parte identificável de uma rede de pavimentos considerada uma entidade individual que possui uma função distinta na rede. Os principais ramos que conformam uma rede são as pistas de pouso e decolagem, as pistas de rolagem e os pátios ou estacionamentos das aeronaves;
- c) Seção: Fração de um ramo que possui características semelhantes relativamente à sua estrutura, espessura, materiais, data e histórico de construção, tráfego e estado de conservação;
- d) Amostra: Subdivisão de uma seção, definida como a unidade base na inspeção de pavimentos aeroportuários. O tamanho das amostras é normatizado pela ASTM (ASTM, 2012).

2.4.2. Identificação e divisão do pavimento em ramos, seções e amostras

Identificação da rede de pavimentos. A rede de pavimentos de um aeródromo é constituída por um conjunto de ramos distintos, cada um com uma função específica dentro da rede como apresentado a seguir:

PI – Pista de pouso e decolagem (*Runway*);

TX – Pista de rolagem ou táxi (*Taxiway*);

PA – Pátio de aeronaves (*Apron*) e,

HP – Placa de helicópteros (*Helipad*).

Cada ramo da rede é identificado por um código de caracteres alfanuméricos, sendo o primeiro, o conjunto de letras que identificam o tipo de uso do pavimento (PI, TX, PA e HP) e o segundo, o número que define a sequência lógica dos ramos.

Divisão de um Ramo em Seções. Devido a um ramo, geralmente, não apresentar características semelhantes ao longo de toda sua extensão é necessário dividir um ramo em seções uniformes. Os critérios utilizados para fazer essa divisão são os seguintes:

- a) Tipo de pavimento: se um ramo for constituído por pavimentos flexíveis e rígidos, devem ser registradas pelo menos duas seções;
- b) Estrutura do pavimento: é o fator mais importante e exige que a composição estrutural do pavimento (materiais e espessuras das camadas) seja constante ao longo da seção;
- c) Histórico de construção: Devem ser consideradas diferentes seções quando os pavimentos apresentam datas de construção diferentes ou quando uma área específica recebeu algum reparo importante;
- d) Tráfego: a canalização do tráfego é importante na consideração de diferentes seções, uma vez que, por exemplo, para as pistas de pouso e decolagem o tráfego é concentrado na zona central da pista, não sendo muito utilizadas as áreas externas.
- e) Condição do pavimento: devem ser consideradas as alterações sistemáticas na condição do pavimento, como por exemplo, a maior e menor intensidade dos defeitos ou as alterações nos tipos de defeito.

Divisão de uma Seção em Amostras. Uma amostra é uma subdivisão de uma seção com tamanho normatizado pela ASTM. A função de uma amostra é servir de unidade base na

inspeção de um pavimento. Para os pavimentos flexíveis o tamanho ótimo de cada amostra é de 450 m², podendo variar em ± 180 m². No caso dos pavimentos rígidos o tamanho ótimo de uma amostra é de 20 placas contíguas podendo apresentar uma variação de ± 8 placas e se o espaçamento entre juntas for superior a 8 metros, devem ser assumidas juntas imaginárias em perfeitas condições, espaçadas a uma distância igual ou inferior a 8 metros (ASTM, 2012).

2.4.3. Avaliação dos pavimentos

Uma vez dividida a rede em ramos, seções e amostras é necessário determinar o número de amostras (n) que serão avaliadas e seleciona-las aleatoriamente dentro da seção, de modo a obter uma aproximação adequada do PCI. De acordo com Oliveira (2009), o ideal é que todas as amostras sejam avaliadas, porém, em muitas ocasiões a indisponibilidade de tempo, recursos materiais, humanos ou financeiros inviabiliza o levantamento total, principalmente na pista de pouso e decolagem, onde pode ser difícil a interrupção das operações aéreas. Contudo, ASTM (2012) sugere a utilização de um plano estatístico que permite selecionar um número mínimo de amostras para o levantamento, desde que as unidades não sejam inferiores a cinco, onde nesses casos, todas as amostras deverão ser avaliadas. O número de amostras a serem avaliadas pode variar de um número total (N) ao número mínimo (n) que permite alcançar um grau de confiança de 95% na determinação do PCI da seção e um erro (e) que representa a diferença máxima entre o PCI real e o PCI estimado, não superior a ± 5 pontos de PCI. Para calcular o número mínimo de amostras (n) a serem avaliadas é utilizada a seguinte equação:

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

em que:

N = número total de amostras da seção;

s = desvio padrão do PCI entre amostras da mesma seção e,

e = erro máximo admitido entre o PCI real e o PCI estimado.

Ao realizar-se o levantamento inicial assume-se, de forma empírica, um desvio padrão (s) (utilizado na Equação 2) igual a 10 para pavimentos flexíveis e 15 para pavimentos rígidos. De modo a obter um grau de confiança igual a 95%, após a determinação do PCI da seção é necessário recalcular o número mínimo de amostras a ser avaliadas, com base no

desvio padrão associado ao PCI calculado. Este desvio padrão (σ) corrigido é calculado por meio da seguinte equação:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(PCI_i - PCI_f)^2}{(n-1)}} \quad (3)$$

em que:

PCI_i = PCI da amostra i ;

PCI_f = média dos PCI das amostras analisadas na seção e,

n = número de amostras avaliadas.

Em seguida, recalcula-se o número mínimo de amostras (n) através da Equação 2, utilizando o valor do desvio padrão (σ) obtido pela Equação 3. Se o novo valor de n for superior ao inicialmente determinado, teremos então de selecionar aleatoriamente e avaliar o número de amostras em falta. Este processo repete-se até que o número de amostras avaliadas seja igual ou superior ao número mínimo de amostras (n) corrigido. Para futuros levantamentos o número mínimo de amostras (n) deve ser calculado com base no desvio padrão determinado no levantamento anterior.

Seleção das amostras a avaliar. Uma vez obtido o número de amostras (n) necessário para a correta determinação do PCI da seção, é importante fazer uma seleção equilibrada das amostras ao longo da mesma. Esta seleção equilibrada pode ser conseguida através da metodologia de seleção designada por “aleatoriedade sistêmica”. O intervalo de espaçamento das amostras (i) é determinado com a seguinte equação:

$$i = \frac{N}{n} \quad (4)$$

em que:

N = número total de amostras na seção e,

n = número de amostras a inspecionar.

A primeira amostra a ser inspecionada é escolhida aleatoriamente entre 1 e i , por tanto todas as amostras múltiplas de i são contadas a partir da primeira amostra escolhida. Antes da aplicação desta metodologia, as amostras devem ser adequadamente numeradas e representadas, de modo a permitir sua correta localização em levantamentos futuros. Contudo,

esta metodologia apresenta uma contrariedade que deve ser levada em conta na hora da avaliação das amostras. Às vezes são escolhidas aleatoriamente amostras, que por se encontrarem em muito boa ou muito má condição ou por conterem defeitos pouco usuais na seção, não são representativas do estado de conservação da seção. Para superar esta dificuldade, ao inspecionar a seção, todas as amostras aleatoriamente escolhidas consideradas atípicas devem ser registradas como “amostras adicionais” e outras amostras devem ser aleatoriamente escolhidas. Quando as amostras adicionais são incluídas no cálculo do PCI, este deve ser ligeiramente ajustado de forma a evitar uma extrapolação das condições de conservação da seção. Este ajuste é realizado com base na Equação 10 apresentada no item 2.4.4.

Levantamento de dados. Após a determinação do número de amostras a ser avaliadas e a consequente seleção das mesmas, é possível iniciar o levantamento dos defeitos em campo. Os dados que devem ser registrados para cada amostra individual são os seguintes:

- a) Identificação: indicação do ramo, seção e número da amostra a ser avaliada;
- b) Tamanho: área pavimentada em m^2 para pavimentos flexíveis ou número de placas para pavimentos rígidos;
- c) Esboço: formato da amostra e sua respectiva localização dentro da seção;
- d) Tipos de defeitos (Tabela 8): identificação dos diferentes defeitos presentes no pavimento através da numeração especificada no formulário de avaliação correspondente;
- e) Grau de severidade: Baixo (B), Médio (M) e Alto (A). Excepcionalmente existem defeitos como a deterioração do pavimento por óleo e/ou combustível que não apresentam grau de severidade (indicados como N/A), sendo suficiente o registro da presença do defeito dentro da amostra;
- f) Quantificação dos defeitos: Para pavimentos flexíveis é expressa pela área ou número de metros lineais afetados pelas diversas ocorrências de um defeito de determinada severidade; para pavimentos rígidos é o número de placas afetadas por cada defeito de diferente grau de severidade.

Procedimentos e equipamentos de avaliação. Conforme a ASTM, a inspeção das amostras é realizada caminhando sobre a amostra e identificando visualmente os diversos defeitos. Para cada amostra deve ser preenchido um formulário de avaliação com o registro de cada um dos defeitos encontrados no pavimento junto com seus respectivos níveis de

severidade. A quantificação dos defeitos tanto para pavimentos flexíveis como para pavimentos rígidos é feita com o auxílio do manual de defeitos da ASTM (ASTM, 2012; FAA 2014a), e de alguns equipamentos simples como uma régua com três metros (para medir o comprimento de trincas ou o desfasamento entre placas), uma trena (para medir distâncias) e um dispositivo manual com sistema de posicionamento global *GPS* (para registrar os defeitos de maior relevância).

2.4.4. Método de cálculo do PCI

O PCI de um pavimento aeroportuário é determinado através do cálculo do PCI de cada seção que compõe a rede. O PCI das seções depende do PCI das amostras que constituem a mesma seção. Deste modo, é apresentada a seguir a metodologia de cálculo do PCI de uma amostra, seguido pela metodologia de cálculo do PCI de uma seção. O PCI das diferentes seções representará assim a condição de um pavimento aeroportuário.

a) Cálculo do PCI de uma amostra (PCI_a).

O PCI de uma seção é calculado após a determinação do PCI de todas as amostras aleatoriamente selecionadas que pertencem à seção. O cálculo do PCI de uma amostra tem como princípio subtrair do valor máximo do PCI (100), um Valor Deduzido Corrigido (CDV) que, de forma ponderada, expressa a diminuição da condição do pavimento originada pelos defeitos presentes na amostra.

O processo de cálculo do PCI da amostra inicia-se uma vez que o formulário de avaliação é preenchido completamente determinando-se a densidade da área afetada (D) e o respectivo valor deduzido (DV) de cada defeito registrado. O formulário de avaliação pode ser encontrado na norma ASTM D5340-12 (ASTM, 2012).

Em seguida, e de modo a não atribuir um valor demasiado alto a influência que cada defeito tem na condição do pavimento ajusta-se a degradação que o conjunto de defeitos provoca no pavimento em estudo, através da determinação do número máximo de deduções (m) considerado no cálculo do PCI. Por último, determina-se, com base no número máximo de deduções (m) e nos valores deduzidos (DV) de cada defeito, o Valor Deduzido Corrigido (CDV) máximo através de um processo iterativo

que relaciona estas três variáveis. Concluído este processo, o PCI da amostra pode ser calculado através da Equação 5.

$$PCI_a = 100 - CDV \quad (5)$$

b) Cálculo da densidade (D)

A densidade (D) de um defeito indica o impacto que este representa na área da amostra e pode ser calculada dividindo a quantidade total de defeitos pela área total da amostra. Assim, para pavimentos flexíveis a densidade (D) é dada por:

$$D = \frac{\text{Quantidade de defeitos (m}^2 \text{ ou m)}}{\text{Área da amostra (m}^2\text{)}} * 100\% \quad (6)$$

Para pavimentos rígidos a densidade (D) é dada pela seguinte expressão:

$$D = \frac{\text{Número de placas com defeito}}{\text{Número total de placas na amostra}} * 100\% \quad (7)$$

c) Cálculo dos valores deduzidos (DV)

O Valor Deduzido (DV) de cada defeito traduz a influência que a sua densidade e severidade têm na condição do pavimento, fornecendo um valor entre 0 e 100 que será deduzido do valor máximo do PCI (100). A determinação do valor deduzido (DV) é feita através da consulta de um gráfico específico para cada defeito.

A Figura 18 mostra um exemplo de um gráfico de valor deduzido para o defeito número 8 “Trincas Transversais e Longitudinais” em pavimentos aeroportuários flexíveis. Os gráficos de valores deduzidos de cada um dos defeitos tanto para pavimentos flexíveis quanto para pavimentos rígidos podem ser consultados nas bibliografias ASTM (2012) e FAA (2014a).

Figura 18- Curvas de valores deduzidos para Trincas Trans. e Long. em pavimentos aeroportuários flexíveis [adaptada de FAA (2014b)].

d) Determinação do número máximo de deduções (m)

O número máximo de deduções (m) é um valor corretivo que pretende limitar o número de valores deduzidos (DV) considerados no cálculo do PCI e assim ajustar a influência que o conjunto de defeitos presentes na amostra produz no estado de conservação da mesma. A introdução deste fator corretivo é importante, uma vez que se somente se considera o somatório dos valores deduzidos, representado pelo valor deduzido total (TDV), se obteriam valores de PCI excessivamente baixos ou até mesmo negativos, não apresentando assim o efeito do conjunto dos defeitos na condição do pavimento (BARROS, 2008). O número máximo de deduções (m) é determinado através dos seguintes passos:

1. - Listar por ordem decrescente os valores deduzidos de todos os defeitos encontrados na amostra. Caso mais do que um valor deduzido (DV) seja superior a 5 ($DV > 5$) calcular o número máximo de deduções (m) através da Equação 8:

$$m = 1 + \left(\frac{9}{95} \right) * (100 - HDV) \leq 10 \quad (8)$$

em que:

m = número máximo de deduções incluindo a fração e,

HDV = maior valor deduzido.

2. - Reduzir o número de valores deduzidos ao número máximo de deduções (m), incluindo a fração. Caso o número de valores deduzidos (DV) seja inferior a m, então todos os valores deduzidos são considerados.

e) Determinação do Valor Deduzido Corrigido (CDV)

Conforme a descrição de Barros (2008), o Valor Deduzido Corrigido (CDV) é o valor que será subtraído do valor máximo do PCI (100) e tem como base de cálculo o número máximo de deduções (m) determinado pela Equação 8. A função do CDV é traduzir, de forma ajustada, a influência que o conjunto de defeitos registrados na amostra tem na condição do pavimento. Contudo, se apenas um ou nenhum valor deduzido (DV) for superior a 5 ($DV > 5$), o total dos valores deduzidos (TDV) dos defeitos presentes na amostra representa o valor deduzido corrigido (CDV) máximo. Caso contrário é necessário determinar o CDV máximo seguindo os passos seguintes:

- i) Criar uma tabela e colocar por ordem decrescente os valores deduzidos determinados no passo d);
- ii) Determinar o número de valores deduzidos (DV) superiores a cinco, o qual será representado com a letra “q”;
- iii) Somar os valores deduzidos (DV) e colocá-los em uma nova coluna da tabela chamada de “Total”;
- iv) Partindo do valor de “q” e do “Total” de valores deduzidos calculado no passo c), determinar o CDV através da consulta da curva apropriada. As curvas utilizadas para pavimentos flexíveis e para pavimentos rígidos podem ser consultadas nas fontes ASTM (2012) e FAA (2014b);
- v) Reduzir para 5 o menor valor deduzido (DV) superior a 5;
- vi) Repetir os passos i) a v) até se atingir “q”= 1;
- vii) O CDV final é o maior valor deduzido corrigido determinado por este processo (CDV máximo).

Uma vez determinado o Valor Deduzido Corrigido (CDV) máximo, pode-se então calcular o PCI da amostra por meio da Equação 5.

f) Cálculo do PCI de uma seção (PCI_s)

O cálculo do PCI de uma seção (PCI_s) baseia-se na média ponderada do PCI das amostras selecionadas aleatoriamente (PCI_r) que constituem a seção avaliada. A Equação 9 permite obter a média do PCI de todas as amostras da seção considerando a área que cada uma tem.

$$PCI_s = \overline{PCI_r} = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{r,i} * A_{r,i})}{\sum_{i=1}^n A_{r,i}} \quad (9)$$

em que:

PCI_s = valor do PCI da seção;

$\overline{PCI_r}$ = média ponderada do PCI das amostras da seção;

$PCI_{r,i}$ = PCI da amostra i selecionada aleatoriamente;

$A_{r,i}$ = Área da amostra i selecionada aleatoriamente e,

n = número total de amostras aleatórias avaliadas.

Não obstante, se ao longo do processo de avaliação do pavimento da seção foram analisadas amostras, que por não serem representativas do estado de conservação da mesma, foram contabilizadas como “amostras adicionais”, então o cálculo do PCI da seção (PCI_s) deve ser reformulado da seguinte forma:

1. - Calcular a média ponderada do PCI das “amostras adicionais” (PCI_{ad}) com a seguinte equação:

$$\overline{PCI_{ad}} = \frac{\sum_{i=1}^m (PCI_{ad,i} * A_{ad,i})}{\sum_{i=1}^m A_{ad,i}} \quad (10)$$

em que:

$\overline{PCI_{ad}}$ = média ponderada do PCI das amostras adicionais;

$PCI_{ad,i}$ = PCI da amostra adicional i;

$A_{ad,i}$ = área da amostra adicional i e,

m = número de amostras adicionais avaliadas.

2. - Calcular o PCI da seção (PCI_s) com base na seguinte expressão:

$$PCI_s = \frac{\overline{PCI_r} * (A - \sum_{i=1}^m A_{ad,i}) + \overline{PCI_{ad}} * (\sum_{i=1}^m A_{ad,i})}{A} \quad (10)$$

em que:

PCI_s = valor do PCI da seção;

$\overline{PCI_r}$ = média ponderada do PCI das amostras da seção;

$\overline{PCI_{ad}}$ = média ponderada do PCI das amostras adicionais;

$A_{ad,i}$ = área da amostra adicional i;

m = número de amostras adicionais avaliadas e,

A = área da seção.

g) Avaliação qualitativa da condição do pavimento

Concluído o processo de cálculo do PCI das amostras e das seções, cujos resultados se apresentam numa escala que varia entre 0 e 100, é necessário agora relacionar estes resultados com uma classificação qualitativa do estado de conservação do pavimento (ASTM, 2012). É com base nesta classificação que será possível classificar a condição do pavimento de um aeródromo. A Figura 19 mostra as sete categorias da classificação padrão do PCI disponibilizada pela FAA, sua escala de classificação qualitativa e as atividades de conservação do pavimento mais adequadas para cada uma das categorias, segundo os critérios do Programa de Pesquisa Cooperativa em Aeroportos (ACRP).

Sistema de classificação	Escala de Classificação padrão (FAA)	Classificação qualitativa	Descrição	Atividades de M&R (ACRP)
<div style="text-align: center;"> Tipo de defeito → PCI ← Severidade do defeito </div>	86-100	Muito Bom	Pavimento novo ou com poucos ou nenhum defeito de baixa severidade	Não fazer nada / Somente manutenção de rotina
	71-85	Bom	Alguns defeitos são de baixa e média severidade	Manutenção corretiva
	56-70	Regular	Alguns defeitos são de média e alta severidade	Manutenção corretiva ou preventiva
	41-55	Ruim	Defeitos de severidade alta com risco de ocasionar problemas operacionais	Reforço estrutural
	26-40	Muito Ruim	Vários defeitos de severidade alta ocasionando consideráveis problemas operacionais	Reforço estrutural ou reconstrução
	11-25	Péssimo	Muitos defeitos de severidade alta originam restrições operacionais	Reparos imediatos ou reconstrução
	0-10	Destruído	A deterioração do pavimento impede a segurança nas operações das aeronaves.	Reconstrução total

Figura 19- Sistema de classificação do PCI [adaptada de Shahin (1982) e ACRP (2011)]

2.5. PROGRAMAS COMPUTACIONAIS E TECNOLOGIAS USADAS EM SGPA

2.5.1. *Programas computacionais*

A tecnologia atual, desde seu surgimento até os dias de hoje, representa um meio que vem conquistando o mercado em diversas áreas e atividades, tornando-se essencial para o desenvolvimento e crescimento das empresas dentro de um cenário competitivo, como é o caso da indústria aeroportuária, especificamente da gerência de pavimentos aeroportuários. Além dos critérios comentados anteriormente no item 2.3, a eficácia e sucesso de um SGPA dependem do uso de diferentes programas computacionais que objetivam complementar a análise dos pavimentos aeroportuários contribuindo com ferramentas específicas de projeto geométrico, dimensionamento, análise da irregularidade da superfície, integridade estrutural e análise de custos, entre outras.

A FAA, entidade governamental responsável pelos regulamentos e todos os aspectos da aviação civil nos Estados Unidos, vem desenvolvendo nos últimos dez anos diferentes programas computacionais gratuitos, produto da pesquisa realizada através do Programa Cooperativo de Pesquisa em Aeroportos (ACRP). O ACRP é um programa de pesquisa patrocinado pela FAA e gerenciado pelo *Transportation Research Board* (TRB) que fornece soluções práticas em curto prazo para os problemas enfrentados pelas autoridades aeroportuárias. São seis os programas computacionais oferecidos pela FAA (Figura 20), o último da lista (FAA PAVEAIR) é descrito com detalhe no item 2.5.2, pois é o aplicativo utilizado nesta pesquisa e representa uma ferramenta base para o desenvolvimento do sistema de gerência que se pretende implantar no estudo de caso.

- a) *BAKFAA*: realiza uma retroanálise dos valores do módulo de elasticidade das camadas dos pavimentos aeroportuários utilizando um algoritmo baseado na teoria elástica que calcula as deformações verticais da superfície do pavimento. Adota um método de minimização simples multidimensional que representa a soma dos quadrados das diferenças entre os desvios verticais da superfície do pavimento, medidos com o defletômetro de impacto FWD (FAA, 2009d; 2011b).

Figura 20- Programas computacionais gratuitos oferecidos pela FAA [adaptada de LARKIN (2011)]

- b) *FAARFIELD*: é um programa padrão para o cálculo das espessuras das camadas dos pavimentos rígidos aeroportuários por meio do método de elementos finitos em terceira dimensão (3D) (KAWA, BRILL e HAYHOE, 2007; GAGNON, 2009; FAA, 2014c; BRILL, 2010; 2011).
- c) *ProFAA*: programa utilizado para computar perfis de elevação de índices de irregularidade como o BBI (*Boeing Bump Index*) e o IRI (*International Roughness Index*) de forma a fazer comparativas entre eles, calcular seus índices e obter outros parâmetros relacionados com a irregularidade da superfície (PROFAA, 2006; FAA, 2009b).
- d) *COMFAA*: é um programa de uso geral para pavimentos flexíveis e rígidos que além de calcular o Número de Classificação de Aeronaves (ACN) tem a capacidade de calcular espessuras de pavimentos com base no método de CBR em pavimentos flexíveis e no valor de K em pavimentos rígidos. O programa contém uma biblioteca interna com informações de aeronaves comerciais e militares que operam atualmente (COMFAA, 2003; KAWA e HAYHOE, 2002; FAA, 2011a).
- e) *AIRCOST*: é uma ferramenta que analisa o custo do ciclo de vida e a manutenção dos pavimentos aeroportuários, permite aos usuários estimar os custos das atividades de manutenção e determinar as necessidades orçamentárias futuras. O programa

AIRCOST foi desenvolvido como uma aplicação de Microsoft Excel, o que traz benefícios aos usuários familiarizados com as planilhas de cálculo tradicionais. Contudo, o *AIRCOST* também está disponível num módulo extra do aplicativo *FAA PAVEAIR* (ARA, 2011; SMITH, 2010; FHWA 1998).

- f) *FAA PAVEAIR*: Aplicativo público de gerência de pavimentos aeroportuários baseado na internet e compatível com os outros quatro programas mencionados anteriormente. Foi projetado para ajudar às autoridades aeroportuárias na avaliação, gerência e manutenção das suas redes de pavimentos (GAGNON, 2010; LARKIN, 2011; TARBY, 2011; LARKIN e JIA, 2013).

2.5.2. Aplicativo *FAA PAVEAIR*

O aplicativo teve suas origens no ano de 1968 quando o Laboratório de Pesquisas em Engenharia de Construção do Exército dos EUA (CERL) começou o desenvolvimento de um SGP nomeado *PAVER*, projetado para rodar nos computadores centrais do Departamento de Defesa dos EUA (DOD). Anos mais tarde, em 1985, após as tentativas para melhorar o aplicativo utilizando as tecnologias disponíveis daquela época, o CERL desenvolveu uma nova versão do *PAVER* que podia ser executada em microcomputadores e contava com um módulo específico para pavimentos urbanos. O projeto foi financiado pela FAA e a nova versão nomeada *MicroPAVER* foi lançada em 1987. No ano de 1995 uma nova lei pública nos Estados Unidos (*Public Law 103-305*) exigia das autoridades aeroportuárias estaduais a implantação de um programa eficaz de gerência de pavimentos, a fim de serem selecionados para receber financiamento federal. No ano 2004, aproximadamente 84% das agências estaduais de aviação já usavam um SGPA. Em 2008, a FAA inicia o desenvolvimento de um SGPA nomeado *FAA PAVEAIR*, o aplicativo foi planejado para estar disponível na internet de forma gratuita e poder ser utilizado pelo público interessado em qualquer parte do mundo. A primeira versão 1.0 do aplicativo *FAA PAVEAIR* foi lançada o dia 10 de fevereiro de 2011 enquanto a versão mais recente 2.5 foi lançada no dia 20 de setembro de 2013, recebendo em torno de um milhão de visitas, 545 bases de dados criadas e mais de 800 usuários registrados (LARKIN e JIA, 2013).

FAA PAVEAIR é um Sistema de Gerência de Pavimentos Aeroportuários público e gratuito desenvolvido pela FAA. O aplicativo cumpre com os requisitos da *Advisory Circular 150/5380-7A* da FAA, referente ao conceito e componentes essenciais de um SGPA e seu uso

na tomada de decisões de baixo custo para a manutenção e reabilitação dos pavimentos aeroportuários (FAA, 2006). É fácil de usar e funciona de maneira semelhante ao programa *MicroPAVER* versão 5.3. *FAA PAVEAIR* foi projetado para ser usado por engenheiros e autoridades administrativas responsáveis pelos pavimentos aeroportuários que devem determinar o mais preciso PCI de forma a manter a maior qualidade e segurança possível nos pavimentos, dentro das limitações orçamentárias e prazos aceitáveis. O aplicativo adota rigorosamente os procedimentos de avaliação dos pavimentos e o manual de defeitos em conformidade com as normas vigentes da ASTM para pavimentos flexíveis e rígidos, aeroportuários e rodoviários (ASTM, 2011; 2012). Qualquer mudança nestas normas é refletida no aplicativo *FAA PAVEAIR*.

O aplicativo é compatível com arquivos *e50*, *e60* e *e65* de *MicroPAVER*. Deste modo, é garantida a sua funcionalidade por meio da semelhança com o programa *MicroPAVER* versão 5.3, o qual muitos dos usuários estão familiarizados. As funções do aplicativo *FAA PAVEAIR* são divididas em módulos distintos como descrito a seguir:

- *HOME*: área de início de sessão, cadastro de novos usuários e seleção de bases de dados existentes;
- *INVENTORY*: visualização dos inventários dos pavimentos;
- *WORK*: visualização do histórico dos trabalhos executados nos pavimentos da rede;
- *PCI*: cálculo e visualização do PCI, SCI e FOD das amostras e seções da rede;
- *PREDICTION MODELING*: Criação de modelos de previsão de desempenho baseados em grupos de famílias;
- *CONDITION ANALISE*: análise da condição do pavimento com base na previsão futura do PCI;
- *M&R*: planejamento das atividades de M&R;
- *REPORTS*: geração de relatórios baseados nos inventários dos pavimentos;
- *MAPS*: visualização gráfica dos valores de PCI de cada seção com base num mapa da rede em arquivo de extensão *shp*;
- *TOOLS*: Seleção do sistema de unidades (métrico ou inglês), curvas de valores deduzidos de cada tipo de defeito e exportação da base de dados em arquivo XML;
- *LOGOUT*: encerramento da sessão no aplicativo;
- *MEMBER AREA*: criação, edição, atualização e gerenciamento da base de dados, registro dos dados do levantamento de defeitos, entre outras funções;

- *HELP*: Contém um manual do usuário e um manual de defeitos que mostra por meio de imagens coloridas os diferentes níveis de severidade e indica como deve ser feita a medição de cada um dos defeitos, tanto em pavimentos rígidos e flexíveis aeroportuários como rodoviários.

O *FAA PAVEAIR* foi projetado em três versões. A Tabela 10 mostra as vantagens e desvantagens de cada uma delas:

- Versão *HOSTED* (anfitrião): recomendada para uso geral podendo acessar no site da FAA (FAA, 2014a);
- Versão *INTRANET*: concebida para fornecer maiores benefícios do que a versão *HOSTED*, permitindo às agências aeroportuárias manter o controle dos seus próprios dados;
- Versão *LOCALLY INSTALLED*: objetiva ser um aplicativo portátil permitindo ser executado sem a necessidade de uma conexão de rede (*off-line*), porém esta versão requer um sistema operativo *Microsoft Premium* contendo o pacote IIS (*Internet Information Server*) e *SQL Server Express*.

Tabela 10- Vantagens e desvantagens das versões do aplicativo *FAA PAVEAIR* [adaptada de TARBY (2011)]

Versão	Vantagens	Desvantagens
<i>HOSTED</i>	*Não requer instalação *Sempre é a versão mais atual *Os dados são armazenados nos servidores da FAA *Os dados podem ser públicos ou privados *Acesso principal a partir da internet	*É necessário ter acesso à internet, não pode ser usado <i>off-line</i>
<i>INTRANET</i>	*Clientes não precisam instalar o aplicativo *Os dados são armazenados nos servidores dos clientes (privado) *Acesso principal a partir da internet	*Precisa de servidores específicos *Requer manutenção *É necessário ter acesso à internet, não pode ser usado <i>off-line</i>
<i>LOCALLY INSTALLED</i>	*Pode ser utilizado <i>off-line</i> *Os dados são armazenados diretamente no computador do cliente (privado)	*Requer manutenção *É indispensável instalar o pacote IIS e SQL Server Express *IIS está disponível apenas nas versões Premium do Windows *O acesso só pode ser a partir do computador em que está instalado

2.5.3. Pesquisa e desenvolvimento de tecnologia

A FAA apresentou no ano de 2012 o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias em Pavimentos Aeroportuários que será aplicado ao longo da década de 2012 a 2022, cujo principal objetivo é dobrar a vida útil dos pavimentos flexíveis de 20 para 40 anos. A fim de alcançar esse objetivo estão sendo investidos 129 milhões de dólares para pesquisa em projeto e dimensionamento de pavimentos, novos materiais de construção e avaliação de pavimentos..

Contudo, para dobrar a vida útil do pavimento não é suficiente um bom projeto geométrico, procedimentos construtivos adequados e estratégias de M&R eficientes. Dobrar a vida útil de um pavimento exige constante monitoramento da superfície, previsão do desempenho da estrutura ao longo do tempo e execução de atividades de M&R no tempo certo, de forma a prevenir possíveis surgimentos de defeitos e consequentes custos excessivos.

A Figura 21 mostra que a pesquisa que objetiva avaliar a condição dos pavimentos aeroportuários representa o maior investimento do programa com 52 milhões de dólares, equivalente a aproximadamente 40% do custo total do programa, enquanto a pesquisa em materiais de construção representa 33% e o projeto de pavimentos 27%. A pesquisa na avaliação da condição dos pavimentos visa desenvolver tecnologia que será aplicada nos SGPA, por meio de ensaios não destrutivos, análise de dados relacionados com a superfície dos pavimentos, desenvolvimento de novas normas relacionadas com a irregularidade superficial e o aprimoramento dos programas computacionais desenvolvidos pela FAA.

