



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PEDRO HENRIQUE DOS SANTOS PEREIRA

**PRIORIZAÇÃO DE VIAS URBANAS PAVIMENTADAS ÀS ATIVIDADES DE
MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO A PARTIR DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO**

JOÃO PESSOA

2020

PEDRO HENRIQUE DOS SANTOS PEREIRA

**PRIORIZAÇÃO DE VIAS URBANAS PAVIMENTADAS ÀS ATIVIDADES DE
MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO A PARTIR DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO**

Área: Engenharia Urbana / Gerência de pavimentos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), campus I, como pré-requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Almeida de Melo

JOÃO PESSOA

2020

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

P436p Pereira, Pedro Henrique Dos Santos.

Priorização de vias urbanas pavimentadas às atividades de manutenção e reabilitação a partir de análise multicritério / Pedro Henrique Dos Santos Pereira. - João Pessoa, 2020.

87 f. : il.

Orientação: Ricardo Almeida de Melo.
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Infraestrutura urbana. 2. Gerência de Pavimentos. 3. Priorização. 4. Multicritério. I. Melo, Ricardo Almeida de. II. Título.

UFPB/BC

FOLHA DE APROVAÇÃO

PEDRO HENRIQUE DOS SANTOS PEREIRA

PRIORIZAÇÃO DE VIAS URBANAS PAVIMENTADAS ÀS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO A PARTIR DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Trabalho de Conclusão de Curso em 27/03/2020 perante a seguinte Comissão Julgadora:



APROVADO

Ricardo Almeida de Melo

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB



APROVADO

Gustavo Barbosa Lima Silva

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB



APROVADO

Pablo Brilhante de Sousa

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB



Prof.ª Andrea Brasiliano Silva

Matrícula Siape: 1549557

Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer ao Paizinho do céu por todas as bênçãos que ele vem me concedendo durante meus anos de vida, a começar pela família maravilhosa com a qual ele me presenteou aqui na terra.

Agradeço aos meus pais, Cícera e Pedro. Vocês são os meus maiores exemplos e tenho muito orgulho dos dois. Tudo o que eu tenho conquistado em minha vida é por vocês e graças a vocês. Os amo infinitamente!

Aos meus irmãos: Lindjane, grande exemplo de inteligência, seriedade, responsabilidade, sensatez e amabilidade; Thiago, uma das pessoas mais inteligentes e esforçadas que eu conheço; e João Vitor, por toda a alegria que trouxe para nossas vidas com sua chegada. Agradeço também aos meus cunhados, Helton e Suênia, que são como irmãos para mim.

Ao meu sobrinho Miguel, que com seu pouco tempo de vida tem sido uma imensurável fonte de amor e alegria para toda nossa família.

Ao meu professor orientador, Ricardo Melo, por toda paciência e conhecimento compartilhado na produção desse trabalho e em dois anos de orientação na iniciação científica. Muito obrigado pela confiança e por todas as oportunidades.

Aos professores Pablo Brilhante e Gustavo Barbosa, por prontamente se disponibilizarem a avaliar esse trabalho.

Aos amigos que fiz na graduação, Larissa Cristine, Thayana, Diego Padilha, José Victor, Lucas de Figueiredo, Willian Sena, Bruna Lima, Luiz Moacy, Jéssica Camila, Dalylla Lopes. Gratidão em especial a Larissa Cristine e Diego Padilha, por toda sua empatia e disponibilidade.

Agradeço também aos amigos do Laboratório de Geotecnia e Pavimentação (LAPAV), Camila, Maísa, Antônio Terceiro e Ingridy, por todo companheirismo e suporte no desenvolvimento desse trabalho. Gratidão em especial a Camila, companheira de laboratório durante meus dois anos de PIBIC que me ensinou muito sobre pavimentação e que não mediu esforços para me ajudar nas coletas dos dados necessários a esse estudo.

Aos amigos de longas datas, Luana, Rubya, Joarles, Kaio César, Raquel, Mariana, Rayana, Suellen, Gilmara. A Tia Chica (Francisca), dona Sônia, Mãe (Angelita). Enfim, a todos que porventura não estão citados aqui, mas são muito importantes para mim ou contribuíram de alguma forma com a elaboração desse trabalho.

A painho e mainha,
por todo esforço, amor e dedicação direcionados a mim e a meus irmãos.

RESUMO

A infraestrutura urbana é um agrupamento de sistemas complexos, fundamentais para o bom funcionamento das cidades e para a garantia do desenvolvimento socioeconômico de uma comunidade. É composta por sistemas como abastecimento de água, drenagem urbana, energia e transportes. O sistema de transportes ou viário é o componente da infraestrutura urbana responsável por garantir a locomoção de bens e pessoas com fluidez, conforto e segurança. Para isso é interessante que os órgãos responsáveis pela gerência da infraestrutura viária utilizem métodos de auxílio a tomada de decisão para fundamentar melhor as escolhas, com base nos múltiplos parâmetros envolvidos, em dados e informações consistentes e na opinião de especialistas. Nesse sentido, esse trabalho propõe um processo para a priorização de seções de vias pavimentadas às atividades de manutenção e reabilitação (M&R) a partir de análise multicritério. O estudo foi realizado a partir de dados coletados em dez seções de vias próximas à UFPB, na cidade de João Pessoa. Para a seleção de prioridades foi utilizado o método AHP de análise multicritério, através do qual construiu-se uma estrutura hierárquica baseada em seis critérios previamente escolhidos: índice de condição de pavimentos (PCI) e Valor de Serventia Atual (VSA), componentes do grupo de critérios “fatores funcionais”; volume de tráfego, tráfego de veículos pesados e classe funcional das vias, no grupo de critérios “fatores tráfego”; e a microdrenagem urbana. A importância relativa dos critérios e grupos de critérios foi definida a partir de comparações paritárias realizadas por onze avaliadores com conhecimentos em Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGP), porém, com diferentes níveis de experiência, o que resultou em consideráveis diferenças nos pesos relativos. Os pesos globais dos critérios foram definidos a partir da combinação entre os pesos atribuídos aos grupos de critérios e o peso dos critérios do grupo, com isso, definiu-se que, em média, a relevância dos critérios segue a seguinte ordem, do mais relevante para o menos: drenagem, PCI, tráfego de veículos pesados, volume de tráfego, VSA e classe funcional das vias. Já a classificação final das alternativas prioritárias foi definida através da combinação entre os pesos globais dos critérios e as notas dos parâmetros das avaliações realizadas nas dez seções estudadas. Com isso, obteve-se que as seções com maior prioridade às atividades de M&R são a 3 e 8, respectivamente.

Palavras-chave: Infraestrutura urbana. Gerência de Pavimentos. Priorização. Multicritério.

