

# UFPA

PPGEC

# Universidade Federal do Pará

---



Renata Brabo Mascarenhas Barra

## **Análise da Manutenção de Pavimentos Urbanos: uma proposta de implantação de um sistema de gerência de pavimentos**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Instituto de Tecnologia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Dissertação orientada pelo Professor Dr. Alcebíades Negrão Macêdo e  
Coorientada pelo Professor Dr. Renato Martins das Neves

**Renata Brabo Mascarenhas Barra**

**ANÁLISE DA MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS URBANOS: uma proposta de implantação de um sistema de gerência de pavimentos**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Prof. Dr. Alcebíades Negrão Macêdo  
Doutor pela Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos  
Orientador

Prof. Dr. Renato Martins das Neves  
Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS  
Coorientador

Belém  
2017



**ANÁLISE DA MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS URBANOS: UMA PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE PAVIMENTOS**

AUTORA:

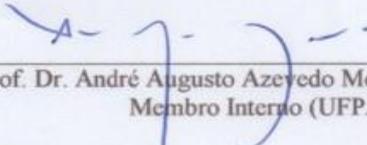
**RENATA BRABO MASCARENHAS BARRA**

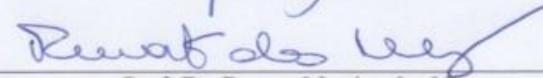
DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRA EM ENGENHARIA CIVIL NA ÁREA DE ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.

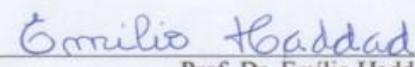
APROVADO EM: 19 / 09 / 2017

BANCA EXAMINADORA:

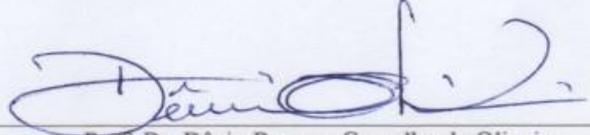
  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alcébiades Negrão Macedo  
Orientador (UFPA)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. André Augusto Azevedo Montenegro Duarte  
Membro Interno (UFPA)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Renato Martins das Neves  
Membro Externo (UFPA)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Emilio Haddad  
Membro Externo (USP)

Visto:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Dênio Ramam Carvalho de Oliveira  
Coordenador do PPGEC / ITEC / UFPA

Ao meu pequeno Joaquim, com todo o meu amor.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por todo o amor despejado em meu coração ao longo da vida, um amor que me surpreende todos os dias.

Ao Professor Dr. Alcebíades Negrão Macêdo pela confiança depositada desde o primeiro contato durante o processo seletivo do Mestrado. Ao Professor Dr. Renato Martins das Neves pela Coorientação deste trabalho e, em especial pelo incentivo e paciência durante a definição e consolidação da pesquisa. Ao Professor Dr. André Montenegro Duarte, e demais professores do PPGEC/UFPa que contribuíram para a minha formação nesta etapa da vida acadêmica.

Aos gestores do órgão municipal foco da pesquisa pela confiança e disponibilidade depositados na pesquisa.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro.

A Secretaria do PPGEC/UFPa, em especial a Sanny Assis, por toda paciência e cuidado durante esta jornada.

Aos meus Pais, Osvaldo e Selma, com o coração totalmente grato por todo amor, cuidado e paciência durante esta jornada. A minha avó, Altina, sem ela eu não estaria conquistando tudo isso, essa vitória é para ela, por sempre ter priorizado a minha educação e tantos outros sonhos.

Ao meu marido, Vitor Martins, por toda paciência e presença durante este período, sendo o meu maior incentivador. Obrigada por todo o amor e apoio.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

“Aceitem a minha disciplina, e não o dinheiro; prefiram o conhecimento, em lugar do ouro,  
porque a Sabedoria vale mais do que as pérolas, e nenhuma joia se compara a ela”.

(Provérbios 8,10-11)

## RESUMO

BARRA, Renata. *Análise da Manutenção de Pavimentos Urbanos: Uma proposta de implantação de um sistema de gerência de pavimentos*. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFPA, Belém.

A ausência do planejamento e gerenciamento urbano é o fator que mais contribui para conduzir os municípios a um estágio precário de sua infraestrutura. O gerenciamento da manutenção dos pavimentos urbanos é importante para uma boa gestão dos serviços públicos oferecidos por um órgão municipal, sendo um grande desafio a seus gestores. O desenvolvimento de um sistema interno de gerenciamento incorpora melhor às necessidades do órgão responsável pelas intervenções na malha viária, além do que, visa gerar economia e melhoria da qualidade dos serviços prestados. A malha viária urbana é um dos principais componentes do sistema de infraestrutura municipal, e ainda assim, a preocupação dos gestores públicos com a sistematização de procedimentos para a gerência desse sistema viário é pequena. Diante do exposto, esta pesquisa tem o objetivo de propor a implantação de um Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Urbanos a um Departamento de Obras Viárias público. Como estratégia de pesquisa adotou-se o estudo de caso, pois se realizou uma pesquisa de campo por meio da aplicação de um questionário estruturado analisando de forma aprofundada o ambiente foco da pesquisa. Além da etapa de revisão bibliográfica, o estudo compreendeu a execução de três fases, a primeira referente a apresentação da ideia (motivação) e o diagnóstico inicial do órgão foco da pesquisa, a segunda fase correspondeu a etapa de desenvolvimento do *software* ou seja a elaboração do Sistema de Gestão de Pavimentos Urbanos – SGPU e a terceira fase correspondeu a implantação e uso do sistema desenvolvido. Como principais resultados destacam-se: a criação de uma ferramenta computacional capaz de gerar um inventário da malha viária do município, a geração de relatórios de apoio para tomada de decisão considerando tipo de pavimento existente, tipo da última manutenção feita na via, demanda de serviços por bairro da região analisada, a condição do subleito e seu sistema de drenagem, o tipo de revestimento da via e o seu Índice de Condição de Pavimento. Tais relatórios proporcionam para a alta gestão o embasamento necessário para se planejar de maneira correta as ações a curto, médio e longo prazo, aumentando a eficiência e assertividade no atendimento das demandas. Por fim, se concluiu que o sistema desenvolvido atendeu ao objetivo geral da pesquisa, gerando de forma satisfatória o inventário das vias da região analisada agregando informações para tomadas de decisões gerenciais no órgão, além disso, a esta pesquisa torna-se importante para o meio acadêmico pelo seu caráter inovador na região analisada, se consolidando como uma das referências frente ao tema de gerência de manutenção de pavimentos urbanos em órgãos públicos.

**Palavras chave:** Pavimentos; Manutenção e reabilitação; Sistema de Gerência de Pavimentos.

## ABSTRACT

BARRA, Renata. *Urban Pavement Maintenance Analysis: a proposal for the implementation of a pavement management system*. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFPA, Belém.

The absence of urban planning and management is the factor that most contributes to driving municipalities to a precarious stage of their infrastructure. The management of the maintenance of the urban pavements is important for a good management of the public services offered by a municipal body, being a great challenge to its managers. The development of an internal management system better incorporates the needs of the agency responsible for interventions in the road network, besides, it aims to generate economy and improve the quality of the services provided. The urban road network is one of the main components of the municipal infrastructure system, and yet the concern of public managers with the systematization of procedures for the management of this road system is small. In view of the above, this research has the objective of proposing the implementation of an Urban Pavement Management System to a public Road Works Department. As a research strategy, the case study was adopted, since a field research was carried out by means of the application of a structured questionnaire, analyzing in depth the research focus. In addition to the bibliographic review stage, the study comprised the execution of three phases, the first one referring to the presentation of the idea (motivation) and the initial diagnosis of the focus of the research, the second phase corresponded to the software development stage ie the elaboration Of the Urban Pavement Management System - SGPU and the third phase corresponded to the implementation and use of the developed system. The main results are: the creation of a computational tool capable of generating an inventory of the municipal road network, generating support reports for decision making considering the type of existing pavement, type of last maintenance done on the road, Services per neighborhood of the analyzed region, the condition of the subgrade and its drainage system, the type of roadway covering and its Pavement Condition Index. These reports provide senior management with the foundation needed to plan the short, medium and long term actions correctly, increasing efficiency and assertiveness in meeting the demands. Finally, it was concluded that the developed system met the general objective of the research, generating in a satisfactory way the inventory of the routes of the analyzed region, aggregating information for management decision-making in the organ, in addition, this research becomes important for the environment For its innovative character in the analyzed region, consolidating itself as one of the references regarding the management of maintenance of urban pavements in public agencies.

**Keywords:** Pavements; Maintenance and rehabilitation; Floor management system.

## LISTA DE TABELAS, FIGURAS E QUADROS

<b>FIGURA 1.1</b> – Exemplo de buraco em via pública.....	16
<b>FIGURA 1.2</b> – Equipe de operação “tapa-buraco”.....	17
<b>FIGURA 2.1</b> – Camadas de um pavimento.....	20
<b>FIGURA 2.2</b> – Camadas de um pavimento flexível.....	21
<b>FIGURA 2.3</b> – Camadas de um pavimento rígido.....	22
<b>QUADRO 2.1</b> – Defeitos considerados no manual SHRP.....	24
<b>FIGURA 2.4</b> – Implantação de um SGPU.....	40
<b>FIGURA 2.5</b> – Fluxograma de um SGP com alternativas das estratégias de M&R.....	45
<b>FIGURA 3.1</b> – Bairros do Município de Belém.....	50
<b>FIGURA 3.2</b> – Delineamento da pesquisa.....	51
<b>QUADRO 3.1</b> – Parâmetros que compõem o SGPU.....	54
<b>QUADRO 3.2</b> – Exemplo dos dados existentes no órgão.....	56
<b>QUADRO 4.1</b> – Investimentos em infraestrutura urbana.....	58
<b>GRÁFICO 4.1</b> – Toneladas de CBUQ aplicado em 2015.....	58
<b>FIGURA 4.1</b> – Tela inicial do SGPU.....	61
<b>FIGURA 4.2</b> – Tela de cadastro de novo usuário.....	61
<b>FIGURA 4.3</b> – Tela inicial de uso das funções do sistema.....	62
<b>FIGURA 4.4</b> – Tela de cadastro de vias – aba inventário.....	63
<b>FIGURA 4.5</b> – Diagnóstico da via.....	64
<b>FIGURA 4.6</b> – Planilha de levantamento de defeitos.....	65
<b>FIGURA 4.7</b> – Tela de elaboração de orçamento.....	66
<b>FIGURA 4.8</b> – Cadastro de serviços para orçamento.....	67
<b>FIGURA 4.9</b> – Cadastro de logradouro.....	68
<b>FIGURA 4.10</b> – Cadastro de bairro.....	69
<b>FIGURA 4.11</b> – Aba relatório.....	70
<b>FIGURA 4.12</b> – Aba segurança.....	70
<b>GRÁFICO 4.2</b> – Tipo de pavimento.....	72
<b>GRÁFICO 4.3</b> – Tipo de revestimento.....	73
<b>GRÁFICO 4.4</b> – Condição do subleito.....	74
<b>GRÁFICO 4.5</b> – Tipo de drenagem.....	75
<b>GRÁFICO 4.6</b> – Demanda por bairro.....	76
<b>GRÁFICO 4.7</b> – Tipo de manutenção realizada.....	77

**GRÁFICO 4.8 – Índice de condição de pavimentos.....78**

# SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS E QUADROS.....</b>	<b>IX</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 CONTEXTO DE PESQUISA.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....</b>	<b>15</b>
<b>1.3 OBJETIVOS DE PESQUISA.....</b>	<b>17</b>
1.3.1 Objetivo Geral.....	17
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
<b>1.4 SÍNTESE DA METODOLOGIA DE PESQUISA.....</b>	<b>18</b>
<b>1.5 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 PAVIMENTOS: TERMINOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 MÉTODOS DE LEVANTAMENTO DE DEFEITOS.....</b>	<b>22</b>
2.2.1 Manual de Identificação de defeitos nos pavimentos - SRHP.....	22
<b>2.3 SISTEMAS VIÁRIOS E PAVIMENTOS URBANOS.....</b>	<b>30</b>
<b>2.4 ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO &amp; REABILITAÇÃO (M&amp;R).....</b>	<b>31</b>
2.4.1 Prevenção.....	32
2.4.2 Corretiva ou Recuperação.....	33
2.4.3 Reconstrução.....	33
2.4.4 Reforço.....	33
<b>2.5 SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS - SGP.....</b>	<b>34</b>
2.5.1 Histórico e Conceito.....	34
2.5.2 Estruturação de Sistemas de Gerência de Pavimentos.....	37
2.5.3 Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos - SGPU.....	40
2.5.4 Níveis de um Sistema de Gerência de Pavimentos.....	42
2.5.5 Nível de Rede.....	43
2.5.6 Nível de Projeto.....	44
<b>2.6 PROGRAMAÇÃO EM PERSONAL HOME PAGE - PHP.....</b>	<b>45</b>

<b>3. MÉTODO DE PESQUISA.....</b>	<b>48</b>
<b>3.1 ESTRATÉGIA E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....</b>	<b>48</b>
<b>3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....</b>	<b>49</b>
<b>3.3 FASE I – APRESENTAÇÃO E DIAGNÓSTICO INICIAL DO ORGÃO.....</b>	<b>51</b>
3.3.1 Apresentação do Sistema de Gestão de Pavimentos no Órgão.....	51
3.3.2 Identificação da estratégia de M&R atual.....	52
3.3.3 Aplicação do questionário.....	52
3.3.4 Análise do questionário aplicado.....	53
<b>3.4 FASE II – DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE GESTÃO DE PAVIMENTOS URBANOS – SGPU.....</b>	<b>53</b>
<b>3.5 FASE III – IMPLANTAÇÃO E USO DO SGPU.....</b>	<b>55</b>
3.5.1 Treinamento para uso do SGPU.....	55
3.5.2 Período de uso do sistema.....	55
<b>3.6 TRATAMENTO DOS DADOS.....</b>	<b>56</b>
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>57</b>
<b>4.1 DIAGNÓSTICO INICIAL – QUESTIONÁRIO APLICADO.....</b>	<b>57</b>
<b>4.2 RESULTADOS DA FASE I.....</b>	<b>59</b>
<b>4.3 RESULTADOS DA FASE II.....</b>	<b>60</b>
<b>4.4 RESULTADOS DA FASE III.....</b>	<b>71</b>
<b>4.5 SÍNTESE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>79</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>81</b>
<b>5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>81</b>
<b>5.2 PROPOSTA DE PESQUISAS FUTURAS.....</b>	<b>82</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>86</b>

### 1. INTRODUÇÃO

#### 1.1 CONTEXTO DE PESQUISA

A ausência do planejamento e gerenciamento urbano é o fator que mais contribui para conduzir os municípios a um estágio precário de sua infraestrutura. Diante disso, verifica-se que um bom planejamento e um adequado gerenciamento influenciam substancialmente na vida do cidadão deste ambiente urbano, pois ao negligenciar a infraestrutura urbana, exclui-se também o cidadão da utilização e acesso aos bens públicos básicos, os quais ele patrocina com o pagamento dos impostos.

No Brasil os serviços de conservação e manutenção viária são realizados pelos órgãos públicos, como Secretarias de Obras e Saneamento dos municípios, bem como, Secretarias Estaduais de Obras e Transporte, e ainda pela Diretoria de Infraestrutura Rodoviária que é responsável pela manutenção, recuperação e construção de vias de transportes interurbanas, que podem ser federais ou estaduais.

Segundo a Confederação Nacional do Transporte - CNT (2015) um dos problemas encontrados no Brasil relacionados a estrutura dos pavimentos flexíveis, é o não atendimento às normas técnicas, o que resulta em falhas construtivas que como consequência aceleram o processo de deformação do pavimento, resultando em maiores custos de manutenção e conservação para manter as condições ideais de tráfego. Por vezes, a falta de gerenciamento e de uso das recomendações e normas técnicas dos serviços de manutenção e conservação viária faz com que os serviços de manutenção sejam executados sem orientação e de forma desorganizada, resultando em baixa produtividade, má qualidade e na maioria dos casos necessitando de um retrabalho, o que acarreta maior custo.

O gerenciamento da manutenção dos pavimentos urbanos é de fundamental importância para uma boa gestão, porém, é um grande desafio. O desenvolvimento de um sistema interno de gerenciamento incorporará melhor às necessidades do órgão responsável

pelas intervenções na malha viária, além do que, visa gerar economia e melhoria da qualidade dos serviços prestados.

O gerenciamento de pavimentos não é um conceito novo, pois decisões são tomadas todos os dias pelos órgãos responsáveis pelos pavimentos, sejam eles municipais estaduais ou federais. Haas *et al.* (1994) afirma que a ideia por trás da gerência de pavimentos é aumentar a eficiência da tomada de decisão, expandir seu alcance e promover avaliações das consequentes decisões e assegurar a consistência das decisões tomadas em diferentes níveis de uma mesma organização.

Nishiyama *et al.* (1995) destacou fatores importantes sobre o interesse e o desenvolvimento crescente dos SGP naquela época, tais fatores ainda se aplicam atualmente no cenário do País.

- Políticas econômicas de contenções de gastos, causando notável diminuição nos recursos destinados às vias urbanas;
- Racionalização e escassez dos recursos energéticos, o que torna os insumos de pavimentação caros e raros, levando a uma otimização programada dos investimentos em pavimentação;
- O custo operacional dos veículos elevados em detrimento a condição do pavimento, o SGP procura otimizar o custo com manutenção;
- Avanço em tecnologias de avaliação periódica de pavimentos, tanto no que se refere a método como equipamentos e desenvolvimento de técnicas;
- Desenvolvimento de métodos de previsão de desempenho dos pavimentos, permitindo ao SGP antever o comportamento do pavimento durante a sua vida útil.

A racionalização da gestão de conservação e manutenção das vias urbanas depende da implantação de um Sistema de Gerenciamento que consiga demonstrar a necessidade de operações de conservação emergencial e também de caráter preventivo. Para isso, faz-se necessário a realização de levantamentos detalhados das vias da cidade, formando-se um banco de dados consistente sobre o sistema viário, e que através de tais informações possa-se demonstrar ao gestor maior da cidade as condições em que se encontram os revestimentos das vias do município.

De acordo com o contexto apresentado, esta pesquisa visa responder ao seguinte questionamento: “Como um sistema de gerenciamento de pavimentos urbanos pode contribuir com a gestão, no que tange a tomada de decisão do tipo de serviço a ser realizado referente a manutenção de pavimentos urbanos?”

## **1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA**

A malha viária urbana é um dos principais componentes do sistema de infraestrutura municipal, e ainda assim, a preocupação dos gestores públicos com a sistematização de procedimentos para a gerência desse sistema viário é pequena.

As etapas de planejamento, dimensionamento e construção das estruturas de um sistema viário não são executadas com critérios, resultando em um número elevado de vias precocemente deterioradas, com sua vida de serviço reduzida e acarretando em um alto custo de manutenção e reabilitação.

O problema da manutenção dos pavimentos urbanos é agravado pelos seguintes fatores: carência/ausência de dados históricos, falta de integração entre as áreas municipais de serviços que interferem no espaço da via pública, o que dificulta a busca de informações, considerando na maioria dos casos a ausência de um banco de dados da malha viária (dimensões, tipo de pavimento, histórico de manutenções, dados de uso do solo, entre outros).

Cidades de médio e grande porte que possuem um crescente volume de informações relativas a malha viária, necessitam de sistemas eficientes de processamento de dados, o que auxiliará diretamente no processo de tomada de decisão dos gestores maiores. Grande parte das informações coletadas são armazenadas sob a forma de gráficos, figuras, mapas, textos e tabelas, não havendo um sistema único de informação. Há uma grande necessidade que os dados estejam estruturados, podendo ser acessados de maneira rápida e eficiente.

Um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos - SGPU, representa uma possibilidade real de se avançar de um sistema de manutenção tradicional, baseado quase sempre na correção de problemas, para um sistema de manutenção planejada, onde as intervenções na malha viária abrangem não só a solução de problemas, mas também, que se realize um trabalho de prevenção que prolongue a vida útil garantindo padrões mínimos de serviço em toda a malha gerenciada.

Em um país em desenvolvimento como o Brasil, aonde os recursos são escassos, deve-se enfatizar a otimização da utilização dos mesmos, garantindo boas condições para as vias

públicas, sendo resultado de uma abordagem organizada e compatível com os serviços prestados diariamente pelos órgãos competentes.

O desgaste do pavimento asfáltico urbano é a cada dia mais acentuado devido a fatores comuns do seu uso, como o intenso tráfego de veículos leves e pesados, problemas estruturais, idade do pavimento, ocorrência de chuvas, entre outros fatores que levam à necessidade de uma manutenção corretiva do pavimento asfáltico.

Estes desgastes se transformam em defeitos no pavimento, os conhecidos buracos ou “panelas” nas vias urbanas (Figura 1.1 e 1.2), tais defeitos afetam o tráfego urbano, reduzindo a velocidade nas principais ruas e avenidas, podendo ainda causar acidentes de trânsito, afetando o custo de transporte e a segurança dos usuários.

Figura 1.1 – Exemplo de buraco em via pública



Fonte: Autor, 2017.

O município é responsável por conservar e manter o patrimônio público. Portanto, as atividades de manutenção nos pavimentos, como manutenção preventiva, periódica, restauração e reconstrução devem ser realizadas de forma a manter e prolongar a vida útil de seus pavimentos (DNER, 1998).

A correção destes defeitos é realizada pela prefeitura, no caso dos municípios, que formam equipes com funcionários e equipamentos próprios e/ou possuem contratos de manutenção e conservação urbana com empresas especializadas para efetuar o serviço comumente chamado de “operação tapa-buraco”.

Figura 1.2 – Equipe de operação “tapa buraco”



Fonte: Autor, 2017.