Ainda na Figura 21, é importante ressaltar que o investimento para melhorar os programas computacionais da FAA representa aproximadamente 11% do custo total do programa (Projeto 11). Por sua vez, o maior investimento da FAA para os próximos anos é representado majoritariamente pelos projetos de pesquisa baseados em ensaios não destrutivos em pavimentos com 18% (projeto 10) e a caracterização dos materiais de construção com 17% (projeto 7). Nas considerações de Gomes (2008), a busca de bons equipamentos e métodos de avaliação não destrutiva de pavimentos promove a procura e o desenvolvimento de diferentes tipos de métodos não destrutivos consagrados universalmente que possibilitam

aumentar a produtividade dos ensaios, reduzir seus custos e simular de forma real as condições de carregamento do tráfego.

Investimento adicional em tecnologia aplicada nas etapas de projeto, construção, avaliação e manutenção dos pavimentos, traz significativos benefícios econômicos e técnicos, principalmente considerando que no Brasil uma das maiores preocupações nessa área refere-se à falta de informações confiáveis sobre o histórico dos pavimentos, ou seja, idade, espessura das camadas, manutenções realizadas, tipo e condições dos materiais constituintes e confiabilidade da construção em relação ao projeto aprovado e contratado.

Figura 21- Programa de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias em pavimentos aeroportuários da FAA (2012-2022) [FAA (2012b)]

Os resultados de todas as pesquisas feitas por meio do programa de pesquisa e desenvolvimento são refletidos nas publicações da FAA na forma de normas técnicas, relatórios consultivos, manuais e atualizações de programas computacionais, de acesso público e gratuito, dirigidos a engenheiros e autoridades responsáveis pela manutenção das redes de pavimentos aeroportuários de qualquer parte do mundo.

Além de tudo, dentre as diversas funções, ações e programas que desenvolve a FAA no setor aeroportuário está também a operação do *NAPTF (National Airport Pavement Test Facility)*, um laboratório de pesquisa que realiza testes em escala real exclusivamente nos pavimentos aeroportuários. O *NAPTF* está localizado no Centro Técnico William J. Hughes em Atlantic City, New Jersey e sua função é fornecer dados de alta qualidade a partir de testes aplicados em pavimentos rígidos e flexíveis sujeitos a um tráfego de aeronaves simulado. A construção do laboratório foi concluída em abril de 1999 com um custo total de \$21 milhões de dólares dos quais \$14 foram investidos pela FAA e \$7 pela *Boeing Company*, a maior empresa aeroespacial do mundo e líder na fabricação de aeronaves comerciais e militares, (BOEING, 2014; FAA, 2014c).

O principal objetivo do *NAPTF* é determinar o efeito da interação do trem de pouso de uma aeronave sob um pavimento com subleito de baixa, média e alta resistência, junto com o estudo do comportamento de materiais de sub-base de diferentes qualidades, incluindo bases estabilizadas e de brita graduada simples. Os testes são realizados em ciclos de 18 meses e uma vez que a estrutura falha o pavimento é substituído para dar início a um novo teste. Todos os dados obtidos nos testes são organizados por ciclos de construção e cada um deles inclui a construção da estrutura do pavimento, a instalação dos equipamentos de medição e análise, a aplicação do carregamento cíclico até a falha da estrutura, a avaliação da estrutura após o carregamento cíclico (escavação de valas) e a remoção do pavimento. A coleta de dados é feita por meio de sensores estáticos e dinâmicos incorporados no veículo de teste e todos os dados obtidos são armazenados e processados em uma base de dados local. Os sensores estáticos controlam a temperatura, a umidade e a resistência da estrutura de hora em hora. Os sensores dinâmicos, por sua vez, medem os esforços de tensão e a deflexão do pavimento em resposta à carga aplicada. (FAA, 2014c). A Figura 22 mostra o veículo de teste utilizado no laboratório.

As principais características do NAPTF são as seguintes:

- Pista de testes de 275m de comprimento por 60m de largura, dentro de um laboratório totalmente fechado e equipado;
- Sistema computadorizado de aquisição de dados;
- Veículo de teste sobre trilhos, capaz de simular aeronaves com peso de até 585 toneladas;
- Podem ser configuradas até 20 rodas para representar dois módulos completos do trem de pouso teste, sendo que cada módulo pode ter uma configuração de 1 a 10 rodas;
- Rodas independentes que permitem ajustar um carregamento de até 34 toneladas por roda;
- Simulação controlada da passagem das aeronaves.

Figura 22- NAPTF (National Airport Pavement Test Facility) [FAA (2014c); GAGNON (2009)]

2.5.4. Coleta de dados automatizada

A coleta de dados automatizada tem sido utilizada desde a década de setenta. Em Japão, por exemplo, o grupo Pasco (*Pacific Aero Survey Company, Ltd.*), empresa pioneira no desenvolvimento de tecnologias avançadas nas áreas de aquisição e processamento de informações geoespaciais (PASCO, 2014), oferece dois sistemas automatizados: o RCLS (*Road Condition Laser Surveyinge*) e o REAL (*Road Condition Surveying System*).

O RLCS é um sistema de mapeamento móvel de inspeção laser para a medição de coordenadas 3D de dados e imagens dos pavimentos e seus arredores por meio de uma câmera digital e um dispositivo de medição laser 3D. É utilizado nos levantamentos de defeitos de

modo a melhorar a eficiência na manutenção e reabilitação dos pavimentos rodoviários e aeroportuários. Por sua vez, o REAL é um veículo que permite uma maior eficiência no levantamento de defeitos, facilitando a aquisição de informações digitais de qualidade, relacionadas com a superfície do pavimento e o entorno em um tempo curto. A Figura 23 ilustra os componentes do REAL.

Figura 23- Equipamentos PASCO para coleta de dados automatizada [adaptada de PASCO (2014)]

No Brasil, várias empresas de engenharia consultiva atuam também desenvolvendo, implantando e gerenciando programas e projetos de manutenção e reabilitação de malhas rodoviárias e de aeroportos. Estas empresas têm prestado serviços a diversos órgãos federais, estaduais e municipais, destacando-se dentre os seus principais clientes o DNIT, a INFRAERO e o DAESP, estendendo sua atuação às áreas de monitoramento, auditoria, e controle tecnológico, para as quais possui equipamentos e programas computacionais específicos de última geração, como mostrado a seguir:

- a) *Pavement Scanner*: equipamento que usa linhas de projeção de laser, câmeras de alta velocidade e óptica avançada para obter alta definição do perfil 3D do pavimento e permitir a avaliação automática da condição de pavimentos flexíveis e rígidos. O Pavement Scanner adquire dados de imagem em 3D e 2D da superfície com resolução de 1 mm sobre uma largura de 4 m em pista com velocidades de até 100 km/h.
- b) *Mobile Mapping System*: equipamento de alto rendimento (300 km/dia) para coleta massiva de dados, rápido e seguro podendo ser transportado em diferentes veículos terrestres ou marítimos. É um equipamento de alta precisão ($\pm 8\text{mm}$) operado em velocidade de trânsito que permite capturar e virtualizar o entorno através de um

sistema que gera 1 milhão de pontos por segundo e 12 fotos por segundo e seu respectivo programa computacional para visualização.

- c) *Falling Weight Deflectometer (FWD)*: equipamento de ensaio não destrutivo para avaliação estrutural de pavimentos rodoviários e aeroportuários. O FWD é ideal para sistemas mecânicos de dimensionamento, pode ser operado por uma só pessoa e conta com excelente precisão e rapidez (até 60 ensaios/hora) além de uma ampla faixa de carga (7-120 kN).
- d) *Perfilômetro Laser (RSP)*: Perfilômetro laser para medidas automáticas e de alta precisão da irregularidade superficial. O RSP obtém medidas contínuas, em velocidade de tráfego, dos perfis longitudinais e transversais, incluindo a irregularidade em tempo real através do IRI.
- e) *Grip Tester*: equipamento de medição das forças de atrito em um reboque trafegando com as rodas travadas, a diferentes velocidades, sobre um pavimento molhado produto da simulação de uma situação de chuva que cria uma película de água de espessura determinada.
- f) *Light Weight Deflectometer (LWD)*: sistema de ensaio dinâmico de placa de carga para medir a capacidade de suporte da camada do subleito e da estrutura do pavimento. O equipamento é portátil e pesa menos de 20 kg, não necessita de nenhuma medida de referência e fornece alternativa simples, efetiva e de baixo custo em comparação com os testes de placas de carga até então utilizados.
- g) *Heavy Vehicle Simulator (HVS)*: O HVS é um equipamento utilizado para a aplicação das cargas associadas à ação do tráfego de forma acelerada, sendo capaz de simular 20 anos de deterioração nas rodovias em até três meses, além de possibilitar o entendimento dos mecanismos de deterioração causados pelo tráfego e, em até certo grau, por fatores ambientais.
- h) *Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGP)*. Ferramenta de armazenamento e análise de dados que possibilita ao usuário o diagnóstico dos pavimentos e a elaboração de estudos e planejamentos a partir dos mesmos. Os dados armazenados e utilizados no SGP consistem basicamente em informações referentes a uma rede de pavimentos, dados de tráfego e informações sobre serviços e custos de obras.
- i) *Ground Penetrating Radar (GPR)*: O georadar é um dispositivo geofísico para a avaliação não destrutiva da estrutura dos pavimentos. O dispositivo pode fornecer uma imagem 2D contínua ao longo do eixo de uma rodovia permitindo uma determinação mais precisa dos sub trechos estruturais homogêneos. O Geo-radar, no caso da

engenharia de pavimentos é utilizado para identificar as espessuras das camadas do pavimento, verificar as condições dos materiais das camadas (como por exemplo, a desagregação) e investigar a presença de vazios nas placas de concreto dos pavimentos rígidos. O georadar é constituído por duas antenas, uma emissora e a outra receptora e baseia-se na reflexão de ondas eletromagnéticas na interface entre as diferentes camadas que compõe o subsolo, ocasionada por variações na impedância elétrica das camadas constituintes dos pavimentos.

- j) *Elmod 6*: Programa computacional de análise mecanicista para avaliação de pavimentos. Permite calcular a resposta da carga do pavimento com base no equipamento FWD e simula o efeito atual das cargas induzidas. Ambos são capazes de fornecer dados exatos de carga-deflexão, os quais são indispensáveis para a execução do procedimento empírico-analítico usado no *Elmod 6*.
- k) *Road Video Survey Vehicle (RVS)*: veículo que tem a função de filmar a rodovia ou aeródromo com a utilização de duas câmeras que registram imagens da pista e do acostamento e possibilitam a obtenção de fotografias georeferenciadas em 360 graus durante o deslocamento do veículo, de modo a formar um mosaico fotográfico de toda a infraestrutura com vistas em todos os ângulos.

2.5.5. Sistemas de informações geográficas (SIG)

Ao longo da última década tem havido um vasto e crescente interesse em SIG no mundo acadêmico, nas empresas e nas companhias de software, além dentre os profissionais liberais. O aumento da capacidade de processamento de dados e a notável redução dos custos dos microcomputadores, aliados ao aumento da disponibilidade de bases de dados cartográficas digitais, têm contribuído para a crescente utilização de SIG (Lima, 2003).

A empresa norte-americana ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) define os SIG como a coleção de *hardware*, *software*, dados geográficos e pessoais, que objetiva capturar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e visualizar eficientemente todas as formas de informação geograficamente referenciadas (ESRI, 1996).

As características do SIG mais relevantes para a gerência de pavimentos aeroportuários são as que tratam do acesso e interpretação de dados. A apresentação geográfica de um SIG é uma interface que possibilita selecionar seções de pavimentos para

análises de informação. Mais importante, a apresentação de condições e desempenho do pavimento em mapas coloridos possibilita a interpretação e síntese dos dados distribuídos no tempo e espaço. Isto é um fator importante, não só para engenheiros responsáveis pela execução e o eficiente funcionamento de um SGP, mas também para os responsáveis pela gerência de políticas e prioridades e ainda a geração de documentos relacionados com a infraestrutura aeroportuária (Schwartz *et al.*, 1991).

Os SIG permitem melhorar o controle e a gerência de pavimentos em prefeituras e outros órgãos de planejamento aeroportuário, rodoviário ou urbano e propiciam um sistema de consulta com maior velocidade de coleta e manuseio de informações melhorando a qualidade do serviço. Nas considerações de Fernandes Jr. e Pantigoso (1997), os SIG são uma ferramenta capaz de auxiliar e aperfeiçoar os procedimentos de planejamento, gerência e de apoio à decisão e fornecem a plataforma para o desenvolvimento de todos os processos envolvidos num sistema de gerência de pavimentos. No ramo aeroportuário o uso dos SIG tem crescido nos últimos anos. Atualmente representam uma nova prática na gerência de infraestrutura aeroportuária, pois combinando a utilização do GPS nas operações de conservação com a tecnologia SIG, é possível melhorar a coordenação e gerência das atividades aeroportuárias para a eficiente tomada de decisões.

De forma geral, os SIG permitem compatibilizar a informação proveniente de diversas fontes, como informação de sensores espaciais (detecção remota), informação recolhida com GPS ou obtida com métodos tradicionais de topografia e assumem um papel relevante nas questões de:

- Localização (investigar características de um lugar concreto);
- Condição (cumprimento ou não de condições impostas a objetos);
- Tendência (comparação entre situações temporais ou espaciais distintas de alguma característica);
- Modelos (geração de modelos explicativos a partir do comportamento observado de fenômenos).

Segundo Henriques Fernandes 2010, a integração de um SIG com os SGPA fornece várias vantagens, dentre as quais:

- Exibição gráfica de mapas contendo a rede de pavimentos e a avaliação da condição do pavimento (PCI) de seções e amostras selecionadas;
- Exibição gráfica de mapas contendo outras redes importantes para a gerência de pavimentos, como as redes de drenagem, iluminação e sinalização luminosa, sinalização diurna, etc., e sua respectiva caracterização;
- Exibição gráfica e caracterização do entorno (poluição atmosférica e produção de ruído).
- Geração de arquivos de entrada para os módulos de análise do SGPA, extraindo os dados relevantes da avaliação do pavimento;
- Criação de uma interface entre um programa SIG e o SGPA, em que o SIG é utilizado como plataforma para a construção e operação de modelos de análise;
- Exibição gráfica dos resultados dos módulos de análise do SGPA e produção de saídas gráficas que podem ser incluídas nos relatórios do SGPA.

Por sua vez, Zhang, Smith e Hudson (2001) ressaltam que os principais benefícios da integração dos SIG nos SGPA são os seguintes:

- Interface amigável e flexível para os usuários;
- Análise estatística de vários dados de SGPA;
- Integração, extração e operação de banco de dados com vários métodos;
- Capacidade para questões complexas;
- Um sistema simples de localização com múltiplos métodos de referenciamento;
- Apresentação gráfica de dados de SGPA;
- Poder de uso de um Sistema Global de Posicionamento (GPS);
- Capacidade de segmentação dinâmica
- Uso efetivo de informação multimídia (vídeo, som, imagens, etc.);
- Facilita a análise de dados;
- Integração com outros sistemas de gerência;
- Acesso através de Intranet e Internet;
- Habilidade para integrar-se com vários bancos de dados;
- Facilidade de entendimento e uso
- Apresentação da informação para os tomadores de decisão num formato mais compreensível;

Nas considerações de Lima (2007), as ferramentas de análise espacial dos SIG melhoraram substancialmente seu desempenho nos últimos anos, através das funções analíticas que fazem parte de programas computacionais específicos como o *ArcGIS* e *TransCAD*.

ArcGIS é um sistema geral que trabalha com mapas e informações geográficas, usado para criar e utilizar mapas temáticos, compilar dados geográficos, analisar informações georeferenciadas e gerenciar o banco de dados da informação geográfica. *TransCAD*, por sua vez, é um sistema SIG projetado especificamente para o planejamento de transportes, utilizado por profissionais de engenharia de transporte para armazenar, exibir, gerenciar e analisar dados de tráfego, roteamento, previsão de demanda de viagens, transporte público, logística, localização e gerência do território.

Na gerência de pavimentos os programas computacionais com tecnologia GIS são comumente usados para criar mapas temáticos da rede de pavimentos que objetivam mostrar valores de PCI, FOD e SCI das seções e amostras avaliadas, assim como o georeferenciamento dos defeitos encontrados nos levantamentos durante a avaliação dos pavimentos, entre outros.

2.6. IMPLANTAÇÃO DO SGPA

Nesta etapa do trabalho são apresentados os passos importantes na tentativa de implantação de um SGPA e os principais entraves e percalços que são enfrentados. Este capítulo visa fornecer subsídios aos administradores aeroportuários, aos responsáveis por implantações desses sistemas e aos gestores públicos e tomadores de decisão, de modo a identificar e evitar ou, ao menos, minimizar as possíveis falhas decorrentes da execução desse tipo de serviço.

2.6.1. Generalidades

Um Sistema de Gerência de Pavimentos eficiente deve fornecer o melhor valor possível para os recursos disponíveis, fornecendo superfícies seguras e pavimentos econômicos. Os requerimentos mínimos de um SGP exigem adaptabilidade, eficiência de

operação, praticidade, apoio à tomada de decisão e boa informação de *feedback*. Não obstante, não há SGP único, pois cada órgão administrativo apresenta situações únicas com necessidades específicas, e é cada organismo quem deve definir cuidadosamente o que deseja obter de um Sistema de Gerência de Pavimentos.

Uma vez identificadas as necessidades e definidos os objetivos, a implantação do Sistema de Gerência de Pavimentos deve ser executada. Segundo Haas, Hudson e Zaniewski (1994), os melhores planos para um SGP são inúteis se não são colocados em prática. Da mesma forma, todo o trabalho e tempo investido na identificação da estratégia ótima para manter e reabilitar um pavimento são desperdiçados, a menos que a estratégia seja realmente executada, por exemplo, um determinado pavimento selecionado deve ser construído, usado e mantido.

2.6.2. Passos importantes na implantação de um SGPA

Como mencionado anteriormente, a implantação de um SGP pode variar para diferentes organismos administrativos dependendo de suas necessidades e recursos disponíveis. Contudo, vários passos importantes podem ser identificados, como mostrado na Figura 24.

Claramente um organismo de grande porte com vários departamentos terá de desenvolver e seguir um plano de implantação do SGP, conforme descrito na Figura 24. Boa comunicação e reconhecimento dos assuntos e questões organizacionais determinarão, em grande parte, o sucesso do sistema.

No entanto, um plano de implantação em organismos de pequeno e médio porte também é vital para o sucesso de um SGP, uma vez que os problemas de comunicação e de organização não são restritos como nos organismos de grande porte. Mesmo que um local tenha apenas um ou dois engenheiros, um plano de implantação ajuda a organizar as fases necessárias para o desenvolvimento de um sistema bem sucedido (Haas et al., 1994).

Figura 24- Passos importantes na implantação de um SGP [adaptada de Haas, Hudson e Zaniewski (1994)]

2.6.3. Critérios de apoio à decisão

Segundo Henriques Fernandes (2010), para que um SGPA constitua uma ferramenta de apoio à decisão deve conseguir prever o desempenho dos pavimentos da rede ao longo do

tempo, as solicitações e as ações de conservação a realizar em cada fase da sua vida. Desta forma torna-se possível simular várias estratégias de conservação e fazer a sua análise do ponto de vista técnico-econômico com o objetivo de se escolher a estratégia de M&R ótima. Isso é alcançado através de modelos de previsão da evolução do comportamento dos pavimentos e de conceitos básicos de avaliação econômica, tendo em conta os custos associados à gestão de pavimentos. Contudo, antecipadamente ao desenvolvimento de um conjunto de critérios de decisão é essencial definir os problemas existentes. Os procedimentos utilizados e as pessoas envolvidas são cruciais na geração de um conjunto apropriado de critérios que alcance o objetivo inicial proposto.

Segundo Lima (2007), uma avaliação baseada em critérios técnicos e econômicos pode ser capaz de melhor quantificar e definir o grau de importância de uma determinada atividade sobre uma determinada seção do pavimento. É uma forma de adequar as atividades de M&R aos critérios de qualidade recomendados por normas técnicas e pelos SGP. Haas, Hudson e Zaniewski (1994), definiram critério de decisão em gerência de pavimentos como um limite determinado para algumas medidas de comportamento, resposta, desempenho, deterioração ou características de operação em relação a medições e estimativas atuais. Caso a medida ou estimativa exceda o limite, a deficiência ou a necessidade existe. As razões fundamentais por estabelecer critérios de decisão em nível de rede são:

- Estabelecer um objetivo básico para identificar as necessidades atuais e estimar as necessidades futuras;
- Estabelecer consistência de informações entre as características das seções e os ramos dos aeródromos;
- Ter meios para retratar efetivamente acúmulos atuais e futuros de superfícies deterioradas.

Ainda nas considerações de Lima (2007), critérios técnicos geralmente consideram a condição do pavimento e a avaliação dos defeitos encontrados na superfície e estrutura dos pavimentos aeroportuários. Deste modo, independente da consideração dos custos e benefícios relacionados aos usuários, existe um conjunto de estados dos pavimentos, os quais recomendarão a execução de atividades de conservação de prioridade máxima, principalmente no caso de atividades de conservação com fins estruturais. Essa prioridade máxima justifica-se pela necessidade de preservar a qualidade, ainda parcialmente existente, do pavimento e reduzir as chances do mesmo necessitar de uma reconstrução completa. Entretanto, além dos

critérios técnicos deve ser definido outro tipo de critério, relacionado com a importância econômica da infraestrutura, o qual pode ser representado, por exemplo, pela classe funcional do ramo, como é o caso da pista de pousos e decolagens. Assim, critérios técnico-econômicos geralmente são obtidos da consideração conjunta da condição do pavimento e sua classe funcional.

Os critérios de decisão têm influência direta nas alternativas que são geradas pelo sistema. Estas alternativas são selecionadas de acordo com o objetivo inicialmente proposto para se chegar a uma decisão final. É claro que a maioria dos SGP objetiva alocar os recursos disponíveis e aumentar a eficiência das atividades, mas de maneira geral, são muitos os objetivos que podem ser considerados e estes podem ser bastante específicos, como:

- Minimizar os custos de manutenção;
- Maximizar a produção de manutenção;
- Minimizar o uso de recursos e materiais;
- Minimizar o uso de empregados e equipamentos;
- Maximizar a condição da rede, uniformidade e consistência nos projetos;
- Minimizar as flutuações de gastos na demanda anual sobre os pavimentos e;
- Maximizar a satisfação do usuário.

2.6.4. Barreiras institucionais

Segundo Haas, Hudson e Zaniewski (1994), a implantação bem sucedida de um Sistema de Gerência de Pavimentos em uma organização exige que fatores institucionais e organizacionais sejam considerados juntamente com os componentes técnicos. Em termos gerais, os fatores institucionais são os aspectos táticos de um SGP que afetam a aceitação e sucesso da implantação. Estes fatores institucionais devem ser compreendidos e tratados pelos organismos administrativos, durante, e depois da implantação do sistema, e devem começar na fase inicial, juntamente com os fatores técnicos. A primeira ação na implantação do SGP, ganhos no suporte da gerência, é também a primeira ação institucional.

Na primeira década de sua existência (1966-1975), os SGP foram enfatizados em nível de projeto. De 1976 a até hoje em dia, tem havido grande interesse na aplicação dos conceitos da gerência de pavimentos em nível de rede. No entanto, é importante lembrar que a

verdadeira eficácia de um SGP é produto da aplicação equilibrada dos conceitos em ambos os níveis.

Contudo, a implantação de um SGP requer uma mudança na forma em como algumas pessoas de organismos administrativos existentes pensam, reagem, e fazem o seu dia a dia de trabalho. Inicialmente uma mudança desse tipo não é confortável, mas é necessária na vida e no sucesso da gerência de pavimentos. Por exemplo, certa informação pode ser adquirida em grandes quantidades, mas é necessário processá-la e avaliá-la de modo que seja significativa e representativa.

Por sua vez, ainda que a gerência de pavimentos tenha evoluído ao longo dos anos, ainda existe certo ceticismo nos diferentes níveis organizacionais de alguns organismos rodoviários, e aeroportuários. As fontes desse ceticismo estão relacionadas em grande parte com a modelagem e análise dos sistemas em geral, como por exemplo:

- Mau uso e aplicações incorretas de modelos; base de investigação insuficiente; proliferação de modelos e métodos sem registro sistemático; calibração inadequada, validação e verificação de modelos;
- O uso do SGP por pessoas que não entendem o processo do sistema e os conceitos fundamentais;
- Insuficiência de incentivos para a documentação correta dos SGP;
- Excessiva ênfase na utilização de computadores como “caixas pretas”;
- Falta de comunicação entre os desenvolvedores, usuários e beneficiários dos SGP;
- Falta de reconhecimento dos SGP como um meio e não como um fim;
- Omissão dos pontos fortes, fracos e limitações dos SGP por parte dos responsáveis pelas tomadas de decisão;
- Carência de uma equipe interdisciplinar; por exemplo, a falta de conhecimento estatístico;
- Dados disponíveis insuficientes para o adequado uso dos métodos nas fases iniciais de implantação;
- Incompreensão dos verdadeiros custos e benefícios dos SGP.

O processo de comunicação das ideias nos sistemas de gerência de pavimentos pode ser tão importante quanto o conteúdo das mesmas. Determinar qual mudança deve ocorrer (o

que fazer) é mais fácil do que determinar a forma de trazer essa mudança (como fazer). Uma grande mudança como a implantação de um SGP, requer cuidados coordenados e a eficiente definição da sequência de todas as mudanças envolvidas no processo, como treinamentos, políticas e práticas pessoais executadas ao longo de um determinado período de tempo.

Contudo, sempre existirá uma série de barreiras organizacionais que colocam o trabalho contra as mudanças e, em particular, contra a adaptação dos sistemas que contam com tecnologia moderna. Mudanças importantes, como a implantação e o desenvolvimento de um SGP tendem a provocar reações complexas, a não ser que as inter-relações entre as diferentes áreas de uma organização sejam identificadas com precisão, de modo a que a organização possa reagir para amortecer tais mudanças. Por isso é necessário:

- Esclarecer questões e dúvidas e informar imediatamente aos tomadores de decisão;
- Alcançar um acordo coletivo, eficaz e organizado em um cenário de ação que seja viável, equitativo e desejável;
- Treinar o pessoal e reciclar se necessário;
- Executar a implantação considerando os acompanhamentos realizados ao longo do tempo.

Um dos pontos mais complicados na gerência de pavimentos são os fatores pessoais. Muitas pessoas não gostam de mudanças, e menos ainda se são pessoas responsáveis de riscos que possam surgir, particularmente em organismos governamentais. Aqueles que arriscam geralmente são pessoas relacionadas com a indústria privada, como por exemplo, na administração da construção, direito, ou na consultoria de engenharia. É claro que diversas circunstâncias podem colocar tomadores de risco em organismos governamentais e investigadores de segurança em instituições privadas, mas não é uma regra geral. Geralmente são considerados quatro fatores globais pessoais e de personalidade que fazem frente às mudanças de implantação de um SGP em quatro níveis de ação ou envolvimento, a seguir:

- Nível político ou do proprietário;
- Nível alto de gerência;
- Nível médio de gerência;
- Nível de trabalho.

Existem outros fatores que limitam a implantação de qualquer SGP, contudo, um dos mais frequentes é o desconhecimento dos próprios conceitos fundamentais. Existe a dificuldade em demonstrar aos tomadores de decisão os conceitos da Gerência de Pavimentos e expô-los de modo a possibilitar o entendimento de que se trata de soluções técnicas e com fundamentos científicos, aplicáveis e viáveis na maioria dos casos. Os conceitos dos SGP não são complexos, mas, por vezes, desconhecidos por técnicos das instituições ou prefeituras, que são gestores e responsáveis pelas infraestruturas, principalmente a pavimentação asfáltica. Quebrar essa “barreira inicial” é uma etapa importante que facilita o sucesso da implantação e aprimoramento dos SGP ao longo do tempo.

2.6.5. Custos associados

Existem vários tipos de custos associados à gerência de pavimentos. Os dois principais são:

- a) Os custos de desenvolvimento e operação, juntamente com os custos necessários para manter atualizado o banco de dados; isto é, o custo do próprio SGP;
- b) Os gastos totais da própria rede de pavimentos, os quais estão associados com a avaliação do SGP.

Na realidade, é a poupança nos gastos finais da rede de pavimentos quem mede a eficácia de um SGP. O investimento inicial no pavimento e seus custos relacionados devem ser considerados juntamente com a poupança e os benefícios que podem ser obtidos a partir da implantação efetiva de um SGP.

Ainda nas considerações de Haas Hudson e Zaniewski (1994), muitos problemas ocorrem em qualquer avaliação dos custos associados acima descritos. Aparentes custos podem variar muito, dependendo dos procedimentos contábeis e das metodologias utilizadas dentro de uma determinada organização.

Alguns organismos rodoviários e aeroportuários não levam em conta os custos indiretos quando elas trabalham com a sua própria equipe, o que é uma situação enganosa. As mesmas atividades realizadas por contrato ou pelo uso de especialistas externos, no entanto, têm claramente que incluir os custos indiretos no preço final do contrato de uma obra.

Verdadeira informação de custos para avaliar os benefícios ou a eficiência dos custos de um SGP é difícil de obter. Isso se deve em uma parte porque poucas agências têm um SGP totalmente implantado e menos ainda mantiveram as comparações e registros de custos efetivos ao longo do tempo. No caso dos pavimentos, os custos associados a uma base comum de comparação é também muitas vezes difícil de obter.

Mais substancialmente, os custos de manutenção e reabilitação de pavimentos são extremamente difíceis de definir, sendo que muito poucos organismos rodoviários e aeroportuários têm informações verdadeiramente boas sobre os custos de manutenção determinados pela localização específica do pavimento, os procedimentos de construção e a qualidade e tipo dos materiais empregados.

As Tabelas 11 e 12 apresentam uma variedade de benefícios e custos associados com os Sistemas de Gerência de Pavimentos. A Tabela 11 categoriza os benefícios e custos em termos gerais, dos diretivos, gerentes superiores e pessoas do nível técnico. A Tabela 12 por sua vez, apresenta os principais custos e benefícios específicos correspondentes a um nível estadual de gerência.

Alguns benefícios e alguns custos são quantificáveis, mas outros são subjetivos ou de natureza geral, como o caso do aumento do PCI após atividades de M&R. Assim, os benefícios devem ser sempre analisados e comparados com os custos. No entanto, os benefícios são geralmente excluídos do processo de decisão de gerência de pavimentos, em grande parte por causa da filosofia de que isso é adequado para fornecer pavimentos seguros e confortáveis para os usuários.

O conceito de melhores benefícios para o usuário com base na melhor qualidade dos pavimentos e a redução dos custos operacionais dos veículos não tem sido amplamente explorada nos Estados Unidos, embora seja amplamente utilizada em avaliações como as do Banco Mundial para os países em desenvolvimento.

