

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

Renata Brabo Barra Martins¹

Alcebíades Negrão Macêdo²

Renato Martins das Neves³

Vitor William Batista Martins⁴

RESUMO: 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. Esta pesquisa objetivou 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, onde foi realizada uma pesquisa de campo por meio da aplicação de um questionário estruturado. 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. Os resultados podem contribuir com a alta gestão no 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 do órgão analisado.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimento urbano; Manutenção e reabilitação; Sistema de Gerência de Pavimentos.

¹ Universidade Federal do Pará - renatabarra@hotmail.com

² Universidade Federal do Pará - anmacedo@ufpa.br

³ Universidade Federal do Pará - rmdasneves@ufpa.br

⁴ Universidade do Estado do Pará - vitor.martins@uepa.br

1 INTRODUÇÃO

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 (Carminatti Junior, 2011).

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.

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 (Maia e Scheer, 2016). 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 por meio de tais informações possa-se demonstrar ao gestor maior da cidade as condições em que se encontram os revestimentos das vias do município. A gestão da informação em tempo hábil e precisa é importante no processo de tomada de decisão gerencial (Maia e Scheer, 2016).

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.

Diante deste contexto, esta pesquisa objetivou propor a implantação de um Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Urbanos a um Departamento de Obras Viárias público. Como objetivos específicos, destaca-se: Identificar os procedimentos atuais utilizados para planejar as intervenções nos pavimentos; inventariar os dados necessários à gerência de pavimentos referente as demandas realizadas pelo órgão responsável da prestação do serviço de manutenção de vias públicas, e; identificar os benefícios da utilização do Sistema de Gestão de Pavimentos Urbanos - SGPU.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão abordados assuntos referentes à fundamentação teórica da pesquisa, tais como, pavimentação, 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*.

2.1 PAVIMENTAÇÃO

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.

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 um 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.

2.2 ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO

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.

2.3 SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS - SGP

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.

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 pesquisas e publicações envolvendo os sistemas de gerência de pavimentos vêm se multiplicando. Podendo ser citados os seguintes trabalhos: Ullidtz (1983), Pereira (1998), 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 localização, 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.

Fernandes Jr. (2001) destaca que a gerência de pavimentos urbanos consiste 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 Sistemas Gerenciamento de Pavimentos Urbanos - SGPU consegue elevar os níveis de serviços de toda a rede viária, como também possibilita 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 cinco etapas de desenvolvimento de um sistema de gerência de pavimentos urbanos: Inventário: coleta e organização dos dados necessários para a correta implementação e para o bom desempenho do sistema; 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; Priorização: estabelecimento dos níveis de prioridade, ou seja, adequação das necessidades aos recursos disponíveis; 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; Implementação: funcionamento efetivo do sistema, utilização da estratégia selecionada.

2.4 PROGRAMAÇÃO EM PERSONAL HOME PAGE

De acordo com Zanatta (2012), a linguagem de programação PHP, de maneira geral, 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 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, por exemplo; 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

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”. 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.

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 km², 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/km².

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,

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 engenheiros civis que formaram a equipe de levantamento em campo, e um engenheiro de produção responsável por acompanhar a evolução e resultados da pesquisa.

Esta pesquisa compreendeu a realização de três fases, conforme mostra a Figura 1.