De acordo com Lima *et al.* (2004), uma manutenção efetiva do pavimento e das outras infraestruturas na área urbana aumenta bastante a vida em serviços e reduz os custos. Porém, no Brasil observa-se a ausência de um trabalho integrado entre as diversas áreas do serviço público municipal, sendo a gerência da infraestrutura urbana feita de forma informal, baseada principalmente em decisões políticas.

O presente estudo justifica-se em razão do pequeno número de pesquisas e projetos voltados para problemas reais, especificamente na área de pavimentação urbana. Além do que, é necessário que as Prefeituras Municipais tomem conhecimento da existência e dos benefícios da implantação de um Sistema de Gerência de Pavimentos, para melhor aplicação e racionalização dos recursos públicos disponíveis, garantindo-se o acompanhamento e a qualidade dos serviços realizados, além de se gerar uma memória das ações desenvolvidas.

### **1.3 OBJETIVOS DE PESQUISA**

#### **1.3.1 Objetivo geral**

Esta pesquisa objetivou propor a implantação de um Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Urbanos a um Departamento de Obras Viárias público.

#### **1.3.1 Objetivos específicos**

Como objetivos específicos, destaca-se:

- a) Identificar os procedimentos atuais utilizados para planejar as intervenções nos pavimentos;

- b) Inventariar os dados necessários à gerência de pavimentos referente as demandas realizadas nos anos de 2013, 2014 e 2015 no órgão responsável pela realização do serviço de manutenção de vias publicas;
- c) Identificar os benefícios da utilização do Sistema de Gestão de Pavimentos Urbanos - SGPU.

#### **1.4 SÍNTESE DA METODOLOGIA DE PESQUISA**

Esta pesquisa adotou como estratégia o estudo de caso, pois se realizou uma pesquisa de campo por meio da aplicação de um questionário estruturado analisando de forma aprofundada o ambiente foco da pesquisa. Além da revisão bibliográfica realizada, a evolução da pesquisa compreendeu a execução de três fases, a primeira referente a apresentação da ideia (motivação) e o diagnóstico inicial do órgão foco da pesquisa, a segunda fase correspondeu a etapa de desenvolvimento do *software* ou seja a elaboração do Sistema de Gestão de Pavimentos Urbanos – SGPU e a terceira fase correspondeu a implantação e uso do sistema desenvolvido objetivando identificar o cenário atual do órgão e quais benefícios o sistema pôde agregar a gestão no que tange a tomada de decisão do tipo de serviço a ser executado na manutenção dos pavimentos urbanos públicos.

#### **1.5 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

Além deste capítulo introdutório, esta dissertação está estruturada em mais quatro capítulos que tratam dos assuntos abaixo especificados:

- Capítulo 2: Revisão bibliográfica, foram abordados os conceitos da área de pavimentação, explanando o funcionamento dos sistemas de gerência de pavimentos, bem como apresenta os tipos de Manutenção e Reabilitação existentes e finaliza com os conceitos sobre programação em PHP.
- Capítulo 3: Método de pesquisa, se apresenta a estratégia de pesquisa utilizada, as características do órgão participante, o delineamento da pesquisa, além da classificação, fases e etapas de pesquisa e a forma como foram tratados os dados que foram analisados.
- Capítulo 4: Resultados, neste capítulo apresenta-se o diagnóstico realizado no órgão público alvo da pesquisa e também os resultados obtidos com a implantação do Sistema de Gestão de Pavimentos Urbanos, destacando os benefícios da utilização de uma ferramenta computacional de gestão.

- Capítulo 5: Conclusões, neste capítulo se expõem as conclusões obtidas com a realização das fases da pesquisa, comparando os resultados alcançados com os conceitos teóricos utilizados no referencial teórico que serviu de base, além de destacar o grau de alcance dos objetivos definidos para a pesquisa e apresentar propostas de pesquisa futuras a partir desta.

### 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

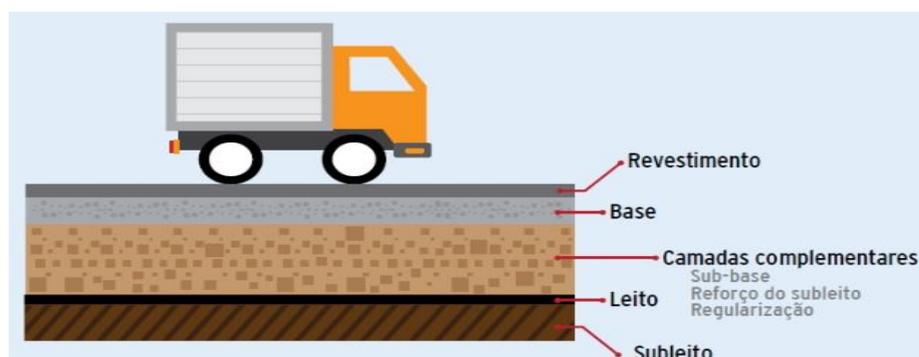
Neste capítulo serão abordados assuntos referentes à fundamentação teórica da pesquisa, tais como, terminologia e classificação dos pavimentos, estratégias de manutenção e reabilitação (M&R), Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU) e Programação em *Personal Home Page - PHP*.

#### 2.1 PAVIMENTOS: TERMINOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO

A Norma Brasileira de Pavimentação, NBR 7207/1982, define o pavimento como uma estrutura construída após a terraplenagem e destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto, a: resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego; melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança; resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando-os mais duráveis a superfícies de rolamento.

BERNUCCI *et al.* (2006) define e demonstra na Figura 2.1 pavimento como uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construídas sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhorias nas condições de rolamento, conforto, economia e segurança.

Figura 2.1 – Camadas de um pavimento



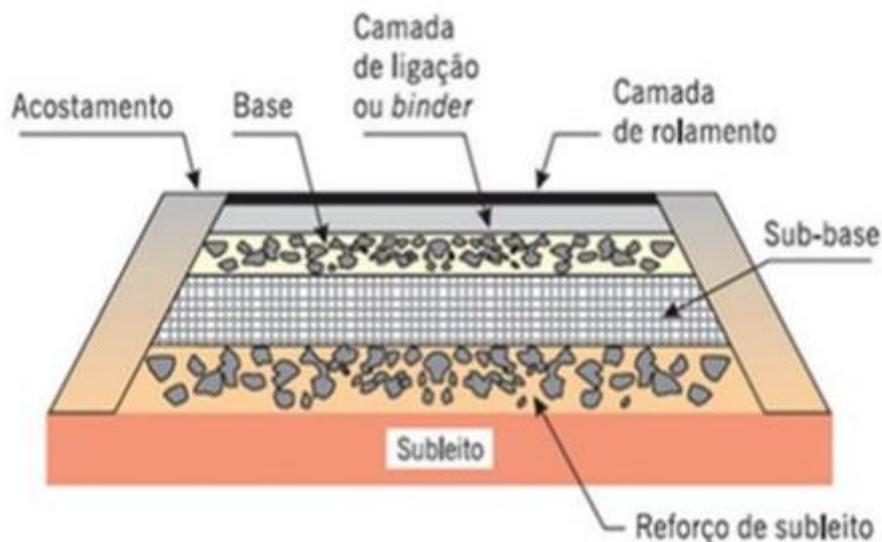
Fonte: Bernucci *et al.*, 2006.

Segundo Bernucci *et al.* (2006), se o solo natural não é resistente o suficiente, sofrendo deformações significativas com a repetição de cargas de roda, é necessário a construção de uma estrutura constituída sobre o subleito denominada pavimento que suporte as cargas dos veículos que por meio dos pneus, suas solicitações são distribuídas às suas diversas camadas e subleito, limitando as tensões e deformações, garantido por um longo período de tempo um adequado desempenho.

Os pavimentos podem ser classificados nas seguintes tipologias:

- a) Pavimentos Flexíveis: como demonstrado na Figura 2.2 é constituído de concreto asfáltico, que de acordo com a norma do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT 031/2004 –ES, define concreto asfáltico como uma mistura executada a quente, em uma usina apropriada, possuindo características específicas de acordo com a finalidade, composta de agregado graduado, material de enchimento (filer) se necessário e cimento asfáltico, sendo aplicada e compactada a quente;

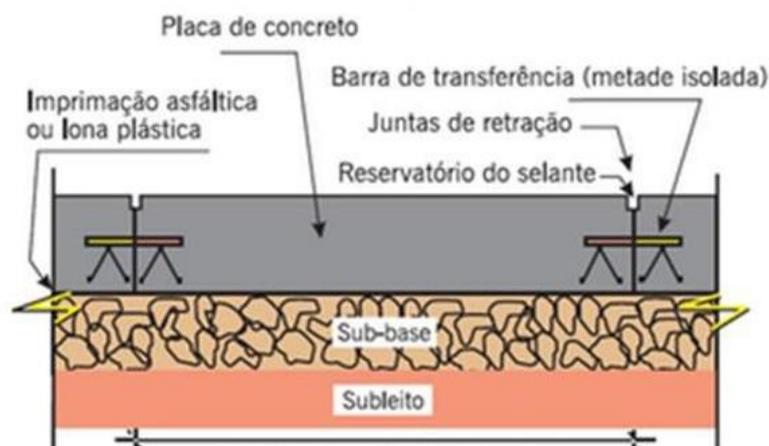
Figura 2.2 – Camadas de um pavimento flexível



Fonte: Bernucci *et al.*, 2006.

- b) Pavimento Rígidos: de acordo com a Norma DN.IT 059/2004 – ES o pavimento rígido demonstrado na Figura 2.3 é constituído por placas de cimento Portland assentes sobre o solo de fundação ou sub-base, onde desempenham a função de revestimento e base, que devem assegurar ao pavimento um suporte uniforme ao longo do tempo;

Figura 2.3 – Camadas de um pavimento rígido



Fonte: Bernucci *et al.*, 2006.

- c) Pavimentos Semirrígidos: são aqueles pavimentos em que a camada de revestimento asfáltica está assentada sobre uma base de cimento, como solo-cimento, solo-cal ou brita graduada tratada como cimento;
- d) Pavimentos Compostos: são constituídos de pavimentos flexíveis e rígidos, sendo o cimento Portland funcionando como a camada inferior e o concreto betuminoso como camada superior;
- e) Pavimentos Invertidos: constituídos de uma sub-base cimentada, uma base granular e revestimento de concreto asfáltico.

## 2.2 MÉTODOS DE LEVANTAMENTO DE DEFEITOS

Existem diversos métodos de avaliação de defeitos de superfície sendo utilizados no mundo, destacam-se os seguintes: VIZIR, PARAGON, PCI, SHRP, dentro outros. Ainda têm-se os procedimentos normatizados pelo DNIT, que são: DNIT 006/2003-PRO, DNIT 007/2003-PRO e o DNIT 008/2003-PRO.

Dentre os diversos métodos existentes, optou-se neste trabalho por utilizar o Manual de Identificação de Defeitos de Pavimentos do *Strategic Highway Research Program* (SHRP, 1993), por se adequar melhor ao levantamento de defeitos em pavimentos urbanos.

### 2.2.1 Manual de Identificação de defeitos nos pavimentos – SHRP

Segundo o *Strategic Highway Reserch Program* (SHRP) (1993), os pavimentos podem apresentar por diversas razões uma gama variada de patologias, que denomina-se defeitos. Já o fenômeno que rege a mudança da condição do pavimento é conhecido como

deterioração. O decréscimo da serventia do pavimento ao longo do tempo é conhecido como desempenho.

O manual de identificação de defeitos nos pavimentos foi desenvolvido durante os estudos sobre o Desempenho de Pavimento a Longo Prazo (LTPP) do Programa Estratégico de Pesquisa Rodoviária (SHRP, 1993) do Conselho Nacional de Pesquisas.

O objetivo do manual foi fornecer ao programa uma base uniforme para coletar dados sobre os defeitos em pavimento e ainda padronizar a linguagem para descrever as diversas tipologias de defeitos entre os todos os órgãos participantes do programa.

O manual é constituído por um catálogo que apresenta tipologias de defeitos em pavimentos flexíveis com concreto asfáltico, e pavimentos rígidos, que é constituído por placas de concreto de cimento Portland. No manual são descritos a caracterização de cada tipo de defeito, os níveis de severidade e a forma de quantificação da extensão, identificados por meio de fotos e figuras.

Quadro 2.1 – Defeitos considerados no manual SHRP (1993)

<b>Defeito</b>	<b>Forma de medir</b>	<b>Causa dos defeitos</b>	<b>Atividade de M&amp;R</b>	<b>Observação</b>
Trincas por fadiga	Área	Problemas estruturais (espessuras inadequadas); Enfraquecimento estrutural durante o período de chuvas	Manutenção: remendos ou tratamento superficial e lama asfáltica; Reconstrução: novos materiais; Reabilitação: recapeamento (reforço estrutural, no caso de áreas extensas)	Geralmente estão associadas à saturação do subleito ou sub-base ou base, as trincas por fadiga podem exigir a remoção do material saturado e a instalação da drenagem
Trincas em Blocos	Área	Contração de origem térmica (revestimento formado por misturas asfálticas com agregados finos e alto teor de asfalto com baixa penetração) ou de variação do teor de umidade (camadas inferiores), ou ainda em razão do envelhecimento (perda de elasticidade do revestimento causada por oxidação em virtude do tempo de mistura muito longo, temperatura de mistura elevada ou período de armazenamento muito longo); Contração de bases tratadas com cimento ou com	Manutenção: aplicação de selante (emulsão asfáltica seguida por tratamento superficial, lama asfáltica ou recapeamento delgado) Reabilitação: reciclagem ou recapeamento (nos estágios avançados)	

		utilização de solos tropicais		
Trincas nos Bordos	Extensão	Causas dos defeitos: Compactação deficiente Drenagem deficiente	Selagem para evitar entrada e água e consequente enfraquecimento estrutural	
Trincas Longitudinais	Extensão – registrar a extensão com selante em boas condições	Causas dos defeitos: Má execução de juntas longitudinais de separação entre duas faixas de tráfego (menor densidade e menor resistência à tração) Contração do revestimento	Manutenção: trincas com abertura menor que 3 mm não precisam ser preenchidas; trincas com aberturas entre 3 e 20 mm devem ser limpas e receber aplicação de selante (asfalto modificado com borracha ou elastômeros) e lançamento de areia sobre o selante Reabilitação: trincas com abertura maior que 20 mm devem ser reparadas com remendo ou, no caso de estar previsto um recapeamento, devem ser preenchidas com concreto asfáltica de granulometria fina	
Trincas por Reflexão	Extensão, separado por tipo transversal e longitudinal; registrar a quantidade de trincas transversais, registrar a quantidade de trincas	Causas dos defeitos: Movimentação de placas rígidas subjacentes (pavimento rígido, bases tratadas com cimento ou cal, bases de solos arenosos finos	Manutenção: remendos e tratamento superficial ou lama asfáltica (reparos temporários) 63 Reabilitação: recapeamento (reforço estrutural: têm sido	trincas com aberturas menores que 3 mm não precisam ser preenchidas; trincas com aberturas entre 3 e 20 mm devem ser limpas e receber aplicação de

	longitudinais com selante em boas condições	lateríticos)	utilizadas geomembranas entre o pavimento antigo e o reforço para absorção do movimento horizontal das camadas inferiores; outra técnica consiste na reciclagem das porções mais superficiais do pavimento antigo, de modo a eliminar o padrão das trincas e, dessa forma, ao menos retardar o aparecimento das trincas por reflexão)	selante (asfalto modificado com borracha ou elastômeros) e lançamento de areia seca sobre o selante; trincas com abertura maior que 20 mm devem ser reparadas com remendo ou, no caso de estar previsto um recapeamento, devem ser preenchidas com concreto asfáltico de granulometria fina
Trincas Transversais	Quantidade e extensão	Causas dos defeitos: Contração térmica do revestimento e hidráulica das outras camadas	Selante para evitar entrada de água e consequente enfraquecimento estrutural	
Remendos	Quantidade e área		Tapa-buraco	
Panelas	Quantidade e área	Falha estrutural (revestimento com pequena espessura ou baixa capacidade de suporte das camadas inferiores); Segregação da mistura (falta de ligante asfáltico em pontos localizados); 64 Problema construtivo (drenagem inadequada)	Manutenção: remendos (reparo permanente); Reabilitação: recapeamento (reforço estrutural) após a execução dos remendos;	As atividades de M&R devem, sempre, ser precedidas de instalação de drenagem.
Deformação permanente	Registrar a deformação máxima nas trilhas e rodas	Dimensionamento inadequado (espessuras insuficientes);	Reabilitação: reciclagem, recapeamento delgado (nas	

		<p>Dosagem da mistura (falta de estabilidade, que resulta em deformação plástica em razão de elevado teor de ligante, excesso de material de preenchimento e uso de agregados arredondados);</p> <p>Compactação inadequada e posterior consolidação pelas cargas de tráfego; Cisalhamento (fluência plástica) causada por enfraquecimento em razão de infiltração de água.</p>	<p>fases iniciais, precedido pelo preenchimento das depressões com concreto asfáltico) ou recapeamento espesso (reforço estrutural);</p> <p>Reconstrução: novos materiais ou reciclados</p>	
Corrugação	Quantidade e área	<p>Falha estrutural; Dosagem da mistura (falta de estabilidade, em razão de excesso de asfalto, ligante asfáltico pouco viscoso, excesso de agregados finos, agregados arredondados);</p> <p>Problema construtivo (fraca ligação entre base e revestimento)</p>	<p>Manutenção: remendos;</p> <p>Reabilitação: reciclagem (fresagem dos revestimentos com espessura superior a 5 cm, seguida de aplicação de capa selante ou concreto asfáltico); recapeamento delgado (sobre superfície regularizada: escarificação e mistura com material da base e compactação antes do lançamento da nova camada de revestimento) ou recapeamento espesso (reforço</p>	

			estrutural); Reconstrução: novos materiais ou reciclados	
Exsudação	Área	Excesso de ligante betuminoso; Baixo índice de vazios da mistura asfáltica; Compactação pelo tráfego (má dosagem).	Manutenção: tratamento superficial (reparo temporário) ou aplicação de areia quente, que deve ser imediatamente compactada e varrida após o resfriamento; Reabilitação: reciclagem	
Agregados Polidos	Área	Causas dos defeitos: Ação abrasiva do tráfego, que elimina as asperezas e angularidades das partículas; Seleção dos materiais (agregados com pequena resistividade à abrasão, como por exemplo, agregados de rochas calcárias)	Manutenção: tratamento superficial ou lama asfáltica; Reabilitação: reciclagem ou recapeamento delgado; Reconstrução: novos materiais ou reciclados	
Desgaste	Área	Dosagem da mistura (falta de ligante); Problema construtivo (superaquecimento da mistura; falta de compactação, que resulta em envelhecimento precoce; agregados sujos, úmidos ou com pequena resistência à abrasão; segregação: com a ausência de agregados miúdos, há apenas	Manutenção: capa selante (reparo temporário), tratamento superficial ou lama asfáltica; Reabilitação: reciclagem ou recapeamento delgado.	

		poucos pontos de ligação entre partículas da matriz de agregados graúdos, facilitando a oxidação); Perda de adesividade ligante-agregados por ação de produtos químicos, água ou abrasão; Abertura ao tráfego antes de o ligante aderir ao agregado; Execução sob condições meteorológicas desfavoráveis .		
Desnível entre pista e acostamento	Registrar o desnível (mm) ao longo de 15m	Erosão do acostamento; Consolidação do acostamento	Recomposição do acostamento	
Bombeamento	Quantidade e extensão	Existência de água nos vazios do revestimento; Pressão exercida pelas cargas do tráfego	Drenagem	

Fonte: Adaptado de Danieleski, 2004.

Fernandes (2011) em seu trabalho intitulado “Desenvolvimento de um sistema de Gerenciamento para conservação do pavimento de vias urbanas, através de um sistema de informações geográficas (SIG)” utilizou o método SRHP (1993) para avaliação objetiva dos pavimentos flexíveis e demonstrou nos resultados que o método é adaptável para vias urbanas retratando as condições existentes dos pavimentos, além de ser muito utilizado em trabalhos internacionais, oferecendo credibilidade a pesquisa.

## **2.3 SISTEMAS VIÁRIOS E PAVIMENTOS URBANOS**

De acordo com Mascaró (1987), um sistema viário urbano é constituído de duas partes: a via urbana convencional, destinada ao fluxo de veículos e escoamento das águas pluviais e aos passeios adjacentes ao leito carroçável ou vias para pedestres, destinada ao trânsito de pessoas.

Ainda segundo Mascaró (1987), entre os sistemas de redes de infraestrutura de uma cidade, o sistema viário é o mais complexo devido aos fatores relacionados abaixo:

- 1) É o mais caro do conjunto de sistemas urbanos, já que normalmente abrange mais de 50% do custo total de urbanização;
- 2) Ocupa uma parcela importante do solo urbano (cerca de 20 a 25%);
- 3) Depois de implantado, é o subsistema que apresenta mais dificuldade para aumentar sua capacidade pelo solo que ocupa, pelos custos que envolve, e pelas dificuldades de operação e manutenção;
- 4) É o subsistema que mais está vinculado aos usuários;

Danielesky (2004) diferencia o sistema do viário urbano do rodoviário:

- a) Grande percentual da área destinada a interseções, em consequência, as velocidades são menores e ocorrem frenagens com maior frequência;
- b) No sistema viário urbano estão inseridas as redes subterrâneas de infraestrutura: sanitária (água e esgoto), energética (energia e gás) e de comunicação (telefonía), sendo assim, qualquer obra de manutenção ou ampliação da capacidade dessas redes, exige a intervenção nos pavimentos, além da presença de tampas de inspeção na superfície que é um condicionante nas obras de execução e manutenção dos pavimentos;
- c) Existência de segregação do tráfego, com faixas exclusivas para ônibus;

- d) Percentual significativo dos pavimentos são revestidos com calcamento, o que gera situações atípicas, como diferentes tipos de revestimento e estrutura em um mesmo trecho;
- e) Presença de vegetação junto às bordas do pavimento, cuja as raízes podem interferir na estrutura do pavimento;
- f) Grande interferência do trânsito de pedestres, que exige maior sinalização horizontal; entre outros.