Tabela 11- Benefícios e custos associados aos SGP [adaptada de Haas, Hudson e Zaniewski (1994)]

Benefícios		Custos
a) Geral	<ul style="list-style-type: none"> * Percepção da magnitude dos investimentos nos pavimentos * Melhor chance de tomar decisões corretas * Melhor coordenação interna * Melhor uso da tecnologia * Melhoria na comunicação 	<ul style="list-style-type: none"> * Desenvolvimento de <i>software</i>, coleta, processamento armazenamento e análise de dados. * Funcionamento do sistema, <i>hardware</i> e funcionários. * Custos indiretos.
b) Diretoria	<ul style="list-style-type: none"> * Justificação de programas de manutenção e reabilitação * Garantia de bom uso dos recursos financeiros. * Menos pressão para alterações arbitrárias do programa. * Respostas objetivas para efeitos de menores orçamentos ou normas menos exigentes. 	<ul style="list-style-type: none"> * Alguns custos gerais. * Relatórios. * Processamento de solicitações especiais
c) Gerência	<ul style="list-style-type: none"> * Visão comparativa do estado da rede (atual e futura) * Respostas objetivas para efeitos sobre o estado de financiamento, implicações dos trabalhos adiados e/ou normas menos exigentes * Garantia de bom uso dos recursos financeiros disponíveis * Definição da “taxa de gerência” (porcentagem do orçamento) 	<ul style="list-style-type: none"> * Desenvolvimento, instalação e custos de operação do SGP * Coleta, processamento e análise de dados * Recursos humanos e mudanças organizacionais
d) Funcionários do nível técnico	<ul style="list-style-type: none"> * Melhor reconhecimento de vários elementos da organização * Melhor familiaridade com a tecnologia disponível * Melhoria da comunicação entre o projeto, construção, manutenção, planejamento e pesquisa * Satisfação de proporcionar o melhor valor para os fundos disponíveis 	<ul style="list-style-type: none"> * Fazer alterações nos processos * Tempo e esforço para aperfeiçoar as habilidades e o conhecimento * Custos de treinamento

Tabela 12- Benefícios e custos adicionais em um nível de gerência estadual [adaptada de Haas, Hudson e Zaniewski (1994)]

Benefícios	Custos
<ul style="list-style-type: none"> * Programação prioritária das necessidades de manutenção e reabilitação e orçamentos; * Justificação para solicitação de financiamento * Eficácia das despesas através de medidas oportunas e apropriadas * Controle de custos dos usuários através do nível de serviço e da condição dos pavimentos * Uso mais eficiente dos recursos disponíveis * Melhorias no planejamento, projeto, construção, pesquisa, modelos de desempenho, segurança, etc * Melhora no conhecimento das necessidades e condições do pavimento em toda a rede * Melhor capacidade de manutenção de rede 	<ul style="list-style-type: none"> * Criação de um grupo de trabalho especializado * Serviços de Consultoria * Coleta de dados <ul style="list-style-type: none"> - Pessoal da instituição (engenheiros, técnicos, operadores de equipamentos), e os custos de transporte - Treinamentos específicos - Equipamentos (Veículos, coletores de dados, dispositivos de levantamento de defeitos, dispositivos de ensaios estruturais não destrutivos, equipamentos de medição de atrito superficial, equipamentos de fressagem e perfuração, equipamentos de medição de irregularidade longitudinal) - Dispositivos de controle de tráfego - Aquisição de dados de tráfego * Processamento de dados (pessoal, equipamentos, suprimentos, etc.) * Análise de dados e elaboração de relatórios (computadores pessoais, dispositivos periféricos, suprimentos, etc.) * Treinamento do pessoal da instituição * Administração

Novas tecnologias aplicáveis à gerência de pavimentos estão em constante evolução e elas tentam, na medida do possível, facilitar a implantação de qualquer SGP. Algumas dessas tecnologias trazem benefícios diretos e imediatos, enquanto outras oferecem benefícios

indiretos ou de longo prazo. Deste modo, as pessoas envolvidas diretamente com a gerência de pavimentos, seja em nível de rede ou em nível de projeto, devem pesquisar continuamente e estudar as áreas em que as novas tecnologias estão sendo aplicadas, com o intuito de maximizar seus benefícios e aprimorar os SGP.

2.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo abordaram-se os conceitos básicos relacionados com os pavimentos aeroportuários rígidos e flexíveis, as atividades, elementos e finalidades inerentes aos SGPA e a metodologia de cálculo do PCI, índice de avaliação da condição de pavimentos considerado como estrutura principal dos SGPA. Além disso, foram apresentados os programas computacionais e as tecnologias atuais que podem ser aplicadas na gerência dos pavimentos aeroportuários. A presente revisão bibliográfica representa o estado de arte da área estudada e o fundamento teórico da proposta de implantação de um SGPA no Aeroporto Estadual de Araraquara. O mesmo será descrito no próximo capítulo a fim de justificar a escolha da área do estudo de caso.

3. ESTUDO DE CASO

Este capítulo justifica a escolha do Aeroporto Estadual de Araraquara como o local para o desenvolvimento desta pesquisa. É apresentado um breve histórico da origem do citado aeroporto, informações principais sobre o órgão público que o administra, dados relevantes da sua atual operacionalidade e características da infraestrutura disponível. Além disso, é apresentada a aplicação dos diversos passos da metodologia do PCI no aeroporto estudado, desde a divisão do pavimento em ramos, seções e amostras, até o cálculo do PCI de cada uma delas.

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Estado de São Paulo administra através do DAESP, uma rede de 26 aeroportos pavimentados, entre eles, o Aeroporto Estadual de Araraquara. A infraestrutura aeroportuária do DAESP totaliza 1.956.552 metros quadrados de pavimento, divididos em pistas de pouso e decolagem, pátios de aeronaves e pistas de rolagem (DAESP, 2014).

3.2. DEPARTAMENTO AEROVIÁRIO DO ESTADO DE SÃO PAULO – DAESP

De acordo com Pereira (2010), em 1963 a extinta Secretaria de Viação e Obras Públicas criou a Diretoria de Aeroportos que, em 1966, deu origem ao Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo, tornando-se autarquia em 1970. O DAESP está vinculado à Secretaria de Logística e Transportes do Governo do Estado de São Paulo e mediante o convênio com o Comando da Aeronáutica, através da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), tem a responsabilidade de administrar, manter e explorar 26 Aeroportos Públicos no interior do Estado de São Paulo, como indicado na Figura 25. O Apêndice A apresenta um resumo das características dos aeroportos que compõem a rede DAESP.

Em 2014, os 26 aeroportos administrados pelo DAESP movimentaram 341.986 aeronaves, 2.981.502 kg e 1.992.170 passageiros (DAESP, 2014).

AEROPORTOS ESTADUAIS - DAESP			
Região	Cidade	Nome
Bauru	1 Avaré/Arandu	Cmt. Luiz Gonzaga Luth
		2 Bauru/Arealva	Moussa Nakhel Tobias
		3 Marília	Frank Miloye Milenkowichi
		4 Ourinhos	Jornalista Benedito Pimentel
		5 São Manuel	Nelson Garófalo
Itanhaém	6 Itanhaém	Antônio Ribeiro Nogueira Jr.
		7 Registro	Aeroporto Estadual de Registro
		8 Ubatuba	Gastão Madeira
Presidente Prudente	9 Andradina	Paulino Ribeiro de Andrade
		10 Assis	Marcelo Pires Halzhausen
		11 Dracena	Aeroporto Estadual Moliterno de Dracena
		12 Presidente Epitácio	Geraldo Moacir Bordon
		13 Presidente Prudente	Aeroporto Estadual de Presidente Prudente
		14 Tupã	José Vicente Faria Lima
Ribeirão Preto	15 Araraquara	Bartolomeu de Gusmão
		16 Franca	Tn. Lund Presotto
		17 Ribeirão Preto	Dr. Leite Lopes
		18 São Carlos	Mario Pereira Lopes
São José do Rio Preto	19 Araçatuba	Dario Guarita
		20 Penápolis	Dr. Ramalho Franco
		21 São José do Rio Preto	Prof. Eriberto Manoel Reino
		22 Votuporanga	Domingos Pignatari
Sorocaba	23 Bragança Paulista	Artur Siqueira
		24 Campinas	Campo do Amarais
		25 Jundiaí	Comandante Rolim Adolfo Amaro
		26 Sorocaba	Bertram Luiz Leupolz

Figura 25- Aeroportos Estaduais administrados pelo DAESP [DAESP (2014)]

Como assinalado no artigo 2º do decreto nº 52.562, de 17 de novembro de 1970, o DAESP tem por finalidade:

1. - Colaborar com os órgãos competentes da União no que se refere à aplicação, no Estado de São Paulo, da política aeronáutica nacional;
2. - Planejar a rede aeroportuária do Estado, respeitada a política de coordenação geral dos transportes e a legislação específica;
3. – Projetar, construir e administrar aeroportos no Estado, mediante delegação, concessão ou autorização do Ministério da Aeronáutica;
4. - Arrecadar tarifas aeroportuárias, por delegação do Ministério da Aeronáutica;
5. - Aplicar as normas legais, técnicas e administrativas, baixadas pelas autoridades federais;
6. – Desempenhar, direta ou indiretamente, todas as demais atividades legadas à aeronáutica de competência do Estado ou que lhe forem delegadas.

3.3. AEROPORTO ESTADUAL BARTOLOMEU DE GUSMÃO

3.3.1. Histórico

Na década de 20 do século passado, foi criado um Campo de Aviação que ficava na Vila Xavier, em Araraquara, São Paulo, e que em vista do crescimento da cidade foi transferido para o local atual, às margens da rodovia Antônio Machado de Santana, saída da cidade para Ribeirão Preto. Em 20 de maio de 1935, o Prefeito Engº. Heitor de Souza Pinheiro denominou Bartolomeu de Gusmão o Aeroporto Estadual de Araraquara.

O nome do aeroporto “Bartolomeu de Gusmão” foi dado em homenagem a Bartolomeu Lourenço de Gusmão, padre jesuíta e notável inventor nascido em 1685, em Santos, São Paulo, que desenvolveu nos tempos do Brasil Colônia estudos de Física e Matemática. 74 anos antes do primeiro voo de balão tripulado da história, Lourenço de Gusmão encantou a Corte portuguesa com um globo de ar quente capaz de subir à atmosfera. Atualmente é considerado precursor da aeronáutica por provar a possibilidade de criar engenhos com capacidade para voar. Morreu bem antes que um balão de ar aquecido sobrevoasse Paris transportando animais e outro levando pessoas em 1970 (Araraquara, 2014).

De acordo com a descrição de Dinato (2001), o Aeroporto Estadual de Araraquara começou a ser construído em 1937, época em que o aeroporto operava duas pistas de pouso e decolagem não pavimentadas, ambas com dimensões iguais a 1000 m de comprimento e 32 m de largura e orientação 08/26 e 16/34 que davam ao aeródromo a forma de um “T”, como se mostra na Figura 26.

Figura 26- Formato da infraestrutura do Aeroporto Estadual de Araraquara em 1973 [Dinato, 2001]

A inexistência de residências no entorno do aeroporto naquela época permitia que as operações aéreas fossem executadas nas direções dos ventos predominantes que variavam de 60° a 180°, segundo estudos de 1940.

Foi só no ano de 1973 quando começaram os estudos para a pavimentação e ampliação da pista de pouso e decolagem (pista com orientação 16/34). O planejamento da ampliação e a escolha do novo traçado ficaram a cargo do DAESP, que utilizou dados meteorológicos fornecidos pelo Instituto de Meteorologia e observados na Usina Tamoio no período de 1959 a 1965 para projetar um anemograma, ferramenta gráfica que considera a velocidade (anéis concêntricos) e a direção do vento (raios) com a finalidade de escolher a orientação mais apropriada de pistas de pousos e decolagem.

Com os dados processados foi elaborado um plano de desenvolvimento que determinou as diretrizes do projeto. Essas diretrizes recomendaram a desativação da pista de pouso e decolagem com orientação 08/26, estabelecendo a pista com orientação 16/34 como foco do projeto. Assim, foi executado o projeto de uma nova pista baseada no traçado da pista com orientação 16/34 (mudando ligeiramente para 17/35, a sua orientação atual), considerando inicialmente a operação da aeronave Convair 340 que possuía as características mostradas na Tabela 13, de acordo com a *Advisory Circular* AC 150/5300-13, *Appendix* 13, de 29/09/89 (FAA, 2012a):

Tabela 13- Características de operação do *Convair 340*, aeronave considerada no projeto inicial [FAA (2012a)]

Aeronave Convair 340	
Código de referência de pista: B-3
Vel. de aproximação para pouso: 192,61 km/h	
Envergadura das asas: 32,09 m	
Comprimento: 24,84 m	
Altura da cauda: 8,60 m	
Peso máximo de decolagem: 22.271 kg	

[Edcoatescollection, 2014]

Segundo Dinato (2001), o projeto de dimensionamento do pavimento foi realizado com base no método do CBR (*California Bearing Ratio*), utilizando o gráfico da aeronave B737-200 da *Boeing Corporation* indicado para pavimentos flexíveis. As principais características da aeronave B737-200 são apresentadas na Tabela 14. A estrutura inicial do pavimento foi construída com base no dimensionamento indicado na Figura 27. Ressalta-se que os primeiros 1200 metros do pavimento da pista de pousos e decolagens foram construídos com uma base estabilizada com solo-cimento, enquanto os 600 metros restantes foram construídos com uma base de macadame hidráulico.

Figura 27- Estrutura do pavimento do Aeroporto Estadual de Araraquara em 1975 [adaptada de Dinato (2001)]

Tabela 14- Características do B737-200, aeronave considerada no dimensionamento do pavimento [FAA (2012a)]

Aeronave B737-200 (Boeing Company)	
Código de referência de pista: C-3
Vel. de aproximação para pouso: 253.72 km/h	
Envergadura das asas: 28,30 m	
Comprimento: 30,50 m	
Altura da cauda: 11,4 m	
Peso máximo de decolagem: 52.390 kg	
Peso máximo para pouso: 43.091 kg	
Distância entre eixos: 5,23 m	
Raio de giro: 17,73 m	
Roda Dupla	

[Edcoatescollection (2014)]

Deste modo, em 1975, uma primeira fase do projeto do plano de desenvolvimento definiu o aeroporto da seguinte forma:

- Pista de pouso e decolagem: 1200 x 30 m;
- Pista de rolagem 160 x 15 m;
- Pátio de aeronaves: 130 x 50 m;
- Terminal de passageiros: 188 m² com capacidade máxima de 35 a 40 passageiros (hora pico).

Consequentemente, a execução de uma segunda fase do projeto permitiu, em 1986, a ampliação da pista de pouso e decolagem, passando de 1200 a 1500 m, além de uma nova pista de rolagem de acesso aos hangares.

Com o acréscimo de novas aeronaves operando no aeródromo 11 anos mais tarde, em 1997, toda a infraestrutura existente foi recapeada e a pista teve mais uma ampliação, passando de 1500 a 1800 m. Posteriormente, em 2000, foi construída uma nova pista de rolagem para uso exclusivo do Aeroclube de Araraquara e da Unidade de Instrução Prática da Escola de Aviação Fênix.

Para o ano de 2006 foi ampliado o pátio de aeronaves e construída a área de giro da pista de pouso e decolagem. A Tabela 15 mostra um resumo do histórico das intervenções feitas no Aeroporto Estadual de Araraquara.

Tabela 15- Histórico de construção do Aeroporto Estadual de Araraquara

Ano	Obras
1975	* Construção da pista de pouso e decolagem (1200 x 30 m) * Construção da Pista de rolagem principal * Construção do pátio de aeronaves
1985	* Construção da pista de rolagem de acesso aos hangares
1986	* Ampliação da pista de pouso e decolagem (1500 x 30 m)
1997	* Ampliação da pista de pouso e decolagem (1800 x 30 m) * Recapeamento total da infraestrutura existente
2000	* Construção da pista de rolagem para uso do aeroclube e da escola de aviação Fênix
2006	* Ampliação do pátio de aeronaves
2013	* Construção do novo terminal de passageiros e estacionamento de veículos
2014	* Construção de cobertura do meio fio (lado terra) * Reurbanização do entorno * Adequação de calçamento * Readaptação da Seção Contra Incêndio (SCI)
2016 ¹	* Ampliação da pista de pouso e decolagem (2300 x 45 m) * Ampliação do pátio de aeronaves * Construção de Pista de rolagem secundária (1700 x 25 m)
^[1] Ano provável para os trabalhos serem executados	

3.3.2. Características operacionais

A Organização Internacional de Aviação Civil (ICAO) identifica o Aeroporto Estadual de Araraquara com as siglas SBAQ. A Tabela 16 apresenta as características operacionais do aeroporto, enquanto a Figura 28 mostra a vista aérea do aeroporto com a identificação da sua infraestrutura atual.

De acordo com Oliveira (2009), as pistas de pousos e de decolagens são nomeadas conforme a direção, em graus, das suas cabeceiras em relação ao norte magnético em que elas apontam, arredondado para o múltiplo de 10 mais próximo e excluindo-se o zero posteriormente. Também se incluem letras à direita do número, segundo a posição, quando o aeroporto dispõe de pistas paralelas: L (*left* - esquerda), C (*central* - centro) e R (*right* - direita). Por serem exatamente opostas entre si (180°), o número da cabeceira oposta pode ser encontrado pela adição ou subtração de 18, nunca ultrapassando 36.

Deste modo, a cabeceira da pista de pousos e de decolagens do Aeroporto Estadual de Araraquara denominada 17 é definida com base no valor arredondado do seu azimute

magnético. Já o número da outra cabeceira é definido pela adição de 18, ou seja, $17 + 18 = 35$. Como existe apenas uma única pista de pouso e de decolagem, não há designação de letras indicativas de posicionamento. Assim, a designação das cabeceiras do aeroporto em estudo é 17 e 35 ou RWY17/35, conforme denominação técnica da ICAO (2013), em que RWY é a abreviatura de *Runway* (pista de pousos e decolagens).

Tabela 16- Características operacionais do Aeroporto Estadual de Araraquara

Características gerais	
Região	Ribeirão Preto
Latitude	21°48'16'' S
Longitude	48°08'25'' O
Código de pista	2
Altitude	711 m
Área patrimonial	182,3 ha
Superfície pavimentada	86.144,13 m ²
Temperatura média	29,4 °C
Distância aérea da capital	253 km
Distância centro da cidade	6 km
Média mensal de pousos e decolagens (regulares/não regulares/toque e arremetida)	997
Linha aérea comercial em operação	Azul
Origem/Destino	Araraquara/Campinas
Pista de pouso e decolagem	
Pavimento	Flexível
Dimensões	1800 m x 30 m
Designação da cabeceira	17-35
Resistência (<i>Pavement Classification Number</i> - PCN)	40/F/A/X/T*
Declividade máxima	1,39%
Declividade efetiva	1,07%
Pistas de rolagem	
Pavimento	Flexível
Dimensões Táxi A (Principal)	160 m x 23 m
Dimensões Táxi B (Hangares de empresas privadas)	302,5 m x 10 m
Dimensões Táxi C (Escola de Aviação Civil)	281,5 m x 23 m
Pátio de aeronaves	
Pavimento	Flexível
Dimensões	138 m x 93,5 m
Capacidade de aviões	3 <i>ATR</i> ou 2 <i>Airbus</i>
Instalações	
Capacidade do terminal de passageiros	210 passageiros

*Pavimento avaliado de forma técnica com PCN igual a 40, flexível, de resistência do subleito alta e pressão admissível dos pneus média.

Figura 28- Vista aérea do Aeroporto Estadual de Araraquara e a identificação da sua infraestrutura atual [Google Earth (2014)]

Conforme apresentado na Tabela 16, o aeródromo do aeroporto em estudo possui uma pista de pousos e decolagens que mede atualmente 1800 m de comprimento por 30 m de largura. De acordo com os parâmetros estabelecidos pela ICAO (2013), essa pista de pousos e

decolagens classifica o aeródromo com o código de referência 3C. Isso porque possui um comprimento de até 1.800 m e capacidade para atendimento de aeronaves com envergadura (distância entre as pontas das asas) de até 36 m ou distância entre as bordas externas dos pneus do trem de pouso principal de até 9 m, como é o caso do Boeing 737-200 (aeronave de projeto), cuja envergadura é de 28,30 m.

Por sua vez, a Figura 29 mostra o total, em m^2 , da superfície pavimentada do aeroporto em estudo e a correspondente divisão segundo o tipo de uso (pista de pouso e decolagem, pista de rolagem e pátio de aeronaves). Observa-se que a superfície pavimentada totaliza 86.144 m^2 de pavimento flexível, em que 56.944 m^2 correspondem à pista de pouso e decolagem, 14.360 m^2 às pistas de rolagem e 14.840 m^2 ao pátio de aeronaves (DAESP, 2014). A superfície total pavimentada do aeroporto representa 4,4% da somatória das superfícies pavimentadas dos 26 aeroportos administrados pelo DAESP.

Figura 29- Superfície pavimentada do Aeroporto Estadual de Araraquara [Google Earth (2014)]

3.3.3. Operacionalidade e tipo de tráfego aéreo

O Aeroporto Estadual de Araraquara vem ao longo dos anos destacando-se como um importante equipamento urbano que contribui no desenvolvimento da aviação regional do Estado de São Paulo. Em dezembro de 2013 o aeroporto foi reinaugurado após 6 anos e 5 meses sem operação de voos regulares, período em que o aeródromo era utilizado apenas por

empresas privadas, ligadas à atividade de negócios, pelo Aeroclube de Araraquara e pela Unidade de Instrução Prática da Escola de Aviação Fênix.

Segundo estatísticas do DAESP (2014), o Aeroporto Estadual de Araraquara recebe atualmente uma média mensal de aproximadamente 1000 pousos e decolagens, embarcando e desembarcando um acumulado de aproximadamente 50.000 passageiros, de janeiro a setembro de 2014. A maior parte das operações aéreas é devida a voos não regulares e a toques e arremetidas de aeronaves pequenas do Aeroclube e da Escola de Aviação.

Segundo definições do DECEA (2011) os voos regulares são a ligação aérea entre duas ou mais localidades, caracterizada por um número, mediante a expedição de HOTRAN (Horário de Transporte) e realizada por uma aeronave de linha aérea nacional ou internacional, explorada por empresa brasileira. Os voos não regulares, por sua vez, são a ligação aérea não periódica entre duas ou mais cidades, logo, não prevista em HOTRAN, cujos voos são realizados conforme previsto nas normas IAC 1224 - Normas para Alterações em Voos Regulares e Realização de Voos Não Regulares (IAC, 2000) e IAC 1227 - Normas para Autorização de Voo “CHARTER” Doméstico de Passageiros (IAC, 2001). Os voos não regulares incluem todos os voos, exceto os civis regulares e os militares. Finalmente, os toques e arremetidas são definidos como a operação programada que consiste em uma aeronave tocar e decolar de uma pista de pouso, sem parar sobre a mesma. O gráfico da Figura 30 apresenta a evolução dos pousos e decolagens realizados no período de janeiro de 2007 a setembro de 2014 no aeroporto em estudo.

Figura 30- Histórico do tráfego aéreo no Aeroporto Estadual de Araraquara

No gráfico da Figura 30 observa-se que os toques e arremetidas e os voos não regulares tem representado ao longo do tempo a maior parcela do tráfego aéreo do aeroporto. A quantidade dessas operações aéreas aumentou gradativamente de 2007 a 2012, porém a partir de 2012 nota-se uma ligeira diminuição. Entretanto, as operações aéreas dos voos regulares começaram a aumentar a partir de dezembro de 2013, data em que o aeroporto começou operar voos regulares domésticos da empresa Azul Linhas Aéreas Brasileiras, com destino a Campinas e vice-versa.

Por sua vez, o total de operações aéreas por ano mostrado no gráfico da Figura 30, indica que, embora não existam registros de voos regulares no período de 2007 a 2012, sempre houve operações aéreas no aeroporto, as quais aumentaram razoavelmente até 2012, ano em que também é visível uma ligeira diminuição do número de pousos e decolagens.

Com relação ao transporte de cargas, o Aeroporto Estadual de Araraquara não oferece este serviço de forma regular, porém há registros estatísticos do DAESP indicando que no período de janeiro de 2007 a dezembro de 2011 houve transporte de mercadorias. A quantidade em quilogramas que tem sido transportada nesse período é mostrada no gráfico da Figura 31.

Figura 31- Histórico da carga movimentada no Aeroporto Estadual de Araraquara

No que diz respeito ao tráfego aéreo que opera atualmente no aeroporto, a Tabela 17 mostra as características básicas da aeronave de médio porte utilizada pela empresa Azul para a operação dos voos regulares domésticos. É importante ressaltar que as aeronaves utilizadas

pela Escola de Aviação e pelo Aeroclube de Araraquara são aeronaves de pequeno porte, por exemplo, o Cessna 310 e o EMB-712 Tupi, com pesos máximos de decolagem em torno de 2000 kg.

Tabela 17- Características de operação do ATR-72, aeronave em operação

Aeronave ATR-72 (Azul Linhas Aéreas Brasileiras)	
Código de referência de pista: C-3
Envergadura das asas: 27,05 m	
Comprimento: 27,17 m	
Altura da cauda: 7,65 m	
Peso máximo de decolagem: 21.500 kg	
Distância entre eixos 4,10 m	

Não obstante, no ano de 2006, com a interdição do Aeroporto Leite Lopes em Ribeirão Preto voos regulares foram operados por 90 dias utilizando as aeronaves A320-200 e B737-700, com peso máximo de decolagem igual a 60.555 e 70.000 kg respectivamente. Por causa de estas aeronaves serem maiores do que a aeronave de projeto, a pequena superfície do pátio de aeronaves que recebeu o carregamento do trem de pouso principal apresentou um afundamento de aproximadamente 5 cm, como mostrado na Figura 32.

Figura 32- Afundamento no pátio de aeronaves devido ao trem de pouso das aeronaves A320-200 e B737-500

3.3.4. Recursos financeiros no SBAQ

O Aeroporto Estadual de Araraquara forma parte do Programa Federal de Auxílio a Aeroportos (PROFAA). Segundo a Secretaria de Aviação Civil (SAC), o PROFAA é um

programa destinado ao melhoramento, reaparelhamento, reforma e expansão de aeroportos e aeródromos de interesse estadual ou regional (SAC, 2014).

A fonte de recursos vem da Lei no 8.399/92, que especifica a destinação dos recursos originados do ATAERO (Adicional de Tarifas Aeronáuticas): 20% destinados à aplicação nos Estados, em aeroportos e aeródromos de interesse regional ou estadual, bem como na consecução de seus planos aeroviários. Além disso, é considerada a medida Provisória nº 527/11 (Projeto de Lei de Conversão nº 17, de 06 de julho de 2011) em que é estabelecida a criação do Fundo Nacional de Aviação Civil (FNAC). Assim, os investimentos que beneficiam o aeródromo são feitos por meio de convênios específicos celebrados entre a SAC e o Governo do Estado de São Paulo, com contrapartida entre as partes.

Por sua vez, em 15 de dezembro de 2012, o Governo Federal brasileiro lançou o Programa de Investimentos em Logística: Portos e Aeroportos, cuja finalidade é fortalecer e reestruturar a rede de aviação regional brasileira, expandindo a oferta de transporte aéreo e melhorando a qualidade da infraestrutura e dos serviços aeroportuários, por meio de concessões administrativas (Logística Brasil, 2014).

Em termos de infraestrutura, o programa prevê investimentos superiores a R\$ 7,3 bilhões em 270 aeroportos regionais, dos quais R\$ 1,6 bilhões serão destinados à região Sudeste, em que o Estado de São Paulo receberá R\$ 360,5 milhões para beneficiar 19 aeroportos regionais, inclusive o Aeroporto Estadual de Araraquara (SAC, 2014).

Com recursos vindos do FNAC, o programa visa ampliar o acesso da população brasileira a serviços aéreos por meio da reforma e construção de pistas, melhorias em terminais de passageiros, ampliação de pátios de aeronaves, revitalização de sinalizações e manutenção e reabilitação de pavimentos, entre outros. O objetivo é que 96% da população brasileira estejam a menos de 100 km de distância de um aeroporto com operação de voos regulares.

3.4. MÉTODO INICIAL DE CRIAÇÃO DE UM SGPA NO SBAQ

3.4.1. *Uso do aplicativo FAA PAVEAIR*

Como mencionado anteriormente no item 2.5.2 deste trabalho, o aplicativo *FAA PAVEAIR* é um Sistema de Gerência de Pavimentos Aeroportuários de acesso público e gratuito, desenvolvido pela FAA para seu uso na tomada de decisões para a manutenção e reabilitação de pavimentos aeroportuários. *FAA PAVEAIR* foi projetado para ser usado por engenheiros e autoridades administrativas responsáveis pelos pavimentos aeroportuários que utilizam a metodologia do PCI para garantir pavimentos de maior qualidade e com a maior segurança possível, dentro das limitações orçamentárias e prazos aceitáveis.

Deste modo, o aplicativo *FAA PAVEAIR* é utilizado nesta pesquisa para contribuir com a implantação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Aeroportuários no Aeroporto Estadual de Araraquara. A criação de uma base de dados no *FAA PAVEAIR* permitiu armazenar toda informação inerente aos pavimentos, principalmente os históricos de construção e de intervenções feitas, assim como o tipo, quantidade e severidade dos defeitos, resultado da avaliação do pavimento. Essas informações foram indispensáveis para calcular o PCI da rede, ramos, seções e amostras que compõem o aeródromo, definir a curva de previsão de desempenho do pavimento e analisar sua condição ao longo de um período de tempo definido, facilitando assim a escolha das atividades de manutenção e reabilitação necessárias.

3.4.2. *Definição da rede, ramos seções e amostras*

O primeiro passo na metodologia do PCI consiste em identificar a rede de pavimentos do aeródromo e dividi-la em ramos, seções e amostras (Shahin, 2005; ASTM, 2012). Para isso, foi levado em conta o histórico de construção do pavimento, a sua tipologia e o seu estado de conservação, bem como a função que cada parte do pavimento assume na rede. A identificação dos ramos e das seções foi baseada no sistema de códigos referido no item 2.4.1 deste trabalho. Portanto, o aeródromo do Aeroporto Estadual de Araraquara, considerado como uma rede denominada SBAQ, foi dividido da seguinte maneira:

- PI 1-A, PI 1-B, PI 1-C, PI 1-D, PI 1-E e PI 1-F – Pista de pouso e decolagem: Este ramo representa a pista, sendo dividida desta forma uma vez que os primeiros e os

últimos 300 metros da pista, correspondentes às cabeceiras 17 e 35, são as áreas que recebem o impacto direto das aeronaves sobre o pavimento no momento do pouso e que os primeiros 1200 m da pista, seguidos dos 1500 e 1800 m das respectivas ampliações, possuem diferentes históricos de construção. Já a seção PI 1-G, que corresponde à área de giro das aeronaves, foi considerada como uma seção independente, uma vez que também existem diferenças tanto no histórico de construção quanto na composição do revestimento asfáltico (mistura asfalto-borracha);

- TX 1-A, TX 1-B e TX 1-C – Pistas de rolagem: Estes ramos são constituídos por apenas uma seção cada, fazendo a ligação com a pista de pouso e decolagem e o pátio de aeronaves;
- PA 1-A, PA 1-B, PA 1-C, PA 1-D e PA 1-E – Pátio de aeronaves: o Pátio foi dividido com base nos mesmos critérios anteriores, pois existem diferenças nos históricos de construção e nos materiais usados no revestimento, como é o caso da seção PA 1-B, em que o revestimento foi construído utilizando mistura asfalto-borracha.

Assim, os ramos que constituem a rede do aeródromo foram divididos em 15 seções. Por conseguinte, foi necessário dividir cada uma destas seções em amostras. Tal como foi referido no item 2.4.2 do presente trabalho, as amostras de pavimentos flexíveis devem ter um tamanho padrão de 450 m² com uma variação de ± 180 m². Com base neste critério, as 15 seções foram divididas em um total de 160 amostras, cada uma delas possuindo tamanho dentro desse intervalo.

Contudo, é importante ressaltar que nem sempre foi possível criar amostras com o tamanho ótimo devido à geometria de algumas seções e a viabilidade da sua identificação em campo. Não obstante, procurou-se que dentro de cada seção existisse homogeneidade nos tamanhos das amostras. A Tabela 18, em conjunto com a Figura 33, mostra a distribuição dos ramos, seções e amostras que compõem a rede do aeródromo.

Tabela 18- Resumo da divisão do aeródromo em ramos, seções e amostras

Rede	Ramo	Área total (m ²)	Tipo de Pavimento	No. de Seções	No. de Amostras
SBAQ	Pista de pouso e decolagem	56.944	Flexível	7	96
	Pista de rolagem	14.360	Flexível	3	32
	Pátio de aeronaves	14.840	Flexível	5	32

Figura 33- Rede do Aeroporto Estadual de Araraquara dividida em ramos, seções e amostras

3.4.3. Levantamento e avaliação dos defeitos no pavimento

A avaliação do pavimento teve uma duração de seis dias e foi realizada por quatro engenheiros civis previamente treinados visando garantir resultados homogêneos, coerentes e concisos. A finalidade do treinamento foi conhecer os objetivos da pesquisa e adquirir os conhecimentos suficientes para identificar e registrar cada tipo de defeito, quantificar sua extensão e identificar o nível de severidade. A avaliação do pavimento foi feita com o auxílio do manual de defeitos disponibilizado pelo aplicativo *FAA PAVEAIR* (FAA, 2014a).