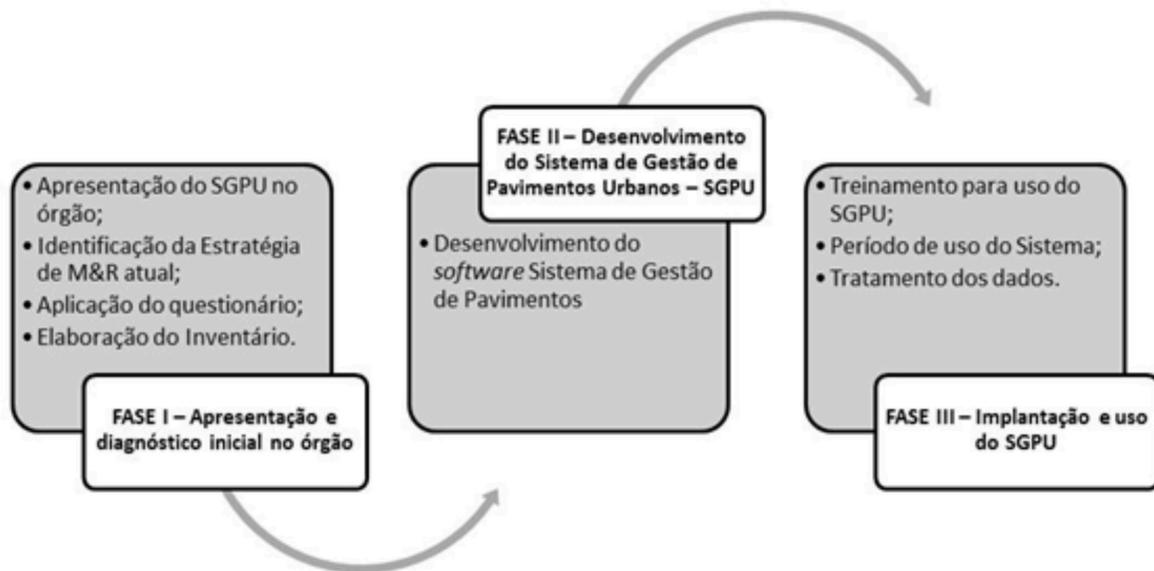


Figura 1 - Fases de desenvolvimento da pesquisa.

Fonte: Autores, 2017.

As etapas que compõem a 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. 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.

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.

O questionário aplicado para diagnóstico foi baseado no questionário usado por Lima

(2004) 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.

Para implantar 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 para esse passo, ou seja, foi desenvolvido o 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 PHP, 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 corresponde à fase dois da pesquisa.

Na fase dois, optou-se por desenvolver um *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 trinta 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.

A fase três correspondeu ao período de treinamento e uso do sistema. O 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.

A etapa de uso do sistema consistiu em um período de trinta dias e foi realizada pelos colaboradores que participaram do treinamento 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 dias de uso do sistema, os usuários que participaram do treinamento realizaram o cadastro da base de dados fornecida pelo órgão, onde foi inserido inseridos no SGPU o maior número possível de informações, como: bairro, logradouro, trecho, tipo da manutenção, largura e comprimento da via, os demais dados demandados pelo sistema foram inseridos com base no conhecimento do técnico sobre a malha viária.

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 do Índice de Condição de Pavimentos - ICP.

4 RESULTADOS

Com relação ao diagnóstico inicial, identificou-se que a equipe técnica é responsável pela gestão das obras de pavimentação, sendo a sua 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.

Com relação a sensibilização de uso de um SGPU, destaca-se a identificação por parte de todos da necessidade do uso 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 foi identificado 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, exige 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.

O 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 Figura 2 apresenta de forma sintetizada as principais interfaces 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.