## **2.4 ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO & REABILITAÇÃO (M&R)**

Fernandes (2001) retrata que com as grandes restrições econômicas e financeiras que os países em desenvolvimento atravessavam, observou-se a diminuição no ritmo de implantação de novas redes de infraestrutura rodoviária. Isso influenciou as administrações e órgãos rodoviários a estimular pesquisas a respeito dos comportamentos dos pavimentos e soluções para desacelerar e evitar as precoces degradações.

Conforme Khattak e Alrashidi (2004), o enfoque dos órgãos rodoviários mudou, optou-se pela manutenção preventiva e reabilitação dos pavimentos já existente, ao invés de construção de novas rodovias. A manutenção preventiva é aplicada no estágio inicial e a corretiva na fase de deterioração do pavimento.

A manutenção e a reabilitação têm dois objetivos diferentes: a primeira é definida como a preservação da condição do pavimento, da segurança e da qualidade de rolamento; já a segunda é uma melhora estrutural ou funcional do pavimento gerando um alongamento significativo na sua vida útil, ajudando substancialmente na condição da malha e na qualidade de rolamento (NCHRP, 2001).

A conservação dos pavimentos pode ser definida como sendo um conjunto de serviços destinados à preservação do pavimento nas condições em que ele foi originalmente construído ou restaurado. Então, a conservação apenas auxilia a rodovia a desempenhar de maneira eficiente e satisfatória o seu papel durante a vida para a qual foi projetada (DNIT, 2006).

As atividades de M&R possuem três finalidades de acordo com o DNIT (2006):

- Prolongar a vida útil das rodovias;
- Reduzir o custo de operação dos veículos;

- Contribuir para que as rodovias se mantenham permanentemente abertas ao tráfego, permitindo uma maior regularidade, pontualidade e segurança aos serviços de transporte;

É fundamental que todas estas atividades sejam bem executadas, afim de, preservar a qualidade do serviço, de modo a fazer com que a atividade em questão cumpra com seu objetivo.

As atividades de Manutenção e Reabilitação são classificadas em manutenção preventiva, manutenção corretiva ou de recuperação, reconstrução e reforço. Porém, primeiramente é importante saber a diferença básica entre atividades de manutenção e atividades de reabilitação.

Segundo Oda (2014) as atividades de manutenção objetivam preservar e/ou manter o período de projeto do pavimento, aumentando pouco o nível de serventia, mas também evitando a deterioração precoce. Já as atividades de reabilitação têm como objetivo prolongar a vida em serviço do pavimento, elevando o nível de serventia e criando condições para um novo ciclo de deterioração. Logo, é uma solução mais cara, porém com um resultado de maior qualidade.

#### **2.4.1 Prevenção**

Prevenção ou manutenção preventiva é aquela efetuada em intervalos predeterminados e com critérios preestabelecidos, objetivando reduzir a incidência de falhas ou degradações no funcionamento de uma instalação (ABNT, 1994). Para o DNIT (2007), a manutenção preventiva é aplicada com o objetivo de evitar o surgimento ou agravamento de defeitos e tem por objetivo conter a deterioração em seu estágio inicial.

DNIT (2007) cita as atividades previstas na Manutenção preventiva:

- Remendos superficiais: desobstruções nas redes de drenagem; reparos localizados; Limpeza de meio-fio e da pista; selagem de pequenas trincas – manutenção preventiva ou de rotina;
- Tratamento superficial: aplicação de lama asfáltica; reforços em concreto asfáltico; banho selantes – manutenção periódica;

Ressalta-se que para todas as atividades de manutenção e reabilitação o DNIT estabelece normas de execução, as citadas acima podem ser encontradas em DNIT 154/2010 – ES.

#### **2.4.2 Corretiva ou Recuperação**

Segundo o DNIT (2006) é um processo aplicado geralmente em pavimentos desgastados, objetivando resgatar suas características técnicas adequadas. É o conjunto de operações de conservação que tem como objetivo reparar ou sanar um defeito e restabelecer o funcionamento dos componentes da rodovia propiciando conforto e segurança aos usuários (DNIT, 2007).

As atividades de recuperação incluem os seguintes serviços: reparos seletivos, recapeamentos, remendos profundos e aplicação de camadas de regularização. É a modalidade mais utilizada pelos órgãos responsáveis pela manutenção viária.

#### **2.4.3 Reconstrução**

Como o próprio nome sugere, são atividades que objetivam reestruturar o pavimento, seja na adição e/ou substituição de camadas estruturais, bem como do revestimento, de forma que a estrutura final suporte a repetição das cargas por eixo incidentes, proporcionando condições de segurança e conforto ao usuário (DNIT, 2007).

A atividade de reconstrução pode ser parcial ou total, quando parcial, a espessura total a ser removida se limita a uma profundidade que não atinge a espessura total do pavimento, enquanto que em casos de atividade de reconstrução total, a espessura a ser substituída atinge toda a espessura do pavimento, podendo inclusive atingir o subleito (DNIT, 2006).

Trincas por fadiga e deformação permanente são patologias comuns que geralmente necessitam de reconstrução do pavimento. Logo, é importante manter uma manutenção adequada, para evitar que o pavimento atinja um estado de deterioração elevado, pois a atividade de reconstrução leva a gastos geralmente não previstos.

#### **2.4.4 Reforço**

De acordo com o DNIT (2006) o reforço de um pavimento é o aporte estrutural que pode ser constituído de uma ou mais camadas asfálticas, sobrepostas a um pavimento existente, após a execução de correções superficiais necessárias, objetivando torná-lo apto a cumprir um novo ciclo de vida.

O recapeamento é dividido em dois tipos:

- Recapeamento delgado: é realizada a escarificação e mistura com material da base, além da compactação antes do lançamento da nova camada de revestimento;
- Recapeamento espesso: é o mesmo que reforço estrutural, ou seja, é um revestimento aplicado por cima de outro já presente, de modo a reforçá-lo ou restaurá-lo.

O DNIT (2006) afirma que o reforço restabelece a qualidade de rolamento da rodovia e a sua capacidade estrutural necessária para suportar novas demandas de tráfego ao longo dos anos, começando um novo ciclo do pavimento.

Como exposto acima, existem diferenças entre as atividades de manutenção e atividades de reabilitação dos pavimentos. A manutenção de forma geral objetiva preservar ou manter o tempo de projeto do pavimento, evitando a deterioração precoce e aumentando um pouco o nível de serventia. Já as atividades de reabilitação, tem o objetivo de prolongar a vida em serviço do pavimento, elevando ao máximo o nível de serventia daquele pavimento, deixando a possibilidade de acontecer um novo ciclo de deterioração.

## **2.5 SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS – SGP**

### **2.5.1 HISTÓRICO E CONCEITO**

Para HAAS *et al.* (1994), um SGP consiste em um elenco de atividades coordenadas, relacionadas com o planejamento, projeto, construção, manutenção, avaliação e pesquisa de pavimentos. O objetivo é utilizar informações confiáveis e parâmetros de decisão para produzir um programa de construção e manutenção de pavimentos que aplique de maneira eficaz os recursos disponíveis.

O Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) teve origem no final da década de 1960 e início da década de 1970, por um grupo de pesquisadores Norte Americanos e Canadenses. Na época as atividades envolvidas na manutenção e recuperação de pavimentos passaram a ganhar visibilidade e importância e o assunto se expandiu rapidamente nos países pioneiros e na Europa.

A *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) disponibilizou o seu primeiro manual sobre gerência de pavimentos em 1985 que foi válido por todo território americano. Em seguida, o *Federal Highway Administration* (FHWA) determinou que todos os estados norte americanos deveriam implantar um SGP para sua malhas rodoviárias federais com a finalidade de receber investimentos. Em 1994, 58 das 60 agências americanas já possuíam um SGP implantado (NHI, 1998).

O Banco Mundial em 1969 iniciou um programa de desenvolvimento de um método de análise econômica das normas e investimentos rodoviários capaz de fornecer os custos e benefícios ao longo da vida de serviço da rodovia. Tal estudo, denominado de Estudo das Normas de Projeto e Manutenção de Rodovias estabeleceu um novo método conhecido como *Highway Design and Maintenance Standards Model* – HDM, que é capaz de quantificar e analisar diferentes opções e determinar as prioridades.

Segundo Albuquerque (2007) países em desenvolvimento vêm aplicando a metodologia do HDM desde os anos 1980, quando a primeira versão do software HDM-III foi desenvolvida com base técnica conceitual desenvolvida nos países pioneiros e por meio de pesquisas de Queiroz (1981), Watanatada *et al.* (1987) e Paterson (1987).

De acordo com Cardoso (1994) há uma grande variedade de SGP implantados pelo mundo. No país pioneiro, os Estados Unidos, há praticamente em todos os estados SGP implantados ou em fase de implantação. Países da Europa, Ásia, Oceania, na Árabia Saúdita, no Egito, Chile, já possuem diversos SGPs implantados. As metodologias são distintas, porém, a formação de um banco de dados e os métodos de obtenção de dados são bastante similares, ou seja, registros históricos das construções e coletas periódicas de dados no campo.

No Brasil, em 1985 o DNER começou a utilizar a metodologia e os procedimentos para a utilização dos resultados dos levantamentos de campo do modelo HDM-III, objetivando selecionar economicamente as alternativas de manutenção para todos os trechos da rede federal pavimentada. Porém, somente em 1990 a metodologia HDM-III foi completamente implantada, quando o Banco Mundial avaliou como incompleta a metodologia de levantamento de defeitos em superfície (levantamento superficial contínuo) realizada pelo DNER (VISCONTI, 2000).

Segundo Albuquerque (2007) no início dos anos 2000 o Brasil migrou para o novo modelo de análise técnica e econômica de rodovias do banco mundial (HDM-4). Muitos dos estados brasileiros utilizam atualmente o HDM-4, porém, muitos estão em fase de implantação de SGPs próprios para suas malhas rodoviárias.

No Brasil, pesquisas como de Oliveira (2013) intitulada: “Experiência de Implantação de Sistema de Gerência de Pavimentos em cidade de Médio Porte- Estudo de Caso: Anápolis – GO”, obteve os seguintes resultados: formação e aperfeiçoamento técnico dos gestores públicos e dos tomadores de decisão em geral; manutenção preventiva das infraestruturas críticas do município; definição de um método para a tomada de decisão dos serviços de M&R dos pavimentos flexíveis em substituição das decisões políticas ou emergenciais; aplicação racional dos recursos e redução dos custos com a pavimentação asfáltica; melhorias nas estruturas dos pavimentos existentes, entre outros.

Lima (2007) relata que nos últimos anos as pesquisas e publicações envolvendo os sistemas de gerência de pavimentos vêm se multiplicando. Podendo ser citados os seguintes trabalhos: ULLIDTZ (1983), PEREIRA (1988), PRAKASH *et al.* (1993), TRB(1990), KENNEDY JR. *et al.* (1990), MABWANA & TURNQUIST (1996), WANG *et al.* (2003). Abaixo observa-se alguns benefícios oferecidos por um SGP:

- Desenvolvimento de inventário dos pavimentos da rede em termos de locação, tipo, classificação funcional, geometria, área pavimentada, entre outros;
- Desenvolvimento de banco de dados com as informações organizadas e disponíveis sobre a condição do pavimento, acidentes, tráfego, construção e históricos de reabilitação e manutenção, além de qualquer outro tipo de dados que se julguem necessários;
- Avaliação da condição do pavimento com base em levantamentos estruturais e/ou funcional de toda a rede;
- Análise da condição futura do pavimento sob condições de tráfego e clima;
- Indicação de investimentos necessários para realização das atividades de recuperação e conservação da rede e para mantê-la nos níveis de qualidade desejáveis;
- Indicação das necessidades de investimentos para manter a rede em níveis especificados de desempenho em termos plurianuais (de 5, 10 ou mais anos), dependendo do nível de sofisticação incluído no SGP;

- Desenvolvimento de planejamentos anuais e plurianuais específicos, dependendo do horizonte de planejamento;
- Estabelecimentos de metodologias e procedimentos para priorização de desembolsos quando os recursos disponíveis forem menores do que o necessário para atender aos objetivos de desempenhos específicos;
- Comparação entre diferentes estratégias de manutenção, reabilitação ou reconstrução dos pavimentos da rede;
- Estabelecimento de bases de comunicação entre várias redes de infraestrutura urbana e rural e entre grupos, tais como: legisladores, governantes locais, imprensa, usuários, concessionárias dos serviços públicos etc.

Segundo HAAS, HUDSON & ZANIEWSKI (1994), a gerência de pavimentos envolve a identificação de estratégias ótimas nos vários níveis de gerenciamento, assim como a implementação das estratégias, sendo um processo que abrange todas as atividades envolvidas com o propósito de fornecer e manter pavimentos em um nível ótimo de serviço. As atividades do SGP incluem 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 e sua manutenção e reabilitação ao longo da sua vida útil.

A adoção de um sistema gerencial de pavimentos por um órgão público municipal constitui uma importante ferramenta no processo de tomada de decisão sobre as atividades relacionadas aos pavimentos, além do que, trará inúmeros benefícios, primeiramente aos usuários e população de uma forma geral, pois os recursos aplicados são gerados pela arrecadação de cada município. Além de que, um SGP possibilita a adoção de decisões corretas e seguras para aplicação de recursos do tesouro ou de emendas parlamentares por exemplo.

### **2.5.2 ESTRUTURAÇÃO DE SISTEMAS DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS**

A manutenção de pavimentos tradicional é baseada na correção de problemas apresentados ao longo da sua vida útil, o SGP apresenta uma possibilidade concreta de se avançar para um sistema de manutenção planejada, onde a atuação da malha viária abrange não só a solução de problemas imediatos, mas também, um trabalho de prevenção que resulte em um aumento da vida útil do pavimento e garanta padrões mínimos de serviço em toda a malha viária que está sendo gerenciada (FERNANDES Jr, 2001).

Ainda de acordo com Fernandes Jr. (2001), um dos principais objetivos da gerência de pavimentos é fornecer respostas para questionamentos, como: o que precisa ser feito num determinado pavimento? Quando serão necessárias intervenções para evitar ruptura e prolongar a vida em serviço do pavimento? Onde se localizam os projetos prioritários? Como devem ser executadas as atividades de manutenção e reabilitação dos pavimentos?

O DNIT (2011) estabelece 07 (sete) etapas para desenvolver a implantação de um Sistema de Gerência de Pavimentos, que podem ser adaptadas de acordo com a necessidade do órgão envolvido.

- 1) Etapa I: Decisão inicial – Cabe a administração superior a sensibilização sobre a necessidade e vantagens de se obter o sistema. A decisão deve ser de conhecimento geral dos departamentos envolvidos para eliminar eventual resistência de algum setor. A administração superior deve firmar um compromisso referente aos recursos necessários para implementar e operar o SGP, garantindo apoio total ao processo.
- 2) Etapa II: Organização de uma comissão de implantação – A comissão deverá ser organizada para orientar e dirigir a implantação do SGP, sendo composta por pessoas com nível mais elevado e também com experiência e envolvimento com pavimentos. Cabe a administração geral atribuir a comissão objetivos e responsabilidades, incluindo prazos e políticas a serem seguidas. A comissão terá como responsabilidade: definição dos objetivos da administração geral; avaliação das condições e processos atuais de pavimentação; identificação de resultados; e prestar informações quanto a mudanças durante a implantação;
- 3) Etapa III: Indicação da equipe do sistema – Deverá ser selecionada uma equipe para constituição e operação do sistema, para trabalhar juntamente com a comissão de implantação, promovendo todo suporte técnico necessário. Deverá compor o corpo da equipe um engenheiro para liderar o SGP com perfil de direção, coordenação e operação.
- 4) Etapa IV – Seleção ou desenvolvimento do sistema de manutenção dos pavimentos – esta etapa se destina ao desenvolvimento e seleção de um sistema para manutenção e execução de melhorias que atenda às necessidades e objetivos definidos pela comissão de implantação. Considerações devem ser feitas quanto a: identificação e avaliação dos componentes do sistema, estimação de custos de desenvolvimento, implementação e operação; seleção de equipamento e metodologia para levantamento das condições dos pavimentos; acessibilidade das informações necessárias; habilidade para utilizar

os resultados obtidos; e flexibilidade do sistema. Para esse fim, deve-se poder dispor de: informações adequadas confiáveis, análise competente e uma estratégia de comunicação eficiente. Um SGP pode variar de complexidade, ser de aplicação manual ou automatizada, baseado na prática ou tecnicamente otimizado. O Sistema de Gerência de Pavimentos deve ser considerado como um sistema dinâmico que possa crescer por etapas ou fases, usando um processo modular, que permita a inclusão de novos módulos com o correr do tempo. O Sistema deve ser consistente com o vulto e estilo do órgão responsável. Não deve ser construído às pressas, mas em ritmo que a administração e sua equipe possam acompanhar sem problemas. Deve ser mantido tão prático quanto possível, evitando complexidades técnicas desnecessárias, de modo a poder ser facilmente usado na fase de operação.

- 5) Etapa V – Demonstração e funcionamento do sistema – Esta etapa provê a oportunidade de corrigir problemas de coleta de dados ou dos processos de análise. Além disso, torna mais claro o funcionamento do SGP; dá oportunidade à administração geral observar e recomendar alterações desejáveis; permite que potenciais usuários do sistema manifestem suas opiniões quanto vantagens da implantação e possíveis melhorias.
- 6) Etapa VI – Implantação do sistema de gerência de pavimentos – Nesta etapa a equipe selecionada é de fundamental importância para o sucesso da implantação, constituindo seu principal recurso. O pessoal deve ser treinado, qualificado, experimentado e dedicado. Deve haver um propósito firme em manter os elementos chave, para prover uma continuidade razoável da equipe. O apoio da administração superior é essencial para seu sucesso a longo prazo. Uma divulgação prévia das vantagens de um SGP é útil e a preparação e treinamento do seu pessoal são essenciais.
- 7) Etapa VII – Revisão periódica - O SGP deve ser revisto periodicamente, para se ter certeza de que está atingindo os objetivos originais. O período de funcionamento normal fornece oportunidades para identificar e aplicar possíveis melhorias. O aperfeiçoamento contínuo é essencial para o sucesso a longo prazo do SGP e maximização de seus benefícios. Deve ser considerado um sistema dinâmico e não estático. Mudanças frequentes, entretanto, devem ser minimizadas. Quaisquer mudanças só devem ser feitas quando consideradas necessárias pela equipe e aprovadas pela comissão de implantação.

A administração da Gerência de Pavimentos tem um papel crítico no desenvolvimento do sistema viário, sendo necessário que se identifique com os aspectos administrativos e políticos de sua atuação, que possam afetar o sistema: padrões técnicos, políticas de atribuição de recursos, problemas sociais e do meio ambiente e legislação em vigor. O Sistema de Gerência de Pavimentos deve prover as decisões e políticas internas necessárias para suportar o desenvolvimento e operação do sistema, de modo a assegurar sua continuidade.

### 2.5.3 Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos – SGPU

Fernandes Jr. (2001) destaca que a gerência de pavimentos urbanos tem sido baseada na habilidade de técnicos e engenheiros municipais, que geralmente, tomam as decisões de manutenção e reabilitação com base na experiência de trabalho acumulada, sem utilizar procedimentos formais de gerência por falta de recursos, desconhecimento ou preconceito. A tomada de decisão baseada apenas na experiência não possibilita a avaliação da eficácia de estratégias alternativas o que pode levar ao uso ineficiente dos recursos disponibilizados.

A implantação dos SGPU consegue elevar os níveis de serviços de toda a rede viária, como também possibilita a reduzir os custos totais, desenvolver um inventário das vias e justificar possíveis aumentos no orçamento gerados pelas atividades de manutenção e reabilitação.

HAAS, HUDSON & ZANIEWSKI (1994), demonstram as etapas do desenvolvimento de um sistema de gerência de pavimentos urbanos, como mostra a Figura 2.1.

Figura 2.4 – Implantação de um SGPU



Fonte: Adaptado de Haas, Hudson & Zaniewski, 1994.

- a) Inventário: coleta e organização dos dados necessários para a correta implementação e para o bom desempenho do sistema;
- b) Avaliação da condição do pavimento: utilização de modelos para a precisão de desempenho da condição atual e futura dos pavimentos, modelos estes baseados em avaliações periódicas dos pavimentos;
- c) Priorização: estabelecimento dos níveis de prioridade, ou seja, adequação das necessidades aos recursos disponíveis;
- d) Programação das atividades de manutenção e reabilitação: estabelecimento dos critérios para as tomadas de decisões quanto às atividades de manutenção e/ou reabilitação do pavimento;
- e) Implementação: funcionamento efetivo do sistema, utilização da estratégia selecionada.

As cidades que ainda não executam o sistema de gerência de pavimento e executam manutenção e reabilitação do pavimento, comumente conhecido com tapa-buraco, podem ter no SGPU um ponto de partida para quebrar o círculo vicioso visto na maioria das administrações municipais: falta de recurso → pavimentos em péssimas condições → serviço de baixa qualidade.

Oliveira (2013) destaca os tipos possíveis de análise para os pavimentos asfálticos:

- Levantamento de defeitos;
- Avaliação estrutural;
- Avaliação funcional; e
- Coeficiente de atrito pneu-pavimento.