A coleta de dados foi realizada de forma manual, ou seja, caminhando através da amostra e identificando visualmente os diversos defeitos, valendo-se de uma trena com 40 metros, de uma régua com 3 metros e de uma trelça de alumínio para medir a profundidade de afundamentos e a abertura de trincas. Para cada amostra avaliada foi preenchido um formulário de avaliação de PCI através do registro dos diferentes tipos de defeito, associando o respectivo código de identificação com a letra que indica seu nível de severidade. O Apêndice B mostra imagens dos principais defeitos no pavimento, registrados na avaliação do aeródromo em estudo.

Embora a metodologia do PCI permita calcular o número mínimo de amostras a serem avaliadas atendendo um nível de confiança de 95%, foi possível avaliar todas as amostras que compõem a rede. A avaliação de todas as amostras é sugerida quando não existem dados anteriores de PCI e quando as operações aéreas permitem fazer um levantamento completo.

Um levantamento de defeitos completo determina a condição atual do pavimento com maior precisão e permite obter valores concisos, necessários na determinação do número mínimo de amostras a serem avaliadas em levantamentos futuros.

3.4.4. Criação da base de dados.

As informações de cada uma das seções que compõem o aeródromo foram armazenadas no servidor do aplicativo *FAA PAVEAIR*, considerando os seguintes detalhes:

- * Nome;
- * Localização (início/fim);
- * Data de construção;
- * Classificação (primária, secundária, terciária, principal, arterial, coletora, etc.);
- * Acostamento (sim/não);
- * Largura e comprimento;
- * Unidade da área (m^2);
- * Tipo de superfície (concreto asfáltico, asfalto sobre base tratada com cimento, asfalto sobre concreto de cimento Portland, concreto de cimento Portland, entre outros).

As Figuras 34 e 35 mostram um exemplo da estrutura principal da base de dados. Na Figura 34 observa-se que, para a rede selecionada “SBAQ”, há três ramos registrados, a seguir: “Pista de pouso e decolagem”, “Pista de rolagem” e “Pátio de aeronaves”, cada um deles identificado pela sua área total em m^2 .

Na parte inferior da mesma imagem são mostradas as seções que constituem o ramo, neste caso, da pista de pouso e decolagem, mostrando as informações detalhadas das sete seções que a compõem. A Figura 35, por sua vez, mostra os detalhes que caracterizam a primeira seção da pista de pouso (PI 1-A).

FAA PAVEAIR

Federal Aviation Administration

Exit Member Area Logout SBAQ

FAA PAVEAIR : Member Area : Inventory Current database: SBAQ2014

Select Network

Name	Branch Use	True Area		
Pista de pouso e decolagem	RUNWAY	56,943.60	Edit	Delete
Pista de rolagem	TAXIWAY	14,596.48	Edit	Delete
Pátio de aeronaves	APRON	14,754.50	Edit	Delete

Name	Start	End	Construction	Rank	Surface	Length	Width		
PI 1-A	Cabeceira 17	Cabeceira 17+300	01/01/1975	P - Primary	ACT	984.25	98.43	Edit	Delete
PI 1-B	Cabeceira 17+300	Cabeceira 17+600	01/01/1975	P - Primary	ACT	984.25	98.43	Edit	Delete
PI 1-C	Cabeceira 17+600	Cabeceira 17+900	01/01/1975	P - Primary	ACT	984.25	98.43	Edit	Delete
PI 1-D	Cabeceira 17+900	Cabeceira 17+1200	01/01/1975	P - Primary	ACT	984.25	98.43	Edit	Delete
PI 1-E	Cabeceira 17+1200	Cabeceira 17+1500	01/01/1986	P - Primary	AC	984.25	98.43	Edit	Delete
PI 1-F	Cabeceira 17+1500	Cabeceira 17+1800	01/01/1996	P - Primary	AC	984.25	98.43	Edit	Delete
PI 1-G	Cabeceira 17+1680	Cabeceira 35	01/01/1996	S - Secondary	AC	393.7	80.48	Edit	Delete

Figura 34- Base de dados do SBAQ no aplicativo *FAA PAVEAIR*

Section Details

Name Start Location End Location

Construction Date Zone Category

Rank Surface Shoulder

Street Type Length Width

Area Unit Area Adj. Linear Unit

Slab Width Slab Length Slabs

Joint Length Grade Lane

Comment

Figura 35- Informação detalhada da primeira seção da pista de pouso (PI 1-A)

Do mesmo modo, para complementar a base de dados, foi inserida toda informação referente às áreas das amostras e das seções, aos dados históricos de construção disponíveis e às atividades de manutenção e reabilitação que foram executadas ao longo do tempo nos pavimentos da rede.

A Figura 36 mostra o registro destas informações, correspondente à primeira seção da pista de pouso (PI 1-A), enquanto a Figura 37 apresenta os detalhes do primeiro trabalho

executado na mesma (subleito de solo compactado). Em seguida, foram registrados todos os tipos de defeitos, quantidades e severidades encontrados na avaliação do pavimento, conforme exemplo da seção PI 1-A mostrado na Figura 38.

FAA PAVEAIR

Exit Member Area Logout SBAQ

FAA PAVEAIR : Member Area : Work

Current database: SBAQ2014

Network	SBAQ	SBAQ	Aeroporto Estadual de Araraquara
Branch	Pista de pouso	Pista de pouso e decolagem	
Section	PI 1-A	PI 1-A	Cabeceira 17 Cabeceira 17+300

Date	Work	Work Type	Material Type	Comment	Major M&R	Work Completed		
01/01/1975	Subgrade - Compacted (Layer Construct)	SG-CO	Sandy Silt	Solo compactado	False	True	Edit	Delete
01/01/1975	Subbase - Aggregate (Layer Construct)	SB-AG	Sandy Silt	Solo CBR 29%	False	True	Edit	Delete
01/01/1975	Base Course - Stabilized (non-Bi.) (Layer Construct)	BA-ST	Cement Treated	Base estabilizada solo-cimento	False	True	Edit	Delete
01/01/1975	Surface Course - AC (Layer Construct)	SU-AC	Asphalt Concrete	Lama Asfáltica CBUQ	False	True	Edit	Delete
01/01/1997	4 in overlay (Major MR)	OL_4	Asphalt Concrete	Recapamento CBUQ	True	True	Edit	Delete

Add New Record

Figura 36- Exemplo do histórico de construção e de intervenções feitas ao longo do tempo.

Work Details

Date: 1/1/1975

Project: Subleito

Phase:

Work: Subgrade - Compacted (Layer Constru ▼)

Work Type: SG-CO

Quantity: 9000

Quantity Unit: m²

Cost:

Material Type: Sandy Silt ▼

Material Code: 341

Thickness: 600.00

Thickness Unit: mm

Comment: Solo compactado

Major M&R: ☐

Work Completed: ☒

Back Calculated: ☐

Submit Cancel

Figura 37- Detalhes do primeiro trabalho executado na primeira seção da pista (PI 1-A)

Federal Aviation
Administration

Exit Member Area Logout SBAQ
Current database: SBAQ2014

Select Inventory

Network	SBAQ ▼	SBAQ	Aeroporto Estadual de Araraquara	
Branch	Pista de pouso ▼	Pista de pouso e decolagem		
Section	PI 1-A ▼	PI 1-A	Cabeceira 17	Cabeceira 17+300

Condition Survey Data Sheets: [Asphalt Pavements](#) [Concrete Pavements](#)

Section 1 Summary

Branch Use	Surface	True Area	Width	Length
RUNWAY	ACT	9000.00	30.00	300.00

Inspection Date	Comment	New Construction		
4/26/2014	Primeira avaliação do pavimento	☐	Edit	Delete
<input type="text"/>	<input type="text"/>	☐	Add New	
1 2 3 4 5 6				

Distresses for Sample Number 15

ASTM Code	Severity	Comment	Quantity	Quantity Unit		
12 Raveling	M		0.25	m ²	Edit	Delete
12 Raveling	H		0.01	m ²	Edit	Delete
12 Raveling	H		0.90	m ²	Edit	Delete
8 Long. & Trans. Cracking	M		3.50	m	Edit	Delete
12 Raveling	M		0.01	m ²	Edit	Delete
12 Raveling	M		1.80	m ²	Edit	Delete
12 Raveling	M		0.18	m ²	Edit	Delete
12 Raveling	H		0.06	m ²	Edit	Delete
12 Raveling	M		0.02	m ²	Edit	Delete
12 Raveling	M		2.00	m ²	Edit	Delete
12 Raveling	M		8.00	m ²	Edit	Delete
8 Long. & Trans. Cracking	L		10.00	m	Edit	Delete
12 Raveling	M	trincas de construção	48.00	m ²	Edit	Delete
8 Long. & Trans. Cracking	M	trincas de construção	120.00	m	Edit	Delete
1 Alligator Cracking ▼	High ▼	<input type="text"/>		m ² ▼	Add New	

Samples for Inspection Date 4/26/2014

	Sample Number	Sample Type	Sample Size	Size Unit	Comment	No Distress		
Select	15	R	600	m ²		☐	Edit	Delete
Select	14	R	600	m ²		☐	Edit	Delete
Select	13	R	600	m ²		☐	Edit	Delete
Select	12	R	600	m ²		☐	Edit	Delete
Select	11	R	600	m ²		☐	Edit	Delete
Select	10	R	600	m ²		☐	Edit	Delete
Select	9	R	600	m ²		☐	Edit	Delete
Select	8	R	600	m ²		☐	Edit	Delete
Select	7	R	600	m ²		☐	Edit	Delete
Select	6	R	600	m ²		☐	Edit	Delete
Select	5	R	600	m ²		☐	Edit	Delete
Select	4	R	600	m ²		☐	Edit	Delete
Select	3	R	600	m ²		☐	Edit	Delete
Select	2	R	600	m ²		☐	Edit	Delete
Select	1	R	600	m ²		☐	Edit	Delete
		Random ▼		m ² ▼	<input type="text"/>		Add New	

Figura 38-Registro da avaliação do pavimento correspondente à primeira seção da pista (PI 1-A)

3.4.5. Cálculo do PCI

O aplicativo *FAA PAVEAIR* facilitou o cálculo do PCI de cada uma das amostras e seções, o qual foi realizado com base na metodologia descrita no item 2.4.4 deste trabalho. No Apêndice C é apresentada uma tabela com informações detalhadas do cálculo do PCI para cada uma das amostras e seções que constituem o aeródromo em estudo. Estas tabelas fornecem as seguintes informações:

- Código da seção;
- Número da amostra;
- Código do defeito segundo a ASTM;
- Descrição do defeito segundo a ASTM;
- Nível de severidade do defeito;
- Quantidade do defeito;
- Área da amostra;
- Valor deduzido da amostra (DV);
- PCI da amostra e;
- PCI da seção.

De forma a resumir as informações calculadas, as Tabelas 19 e 20 mostram as áreas e o PCI das seções e amostras da rede SBAQ estudada, respectivamente.

Tabela 19- Área e PCI calculado das seções do aeródromo

Seção	Área seção (m ²)	PCI Seção
PI 1-A	9000.00	52
PI 1-B	9000.00	53
PI 1-C	9000.00	57
PI 1-D	9000.00	58
PI 1-E	9000.00	56
PI 1-F	9000.00	57
PI 1-G	2943.47	95
TX 1-A	3811.42	52
TX 1-B	3988.54	60
TX 1-C	6560.34	98
PA 1-A	5750.00	59
PA 1-B	1667.50	70
PA 1-C	3335.00	87
PA 1-D	2730.84	95
PA 1-E	1357.00	54

Tabela 20- Área e PCI calculado das amostras do aeródromo

Seção	Área amostra (m²)	PCI Amostra	Seção	Área amostra (m²)	PCI Amostra	Seção	Área amostra (m²)	PCI Amostra	Seção	Área amostra (m²)	PCI Amostra
PI 1-A	600.00	48	PI 1-C	600.00	60	PI 1-F	600.00	58	TX 1-C	460.00	98
PI 1-A	600.00	51	PI 1-C	600.00	63	PI 1-F	600.00	58	TX 1-C	460.00	98
PI 1-A	600.00	42	PI 1-C	600.00	58	PI 1-F	600.00	57	TX 1-C	460.00	98
PI 1-A	600.00	54	PI 1-C	600.00	60	PI 1-F	600.00	60	TX 1-C	460.00	98
PI 1-A	600.00	49	PI 1-C	600.00	55	PI 1-F	600.00	55	TX 1-C	460.00	98
PI 1-A	600.00	49	PI 1-D	600.00	62	PI 1-F	600.00	58	TX 1-C	460.00	98
PI 1-A	600.00	53	PI 1-D	600.00	60	PI 1-F	600.00	60	TX 1-C	460.00	98
PI 1-A	600.00	54	PI 1-D	600.00	58	PI 1-F	600.00	65	TX 1-C	494.50	98
PI 1-A	600.00	55	PI 1-D	600.00	58	PI 1-F	600.00	67	PA 1-A	500.00	52
PI 1-A	600.00	48	PI 1-D	600.00	59	PI 1-F	600.00	62	PA 1-A	500.00	61
PI 1-A	600.00	57	PI 1-D	600.00	58	PI 1-G	361.78	100	PA 1-A	500.00	60
PI 1-A	600.00	54	PI 1-D	600.00	64	PI 1-G	409.11	100	PA 1-A	500.00	62
PI 1-A	600.00	55	PI 1-D	600.00	60	PI 1-G	552.80	91	PA 1-A	500.00	59
PI 1-A	600.00	57	PI 1-D	600.00	61	PI 1-G	628.90	95	PA 1-A	375.00	51
PI 1-A	600.00	58	PI 1-D	600.00	58	PI 1-G	588.95	97	PA 1-A	500.00	65
PI 1-B	600.00	58	PI 1-D	600.00	55	PI 1-G	401.93	86	PA 1-A	500.00	63
PI 1-B	600.00	60	PI 1-D	600.00	40	TX 1-A	460.00	47	PA 1-A	500.00	58
PI 1-B	600.00	46	PI 1-D	600.00	50	TX 1-A	460.00	54	PA 1-A	500.00	63
PI 1-B	600.00	53	PI 1-D	600.00	67	TX 1-A	460.00	49	PA 1-A	500.00	54
PI 1-B	600.00	52	PI 1-D	600.00	58	TX 1-A	460.00	56	PA 1-A	375.00	56
PI 1-B	600.00	55	PI 1-E	600.00	59	TX 1-A	460.00	57	PA 1-B	507.50	59
PI 1-B	600.00	55	PI 1-E	600.00	57	TX 1-A	460.00	55	PA 1-B	290.00	79
PI 1-B	600.00	41	PI 1-E	600.00	62	TX 1-A	460.00	47	PA 1-B	290.00	81
PI 1-B	600.00	49	PI 1-E	600.00	58	TX 1-A	591.42	48	PA 1-B	290.00	73
PI 1-B	600.00	51	PI 1-E	600.00	60	TX 1-B	442.92	63	PA 1-B	290.00	69
PI 1-B	600.00	52	PI 1-E	600.00	59	TX 1-B	400.00	66	PA 1-C	580.00	82
PI 1-B	600.00	49	PI 1-E	600.00	58	TX 1-B	400.00	56	PA 1-C	580.00	94
PI 1-B	600.00	58	PI 1-E	600.00	60	TX 1-B	400.00	65	PA 1-C	580.00	92
PI 1-B	600.00	56	PI 1-E	600.00	54	TX 1-B	235.62	38	PA 1-C	580.00	93
PI 1-B	600.00	57	PI 1-E	600.00	57	TX 1-B	400.00	61	PA 1-C	580.00	85
PI 1-C	600.00	54	PI 1-E	600.00	42	TX 1-B	400.00	66	PA 1-C	435.00	72
PI 1-C	600.00	44	PI 1-E	600.00	53	TX 1-B	400.00	73	PA 1-D	545.84	94
PI 1-C	600.00	56	PI 1-E	600.00	62	TX 1-B	500.00	74	PA 1-D	460.00	97
PI 1-C	600.00	54	PI 1-E	600.00	57	TX 1-B	410.00	23	PA 1-D	460.00	96
PI 1-C	600.00	50	PI 1-E	600.00	42	TX 1-C	545.84	98	PA 1-D	460.00	96
PI 1-C	600.00	67	PI 1-F	600.00	62	TX 1-C	460.00	98	PA 1-D	460.00	90
PI 1-C	600.00	60	PI 1-F	600.00	42	TX 1-C	460.00	98	PA 1-D	345.00	94
PI 1-C	600.00	60	PI 1-F	600.00	55	TX 1-C	460.00	98	PA 1-E	437.00	56
PI 1-C	600.00	63	PI 1-F	600.00	50	TX 1-C	460.00	96	PA 1-E	460.00	45
PI 1-C	600.00	57	PI 1-F	600.00	43	TX 1-C	460.00	98	PA 1-E	460.00	62

3.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através de um breve histórico que descreve a origem do Aeroporto Estadual de Araraquara, da sua administração por parte do DAESP, da sua operacionalidade, bem como

da infraestrutura que o constitui e a condição atual dos seus pavimentos, foi possível justificar a escolha do caso de estudo desenvolvido nesta pesquisa.

A partir dessa descrição e de outras que serão referidas posteriormente ao longo do presente trabalho, será viável a apresentação, no próximo capítulo, dos critérios fundamentais para a escolha e eficiência das atividades de manutenção e reabilitação nos pavimentos do aeródromo estudado, especificamente no que diz respeito às alternativas que apresentem a melhor relação benefício/custo.

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS

As estratégias de manutenção e reabilitação baseadas na metodologia PCI serão apresentadas neste capítulo, com foco em uma classificação proposta de cinco categorias que facilita a identificação da condição do pavimento e a tomada de decisões em nível de rede. Assim sendo, a finalidade deste capítulo reforça os conceitos e critérios apresentados nos capítulos anteriores, permitindo alcançar o objetivo geral desta pesquisa.

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Após a apresentação dos resultados do cálculo do PCI das amostras e seções que compõem a rede de pavimentos do Aeroporto Estadual de Araraquara, a partir deste capítulo serão analisadas e recomendadas estratégias de manutenção e reabilitação baseadas na metodologia do PCI. Para isso, serão apresentadas três diferentes classificações do PCI, a seguir: classificação padrão da FAA (com sete categorias), classificação de autoria própria (com cinco categorias) e classificação do Instituto do Asfalto (com três categorias). Contudo, a classificação de autoria própria será a base para a escolha das estratégias de manutenção e reabilitação, uma vez que um número intermediário de categorias facilita a identificação da condição do pavimento e a tomada de decisões em nível de rede.

Por sua vez, ao longo deste capítulo também serão apresentadas cinco alternativas de intervenção e suas respectivas análises econômicas, considerando-se um período de projeto de 20 anos, como sugerido pela FAA (FAA, 2009a). Isso com o objetivo de se escolher a alternativa que apresente a melhor relação benefício/custo e que forneça maior durabilidade, operacionalidade e segurança à infraestrutura do aeródromo.

4.2. MÉTODO FINAL DE CRIAÇÃO DE UM SGPA NO SBAQ

A seguir, na Figura 39, são apresentadas três classificações do PCI: classificação padrão da FAA com 7 categorias, classificação proposta com 5 categorias e classificação do Instituto do Asfalto com 3 categorias.

Classificação padrão FAA		Classificação proposta		Classificação Instituto do Asfalto	
86 a 100	Muito Bom	91 a 100	Muito Bom	71 a 100	Bom
71 a 85	Bom	76 a 90	Bom		
56 a 70	Regular			41 a 70	Regular
41 a 55	Ruim	51 a 75	Regular		
26 a 40	Muito Ruim	26 a 50	Ruim	0 a 40	Ruim
11 a 25	Péssimo				
0 a 10	Destruido	0 a 25	Muito Ruim		

Figura 39- Escalas de classificação do PCI

A escala de classificação proposta será a base para a escolha das estratégias de manutenção e reabilitação do aeródromo em estudo, uma vez que um número intermediário de categorias facilita a identificação da condição do pavimento e a tomada de decisões em nível de rede. As outras duas classificações, padrão FAA e Instituto do Asfalto, são também utilizadas nos SGPA, porém elas podem apresentar algumas restrições relacionadas com a identificação da condição do pavimento. No caso da classificação padrão da FAA o excesso de categorias (excessivamente flexível) dificulta a identificação entre uma condição do pavimento e outra. Por sua vez, a classificação do Instituto do Asfalto, com poucas categorias, pode ser excessivamente restrita na hora de se escolherem as atividades de M&R, pois o intervalo do PCI da condição regular (PCI de 41 a 70) é muito abrangente e a única recomendação do Instituto do Asfalto para conservar o pavimento é fazer um recapeamento total da superfície.

De acordo com a escala de classificação do PCI proposta neste trabalho, a Figura 40 mostra as atividades de M&R recomendadas para cada uma das categorias que define a condição do pavimento. As principais intervenções consideradas nas atividades de M&R são as seguintes:

- Não fazer nada: Nenhuma intervenção, somente monitoramento da estrutura e execução de ensaios e testes específicos no pavimento;
- Manutenção Corretiva: Limpeza da superfície e selagem de trincas;

- c) Manutenção Preventiva: aplicação de tratamentos superficiais ou microrrevestimento asfáltico;
- d) Reforço Estrutural: execução de fressagem e recomposição do pavimento;
- e) Reconstrução: Reconstrução total ou parcial da estrutura do pavimento.

Ainda na Figura 40, a coluna “PCI após intervenção” corresponde ao novo PCI alcançado após a execução de uma atividade de M&R. A atividade “Não fazer nada”, por exemplo, não apresenta acréscimo do PCI uma vez que a condição do pavimento piora quando não se faz nenhuma intervenção. A coluna “Vida em serviço” representa a duração média de uma determinada atividade de M&R, estes valores foram obtidos com base nos critérios do Programa de Pesquisa Cooperativa em Aeroportos (ACRP, 2011). Já a coluna “Custo aproximado” indica o custo médio de cada atividade de M&R. É importante ressaltar que estes custos são apresentados em ordem de grandeza, mas que representam uma proporção coerente no preço entre uma atividade de M&R e outra, permitindo assim, fazer análises econômicas coerentes que forneçam informações concisas para uma eficiente tomada de decisões em nível de rede.

Classificação PCI proposta					
Condição do pavimento		M&R recomendada	PCI após intervenção	Vida em serviço (anos)	Custo aproximado (m²)
91 a 100	Muito Bom	Não fazer nada (NF)	-	-	R\$ -
76 a 90	Bom	Manutenção Corretiva (MC)	mais 5 pontos	4 a 6	R\$ 2.00
51 a 75	Regular	Manutenção Preventiva (MP)	até 85	3 a 8	R\$ 9.00
26 a 50	Ruim	Reforço estrutural (RF)	até 95	8 a 15	R\$ 15.00
0 a 25	Muito Ruim	Reconstrução (RC)	até 100	mais de 15	R\$ 30.00

Figura 40- Classificação PCI proposta

4.2.1. Avaliação qualitativa da condição do pavimento

Uma gerência de pavimentos em nível de rede trabalha com informações resumidas relacionadas a todas as seções, utilizadas para a tomada de decisões essencialmente administrativas como planejamento, programação e orçamento. As Figuras 41 e 42 mostram o

mapa da rede estudada com a identificação da condição do pavimento, em termos do PCI da classificação proposta para as amostras e seções que a compõem, respectivamente. O gráfico inserido nessas duas figuras corresponde ao comportamento do PCI na pista de pousos e decolagens.

Consequentemente, com base na classificação do PCI proposta e nos resultados obtidos do PCI para cada uma das 15 seções (Tabela 19), foram identificadas as atividades de M&R mais adequadas, como se mostra na Tabela 21.

A Tabela 21 mostra que aproximadamente o 73% dos pavimentos do aeródromo estudado encontram-se em condições regulares de operação, porém a maioria deles com valores de PCI próximos da categoria ruim, superando em alguns casos o PCI crítico de 55. O PCI crítico é um valor de referência nas curvas de previsão de desempenho de pavimentos flexíveis que corresponde aproximadamente aos 75% da vida útil do pavimento (15 anos a partir da última intervenção), tempo em que a condição do pavimento começa a ser acentuada e apresenta uma queda de aproximadamente 40% na qualidade (ver Figura 16 no item 2.3.2 que mostra o ciclo de vida típico da condição do pavimento).

Figura 41- Mapa da rede SBAQ com o PCI correspondente às amostras

Figura 42- Mapa da rede SBAQ com o PCI correspondente às seções

Tabela 21- Atividades de M&R recomendadas para o SBAQ segundo o PCI das seções

No.	Seção	Área (m ²)	PCI Atual	Classificação PCI proposta	
				Condição do pavimento	M&R recomendada
1	PI 1-A	9000,00	52	Regular	M. Preventiva
2	PI 1-B	9000,00	53	Regular	M. Preventiva
3	PI 1-C	9000,00	57	Regular	M. Preventiva
4	PI 1-D	9000,00	58	Regular	M. Preventiva
5	PI 1-E	9000,00	56	Regular	M. Preventiva
6	PI 1-F	9000,00	57	Regular	M. Preventiva
7	PI 1-G	2943,47	95	Muito Bom	Não fazer nada
8	TX 1-A	3811,42	52	Regular	M. Preventiva
9	TX 1-B	3988,54	60	Regular	M. Preventiva
10	TX 1-C	6560,34	98	Muito Bom	Não fazer nada
11	PA 1-A	5750,00	59	Regular	M. Preventiva
12	PA 1-B	1667,50	70	Regular	M. Preventiva
13	PA 1-C	3335,00	87	Bom	M. Corretiva
14	PA 1-D	2730,84	95	Muito Bom	Não fazer nada
15	PA 1-E	1357,00	54	Regular	M. Preventiva

Devido ao recapeamento total da superfície feito em 1997 no SBAQ, excetuando as seções TX 1-C, PA 1-B, PA 1-C, PA 1-D e PI 1-G em que as condições do pavimento são muito boas e próximas de boas devido aos históricos de construção, os valores calculados do PCI são coerentes e esperados, pois a partir de 2012 (1997 mais 15 anos, equivalente aos 75%

da vida útil do recapeamento) a condição do pavimento seria próxima do valor crítico. Em seguida, os valores de PCI obtidos por meio do aplicativo *FAA PAVEAIR* foram transferidos a uma planilha de cálculo de Excel para que se pudessem analisar de maneira completa e prática as informações registradas acerca dos tipos de defeito, severidades, valores deduzidos, quantidades, etc. Do mesmo modo, o programa computacional *IBM SPSS* foi utilizado para realizar gráficos e análises de estatística descritiva.

A Figura 43 mostra as porcentagens dos defeitos encontrados na avaliação do pavimento da rede inteira. Observa-se que os principais defeitos encontrados são a desagregação das partículas da mistura asfáltica e as trincas transversais e longitudinais, que em sua maioria foram trincas longitudinais de construção. Embora a deterioração da superfície, por causa de agentes corrosivos, como óleos e combustíveis represente, aproximadamente 14%, a presença desse defeito não afeta significativamente a superfície, pois se encontra espalhado em pequenas quantidades ao longo da rede.

Figura 43- Porcentagens dos defeitos encontrados no pavimento do SBAQ.

Na Figura 44 é apresentado um histograma com os valores deduzidos dos defeitos encontrados no aeródromo estudado. Na avaliação do pavimento foi registrado um total de 667 ocorrências de defeitos. Segundo os cálculos feitos com o aplicativo *FAA PAVEAIR*, a maior parte destes defeitos correspondem a valores deduzidos entre 0 e 30, o que quer dizer que não afetam significativamente o desempenho do pavimento, uma vez que os valores deduzidos dependem da densidade do defeito (área/extensão).

Figura 44-Frequências dos valores deduzidos dos defeitos encontrados no pavimento do SBAQ

Por sua vez, a Tabela 22 mostra os principais defeitos encontrados em cada uma das seções, sua unidade, quantidade (extensão) e severidade predominante. Note-se que a pista de pouso e decolagem (seções PI 1-A, PI 1-B, PI 1-C, PI 1-D, PI 1-E e PI 1-F) é a mais deteriorada por causa da desagregação das partículas da mistura asfáltica e das trincas longitudinais, transversais e longitudinais de construção.

No caso do pátio de aeronaves e das pisas de taxiamento, as seções PA 1-A, PA 1-B, PA 1-E, TX 1-A e TX 1-B, respectivamente, são as mais deterioradas também pelos mesmos defeitos presentes na pista. Já as seções PA 1-C, PA 1-D, TX 1-C e PI 1-G são as que apresentam melhor condição do pavimento, uma vez que o único defeito presente é a deterioração por óleo e combustível e as trincas e desagregação são mínimas.

Tabela 22- Principais defeitos avaliados nas seções da rede SBAQ

Seção	Principais Defeitos (ASTM)	Unidade	Quantidade	Severidade Predominante
PI 1-A	12 Desagregação	m ²	1026	Alta
	8 Trincas T e L	m	2106	Média
PI 1-B	12 Desagregação	m ²	985	Alta
	8 Trincas T e L	m	1982	Média
PI 1-C	12 Desagregação	m ²	944	Média
	8 Trincas T e L	m	1894	Média
PI 1-D	12 Desagregação	m ²	821	Média
	8 Trincas T e L	m	1881	Média
PI 1-E	12 Desagregação	m ²	1146	Média
	8 Trincas T e L	m	1844	Média
PI 1-F	12 Desagregação	m ²	1028	Média
	8 Trincas T e L	m	1809	Média
PI 1-G	12 Desagregação	m ²	34	Baixa
	8 Trincas T e L	m	20	Baixa
PA 1-A	12 Desagregação	m ²	775	Média
	8 Trincas T e L	m	1524	Baixa
PA 1-B	12 Desagregação	m ²	48	Baixa
	8 Trincas T e L	m	85	Baixa
	5 Depressão	m ²	26	Baixa
PA 1-C	12 Desagregação	m ²	4	Média
	8 Trincas T e L	m	30	Baixa
	5 Depressão	m ²	30	Baixa
PA 1-D	12 Desagregação	m ²	3	Baixa
	8 Trincas T e L	m	19	Baixa
PA 1-E	12 Desagregação	m ²	152	Média
	8 Trincas T e L	m	344	Baixa
	3 Trincas em bloco	m ²	45	Baixa
	1 Trincas por fadiga	m ²	8	Baixa
TX 1-A	12 Desagregação	m ²	310	Média
	8 Trincas T e L	m	1058	Média
	16 Inchamento	m ²	8	Baixa
TX 1-B	12 Desagregação	m ²	461	Média
	8 Trincas T e L	m	109	Baixa
	5 Depressão	m ²	6	Baixa
	15 Escorregamento	m ²	69	N/A
	13 Afundamento	m ²	128	Baixa
TX 1-C	9 Deterioração por óleo/combustível	m ²	N/A	N/A

4.2.2. Modelo de previsão de desempenho do pavimento baseado no PCI

Com base nas informações do banco de dados e da condição atual do pavimento, o aplicativo *FAA PAVEAIR* permitiu definir a curva de previsão de desempenho do pavimento. O aplicativo prevê o PCI versus o tempo por meio de um método nomeado de *Family Method* (método por famílias), que define grupos de pavimentos (famílias) com características

similares de deterioração. O método por famílias relaciona o valor futuro do PCI com uma série de variáveis, tais como, tipo de revestimento, idade da estrutura, idade do último recapeamento, uso (PI, TX ou PA) e classificação da seção (Primária, Secundária ou Terciária). Em seguida, através de uma equação polinomial do terceiro grau, o aplicativo define a curva de desempenho, a qual é extrapolada de modo a prever a condição futura do pavimento.

O gráfico da Figura 45 mostra um gráfico que representa a previsão de desempenho do pavimento do Aeroporto Estadual de Araraquara ao longo do tempo (linha vermelha). A equação utilizada para traçar a curva de PCI é exibida abaixo do gráfico. As duas linhas amarelas representam os limites do filtro dos dados, todos os pontos fora dessas linhas (pontos de cor laranja) são pontos que foram ignorados no cálculo da curva de desempenho.