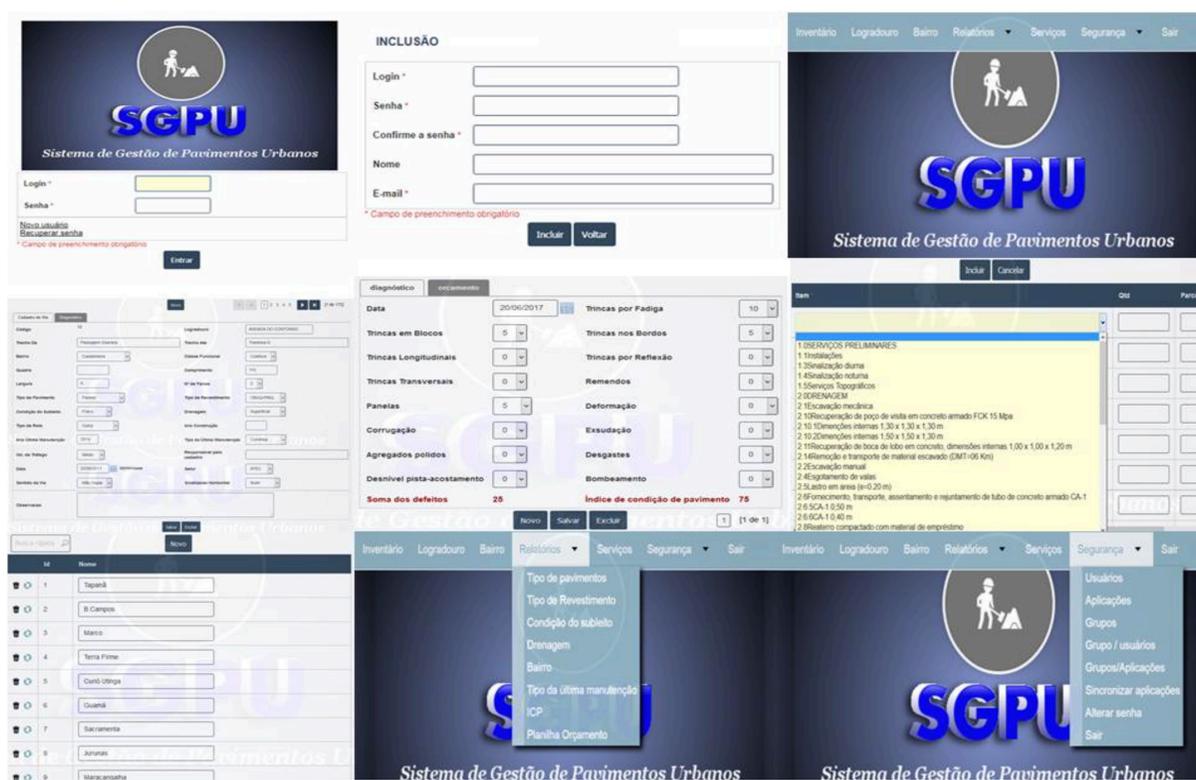


Figura 2 - Interfaces do SGPU desenvolvido.

Fonte: Autores, 2017.

Com relação a fase de uso do sistema, percebeu-se que 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 mesmo. Identificou-se 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 trinta 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. Os Gráficos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 representam as informações geradas de forma automática pelo SGPU desenvolvido, os mesmos consideram como base os 172 cadastros inseridos no sistema e representam o inventário de informações gerado.

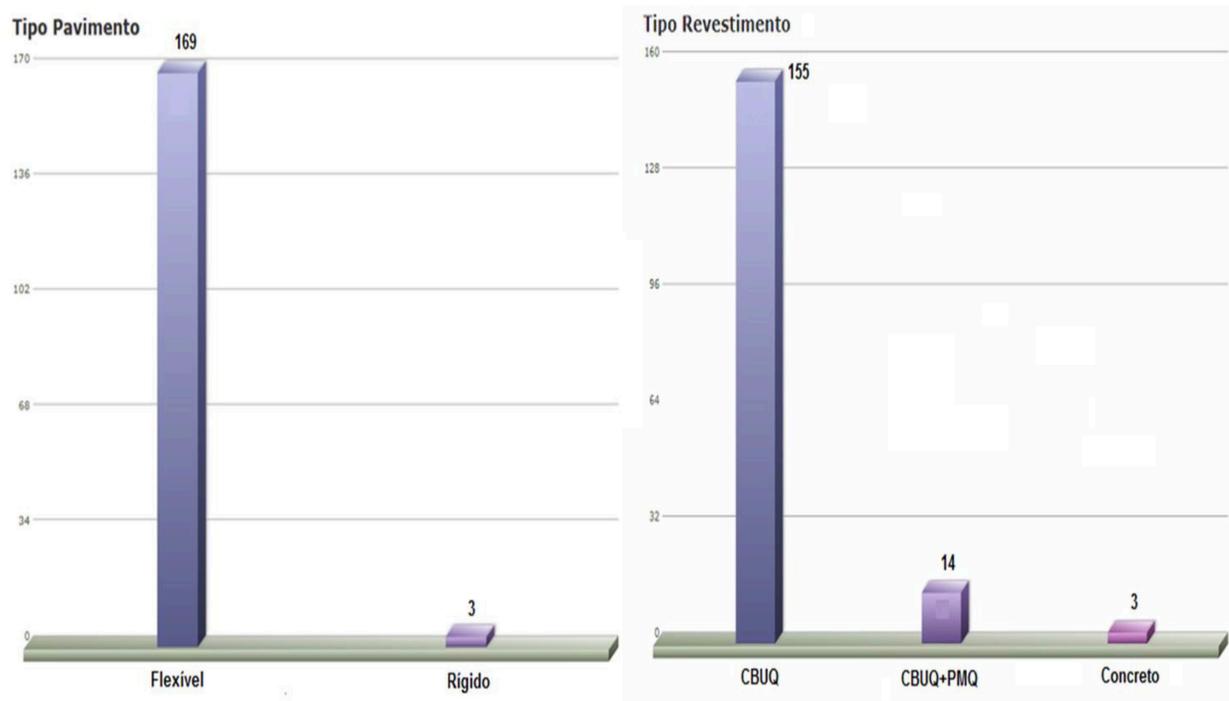


Gráfico 1 - Tipo de Pavimento | **Gráfico 2** - Tipo de Revestimento

Fonte: Autores, 2017.