ABSTRACT

Urban infrastructure is a set of complex systems, fundamental for the cities functioning and to enable the socioeconomic development of a community. It consists of systems such as water supply, urban drainage, energy and transportation. Transportation system is the urban infrastructure component, responsible for ensuring the transport of goods and people with fluidity, comfort and safety. For it to happen, it is interesting that the roads infrastructure responsible agencies use decision-making support methods to base the decision-making process on the multiple parameters related to it, data, consistent information and specialists opinions. In this context, this work proposes a process for prioritizing sections of urban paved roads to maintenance and rehabilitation (M&R) activities, based on multi-criteria analysis. The study was carried out using data collected from ten road sections located next to UFPB, in the city of João Pessoa. For the priority selection, it was used the AHP method to build a hierarchical structure based on six previously chosen criteria: Pavement Condition Index (PCI) and Present Serviceability Rating (VSA), components of the group of criteria “functional factors”; traffic volume, heavy vehicle traffic and road class, in the criteria group “traffic factors”; and urban micro-drainage. The relative importance of criteria and criteria groups were determined using pairwise comparisons made by eleven specialists with knowledge related to Pavement Management Systems (PMS), but, with different experience level, which led to considerable differences in relative weights. Criteria global weights were defined based on the combination of criteria and criteria groups weights, like this, it was defined that, on average, the criteria importance follow the following order, from the most relevant to the least: drainage, PCI, heavy vehicle traffic, traffic volume, VSA and road class. The final ranking of the alternatives was defined by combining the global weights of criteria and the grades of parameters evaluated in the ten studied sections. Like this, it was found that the most priority sections for M&R activities are 3 and 8, respectively.

Keywords: Urban Infraestructure. Pavement Management. Priorization. Multi-criteria.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de infraestrutura civil, seus setores, considerações externas e interconexões.....	21
Figura 2 – Subsistemas de infraestrutura urbana na via pública	23
Figura 3 – Etapas de um Sistema de Gerência de Pavimentos.....	25
Figura 4 – Etapas de desenvolvimento de um SGPU	26
Figura 5 – Principais componentes de um SGP	28
Figura 6 – Curva de desempenho do pavimento	31
Figura 7 – Exemplo de estrutura hierárquica básica	42
Figura 8 – Matriz de comparações paritárias	43
Figura 9 – Fluxograma do trabalho.....	46
Figura 10 – Localização das seções utilizadas	47
Figura 11 – Seção de pavimento da amostra.....	56
Figura 12 – Sarjetas avaliadas	58
Figura 13 – Estrutura hierárquica do problema	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG	32
Tabela 2 – Exemplos de índices de condição de pavimentos.....	33
Tabela 3 – Critérios envolvidos em estudos em gerência de pavimentos.....	38
Tabela 4 – Escala fundamental de comparação paritária	43
Tabela 5 – Índices de aleatoriedade	45
Tabela 6 – Localização das seções	47
Tabela 7 – Volume da hora de pico (VHP)	53
Tabela 8 – VHP por tipo de veículos.	54
Tabela 9 – Classificação funcional das vias	55
Tabela 10 – Índice de condição dos pavimentos (PCI).....	55
Tabela 11 – Resultados da avaliação subjetiva	56
Tabela 12 – Resultados da avaliação da drenagem.....	57
Tabela 13 – Prioridades relativas dos grupos de critérios	62
Tabela 14 – Prioridades relativas dos critérios do grupo "fatores funcionais"	63
Tabela 15 – Prioridades relativas dos critérios do grupo "fatores de tráfego"	64
Tabela 16 – Prioridades relativas dos elementos do critério classe funcional	65
Tabela 17 – Pesos globais dos critérios	66
Tabela 18 – Pesos finais atribuídos às seções alternativas.....	67
Tabela 19 – Classificação final das seções.....	68

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Cálculo do <i>Pavement Condition Index</i> (PCI).....	33
Equação 2 – Índice de Priorização de Tavakoli <i>et al.</i> (1992).....	39
Equação 3 – Elementos da matriz de comparações paritárias.....	43
Equação 4 – Método do autovetor.....	44
Equação 5 – Índice de consistência (CI – <i>Consistency Index</i>).....	44
Equação 6 – Grau de consistência (CR – <i>Consistency Ratio</i>).....	44
Equação 7 – Agregação de critérios e alternativas.....	45
Equação 8 – Normalização de critérios.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP – *Analytic Hierarchy Process*

AMD – Apoio à Decisão Multicritério

ASTM – *American Society for Testing and Materials*

CDV – *Corrected Deduct Value*

CERL - *Construction Engineering Research Laboratory*

CI – *Consistency Index*

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito

CR – *Consistency Ratio*

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

DV – *Deduct Value*

ELECTRE – *Elimination et Choix Traduisant la Réalité*

FHWA – *Federal Highway Administration*

ICP – Índice de Condição de Pavimentos

IGG – Índice de Gravidade Global

IGGE – Índice de Gravidade Global Expedito

IP – Índice de Priorização

LPAV – Laboratório de Geotecnia e Pavimentação

LVC – Levantamento Visual Contínuo

M&R – Manutenção e Reabilitação

MACBETH - *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*

MAUT – *Multi Attribute Utility Theory*

MCDA – *Multicriteria Decision Analyses*

PCI – *Pavement Condition Index*

PPGECAM – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental

PROMÉTHÉÉ – *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*

PSR – *Present Serviceability Rating*

RI – *Random Index*

SGP – Sistema de Gerência de Pavimentos

SGPU – Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos

SHRP – *Strategic Highway Research Program*

TODIM – Tomada de Decisão Interativa e Multicritério

UCP – Unidades de Carros de Passeio

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

VHP – Volume da Hora de Pico

VMDa – Volume Médio Diário Acumulado

VSA – Valor de Serventia Atual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	16
1.2	JUSTIFICATIVA	16
1.3	OBJETIVO GERAL	17
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1	SISTEMA DE INFRAESTRUTURA URBANA.....	19
2.1.1	Conceituação.....	19
2.1.2	Elementos do Sistema de Infraestrutura Urbana.....	19
2.1.3	Visão Holística dos Sistemas de Infraestrutura Urbana	20
2.1.4	Subsistema de Vias e Transporte ou Viário	22
2.2	SISTEMAS DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS (SGP)	24
2.2.1	Conceituação.....	24
2.2.2	Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU)	25
2.2.3	Nível de Rede e Nível de Projeto	27
2.2.4	Banco de Dados.....	28
2.2.5	Avaliação das Condições do Pavimento	29
2.2.5.1	Avaliação subjetiva	30
2.2.5.2	Avaliação objetiva.....	32
2.2.6	Estudos de tráfego.....	34
2.2.7	Avaliação da Drenagem Urbana	34
2.3	TOMADA DE DECISÃO EM GERÊNCIA DE PAVIMENTOS.....	35
2.3.1	Contextualização.....	35
2.3.2	Parâmetros/Critérios associados à tomada de decisão e definição de prioridades	37
2.3.3	Métodos de Priorização e Auxílio à Tomada de Decisão.....	38
2.3.3.1	Redes neurais artificiais.....	39
2.3.3.2	Lógica <i>fuzzy</i>	40
2.3.3.3	Apoio multicritério à decisão (AMD)	40
2.3.4	Método <i>Analytic Hierarchy Process</i> (AHP)	41