Figura 45- Curva de previsão de desempenho do pavimento do SBAQ

Em seguida, é apresentada a Tabela 23 que corresponde à deterioração do pavimento (perda de desempenho) de cada seção que compõe o aeródromo, expressa em pontos do PCI que diminuem a cada ano.

Tabela 23- Perda de desempenho do pavimento do SBAQ em PCI por ano

Seção	Perda de desempenho (PCI/ano)
PI 1-A	-3
PI 1-B	-3
PI 1-C	-3
PI 1-D	-3
PI 1-E	-3
PI 1-F	-3
PI 1-G	-3
TX 1-A	-3
TX 1-B	-1
TX 1-C	-2
PA 1-A	-2
PA 1-B	-4
PA 1-C	-3
PA 1-D	-2
PA 1-E	-3

A função de predição para uma família de pavimentos representa o comportamento médio de todas as seções que a compõem. Deste modo, para conseguir modelos de previsão de desempenho acurados é necessário um volume relativamente grande de dados. Contudo, a acurácia destas previsões não é tão boa, dado que a natureza do comportamento do pavimento é extremamente complexa, mesmo em modelos desenvolvidos com grande volume de dados (MACEDO, 2005). Nesses casos, o aplicativo *FAA PAVEAIR* define a previsão do desempenho do pavimento de forma automática, uma vez que o comportamento dos pavimentos flexíveis geralmente apresenta uma média de deterioração igual a três pontos do PCI/ano (TARBY, 2011).

4.2.3. Definição das estratégias de manutenção e reabilitação

Como indicado por ICAO (2013) é necessário aplicar alguma forma de tratamento nas superfícies dos pavimentos aeroportuários de forma a fornecer adequadas características de atrito e aprimorar a segurança da infraestrutura e o nível de serventia.

Apresentam-se a seguir os tipos de M&R recomendadas pela escala de classificação proposta (Figura 40) no âmbito de um SGPA orientado para o nível de rede e a sua relação com os valores de PCI das seções de um pavimento aeroportuário:

- a) Não Fazer nada (NF): esta ação corresponde a pavimentos em condições operacionais e funcionais muito boas ou pavimentos novos (PCI 91 a 100). O fato de não fazer nenhuma intervenção deteriora a condição do pavimento em um ritmo acorde à previsão do desempenho do pavimento ao longo da sua vida útil;
- b) Manutenção corretiva (MC): é a execução, de caráter corretivo, de reparos em áreas localizadas danificadas do aeródromo, abrangendo remendos superficiais ou profundos, selagem de trincas, correção de depressões, exsudação de asfalto ou escorregamento (PCI 76 a 90);
- c) Manutenção preventiva (MP): é a aplicação contínua de alguma camada de pequena espessura para selagem de trincas, rejuvenescimento do revestimento asfáltico, proteção contra oxidação ou correção da resistência à derrapagem (PCI 51 a 75). Pode ser a execução de lama asfáltica, microrrevestimento ou qualquer outro tratamento superficial;
- d) Reforço (RF): refere-se à execução de um recapeamento total da superfície ou à execução de fressagem e recomposição do pavimento, de modo a melhorar as condições de atrito, aumentar a serventia e desempenho do pavimento e fornecer uma superfície impermeável livre de trincas, desagregação, deformação permanente, agregados polidos, etc. (PCI 26 a 50). Recapeamentos podem também ser executados dentro da manutenção preventiva;
- e) Reconstrução (RC): é a reconstrução total do pavimento e significa que a intervenção permitirá restabelecer os níveis máximos de serviço funcional ou estrutural (PCI 0 a 25).

Para Macedo (2005), a manutenção de uma rede de pavimentos depende de boas estratégias para alcançar sucesso. As estratégias acima descritas estão associadas a determinado defeito e definem o que, onde, como e quando aplicar determinada solução. Na prática o conhecimento delas faz parte da rotina dos engenheiros encarregados da manutenção das redes. Nos SGPA elas são incorporadas ao sistema de modo a serem aplicadas ao conjunto da rede de forma automatizada.

4.2.4. Análise de alternativas e definição de prioridades

Conhecendo a condição dos pavimentos que compõem a rede do aeródromo estudado e o desempenho dos mesmos ao longo do tempo, é possível definir um determinado número de ações ou alternativas de manutenção e reabilitação a se aplicar em determinada sequência e fases do ciclo de vida do pavimento, de acordo com a estratégia adotada.

Visando escolher a alternativa de conservação ótima para um determinado período de projeto, são determinados custos e benefícios de cada uma das opções, estabelecendo correlações entre a condição do pavimento e os diferentes custos associados. Esta análise pode ser fixada por critérios de rentabilidade ou considerando outros fatores, por exemplo, os fatores técnicos. Adotados os critérios de seleção, é determinado o conjunto de ações de manutenção, face aos recursos disponíveis, tendo em vista padrões de qualidade determinados e o mais baixo custo.

Nesta pesquisa foram sugeridas cinco alternativas de manutenção e reabilitação para os pavimentos do aeródromo em estudo, considerando-se um período de projeto de vinte anos a partir do ano 2015. A proposição destas alternativas foi baseada na classificação do PCI proposta (Figura 40) e na previsão de desempenho do pavimento do SBAQ (Tabela 23), considerando o PCI obtido após a execução de uma atividade de M&R específica, assim como a vida útil em serviço e o custo aproximado de cada uma delas. É importante ressaltar que nas alternativas propostas nenhuma seção atinge o PCI crítico de 55 e a condição do pavimento ao longo do período de projeto é boa e regular.

As Tabelas 24, 25, 26, 27 e 28 mostram, respectivamente e de forma resumida, as principais atividades de M&R que compõem cada uma das cinco alternativas propostas e o ano em que elas devem ser executadas. Cada uma destas tabelas apresenta o PCI médio da rede, considerando os vinte anos do período de projeto, que pode ser alcançado caso as respectivas atividades de M&R foram executadas.

O Apêndice D mostra com detalhe o desenvolvimento de cada uma das cinco alternativas propostas, mostrando o comportamento do PCI ao longo do período de projeto para cada uma das seções que compõem a rede, assim como a avaliação econômica que mostra os custos anuais associados a cada uma delas.

Tabela 24- Resumo das intervenções consideradas na alternativa de M&R No. 1

ALTERNATIVA 1																	
Seção	2015				2022			2026		2028			2029			2033	
	NF	MC	MP	RF	NF	MC	MP	NF	MP	NF	MC	MP	NF	MC	MP	NF	MP
PI 1-A				X	X				X	X			X				X
PI 1-B				X	X				X	X			X				X
PI 1-C			X				X	X		X					X	X	
PI 1-D			X				X	X		X					X	X	
PI 1-E			X				X	X		X					X	X	
PI 1-F			X				X	X		X					X	X	
PI 1-G	X					X		X				X	X			X	
TX 1-A				X	X				X	X			X				X
TX 1-B			X			X		X			X		X			X	
TX 1-C	X				X			X		X			X			X	
PA 1-A			X				X	X		X					X	X	
PA 1-B			X				X	X		X					X	X	
PA 1-C		X			X			X			X	X				X	
PA 1-D	X				X			X		X				X		X	
PA 1-E			X				X	X		X					X	X	
PCI médio da rede					78												

Tabela 25- Resumo das intervenções consideradas na alternativa de M&R No. 2

ALTERNATIVA 2											
Seção	2015			2022			2028			2029	
	NF	MC	MP	NF	MC	MP	NF	MC	MP	NF	MP
PI 1-A			X			X			X	X	
PI 1-B			X			X			X	X	
PI 1-C			X			X			X	X	
PI 1-D			X			X			X	X	
PI 1-E			X			X			X	X	
PI 1-F			X			X			X	X	
PI 1-G	X			X					X	X	
TX 1-A			X			X	X				X
TX 1-B			X		X			X		X	
TX 1-C	X			X			X			X	
PA 1-A			X			X	X				X
PA 1-B			X			X	X				X
PA 1-C		X		X					X	X	
PA 1-D	X			X			X			X	
PA 1-E			X			X	X				X
PCI médio da rede					77						

Tabela 26- Resumo das intervenções consideradas na alternativa de M&R No. 3

ALTERNATIVA 3								
Seção	2015				2026		2033	
	NF	MC	MP	RF	NF	MP	NF	MP
PI 1-A				X		X		X
PI 1-B				X		X		X
PI 1-C				X		X		X
PI 1-D				X		X		X
PI 1-E				X		X		X
PI 1-F				X		X		X
PI 1-G	X				X		X	
TX 1-A			X		X		X	
TX 1-B		X			X		X	
TX 1-C	X				X		X	
PA 1-A		X				X		X
PA 1-B		X				X		X
PA 1-C	X				X		X	
PA 1-D	X				X		X	
PA 1-E			X		X		X	
PCI médio da rede					78			

Tabela 27- Resumo das intervenções consideradas na alternativa de M&R No. 4

ALTERNATIVA 4														
Seção	2015		2016		2017		2018			2027		2028		2034
	NF	MC	NF	MC	NF	RF	NF	MC	MP	NF	MP	NF	MP	MC
PI 1-A		X		X		X	X			X			X	X
PI 1-B		X		X		X	X			X			X	X
PI 1-C		X		X		X	X			X			X	X
PI 1-D		X		X		X	X			X			X	X
PI 1-E		X		X		X	X			X			X	X
PI 1-F		X		X		X	X			X			X	X
PI 1-G	X		X		X		X			X		X		X
TX 1-A		X		X		X	X			X			X	X
TX 1-B	X			X	X		X			X		X		X
TX 1-C	X		X		X		X			X		X		X
PA 1-A	X			X	X				X		X	X		X
PA 1-B	X			X	X				X		X	X		X
PA 1-C	X			X	X			X			X	X		X
PA 1-D	X			X	X		X			X		X		X
PA 1-E		X		X	X				X		X	X		X
PCI médio da rede					75									

Tabela 28- Resumo das intervenções consideradas na alternativa de M&R No. 5

ALTERNATIVA 5																									
Seção	2015		2019		2020		2021		2023			2024		2025			2028		2030		2032			2033	
	NF	MP	NF	MC	NF	MC	NF	MC	NF	MC	MP	NF	MP	NF	MC	MP	NF	MC	NF	MC	NF	MC	MP	NF	MP
PI 1-A		X		X	X			X	X				X	X				X		X	X				X
PI 1-B		X		X	X			X	X				X	X				X		X	X				X
PI 1-C		X		X	X			X	X				X	X				X		X	X				X
PI 1-D		X		X	X			X	X				X	X				X		X	X				X
PI 1-E		X		X	X			X	X				X	X				X		X	X				X
PI 1-F		X		X	X			X	X				X	X				X		X	X				X
PI 1-G	X		X			X	X			X		X			X			X	X			X		X	
TX 1-A		X		X	X			X	X				X	X				X		X	X				X
TX 1-B		X	X		X		X		X			X			X		X		X		X			X	
TX 1-C	X		X		X		X		X			X			X			X	X				X	X	
PA 1-A		X	X			X	X		X				X	X			X		X		X				X
PA 1-B		X	X			X	X		X			X				X		X		X			X	X	
PA 1-C	X		X			X	X				X	X		X			X		X				X	X	
PA 1-D	X		X		X		X			X		X		X			X		X			X		X	
PA 1-E		X		X	X			X	X				X	X				X		X	X				X
PCI médio da rede					80																				

Na proposição das alternativas procurou-se, assim que possível, que o PCI médio do aeródromo não atingisse o PCI crítico de 55, uma vez que ultrapassar este valor compromete a segurança da infraestrutura e traz gastos excessivos decorrentes das ações imediatas de mitigação a serem executadas. Por sua vez, os gráficos das Figuras 46, 46, 48, 49 e 50 mostram o comportamento do PCI médio do aeródromo das alternativas propostas ao longo do período de projeto, respectivamente. Observa-se que as cinco alternativas apresentam valores médios de PCI entre 70 e 90, o que significa que as alternativas propostas tentam manter os pavimentos do aeródromo em boas e regulares condições de operação sem atingir o PCI crítico.

Figura 46- PCI médio da rede por ano, alternativa de M&R No. 1

Figura 47- PCI médio da rede por ano, alternativa de M&R No. 2

Figura 48- PCI médio da rede por ano, alternativa de M&R No. 3

Figura 49- PCI médio da rede por ano, alternativa de M&R No. 4

Figura 50- PCI médio da rede por ano, alternativa de M&R No. 5

De forma a avaliar e selecionar a alternativa com o menor custo possível, o presente trabalho apresenta o critério da razão Benefício/Custo, utilizado geralmente para comparação de alternativas de investimentos, sendo imprescindível para a definição da viabilidade de projetos de manutenção e reabilitação de aeródromos.

Os custos totais representados nas análises econômicas das 5 alternativas propostas foram convertidos em Valor Presente Líquido (VPL). Segundo Moita (2002), o valor presente de um projeto é o valor presente de seu fluxo de caixa, valor este obtido mediante o desconto do fluxo de caixa a uma taxa que reflita o custo de oportunidade do capital investido.

O fato de o valor presente de um projeto ser maior ou igual a zero significa que, para a taxa de desconto considerada (6% para fins desta pesquisa), o valor que atribuímos, hoje, a suas receitas futuras é maior ou igual aos custos de sua implantação e de sua futura operação. O valor presente representa, na data de hoje, os lucros futuros. Por isso, quanto maior o valor presente, melhor o projeto. No caso de haver várias alternativas para o projeto, verificam-se quais as viáveis ($VPL > 0$) e escolhe-se a de maior VPL entre elas.

Por sua vez, o critério da razão Benefício/Custo consiste em obter o valor presente do fluxo de receitas, que são a expressão dos benefícios dos projetos VP_B (PCI médio da rede decorrentes das respectivas alternativas, uma vez que os benefícios obtidos não podem ser representados de forma monetária), o valor presente do fluxo de custos VP_C (valor presente

dos custos das intervenções feitas nas respectivas alternativas), e o quociente entre ambos, obtendo-se a relação mostrada na Equação 11:

$$\frac{B}{C} = \frac{VP_B}{VP_C} = \frac{PCI \text{ médio}}{VPL} \quad (11)$$

Deste modo, na Tabela 29 e no gráfico da Figura 51 é apresentado, para cada alternativa proposta, o PCI médio esperado da rede, o custo total das intervenções feitas no período de projeto e a respectiva razão Benefício/Custo. O custo total do período foi obtido com base nas análises econômicas de cada uma das alternativas descritas no Apêndice D. A relação Benefício (PCI médio da rede) / Custo (custo total do período) foi calculada conforme a Equação 11, o resultado foi elevado à sexta potência para reduzir a quantidade de decimais e facilitar a identificação e comparação dos valores obtidos.

Tabela 29-- Razão Benefício/Custo das alternativas propostas no SBAQ

Alternativa	PCI médio da rede	Custo total do período	B/C
1	78	R\$ 4.347.083,60	17,97
2	77	R\$ 4.150.817,59	18,61
3	78	R\$ 5.123.800,36	15,14
4	75	R\$ 4.270.300,32	17,66
5	80	R\$ 5.368.116,07	14,89

Figura 51- Razão Benefício/Custo das alternativas propostas no SBAQ

Note-se na Figura 51 que a melhor alternativa, em termos de custos, é a número 2, ressaltada em vermelho. A alternativa 2 fornece o menor custo e um PCI médio da rede igual

a 77 (condição Boa na escala de PCI proposta), decorrente das intervenções feitas com manutenção preventiva no primeiro ano do período de projeto.

A alternativa 5, embora seja a melhor opção de acordo à condição média do pavimento (PCI igual a 80), ela é aproximadamente 23% mais cara do que a alternativa 2 e a diferença existente na condição do pavimento é mínima (3 pontos do PCI). As alternativas 1 e 3, por sua vez, apresentam iguais condições do pavimento, porém a alternativa 1 é mais eficiente, em termos de custos, sendo aproximadamente 18% mais barata do que a alternativa 3. Já a alternativa 4 é mais barata apenas se comparada com as alternativas 1, 3 e 5, contudo a condição média do pavimento é pior (condição Regular) quando comparada com as outras alternativas em que, independentemente dos custos, a condição do pavimento é considerada Boa ao longo do período de projeto.

Para fins da presente pesquisa a alternativa 2 é escolhida como a estratégia ótima, embora possam existir muitas outras mais alternativas, elas dependem dos critérios dos profissionais responsáveis pela administração do aeroporto, da experiência dos engenheiros com relação as vantagens e desvantagens entre diferentes estratégias de manutenção e reabilitação e dos recursos disponíveis para a execução dos trabalhos. No entanto, a metodologia desenvolvida neste trabalho para a avaliação econômica de projetos de M&R em aeroportos é bastante útil para a correta tomada de decisões em nível de rede.

Para Oliveira (2009), é importante ressaltar que as atividades de planejamento a serem cumpridas pela administração aeroportuária devem ser precedidas de análises e de avaliações das deficiências existentes nos pavimentos, tanto em nível de rede como em nível de projeto, indicando os pontos críticos para intervenção imediata, bem como estabelecendo as prioridades e alternativas de projeto, com fundamento em dados sobre materiais, tráfego, clima, custos, macro e micro textura, dentre outros. Isso dentro de uma programação compatível com os recursos operacionais e orçamentários disponibilizados.

4.2.5. Cronograma e planejamentos futuros

Nas considerações de Henriques Fernandes (2010), com a definição do cronograma de atividades, completa-se o ciclo do SGPA. O programa de conservação define o tipo de intervenção, devidamente localizada no espaço e no tempo, para cada seção da rede. A correta

referencia ao longo da rede das ações de M&R realizadas ao longo do tempo é essencial para as futuras avaliações do pavimento e a consequente realimentação da base de dados do SGPA.

Assim sendo, a Tabela 30 mostra o cronograma de atividades de M&R a serem executadas com base na alternativa 2 escolhida. No Apêndice D é possível observar com detalhe o desenvolvimento cronológico desta alternativa escolhida, mostrando o comportamento do PCI ao longo do período de projeto, além da avaliação econômica que mostra os seus respectivos custos anuais.

Tabela 30- Cronograma de atividades no SBAQ para o período de projeto

		Alternativa 2														
		Seção														
Ano		PI 1-A	PI 1-B	PI 1-C	PI 1-D	PI 1-E	PI 1-F	PI 1-G	TX 1-A	TX 1-B	TX 1-C	PA 1-A	PA 1-B	PA 1-C	PA 1-D	PA 1-E
1	2015	MP	MP	MP	MP	MP	MP	NF	MP	MP	NF	MP	MP	MC	NF	MP
2	2016	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
3	2017	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
4	2018	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
5	2019	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
6	2020	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MC	NF	NF	NF	MC	NF
7	2021	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	MP	NF	NF
8	2022	MP	MP	MP	MP	MP	MP	NF	MP	MC	NF	MP	MP	NF	NF	MP
9	2023	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
10	2024	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
11	2025	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
12	2026	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MC	NF	NF	NF	MC	NF
13	2027	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
14	2028	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	NF	MC	NF	NF	NF	MP	NF	NF
15	2029	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MP	NF	NF	MP	MP	NF	NF	MP
16	2030	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
17	2031	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
18	2032	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MC	NF	NF	NF	MP	NF
19	2033	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
20	2034	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MC	NF	NF	NF	NF	NF	NF

Durante a execução do cronograma de atividades, toda informação necessária à compreensão do comportamento futuro dos pavimentos deve ser registrada, em particular, informação sobre as características funcionais e estruturais do pavimento. A introdução destes novos dados no sistema permitirá aprimorar as curvas de previsão de desempenho do pavimento, tornando-as mais fiáveis em futuras aplicações.

Após a execução do cronograma de atividades, inicia-se a etapa de acompanhamento das intervenções realizadas, através de uma nova campanha de monitoramento periódico da infraestrutura. A sua realização é imprescindível, pois permite avaliar a eficiência dos

procedimentos construtivos, a qualidade dos materiais empregados e o desempenho funcional/estrutural das intervenções realizadas, contribuindo para o aprimoramento do SGPA e das técnicas e tecnologias utilizadas.

4.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As propostas de manutenção destinadas aos pavimentos aeroportuários que foram apresentadas neste capítulo, baseadas no Método PCI, servem de exemplo do subsidio que os administradores aeroportuários, responsáveis pelas decisões técnicas e econômicas, podem ter com um SGPA quando da definição de ações de manutenção e reabilitação visando obter o melhor retorno econômico possível. Esse retorno deve ser traduzido pela comprovada melhoria na condição do pavimento e o consequente aumento da segurança da infraestrutura, que traz benefícios para os usuários e reduz os custos de conservação das aeronaves.

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As conclusões obtidas a partir da análise dos resultados e demais informações apresentadas ao longo desta pesquisa, assim como algumas recomendações para o aprimoramento e seguimento em outros estudos, pesquisas e análises relacionados com os Sistemas de Gerência de Pavimentos Aeroportuários, são expostos neste último capítulo.

6.1. CONCLUSÕES

A presente pesquisa visou contribuir para o desenvolvimento e implantação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Aeroportuários, tendo sido desenvolvida em duas partes principais. A primeira parte envolveu a análise bibliográfica dos conceitos relacionados aos pavimentos aeroportuários e ao Método de cálculo do PCI e foi no Capítulo 2. A segunda parte, descrita nos Capítulos 3 e 4, envolveu a aplicação do método no Aeroporto Estadual de Araraquara Bartolomeu de Gusmão, em conjunto com a definição e seleção das melhores estratégias de manutenção e reabilitação dos pavimentos.

Os conceitos e métodos dos SGP descritos ao longo desta pesquisa foram essenciais para avaliar a condição da superfície do pavimento de cada uma das 160 amostras e 15 seções definidas no aeródromo estudado. Conhecendo os defeitos presentes no pavimento do aeródromo estudado, foi possível determinar quais atividades de M&R protegem a vida útil do pavimento e oferecem condições ideais de operação, conforto e segurança para os usuários.

A análise dos defeitos no pavimento do Aeroporto de Araraquara permitiu concluir que ele se apresenta em condição regular de operação, caracterizada por um índice médio de PCI igual a 67. Contudo, algumas seções da pista principal (primeiros 600 metros a partir da cabeceira 17), assim como algumas amostras do pátio de aeronaves e da pista de rolagem principal, possuem um elevado estado de degradação, tendo sido necessário planejar intervenções de M&R para evitar situações que levem a uma diminuição considerável do estado de conservação geral da rede e, por consequência, a um aumento significativo dos custos de conservação do pavimento.

Nesse sentido, esta pesquisa apresentou a proposta de 5 alternativas de intervenção, sendo que a mais eficiente, em termos da relação benefício/custo, envolveu um conjunto de intervenções de manutenção e reabilitação que proporcionariam um valor de PCI médio da rede igual a 77 (correspondente à condição boa na escala de classificação de PCI proposta) para o período de projeto de vinte anos (2015 – 2034). Contudo, é importante ressaltar que cada administração aeroportuária é inteiramente autônoma no que diz respeito à escolha das alternativas propostas e que esta pesquisa não visa impor a escolha integral de uma determinada alternativa sugerida, até mesmo porque a decisão deve partir de uma série de fatores e circunstâncias, com as quais os administradores aeroportuários estão diretamente envolvidos.

Com auxílio do programa computacional *FAA PAVEAIR*, disponibilizado gratuitamente na internet pela FAA, foi possível criar um banco de dados específico para o Aeroporto Estadual de Araraquara (banco de dados público denominado SBAQ_2014, disponível em www.faa.paveair.faa.gov), o que facilitou o cálculo do PCI e permitiu a geração de um modelo de previsão de desempenho, que, por sua vez, possibilitou a análise das estratégias de manutenção e reabilitação propostas. O *FAA PAVEAIR* também permitiu a visualização, em um mapa, dos valores de PCI para cada seção que compõe o aeródromo.

O *FAA PAVEAIR* está em constante evolução, uma vez que o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias em Pavimentos Aeroportuários, que será aplicado ao longo de dez anos (2012 a 2022) pela FAA, busca o aprimoramento e a integração dos programas computacionais *BAKFAA*, *FAARFIELD*, *ProFAA*, *COMFAA* e *AIRCOST* no programa *FAA PAVEAIR*. É importante ressaltar que o investimento para melhorar os programas computacionais do FAA representa aproximadamente 10% do custo total do Programa de Pesquisa.

O Método PCI apresenta um conjunto de vantagens, que justificam o seu uso como ferramenta base na gerência de pavimentos aeroportuários, não só nos Estados Unidos, mas também como em aeroportos do Brasil. O PCI permite através de simples inspeções visuais a determinação dos custos de manutenção e reabilitação de pavimentos, sendo por isso um instrumento de decisão importante no planejamento, programação e desenvolvimento de projetos, que caracterizam um sistema de gerência de pavimentos. Além disso, a sua fácil

implantação e a exigência de poucos meios técnicos constituem vantagens em relação a outros métodos de avaliação de pavimentos.

Não obstante, o Método PCI apresenta algumas limitações. Uma delas é que depende muito da experiência na detecção e quantificação dos defeitos por parte da equipe que executa o levantamento de defeitos no pavimento do aeródromo, devendo, por isso, esta ser sempre constituída por pessoal técnico profissional adequadamente treinado e atualizado. Além disso, o Método PCI fornece, de forma indireta e empírica, uma avaliação sobre a condição estrutural e funcional dos pavimentos, sendo recomendável que haja complementação com ensaios não destrutivos *in situ*, para avaliação da capacidade estrutural, e medidas da irregularidade longitudinal dos pavimentos.

6.2. SUGESTÕES PARA PESQUISAS E DESENVOLVIMENTOS

As recomendações aqui apresentadas têm o objetivo de sugerir temas para pesquisas e análises relacionadas com os Sistemas de Gerência de Pavimentos Aeroportuários e, também, de servir como subsídio às ações das administrações aeroportuárias e da Agência Nacional de Aviação Civil brasileira.

Dentre as principais recomendações desta pesquisa, têm-se:

- a) Constante alimentação da base de dados informatizada, reunindo um conjunto atualizado de informações importantes sobre o pavimento, tais como histórico de construção e de conservação, registro estatístico do tráfego aéreo e registro dos levantamentos e ensaios realizados;
- b) Execução periódica de ensaios “*in situ*”, que avaliem a condição funcional do pavimento, por exemplo, a irregularidade longitudinal e a macro e microtextura, em conjunto com a aplicação de modelos de previsão de desempenho atualizados, permitindo a concepção de um sistema de gerência com a capacidade de elaborar propostas de intervenção em longo prazo, otimizando a utilização dos recursos financeiros disponíveis;
- c) Desenvolvimento de um SGPA integral para a rede de aeroportos do DAESP e outras administrações aeroportuárias de pequeno, médio e grande porte;

- d) Elaboração de legislação específica, destinada às administrações aeroportuárias, para aplicação efetiva de técnicas de manutenção que prolonguem a vida útil do pavimento, especialmente devido ao aumento da demanda por transporte aéreo e à necessidade de modernas e potentes aeronaves que, seguramente, irão requerer uma maior disponibilidade das condições funcionais e estruturais das pistas de pousos e decolagens e dos pátios de aeronaves dos aeroportos;
- e) Aprimoramento do uso dos Sistemas de Informações Geográficas, de modo a gerar bases de dados georreferenciadas e dinâmicas que permitam o intercâmbio de informações entre diversos SGPA;
- f) Treinamento periódico da equipe técnica das administrações aeroportuárias e das agências reguladoras para conduzir e fiscalizar as avaliações das condições dos pavimentos;
- g) Padronização da escala de classificação proposta neste trabalho para a avaliação de pavimentos aeroportuários, com base nos critérios de vários especialistas;
- h) Integração da tecnologia dos veículos aéreos não tripulados “*drones*” com a tecnologia SIG e com o processamento de imagens, de modo a contribuir nos levantamentos de pavimentos, identificando defeitos superficiais, referenciando-os geograficamente dentro de uma rede definida e enriquecendo a base de dados do SGPA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACRP (2011). **Common Airport Pavement Maintenance Practices**. Airport Cooperative Research Program – Synthesis 22. Transportation Research Board & Federal Aviation Administration. Washington, DC.
- ANAC (2008). **Resistência de Pavimentos Aeroportuários**. IAC 157_1001 – Agência Nacional de Aviação Civil.
- ANAC (2012). **Requisitos de aderência para pistas de pouso e decolagem**. Resolução n. 236 – Agência Nacional de Aviação Civil.
- APR (2014). **Boeing Bump Index**. APR Consultants in Driving Smoothness. Disponível em: <<http://www.aprconsultants.com/Boeing-Bump-Index.html>>. Acesso em: 14 ago. 2014.
- ARA (2011). **Life Cycle Cost Analysis for Airport Pavements**. Final Report prepared for Airfield Asphalt Pavement Technology Program – AAPTP. ARA Applied Research Associates, Inc. Champaign, IL, USA.
- ARARAQUARA (2014). Placa informativa. Disponível no Aeroporto Estadual de Araraquara Bartolomeu de Gusmão, Araraquara, SP.
- ASTM (2011). Standard Practice for Road and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. **American Society of Testing Materials** – D6433-11.
- ASTM (2012). Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys. **American Society of Testing Materials** - D5340-12.
- BALBO, J. T. (2007). **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. Oficina de Textos. 558p, São Paulo, SP.
- BARROS, R. L. (2008). **Gestão da Conservação de Pavimentos de Aeroportos e Aeródromos**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.
- BATISTA, N. A.; TEIXEIRA, R. R. (2003). **Reparos rápidos em pistas de pouso e decolagem na Amazônia**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Graduação em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP.
- BERNUCCI, L. B. et al. (2008). **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro, Petrobras e ABEDA. 504 f.
- BOEING (2014). **BOEING Company website**. Disponível em: <<http://www.boeing.com/boeing/companyoffices/aboutus/index.page?>>. Acesso em: 15 ago. 2014.
- BRILL D. R. (2010). **Calibration of FAARFIELD Rigid Pavement Design Procedure**. Final Report. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation. Washington, DC.

BRILL D. R. (2011). **FAARFIELD 1.3 Hands on Training – Data Entry**. VIII ALACPA Airport Pavement Seminar & VI FAA Airport Pavement Workshop. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation. Buenos Aires, Argentina.

CAREY, W. N. e IRICK, P. E. (1960). **The Pavement Serviceability-Performance Concept**. Highway Research Board - National Research Council. Washington, D.C. n. 250, p. 40-58.

CEDERGREEN, H. R. (1980). **Drenagem dos pavimentos de rodovias e aeródromos**. Livros técnicos e científicos. ed. S.A. Rio, 1980.

COMFAA (2003). **Development of a Computer Program – COMFAA – for Calculating Pavement Thickness and Strength**. Federal Aviation Administration. Airport Technology Research and Development Branch - William J. Hughes Technical Center. Atlantic City International Airport, New Jersey, USA.

CORDOVIL R. M. (2010). **Um programa de gerência de pavimentos para o comando da aeronáutica. Estudo de caso: Bases Aéreas da Região Sul**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.

DAC (2001). **Requisitos de Resistência à Derrapagem para Pistas de Pouso e Decolagem**. IAC 4302 - Instrução de Aviação Civil. Departamento de Aviação Civil. Comando da Aeronáutica. Brasília, DF.

DAESP (2014). **Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo**. Disponível em <<http://www.daesp.sp.gov.br/>>. Acesso em 10/04/2014.

DA SILVA A. L. F. (2009). **Pavimentos Aeroportuários: Análise de Soluções Rígidas e de Soluções Flexíveis**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade de Aveiro, Portugal.

DECEA (2011). **Instruções para Processamento de Dados Estatísticos de Tráfego Aéreo e Preenchimento dos IEPV 100-34, 100-35, 100-36, 100-39 E 100-40**. Ministério da Defesa, Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 716/CCO1. Brasil.

DINATO A. C. (2001). **Análise dos perfis longitudinal e transversal de pistas de pouso e decolagem com a utilização do GPS em aeroportos do DAESP**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, SP.

DNER (1998). **Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Divisão de Capacitação Tecnológica. Rio de Janeiro, RJ.

DNIT (2006). **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, RJ.

DYNATEST (2014). **Equipamentos e Softwares**. Disponível em: <<http://www.dynatest.com.br/produtos.asp>>. Acesso em: 14 ago. 2014.