O Gráfico 1 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 2 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, segundos 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.

No Gráfico 3, 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 apresenta os tipos de drenagens existentes e 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 5 apresenta a demanda atendida por bairro nos anos de 2013, 2014 e 2015, nota-se que alguns bairros receberam um número significativo de manutenções, como: 20 vias no Bairro do Guamá, 32 vias no Bairro de Icoarací, 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.

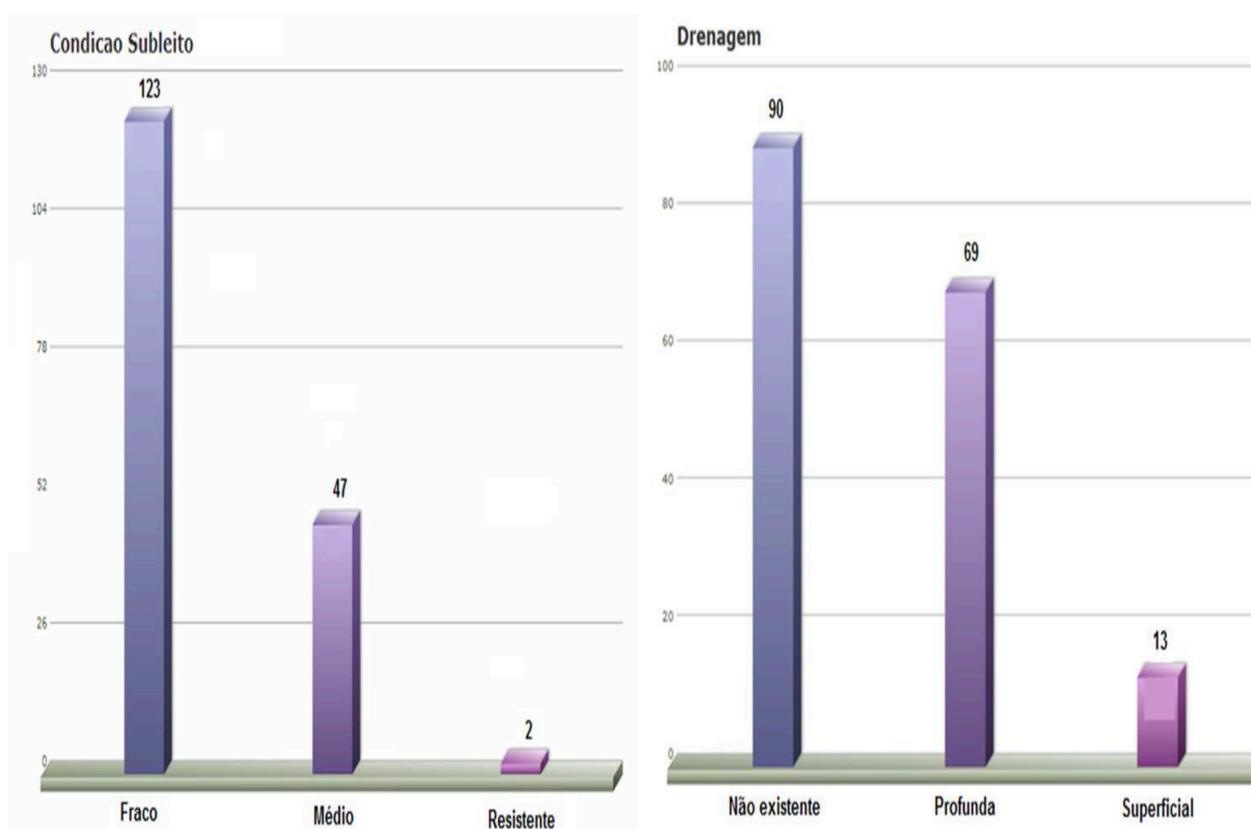


Gráfico 3 - Condição do Subleito | Gráfico 4 - Tipo de Drenagem existente

Fonte: Autores, 2017.