Oliveira (2013) indica ainda o levantamento de defeitos como o mais indicados para os SGPU, pois geralmente é feito por caminhamento ou dentro do veículo em baixa velocidade. Isto é possível devido as características e peculiaridades de cada área urbana, como: malha viária composta por quadras ou quarteirões, heterogeneidade das vias, velocidade máxima permitida, interferências nas redes de infraestrutura existente, entre outros.

Bertollo (1997) afirma que uma das principais diferenças entre sistemas de gerência dos pavimentos rodoviários para o Sistemas de Gerência de Pavimento Urbanos, são as interferências das redes de infraestrutura pública que ocorrem paralelas aos pavimentos das

vias urbanas e que, para sua construção ou manutenção, promovem a escavação do pavimento.

Para Lima (2007) a maioria das cidades brasileiras não foram planejadas antes de suas construções e seus crescimentos se deram de forma desordenada. Pode-se citar algumas características e problemas encontrados numa rede viária urbana:

- O pavimento urbano sofre grande interferência causada pelos serviços de manutenção na infraestrutura urbana, como, abertura de buracos para obras, travessias de galerias de ligação para águas pluviais, luz, telefone, água, esgotos. Tais interferências quando não considerados certos procedimentos e cuidados no processo de execução, podem ser catastróficas para o nível de serviço apresentado pelo pavimento;
- Sistemas de drenagem inexistentes ou deficientes, apresentando obstruções devido ao lixo acumulado, insuficiência na capacidade de escoamento causada pelo aumento da velocidade da água devido a grandes superfícies impermeáveis e ainda, constantes problemas de vazamento causando a redução da vida dos pavimentos;
- As características de tráfego são diferentes das verificadas em rodovias. A velocidade normalmente é mais reduzida. O tráfego composto de automóveis, utilitários e ônibus urbanos, com reduzida presença de veículos de carga pesada, influenciam no dimensionamento do pavimento. Nas proximidades dos sinais de trânsito, nos pontos e corredores de ônibus as paradas são inevitáveis e a deterioração dos pavimentos é marcante, não só pela maior solicitação dos pavimentos, mas pela ação deletéria dos combustíveis aos materiais asfálticos.

Cada via apresenta peculiaridades, logo, é consenso entre os pesquisadores do assunto, que os fatores de correção para os defeitos devem ser estudados e definidos especificamente para cada município devido as discrepâncias entre as cidades, como: desenho urbanístico, clima, materiais usados na pavimentação, tipo de frota, tecnologia, mão-de-obra e equipamentos, entre outras.

#### **2.5.4 Níveis de um sistema de gerência de pavimentos**

Uma das funções mais importante de um SGP é demonstrar a administração superior o atual estado dos pavimentos, definir as atividades de manutenção e reabilitação necessárias e consequentemente apresentar níveis orçamentários diferentes. Oliveira (2007) destaca que um

SGP é projetado como uma ferramenta de planejamento estratégico para a administração superior e como uma ferramenta de engenharia para os tomadores de decisões técnicas.

Ainda segundo Oliveira (2007) as atividades da gerência de pavimentos são caracterizadas em dois níveis:

- a) Nível de rede: decisões tomadas para um grande número de projetos ou para uma rede inteira de rodovias;
- b) Nível de projeto: decisões técnicas de gerência com foco em projetos específicos ou trechos de pavimentos.

Segundo o DNIT (2011) a Gerência em nível de rede indica os trechos prioritários que devem ser objetos de investimentos em manutenção da malha rodoviária, alocando recursos públicos que propicie melhor retorno econômico. O produto dessas recomendações é a elaboração de um Programa Plurianual de Investimentos no qual estejam contemplados os projetos prioritários e as obras que serão realizadas em médio prazo.

Ainda segundo o DNIT (2011) a gerência em nível de projeto envolve atividades detalhadas do projeto e da execução de obras em um trecho específico da malha, atividades essas que deverão embasar orçamentos e programações de curto prazo. A otimização do Sistema de Gerência de Pavimentos necessita da integração dos níveis de decisão, o que nem sempre é uma tarefa trivial.

### **2.5.5 Nível de rede**

O SGP em nível de rede é caracterizado por estudar uma grande área ou malha viária, buscando conhecimento da malha como um todo de forma a possibilitar a adequada priorização dos recursos disponíveis. As atividades de coleta de dados são de grande importância em um SGP, pois são fontes de embasamento das análises das decisões de destinação de recursos, as informações devem ser objetivas, atualizadas e confiáveis (DNIT, 2011).

Em um SGP em nível de rede, as necessidades de manutenção e reabilitação dos pavimentos são ordenadas, hierarquizadas e priorizadas de acordo com critérios técnicos-econômicos e políticos, cuja proposta inicial é desenvolver um programa prioritário de

manutenção, reabilitação ou construção de novos pavimentos, onde as decisões são tomadas para um grande número de projetos ou para a rede inteira (Hass *et al.* 1994).

No SGP em nível de rede, as informações devem ser mais simples e demandar um menor intervalo de tempo para sua obtenção. Questionamentos como: “o que fazer” em relação a melhor estratégia, “como fazer” para indicar a atividade mais apropriada, “onde fazer” ao indicar seções prioritárias, “quando fazer” ao definir a melhor época para execução dos serviços de M&R e ao definir o custo aproximado, devem ser respondidos objetivamente. (DNIT, 2011).

Villela (1999) destaca que neste ambiente incluem-se as decisões de administradores, legisladores, políticos e do corpo técnico de engenharia onde o SGP está sendo implantado.

### **2.5.6 Nível de projeto**

Em nível de projeto, um SGP deve ser capaz de fornecer que prioriza as necessidades anuais do pavimento. Tal informação se baseia nas condições dos pavimentos e facilita a coerência no planejamento, programação e alocação de recursos (GRIVAS *et al.*, 1993). O nível de projeto surge como consequência em um momento apropriado do programa e, essencialmente envolve considerações técnicas e decisões políticas (Hass *et al.*, 1994).

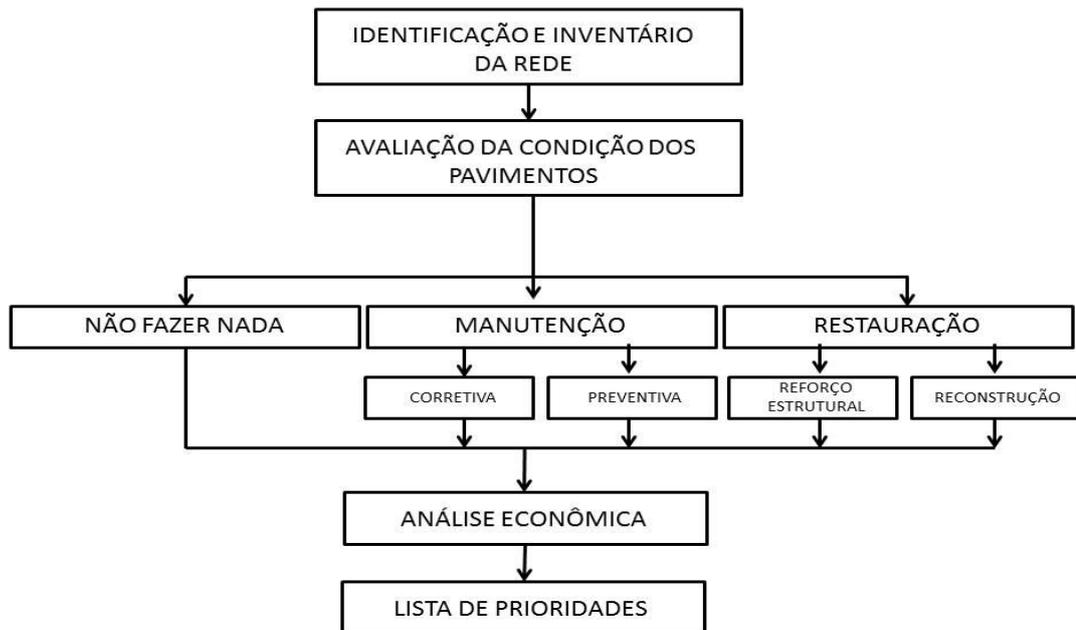
Para este nível, as decisões além de administrativas, são técnicas e econômicas, incluindo a previsão da durabilidade dos pavimentos após a execução de diferentes estratégias de M&R, para cada segmento específico, e a avaliação das patologias de deterioração. No SGP em nível de projeto, é observado mais detalhadamente um trecho pavimentado. Os dados são coletados por meio de estudos mais profundos, como da estrutura do pavimento, procurando avaliar e selecionar o tipo e data de execução do serviço de M&R (DNIT, 2011).

Os estudos de um SGP em nível de projeto prevê a realização de levantamentos e ensaios específicos, determinam-se quantidades de serviços e custos de diferentes alternativas de intervenção. Avaliam-se também, os benefícios advindos das melhorias a serem executadas, e conseqüentemente a expansão de sua vida útil. O SGP em nível de projeto possibilita uma melhor avaliação das causas de deterioração, elencando melhores e mais adequadas estratégias de manutenção para determinado trecho (DNIT, 2011).

A Figura 2.2 mostra o Fluxograma de um Sistema de Gerência de Pavimentos com alternativas estratégicas de atividades de M&R. O primeiro passo consiste na definição e identificação das seções dos pavimentos para análise. O segundo passo, levanta as condições

do pavimento, obtendo-se informações sobre as características físicas e o estado de deterioração. Para nível de rede, permite-se a escolha das alternativas das estratégias de M&R. Em nível de projeto, é feita uma análise para definição das atividades de manutenção, ou, se for o caso, de dimensionamento de reforços ou restauração. A partir destas informações, são efetuadas as análises econômicas e estabelecem-se as prioridades.

Figura 2.5 – Fluxograma de um SGPU com alternativas das estratégias de M&R



Fonte: Adaptado de DNIT, 2011.

Neste tipo de avaliação, são levados em consideração fatores políticos, econômicos e sociais. As análises são fundamentais para que sejam otimizados os recursos públicos disponíveis. A finalidade é maximizar os benefícios ou minimizar os custos sob restrições orçamentárias.

## 2.6 PROGRAMAÇÃO EM PERSONAL HOME PAGE - PHP

De acordo com Zanatta (2012), a linguagem PHP (Personal Home Page), de grosso modo, é uma combinação de linguagem de programação e servidor de aplicações, pode se programar em PHP como em qualquer outra linguagem, definindo variáveis, criando funções, realizando *loops*, e fazendo o que é necessário e usado no mundo da programação.

O Personal Home Page - PHP foi criado originalmente por Rasmus Lerdorf em meados de 1994 e escrito em Perl (linguagem de programação multiplataforma), sendo

reescrito depois em C para incluir acesso a bancos de dados. Com a propagação dessa ferramenta pelo mundo virtual, Rasmus (1994) disponibilizou alguma documentação do *software* e batizou-o oficialmente de PHP v.1.0. Com a crescente utilização do PHP, mais e mais recursos foram incluídos (*loops e arrays*, por exemplo), tornando a linguagem cada vez mais potente. Nessa época, outros programadores juntaram-se a Rasmus, contribuindo sensivelmente para o aprimoramento da linguagem, entre os quais pode-se citar os israelenses Zeev Suraski e Andi Gutmans, e foi assim que nasceu o PHP v.3.0 (ZANATTA, 2012).

O PHP surgiu como uma ferramenta para incorporar recursos dinâmicos simples a páginas HTML. Evoluiu para uma linguagem de *scripts* com diversos recursos, ocupando o espaço antes exclusivo de linguagens como Perl ou TCL. Versões mais recentes suportam aplicações gráficas(GUI) baseadas no GTK+. O PHP pode ainda utilizar sockets TCP, manipular mensagens SOAP e interfacear com CORBA, DOM e EJBs para aplicações distribuídas.

Zanatta (2012) diz que o código PHP é executado no servidor, sendo enviado para o cliente apenas o html puro. Desta maneira, é possível interagir com bancos de dados e aplicações existentes no servidor, com a vantagem de não expor o código fonte para o usuário. Isso pode ser útil quando o programa está lidando com senhas ou qualquer tipo de informação confidencial. Dentre os tipos destacam-se:

- Código Aberto: Todo o código fonte do PHP está disponível;
- Custo Zero: O PHP é gratuito. Basta ir ao site oficial e fazer o download;
- Multiplataforma: O PHP pode rodar sobre o Unix, Linux, Windows, etc;
- Eficiência: O PHP consome poucos recursos do servidor, permitindo que programas complexos sejam desenvolvidos, sem que isto implique em grande demora na sua execução. Além disso, o PHP como módulo nativo do servidor WEB, evita chamadas externas, o que o torna ainda mais eficiente;
- Acesso a Bancos de Dados: Pode-se acessar diretamente os principais bancos de dados utilizados atualmente e qualquer banco de dados do mercado por meio de ODBC;
- Processamento de Imagens: O PHP pode criar imagens dinamicamente e enviá-las ao browser do usuário.

Além destas características, pode-se citar ainda a capacidade de ler informação do padrão XML, processamento de arquivos (leitura e gravação, tanto no formato texto quanto

binário), a manipulação de variáveis complexas, a utilização de funções e classes e geração de código JavaScript, ou outro qualquer para processamento no lado cliente, a manipulação de e-mails, o gerenciamento de documentos PDF e muitas outras características que tornam o PHP uma linguagem realmente potente e indicada para a construção de sites dinâmicos.

De acordo com Nierderauer (2005) o PHP conquistou muito espaço nos últimos anos. As empresas perceberam esse rápido crescimento e cada vez mais estão considerando o PHP como a melhor alternativa de desenvolvimento para as suas aplicações web. Um fato que comprova isso é que muitas empresas estão capacitando os seus funcionários a estarem aptos a lidar com essa linguagem e desenvolver qualquer tipo de sistema, atendendo a necessidade da organização. A PHP é uma linguagem de fácil aprendizagem, suporta um grande número de bancos de dados, é seguro, compacto, possui licença gratuita, e é ideal para pequenos e médios projetos.

### 3. MÉTODO DE PESQUISA

No capítulo a seguir será apresentado o método de pesquisa. Primeiramente expõe-se a estratégia de pesquisa adotada e sua classificação. Além disso, apresenta-se o delineamento da pesquisa e suas fases, detalhando as etapas percorridas para o alcance dos resultados e objetivos.

#### 3.1 ESTRATÉGIA E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A estratégia de pesquisa utilizada foi o Estudo de Caso, onde analisou-se o serviço de manutenção de pavimentos realizado por um departamento de obras viárias, responsável pela manutenção e reabilitação da rede viária municipal. Segundo Yin (2001) o estudo de caso é caracterizado quando se colocam questões do tipo “como” e “por que”. É quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real. A clara necessidade pelos estudos de caso surge do desejo de se compreender fenômenos sociais complexos. Ou seja, o estudo de caso permite uma investigação para se preservar as características holísticas e significativas dos eventos da vida real (YIN, 2001).

De acordo com Silva e Menezes (2005) a pesquisa do ponto de vista da forma da abordagem do problema é considerada qualitativa, pois considera que seus resultados podem ser qualificáveis, o que significa traduzir opiniões e informações para classificá-las e analisá-las, por meio do uso de recursos e técnicas qualitativas. Do ponto de vista dos seus objetivos a dissertação é considerada pesquisa descritiva, pois visa descrever as características de um fenômeno e envolve o uso de técnicas e coletas de dados com observação sistêmica. Do ponto de vista dos procedimentos técnicos a mesma é classificada como estudo de caso, pois será elaborada com análise profunda e exaustiva ao longo de um período de tempo, analisando características *in loco* da operacionalização de uma determinada atividade buscando entender fenômenos contemporâneos.

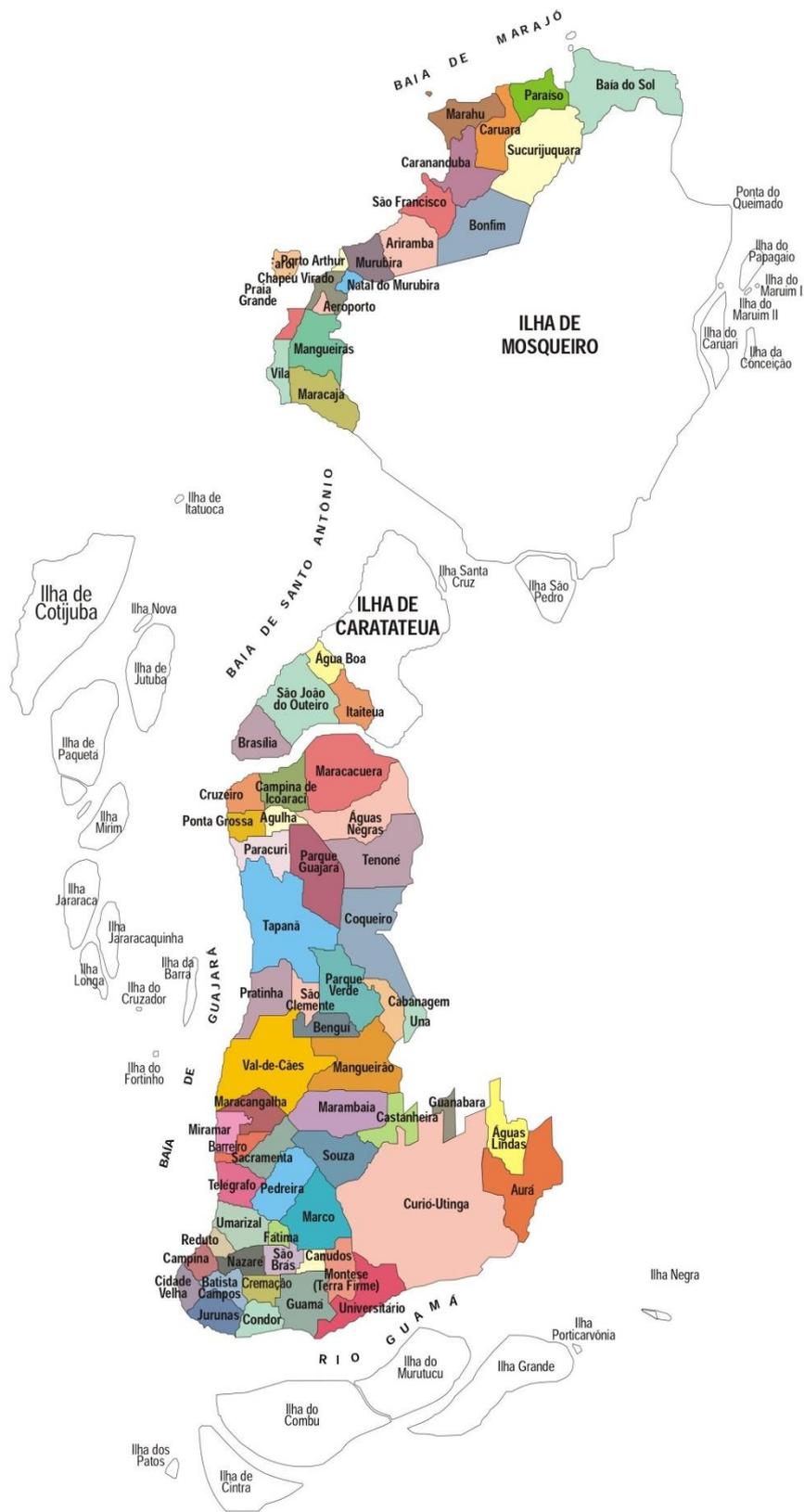
### **3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA**

A região escolhida para o estudo em questão foi o Município de Belém, no Estado do Pará, com uma área equivalente a 1.059,458 km<sup>2</sup>, na região Norte do Brasil. A estimativa do ano de 2015 apontou a população de Belém, segundo Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (IBGE), um quantitativo de 1.439.561 habitantes, possuindo uma densidade populacional de 1.315,26 habitantes/km<sup>2</sup>. O Município compõe uma das metrópoles brasileiras e é considerada uma das maiores cidades da Região Norte. Belém é formada de 80 (oitenta) bairros, incluindo sua área continental, ilha do Mosqueiro, Ilha de Caratateua e Ilha de Cotijuba. A divisão é apresentada na Figura 3.1.

O estudo foi desenvolvido no Departamento de Assessoria Técnica de uma Secretaria Municipal, juntamente com o Departamento de Obras Viárias, que é o responsável por realizar as obras e manutenções viárias do Município. O departamento de assessoria técnica possui um corpo técnico constituído por cinco Engenheiros Civis, três Engenheiros Sanitaristas e Ambiental, oito técnicos em Saneamento, dois desenhistas, dois projetistas e três topógrafos.