EDCOASTCOLLECTION (2014). **Civil Aircraft Photographs from Latin America**. The Caribbean and Central & South America. Disponível em: <<http://www.edcoatescollection.com/ac5/ROW%20Civil%20A/restcivila.html>>. Acesso em: 31 out. 2014.

ESRI (1996). **Arc View GIS, The Geographic Information System for Everyone**. Environmental Systems Research Institute, Inc. USA.

FAA (2006). **Airport Pavement Management Program**. Advisory Circular – AC 150/5335-5A. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation. Washington, DC.

FAA (2007). **Guidelines and Procedures for Maintenance of Airport Pavements**. Advisory Circular – AC 150/5380-6A. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation. Washington, DC.

FAA (2009a). **Airport Pavement Design and Evaluation**. Advisory Circular – AC 150/5320-6E. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation. Washington, DC.

FAA (2009b). **Guidelines and Procedures for Measuring Airfield Pavement Roughness**. Advisory Circular – AC 150/5380-9. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation. Washington, DC.

FAA (2009c). **Airport Foreign Object Debris**. Advisory Circular – AC 150/5220-24. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation. Washington, DC.

FAA (2009d). **FAA Backcalculation Software**. VI ALACPA Airport Pavements Seminar & IV FAA Workshop. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation. Washington, DC.

FAA (2011a). **Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength - PCN**. Advisory Circular – AC 150/5335-5B. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation. Washington, DC.

FAA (2011b). **Use of Nondestructive Testing in the Evaluation of Airport Pavements**. Advisory Circular – AC 150/5370-11B. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation. Washington, DC.

FAA (2012a). **Airport Design**. Advisory Circular – AC 150/5300-13A. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation. Washington, DC.

FAA (2012b). **Airport Pavement 10-Years R&D Program**. Federal Aviation Administration. Disponível em: <<http://www.airporttech.tc.faa.gov/10YearPlan/>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

FAA (2014a). **FAA PAVEAIR Help – Distress Guide**. Disponível em: <<https://faapaveair.faa.gov/Help/default.htm>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

FAA (2014b). **FAA PAVEAIR**. Acesso às bases de dados, módulo Tools – Distress Deduct. Disponível em: <<https://faapaveair.faa.gov/Default.aspx>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

FAA (2014c). **FAA Airport Technology Research & Development Branch Home Page**. Disponível em: <<http://www.airporttech.tc.faa.gov/index.asp>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

FERNANDES JÚNIOR, J. L.; ODA, S.; ZERBINI, L. F. (2011). **Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos**. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.

FERNANDES JR., J. L.; PANTIGOSO, J. F. G. (1997). Compatibilização da gerência de pavimentos urbanos com as concessionárias de serviços públicos com o uso de SIG. XI Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET. Rio de Janeiro. p. 67-70.

FHWA (1998). **Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design - In Search of Better Investment Decisions**. Interim Technical Bulletin - Report n. FHWA-SA-98-079. Federal Highway Administration. United States Department of Transportation. Washington, DC.

FINN, F. N. (1997). **Pavement Management System: past, present and future**. Disponível em: <<https://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/98julaug/pavement.cfm>>. Acesso em ago. 2014.

GAGNON J. S. (2009). **R&D Update from the National Airport Pavement Test Facility**. SWIFT 2009. Manager, AJP-6312. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation. Washington, DC.

GAGNON J. S. (2010). **FAA PAVEAIR Airport Pavement Evaluation and Management Software**. VII ALACPA Airport Pavement Seminar. Manager, AJP-6312. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation.

GOMES, A. F. S. S. (2008). **Tecnologia Aplicada à Avaliação das Estruturas dos Pavimentos Aeroportuários**. Monografia (Especialização) – Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, Universidade de Brasília, DF.

GOOGLE EARTH (2014). Programa computacional. Disponível para descarga em: <<https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 22 mar. 2014.

GUIADOTRC (2014). **Fichas técnicas de pneus comerciais**. GT Guia do Transportador. Disponível em: <http://www.guiadotrc.com.br/Gestao_Frotas/pneus_fichatecnica.asp>. Acesso em maio 2014.

HAAS, R. e HUDSON, W. R. (1978). **Pavement Management System**. McGraw-Hill. New York, NY.

HAAS, R., HUDSON, W. R. e ZANIEWSKI, J. (1994) **Modern Pavement Management**. Krieger Publishing Company. Malabar, Florida.

HENRIQUES FERNANDES C. S. C. I. (2010). **Sistemas de Gestão de Pavimentos Aeroportuários Caracterização e Aplicabilidade**. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa, Portugal.

IAC (2000). **Normas para Alterações em Voos Regulares e Realização de Voos Não Regulares**. República Federativa do Brasil. Comando da Aeronáutica – Departamento de Aviação Civil. Subdepartamento de Planejamento. Instrução de Aviação Civil – Normativa IAC 1224.

IAC (2001). **Normas para Autorização de Voo “CHARTER” Doméstico de Passageiros**. República Federativa do Brasil. Comando da Aeronáutica – Departamento de Aviação Civil. Subdepartamento de Planejamento. Instrução de Aviação Civil – Normativa IAC 1227.

ICAO (2013). **Aerodrome Design and Operations**. Annex 14, Aerodromes. International Civil Aviation Organization. 1 v., 6. ed.

KAWA I.; BRILL D. R.; HAYHOE G. F. (2002). Development of a Computer Program to Compute Pavement Thickness and Strength. **2002 Federal Aviation Administration Airport Technology Transfer Conference**. P-32.

KAWA I.; BRILL D. R.; HAYHOE G. F. (2007). **FAARFIELD – New Airport Thickness Design Software**. 2007 FAA Worldwide Airport Technology Transfer Conference. Atlantic City, New Jersey, USA.

LARKIN A. (2011). **FAA PAVEAIR Web-based Pavement Management Software**. 2011 Eastern Region Airports Conference. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation.

LARKIN A.; JIA Q. (2013). **FAA PAVEAIR Updates**. 2013 FAA Working Group. SRA International, Inc. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation.

LIMA, J. P. L. (2007). **Modelo de decisão para a priorização de vias candidatas às atividades de manutenção e reabilitação de pavimentos**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

LIMA, R. S. (2003). **Uma metodologia de apoio à decisão espacial para planejamento e gestão de serviços de educação e saúde sob a ótica dos transportes**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

LOGÍSTICA BRASIL (2014). **Programa de Investimentos em Logística**. Disponível em: <<http://www.logisticabrasil.gov.br/aeroportos1>>. Acesso em: 23 out. 2014.

MACEDO, M. C. (2005). **Estudo para base técnica de um sistema de gerência de pavimentos para redes regionais de aeroportos**. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Aeronáutica e Mecânica. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP. 218f.

MAPC (1986). **Pavement Management – A Manual for Communities**. U.S. Department of Transportation. Metropolitan Area Planning Council. Boston, MA.

MEDINA, J.; MOTTA, L. M. G. (2005). **Mecânica dos Pavimentos**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2 ed. Rio de Janeiro.

MICHELIN (2014). **Aircraft tire Engineering Data**. Data Book. Disponível em: <<http://www.airmichelin.com/generalcontent.aspx?id=219>>. Acesso em: 14 maio, 2014.

MOITA, C. M. (2002). **Matemática Financeira: Estudo e Ensino**. Atlas, 1. ed. 165 f.

OACI (2002). **Manual de Servicios de Aeropuertos**. Parte 2 Estado de la superficie de los pavimentos - Organización Internacional de Aviación Civil, 4. ed., Lima, Perú.

OLIVEIRA, F. H. L. (2009). **Proposição de Estratégias de Manutenção de Pavimentos Aeroportuários Baseadas na Macrotextura e no Atrito: Estudo de Caso do Aeroporto Internacional de Fortaleza**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

PASCO (2014). **PASCO - Pacific Aero Survey Company, Ltd**. World Leading Geospatial Group. Disponível em: <<http://www.pasco.co.jp/eng/>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

PEREIRA, A. P. C. (2010). **Transporte Aéreo Regional no Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia FCT-UNESP, Presidente Prudente, SP.

PROFAA (2006). **The Federal Aviation Administration Computer Program For Roughness Index Analysis**. User's Manual 1 – Draft. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation. Washington, DC.

ROEHRS, R. A. (2002). **Estudo de Procedimentos para Avaliação do PCN de Pavimentos Aeroportuários**. Tese (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP.

SAC (2014). **Secretaria de Aviação Civil**. Presidência da República. Brasil. Disponível em: <<http://www.aviacaocivil.gov.br/assuntos/aviacao-regional/multimedia>>. Acesso em: 22 out. 2014.

SCHWARTZ, C. W. et al. (1991). GIS applications in airfield pavement management. **Transportation Research Record**. Washington, D.C., n. 1311 p. 267-276.

SHAHIN M. Y. (1982). Airfield Pavement Distress Measurement and Use in Pavement Management. **Transportation Research Record**. Washington D.C., n. 893, p. 59-63.

SHAHIN, M. Y. (2005). **Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots**. 2nd Edition. Chapman & Hall, New York, USA.

SILVA, P. F. A. (2008). **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos**. PINI, 2. ed. 128 f.

SMITH T. (2010). **Life Cycle Cost Analysis / Assessment of Airfield Pavements**. SWIFT 2010. Cement Association of Canada.

TARBY J. (2011). **FAA PAVEAIR – Instructor Guide & Workbook**. SRA International, Inc. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation.

YODER, E. J.; WITCZAK, M. W. (1975). **Principles of Pavement Design**. 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.

ZHANG, Z. et al. (2010). Pavement Preservation – Performance Goal and Its Implications. **Transportation Research Record**. Washington D.C., n. 2150, p. 28-35.

ZHANG, Z.; SMITH, N.; HUDSON, W.R. (1991). Comprehensive ranking index for flexible pavement using *fuzzy* sets model. **Transportation Research Record**. Washington D.C., n. 1397, p. 96-102.

APÊNDICE A – DADOS AEROPORTOS DAESP

Região		Aeroporto	Características Gerais								
			Latitude	Longitude	Indicação ICAO	Código pista	Altitude (m)	Área Patrimonial (há)	Temp. média (C°)	Dist. aérea da capital (km)	Dist. centro da cidade (km)
Bauru	1	Avaré/Arandu	23°05'35" S	48°59'03" O	VFR	-	810	-	30	239	9
	2	Bauru/Arealva	22°09'28" S	49°04'06" W	SBAE	3	593,8	446,58	29,2	350	18
	3	Marília	22°11'44" S	49°53'37" W	SBML	2	647	53,93	-	371	2,5
	4	Ourinhos	22°58'55" S	49°54'41" O	SDOU	2	467	80,02	32,6	343	4
	5	São Manuel	22°41'46" S	48°34'34" O	SDNO	1	730	66,74	32,1	223	7
Itanhaém	6	Itanhaém	24°09'53" S	46°47'08" W	SDIM	2	4	64,4	33,3	61	3
	7	Registro	24°31'54" S	47°50'30" O	-	-	23	-	-	-	-
	8	Ubatuba	23°26'29" S	45°04'34" W	SDUB	2	4	45	30,2	164	1
Presidente Prudente	9	Andradina	20°55'33" S	51°23'02" W	SDDN	2	380	51,99	32	573	4
	10	Assis	22°38'24" S	50°27'11" W	SBAS	2	564	109	32,7	406	7
	11	Dracena	21°27'40" S	51°36'24" O	SDDR	2	372	47,75	32,6	564	9
	12	Pres. Epitácio	21°46'32" S	52°09'47" W	SDEP	1	297	29,54	30	601	8
	13	Pres. Prudente	22°10'33" S	51°25'26" O	-	-	441	-	-	-	-
	14	Tupã	21°53'24" S	50°30'21" W	SDTP	2	487	85,26	33	450	7
Ribeirão Preto	15	Araraquara	21°48'16" S	48°08'25" W	SBAQ	2	711	182,3	29,4	253	6
	16	Franca	20°35'25" S	47°22'57" W	SIMK	2	1003	103,5	27,8	345	7
	17	Ribeirão Preto	21° 08'05" S	47°46'28" O	SBRP	-	549	-	-	-	5
	18	São Carlos	21°52'35" S	47°54'12" W	SDSC	2	807	20,33	27,9	221	14
São José do Rio Preto	19	Araçatuba	21°08'39" S	50°25'35" W	SBAU	3	415	136	23,5	476	12
	20	Penápolis	21°24'37" S	50°01'55" W	SDPN	2	418	135	30,8	430	8
	21	S. J. do Rio Preto	20°48'58" S	49°24'17" W	SBSR	2	543	83,31	24	421	3
	22	Votuporanga	20°27'28" S	50°00'09" W	SDVG	2	508	51,45	31,7	494	6
Sorocaba	23	Brag. Paulista	22°58'45" S	46°32'15" W	SBBP	1	880	41,6	28,6	73	3
	24	Campinas	22°51'31" S	47° 06'34" O	SDAM	-	607	-	-	-	8
	25	Jundiaí	23°10'54" S	46°56'37" W	SBJD	2	757	47,87	30,5	57	7
	26	Sorocaba	23°28'59" S	47°29'11" W	-	-	634	-	20	87	-

Região		Aeroporto	Pista					
			Dim. (m)	Cabeceira	Pav	PCN	Declividade máxima (%)	Declividade efetiva (%)
Bauru	1	Avaré/Arandu	1480*30	15-33	Asfalto	26/F/A/X/T		
	2	Bauru/Arealva	2100*45	17-35	Asfalto	42/F/A/X/T	0,8	0,34
	3	Marília	1700*35	20*02	Asfalto	35/F/B/X/T	1,28	0,98
	4	Ourinhos	1500*30	16-34	Asfalto	15/F/C/Y/U	0,44	0,35
	5	São Manuel	1000*20	13-31	Asfalto	15/F/A/X/T	0,7	0,65
Itanhaém	6	Itanhaém	1350*30	15-33	Asfalto	35/F/A/X/T	0,29	0,1
	7	Registro	1720*45	02*20	Asfalto	47/F/A/X/T	1,4	0,851
	8	Ubatuba	940*30	09*27	Asfalto	24/F/B/X/T	0,028	0,27
Presidente Prudente	9	Andradina	1500*30	11*29	Asfalto	30/F/A/X/T	0,8	0,5
	10	Assis	1700*30	12*30	Asfalto	25/F/A/X/T	0,74	0,74
	11	Dracena	1500*30	09*27	Asfalto	9/F/C/X/T	0,92	0,22
	12	Pres. Epitácio	1340*18	05*23	Asfalto	8/F/C/Y/U	0	0
	13	Pres. Prudente	2100*35	12*30	Asfalto	35/F/A/X/T	1,4	1,25
	14	Tupã	1500*35	06*24	Asfalto	33/F/B/X/T	1,35	1,05
Ribeirão Preto	15	Araraquara	1800*30	17-35	Asfalto	40/F/A/X/T	1,39	1,07
	16	Franca	2000*30	05*23	Asfalto	31/F/B/X/T	0,8	0,234
	17	Ribeirão Preto	2100*45	18-36	Asfalto			
	18	São Carlos	1720*45	02*20	Asfalto	47/F/A/X/T	1,4	0,851
São José do Rio Preto	19	Araçatuba	2120*35	05*23	Asfalto	33/F/A/X/T	0,55	0,23
	20	Penápolis	1500*30	15*33	Asfalto	27/F/A/X/T	0,43	0,1
	21	S. J. do Rio Preto	1640*35	25*07	Asfalto	0	0,964	1,5
	22	Votuporanga	1500*30	05*23	Asfalto	26/F/B/X/T	1,01	1,2
Sorocaba	23	Brag. Paulista	1200*30	16-34	Asfalto	16/F/B/X/T	1,2	1,2
	24	Campinas	1200*30	16-34				
	25	Jundiaí	1400*30	18-36	Asfalto	21/F/A/X/T	1,52	1,033
	26	Sorocaba	1482*30	18-36	Asfalto	38/F/B/X/T	1,25	1,06

Região		Aeroporto	Taxi			
			Dimensões (m)			
Bauru	1	Avaré/Arandu	*	*	*	*
	2	Bauru/Arealva	A230*25	B2152*15.5	C251.67*24.14	*
	3	Marília	220*23	*	*	*
	4	Ourinhos	205*20	*	*	*
	5	São Manuel	80*20	*	*	*
Itanhaém	6	Itanhaém	97*15	*	*	*
	7	Registro	B173*10.5	C215*10.5	*	*
	8	Ubatuba	70*12.3	*	*	
Presidente Prudente	9	Andradina	*	*	*	*
	10	Assis	*	*	*	*
	11	Dracena	165*15	*	*	*
	12	Pres. Epitácio	99.20*32.10	*	*	*
	13	Pres. Prudente	A320*23	B2100*35	C200*23	*
	14	Tupã	210*15	*	*	*
Ribeirão Preto	15	Araraquara	A160*23	B302.5*10	C281.5*23	*
	16	Franca	185*20	*	*	*
	17	Ribeirão Preto	*	*	*	*
	18	São Carlos	B172.5*10.5	C215*10.5		
São José do Rio Preto	19	Araçatuba	*	*	*	*
	20	Penápolis	147*15	*	*	*
	21	S. J. do Rio Preto	A40*30	B910*23	C607*23	C-D74*23
	22	Votuporanga	110*15	B250*10	*	*
Sorocaba	23	Brag. Paulista	A125*15	B125*10.5	D108*10	*
	24	Campinas	*	*	*	*
	25	Jundiaí	B794*10.5	C726*10.5	D281*10.5	E303*10.5
	26	Sorocaba	A920*15	B750*15	*	*

Região		Aeroporto	Pátio			Instalações
			Dimensões (m)	Capacidade de aviões	Pavimento	Terminal de passageiros (m2)
Bauru	1	Avaré/Arandu	55*80	2 Fokker 100	Flexível	210
	2	Bauru/Arealva	229.12*134.36	ATR42-300	Flexível	2500
	3	Marília	60*90	3 F-100	Flexível	572
	4	Ourinhos	60*40	1 F-100	Flexível	250
	5	São Manuel	121*60	3 BEM-120	Flexível	230
Itanhaém	6	Itanhaém	125*60	4 BEM-110	Flexível	500
	7	Registro	60*60	2 BEM-110	Flexível	100
	8	Ubatuba	89.75*67.44	4 BEM-110	Flexível	70
Presidente Prudente	9	Andradina	60*70	3 F-150	Flexível	250
	10	Assis				290
	11	Dracena	100*60	5 BEM-110	Flexível	250
	12	Presidente Epitácio	30*50	1 BEM-120	Flexível	190.85
	13	Presidente Prudente	A61*100 B68*100 C78*100	3 BOEING 737-700	Rígido	
	14	Tupã	60*40	3 BEM-110	Flexível	395
Ribeirão Preto	15	Araraquara	130*116.5	3 ATR OU 2 AIRBUS	Flexível	210
	16	Franca	70*100	3 BEM-120	Flexível	670
	17	Ribeirão Preto				3850
	18	São Carlos	60*60	2 BEM-110	Flexível	120
São José do Rio Preto	19	Araçatuba	220*85	2 B-737	Flexível	1100
	20	Penápolis	60*100	3 BEM-120	Flexível	210
	21	São José do Rio Preto	A1250*123.5 B17400M2	12 BOEING 737	Flexível	2000
	22	Votuporanga	70*100	6 BEM-120	Flexível	750
Sorocaba	23	Bragança Paulista	65*60	4 BEM-110	Flexível	225
	24	Campinas				230
	25	Jundiaí	80*75	6 BEM-110	Flexível	400
	26	Sorocaba	104*67	1 F-100 1 ATR	Flexível	800

Região		Aeroporto	Principais obras nos pavimentos aeroportuários
Bauru	1	Avaré/Arandu	Recap. de pistas e pátios de aeronaves, construção parcial das pistas de rolagem, vias de acessos e execução de grooving. Término em março/2012.
	2	Bauru/Arealva	Imp. de via de serviço, pátio para equipamentos, laje de talude de cabeceira e cobertura metálica. Término em janeiro/14.
	3	Marília	-
	4	Ourinhos	-
	5	São Manuel	Recap. de pistas, pátio, acessos, construção da área de giro e grooving. Término em fevereiro/2012.
Itanhaém	6	Itanhaém	Const. da pista de rolagem acessos, amp. do pátio de aeronaves e reg. do greide da pista. Término em dezembro/12. Recap. de pistas e pátios. Término em dezembro/2011.
	7	Registro	Desmatamento, terraplanagem, pavimentação, revestimento vegetal, drenagem. Término em julho/2012. - Obra de restauração do pavimento asfáltico. Término em 06/2007.
	8	Ubatuba	
Presidente Prudente	9	Andradina	
	10	Assis	Recapeamento Asfáltico de pistas, pátio e acessos. Término em novembro/2009.
	11	Dracena	Recapeamento de pistas, pátio, construção do turn-around, acessos, ampliação do táxi de ligação e grooving. Término em fevereiro/12.
	12	Pres. Epitácio	
	13	Pres. Prudente	Const. de p. rolagem. Término em julho/2013. Recons. do pátio de concreto, amp. do pátio em asfalto. Término em fevereiro/2012. Recup. de talude da pista de rolagem. Término em abril/2010. Recap. de pistas e pátios e acessos. Término em maio/2009.
	14	Tupã	
Ribeirão Preto	15	Araraquara	Adequação da pista de rolagem. Término em julho/2012.
	16	Franca	Const. da área de giro, amp. do pátio de aeronaves, acessos e adequação das pistas de rolagem. Término em novembro/12. Recap. de pistas, pátios e acessos. Término em janeiro/2009. Obra de restauração do pav. asfáltico. Término em junho/2007.
	17	Ribeirão Preto	Remoção de borracha da pista. Término em fevereiro/11. Adequação do sistema de acesso aos pátios de aeronaves e grooving. Término em dezembro/11.
	18	São Carlos	-
São José do Rio Preto	19	Araçatuba	Adeq. de pistas de rolagem e vias de acesso. Término em fevereiro/2012. Recap. de pistas e acessos e restauração do pátio de aeronaves. Término em 03/2010. Projeto de terraplanagem, drenagem para implantação das faixas das pistas de pouso e de rolagem. Término em 11/2010.
	20	Penápolis	Recapeamento asfáltico de pistas e pátio. Término em julho/2009.
	21	S. J. do Rio Preto	Remoção de borracha da pista. Término em 08/2011.
	22	Votuporanga	Recap. de pistas, acessos, construção da área de giro, ampliação do pátio e pistas de rolagem e grooving. Término em fevereiro/2012.
Sorocaba	23	Brag. Paulista	Pavimentação das pistas de rolamento (PRC e PRD) e acessos. Término em 05/2010.
	24	Campinas	Ampl. de pistas, pátios e acessos. Término em março/13. Pavimentação das pistas de rolagem e acessos. Término em 03/2010.
	25	Jundiaí	Compl. do sistema de drenagem da pista de rolagem e acessos. Término em janeiro/13. Const. de vias de serviço, ampl. das pistas de rolagem e pav. do pátio de aeronaves. Término em 03/2011. Ampl. das vias de serviços, pátio de aeronaves e adeq. da pista de rolagem. 11 de novembro de 2013.
	26	Sorocaba	Pavimentação da pista de rolamento e acessos. Término em 04/2010. Recapeamento de pistas e pátios (PROFAA 2009). Término em 06/2010.

AEROPORTOS ADMINISTRADOS PELO DAESP					
ÁREA DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS (m2)			ÁREA DE PAVIMENTOS RÍGIDOS (m2)		
PISTAS	P. ROLAGEM	PÁTIOS	PISTAS	P. ROLAGEM	PÁTIOS
1366580	241687	327585	0	0	20700
Total	1935852		Total	20700	

	Fonte: DAESP (2014)
	Fonte: DINATO (2001)
	Fonte: GOOGLE EARTH (2014)

APÊNDICE B – PRINCIPAIS DEFEITOS NO PAVIMENTO DO SBAQ

a) Defeito ASTM No. 8 severidade baixa, localizado na amostra 7 da seção PI 1-A

b) Defeito ASTM No. 8 severidade média, localizado na amostra 15 da seção PI 1-B

c) Defeito ASTM No. 8 severidade média, localizado na amostra 13 da seção PI 1-B

d) Defeitos ASTM No. 8 e No. 12 severidades baixa e média respectivamente, localizados na amostra 7 da seção PI 1-C

e) Defeito ASTM No. 12, severidade alta, localizado na amostra 15 da seção PI 1-D

f) Defeito ASTM No. 12, severidade média, localizado na amostra 8 da seção PI 1-E

g) Defeito ASTM No. 12, severidade alta, localizado na amostra 5 da seção PI 1-F

h) Defeito ASTM No. 12, severidade alta, localizado na amostra 2 da seção PI 1-F

i) Defeito ASTM No. 12, severidade baixa, localizado na amostra 6 da seção PI 1-G

j) Defeito ASTM No. 8, severidade média, localizado na amostra 8 da seção TX 1-A

k) Defeito ASTM No. 8, severidade baixa, localizado na amostra 4 da seção TX 1-A

l) Defeito ASTM No. 13, severidade baixa, localizado na amostra 4 da seção TX 1-B

m) Defeito ASTM No. 9, localizado na amostra 5 da seção TX 1-C

n) Defeitos ASTM No. 5 e No. 12 severidades alta e média respectivamente, localizados na amostra 11 da seção PA 1-A

o) Defeito ASTM No. 12 severidade alta, localizado na amostra 6 da seção PA 1-C

APÊNDICE C – LEVANTAMENTO DE DEFEITOS NO SBAQ

Nome do banco de dados: SBAQ_2014 (banco de dados público, disponível em www.faa.paveair.faa.gov)

Seção	Amostra	Código ASTM	Defeito ASTM	Severidade	DV Quantidade	Área amostra (m²)	Valor deduzido	PCI Amostra	PCI Seção
PI 1-A	1	8	Trincas Long. e Trans.	B	6,00	600,00	2,88	48	52
PI 1-A	1	8	Trincas Long. e Trans.	M	185,00	600,00	35,24	48	52
PI 1-A	1	12	Desagregação	A	1,01	600,00	7,98	48	52
PI 1-A	1	12	Desagregação	M	82,00	600,00	24,36	48	52
PI 1-A	1	16	Inchamento	B	8,00	600,00	4,35	48	52
PI 1-A	2	8	Trincas Long. e Trans.	B	8,20	600,00	3,32	51	52
PI 1-A	2	8	Trincas Long. e Trans.	M	140,00	600,00	29,99	51	52
PI 1-A	2	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,45	600,00	2,10	51	52
PI 1-A	2	12	Desagregação	A	0,03	600,00	4,59	51	52
PI 1-A	2	12	Desagregação	B	3,09	600,00	2,37	51	52
PI 1-A	2	12	Desagregação	M	49,00	600,00	19,13	51	52
PI 1-A	2	16	Inchamento	B	0,16	600,00	1,29	51	52
PI 1-A	3	8	Trincas Long. e Trans.	A	1,00	600,00	5,96	42	52
PI 1-A	3	8	Trincas Long. e Trans.	B	10,40	600,00	3,95	42	52
PI 1-A	3	8	Trincas Long. e Trans.	M	128,00	600,00	28,65	42	52
PI 1-A	3	12	Desagregação	A	15,18	600,00	30,21	42	52
PI 1-A	3	12	Desagregação	B	1,80	600,00	1,99	42	52
PI 1-A	3	12	Desagregação	M	51,38	600,00	19,48	42	52
PI 1-A	3	16	Inchamento	B	2,00	600,00	1,88	42	52
PI 1-A	3	17	Desprendimento	B	20,00	600,00	0,98	42	52
PI 1-A	4	8	Trincas Long. e Trans.	B	2,70	600,00	2,55	54	52
PI 1-A	4	8	Trincas Long. e Trans.	M	135,20	600,00	29,41	54	52
PI 1-A	4	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,49	600,00	2,11	54	52
PI 1-A	4	12	Desagregação	A	4,65	600,00	14,43	54	52
PI 1-A	4	12	Desagregação	M	66,03	600,00	22,03	54	52
PI 1-A	4	16	Inchamento	B	1,00	600,00	1,55	54	52
PI 1-A	5	1	Trincas por Fadiga (Couro de Jacaré)	B	3,00	600,00	14,90	49	52
PI 1-A	5	8	Trincas Long. e Trans.	B	4,10	600,00	2,49	49	52
PI 1-A	5	8	Trincas Long. e Trans.	M	126,50	600,00	28,50	49	52
PI 1-A	5	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,35	600,00	2,39	49	52
PI 1-A	5	12	Desagregação	A	0,11	600,00	4,80	49	52
PI 1-A	5	12	Desagregação	B	4,00	600,00	2,77	49	52
PI 1-A	5	12	Desagregação	M	61,24	600,00	21,21	49	52
PI 1-A	6	8	Trincas Long. e Trans.	A	1,00	600,00	5,96	49	52
PI 1-A	6	8	Trincas Long. e Trans.	B	1,30	600,00	2,78	49	52
PI 1-A	6	8	Trincas Long. e Trans.	M	143,90	600,00	30,51	49	52
PI 1-A	6	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,09	600,00	2,00	49	52
PI 1-A	6	12	Desagregação	A	0,08	600,00	4,72	49	52
PI 1-A	6	12	Desagregação	M	84,50	600,00	24,68	49	52
PI 1-A	6	16	Inchamento	B	0,30	600,00	1,34	49	52
PI 1-A	7	8	Trincas Long. e Trans.	B	15,00	600,00	4,62	53	52
PI 1-A	7	8	Trincas Long. e Trans.	M	130,00	600,00	28,85	53	52
PI 1-A	7	12	Desagregação	A	0,59	600,00	6,47	53	52
PI 1-A	7	12	Desagregação	B	0,25	600,00	1,53	53	52
PI 1-A	7	12	Desagregação	M	57,00	600,00	20,42	53	52
PI 1-A	7	16	Inchamento	B	2,56	600,00	2,26	53	52
PI 1-A	8	8	Trincas Long. e Trans.	B	0,30	600,00	2,87	54	52
PI 1-A	8	8	Trincas Long. e Trans.	M	122,00	600,00	28,04	54	52
PI 1-A	8	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,18	600,00	2,03	54	52
PI 1-A	8	12	Desagregação	A	3,63	600,00	12,89	54	52
PI 1-A	8	12	Desagregação	B	4,00	600,00	2,77	54	52
PI 1-A	8	12	Desagregação	M	89,00	600,00	25,22	54	52