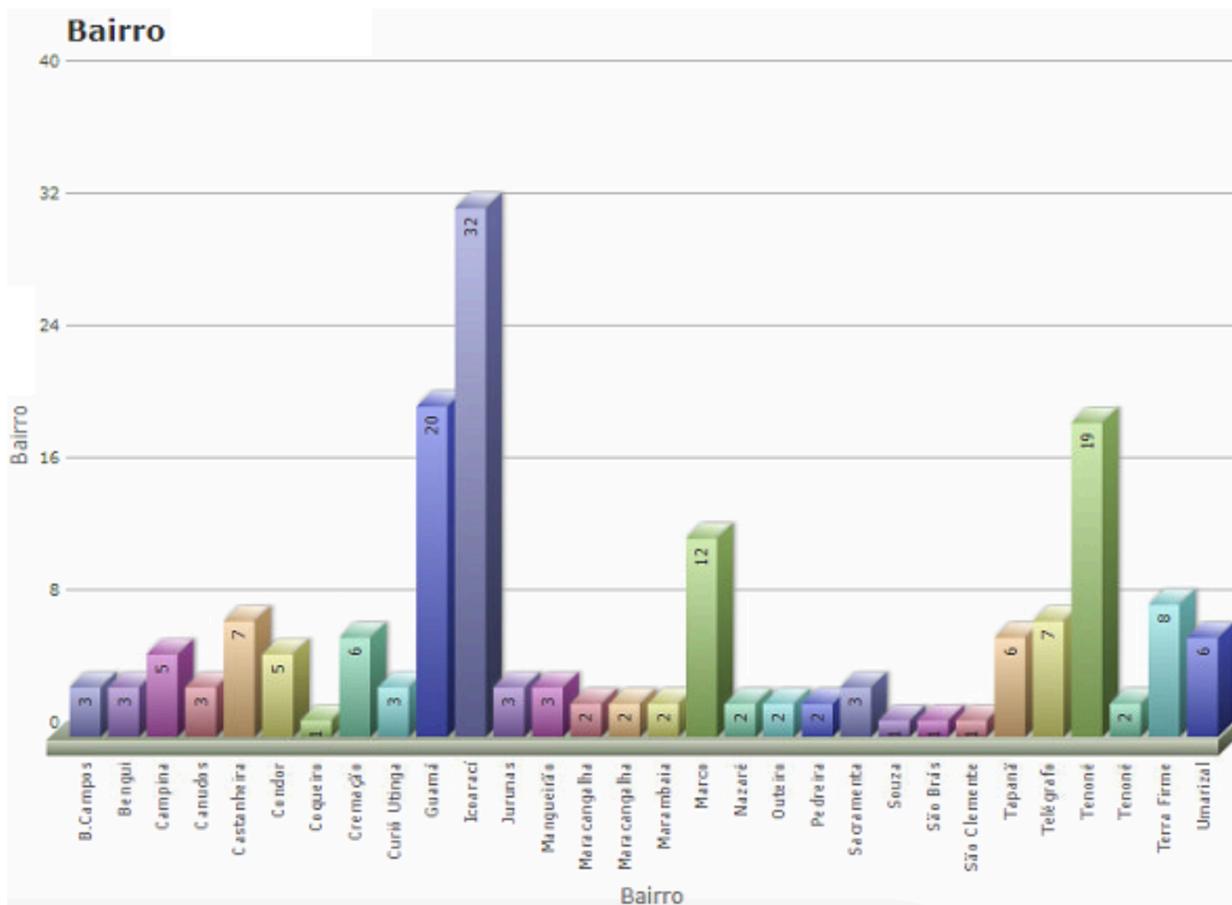


Gráfico 5 - Demanda por bairro

Fonte: Autores, 2017.

O Gráfico 6 apresenta o tipo de manutenção realizada 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. Percebe-se que não há uma preocupação em manter os pavimentos, apenas consertá-los quando é extremamente necessário praticando a manutenção corretiva.

O Gráfico 7 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.

Frente aos resultados alcançados, pode-se dizer que 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.