3	MÉTODO DE TRABALHO	46
3.1	DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS	46
3.2	DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO	48
3.3	LEVANTAMENTO DOS DADOS	48
3.3.1	Contagem de tráfego e classificação funcional das vias.....	48
3.3.2	Coleta de defeitos	49
3.3.3	Avaliação da serventia atual.....	49
3.3.4	Avaliação da drenagem	49
3.4	TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	50
3.4.1	Indicadores da condição do pavimento e drenagem.....	50
3.4.2	Volumes de tráfego	50
3.5	DEFINIÇÃO DO MÉTODO AMD UTILIZADO	51
3.6	APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP	51
3.6.1	Definição do modelo hierárquico do problema.....	51
3.6.2	Definição dos pesos dos critérios	51
3.6.3	Definição da lista de prioridades	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	53
4.1	AVALIAÇÕES DE CAMPO	53
4.1.1	Volume de Tráfego.....	53
4.1.2	Classificação Funcional das Vias.....	54
4.1.3	Condição do Pavimento	55
4.1.4	Condição da Drenagem	57
4.2	PRIORIZAÇÃO DAS SEÇÕES	58
4.2.1	Estrutura Hierárquica	59
4.2.2	Pesos dos Critérios	61
4.2.3	Lista de Prioridades.....	67
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
	APÊNDICES	79
	ANEXOS	86

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O devido funcionamento das cidades está diretamente ligado à qualidade das redes de infraestrutura urbana que as compõem. Essas redes são responsáveis por garantir aos cidadãos melhores condições para a vida em sociedade, já que viabilizam a realização de uma série de atividades cotidianas. Nos dias atuais, é impensável se viver em cidades sem fornecimento de água encanada, coleta de esgotos, drenagem urbana, iluminação pública e vias de transporte, que são apenas alguns dos componentes da infraestrutura urbana fundamentais para o desenvolvimento socioeconômico de uma localidade.

Atualmente, o grande desafio das cidades está relacionado à gestão dessas redes de infraestrutura urbana, já que elas apresentam um comportamento de sistema, o que significa que há uma interação entre os seus componentes. Essa característica de interação entre os sistemas de infraestrutura urbana eleva a complexidade do trabalho no setor, tendo em vista que é necessária uma visão holística por parte dos gestores para atenuar os problemas gerados pela falta de compatibilização entre as redes.

Um exemplo disso é a relação entre a drenagem e os pavimentos urbanos. A importância de uma drenagem urbana eficiente se torna mais evidente em épocas de chuvas, tendo em vista que o acúmulo de água nas ruas traz uma série de transtornos à população. No cenário brasileiro, todos os anos são necessárias intervenções na rede viária urbana devido ao acúmulo de águas sobre os pavimentos, que geram desde pequenos defeitos até a abertura de crateras.

Trazendo a discussão para um contexto mais específico, no caso a gerência de pavimentos urbanos, o cenário não é diferente. Existem múltiplos fatores intervenientes na qualidade dos pavimentos, que devem ser considerados nos processos decisórios. O problema é que em grande parte das cidades brasileiras, a existência de informalidade nos processos decisórios envolvidos na gestão da rede viária urbana resulta na não consideração desses fatores, o que acarreta más condições de conservação dos pavimentos.

1.2 JUSTIFICATIVA

As decisões tomadas pelos gestores da rede viária urbana refletem diretamente na vida da população, relacionando-se, por exemplo, à qualidade das viagens, à economia de tempo e aos custos operacionais dos veículos. Os gestores da rede são responsáveis por adotar as melhores soluções para que as vias continuem a cumprir sua função, mesmo em condições frequentes de restrições técnicas, econômicas e sociais. Portanto, o processo de decisão em gerência de pavimentos ocorre em um sistema complexo e requer uma abordagem estruturada (MARCELINO *et al.*, 2019).

Nesse sentido, um eficiente sistema de gerência de pavimentos (SGP) torna-se cada vez mais indispensável para a garantia da qualidade da infraestrutura viária das cidades. Um SGP objetiva dar suporte aos gestores da infraestrutura viária no processo de tomada de decisão, mesmo sob condições de indisponibilidade de recursos. Para isso, é importante que sejam definidos métodos e processos eficientes de apoio à tomada de decisão, baseados em um banco de dados bem estruturado, para que os gestores possam fundamentar melhor suas escolhas, não referenciando-se unicamente em critérios políticos, na experiência ou em processos cognitivos.

1.3 OBJETIVO GERAL

Propor um processo de suporte à tomada de decisão, para a priorização de vias urbanas pavimentadas às atividades de manutenção e reabilitação, a partir de critérios pré-definidos, dados e informações, e na aplicação da análise multicritério de apoio à decisão.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir parâmetros relevantes para a priorização de pavimentos à atividade de manutenção e reabilitação;
- Avaliar, segundo os parâmetros definidos, as seções de vias selecionadas para o estudo;
- Identificar a opinião de “especialistas” quanto à importância dos parâmetros selecionados para a priorização de pavimentos;
- Definir uma lista de prioridades entre as seções estudadas a partir de análise multicritério.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. No primeiro é dada uma introdução ao tema a partir de uma contextualização, da justificativa e dos objetivos esperados com o desenvolvimento do estudo.

No segundo capítulo é apresentado um referencial teórico, necessário para o melhor entendimento da abordagem. Nesse capítulo são discutidos os conceitos gerais referentes aos sistemas de infraestrutura urbana e dado um enfoque aos sistemas de gerência de pavimentos. São discutidos ainda conceitos relativos à tomada de decisão gerencial e métodos de auxílio à tomada de decisão, com foco em análise multicritério.

No terceiro capítulo é apresentado o método de trabalho. Ali são discutidas as considerações tomadas no desenvolvimento do estudo, além de serem indicadas as normas e referências utilizadas e os procedimentos necessários para alcançar o objetivo final.

No quarto, são apresentados e discutidos os resultados em duas partes. Na sua primeira parte, são apresentados os resultados provenientes dos dados coletados em campo. Na segunda, os resultados obtidos a partir da análise multicritério.

No quinto capítulo, são feitas algumas considerações a respeito do trabalho e algumas sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 SISTEMA DE INFRAESTRURA URBANA

2.1.1 Conceituação

O espaço urbano não se caracteriza simplesmente pela tradicional combinação de áreas edificadas e áreas livres, conectadas através dos sistemas viários. Na verdade, é formado por um conjunto de outros sistemas que foram desenvolvidos para aprimorar o seu desempenho e atender as necessidades do espaço que compõem (OLIVEIRA e BENADUCE, 2011). Os sistemas que compõem o espaço urbano são comumente denominados de sistemas ou subsistemas de infraestrutura urbana. Esses são parte fundamental do que se denomina de infraestrutura urbana.

Para Christmann e Librelotto (2014), a infraestrutura urbana designa o conjunto de sistemas técnicos de equipamentos e serviços necessários ao atendimento das necessidades urbanas, como os subsistemas viários, de drenagem pluvial, abastecimento de água, esgotos sanitários, energia e comunicações.