Seção	Amostra	Código ASTM	Defeito ASTM	Severidade	Quantidade	Área amostra (m ²)	Valor deduzido	PCI Amostra	PCI Seção
PI 1-A	9	8	Trincas Long. e Trans.	B	2,00	600,00	2,66	55	52
PI 1-A	9	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	55	52
PI 1-A	9	12	Desagregação	A	0,00	600,00	4,52	55	52
PI 1-A	9	12	Desagregação	B	22,00	600,00	6,17	55	52
PI 1-A	9	12	Desagregação	M	76,00	600,00	23,55	55	52
PI 1-A	10	8	Trincas Long. e Trans.	A	2,50	600,00	7,95	48	52
PI 1-A	10	8	Trincas Long. e Trans.	B	3,50	600,00	2,47	48	52
PI 1-A	10	8	Trincas Long. e Trans.	M	145,40	600,00	30,72	48	52
PI 1-A	10	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,30	600,00	2,07	48	52
PI 1-A	10	12	Desagregação	A	2,00	600,00	9,71	48	52
PI 1-A	10	12	Desagregação	M	55,00	600,00	20,06	48	52
PI 1-A	10	16	Inchamento	B	0,50	600,00	1,40	48	52
PI 1-A	11	8	Trincas Long. e Trans.	B	2,80	600,00	2,54	57	52
PI 1-A	11	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	57	52
PI 1-A	11	12	Desagregação	A	1,19	600,00	8,48	57	52
PI 1-A	11	12	Desagregação	B	3,00	600,00	2,35	57	52
PI 1-A	11	12	Desagregação	M	53,09	600,00	19,74	57	52
PI 1-A	12	8	Trincas Long. e Trans.	B	19,60	600,00	5,31	54	52
PI 1-A	12	8	Trincas Long. e Trans.	M	131,00	600,00	28,95	54	52
PI 1-A	12	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,09	600,00	2,00	54	52
PI 1-A	12	12	Desagregação	A	0,25	600,00	5,23	54	52
PI 1-A	12	12	Desagregação	M	61,24	600,00	21,21	54	52
PI 1-A	13	8	Trincas Long. e Trans.	B	11,60	600,00	4,16	55	52
PI 1-A	13	8	Trincas Long. e Trans.	M	126,00	600,00	28,45	55	52
PI 1-A	13	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,18	600,00	2,03	55	52
PI 1-A	13	12	Desagregação	A	2,56	600,00	10,83	55	52
PI 1-A	13	12	Desagregação	M	50,15	600,00	19,30	55	52
PI 1-A	14	8	Trincas Long. e Trans.	B	0,70	600,00	2,85	57	52
PI 1-A	14	8	Trincas Long. e Trans.	M	126,50	600,00	28,50	57	52
PI 1-A	14	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,09	600,00	2,00	57	52
PI 1-A	14	12	Desagregação	A	4,78	600,00	14,62	57	52
PI 1-A	14	12	Desagregação	M	54,15	600,00	19,92	57	52
PI 1-A	15	8	Trincas Long. e Trans.	B	10,00	600,00	3,85	58	52
PI 1-A	15	8	Trincas Long. e Trans.	M	123,50	600,00	28,19	58	52
PI 1-A	15	12	Desagregação	A	0,97	600,00	7,85	58	52
PI 1-A	15	12	Desagregação	M	60,26	600,00	21,03	58	52
PI 1-B	1	8	Trincas Long. e Trans.	B	1,20	600,00	2,80	58	53
PI 1-B	1	8	Trincas Long. e Trans.	M	121,00	600,00	27,93	58	53
PI 1-B	1	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,04	600,00	1,98	58	53
PI 1-B	1	12	Desagregação	A	0,01	600,00	4,54	58	53
PI 1-B	1	12	Desagregação	M	49,00	600,00	19,13	58	53
PI 1-B	2	8	Trincas Long. e Trans.	B	2,20	600,00	2,63	60	53
PI 1-B	2	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	60	53
PI 1-B	2	12	Desagregação	A	0,01	600,00	4,54	60	53
PI 1-B	2	12	Desagregação	M	51,00	600,00	19,42	60	53
PI 1-B	3	1	Trincas por Fadiga (Couro de Jacaré)	B	10,00	600,00	25,71	46	53
PI 1-B	3	8	Trincas Long. e Trans.	B	3,50	600,00	2,47	46	53
PI 1-B	3	8	Trincas Long. e Trans.	M	130,50	600,00	28,90	46	53
PI 1-B	3	12	Desagregação	A	8,00	600,00	20,62	46	53
PI 1-B	3	12	Desagregação	B	2,00	600,00	2,05	46	53
PI 1-B	3	12	Desagregação	M	66,00	600,00	22,03	46	53

Seção	Amostra	Código ASTM	Defeito ASTM	Severidade	Quantidade	Área amostra (m²)	Valor deduzido	PCI Amostra	PCI Seção
PI 1-B	4	8	Trincas Long. e Trans.	B	3,00	600,00	2,51	53	53
PI 1-B	4	8	Trincas Long. e Trans.	M	123,00	600,00	28,14	53	53
PI 1-B	4	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,04	600,00	1,98	53	53
PI 1-B	4	12	Desagregação	A	0,25	600,00	5,23	53	53
PI 1-B	4	12	Desagregação	B	9,00	600,00	4,53	53	53
PI 1-B	4	12	Desagregação	M	65,01	600,00	21,86	53	53
PI 1-B	5	8	Trincas Long. e Trans.	B	10,00	600,00	3,85	52	53
PI 1-B	5	8	Trincas Long. e Trans.	M	141,50	600,00	30,18	52	53
PI 1-B	5	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,20	600,00	2,04	52	53
PI 1-B	5	12	Desagregação	A	0,11	600,00	4,80	52	53
PI 1-B	5	12	Desagregação	B	0,80	600,00	1,69	52	53
PI 1-B	5	12	Desagregação	M	65,24	600,00	21,90	52	53
PI 1-B	6	8	Trincas Long. e Trans.	B	4,60	600,00	2,57	55	53
PI 1-B	6	8	Trincas Long. e Trans.	M	127,00	600,00	28,55	55	53
PI 1-B	6	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	600,00	2,24	55	53
PI 1-B	6	12	Desagregação	A	4,00	600,00	13,44	55	53
PI 1-B	6	12	Desagregação	M	66,00	600,00	22,03	55	53
PI 1-B	6	17	Desprendimento	M	5,80	600,00	2,00	55	53
PI 1-B	7	8	Trincas Long. e Trans.	B	4,10	600,00	2,49	55	53
PI 1-B	7	8	Trincas Long. e Trans.	M	121,50	600,00	27,99	55	53
PI 1-B	7	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,50	600,00	2,12	55	53
PI 1-B	7	12	Desagregação	A	0,11	600,00	4,80	55	53
PI 1-B	7	12	Desagregação	M	53,04	600,00	19,73	55	53
PI 1-B	7	17	Desprendimento	M	12,00	600,00	2,55	55	53
PI 1-B	8	1	Trincas por Fadiga (Couro de Jacaré)	B	8,00	600,00	23,65	41	53
PI 1-B	8	8	Trincas Long. e Trans.	B	9,50	600,00	3,71	41	53
PI 1-B	8	8	Trincas Long. e Trans.	M	137,00	600,00	29,61	41	53
PI 1-B	8	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	600,00	2,24	41	53
PI 1-B	8	12	Desagregação	A	0,02	600,00	4,57	41	53
PI 1-B	8	12	Desagregação	B	16,50	600,00	5,11	41	53
PI 1-B	8	12	Desagregação	M	90,00	600,00	25,34	41	53
PI 1-B	9	1	Trincas por Fadiga (Couro de Jacaré)	B	6,00	600,00	21,04	49	53
PI 1-B	9	8	Trincas Long. e Trans.	B	19,00	600,00	5,18	49	53
PI 1-B	9	8	Trincas Long. e Trans.	M	125,50	600,00	28,39	49	53
PI 1-B	9	12	Desagregação	A	0,26	600,00	5,27	49	53
PI 1-B	9	12	Desagregação	B	0,50	600,00	1,60	49	53
PI 1-B	9	12	Desagregação	M	53,00	600,00	19,73	49	53
PI 1-B	10	8	Trincas Long. e Trans.	B	9,70	600,00	3,77	51	53
PI 1-B	10	8	Trincas Long. e Trans.	M	124,50	600,00	28,29	51	53
PI 1-B	10	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	18,00	600,00	7,84	51	53
PI 1-B	10	12	Desagregação	A	0,29	600,00	5,37	51	53
PI 1-B	10	12	Desagregação	B	0,09	600,00	1,48	51	53
PI 1-B	10	12	Desagregação	M	52,80	600,00	19,69	51	53
PI 1-B	11	8	Trincas Long. e Trans.	B	12,50	600,00	4,25	52	53
PI 1-B	11	8	Trincas Long. e Trans.	M	129,40	600,00	28,79	52	53
PI 1-B	11	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	15,00	600,00	7,20	52	53
PI 1-B	11	12	Desagregação	A	2,83	600,00	11,40	52	53
PI 1-B	11	12	Desagregação	M	84,50	600,00	24,68	52	53
PI 1-B	12	1	Trincas por Fadiga (Couro de Jacaré)	B	4,00	600,00	17,25	49	53
PI 1-B	12	8	Trincas Long. e Trans.	B	8,00	600,00	3,27	49	53
PI 1-B	12	8	Trincas Long. e Trans.	M	123,00	600,00	28,14	49	53
PI 1-B	12	12	Desagregação	A	3,00	600,00	11,75	49	53
PI 1-B	12	12	Desagregação	B	9,25	600,00	4,54	49	53
PI 1-B	12	12	Desagregação	M	48,75	600,00	19,10	49	53

Seção	Amostra	Código ASTM	Defeito ASTM	Severidade	Quantidade	Área amostra (m ²)	Valor deduzido	PCI Amostra	PCI Seção
PI 1-B	13	8	Trincas Long. e Trans.	M	122,00	600,00	28,04	58	53
PI 1-B	13	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,09	600,00	2,00	58	53
PI 1-B	13	12	Desagregação	A	0,71	600,00	6,93	58	53
PI 1-B	13	12	Desagregação	B	0,18	600,00	1,50	58	53
PI 1-B	13	12	Desagregação	M	68,50	600,00	22,43	58	53
PI 1-B	14	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	56	53
PI 1-B	14	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,09	600,00	2,00	56	53
PI 1-B	14	12	Desagregação	A	0,26	600,00	5,27	56	53
PI 1-B	14	12	Desagregação	B	12,00	600,00	4,52	56	53
PI 1-B	14	12	Desagregação	M	48,50	600,00	19,06	56	53
PI 1-B	15	8	Trincas Long. e Trans.	B	1,00	600,00	2,82	57	53
PI 1-B	15	8	Trincas Long. e Trans.	M	127,50	600,00	28,60	57	53
PI 1-B	15	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,09	600,00	2,00	57	53
PI 1-B	15	12	Desagregação	A	2,06	600,00	9,82	57	53
PI 1-B	15	12	Desagregação	M	51,13	600,00	19,44	57	53
PI 1-C	1	8	Trincas Long. e Trans.	B	7,40	600,00	3,14	54	57
PI 1-C	1	8	Trincas Long. e Trans.	M	133,50	600,00	29,22	54	57
PI 1-C	1	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	600,00	2,24	54	57
PI 1-C	1	12	Desagregação	A	0,08	600,00	4,72	54	57
PI 1-C	1	12	Desagregação	B	1,00	600,00	1,75	54	57
PI 1-C	1	12	Desagregação	M	56,30	600,00	20,29	54	57
PI 1-C	2	8	Trincas Long. e Trans.	A	0,40	600,00	5,22	44	57
PI 1-C	2	8	Trincas Long. e Trans.	M	122,50	600,00	28,09	44	57
PI 1-C	2	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,09	600,00	2,00	44	57
PI 1-C	2	12	Desagregação	A	18,25	600,00	33,90	44	57
PI 1-C	2	12	Desagregação	M	55,00	600,00	20,06	44	57
PI 1-C	3	8	Trincas Long. e Trans.	B	10,00	600,00	3,85	56	57
PI 1-C	3	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	56	57
PI 1-C	3	12	Desagregação	A	0,23	600,00	5,17	56	57
PI 1-C	3	12	Desagregação	B	2,00	600,00	2,05	56	57
PI 1-C	3	12	Desagregação	M	53,00	600,00	19,73	56	57
PI 1-C	4	8	Trincas Long. e Trans.	B	1,60	600,00	2,73	54	57
PI 1-C	4	8	Trincas Long. e Trans.	M	126,30	600,00	28,48	54	57
PI 1-C	4	12	Desagregação	A	0,25	600,00	5,23	54	57
PI 1-C	4	12	Desagregação	B	12,00	600,00	4,52	54	57
PI 1-C	4	12	Desagregação	M	64,10	600,00	21,71	54	57
PI 1-C	5	8	Trincas Long. e Trans.	B	3,00	600,00	2,51	50	57
PI 1-C	5	8	Trincas Long. e Trans.	M	123,00	600,00	28,14	50	57
PI 1-C	5	12	Desagregação	A	13,63	600,00	28,17	50	57
PI 1-C	5	12	Desagregação	B	4,00	600,00	2,77	50	57
PI 1-C	5	12	Desagregação	M	48,00	600,00	18,99	50	57
PI 1-C	6	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	67	57
PI 1-C	6	12	Desagregação	M	60,00	600,00	20,98	67	57
PI 1-C	7	8	Trincas Long. e Trans.	M	130,00	600,00	28,85	60	57
PI 1-C	7	12	Desagregação	A	0,02	600,00	4,57	60	57
PI 1-C	7	12	Desagregação	B	0,16	600,00	1,50	60	57
PI 1-C	7	12	Desagregação	M	63,00	600,00	21,52	60	57
PI 1-C	8	8	Trincas Long. e Trans.	B	4,00	600,00	2,48	60	57
PI 1-C	8	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	60	57
PI 1-C	8	12	Desagregação	A	0,72	600,00	6,97	60	57
PI 1-C	8	12	Desagregação	M	54,30	600,00	19,94	60	57
PI 1-C	9	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	63	57
PI 1-C	9	12	Desagregação	A	0,00	600,00	4,52	63	57
PI 1-C	9	12	Desagregação	M	69,39	600,00	22,57	63	57

Seção	Amostra	Código ASTM	Defeito ASTM	Severidade	Quantidade	Área amostra (m²)	Valor deduzido	PCI Amostra	PCI Seção
PI 1-C	10	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	57	57
PI 1-C	10	12	Desagregação	A	8,20	600,00	20,94	57	57
PI 1-C	10	12	Desagregação	M	58,25	600,00	20,65	57	57
PI 1-C	11	8	Trincas Long. e Trans.	B	1,80	600,00	2,70	60	57
PI 1-C	11	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	60	57
PI 1-C	11	12	Desagregação	A	0,02	600,00	4,57	60	57
PI 1-C	11	12	Desagregação	M	56,36	600,00	20,31	60	57
PI 1-C	12	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	63	57
PI 1-C	12	12	Desagregação	A	0,01	600,00	4,54	63	57
PI 1-C	12	12	Desagregação	M	76,10	600,00	23,57	63	57
PI 1-C	13	8	Trincas Long. e Trans.	B	9,50	600,00	3,71	58	57
PI 1-C	13	8	Trincas Long. e Trans.	M	127,00	600,00	28,55	58	57
PI 1-C	13	12	Desagregação	A	1,01	600,00	7,98	58	57
PI 1-C	13	12	Desagregação	M	60,70	600,00	21,11	58	57
PI 1-C	14	8	Trincas Long. e Trans.	B	4,20	600,00	2,50	60	57
PI 1-C	14	8	Trincas Long. e Trans.	M	121,50	600,00	27,99	60	57
PI 1-C	14	12	Desagregação	A	0,17	600,00	4,98	60	57
PI 1-C	14	12	Desagregação	M	48,00	600,00	18,99	60	57
PI 1-C	15	8	Trincas Long. e Trans.	B	5,20	600,00	2,70	55	57
PI 1-C	15	8	Trincas Long. e Trans.	M	123,00	600,00	28,14	55	57
PI 1-C	15	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,10	600,00	2,00	55	57
PI 1-C	15	12	Desagregação	A	0,00	600,00	4,52	55	57
PI 1-C	15	12	Desagregação	B	2,40	600,00	2,17	55	57
PI 1-C	15	12	Desagregação	M	56,40	600,00	20,31	55	57
PI 1-D	1	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	62	58
PI 1-D	1	12	Desagregação	A	0,38	600,00	5,68	62	58
PI 1-D	1	12	Desagregação	M	68,02	600,00	22,36	62	58
PI 1-D	2	8	Trincas Long. e Trans.	B	3,60	600,00	2,47	60	58
PI 1-D	2	8	Trincas Long. e Trans.	M	121,20	600,00	27,95	60	58
PI 1-D	2	12	Desagregação	A	0,21	600,00	5,10	60	58
PI 1-D	2	12	Desagregação	M	60,00	600,00	20,98	60	58
PI 1-D	3	8	Trincas Long. e Trans.	B	2,00	600,00	2,66	58	58
PI 1-D	3	8	Trincas Long. e Trans.	M	121,30	600,00	27,97	58	58
PI 1-D	3	12	Desagregação	A	0,11	600,00	4,80	58	58
PI 1-D	3	12	Desagregação	B	0,03	600,00	1,46	58	58
PI 1-D	3	12	Desagregação	M	50,67	600,00	19,37	58	58
PI 1-D	4	8	Trincas Long. e Trans.	B	5,00	600,00	2,65	58	58
PI 1-D	4	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	58	58
PI 1-D	4	12	Desagregação	A	0,06	600,00	4,67	58	58
PI 1-D	4	12	Desagregação	B	0,01	600,00	1,45	58	58
PI 1-D	4	12	Desagregação	M	52,00	600,00	19,57	58	58
PI 1-D	5	8	Trincas Long. e Trans.	B	1,50	600,00	2,75	59	58
PI 1-D	5	8	Trincas Long. e Trans.	M	121,50	600,00	27,99	59	58
PI 1-D	5	12	Desagregação	A	3,03	600,00	11,81	59	58
PI 1-D	5	12	Desagregação	M	48,54	600,00	19,07	59	58
PI 1-D	6	8	Trincas Long. e Trans.	B	2,00	600,00	2,66	58	58
PI 1-D	6	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	58	58
PI 1-D	6	12	Desagregação	A	0,09	600,00	4,75	58	58
PI 1-D	6	12	Desagregação	B	0,60	600,00	1,63	58	58
PI 1-D	6	12	Desagregação	M	48,00	600,00	18,99	58	58
PI 1-D	7	8	Trincas Long. e Trans.	B	7,40	600,00	3,14	64	58
PI 1-D	7	8	Trincas Long. e Trans.	M	123,00	600,00	28,14	64	58
PI 1-D	7	12	Desagregação	M	48,02	600,00	18,99	64	58

Seção	Amostra	Código ASTM	Defeito ASTM	Severidade	Quantidade	Área amostra (m²)	Valor deduzido	PCI Amostra	PCI Seção
PI 1-E	8	8	Trincas Long. e Trans.	B	3,50	600,00	2,47	60	56
PI 1-E	8	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	60	56
PI 1-E	8	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	600,00	2,24	60	56
PI 1-E	8	12	Desagregação	M	108,00	600,00	27,30	60	56
PI 1-E	9	8	Trincas Long. e Trans.	A	20,00	600,00	20,18	54	56
PI 1-E	9	8	Trincas Long. e Trans.	B	1,00	600,00	2,82	54	56
PI 1-E	9	8	Trincas Long. e Trans.	M	100,00	600,00	25,34	54	56
PI 1-E	9	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,50	600,00	2,12	54	56
PI 1-E	9	12	Desagregação	A	0,04	600,00	4,62	54	56
PI 1-E	9	12	Desagregação	M	48,00	600,00	18,99	54	56
PI 1-E	10	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	57	56
PI 1-E	10	12	Desagregação	A	0,08	600,00	4,72	57	56
PI 1-E	10	12	Desagregação	B	23,66	600,00	6,45	57	56
PI 1-E	10	12	Desagregação	M	63,00	600,00	21,52	57	56
PI 1-E	11	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,30	600,00	27,86	42	56
PI 1-E	11	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,24	600,00	2,05	42	56
PI 1-E	11	12	Desagregação	A	28,09	600,00	41,51	42	56
PI 1-E	11	12	Desagregação	M	58,04	600,00	20,62	42	56
PI 1-E	12	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	53	56
PI 1-E	12	12	Desagregação	A	0,26	600,00	5,27	53	56
PI 1-E	12	12	Desagregação	B	21,00	600,00	5,99	53	56
PI 1-E	12	12	Desagregação	M	148,00	600,00	31,78	53	56
PI 1-E	13	8	Trincas Long. e Trans.	B	1,00	600,00	2,82	62	56
PI 1-E	13	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	62	56
PI 1-E	13	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,21	600,00	2,04	62	56
PI 1-E	13	12	Desagregação	M	57,00	600,00	20,42	62	56
PI 1-E	14	8	Trincas Long. e Trans.	B	11,00	600,00	4,07	57	56
PI 1-E	14	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	57	56
PI 1-E	14	12	Desagregação	A	4,50	600,00	14,20	57	56
PI 1-E	14	12	Desagregação	B	0,00	600,00	1,45	57	56
PI 1-E	14	12	Desagregação	M	60,00	600,00	20,98	57	56
PI 1-E	15	8	Trincas Long. e Trans.	M	121,00	600,00	27,93	42	56
PI 1-E	15	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,05	600,00	1,98	42	56
PI 1-E	15	12	Desagregação	A	28,09	600,00	41,51	42	56
PI 1-E	15	12	Desagregação	B	0,00	600,00	1,45	42	56
PI 1-E	15	12	Desagregação	M	48,00	600,00	18,99	42	56
PI 1-F	1	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	62	57
PI 1-F	1	12	Desagregação	A	0,07	600,00	4,69	62	57
PI 1-F	1	12	Desagregação	M	48,00	600,00	18,99	62	57
PI 1-F	2	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	42	57
PI 1-F	2	12	Desagregação	A	35,00	600,00	45,15	42	57
PI 1-F	2	12	Desagregação	M	48,00	600,00	18,99	42	57
PI 1-F	3	8	Trincas Long. e Trans.	A	20,00	600,00	20,18	55	57
PI 1-F	3	8	Trincas Long. e Trans.	M	100,00	600,00	25,34	55	57
PI 1-F	3	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	2,20	600,00	2,93	55	57
PI 1-F	3	12	Desagregação	A	6,44	600,00	17,76	55	57
PI 1-F	3	12	Desagregação	M	48,00	600,00	18,99	55	57
PI 1-F	4	8	Trincas Long. e Trans.	A	20,00	600,00	20,18	50	57
PI 1-F	4	8	Trincas Long. e Trans.	B	4,00	600,00	2,48	50	57
PI 1-F	4	8	Trincas Long. e Trans.	M	100,00	600,00	25,34	50	57
PI 1-F	4	12	Desagregação	A	13,05	600,00	27,40	50	57
PI 1-F	4	12	Desagregação	M	48,00	600,00	18,99	50	57

Seção	Amostra	Código ASTM	Defeito ASTM	Severidade	Quantidade	Área amostra (m²)	Valor deduzido	PCI Amostra	PCI Seção
PI 1-F	5	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	43	57
PI 1-F	5	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,09	600,00	2,00	43	57
PI 1-F	5	12	Desagregação	A	26,69	600,00	40,59	43	57
PI 1-F	5	12	Desagregação	M	48,00	600,00	18,99	43	57
PI 1-F	6	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	58	57
PI 1-F	6	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,25	600,00	2,05	58	57
PI 1-F	6	12	Desagregação	A	2,82	600,00	11,38	58	57
PI 1-F	6	12	Desagregação	B	1,00	600,00	1,75	58	57
PI 1-F	6	12	Desagregação	M	51,21	600,00	19,45	58	57
PI 1-F	7	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	58	57
PI 1-F	7	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,25	600,00	2,05	58	57
PI 1-F	7	12	Desagregação	A	0,40	600,00	5,76	58	57
PI 1-F	7	12	Desagregação	M	108,12	600,00	27,31	58	57
PI 1-F	8	8	Trincas Long. e Trans.	B	1,80	600,00	2,70	57	57
PI 1-F	8	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	57	57
PI 1-F	8	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	600,00	2,24	57	57
PI 1-F	8	12	Desagregação	A	2,36	600,00	10,41	57	57
PI 1-F	8	12	Desagregação	M	52,60	600,00	19,66	57	57
PI 1-F	9	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	60	57
PI 1-F	9	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,96	600,00	2,23	60	57
PI 1-F	9	12	Desagregação	A	0,04	600,00	4,62	60	57
PI 1-F	9	12	Desagregação	M	77,97	600,00	23,83	60	57
PI 1-F	10	8	Trincas Long. e Trans.	B	2,50	600,00	2,58	55	57
PI 1-F	10	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	55	57
PI 1-F	10	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,16	600,00	2,02	55	57
PI 1-F	10	12	Desagregação	A	0,22	600,00	5,14	55	57
PI 1-F	10	12	Desagregação	M	126,10	600,00	29,24	55	57
PI 1-F	11	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	58	57
PI 1-F	11	12	Desagregação	A	0,09	600,00	4,75	58	57
PI 1-F	11	12	Desagregação	B	7,00	600,00	4,03	58	57
PI 1-F	11	12	Desagregação	M	67,42	600,00	22,26	58	57
PI 1-F	12	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	60	57
PI 1-F	12	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,49	600,00	2,11	60	57
PI 1-F	12	12	Desagregação	A	0,04	600,00	4,62	60	57
PI 1-F	12	12	Desagregação	M	58,85	600,00	20,77	60	57
PI 1-F	13	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	65	57
PI 1-F	13	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,36	600,00	2,08	65	57
PI 1-F	13	12	Desagregação	M	51,00	600,00	19,42	65	57
PI 1-F	14	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	67	57
PI 1-F	14	12	Desagregação	M	49,20	600,00	19,16	67	57
PI 1-F	15	8	Trincas Long. e Trans.	M	120,00	600,00	27,83	62	57
PI 1-F	15	12	Desagregação	A	1,40	600,00	8,88	62	57
PI 1-F	15	12	Desagregação	M	48,00	600,00	18,99	62	57
PI 1-G	1	NA	Sem defeito	NA	0,00	361,78	0,00	100	95
PI 1-G	2	NA	Sem defeito	NA	0,00	409,11	0,00	100	95
PI 1-G	3	5	Afundamento	M	1,04	552,80	6,39	91	95
PI 1-G	3	12	Desagregação	B	2,96	552,80	2,40	91	95
PI 1-G	4	5	Afundamento	B	3,60	628,90	2,84	95	95
PI 1-G	4	12	Desagregação	B	2,70	628,90	2,23	95	95
PI 1-G	5	12	Desagregação	B	4,90	588,95	3,06	97	95
PI 1-G	6	5	Afundamento	B	1,60	401,93	1,49	86	95
PI 1-G	6	8	Trincas Long. e Trans.	B	20,00	401,93	7,01	86	95
PI 1-G	6	12	Desagregação	B	22,80	401,93	7,78	86	95

Seção	Amostra	Código ASTM	Defeito ASTM	Severidade	Quantidade	Área amostra (m ²)	Valor deduzido	PCI Amostra	PCI Seção
TX 1-A	1	8	Trincas Long. e Trans.	B	35,50	460,00	8,68	47	52
TX 1-A	1	8	Trincas Long. e Trans.	M	114,30	460,00	31,24	47	52
TX 1-A	1	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,09	460,00	2,43	47	52
TX 1-A	1	12	Desagregação	A	4,00	460,00	15,25	47	52
TX 1-A	1	12	Desagregação	B	4,00	460,00	3,05	47	52
TX 1-A	1	12	Desagregação	M	21,00	460,00	15,57	47	52
TX 1-A	1	16	Inchamento	B	0,80	460,00	1,57	47	52
TX 1-A	2	8	Trincas Long. e Trans.	B	22,80	460,00	7,00	54	52
TX 1-A	2	8	Trincas Long. e Trans.	M	102,50	460,00	29,24	54	52
TX 1-A	2	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,04	460,00	2,40	54	52
TX 1-A	2	12	Desagregação	B	9,04	460,00	4,52	54	52
TX 1-A	2	12	Desagregação	M	20,00	460,00	15,29	54	52
TX 1-A	3	8	Trincas Long. e Trans.	B	23,00	460,00	7,03	49	52
TX 1-A	3	8	Trincas Long. e Trans.	M	100,00	460,00	28,89	49	52
TX 1-A	3	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	460,00	2,37	49	52
TX 1-A	3	12	Desagregação	A	0,00	460,00	4,52	49	52
TX 1-A	3	12	Desagregação	B	3,59	460,00	3,06	49	52
TX 1-A	3	12	Desagregação	M	30,00	460,00	17,56	49	52
TX 1-A	3	16	Inchamento	B	2,80	460,00	2,51	49	52
TX 1-A	4	8	Trincas Long. e Trans.	B	26,90	460,00	7,58	56	52
TX 1-A	4	8	Trincas Long. e Trans.	M	103,50	460,00	29,38	56	52
TX 1-A	4	12	Desagregação	A	0,21	460,00	5,31	56	52
TX 1-A	4	12	Desagregação	M	39,58	460,00	19,51	56	52
TX 1-A	5	8	Trincas Long. e Trans.	B	7,00	460,00	3,60	57	52
TX 1-A	5	8	Trincas Long. e Trans.	M	101,00	460,00	29,03	57	52
TX 1-A	5	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,33	460,00	2,63	57	52
TX 1-A	5	12	Desagregação	B	4,00	460,00	3,05	57	52
TX 1-A	5	12	Desagregação	M	20,09	460,00	15,32	57	52
TX 1-A	6	8	Trincas Long. e Trans.	B	10,40	460,00	4,35	55	52
TX 1-A	6	8	Trincas Long. e Trans.	M	112,50	460,00	30,90	55	52
TX 1-A	6	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,41	460,00	2,12	55	52
TX 1-A	6	12	Desagregação	B	3,00	460,00	2,71	55	52
TX 1-A	6	12	Desagregação	M	20,00	460,00	15,29	55	52
TX 1-A	7	1	Trincas por Fadiga (Couro de Jacaré)	B	1,80	460,00	12,69	47	52
TX 1-A	7	8	Trincas Long. e Trans.	B	16,30	460,00	5,66	47	52
TX 1-A	7	8	Trincas Long. e Trans.	M	101,00	460,00	29,03	47	52
TX 1-A	7	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,08	460,00	2,43	47	52
TX 1-A	7	12	Desagregação	A	0,05	460,00	4,68	47	52
TX 1-A	7	12	Desagregação	M	25,00	460,00	16,50	47	52
TX 1-A	7	16	Inchamento	B	1,80	460,00	2,10	47	52
TX 1-A	8	8	Trincas Long. e Trans.	B	18,50	591,42	5,13	48	52
TX 1-A	8	8	Trincas Long. e Trans.	M	162,00	591,42	33,19	48	52
TX 1-A	8	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,50	591,42	2,12	48	52
TX 1-A	8	12	Desagregação	A	1,12	591,42	8,34	48	52
TX 1-A	8	12	Desagregação	M	104,48	591,42	27,09	48	52
TX 1-A	8	16	Inchamento	B	2,40	591,42	2,17	48	52
TX 1-B	1	8	Trincas Long. e Trans.	B	51,00	442,92	11,39	63	60
TX 1-B	1	8	Trincas Long. e Trans.	M	16,00	442,92	11,64	63	60
TX 1-B	1	12	Desagregação	M	30,00	442,92	17,84	63	60
TX 1-B	1	13	Afundamento da Trilha de Roda	B	16,00	442,92	21,73	63	60
TX 1-B	2	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,13	400,00	2,03	66	60
TX 1-B	2	12	Desagregação	M	0,12	400,00	4,48	66	60
TX 1-B	2	13	Afundamento da Trilha de Roda	B	16,00	400,00	22,43	66	60
TX 1-B	2	15	Escurregamento	N/A	1,00	400,00	5,75	66	60