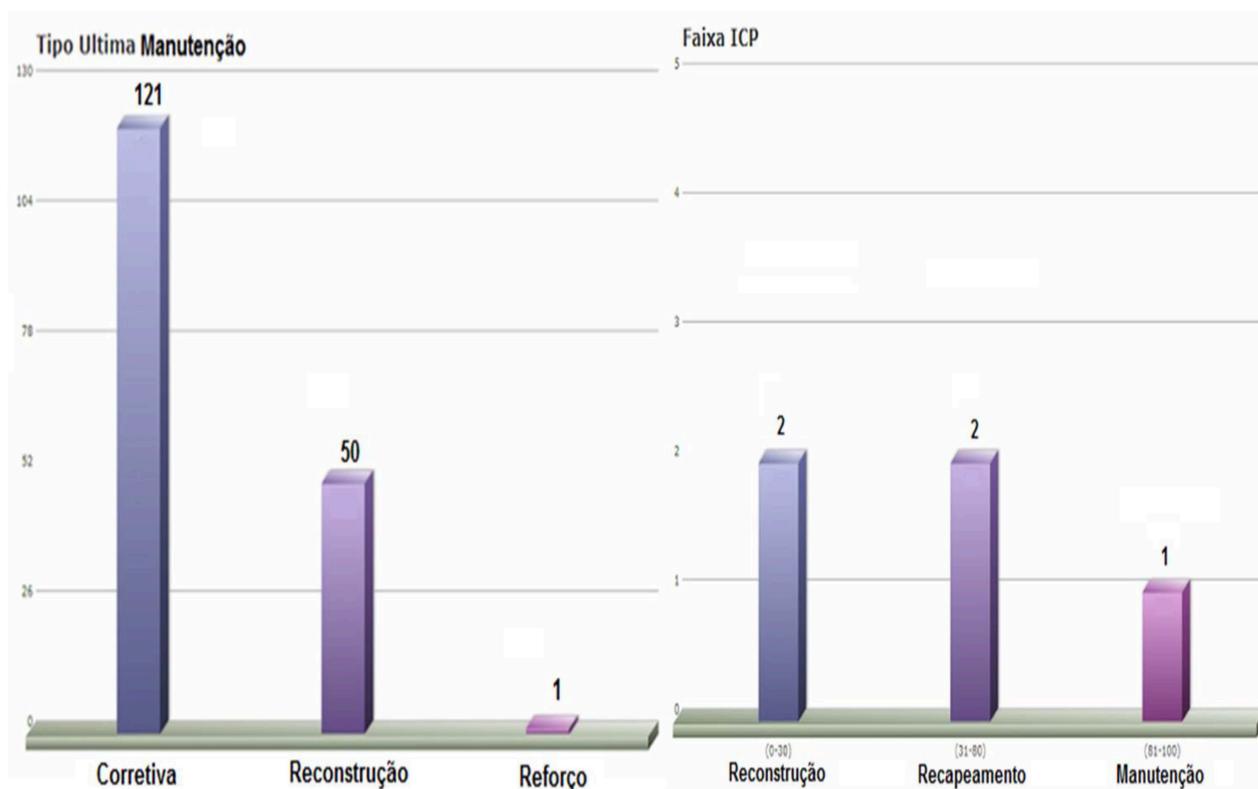


Gráfico 6 - Tipo da última manutenção | **Gráfico 7** - Índice de Condição de Pavimento

Fonte: Autores, 2017.

De acordo com os resultados alcançados é possível perceber que este estudo pode servir de base para a ampliação dos debates na área de gestão de pavimentos urbanos bem como em temas relacionadas a gestão de órgãos públicos responsáveis pela realização e manutenção de obras viárias, ou seja, serve de base para pesquisadores e acadêmicos que desenvolvem pesquisas nessa temática. Do ponto de vista prático, os achados desta pesquisa podem subsidiar gestores em seus planejamentos que objetivam a geração de informações para tomada de decisão junto as suas atividades desenvolvidas na área.

5 CONCLUSÕES

O 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.

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. Neste 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. Ressalta-se como limitação do estudo a utilização de apenas um órgão como amostra focal.

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.

URBAN PAVEMENT MAINTENANCE ANALYSIS: A PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF A PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEM

ABSTRACT: 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. This research aimed to propose the implementation of an Urban Pavement Management System to a Public Road Works Department. As a research strategy the case study was adopted, where a field research was carried out through the application of a structured questionnaire. In addition to the bibliographic review stage, the study comprised the execution of three phases, the first referring to the presentation of the idea (motivation) and the initial diagnosis of the research focus, the second phase corresponded to the software development stage, 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, demand for 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 properly plan short, medium and long-term actions, increasing efficiency and assertiveness in meeting demands.

KEYWORDS: Urban pavements; Maintenance and rehabilitation; Floor management system.

Originais recebidos em: 17/05/2021
Aceito para publicação em: 14/07/2021

REFERÊNCIAS

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.

CARMINATTI JUNIOR, R.; DE MORAES, R.S.; FONTENELLE, M.A.M. **Estudo comparativo brasil e espanha: construção sustentável e habitação**. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, 2011.

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

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

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

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>

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.

MAIA, B.L.; SCHEER, S. Análise do fluxo de informações no processo de manutenção predial apoiada em BIM: estudo de caso em coberturas. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, 2016.

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.

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, 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.

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**.

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.

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.