Freire (2017) engloba também componentes sociais (como as instituições e valores culturais) em sua definição, considerando a infraestrutura urbana como o conjunto dos sistemas sociotécnicos incorporados ao meio urbano, para o qual oferecem serviços fundamentais para o seu funcionamento, como energia, água, comunicações e transporte. Essa definição permite uma interpretação mais ampla, holística, do termo, apresentando a infraestrutura urbana como algo além da rede física e englobando outros fatores, mais subjetivos, relacionados ao seu funcionamento.

Já no âmbito econômico, Oliveira (2018) define infraestrutura em toda sua amplitude (o que abrange a infraestrutura urbana), como sendo um grupo de condições que permitem o funcionamento das transações econômicas de um espaço geográfico, viabilizando a produção futura de bens e serviços e, sobretudo, o fluxo de mercadorias, dados, matérias prima e mão de obra.

2.1.2 Elementos do Sistema de Infraestrutura Urbana

Os elementos que integram o sistema de infraestrutura urbana são diversos e sua classificação pode variar de acordo com o autor consultado na literatura. Bertei (2014) aponta

que as várias classificações melhoram a compreensão do sistema. Nesse item serão apresentadas duas das classificações encontradas.

Freire (2017) classifica os elementos que compõem o sistema de infraestrutura urbana como subsistemas. O autor propõe uma divisão em cinco subsistemas, de acordo com a sua finalidade, sendo eles: de transporte; água e águas residuais; energia; resíduos; e de informação e comunicação. Já Penn e Parker (2017) classificam os elementos como setores e fornecem a seguinte lista de dez setores como sendo os principais:

1. De transporte;
2. Estruturas;
3. Abastecimento e tratamento de água;
4. Tratamento e condução de águas residuais
5. Gestão de resíduos sólidos;
6. Gestão de resíduos perigosos;
7. Gestão de águas pluviais;
8. Parques, escolas e outras instalações governamentais;
9. Energia;
10. Comunicação.

Apesar das diferentes classificações, é consenso a elevada complexidade da infraestrutura urbana enquanto sistema¹ devido à influência mútua dos seus elementos. Por exemplo, os poços de visita das redes de esgotamento sanitário e de drenagem urbana influenciam diretamente na qualidade do pavimento, elemento do subsistema ou setor de transporte. Já a qualidade da rede de drenagem também depende da rede viária, tendo em vista que serviços mal executados nos pavimentos resultam em danos à drenagem, especialmente aos elementos superficiais, como as sarjetas.

2.1.3 Visão Holística dos Sistemas de Infraestrutura Urbana

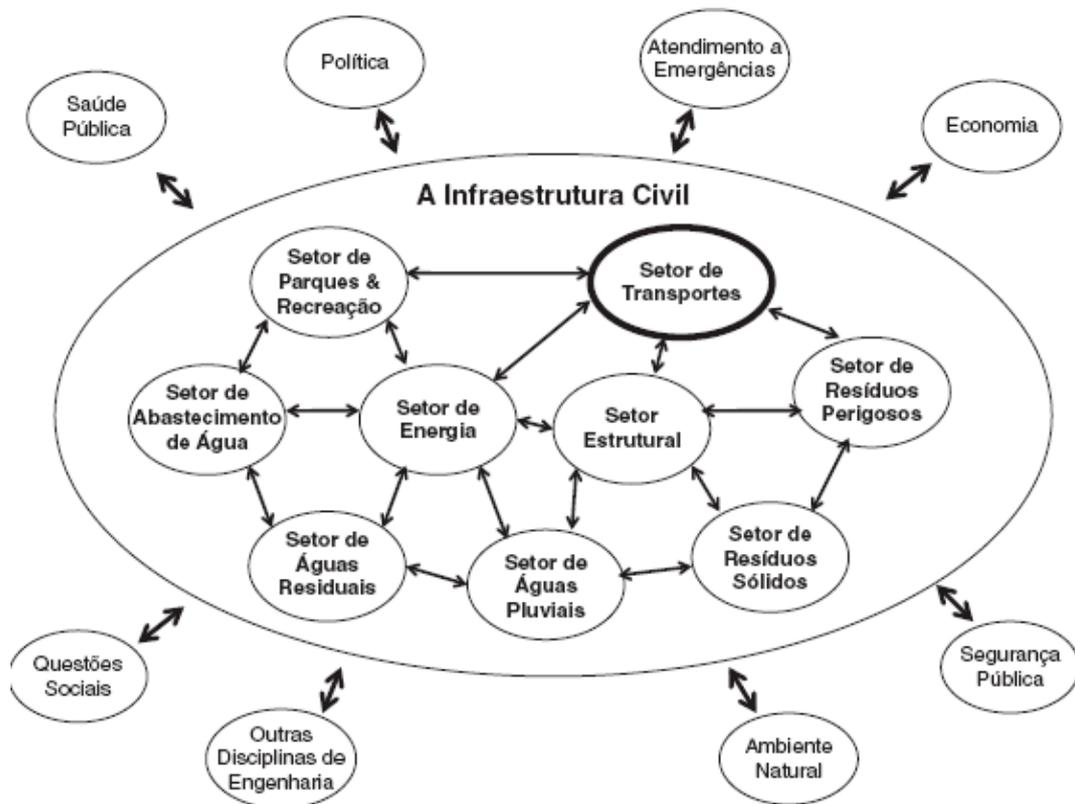
Como descrito no item 2.1.2, Penn e Parker (2017) classificam os sistemas/subsistemas que compõe a infraestrutura civil/urbana como sendo setores. Eles destacam que esses setores estão integrados uns com os outros. Demonstram que a infraestrutura civil/urbana se comporta como um sistema, e faz isso em muitos níveis

¹ Conjunto de partes que interagem.

diferentes, sendo seus sistemas componentes separados em sistemas intersetoriais² e sistema intrasetorial³, o que justifica a necessidade de um ponto de vista holístico por parte dos engenheiros ao trabalharem com infraestrutura.

A figura 1 apresenta um diagrama da integração dos setores de infraestrutura e seus componentes associados. No diagrama as setas duplas têm o intuito de enfatizar a interdependência entre os componentes.

Figura 1 – Sistema de infraestrutura civil, seus setores, considerações externas e interconexões.



Fonte: PENN e PARKER (2017).

Penn e Parker (2017) destacam que nem todas as interconexões estão representadas por setas. Por exemplo, o setor de transportes está conectado aos demais subsistemas de infraestrutura, e não apenas àqueles adjacentes a ele, como apresentado no diagrama da figura 1. Além disso, os setores estão conectados a cada um dos componentes externos (saúde

² Sistemas compostos por múltiplos componentes de diferentes setores. Por exemplo, uma rodovia interage com os sistemas de águas pluviais, com os sistemas de águas residuais etc.

³ Sistema composto por múltiplos componentes dentro de um mesmo setor. Por exemplo, no setor de infraestrutura de transportes o pavimento é um dos componentes e é composto por outros múltiplos componentes.

pública, política etc.) que apesar de não estarem ligadas por setas no esquema, também são interconectados.

Nesse contexto, Stuchi (2005) realizou uma pesquisa a respeito dos problemas de pavimentação causados por intervenções nos sistemas de água e esgoto. Além disso, o autor analisou a possibilidade de compatibilização da gerência de pavimentos com a gerência de outros elementos de infraestrutura urbana, destacando que essa compatibilização é indispensável para o bom funcionamento dos sistemas.