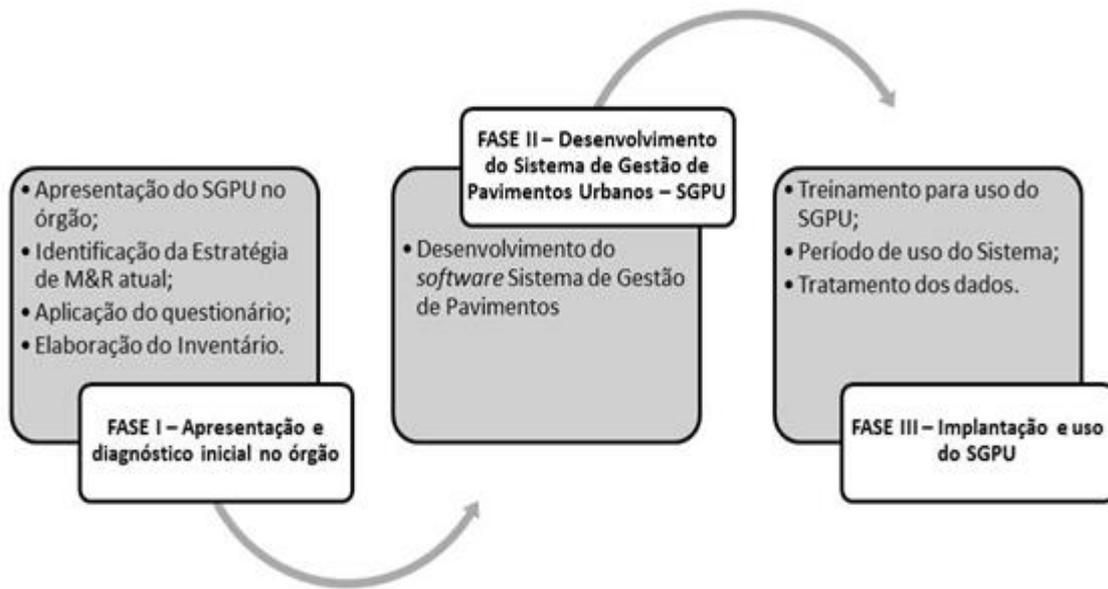
O departamento de Obras Viárias possui em sua estrutura três Engenheiros civis, uma arquiteta e cinquenta e três auxiliares de pavimentação. Além da alta gestão da secretaria (o secretário municipal, três diretores e o representante do núcleo de planejamento), participaram desta pesquisa um projetista, quatro auxiliares de pavimentação e dois engenheiro civis que formaram a equipe de levantamento em campo, e um engenheiro de produção responsável por acompanhar a evolução e resultados da pesquisa. A Figura 3.2 apresenta as fases e etapas da pesquisa.

Figura 3.1 – Bairros do Município de Belém



Fonte: Base cartográfica: cadastro técnico multifinalitário – PMB, 1996.

Figura 3.2 – Delineamento da pesquisa



Fonte: Autora, 2017.

### 3.3 FASE I – APRESENTAÇÃO E DIAGNÓSTICO INICIAL DO ÓRGÃO

As etapas que compõem esta primeira fase corresponderam a ações que objetivaram a sensibilização para a autorização da realização do estudo no órgão público foco da pesquisa, assim como a identificação da viabilidade de aplicação da estratégia da pesquisa e o diagnóstico do órgão. Com o objetivo de substanciar o estudo em questão, ao longo das três fases da pesquisa realizou-se levantamentos conceituais em livros, artigos, dissertações de mestrado, teses de doutorado e normas técnicas referentes aos temas envolvidos na pesquisa. Os levantamentos abordaram os seguintes assuntos: terminologia e classificação dos pavimentos, Sistemas de Gerência de Pavimentos, Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos, Manutenção e Reabilitação de pavimentos (M&R) e Estrutura do Sistema de Gerência de Pavimentos e Programação em Personal home page (PHP).

#### 3.3.1 Apresentação do Sistema de Gestão de Pavimentos no Órgão

Inicialmente, foi realizada uma apresentação de sensibilização sobre Sistema de Gerência de Pavimentos ao Titular da Secretaria, objetivando fornecer o entendimento sobre o assunto em estudo e demonstrar a importância de um SGP no auxílio à tomada de decisões. A apresentação foi pautada e realizada em uma reunião estratégica que acontece toda segunda-feira para definir quais demandas serão atendidas durante a semana. Esteve presente na

reunião a diretora do Departamento de Obras Viárias, o Engenheiro Chefe da Assessoria Técnica, bem como os demais diretores que compõem o *Staff* do Órgão.

Na reunião de aproximadamente uma hora foram apresentados os objetivos, desafios e benefícios da Implantação de um SGP, assim como, exemplos reais de SGP implantados em outros municípios como Rio de Janeiro e Belo Horizonte. No momento da apresentação os departamentos que foram envolvidos diretamente na pesquisa (Departamento de obras viárias e Assessoria técnica) confirmaram o interesse e disponibilizaram mão-de-obra e as informações que fossem necessárias para o bom andamento da pesquisa.

### **3.3.2 Identificação da estratégia de M&R atual**

Após a reunião de sensibilização, realizou-se uma segunda reunião com o departamento responsável pelas atividades de M&R para a identificação dos tipos de manutenções realizadas atualmente no Município. Como se pretendeu trabalhar com problemas reais que estavam ocorrendo, procurou-se envolver nessa reunião todos os responsáveis pelas atividades de M&R, a saber: diretoria do departamento, engenheiros, auxiliares de pavimentação e fiscais.

### **3.3.3 Aplicação do questionário**

O questionário aplicado para diagnóstico foi baseado no questionário usado por Lima (2005) (ver em anexo A) a respeito da prática da gestão dos pavimentos urbanos em cidades de médio porte. O questionário é dividido em 4 (quatro) partes: dados referentes as condições locais, informações a respeito da equipe técnica, dados referentes a gestão das obras de manutenção dos pavimentos e dados referentes aos procedimentos associados a priorização de ruas.

O questionário foi aplicado com o responsável do Departamento de Obras e Serviços de Manutenção Viária, com o objetivo de diagnosticar o serviço de conservação e manutenção dos pavimentos praticados atualmente. A aplicação do questionário objetivou identificar se havia algum sistema ou procedimento para planejar as intervenções nos pavimentos e alocar os recursos orçamentários disponíveis, e também se buscou entender de qual maneira era realizada a priorização das vias que recebem ou receberam serviços de manutenção.

### **3.3.4 Elaboração do Inventário**

Para implementar um SGP, o primeiro passo é elaborar um inventário para conhecimento da malha viária a ser considerada e avaliar os dados existentes. Porém, no Município em estudo, não há inventário da malha viária, portanto, foi preciso desenvolver uma ferramenta computacional (*software*) para esse passo, ou seja, foi desenvolvido um Sistema de Gestão de Pavimentos Urbanos - SGPU, que reunisse os parâmetros necessários do inventário, assim como a realização e cadastro do diagnóstico de defeitos de pavimentos e elaboração de orçamento.

Como a Secretaria não disponibilizou recursos financeiros para a aquisição de um *software* de gestão completo, optou-se por desenvolver um sistema por meio da ferramenta de programação chamada *Personal Home Page*, que possui uma linguagem de fácil aprendizagem, suporta um grande número de bancos de dados, é seguro, compacto, possui licença gratuita, e é indicada para pequenos e médios projetos. O desenvolvimento do sistema é detalhado no tópico seguinte.

### **3.4 FASE II – DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE GESTÃO DE PAVIMENTOS URBANOS - SGPU**

De acordo com o apresentado no tópico anterior, foi identificada a necessidade de criar um mecanismo que pudesse organizar e registrar o inventário das vias urbanas do Município foco da pesquisa, esta ferramenta deveria levar em consideração as especificidades das demandas que chegam na Secretaria responsável pela operação e execução do serviço de manutenção de vias urbanas.

Neste sentido, optou-se por desenvolver um sistema (*software*), por meio de programação computacional com base na linguagem PHP, onde o mesmo pudesse organizar e agrupar os dados necessários para a elaboração do inventário, diagnóstico e orçamento de um determinado serviço que estivesse sendo demandado. As principais razões que levaram ao desenvolvimento do sistema de gerenciamento foram a necessidade da organização dos dados de forma confiável, facilidade de acesso e a oportunidade de atualização constante das características das demandas. O desenvolvimento do Sistema se deu ao longo de 30 dias, entre as fases de elaboração, testes e ajustes necessários até a versão final com geração de gráficos e relatórios de forma automatizada. Vale ressaltar que o desenvolvimento foi assistido por um profissional da área de programação computacional.

O *software* desenvolvido foi nomeado de Sistema de Gestão de Pavimentos Urbanos – SGPU, o mesmo é composto por três módulos, onde o usuário, após a realização de seu cadastro, tem a opção de cadastrar uma via urbana (inventário), diagnosticar um serviço demandado e elaborar um orçamento automático com base no resultado de um determinado diagnóstico realizado. Os parâmetros que compõe o módulo um do sistema, responsável por realizar o cadastro de vias (inventário), são apresentados no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Parâmetros que compõe o SGPU

1.	Código: Gerar automaticamente de acordo com a ordem de cadastro
2.	Logradouro: Nome da via onde está localizada a seção avaliada
3.	Trecho da: logradouro que marca a esquina de início da seção
4.	Trecho Até: logradouro que marca a esquina de término da seção
5.	Bairro: Bairro que está inserida a seção avaliada
6.	Classe funcional: arterial, coletora ou local
7.	Quadra: Obtida no cadastro da prefeitura
8.	Comprimento: extensão da seção em metros
9.	Largura: largura da seção em metros
10.	Nº de faixas: número de faixas de tráfego
11.	Tipo de pavimento: Flexível, Rígido, Semi Rígido, Composto, Invertido ou Não pavimentado
12.	Tipo de revestimento: CBUQ, PMQ, CBUQ+PMQ ou Não Existente
13.	Condição do Subleito: Fraco, médio ou Resistente
14.	Drenagem: Profunda, Superficial ou Não Existente
15.	Tipo de Rota: Ocorrência de rotas especiais (ônibus, caminhão, função social, outra)
16.	Ano de construção: é o ano da construção do pavimento
17.	Ano última manutenção: ano da ultima intervenção realizada
18.	Tipo da última manutenção: Preventiva, Corretiva, Reconstrução ou Reforço
19.	Volume de tráfego: Alto, médio ou Baixo
20.	Responsável: técnico responsável pelo preenchimento do inventário
21.	Data: data automática do dia do cadastro
22.	Setor: ATEC ou DEOV
23.	Sentido: Sentido único ou mão dupla
24.	Sinalização horizontal: Boa, Ruim ou Inexistente
25.	Observação: Livre

Fonte: Autor, 2017.

Com relação ao módulo dois, referente a elaboração do diagnóstico do serviço que esta sendo demandado (avaliação de forma objetiva dos pavimentos), optou-se neste trabalho por utilizar o Manual de Identificação de Defeitos de Pavimentos do *Strategic Highway Research*

*Program* (SHRP, 1993), por se adequar melhor ao levantamento de defeitos em pavimentos urbanos como ferramenta de diagnóstico.

O módulo três, foi criado para gerar o orçamento de forma automática, com base no resultado do módulo dois (diagnóstico), ou seja, após a utilização do SGPU, o próprio sistema sugere que tipo de serviço deve ser realizado para atender a demanda, ou seja, de acordo com o resultado apontado no diagnóstico. O orçamento automático elaborado pelo sistema é de acordo com o tipo de serviço que foi diagnosticado, dentre os possíveis são: reconstrução, recapeamento ou manutenção.

### **3.5 FASE III – IMPLANTAÇÃO E USO DO SGPU**

Esta fase consistiu na implantação do SGPU no Órgão Público, o primeiro passo foi apresentar a ferramenta aos colaboradores indicados pelo Departamento de Obras Viárias e Assessoria Técnica (usuários do sistema), mostrando seus módulos e suas funcionalidades. Em seguida, realizou-se o treinamento de uso do sistema, enfatizando de que forma deve ser realizado o cadastro da via a ser realizado o serviço, a avaliação do pavimento, o levantamento dos defeitos existentes, o cálculo do ICP (Índice de Condição de Pavimento) e a elaboração do orçamento.

#### **3.5.1 Treinamento para uso do SGPU**

Este treinamento se deu por meio de uma reunião com duração de quatro horas, onde participaram os agentes responsáveis pela elaboração e tratamento dos dados para atender uma determinada demanda de serviço do Órgão. A pauta da reunião se dividiu em: apresentação geral do sistema; os objetivos do uso do sistema; os seus módulos existentes e a realização de um cadastro de via como exemplo. Após essa dinâmica, foi oportunizado um tempo de trinta minutos para que os usuários colaboradores pudessem se familiarizar com o sistema, onde cada colaborador realizou um cadastro de via que supostamente demandou um determinado serviço.

#### **3.5.2 Período de uso do sistema**

Esta etapa consistiu em um período de trinta dias e foi realizada pelos colaboradores que participaram do treinamento de uso do sistema. Durante este período o sistema foi alimentado com os dados referentes a todos os de serviços de manutenção de vias urbanas do

Município de Belém realizados nos anos de 2013, 2014 e 2015 disponibilizados pelo setor responsável pela execução do serviço, totalizou uma amostra de 172 cadastros realizados.

Durante os 30 dias de uso do sistema, os usuários que participaram do treinamento realizaram o cadastro da base de dados fornecida pelo órgão, onde foram inseridos no SGPU o maior número possível de informações, como: bairro, logradouro, trecho, tipo da manutenção, largura e comprimento da via, os demais dados contemplados pelo sistema foram inseridos com base no conhecimento do técnico sobre a malha viária por parte do usuário, a planilha fornecida pelo órgão corresponde ao quadro 3.1.

Quadro 3.2 – Exemplo dos dados existentes no órgão

ITEM	BAIRRO	LOCAL	TRECHO	Ext. (m)	Área (m²)	OBS:
1	CASTANHEIRA	AV. DO CONTORNO (RUA SNAPP)	PASS. GUARANY / TV. D	110,00	660,00	DRENAGEM SUPERFICIAL E PAVIMENTAÇÃO
2	CASTANHEIRA	PASS. GUARANY	RUA SANTA ODÍLIA / TV. 11	132,00	560,00	DRENAGEM SUPERFICIAL E PAVIMENTAÇÃO
3	CASTANHEIRA	RUA CHERMONT	RUA SANTA ODÍLIA / RUA SNAPP	110,00	550,00	DRENAGEM SUPERFICIAL E PAVIMENTAÇÃO
4	CASTANHEIRA	ALAMEDA CENTRAL	AV. DO CONTORNO / FINAL	67,00	402,00	PAVIMENTAÇÃO
5	CREMAÇÃO	VILA LUCIA ( 9 DE JANEIRO)	MUNDURUCUS / CONSELHEIRO	90,00	450,00	DRENAGEM PROFUNDA E PAVIMENTAÇÃO
6	CREMAÇÃO	VILA ANDREY (MUNDURUCUS)	A.CACELA / 9 DE JANEIRO	70,00	455,00	DRENAGEM PROFUNDA E PAVIMENTAÇÃO
7	GUAMÁ	PASS. SANTA CLARA	RUA JOÃO DE DEUS / PASS. RUI BARBOSA	151,00	830,50	DRENAGEM PROFUNDA E PAVIMENTAÇÃO
8	ICOARACI	PASS. SÃO RAIMUNDO (ÁREA DO RISO)	A.MONTENEGRO / CANAL	628,00	3.140,00	DRENAGEM PROFUNDA E PAVIMENTAÇÃO
9	GUAMÁ	PASS. PARAÍSO	TV. GUERRA PASSOS / PASS. MÁRIO ADALBERTO	142,00	497,00	DRENAGEM PROFUNDA E PAVIMENTAÇÃO
10	GUAMÁ	PASS. LIBERDADE	TV. GUERRA PASSOS / PASS. MÁRIO ADALBERTO	129,00	451,50	DRENAGEM PROFUNDA E PAVIMENTAÇÃO

Fonte: Órgão, 2017.

### 3.6 TRATAMENTO DOS DADOS

Para obtenção e análise dos resultados, utilizou-se o MS-Excel para tabular os dados do diagnóstico inicial realizado por meio da aplicação do questionário, além disso, utilizou-se da geração de gráficos do próprio SGPU, onde foram analisados a incidência do tipo de pavimento, o tipo de revestimento, a condição do subleito, a situação da drenagem da via, a demanda por bairro, o tipo da última manutenção e o gráfico de faixa de valores de ICP.

### 4. RESULTADOS

#### 4.1 DIAGNÓSTICO INICIAL - QUESTIONÁRIO APLICADO

O questionário utilizado foi baseado em uma pesquisa desenvolvida por Lima (2005) a respeito da situação atual da prática da gestão dos pavimentos urbanos em cidades de médio porte. O questionário foi aplicado junto a diretoria do Departamento de Obras Viárias. Com relação aos dados locais, identificou-se que os serviços de manutenção realizados no Município são de inteira responsabilidade da prefeitura, no qual é realizado por um departamento de Obras Viárias da Secretaria Municipal de Saneamento.

Identificou-se que a equipe técnica é responsável pela gestão das obras de pavimentação sendo a maioria, funcionários públicos, a diretoria e o engenheiro civil que compõe o departamento são indicados e assumem cargos de confiança. A diretora atual é arquiteta e urbanista de formação, possui menos de 2 (dois) anos de experiência na área de pavimentação. Das 53 pessoas que integram a equipe, menos de 10% possuem curso de graduação, que são os 3 (três) engenheiros civis e a diretora. Os demais funcionários são concursados do cargo de auxiliar de pavimentação e possuem baixa instrução escolar.

O titular da secretaria e a diretora do departamento responsável apontaram que durante a execução das atividades de pavimentação, como a manutenção tipo tapa-buraco, não contam com a fiscalização adequada, pois não possuem equipe de fiscalização qualificada para medição dos serviços executados. Os mesmos não possuem conhecimento normativo técnico sobre pavimentação, usam apenas a experiência de tempos de serviço.

Vale destacar que atualmente a secretaria em estudo não possui um inventário das ruas do Município, há apenas projetos e orçamentos solicitados pelos titulares ao longo dos anos, porém não há integração entre a assessoria técnica, que é a responsável por elaborar os projetos, com o setor de execução das obras. O retorno sobre a execução ou não dos projetos demandados não é informado. O quadro 4.1 demonstra os investimentos em drenagem e pavimentação realizados nos últimos anos no Município:

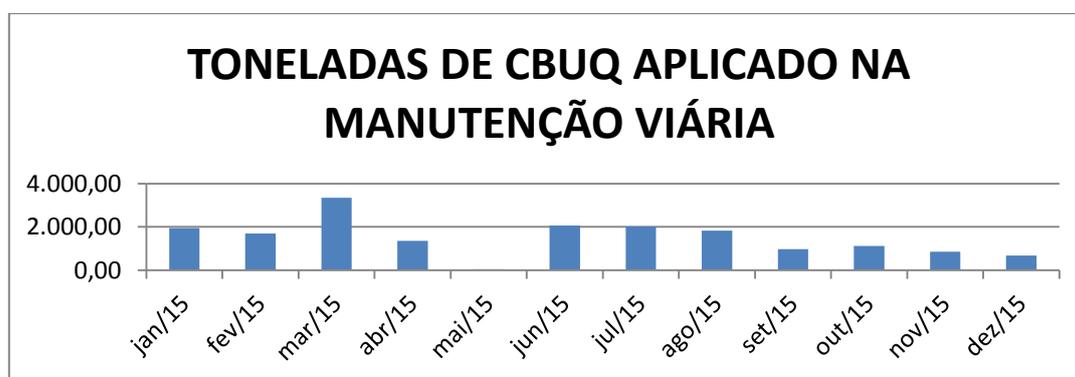
Quadro 4.1 – Investimentos em infraestrutura urbana

SERVIÇOS	ANOS				TOTAL
	2013	2014	2015	2016 (PREVISTO)	
<b>Nº DE VIAS</b>	64	83	26	131	304
<b>PAVIMENTAÇÃO (km)</b>	29,036	50,61	5,485	60,8207	145,9517
<b>DRENAGEM SUPERFICIAL (km)</b>		1,423	1,054	4,495	6,972
<b>DRENAGEM PROFUNDA (km)</b>	2,88	3,166	4,291	8,9909	19,3279

Fonte: Órgão, 2016.

Os dados referentes as obras demonstradas acima foram obtidos por meio de boletins de medição dos contratos de obra e engenharia, os mesmos não acompanham um relatório de execução física de obra, logo percebe-se a ausência de um sistema de gestão e planejamento que inclua todas as características físicas, geométricas e orçamentaria dos pavimentos do município. Em relação ao serviço de manutenção dos pavimentos, comumente chamado de tapa-buraco, observa-se no Gráfico 4.1 o alto volume de investimentos feitos pelo município sem planejamento adequado para as intervenções atuais e futuras.

Gráfico 4.1 – Toneladas de CBUQ aplicadas em atividades de M&R



Fonte: Órgão foco da pesquisa, 2016.

De acordo com o gráfico apresentando na figura 4.1, o Município aplicou no ano de 2015 um total de 17.960,97 toneladas de CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente) em atividades de manutenção e reabilitação de pavimentos nas vias. Segundo a Secretaria, o investimento é de aproximadamente R\$ 7.000.000,00 anuais em manutenção das vias.

Com relação aos procedimentos associados à priorização e seleção de ruas, percebeu-se que mesmo sem o auxílio de um SGP, o departamento responsável pelas obras e serviços de manutenção obedece alguns critérios para a realização dos serviços de manutenção dos pavimentos. São eles:

- As ruas prioritárias são aquelas com pior condição do pavimento, ou seja, com defeitos que comprometem a segurança e conforto do usuário;
- A seleção de ruas também obedece a vontade política, como demanda do prefeito e dos vereadores, bem como, pelos pedidos e reclamações da comunidade;
- Principais avenidas da cidade aonde um defeito no pavimento pode causar grandes transtornos aos transeuntes.

Nota-se que não há um método específico para selecionar as ruas candidatas às obras de manutenção e reabilitação. A seleção é feita por meio dos critérios acima, como também, por meio da experiência dos funcionários do departamento responsável. Ressalta-se que a existência de um método de seleção é fundamental para a tomada de decisão, evitando o uso de soluções incorretas e incoerentes.

#### **4.2 RESULTADOS DA FASE I**

Por meio da reunião de sensibilização sobre a importância de uso do SGPU para o órgão, onde estiveram presentes além do titular do mesmo, os representantes do departamento de obras viárias e da assessoria técnica. Como principais resultados desta etapa, destaca-se a identificação por parte de todos da necessidade do uso de um SGPU e a expectativa criada para o uso de uma ferramenta de gestão que pudesse auxiliar e nortear as ações desenvolvidas diariamente no que tange aos serviços prestados.