Seção	Amostra	Código ASTM	Defeito ASTM	Severidade	Quantidade	Área amostra (m ²)	Valor deduzido	PCI Amostra	PCI Seção
TX 1-B	3	8	Trincas Long. e Trans.	B	14,00	400,00	5,61	56	60
TX 1-B	3	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,29	400,00	2,10	56	60
TX 1-B	3	13	Afundamento da Trilha de Roda	B	16,00	400,00	22,43	56	60
TX 1-B	3	15	Escorregamento	N/A	16,16	400,00	31,53	56	60
TX 1-B	4	5	Afundamento	B	4,00	400,00	6,00	65	60
TX 1-B	4	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,13	400,00	2,60	65	60
TX 1-B	4	13	Afundamento da Trilha de Roda	B	16,00	400,00	22,43	65	60
TX 1-B	4	15	Escorregamento	N/A	1,20	400,00	6,31	65	60
TX 1-B	5	5	Afundamento	B	1,30	235,62	2,74	38	60
TX 1-B	5	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,18	235,62	2,11	38	60
TX 1-B	5	13	Afundamento da Trilha de Roda	B	16,00	235,62	26,25	38	60
TX 1-B	5	15	Escorregamento	N/A	24,00	235,62	52,00	38	60
TX 1-B	6	8	Trincas Long. e Trans.	B	14,00	400,00	5,61	61	60
TX 1-B	6	8	Trincas Long. e Trans.	M	2,00	400,00	4,43	61	60
TX 1-B	6	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,09	400,00	2,01	61	60
TX 1-B	6	13	Afundamento da Trilha de Roda	B	16,00	400,00	22,43	61	60
TX 1-B	6	15	Escorregamento	N/A	6,80	400,00	17,78	61	60
TX 1-B	7	8	Trincas Long. e Trans.	B	11,60	400,00	4,92	66	60
TX 1-B	7	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,09	400,00	2,01	66	60
TX 1-B	7	13	Afundamento da Trilha de Roda	B	16,00	400,00	22,43	66	60
TX 1-B	7	15	Escorregamento	N/A	4,00	400,00	12,06	66	60
TX 1-B	8	13	Afundamento da Trilha de Roda	B	16,00	400,00	22,43	73	60
TX 1-B	8	15	Escorregamento	N/A	1,00	400,00	5,75	73	60
TX 1-B	9	15	Escorregamento	N/A	14,60	500,00	25,88	74	60
TX 1-B	10	12	Desagregação	A	200,00	410,00	67,48	23	60
TX 1-B	10	12	Desagregação	M	230,00	410,00	46,25	23	60
TX 1-C	1	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,02	545,84	1,97	98	98
TX 1-C	2	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,18	460,00	2,05	98	98
TX 1-C	3	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,43	460,00	2,13	98	98
TX 1-C	4	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	460,00	2,37	98	98
TX 1-C	5	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	3,04	460,00	3,61	96	98
TX 1-C	6	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,65	460,00	2,20	98	98
TX 1-C	7	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	460,00	2,37	98	98
TX 1-C	8	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	460,00	2,37	98	98
TX 1-C	9	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	460,00	2,37	98	98
TX 1-C	10	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	460,00	2,37	98	98
TX 1-C	11	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	460,00	2,37	98	98
TX 1-C	12	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	460,00	2,37	98	98
TX 1-C	13	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	460,00	2,37	98	98
TX 1-C	14	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	494,50	2,33	98	98
PA 1-A	1	1	Trincas por Fadiga (Couro de Jacaré)	B	5,00	500,00	21,04	52	59
PA 1-A	1	5	Afundamento	B	3,00	500,00	3,00	52	59
PA 1-A	1	8	Trincas Long. e Trans.	B	144,20	500,00	22,11	52	59
PA 1-A	1	8	Trincas Long. e Trans.	M	5,00	500,00	5,95	52	59
PA 1-A	1	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	500,00	2,32	52	59
PA 1-A	1	12	Desagregação	B	1,80	500,00	2,10	52	59
PA 1-A	1	12	Desagregação	M	50,00	500,00	20,98	52	59
PA 1-A	2	8	Trincas Long. e Trans.	B	132,50	500,00	20,71	61	59
PA 1-A	2	8	Trincas Long. e Trans.	M	11,00	500,00	9,29	61	59
PA 1-A	2	12	Desagregação	B	17,00	500,00	5,88	61	59
PA 1-A	2	12	Desagregação	M	63,50	500,00	23,58	61	59

Seção	Amostra	Código ASTM	Defeito ASTM	Severidade	Quantidade	Área amostra (m ²)	Valor deduzido	PCI Amostra	PCI Seção
PA 1-A	3	5	Afundamento	B	1,96	500,00	1,45	60	59
PA 1-A	3	8	Trincas Long. e Trans.	B	134,00	500,00	20,89	60	59
PA 1-A	3	8	Trincas Long. e Trans.	M	0,60	500,00	3,06	60	59
PA 1-A	3	12	Desagregação	A	1,00	500,00	8,50	60	59
PA 1-A	3	12	Desagregação	B	13,60	500,00	5,07	60	59
PA 1-A	3	12	Desagregação	M	48,00	500,00	20,53	60	59
PA 1-A	4	8	Trincas Long. e Trans.	B	129,50	500,00	20,38	62	59
PA 1-A	4	8	Trincas Long. e Trans.	M	10,50	500,00	9,06	62	59
PA 1-A	4	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	500,00	2,32	62	59
PA 1-A	4	12	Desagregação	B	17,80	500,00	6,05	62	59
PA 1-A	4	12	Desagregação	M	48,25	500,00	20,59	62	59
PA 1-A	5	8	Trincas Long. e Trans.	B	128,30	500,00	20,25	59	59
PA 1-A	5	8	Trincas Long. e Trans.	M	1,00	500,00	3,34	59	59
PA 1-A	5	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,09	500,00	2,00	59	59
PA 1-A	5	12	Desagregação	B	7,59	500,00	4,54	59	59
PA 1-A	5	12	Desagregação	M	78,11	500,00	25,77	59	59
PA 1-A	6	5	Afundamento	B	1,00	375,00	1,04	51	59
PA 1-A	6	8	Trincas Long. e Trans.	B	103,20	375,00	21,32	51	59
PA 1-A	6	8	Trincas Long. e Trans.	M	22,00	375,00	15,28	51	59
PA 1-A	6	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	2,00	375,00	3,25	51	59
PA 1-A	6	12	Desagregação	A	0,07	375,00	4,81	51	59
PA 1-A	6	12	Desagregação	B	4,00	375,00	3,71	51	59
PA 1-A	6	12	Desagregação	M	58,50	375,00	25,75	51	59
PA 1-A	7	8	Trincas Long. e Trans.	B	106,30	500,00	17,83	65	59
PA 1-A	7	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,86	500,00	2,26	65	59
PA 1-A	7	12	Desagregação	A	0,02	500,00	4,58	65	59
PA 1-A	7	12	Desagregação	B	4,30	500,00	3,05	65	59
PA 1-A	7	12	Desagregação	M	43,90	500,00	19,68	65	59
PA 1-A	8	8	Trincas Long. e Trans.	B	125,70	500,00	19,98	63	59
PA 1-A	8	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,50	500,00	2,14	63	59
PA 1-A	8	12	Desagregação	A	0,33	500,00	5,74	63	59
PA 1-A	8	12	Desagregação	M	74,76	500,00	25,31	63	59
PA 1-A	9	8	Trincas Long. e Trans.	B	126,60	500,00	20,07	58	59
PA 1-A	9	8	Trincas Long. e Trans.	M	3,00	500,00	4,77	58	59
PA 1-A	9	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	2,09	500,00	3,08	58	59
PA 1-A	9	12	Desagregação	A	0,63	500,00	7,10	58	59
PA 1-A	9	12	Desagregação	B	0,01	500,00	1,45	58	59
PA 1-A	9	12	Desagregação	M	57,31	500,00	22,48	58	59
PA 1-A	10	5	Afundamento	B	1,50	500,00	1,13	63	59
PA 1-A	10	8	Trincas Long. e Trans.	B	113,50	500,00	18,71	63	59
PA 1-A	10	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	500,00	2,32	63	59
PA 1-A	10	12	Desagregação	A	0,00	500,00	4,52	63	59
PA 1-A	10	12	Desagregação	B	4,00	500,00	3,07	63	59
PA 1-A	10	12	Desagregação	M	48,00	500,00	20,53	63	59
PA 1-A	11	8	Trincas Long. e Trans.	B	128,50	500,00	20,27	54	59
PA 1-A	11	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	2,00	500,00	3,03	54	59
PA 1-A	11	12	Desagregação	A	10,02	500,00	26,07	54	59
PA 1-A	11	12	Desagregação	B	1,25	500,00	1,90	54	59
PA 1-A	11	12	Desagregação	M	57,12	500,00	22,44	54	59
PA 1-A	12	8	Trincas Long. e Trans.	B	96,50	375,00	20,29	56	59
PA 1-A	12	8	Trincas Long. e Trans.	M	1,20	375,00	3,78	56	59
PA 1-A	12	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	2,50	375,00	3,63	56	59
PA 1-A	12	12	Desagregação	A	0,12	375,00	5,05	56	59
PA 1-A	12	12	Desagregação	M	64,00	375,00	26,71	56	59

Seção	Amostra	Código ASTM	Defeito ASTM	Severidade	Quantidade	Área amostra (m²)	Valor deduzido	PCI Amostra	PCI Seção
PA 1-B	1	2	Exudação	N/A	2,00	507,50	2,71	59	70
PA 1-B	1	5	Afundamento	B	1,50	507,50	1,12	59	70
PA 1-B	1	8	Trincas Long. e Trans.	B	12,50	507,50	4,57	59	70
PA 1-B	1	8	Trincas Long. e Trans.	M	36,00	507,50	17,11	59	70
PA 1-B	1	12	Desagregação	A	8,00	507,50	22,78	59	70
PA 1-B	1	12	Desagregação	M	8,30	507,50	10,50	59	70
PA 1-B	2	5	Afundamento	B	4,00	290,00	8,03	79	70
PA 1-B	2	8	Trincas Long. e Trans.	B	3,50	290,00	3,11	79	70
PA 1-B	2	12	Desagregação	A	0,01	290,00	4,57	79	70
PA 1-B	2	12	Desagregação	B	10,00	290,00	5,93	79	70
PA 1-B	3	5	Afundamento	B	4,00	290,00	8,03	81	70
PA 1-B	3	8	Trincas Long. e Trans.	B	12,00	290,00	6,31	81	70
PA 1-B	3	12	Desagregação	B	20,00	290,00	8,60	81	70
PA 1-B	4	5	Afundamento	B	8,00	290,00	14,10	73	70
PA 1-B	4	8	Trincas Long. e Trans.	B	15,00	290,00	7,15	73	70
PA 1-B	4	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,01	290,00	1,97	73	70
PA 1-B	4	12	Desagregação	B	1,00	290,00	2,07	73	70
PA 1-B	4	12	Desagregação	M	0,01	290,00	4,36	73	70
PA 1-B	5	1	Trincas por Fadiga (Couro de Jacaré)	B	1,50	290,00	15,21	69	70
PA 1-B	5	5	Afundamento	B	8,00	290,00	14,10	69	70
PA 1-B	5	8	Trincas Long. e Trans.	B	6,00	290,00	4,25	69	70
PA 1-B	5	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,36	290,00	2,17	69	70
PA 1-B	5	12	Desagregação	B	0,40	290,00	1,70	69	70
PA 1-B	5	16	Inchamento	B	1,50	290,00	2,51	69	70
PA 1-C	1	5	Afundamento	B	4,00	580,00	3,84	82	87
PA 1-C	1	5	Afundamento	M	0,50	580,00	5,03	82	87
PA 1-C	1	8	Trincas Long. e Trans.	B	30,00	580,00	7,15	82	87
PA 1-C	1	12	Desagregação	B	1,50	580,00	1,92	82	87
PA 1-C	2	5	Afundamento	B	4,00	580,00	3,84	94	87
PA 1-C	2	12	Desagregação	B	0,50	580,00	1,61	94	87
PA 1-C	3	5	Afundamento	B	4,00	580,00	3,84	92	87
PA 1-C	3	12	Desagregação	M	0,01	580,00	4,35	92	87
PA 1-C	4	5	Afundamento	B	4,00	580,00	3,84	93	87
PA 1-C	4	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,27	580,00	2,06	93	87
PA 1-C	4	12	Desagregação	B	0,09	580,00	1,48	93	87
PA 1-C	5	5	Afundamento	B	4,00	580,00	3,84	85	87
PA 1-C	5	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,09	580,00	2,00	85	87
PA 1-C	5	12	Desagregação	A	0,05	580,00	4,65	85	87
PA 1-C	5	12	Desagregação	M	0,01	580,00	4,35	85	87
PA 1-C	6	5	Afundamento	B	9,06	435,00	11,63	72	87
PA 1-C	6	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	5,00	435,00	4,57	72	87
PA 1-C	6	12	Desagregação	A	0,34	435,00	6,01	72	87
PA 1-C	6	12	Desagregação	B	0,09	435,00	1,49	72	87
PA 1-C	6	12	Desagregação	M	1,04	435,00	5,28	72	87
PA 1-D	1	8	Trincas Long. e Trans.	B	19,00	545,84	5,59	94	95
PA 1-D	2	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,44	460,00	2,72	97	95
PA 1-D	3	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,12	460,00	2,45	96	95
PA 1-D	3	12	Desagregação	B	1,00	460,00	1,84	96	95
PA 1-D	4	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	460,00	2,37	96	95
PA 1-D	4	12	Desagregação	B	0,50	460,00	1,65	96	95
PA 1-D	5	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,18	460,00	2,50	90	95
PA 1-D	5	12	Desagregação	A	0,03	460,00	4,61	90	95
PA 1-D	5	12	Desagregação	B	1,00	460,00	1,84	90	95
PA 1-D	6	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	0,18	345,00	2,07	94	95
PA 1-D	6	12	Desagregação	M	0,02	345,00	4,37	94	95

Seção	Amostra	Código ASTM	Defeito ASTM	Severidade	Quantidade	Área amostra (m ²)	Valor deduzido	PCI Amostra	PCI Seção
PA 1-E	1	5	Afundamento	B	2,00	437,00	2,05	56	54
PA 1-E	1	8	Trincas Long. e Trans.	B	110,50	437,00	20,06	56	54
PA 1-E	1	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,00	437,00	2,41	56	54
PA 1-E	1	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	1,08	437,00	2,47	56	54
PA 1-E	1	12	Desagregação	A	0,04	437,00	4,65	56	54
PA 1-E	1	12	Desagregação	B	12,10	437,00	5,13	56	54
PA 1-E	1	12	Desagregação	M	50,33	437,00	22,53	56	54
PA 1-E	2	1	Trincas por Fadiga (Couro de Jacaré)	B	8,00	460,00	26,11	45	54
PA 1-E	2	3	Trincas de Bloco	B	24,00	460,00	13,53	45	54
PA 1-E	2	8	Trincas Long. e Trans.	B	107,80	460,00	19,11	45	54
PA 1-E	2	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	5,00	460,00	4,44	45	54
PA 1-E	2	12	Desagregação	A	0,01	460,00	4,55	45	54
PA 1-E	2	12	Desagregação	B	9,00	460,00	4,52	45	54
PA 1-E	2	12	Desagregação	M	40,24	460,00	19,65	45	54
PA 1-E	3	3	Trincas de Bloco	B	21,00	460,00	12,83	62	54
PA 1-E	3	8	Trincas Long. e Trans.	B	102,80	460,00	18,51	62	54
PA 1-E	3	8	Trincas Long. e Trans.	M	22,00	460,00	13,43	62	54
PA 1-E	3	9	Deterioração (óleo/combustíveis)	N/A	3,16	460,00	3,70	62	54
PA 1-E	3	12	Desagregação	M	40,00	460,00	19,60	62	54

APÊNDICE D - TABELAS DE CÁLCULO

Alternativa 1

Seção	PCI Seção	Desempenho	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025		2026		2027		2028		2029		2030		2031		2032		2033		2034		2035				
			PCI/ano	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR				
PI-1-A	52	3	20	4	95	1	92	1	89	1	86	1	83	1	80	1	77	1	74	1	71	1	68	1	65	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82				
PI-1-B	53	3	90	4	95	1	92	1	89	1	86	1	83	1	80	1	77	1	74	1	71	1	68	1	65	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82				
PI-1-C	57	3	64	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70				
PI-1-D	58	3	55	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70				
PI-1-E	56	3	53	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70				
PI-1-F	57	3	54	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70				
PI-1-G	55	3	92	3	89	2	94	1	91	1	88	1	85	1	82	1	79	2	84	1	81	1	78	1	75	1	72	1	69	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67				
TX-1-A	52	3	95	4	95	1	92	1	89	1	86	1	83	1	80	1	77	1	74	1	71	1	68	1	65	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82				
TX-1-B	60	1	99	3	85	1	84	1	83	1	82	1	81	1	80	1	79	2	84	1	83	1	82	1	81	1	80	1	79	2	84	1	83	1	82	1	81	1	80	1	79	2	84				
TX-1-C	66	2	60	1	91	1	93	1	90	2	87	1	84	1	81	1	78	1	75	2	80	1	78	1	76	1	74	1	72	1	70	2	85	1	83	1	81	1	79	1	77						
PA-1-A	58	2	57	3	85	1	83	1	81	1	79	1	77	1	75	1	73	3	85	1	83	1	81	1	79	1	77	1	75	1	73	3	85	1	83	1	81	1	79	1	77	1	75				
PA-1-B	70	4	66	3	85	1	81	1	77	1	73	1	69	3	65	1	61	3	85	1	81	1	77	1	73	1	69	3	65	1	61	3	85	1	81	1	77	1	73	1	69	3	65				
PA-1-C	87	3	84	2	89	1	86	1	83	1	80	1	77	1	74	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	84	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70				
PA-1-D	86	2	71	3	91	1	89	2	86	1	82	1	78	1	74	1	69	1	84	1	80	1	76	1	72	1	68	1	64	1	79	2	84	1	80	1	76	1	72	1	68	1	64				
PA-1-E	54	3	51	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70				
			64	90		84	85		82	79		76	73		70	67		64	61		58	55		52	49		46	43		40	37		34	31		28	25		22	19		16	13		10	7	
			2014	2015		2016	2017		2018	2019		2020	2021		2022	2023		2024	2025		2026	2027		2028	2029		2030	2031		2032	2033		2034	2035													
			Média																																										78		

		ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO		
PI-1-A	9000,00	4	135000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
PI-1-B	9000,00	4	135000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
PI-1-C	9000,00	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
PI-1-D	9000,00	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
PI-1-E	9000,00	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
PI-1-F	9000,00	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
PI-1-G	2943,47	1	0	2	5886,94	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	5886,94	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	26491,23	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
TX-1-A	3811,42	4	57171,3	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
TX-1-B	3886,94	3	3886,94	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	7977,08	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	7977,08	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
TX-1-C	6560,94	1	0	1	0	1	0	2	13120,68	1	0	1	0	1	0	2	13120,68	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	13120,68	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
PA-1-A	5750,00	3	51750	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	51750	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	51750	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
PA-1-B	1660,50	3	15007,5	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	15007,5	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	15007,5	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
PA-1-C	3335,00	2	6670	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	30015	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	30015	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
PA-1-D	2730,84	1	0	1	0	2	5461,68	1	0	1	0	1	0	1	0	2	5461,68	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	5461,68	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
PA-1-E	1357,00	3	12213	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	12213	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	12213	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
		772709	5887		5462		13121		0		0		30015		416835		5462		13121		0		196303		0		64483		408432		13121		0		0		196303		7977								
DOLARES \$	2.149.228,65			\$ -2.149.228,65		VPL		\$ 358.204,78																																							
REAIS R\$	4.347.083,60																																														

Alternativa 2

Seção	PCI Seção	Desempenho	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025		2026		2027		2028		2029		2030		2031		2032		2033		2034		2035																							
			PCI/ano	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR																											
PI 1-A	52	3	89	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67																							
PI 1-B	53	3	89	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67																							
PI 1-C	57	3	54	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67																							
PI 1-D	58	3	55	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67																							
PI 1-E	56	3	53	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67																							
PI 1-F	57	3	54	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67																							
PI 1-G	95	3	92	1	89	1	86	1	83	1	80	1	77	1	74	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67																							
TX 1-A	52	3	89	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70																							
TX 1-B	60	1	59	3	85	1	84	1	83	1	82	1	81	1	80	1	79	2	84	1	83	1	82	1	81	1	80	1	79	2	84	1	83	1	82	1	81	1	80	1	79	2	84																							
TX 1-C	96	2	96	1	94	1	92	1	90	1	88	1	86	2	91	1	89	1	87	1	85	1	83	1	81	2	86	1	84	1	82	1	80	1	78	1	76	2	81	1	79	1	77																							
PA 1-A	59	2	57	3	85	1	83	1	81	1	79	1	77	1	75	1	73	3	85	1	83	1	81	1	79	1	77	1	75	1	73	3	85	1	83	1	81	1	79	1	77	1	75																							
PA 1-B	70	4	66	3	85	1	81	1	77	1	73	1	69	1	65	1	61	3	85	1	81	1	77	1	73	1	69	1	65	1	61	3	85	1	81	1	77	1	73	1	69	1	65																							
PA 1-C	87	3	84	2	89	1	86	1	83	1	80	1	77	1	74	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67																							
PA 1-D	75	2	70	1	81	1	89	1	87	1	85	1	83	2	88	1	86	1	84	1	82	1	80	1	78	2	83	1	81	1	79	1	77	1	75	1	73	3	85	1	83	1	81																							
PA 1-E	54	3	53	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70																							
2014			67	2015		64	2016		67	2017		64	2018		61	2019		76	2020		76	2021		74	2022		73	2023		85	2024		82	2025		79	2026		76	2027		75	2028		72	2029		80	2030		82	2031		80	2032		77	2033		76	2034		73	2035		71
total			77																																																															

Seção	Area m2	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025		2026		2027		2028		2029		2030		2031		2032		2033		2034			
		ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO		
PI 1-A	9000,00	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
PI 1-B	9000,00	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
PI 1-C	9000,00	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
PI 1-D	9000,00	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
PI 1-E	9000,00	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
PI 1-F	9000,00	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
PI 1-G	2943,47	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	26491,23	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	26491,23	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
TX 1-A	3811,42	3	34302,78	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	34302,78	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	34302,78	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
TX 1-B	3988,54	3	35896,86	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	7977,08	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	7977,08	1	0	1	0	1	0	1	0	2	7977,08	1	0	1	0
TX 1-C	6560,34	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	13120,68	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	13120,7	1	0	1	0	1	0	2	13120,68	1	0	1	0	1	0	1	0
PA 1-A	5750,00	3	51750	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	51750	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	51750	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
PA 1-B	1667,50	3	15007,5	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	15007,5	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	15007,5	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
PA 1-C	3335,00	2	6670	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	30015	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	30015	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
PA 1-D	2730,84	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	5461,68	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	5461,68	1	0	1	0	1	0	1	0	3	24577,56	1	0	1	0	1	0
PA 1-E	1357,00	3	12213	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	12213	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	12213	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
641840		0		0		0		0		0		18582		56506		607250		0		0		0		18582		0		550483		113273		0		0		37698		0		7977			
DOLARES \$		2.052.193,36		\$ -2.052.193,36		VPL		\$ 342.032,23																																			
REAIS R\$		4.150.817,59																																									

200

Alternativa 3

Seção	PCI Seção	Desempenho	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025		2026		2027		2028		2029		2030		2031		2032		2033		2034		2035																																								
			PCI/ano	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI																																								
PI 1-A	52	3	48	4	96	1	92	1	89	1	86	1	83	1	80	1	77	1	74	1	71	1	68	1	65	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82																																								
PI 1-B	53	3	54	4	96	1	92	1	89	1	86	1	83	1	80	1	77	1	74	1	71	1	68	1	65	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82																																								
PI 1-C	57	3	54	4	96	1	92	1	89	1	86	1	83	1	80	1	77	1	74	1	71	1	68	1	65	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82																																								
PI 1-D	58	3	55	4	96	1	92	1	89	1	86	1	83	1	80	1	77	1	74	1	71	1	68	1	65	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82																																								
PI 1-E	56	3	53	4	96	1	92	1	89	1	86	1	83	1	80	1	77	1	74	1	71	1	68	1	65	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82																																								
PI 1-F	57	3	54	4	96	1	92	1	89	1	86	1	83	1	80	1	77	1	74	1	71	1	68	1	65	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82																																								
PI 1-G	55	3	92	1	89	1	86	1	83	1	80	1	77	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85																																								
TX 1-A	52	3	48	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70																																								
TX 1-B	60	1	58	2	64	1	63	3	85	1	84	1	83	1	82	1	81	1	80	1	79	2	84	1	83	1	82	1	81	1	80	1	79	2	84	1	83	1	82	1	81	1	80																																								
TX 1-C	98	2	96	1	94	1	92	1	90	1	88	1	86	1	84	1	82	1	80	1	78	1	76	3	85	1	83	1	81	1	79	1	77	1	75	1	73	3	85	1	83	1	81																																								
PA 1-A	59	2	57	2	62	1	60	1	58	1	56	3	85	1	83	1	81	1	79	1	77	1	75	1	73	3	85	1	83	1	81	1	79	1	77	1	75	1	73	3	85	1	83																																								
PA 1-B	70	4	66	2	71	1	67	1	63	1	59	3	85	1	81	1	77	1	73	1	69	1	65	1	61	3	85	1	81	1	77	1	73	1	69	1	65	1	61	3	85	1	81																																								
PA 1-C	67	3	64	1	81	1	78	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76																																								
PA 1-D	95	2	63	1	81	1	89	1	87	1	85	1	83	1	81	1	79	1	77	3	85	1	83	1	81	1	79	1	77	1	75	1	73	3	85	1	83	1	81	1	79	1	77																																								
PA 1-E	54	3	51	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70																																								
			67				64				86				83				83				80				81				79				77				77				75				74				72				81				80				77				76				74				73				81				80
2014			total																																									76																																							

Seção	Área m2	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025		2026		2027		2028		2029		2030		2031		2032		2033		2034	
		ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO		
PI 1-A	9000,00	4	135000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0
PI 1-B	9000,00	4	135000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0
PI 1-C	9000,00	4	135000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0
PI 1-D	9000,00	4	135000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0
PI 1-E	9000,00	4	135000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0
PI 1-F	9000,00	4	135000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0
PI 1-G	2943,47	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	26491,23	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	26491,23	1	0	1	0
TX 1-A	3811,42	3	34302,78	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	34302,78	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	34302,78	1	0	1	0	1	0	1	0		
TX 1-B	3988,54	2	7977,08	1	0	3	35896,86	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	7977,08	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	7977,08	1	0	1	0	1	0	1	0
TX 1-C	6560,34	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	59043,06	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	59043,06	1	0	1	0		
PA 1-A	5750,00	2	11500	1	0	1	0	3	51750	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	51750	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	51750	1	0	1	0
PA 1-B	1667,50	2	3335	1	0	1	0	1	0	3	15007,5	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	15007,5	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	15007,5	1	0	1	0
PA 1-C	3335,00	1	0	1	0	3	30015	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	30015	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	30015	1	0	1	0	1	0	1	0
PA 1-D	2730,84	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	24577,56	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	24577,56	1	0	1	0	1	0	1	0
PA 1-E	1357,00	3	12213	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	12213	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	12213	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
		879328		0		65912		0		66758		26491		0		46516		24578		37992		59043		552758		26491		0		46516		32555		30015		59043		552758		26491	
DOLARES \$		2.533.242,87		\$ -2.533.242,87		VPL		\$ 422.207,15																																	
REAIS R\$		5.123.800,36																																							

	PCI	
--	-----	--

Sello	Area m2	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025		2026		2027		2028		2029		2030		2031		2032		2033		2034			
		ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO				
P1 1-A	9000.00	2	18000	2	18000	4	135000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	18000		
P1 1-B	9000.00	2	18000	2	18000	4	135000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	18000		
P1 1-C	9000.00	2	18000	2	18000	4	135000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	18000		
P1 1-D	9000.00	2	18000	2	18000	4	135000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	18000		
P1 1-E	9000.00	2	18000	2	18000	4	135000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	18000		
P1 1-F	9000.00	2	18000	2	18000	4	135000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	18000		
P1 1-G	2943.47	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	5886.94	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	5886.94	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	5886.94	1	0	2	5886.94
TX 1-A	3811.42	2	7622.84	2	7622.84	4	5717.13	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	7622.84	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	7622.84		
TX 1-B	3988.54	1	0	2	7977.08	1	0	1	0	1	0	3	35896.86	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	7977.08		
TX 1-C	6560.34	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	13120.7	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	13120.68	2	13120.68	2	13120.68
PA 1-A	5750.00	1	0	2	11500	1	0	3	51750	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	51750	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	11500
PA 1-B	1667.50	1	0	2	3335	1	0	3	15007.5	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	15007.5	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	3335
PA 1-C	3335.00	1	0	2	6670	1	0	2	6670	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	33051	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	6670
PA 1-D	2730.84	1	0	2	5461.68	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	5461.68	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	5461.68		
PA 1-E	1357.00	2	2714	2	2714	1	0	3	12213	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	12213	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	2714		
		118337		153281		867171		85641		0		41784		0		0		5462		0		0		19008		108986		520303		0		0		0		5887		13121		172288			
DOLARES \$		2.111.266,46		\$ -2.111.266,46		VPL		\$ 351.877,74																																			
REAIS R\$		4.270.300,32																																									

Estr.	1		2		3		4		5	
PCI										
	91	100	76	90	51	75	26	50	0	25
M&R	Não fazer nada		Manutenção Corretiva		Manutenção Preventiva		Reforço		Reconstrução	
custo	0,00		2,00		9,00		15,00		30,00	
Δ PCI	0,0		5,0		85,0		95,0		100,0	

202

Alternativa 5

Seção	PCI Seção	Desempenho	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025		2026		2027		2028		2029		2030		2031		2032		2033		2034		2035	
			PCI/ano		PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR
PI 1-A	52	3	49	3	85	1	82	1	79	1	76	2	81	1	78	2	83	1	80	1	77	3	85	1	82	1	79	1	76	2	81	1	78	2	83	1	80	1	77	3	85	1	82	
PI 1-B	53	3	50	3	85	1	82	1	79	1	76	2	81	1	78	2	83	1	80	1	77	3	85	1	82	1	79	1	76	2	81	1	78	2	83	1	80	1	77	3	85	1	82	
PI 1-C	57	3	54	3	85	1	82	1	79	1	76	2	81	1	78	2	83	1	80	1	77	3	85	1	82	1	79	1	76	2	81	1	78	2	83	1	80	1	77	3	85	1	82	
PI 1-D	56	3	55	3	85	1	82	1	79	1	76	2	81	1	78	2	83	1	80	1	77	3	85	1	82	1	79	1	76	2	81	1	78	2	83	1	80	1	77	3	85	1	82	
PI 1-E	56	3	53	3	85	1	82	1	79	1	76	2	81	1	78	2	83	1	80	1	77	3	85	1	82	1	79	1	76	2	81	1	78	2	83	1	80	1	77	3	85	1	82	
PI 1-F	57	3	54	3	85	1	82	1	79	1	76	2	81	1	78	2	83	1	80	1	77	3	85	1	82	1	79	1	76	2	81	1	78	2	83	1	80	1	77	3	85	1	82	
PI 1-G	95	3	92	1	89	1	86	1	83	1	80	1	77	2	82	1	79	1	76	2	81	1	78	2	83	1	80	1	77	3	85	1	82	1	79	1	76	2	81	1	78	2	83	
TX 1-A	52	3	40	3	85	1	82	1	79	1	76	2	81	1	78	2	83	1	80	1	77	3	85	1	82	1	79	1	76	2	81	1	78	2	83	1	80	1	77	3	85	1	82	
TX 1-B	60	1	59	3	85	1	84	1	83	1	82	1	81	1	80	1	79	1	78	1	77	1	76	2	81	1	80	1	79	1	78	1	77	1	76	3	85	1	84	1	83	1	82	
TX 1-C	98	2	96	1	94	1	92	1	90	1	88	1	86	1	84	1	82	1	80	1	78	1	76	2	81	1	79	1	77	2	82	1	80	1	78	1	76	3	85	1	83	1	81	
PA 1-A	59	2	57	3	85	1	83	1	81	1	79	1	77	2	82	1	80	1	78	1	76	3	85	1	83	1	81	1	79	1	77	2	82	1	80	1	78	1	76	3	85	1	83	
PA 1-B	70	4	66	3	85	1	81	1	77	2	82	1	78	2	83	1	79	2	84	1	80	1	76	3	85	1	81	1	77	2	82	1	78	2	83	1	79	3	85	1	81	1	77	
PA 1-C	87	3	84	1	81	1	78	2	83	1	80	1	77	2	82	1	79	1	76	3	85	1	82	1	79	1	76	2	81	1	78	2	83	1	80	1	77	3	85	1	82	1	79	
PA 1-D	95	2	93	1	91	1	89	1	87	1	85	1	83	1	81	1	79	1	77	2	82	1	80	1	78	1	76	3	85	1	83	1	81	1	79	1	77	2	82	1	80	1	78	
PA 1-E	54	3	51	3	85	1	82	1	79	1	76	2	81	1	78	2	83	1	80	1	77	3	85	1	82	1	79	1	76	2	81	1	78	2	83	1	80	1	77	3	85	1	82	
67			64		86		83		81		79		80		80		81		79		78		82		82		79		78		81		79		81		79		80		83		81	
2014			2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025		2026		2027		2028		2029		2030		2031		2032		2033		2034		2035	