É imprescindível que os gestores tenham uma visão global do sistema de infraestrutura urbana. Há a necessidade de integração e comunicação entre os órgãos responsáveis pelos subsistemas para a garantia da eficácia dos serviços e redução dos custos de construção, operação e manutenção das redes. “Sistemas de infraestrutura eficientes e bem mantidos são essenciais para a estabilidade da sociedade e para promover o crescimento econômico e a sustentabilidade ambiental” (MIKOLAJ e REMEK, 2016, p. 1).

2.1.4 Subsistema de Vias e Transporte ou Viário

Nesse trabalho o subsistema de vias e transporte ou subsistema viário será discutido com mais detalhes, tendo em vista que o assunto principal aqui abordado é a pavimentação, em especial a gerência de pavimentos, crucial para o bom desempenho das vias e do subsistema de transporte como um todo.

De acordo com Hoel *et al.* (2012), a finalidade do transporte é fornecer um mecanismo para a troca de bens, informações, deslocamento de pessoas e apoiar o desenvolvimento econômico da sociedade. O autor destaca que o transporte fornece os meios para viagens de negócios, exploração ou realização pessoal e é uma condição necessária para as atividades humanas.

Os mecanismos que possibilitam o transporte são diversos. Muito além da estrutura física da rede viária (ruas, avenidas e viadutos, por exemplo). Freire (2017) relata que o funcionamento do subsistema viário depende também das políticas públicas e dos modos de transporte, devendo ser abordado em sua totalidade como subsistema de transporte.

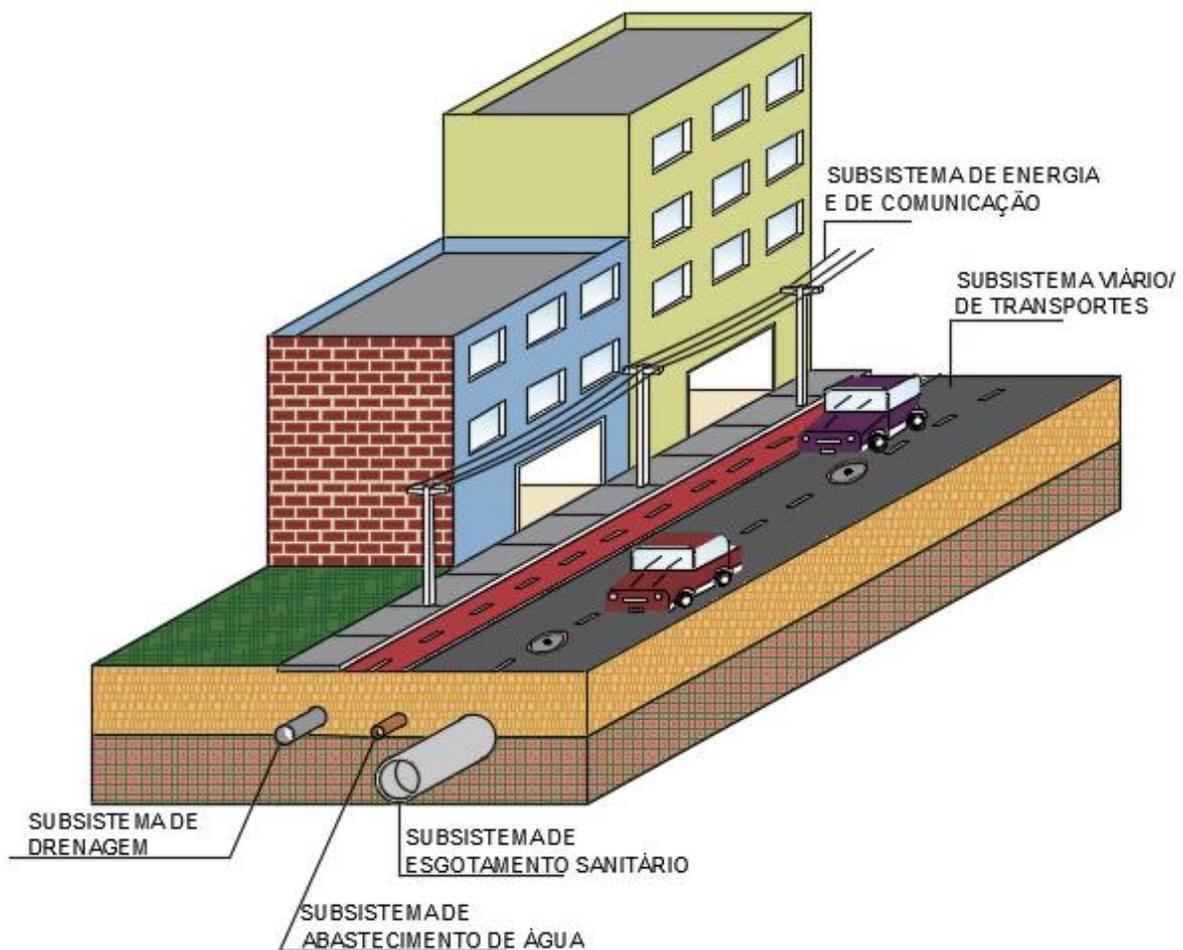
Mascaró (1987 apud STUCHI, 2005) aponta o subsistema viário como o mais representativo do conjunto de subsistemas, sendo esse o mais caro, já que abrange mais de 50% do custo total da urbanização. Além disso, o sistema viário ocupa entre 20 e 25% do solo urbano, sendo o subsistema que mais apresenta dificuldade para aumentar sua capacidade

após a sua implantação, pela área que ocupa, pelos custos e pelas dificuldades operacionais criados com a alteração.

A respeito dos componentes físicos, o subsistema viário é formado por um conjunto de redes de circulação, a depender das necessidades da população e das condições física do ambiente urbano. Este subsistema é complementado pelo subsistema de drenagem de águas pluviais, que assegura o uso do sistema viário sob quaisquer condições climáticas (ZMITROWICS e ANGELIS NETO, 1997).

Além disso, a rede viária desempenha uma função de suporte para os demais sistemas de infraestrutura urbana. O escoamento dos elementos (insumos e mão de obra) para construção, operação e manutenção dos outros subsistemas só é possível devido à existência da rede viária. Também alguns dos principais subsistemas de infraestrutura urbana estão contidos nas vias públicas, como mostra a figura 2.

Figura 2 – Subsistemas de infraestrutura Urbana na Via Pública



Fonte: Autoria própria.

Zmitrowics e Angelis Neto (1997) afirmam ser possível encontrar neste subsistema vias de diversas dimensões e padrões, em função do volume, velocidade e intensidade do

tráfego, sentido do fluxo e das interferências que pode ter o tráfego, como cruzamentos, estacionamentos e garagens, entre outros.