Com a realização da reunião que envolveu a diretoria do departamento de obras, engenheiros, fiscais e auxiliares de pavimentação, objetivando a identificação do panorama dos serviços de Manutenção & Reabilitação realizados, pode-se destacar que o órgão não possui tais informações de forma analítica. Outro ponto que merece destaque é o fato da autonomia de definição do tipo de serviço a ser realizado, pois identificou-se por meio de relatos na reunião que o departamento possui autorização para realização de apenas um tipo de serviço que é a operação comumente conhecida como “tapa buraco” (manutenção corretiva). Os demais tipos de serviços como reforço, reabilitação, reconstrução e construção dependem de uma autorização do titular do órgão e corriqueiramente também do gestor maior do Município.

Vale ressaltar, que os defeitos encontrados nas estruturas de pavimentos urbanos são distintos e portanto, exigem uma solução específica para cada caso, o que não acontece no

município estudado. Tal situação pode ser amenizada com a implantação do SGPU, reduzindo os custos excessivos ao erário municipal e colocando fim às patologias tratadas, uma vez que o sistema proporciona informações necessárias ao planejamento adequado dos serviços a serem realizados, por meio de gráficos, relatórios e diagnósticos reais de cada situação.

No que tange a elaboração do inventário, etapa considerada principal e prioritária na implantação de um sistema de gestão de pavimentos, a estratégia inicial era realizar a análise da malha viária por meio de sua base cartográfica, porém percebeu-se que no município em estudo não havia inventário registrado, o que como dito anteriormente motivou o desenvolvimento do SGPU, com destaque para o módulo de inventário objetivando a criação de um banco de dados e também dois outros módulos referentes ao diagnóstico e orçamento de serviço a ser prestado.

### **4.3 RESULTADOS DA FASE II**

O Sistema de Gestão de Pavimentos Urbanos - SGPU desenvolvido apresentou interface ergonômica aos usuários e possibilitou criação de um banco de dados por meio de uma análise global dos dados técnicos disponibilizados das vias da cidade. Dessa forma, tornou-se possível o conhecimento das ações comumente desenvolvidas pelo órgão. O uso do sistema potencializa o planejamento de forma coerente dos recursos financeiros destinado aos serviços de manutenções e reabilitações de vias urbanas. A seguir será apresentada a interface do sistema desenvolvido.

Destaca-se que o sistema pode ser acessado pelo meio online através de seu endereço eletrônico: <http://177.70.35.45/pavimentacao> digitando como login e senha a palavra visitante. Uma vez logado, este usuário tem acesso a geração de todos os relatórios e funcionalidades do sistema, estando limitado a inserir e salvar dados, funções estas somente a usuários credenciados. A Figura 4.1 apresenta a tela inicial do SGPU.

Figura 4.1 – Tela inicial do SGPU



A tela inicial do SGPU apresenta um cabeçalho com um ícone de um trabalhador em um círculo cinza, o logotipo "SGPU" em letras azuis e o subtítulo "Sistema de Gestão de Pavimentos Urbanos" em uma fonte cursiva. Abaixo, há um formulário de login com campos para "Login \*" e "Senha \*", ambos destacados em amarelo. Links para "Novo usuário" e "Recuperar senha" estão presentes. Um botão "Entrar" está centralizado na base do formulário. Uma nota vermelha indica que os campos são obrigatórios.

Login \*

Senha \*

[Novo usuário](#)  
[Recuperar senha](#)

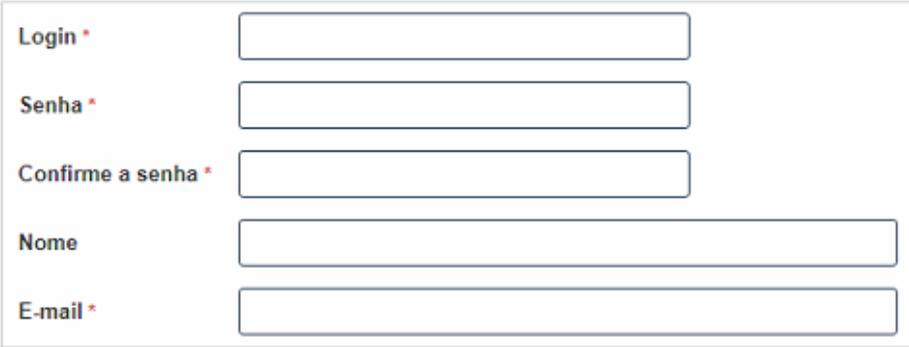
\* Campo de preenchimento obrigatório

Fonte: Autora, 2017.

A tela inicial (Figura 4.1) representa o primeiro contato do usuário com o sistema, o mesmo tem as opções de inserir seu login e senha (caso já possua cadastro) ou realizar seu cadastro de acesso ao sistema (novo usuário), além da opção de recuperar sua senha de acesso. A Figura 4.2 apresenta a tela de cadastro de usuário.

Figura 4.2 – Tela de cadastro de novo usuário

**INCLUSÃO**



A tela de cadastro de novo usuário, intitulada "INCLUSÃO", contém um formulário com campos para "Login \*", "Senha \*", "Confirme a senha \*", "Nome" e "E-mail \*". Abaixo do formulário, há dois botões: "Incluir" e "Voltar". Uma nota vermelha indica que os campos são obrigatórios.

Login \*

Senha \*

Confirme a senha \*

Nome

E-mail \*

\* Campo de preenchimento obrigatório

Fonte: Autora, 2017.

A tela de cadastro de novo usuário objetiva a criação de login e senha por meio da inserção de informações como: nome, e-mail e confirmação de senha. A Figura 4.3 apresenta a tela inicial de uso das funções do sistema.

Figura 4.3 – Tela inicial de uso das funções do sistema



Fonte: Autora, 2017.

Ao visualizar esta tela inicial o usuário se depara com todas as abas de funções existentes, como: Inventário, Logradouro, Bairro, Relatórios, Serviços, Segurança e a função Sair. Cada função será detalhada nas próximas figuras. A Figura 4.4 apresenta o módulo Inventário por meio da tela de cadastro de vias.

Figura 4.4 – Tela de cadastro de vias – aba inventário

Cadastro de Via		Diagnóstico	
Código	12	Logradouro	AVENIDA DO CONTORNO
Trecho Da	Passagem Guarany	Trecho Ate	Travessa D
Bairro	Castanheira	Classe Funcional	Coletora
Quadra		Comprimento	110
Largura	6	Nº de Faixas	2
Tipo de Pavimento	Flexível	Tipo de Revestimento	CBUQ+PMQ
Condição do Subleito	Fraco	Drenagem	Superficial
Tipo de Rota	Outra	Ano Construção	
Ano Última Manutenção	2014	Tipo da Última Manutenção	Corretiva
Vol. de Tráfego	Médio	Responsável pelo cadastro	
Data	22/06/2017 dd/mm/aaaa	Setor	ATEC
Sentido da Via	Mão Dupla	Sinalização Horizontal	Ruim
Observação			

Fonte: Autora, 2017.

Esta tela (Figura 4.4) apresenta as sub-abas cadastro de via e diagnóstico. Os parâmetros a serem preenchidos na aba cadastro de vias foram apresentados no quadro 3.1 (pg. 51). A Figura 4.5 apresenta a tela de elaboração do diagnóstico da via.

Figura 4.5 – Diagnóstico da via

diagnóstico		orcamento		
Data	20/06/2017	15	Trincas por Fadiga	10
Trincas em Blocos	5		Trincas nos Bordos	5
Trincas Longitudinais	0		Trincas por Reflexão	0
Trincas Transversais	0		Remendos	0
Panelas	5		Deformação	0
Corrugação	0		Exsudação	0
Agregados polidos	0		Desgastes	0
Desnível pista-acostamento	0		Bombeamento	0
<b>Soma dos defeitos</b>	<b>25</b>		<b>Índice de condição de pavimento</b>	<b>75</b>

1 [1 de 1]

Fonte: Autora, 2017.

A tela de diagnóstico da via (Figura 4.5) apresenta os parâmetros a serem considerados no levantamento de campo referente aos 15 defeitos de pavimentos a serem analisados. A ponderação do peso a ser atribuído para cada defeito baseia-se no Programa Norteamericano de Pesquisa SHRP (Programa Estratégico de Pesquisas Rodoviárias). A figura 4.6 representa a planilha que foi considerada como base para a elaboração do módulo de diagnóstico.

Figura 4.6 - Planilha de levantamento de defeitos

Rua: _____	Bairro: _____
Código da Seção: _____	Extensão: _____
Largura: _____	Tipo de Pavimento: _____
Data: _____	
<b>DEFEITOS</b>	<b>AVALIAÇÃO</b>
1. Trincas por fadiga	0-15 _____
2. Trincas em Blocos	0-5 _____
3. Trincas nos bordos	0-5 _____
4. Trincas longitudinais	0-5 _____
5. Trincas por reflexão	0-5 _____
6. Trincas Transversais	0-5 _____
7. Remendos	0-5 _____
8. Panelas	8-10 _____
9. Deformação permanente nas Trilhas de rodas	0-15 _____
10. Corrugação	0-5 _____
11. Exsudação	0-5 _____
12. Agregados Polidos	0-5 _____
13. Desgaste	0-5 _____
14. Desnível pista – acostamento	0-5 _____
15. Bombeamento	0-5 _____
<b>Índice de Condição do Pavimento:</b>	Soma dos Defeitos: _____
	ICP = 100 – SOMA DOS DEFEITOS
	ICP = 100 - _____
	ICP = _____

Fonte: Adaptada de Oda *et al.*, 1999.

Este módulo do sistema objetiva quantificar o ICP levando em consideração todos os defeitos considerados no Programa de Pesquisa SHRP. O ICP é um índice que pode auxiliar na escolha e seleção de atividades de M&R, vale destacar que este módulo corresponde a uma função adicional ao sistema e que o mesmo não faz parte ao objetivo principal desta pesquisa, assim como, o módulo apresentado na Figura 4.7 referente ao orçamento do serviço, sendo ambas funcionalidades adicionais ao SGPU.

Figura 4.7 – Tela elaboração de orçamento

Item	Qty	Parcial
1.0SERVIÇOS PRELIMINARES		
1.1Instalações		
1.3Sinalização diurna		
1.4Sinalização noturna		
1.5Serviços Topográficos		
2.0DRENAGEM		
2.1Escavação mecânica		
2.10Recuperação de poço de visita em concreto armado FCK 15 Mpa		
2.10.1Dimensões internas 1,30 x 1,30 x 1,30 m		
2.10.2Dimensões internas 1,50 x 1,50 x 1,30 m		
2.11Recuperação de boca de lobo em concreto, dimensões internas 1,00 x 1,00 x 1,20 m		
2.14Remoção e transporte de material escavado (DMT=06 Km)		
2.2Escavação manual		
2.4Esgotamento de valas		
2.5Lastro em areia (e=0.20 m)		
2.6Fornecimento, transporte, assentamento e rejuntamento de tubo de concreto armado CA-1		
2.6.5CA-1 0,50 m		
2.6.6CA-1 0,40 m		
2.8Reaterro compactado com material de empréstimo		

Fonte: Autora, 2017.

Esta função objetiva proporcionar agilidade na elaboração de um determinado orçamento de um serviço a ser executado, levando em consideração o inventário e o diagnóstico de uma determinada via. Para tal, o sistema permite selecionar o item do serviço a ser contemplado e sua quantidade, gerando automaticamente o valor global do orçamento. Destaca-se que o módulo de orçamento foi elaborado com base na planilha orçamentária utilizada pelo órgão, mas o mesmo encontra-se preparado para receber quaisquer bancos de dados existentes, como SINAPI, DNIT, dentre outros. A Figura 4.8 apresenta a tela de cadastro de banco de dados referente ao módulo de orçamento (aba Serviços), esta tela permite a inserção do serviço, unidade e valor unitário de cada item a ser contemplado em um determinado orçamento.

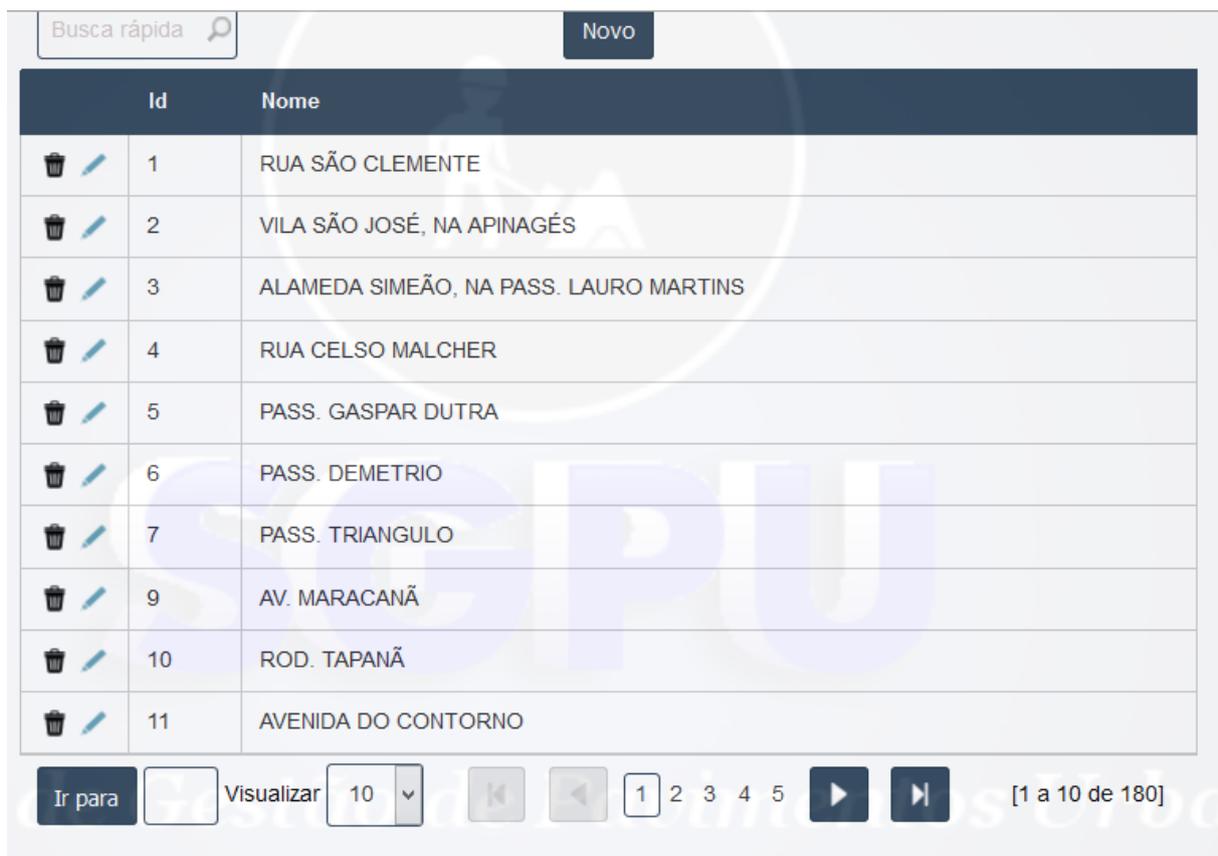
Figura 4.8 – Cadastro de serviços para orçamento

Novo					
Item *	Nome Serviço	Unidade	Valor Unitario	Sequencia	
 	1.0	SERVIÇOS PRELIMINARES		0,00	1
 	1.1	Instalações	cj	32.923,94	2
 	1.3	Sinalização diurna	m2	16,02	3
 	1.4	Sinalização noturna	und	36,57	4
 	1.5	Serviços Topográficos	m	13,77	5
 	2.0	DRENAGEM		0,00	6
 	2.1	Escavação mecânica	m3	12,38	7
 	2.2	Escavação manual	m3	19,30	8

Fonte: Autora, 2017.

A Figura 4.9 corresponde ao cadastro de Logradouro, destaca-se que esta função é necessária de forma prévia ao cadastro de vias, uma vez que o cadastro de vias só é permitido estando um logradouro pré-cadastrado no sistema.

Figura 4.9 – Cadastro de logradouro



	Id	Nome
 	1	RUA SÃO CLEMENTE
 	2	VILA SÃO JOSÉ, NA APINAGÉS
 	3	ALAMEDA SIMEÃO, NA PASS. LAURO MARTINS
 	4	RUA CELSO MALCHER
 	5	PASS. GASPAR DUTRA
 	6	PASS. DEMETRIO
 	7	PASS. TRIANGULO
 	9	AV. MARACANÃ
 	10	ROD. TAPANÃ
 	11	AVENIDA DO CONTORNO

Ir para  Visualizar 10    1 2 3 4 5   [1 a 10 de 180]

Fonte: Autora, 2017.

A Figura 4.10 corresponde ao cadastro de Bairros, destaca-se que esta função é necessária de forma prévia ao cadastro de vias, uma vez que o cadastro de vias só é permitido estando um Bairro pré-cadastrado no sistema.

Figura 4.10 – Cadastro de Bairro

	Id	Nome
 	1	Tapanã
 	2	B.Campos
 	3	Marco
 	4	Terra Firme
 	5	Curió Utinga
 	6	Guamá
 	7	Sacramenta
 	8	Jurunas
 	9	Maracangalha

Fonte: Autora, 2017.

A Figura 4.11 e 4.12 correspondem respectivamente as funções existentes nas abas Relatórios e Segurança. A aba relatórios permite a geração de gráficos de forma automática de acordo com o cadastro de vias realizados, os gráficos gerados corresponde a análises dos tipos de revestimentos, tipos de pavimentos, tipo de subleito, tipo de drenagem, demanda por bairro, tipo de manutenção realizada e gráfico de Índice de Condição de Pavimento – ICP.

Figura 4.11 – Aba relatórios



Fonte: Autora, 2017.

Figura 4.12 – Aba Segurança



Fonte: Autora, 2017.

A aba Segurança, refere-se a gestão das funcionalidades do sistema, como: usuários, aplicações, grupos, grupos de usuários, grupos de aplicações, sincronizar aplicações, alterar senha e a função sair. A função usuário nesta aba permite configurar o acesso e modelar cada parâmetro e perfil para um determinado usuário.

#### **4.4 RESULTADOS DA FASE III**

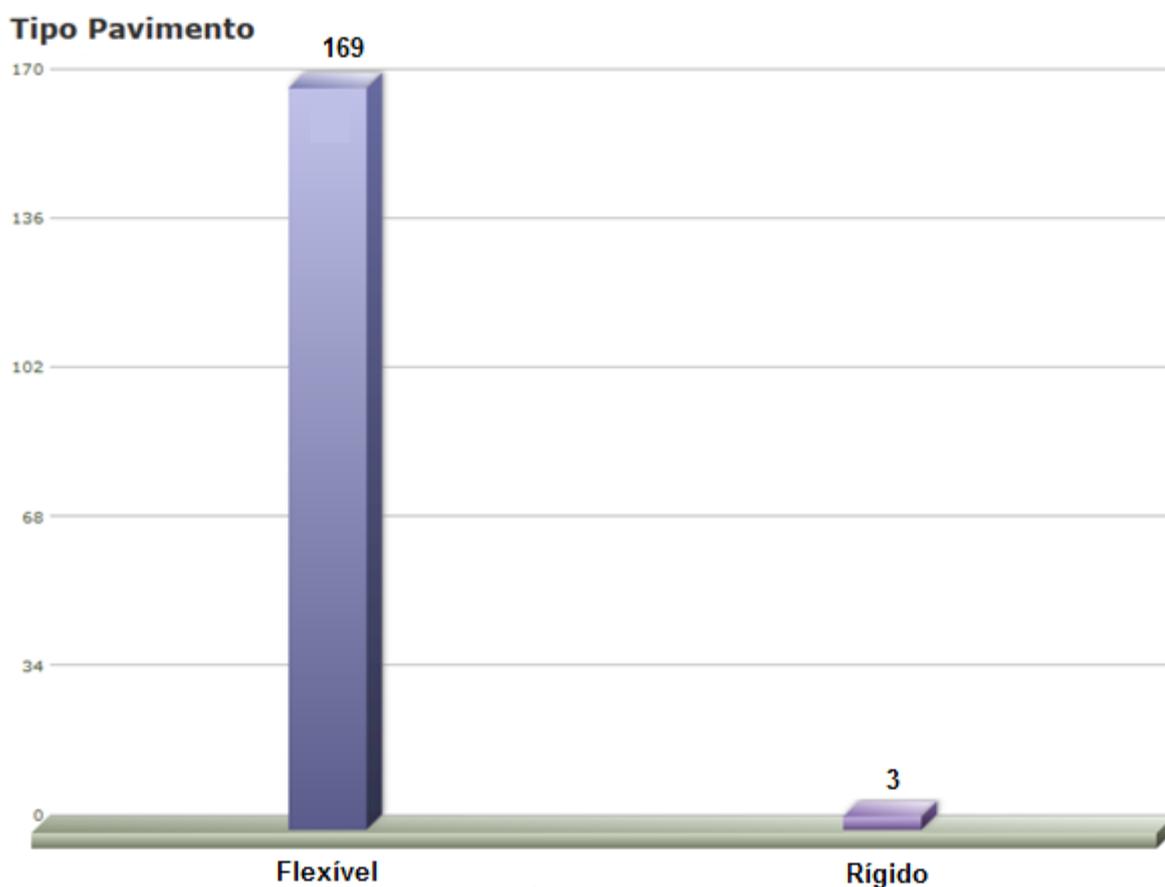
Por meio de uma reunião com os técnicos do órgão disponibilizados para serem usuários do SGPU, pôde-se apresentar as interfaces do sistema e suas funções. O treinamento foi realizado de forma dinâmica e direta, fazendo com que o entendimento do uso do sistema fosse simplificado. Houve resistência por partes dos usuários do departamento de obras, devido estarem culturalmente acostumados com o dia-a-dia operacional, porém, foi possível contornar a situação com a demonstração e facilidade de operação do sistema.

Pôde-se perceber que houve grande aceitação da nova metodologia proposta, principalmente por parte dos usuários da assessoria técnica, que no dia-a-dia necessitam de informações rápidas e consistentes para a elaboração de projetos de pavimentação, os mesmos, vislumbraram como resultado principal o ganho de tempo na elaboração de projetos e relatórios para a diretoria.

Durante 30 dias após o treinamento, os usuários da assessoria técnica e do departamento de obras viárias testaram o sistema alimentando o módulo inventário com 172 amostras de vias e serviços disponibilizadas pela alta gestão. Os dados disponibilizados não contemplavam na totalidade todos os parâmetros do módulo de inventário do sistema, entretanto, os usuários possuíam conhecimentos sobre as informações necessárias o que garantiu o cadastro das vias junto ao sistema de forma completa.

Após a inserção das amostras, utilizou-se a função de geração de gráficos referentes aos dados principais cadastrados no módulo de inventário, como: tipo de pavimento, tipo de revestimento, tipo de subleito, tipo de drenagem, demandas atendidas por bairro e tipo de manutenção realizada. O Gráfico 4.2 apresenta a proporção dos tipos de pavimentos identificados na malha viária estudada.

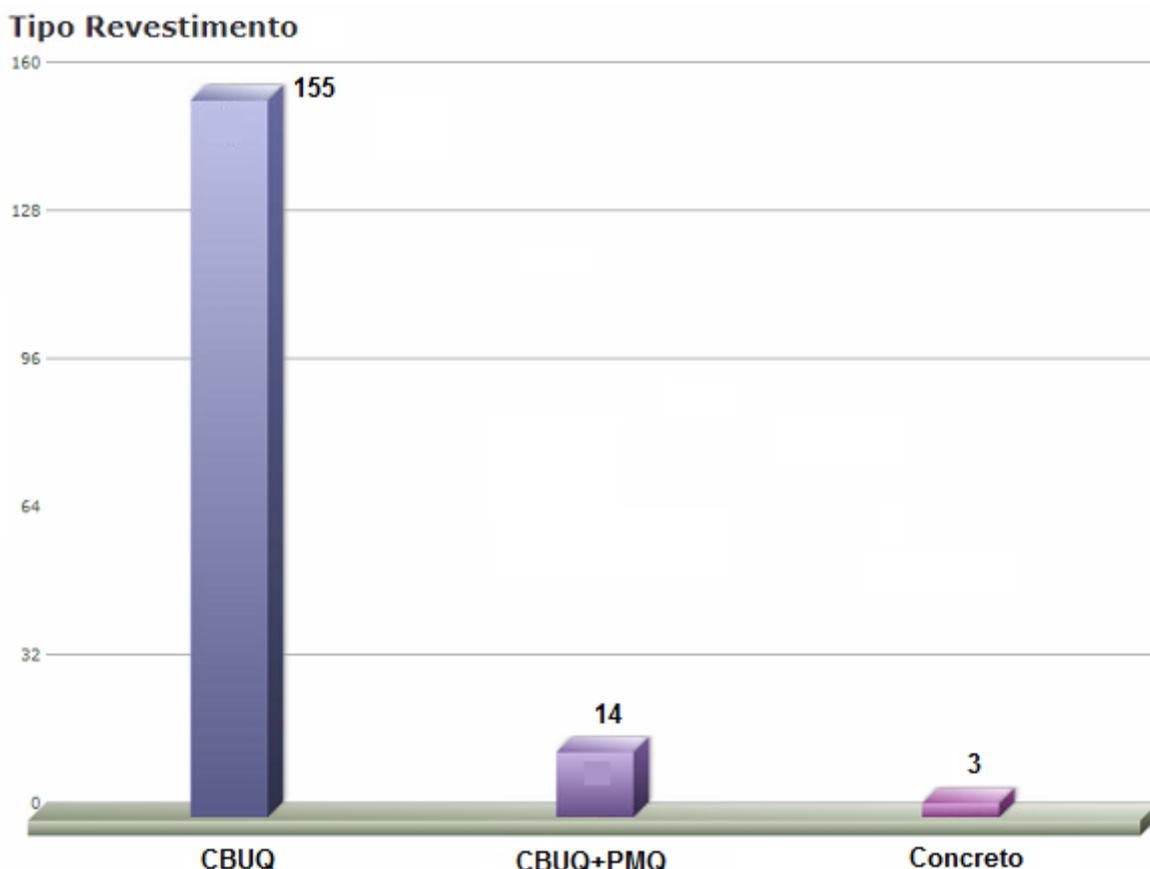
Gráfico 4.2 – Tipo de pavimento



Fonte: Autora, 2017.

O Gráfico 4.2 apontou que 98,25% da malha viária analisada é composta de pavimentos flexíveis e menos de 2% de pavimentos rígidos. De acordo com os técnicos do departamento de obras viárias, o pavimento flexível é o mais utilizados nas vias urbanas devido aos custos de implantação e manutenção serem inferiores aos dos pavimentos rígidos. O Gráfico 4.3 apresenta os tipos de revestimentos utilizados.

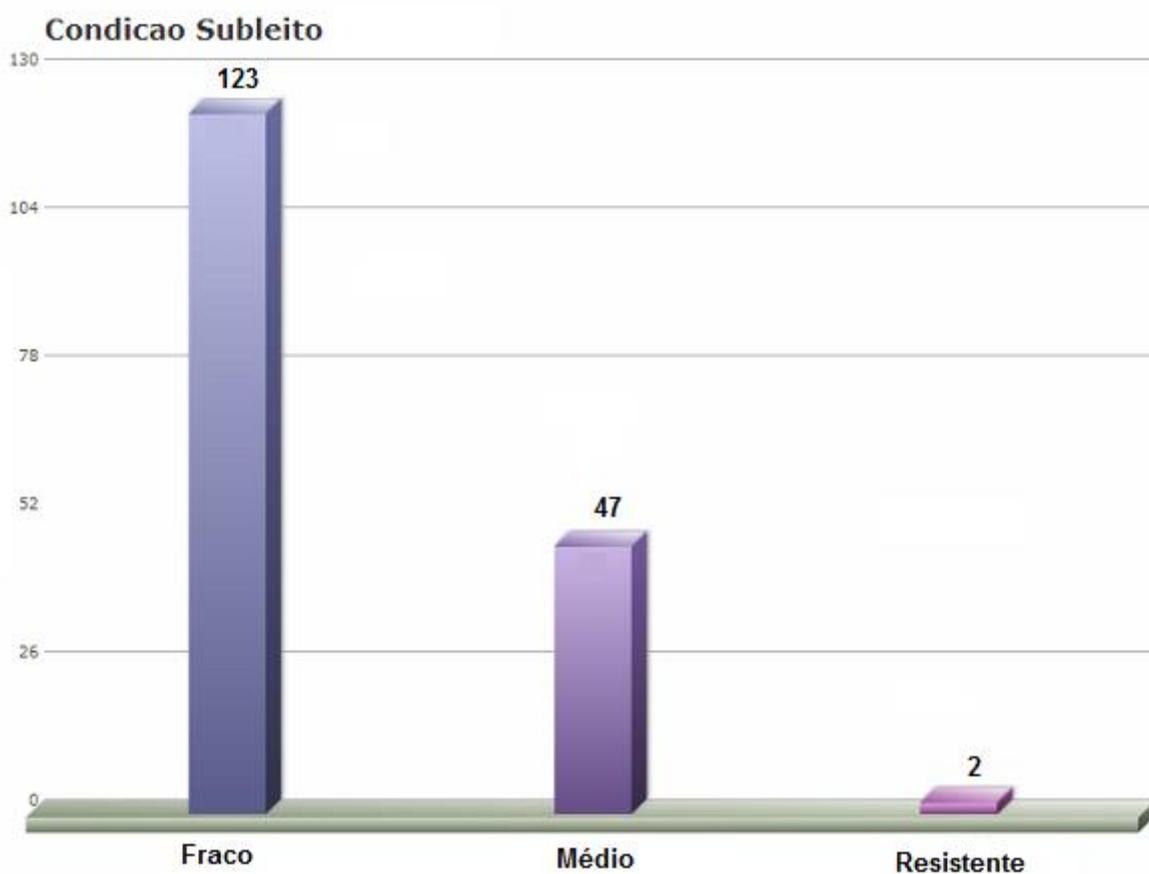
Gráfico 4.3 – Tipo de Revestimento



Fonte: Autora, 2017.

O Gráfico 4.3 demonstra que das 172 amostras, em 155 foram utilizados o Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ, em 14 vias foi utilizado a combinação de CBUQ e Asfalto Pré-misturado a quente - PMQ e em 3 foi realizada a pavimentação em concreto. O CBUQ é o mais utilizado no Brasil e nas atividades de manutenção corretiva, segundo os técnicos, a combinação de CBUQ e PMQ é utilizada quando há necessidade de uma camada de regularização na via, que é realizada com o PMQ. A pavimentação em concreto é realizada em casos em que a via já era pavimentada com concreto, geralmente em vilas e alamedas em que a própria população realizou a pavimentação. O Gráfico 4.4 apresenta o panorama da condição dos subleitos das vias analisadas.

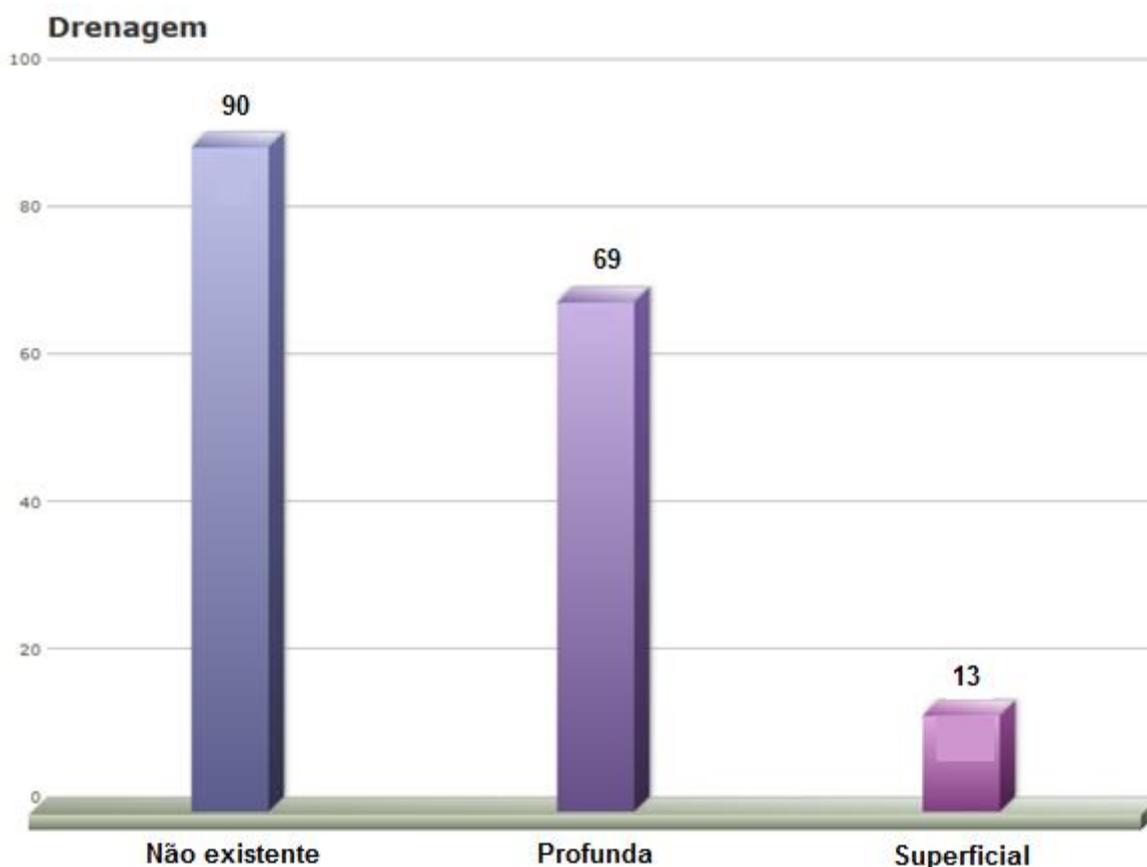
Gráfico 4.4 – Condição do Subleito



Fonte: Autora, 2017.

Com o Gráfico 4.4, observa-se que os técnicos avaliaram 123 subleitos como fracos, 47 como médios e 2 subleitos resistentes. A avaliação do subleito foi realizada de maneira superficial com ajuda do conhecimento dos topógrafos do órgão e definida pela ocorrência ou não de defeitos associados à baixa capacidade de suporte do solo de fundação, sendo fatores de conhecimento dos técnicos. O gráfico 4.5 apresenta os tipos de drenagens existentes.

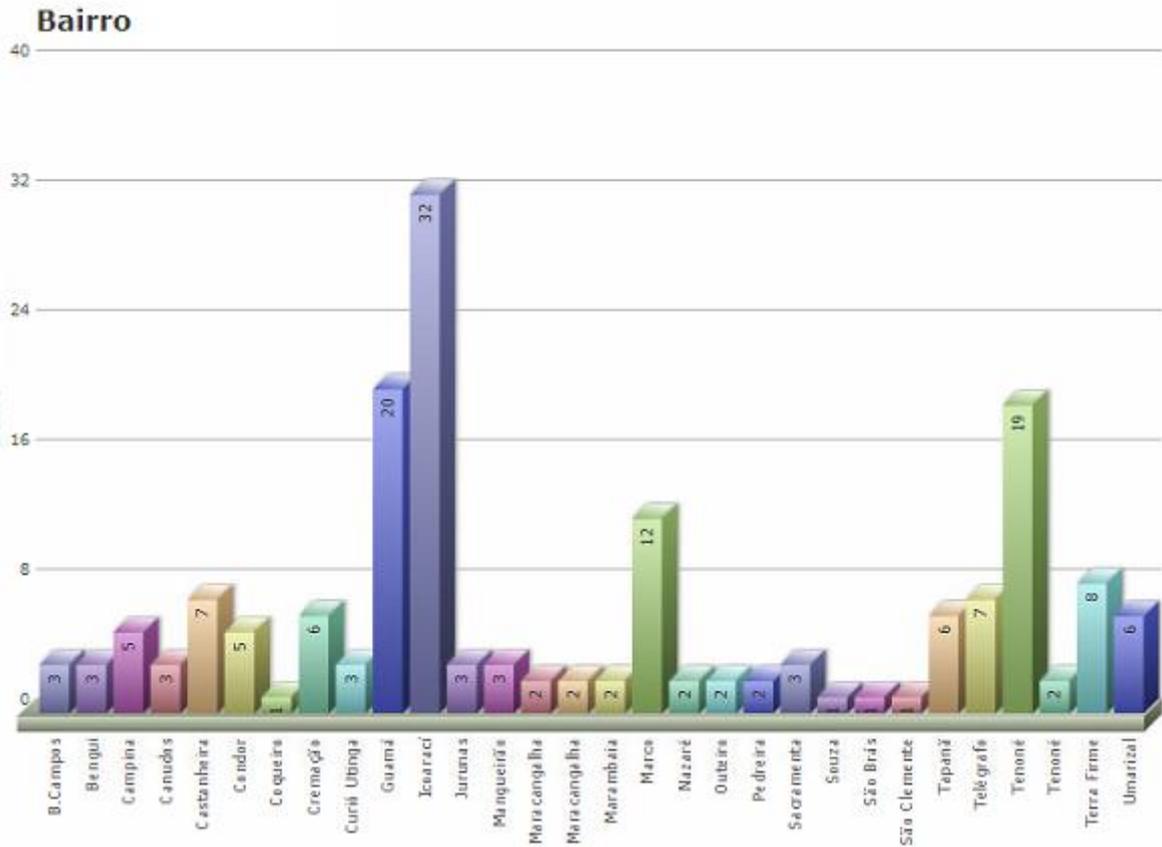
Gráfico 4.5 – Tipo de Drenagem



Fonte: Autora, 2017.

Após análise do Gráfico 4.5, percebe-se que em 90 vias analisadas o sistema de drenagem é inexistente, em 69 vias existe drenagem profunda e em 13 vias possuem somente drenagem superficial. A drenagem superficial tem como objetivo interceptar ou captar as águas precipitadas sobre o pavimento por meio de sarjetas, meios-fios ou descidas d'água. Enquanto que a drenagem profunda tem por objetivo interceptar os fluxos das águas subterrâneas, captando e escoando as águas de forma a impedir a deterioração progressiva dos pavimentos. A diretora do departamento de obras viárias justificou essa situação com a ausência de um planejamento adequado da malha viária urbana durante anos e em que a cidade se expandiu sem planejamento e infraestrutura básica adequada. A ausência do sistema de drenagem compromete a boa funcionalidade da malha viária, ficando sempre exposta a defeitos. O gráfico 4.6 apresenta a demanda atendida por bairro nos anos de 2013, 2014 e 2015.

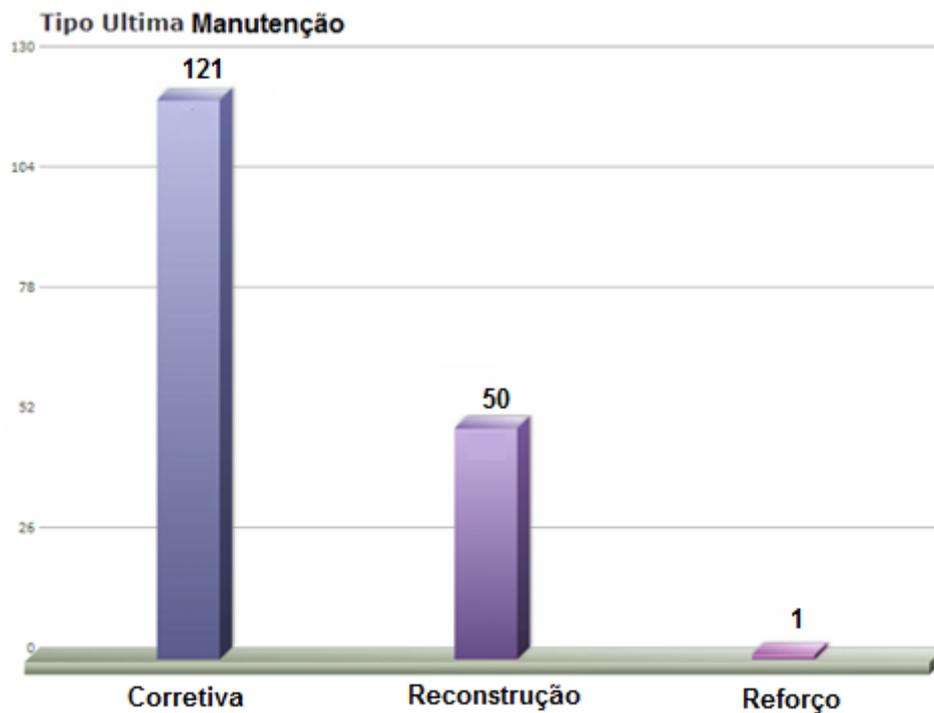
Gráfico 4.6 – Demanda por Bairro



Fonte: Autora, 2017.

Analisando o Gráfico 4.6, nota-se que alguns bairros receberam um número significativo de manutenções, como: 20 vias no Bairro do Guamá, 32 vias no Bairro de Icoaraci, 12 vias beneficiadas no Bairro do Marco e 19 vias no Bairro do Tenoné. Os Bairros mais beneficiados são considerados bairros populosos do município, apresentando um grau crítico de deterioração dos pavimentos por conta de sua infraestrutura na maioria das vezes insuficiente. O gráfico 4.7 apresenta o tipo de manutenção realizada.

Gráfico 4.7 – Tipo de manutenção realizada

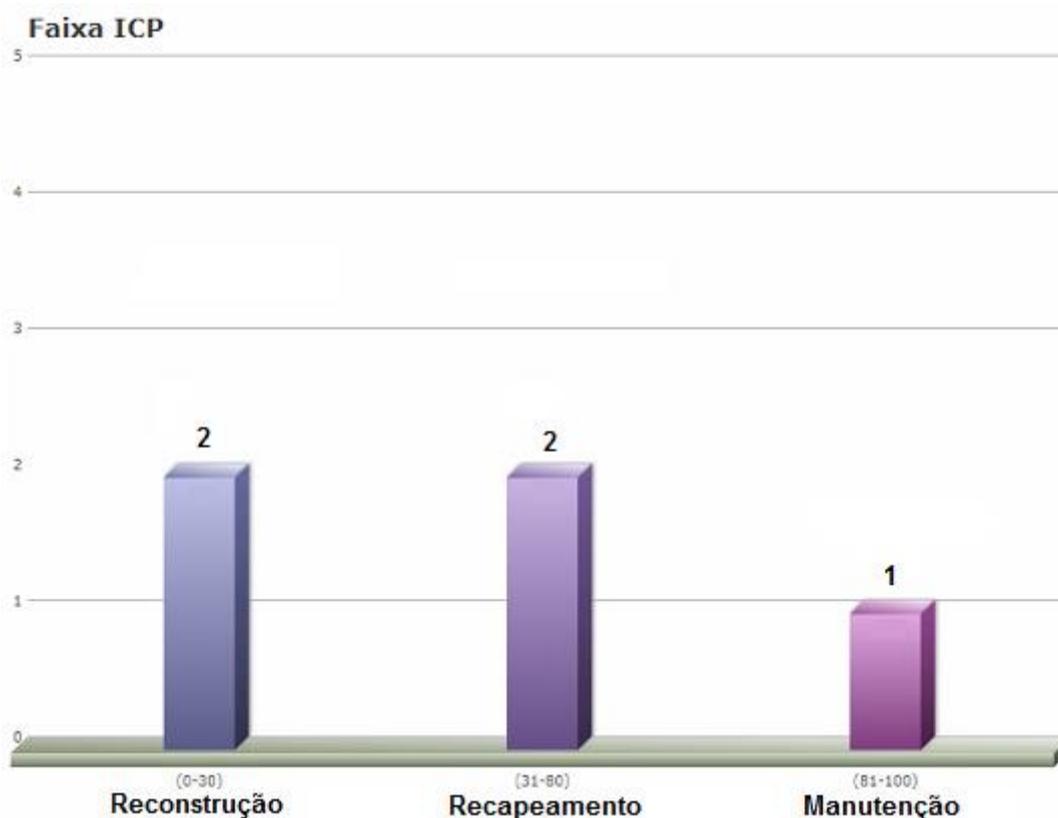


Fonte: Autora, 2017.