É importante destacar que o perfil atual das vias ainda favorece o transporte motorizado, porém, tem-se trabalhado cada vez mais no incentivo ao transporte urbano sustentável, mais eficiente e limpo. Para que essa mudança seja possível, é necessária a modificação do perfil tradicional das vias, com melhoria das calçadas, implantação de ciclovias e ciclofaixas e de vias e faixas exclusivas para o transporte público urbano. “Um bom sistema de transporte oferece muitos benefícios à sociedade, além de seu papel no desenvolvimento econômico. Os avanços nos transportes têm contribuído para a qualidade de vida e expandido as oportunidades na busca da felicidade” (LESTER, 2011, p. 2).

2.2 SISTEMAS DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS (SGP)

2.2.1 Conceituação

O pavimento é uma estrutura formada por camadas de espessuras finitas, construída sobre um terreno de fundação (subleito) e com o objetivo de resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima. Além disso, o pavimento deve oferecer aos usuários boas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança (BERNUCCI *et al.*, 2008).

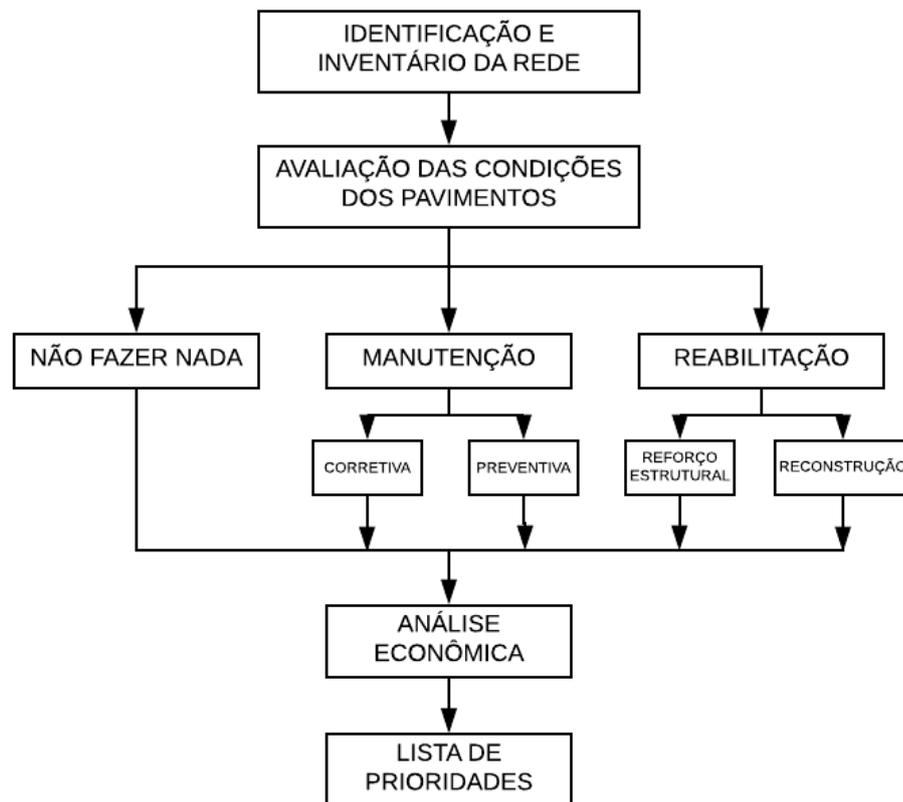
Ao longo do seu tempo de serviço, o pavimento é constantemente solicitado, de modo que surgem deteriorações de natureza funcionais e/ou estruturais nas camadas que o compõe. Tendo em vista as restrições de recursos para atividades de manutenção e reabilitação (M&R) dos pavimentos, garantir as condições de rolamento torna-se uma complexa tarefa de gerência. O processo de manutenção e reabilitação requer a avaliação das condições do pavimento, escolha das estratégias de manutenção, estabelecimento da lista de prioridades e tomada de decisão de investimento. Essas etapas juntas compõem um sistema de gerência de pavimentos (SGP) (MOROVA *et al.*, 2016).

Um SGP busca obter o máximo retorno com os recursos disponíveis, a partir da coordenação de atividades de planejamento, projeto, construção, manutenção, avaliação e pesquisa nos pavimentos (HAAS *et al.*, 1994). Objetiva auxiliar os gestores na tomada de decisão para melhor alocação dos recursos disponíveis, a partir de dados técnicos e análises (ALMASSY *et al.*, 2019).

A gerência de pavimentos fornece resposta para perguntas do tipo: o que precisa ser feito numa determinada rede de pavimentos? Como devem ser executados os serviços? Onde

se localizam os projetos prioritários? E quando serão necessárias as intervenções para evitar ruptura e prolongar a vida útil do pavimento? (FERNANDES JR, 2001). Essas questões podem ser respondidas a partir das etapas de um SGP, apresentadas na figura 3, junto às estratégias de manutenção e reabilitação.

Figura 3 – Etapas de Um Sistema de Gerência de Pavimentos



Fonte: adaptado de MAPC, (1986 apud FERNANDES JR, 2001).

O SGP representa um avanço em relação à manutenção e reabilitação de pavimentos. Permite a substituição de um esquema tradicional (baseado quase sempre na correção de problemas) para um sistema planejado, que abrange além da solução imediata dos problemas (LOPES *et al.*, 2008). Um SGP melhora a eficiência das decisões e facilita a coordenação de atividades dentro de um órgão rodoviário. Além disso, avalia as consequências e garante a consistência das decisões tomadas (SONCIM *et al.*, 2014).

2.2.2 Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU)

O Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU) é uma ferramenta desenvolvida a partir do conceito geral de SGP que tem como objetivo o planejamento das

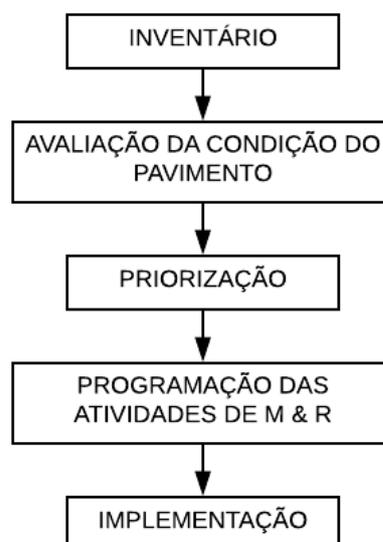
ações de manutenção e reabilitação dos pavimentos urbanos, com base na criação de um banco de dados, na análise das soluções e na disponibilidade de recursos (MEDEIROS, 2019).

Embora boa parte dos princípios de gerência de pavimentos rodoviários seja aplicável também à gerência de pavimentos urbanos, algumas diferenças podem ser observadas devido às características singulares dos pavimentos no meio urbano. Um problema particular são as interferências causadas pela construção e intervenções nas redes de infraestrutura urbanas. (BERTOLLO, 1997). Isso ressalta a necessidade da abordagem das redes de infraestrutura urbana sob um ponto de vista holístico, como já discutido no item 2.1.3.

Além da interferência da infraestrutura urbana, Lima (2007) apresenta outras características da rede viária urbana que geram diferenças entre a gerência de pavimentos rodoviários e a gerência de pavimentos urbanos. A autora descreve problemas relacionados à deficiência dos aparelhos de drenagem e diferenças nas características do tráfego urbano, como: velocidade reduzida, diferente composição de veículos e pontos de parada inevitáveis (sinais de trânsito, pontos de ônibus etc.) que aceleram a deterioração do pavimento.

Normalmente, o SGPU é gerido pelas secretarias de infraestrutura das cidades que dispõem de técnicas próprias para a gerência dos pavimentos, considerando as condições locais e os recursos disponíveis (ALBUQUERQUE *et al.*, 2017). Os SGPU são geralmente menos sofisticados, de modo a facilitar o entendimento e utilização por parte dos engenheiros municipais (BERTOLLO, 1997). Na figura 4 é possível observar as etapas de desenvolvimento de um SGPU.

Figura 4 – Etapas de Desenvolvimento de um SGPU



Fonte: LIMA (2007)

Com o emprego de um SGPU há a possibilidade de elevação do nível de serviço da rede viária urbana, redução dos custos totais (inclusive custos de operação dos veículos) e desenvolvimento de um inventário das vias de modo a justificar as eventuais necessidades de aumento no orçamento devido às atividades de manutenção e reabilitação (OLIVEIRA, 2013).

2.2.3 Nível de Rede e Nível de Projeto

O SGP possui dois níveis de tomada de decisão, o nível de rede e o nível de projeto. A gerência em nível de rede objetiva determinar os trechos prioritários para receber os investimentos em manutenção e reabilitação, de modo a se ter a melhor alocação dos recursos disponíveis em um determinado período de atividades. (DNIT, 2011). Além de priorizar os trabalhos, no nível de rede as informações obtidas das condições atuais do pavimento são consideradas para atualizar a programação das atividades (MIGLIACCIO *et al.*, 2014).

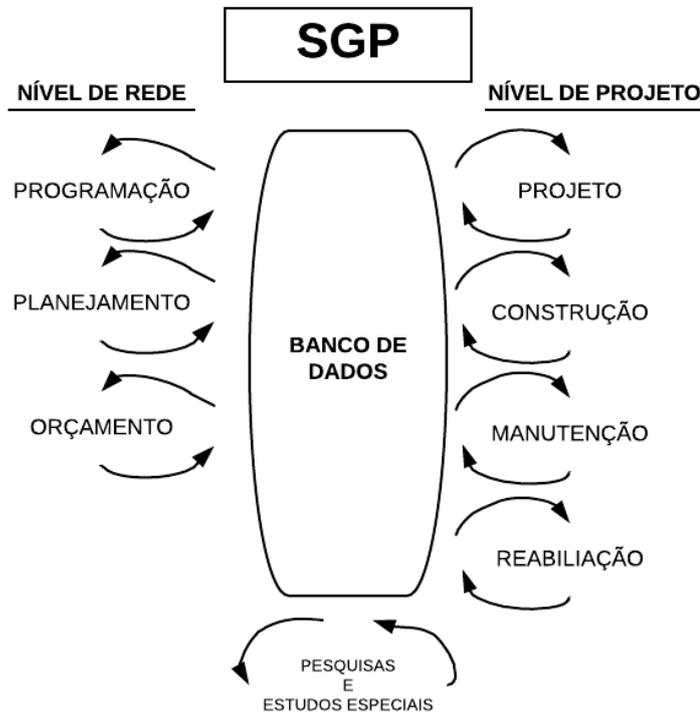
O SGP em nível de rede é caracterizado por estudar uma grande malha viária. Levando isso em conta, nos levantamentos e análises de dados realizados nesse nível, a quantidade de dados é predominante sobre a qualidade. As informações necessárias devem ser mais simples em nível de rede, de modo que a sua obtenção demande um menor intervalo de tempo (DNIT, 2011).

Já a gerência em nível de projeto objetiva submeter as seções candidatas às atividades de M&R, selecionadas em nível de rede para o período atual, à uma detalhada avaliação de suas condições (SHAHIN e WALTHER, 1990). A análise em nível de projeto utiliza ferramentas para selecionar as alternativas finais e para realizar os projetos incluídos no programa de trabalho (MOROVA *et al.*, 2016).

Apesar das diferentes características dos níveis de gerência de pavimentos, eles devem ser sempre considerados como integrados, pois são fases que se complementam. No caso de estudos em grandes extensões viárias, a análise em nível de projeto seria inviável sem a análise para a priorização de vias realizada em nível de rede. Já no caso de estudos em pequenas extensões, os níveis de projeto e de rede podem ser agrupados em um único nível de tomada de decisão.

Na Figura 4 é possível observar os principais componentes de um SGP em nível de rede e de projeto, assim como sua relação com o banco de dados, que será abordado posteriormente. Além disso, é possível observar a existência de uma relação com pesquisas e estudos especiais, sendo essas essenciais para o aprimoramento dos sistemas de gerência de pavimentos.

Figura 5 – Principais componentes de um SGP



Fonte: Adaptado de HAAS *et al*, (1994).

2.2.4 Banco de Dados

Um dos requisitos fundamentais para o desenvolvimento e implantação de um sistema de gerência de pavimentos é a existência de um banco de dados bem estruturado e confiável, que dê suporte à tomada de decisão gerencial, em ambos os níveis (de rede e de projeto), para toda a malha viária gerenciada.

Conceitualmente, um banco de dados é um conjunto lógico de dados com significado implícito, desenvolvido e alimentado com dados que têm um objetivo bem definido, com usuários e aplicações desenvolvidas para manipulá-los. Um banco de dados representa uma parcela do mundo real, de modo que a alteração dos seus dados deve representar as mudanças nessa parcela do mundo real (ALVES, 2014).

Em um banco de dados de um SGP, a parcela do mundo real, representada através dos dados, é o próprio pavimento e as mudanças nesses dados representam as modificações sofridas pelo pavimento durante sua vida de serviço. O banco de dados deve ser constantemente atualizado, de forma a representar o desempenho dos pavimentos e caracterizar precisamente as estratégias alternativas, afetando diretamente o resultado do SGP (SILVA, 2018).

O banco de dados de um SGP deve ser centralizado e estar disponível para consulta a todos os usuários diretamente ligados à gerência de pavimentos (DNIT, 2011). Deve conter dados que representem todo o histórico do pavimento, ou seja, referentes à construção, condições atuais, manutenções e reabilitações realizadas. Martins (2015) lista os seguintes dados como principais:

- Histórico da construção e manutenções (por exemplo, datas das obras, solução adotada, materiais e espessuras das camadas do pavimento);
- Cadastro geométrico (larguras, inclinações, raios de curvas e etc.);
- Inventário de dispositivos de drenagem, sinalização, interseções, obras de arte, defensas, guarda corpos e etc.;
- Informações estruturais e funcionais de levantamento de campo e laboratório;
- Dados de tráfego (como volume médio diário acumulado (VMDa) e fatores de correção sazonais);
- Custos unitários de referência local;
- Dados climáticos (Por exemplo, distribuição e volume de chuvas, temperaturas máximas e mínimas observadas no segmento).