O gráfico 4.7 apresenta o tipo de manutenção realizado nas vias cadastradas. Observa-se que em 121 vias foi realizada manutenção corretiva, comumente executada pelo órgão. Em 50 vias foram feitas Reconstruções e em uma via realizou-se atividade de reforço. As manutenções corretivas realizadas pelo órgão são do tipo “tapa-buraco”, recapeamentos e remendos profundos, é a atividade realizada todos os dias pelo órgão. As 50 vias que receberam atividade de reconstrução foram as que estavam com o subleito comprometido ou com alguma necessidade de reparo no sistema de drenagem.

As atividades de M&R dos pavimentos adotadas pelo órgão não incluem a manutenção preventiva, o que foi pontuado pela gestão de obras viárias. Com pode-se perceber no Gráfico 4.7 não há uma preocupação em manter os pavimentos, apenas consertá-los quando é extremamente necessário praticando a manutenção corretiva. O Gráfico 4.8 apresenta o Índice de Condição do Pavimento – ICP.

Gráfico 4.8 – Índice de Condição do Pavimento



Fonte: Autora, 2017.

Para demonstrar a importância do Índice de Condição de Pavimento, foi realizado o diagnóstico de 5 vias de maneira aleatória para ilustrar a funcionalidade deste módulo do sistema. Utilizando a função de diagnóstico presente no SGPU é possível identificar quais vias devem ser recapeadas, reconstruídas ou reforçadas prioritariamente de acordo com o ICP alcançado. O sistema permite conhecer quais vias estão necessitando passar por intervenções e qual o tipo de intervenção necessário para uma determinada via.

A partir das informações registradas no cadastro da via e fornecidas pelo usuário técnico, o *software* calcula o ICP automaticamente. O ICP é um número que varia de 0 a 100% e determina a serventia do pavimento no momento da avaliação. Quanto maior a porcentagem, melhor a condição da via. Uma via com ICP de 95% não necessita de manutenção corretiva ou reconstrução, já uma via com um ICP de 20% necessita de intervenção prioritária e provavelmente de uma reconstrução. Com esse controle, o setor responsável pela manutenção da malha viária pode realizar o planejamento adequado das intervenções.

## 4.5 SÍNTESE DOS RESULTADOS

Diante das informações colhidas em reunião com a Diretora do Departamento de Obras viárias, pôde-se identificar o processo de chegada de pedidos de manutenção e os procedimentos adotados a partir da demanda recebida. Percebeu-se que o volume de pedidos é superior a capacidade de atendimento. Diante disto, realiza-se uma classificação da demanda que na maioria das vezes sofre interferência política. Encaminha-se a demanda aos técnicos que realizam o levantamento *in loco*, apresentando um relatório básico contendo somente: dimensão da via, trecho e quantidade de buracos existentes.

Diante do relatório de levantamento, planeja-se a realização do serviço de acordo com a programação diária existente de manutenção corretiva (“tapa buraco”). A maioria das solicitações que chegam até o órgão são arquivadas, como já foi dito, a capacidade de atendimento é inferior a necessidade real do Município. Atualmente, são realizados cerca de 1600 m<sup>2</sup> de remendo de pavimento em CBUQ diariamente.

O controle da quantidade de toneladas de CBUQ aplicados diariamente é feito por meio do controle de tickets de pesagem fornecidos pela empresa executora dos serviços e as medições dos remendos é feito por meio do fiscal de serviço, juntamente com o encarregado da empresa terceirizada. O procedimento de rotina do órgão é o descrito acima e o mesmo vem sendo adotado por várias gestões nos últimos anos.

O SGPU por meio de seu módulo de cadastro via apresenta-se uma ferramenta importante para o planejamento de atividades de manutenção e reabilitação do sistema viário municipal. O objetivo do sistema consiste em conseguir uma correta coleta de informações sobre a malha viária e as condições dos pavimentos do município. Estabelecer um fluxo ordenado de gerenciamento por meio de padronização de formulários, relatórios e orçamentos facilmente acessíveis em um banco de dados seguro e confiável.

Para alcançar os objetivos descritos acima, foi preciso desenvolver uma ferramenta informatizada já apresentada nos resultados da fase II de pesquisa, ou seja, foi desenvolvido um *software* de auxílio a gestão que atendesse todos os requisitos necessários para um sistema confiável de gestão de pavimentos urbanos.

Com o sistema em uso, é possível cadastrar todas as demandas que chegam até o órgão, realizar os procedimentos fundamentais de diagnóstico e o orçamento do serviço. De posse desses relatórios, a alta gestão consegue planejar de maneira correta as ações a curto,

médio e longo prazo, aumentando sua eficiência e assertividade no atendimento das demandas. Além de obter um planejamento adequado de intervenções e direcionar de maneira racional os recursos aplicados diariamente na malha viária.

Diante do exposto, os benefícios do SGPU proposto são:

- Melhoria no processo de trabalho dos técnicos/engenheiros da área de manutenção viária, pois os mesmos foram beneficiados pela facilidade de gerar e arquivar relatórios de diagnósticos e orçamentos de maneira rápida e confiável;
- Aumento da qualidade, confiabilidade e rapidez das informações necessárias para a alta gestão planejar adequadamente os recursos destinados a malha viária, podendo o SGPU responder “o que” precisa ser feito e “onde” precisa aplicar os recursos prioritariamente;
- Criação de um banco de dados que une as informações de cadastro de vias, diagnósticos, índices de pavimentos, orçamento da via e informações para consulta necessária da alta gestão;
- Melhoria do levantamento *in loco* com a padronização do sistema de diagnóstico proposto;
- A propagação do uso do SGPU pode proporcionar melhores condições de trabalho aos servidores públicos da área.

### 5. CONCLUSÕES

De posse do referencial teórico levantado e dos resultados alcançados, apresenta-se neste capítulo as conclusões desta pesquisa, considerando os objetivos propostos.

#### 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste trabalho foi propor a implantação de um Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Urbanos a um Departamento de Obras Viárias público, especificamente desenvolver uma ferramenta de auxílio as tomadas de decisão relativas a Manutenção & Reabilitação da malha viária municipal. O Sistema de Gestão de Pavimentos Urbanos – SGPU desenvolvido se caracterizou como uma ferramenta que facilitou a tomada de decisão, principalmente para que o tempo e os custos de manutenção de vias sejam otimizados.

Durante a fase de desenvolvimento do sistema, que foi baseada em revisão bibliográfica, entrevista com a alta gestão e com os técnicos em pavimentação, buscou-se conhecer quais as necessidades e anseios sobre o serviço de manutenção prestado diariamente pelo órgão estudado. Como conclusão desta fase, pode-se identificar a ausência de recursos técnicos e de procedimentos pré-estabelecidos para desenvolvimento da atividade de manutenção, bem como, a acomodação da gestão com a ausência de uma ferramenta que pudesse melhorar o nível do serviço prestado.

Inicialmente, a intenção era obter o inventário do município em estudo, ou seja, os históricos dos pavimentos para usar como base de dados, iniciando todo o processo de estudo e desenvolvimento do SGPU, porém foi inviável devido a ausência de um inventário da malha viária municipal. Logo, por não haver nenhuma maneira de obtenção das informações completas dos pavimentos existentes no município, optou-se por propor a implantação de um SGPU (módulo inventário) e posteriormente um passo a passo das outras etapas necessárias.

Um dos objetivos do sistema de gestão foi propor um modelo de atendimento as demandas realmente prioritárias da malha viária, como por exemplo, as demandas com o grau de ICP crítico e propor as atividades de manutenção adequadas para cada via. Nesse sentido, o

modelo proposto neste trabalho mostra-se eficiente, pois permite por meio de suas ferramentas alcançar tais objetivos. Espera-se que o SGPU proposto para o município estudado auxilie na melhoria dos serviços prestados a população, trazendo benefícios quanto a infraestrutura urbana e a otimização dos recursos públicos disponibilizados para este fim.

Por fim, esta pesquisa apresenta-se importante para o meio acadêmico principalmente pelo seu caráter inovador na região analisada, se consolidando como uma das referências frente ao tema de gerência de manutenção de pavimentos urbanos em órgãos públicos. A principal diferença frente às demais pesquisas na mesma temática foi o desenvolvimento de sistema computacional que permite elaborar o inventário da malha viária de um determinado município.

## **5.2 PROPOSTAS DE PESQUISAS FUTURAS**

Como proposta de pesquisa futura, sugere-se:

- O aprofundamento do planejamento das ações frente às demandas recebidas no órgão, por meio da aplicação e uso dos módulos de diagnóstico e orçamento automatizado, previstos e desenvolvidos no SGPU;
- Elaborar de forma aprofundada um panorama da condição da malha viária do município, objetivando subsidiar um possível planejamento de manutenção preventiva para as vias;
- Realizar um estudo de previsão de demandas para embasar o planejamento orçamentário necessário para garantir a execução dos serviços demandados;
- Investigar a possibilidade e viabilidade de incorporar um componente geográfico no sistema proposto e mensurar seus benefícios.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 5462 – Confiabilidade e Manutenibilidade. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, RJ, 1994.

ALBUQUERQUE, F. S.; NUNEZ, W. P.; MACEDO, J.A.G. DE; CAVALCANTE, F. P. Geoestatística no monitoramento de pavimentos asfálticos. In: 37ª Reunião anual de pavimentação; 11º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, 37ª RAPv/11º ENACOR. 2006. Goiânia – GO. Anais... Associação Brasileira de Pavimentação.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Terminologia e Classificação de Pavimentação – NBR 7207. Rio de Janeiro/RJ. 3 pp., 1982.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; SOARES, J. B.; CERATTI, J. A. P. Pavimentação Asfáltica. Formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobrás: ABEDA, 2006.

BERTOLLO, S. A. M.; FERNANDES JR., J. L. (1997). Método estocásticos para previsão de desempenho e sua utilização em Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos. XI ANPET – Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. Rio de Janeiro, Anais, p.357-369.

CARDOSO, S. H. (1994). Gerência de pavimentos em vias urbanas. Associação Brasileira de Pavimentação. 5ª Reunião de Pavimentação Urbana. Natal, RN.

CNT. Boletim estatístico em março de 2015. Confederação Nacional do Transporte, 2015. Disponível em: [http://www.cnt.org.br/Paginas/Boletins\\_Detalhes.aspx?b=3](http://www.cnt.org.br/Paginas/Boletins_Detalhes.aspx?b=3)

DANIELESKY, M. A. Proposta de Metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de Porto Alegre. Dissertação de Mestrado Profissionalizante em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, PPGE da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 2004.

DNER. Manual de reabilitação de pavimentos asfálticos. Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. Rio de Janeiro, 1998.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2004). Pavimento rígido – pavimento de concreto de cimento Portland, compactado com rolo – especificação de serviços – DNIT 059/2004 - ES. 02p.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2004). Pavimentos flexíveis – concreto asfáltico – especificação de serviço. DNIT 031/2006 – ES.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2004). Pavimentos Flexíveis – concreto asfáltico – especificação de serviços – DNIT 031/2004-ES. 03p.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2003). Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – procedimento. DNIT 008/2003 – PRO.

DNIT. Manual de Gerência de Pavimentos. Publicação IPR 745. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, 2011. Disponível em: [http://ipr.dnit.gov.br/publicacoes/745\\_Manual\\_de\\_Gerencia\\_de\\_Pavimentos.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/publicacoes/745_Manual_de_Gerencia_de_Pavimentos.pdf)

DNIT. Manual de pavimentação. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, 2006.

DNIT. Terminologias rodoviárias usualmente utilizadas. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Versão 1.1, 2007. Disponível em:

<http://www.dnit.gov.br/download/rodovias/rodoviasfederais/terminologias-rodoviarias/terminologias-rodoviarias-versao-11.1.pdf>

FERNANDES F. A. T., Desenvolvimento de um sistema de gerenciamento para conservação do Pavimento de vias urbanas, através de um sistema de informações geográficas (SIG). Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

FERNANDES JR., J. L. Sistemas de gerência de pavimentos para cidades de médio porte. Tese de Livre Docência – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001, 109p.

HAAS, R.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI, J. (1994). Modern pavement management. Krieger Publishing Co. Malamar, Florida.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível na WEB em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=150140> IBGE

KENNEDY JR, J. C.; MAJIDZDEH, K.; VEDAIE, B. (1990). Pavement Management System to maximize pavement investment and minimize cost. Transportation Research Record 1272. TRB. Washington, D. C., p. 65-73

KHATTAK, M. J. e ALRASHIDI, M. Evaluation of Maintenance Treatments of Flexible Pavements Using LTPP Data. In: Transportation Research Board 83th Annual Meeting. Washington, D.C, 2004.

LIMA, J. P. Modelo de decisão para a priorização de vias candidatas às atividades de manutenção e reabilitação de pavimentos. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2007.

LIMA, J. P.; LOPES, S. B.; ZANCHETTA, F.; ANELLO, R. L. S.; FERNANDES JR.; J. L (2004). O uso de SIG em Gerência de Infraestrutura Urbana de Transportes: estudo de caso em São Carlos – SP. In: WORKSHOP: Planejamento Integrado: em busca de desenvolvimento sustentável para cidades de pequeno e médio porte. Universidade do Minho – Departamento de Engenharia Civil, Braga – Portugal.

MASCARÓ, J. L. Desenho urbano e custos de urbanização. Brasília/DF. MHU-SAM, 1987.

MABWANA, J. R.; TURNQUIST, M.A. (1996). Optimization modeling for enhanced network-level Pavement Management System. Transportation Research Record 1524. TRB. Washington, D. C., p. 76-85

NCHRP 35. Rehabilitation Strategies for Highway Pavements. NCHRP Web Document 35 (Project C1-38), 2001.

NHI. Pavement management systems. Federal Highway Administration, National Highway Institute Course, 422p, NHI Course n° 1310235, 1998. Disponível na web em: <http://www.nhi.fhwa.dot.gov>.

Niederauer, J. PHP para quem conhece PHP. Novatec Editora: 2005.

ODA, S. Notas de Aula. Disciplina EER 555 Pavimentação B. Departamento de Engenharia de Transportes. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2014.

OLIVEIRA, A. de. Contribuição à Avaliação do Desempenho dos Pavimentos na Região de Rochas de Embasamento Cristalino em Santa Catarina. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2007.

OLIVEIRA, J. J. Experiência de implantação de Sistema de Gerência de Pavimentos em Cidades de Médio Porte – Estudo de Caso: Anápolis-GO. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2013.

PATERSON, W. D.O. Road deterioration and maintenance effects. World Bank Publications, Washington – DC, USA, 1987. Disponível na Web em: <http://worldbank.org>.

- PEREIRA, P. A. A. (1998). Contribuição para um Sistema de Gestão Rodoviária – modelos de comportamento e método de avaliação da qualidade dos pavimentos rodoviários. Tese (doutorado). Universidade do Minho. Braga, Portugal.
- PRAKASH, A.; SHARMA, B. N.; KAZMIEROWSKI, T. J. (1993). Management and preservation of pavements. Pavement Design, Evaluation and Management Section. Ontario.
- QUEIROZ, C. A. Performance prediction models for pavement management in Brazil. 1981. 317 p. Dissertation for the Degree of Doctor philosophy, University of Texas, Austin – Texas, USA.
- SILVA, E; MENEZES E. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4º Edição, Florianópolis, 2005.
- TRB – Transport Research Board (1990). Pavement rehabilitation and design. Transportation Research Record. 1568. TRB. Washington, D. C.
- ULLIDTZ, P. (1983). Management system for pavement maintenance and rehabilitation based on analytic methods of pavement evaluation. Transportation Research 930. TRB. Washington, D. C.
- VISCONTI, T. S. O sistema gerencial de pavimentos do DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Divisão de Apoio Tecnológico, Brasil, 84p, 2000. Disponível na Web em: <http://www.fec.unicamp.br/~zuffo/>.
- WATANATADA, T. HARRAL, C. G.; PATERSON, W. D. O.; DHARESHWAR, A. M.; BHANDARI, A. ; TSUNOKAWA, K. The highway design and maintenance standards model – Volume 1: Description of the HDM-III Model. World Bank Publications, Washington D. C. USA, 1987. Disponível na Web em: <http://www.worldbank.org>.
- WANG, G.; ZHANG, Z.; MACHEMEHL, R. B. (2003). Decision making problem for managing pavement maintenance and rehabilitation projects.. Transportation Research Record 2202. TRB. National Research Council Washington, D. C.
- YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- ZANATTA, T. P. N. **Programação em PHP**. Curso de Sistemas de Informação, Faculdade de Informática de Taquara , 2012.

**ANEXO – A – QUESTIONÁRIO DE PESQUISA SOBRE A PRÁTICA DA GESTÃO  
DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS  
(LIMA, 2005).**

**DADOS REFERENTES AS CONDIÇÕES LOCAIS:**

1. Os serviços de manutenção encontram-se municipalizados?

Sim       Não

2. O órgão responsável pelos serviços de pavimentação na cidade é:

Departamento

Secretaria

Autarquia

Um setor dentro de um Departamento

Um departamento dentro de uma Secretaria

3. Estimativa da extensão (em quilômetros) de vias urbanas na cidade:

4. Estimativa em porcentagem de vias com pavimento asfáltico:

5. Número de habitantes:

**DADOS REFERENTES À EQUIPE TÉCNICA:**

6. Quantas pessoas integram a equipe que cuida da gestão de obras de pavimentação?

7. São funcionários de carreira (públicos) ou cargo de confiança?

A maioria funcionários de carreira

A maioria cargo de confiança

Somente o diretor (chefe da equipe, responsável) é de confiança

Outros. Especificar:

8. Qual é o nível de instrução do responsável pela equipe que cuida das obras de pavimentação?

Pós-graduação

Graduação

Ensino Médio (2º Grau)

Ensino Fundamental (1º Grau)

Se graduado, indique o curso:

Se pós-graduado, indique a modalidade e área:

9. Quantos anos têm de experiência na área?

Menos de 2 anos

Menos de 5 anos

Entre 5 e 10 anos

Mais de 10 anos

### **DADOS REFERENTES À GESTÃO DAS OBRAS DE MANUTENÇÃO DOS PAVIMENTOS**

10. A Prefeitura possui um inventário das ruas da cidade

Sim       Não

11. Com que frequência são realizados levantamentos de campo e avaliação do pavimento?

Todo ano

De dois em dois anos

Quando necessário

Outros. Especifique:

12. A Prefeitura conta com recursos de computador para processamento das informações sobre o pavimento?

Sim       Não

13. A Prefeitura possui procedimentos específicos (um sistema) para a gestão de obras de manutenção dos pavimentos?

Sim       Não

Se sim, quais os objetivos específicos desse sistema?

Banco de dados ou inventário

Histórico de construção, manutenção e reabilitação dos pavimentos

Atualização das avaliações dos pavimentos

Seleção de seções ou ruas candidatas a obras de manutenção (Priorização das seções ou ruas)

Seleção de estratégias de obras manutenção (como por exemplo: não fazer nada, manutenção preventiva, manutenção corretiva, recapeamento e reconstrução)

Alocação de recursos e orçamentos

Previsão de desempenho de pavimentos

Outros. Especifique.

#### **DADOS REFERENTES AOS PROCEDIMENTOS ASSOCIADOS À SELEÇÃO DE RUAS OU SEÇÕES**

14. É estabelecido algum critério para determinar o local (a seção ou rua) onde será realizada a obra de manutenção?

Sim       Não

15. Diante de defeitos ou problemas encontrados, quais são os critérios para a seleção destes locais? Marque uma ou mais respostas.

As ruas prioritárias serão aquelas com pior condição do pavimento, ou seja, com defeitos que comprometem a segurança e conforto do usuário

As ruas prioritárias serão selecionadas conforme a sua hierarquia viária, ou seja, de acordo com a classe funcional, ruas com grande quantidade de tráfego, ruas com rotas de ônibus, etc.

As ruas prioritárias serão aquelas próximas a terminais rodoviários, ferroviários, escolas, hospitais, centro comerciais, áreas de lazer, etc.

As ruas prioritárias serão aquelas onde o custo da obras de manutenção for o menor para a administração e para os usuários.

Outros. Especifique:

16. Além destes critérios citados no item 15, há algum(s) outro(s) que você acharia importante considerar na seleção de seções ou ruas para as obras de manutenção e reabilitação dos pavimentos?

Não       Sim. Especifique:

17. A Prefeitura trabalha com algum método específico para a seleção de seções ou ruas para as obras de manutenção?

Sim       Não

18. Como é este método?

Através de índices de prioridades que consideram fatores específicos.

Através de critérios pré-determinados para hierarquização de ruas ou seções pavimentadas.

Através de análises da condição do pavimento.

Através de modelos de priorização de projetos.

Através de modelos de otimização de rede.

Outros. Especifique:

19. Existe alguma fórmula ou equação utilizada por algum método, por favor, especifique.

Observações e comentários