Nesse contexto, a coleta e o processamento de dados são a base do funcionamento de um SGP. O grau de detalhes e frequência das coletas e medições necessárias depende do nível de gerência, do modelo para definição de prioridades a ser adotado e das exigências de cada organização rodoviária (DNIT, 2011). É importante a existência de um eficiente sistema de armazenamento para esses dados, tendo em vista que sem isso a coleta massiva de dados pode apenas gerar confusão e desperdício de recursos (SHAHIN e WALTHER, 1990).

2.2.5 Avaliação das Condições do Pavimento

Para a garantia da eficácia de um SGP, é necessário que os órgãos rodoviários disponham de informações referentes às condições atuais das vias de modo a estabelecer prioridades de acordo com os recursos orçamentários disponíveis, e, assim, tomar decisões adequadas no que tange à manutenção e reabilitação de um determinado trecho (NETO *et al.*, 2019). Desse modo, a avaliação das condições do pavimento é uma etapa fundamental para a eficiência de um SGP, já que através desse processo são obtidas as informações referentes ao estado de conservação e deterioração dos pavimentos.

A avaliação das condições dos pavimentos pode ser dividida em duas categorias básicas: funcional e estrutural. Esses dois aspectos devem ser levados em conta para a garantia da condição adequada. O desempenho funcional vai avaliar o pavimento em termos de segurança e conforto, já o desempenho estrutural, em relação à capacidade de suporte ao longo do tempo, considerando as cargas previstas e as ações climáticas (MARCELINO *et al.*, 2019).

A avaliação da capacidade estrutural tem por objetivo estudar a adequação do pavimento aos efeitos de deterioração produzidos pelas cargas. Esse é um procedimento raramente aplicado em nível de rede devido aos elevados custos de avaliação (YSHIBA, 2003). O desempenho estrutural dos pavimentos pode ser avaliado através de procedimentos destrutivos (através da abertura de furos de sondagem e de poços para a coleta de corpos prova a serem ensaiados em laboratório) e não destrutivos (através da realização de provas de carga para medida de parâmetros de resposta da estrutura às cargas em movimento) (FERNANDES, 2017).

Já a avaliação funcional está relacionada às condições da superfície do pavimento através da caracterização do seu desempenho no que se refere à segurança e ao conforto (LUZ e TRICHÊS, 2016). As condições funcionais do pavimento são perceptíveis aos usuários, tendo em vista que levam em conta aspectos visíveis e que interferem na qualidade do rolamento. Influenciam não apenas na segurança e conforto dos motoristas, mas também de todo o ambiente em volta (ZHAO *et al.*, 2019). A avaliação funcional de pavimentos se divide em avaliação subjetiva e avaliação objetiva.

2.2.5.1 Avaliação subjetiva

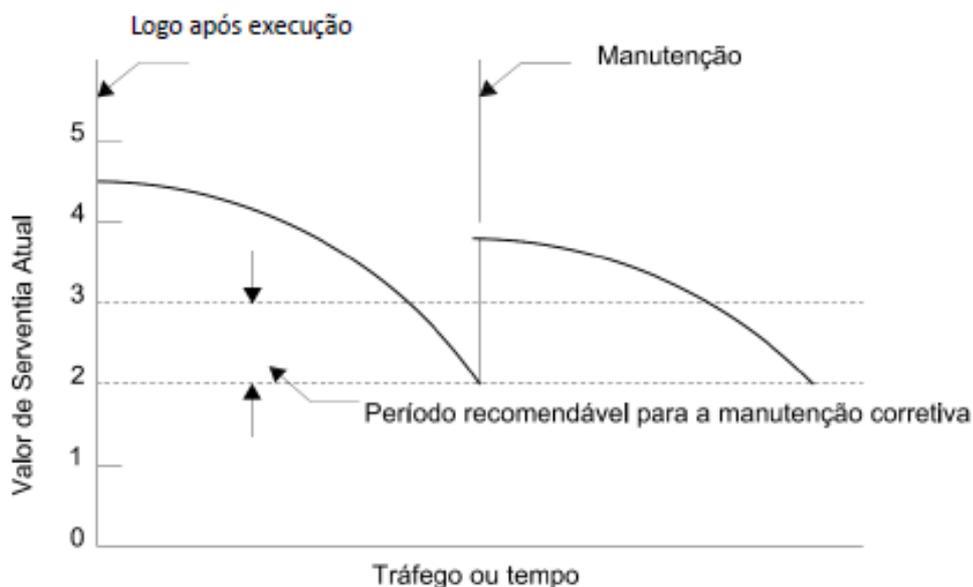
A avaliação subjetiva consiste na verificação do estado de conservação do pavimento por um painel de avaliadores devidamente treinados para atribuir notas aos aspectos visuais de conservação da superfície de rolamento do pavimento. Fornece o estado de deterioração do pavimento a partir do conceito de serventia apresentado por Carey e Irick (1960) por meio de pesquisa desenvolvida pela *American Association of State Highway Officials* (AASHO) (FERNANDES, 2017).

O Método proposto por Carey e Irick (1960) consiste na classificação numérica de diferentes seções em uma escala de 0 a 5, variando de muito ruim a muito bom, respectivamente (ALBUQUERQUE, 2017). A média das notas atribuídas pelos indivíduos

componentes do painel de avaliadores indica a serventia atual do pavimento, através do *Present Serviceability Rating* (PSR), que representa a condição do pavimento no momento da avaliação (CAREY e IRICK, 1960). O PSR corresponde ao Valor de Serventia Atual (VSA) determinado pelo DNIT no Brasil.

De maneira geral, o VSA é elevado logo após a construção do pavimento, quando bem executado, tendo em vista que exibe uma superfície praticamente sem irregularidades. Seu valor diminui com o passar do tempo, principalmente devido à ação do tráfego e das intempéries sobre a estrutura (DNIT, 2011). Com a variação do VSA ao longo do tempo de serviço do pavimento é possível traçar a curva de desempenho (figura 6), utilizada para verificar a necessidade de intervenção no pavimento. Na figura é possível observar o período recomendável para a manutenção dos pavimentos e a elevação do VSA após as ações de manutenção.

Figura 6 – Curva de Desempenho do Pavimento



Fonte: DNIT (2011).

No Brasil, os procedimentos que devem ser adotados para a avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos são definidos e fixados pela norma técnica DNIT 009/2003 – PRO, onde é possível encontrar as recomendações necessárias para garantir uma avaliação representativa, tendo em vista a subjetividade inerente a esse tipo de avaliação.

Como forma de melhorar as avaliações subjetivas de pavimentos flexíveis de vias urbanas, é possível ainda o uso de escalas visuais como ferramenta auxiliar (IGNÁCIO *et al.*, 2018). Um exemplo é a escala visual proposta por Pereira *et al* (2013), que classifica as imagens de pavimentos em diferentes estados de deterioração em uma escala de 0 (péssima) a

10 (excelente). O uso de escalas visuais permite o treinamento de avaliadores e pode melhorar a qualidade da avaliação subjetiva.

2.2.5.2 Avaliação objetiva

Diferente da avaliação subjetiva, a avaliação objetiva consiste na verificação da condição do pavimento a partir de metodologias bem definidas para a identificação da tipologia, tamanho, severidade e frequência de ocorrência dos defeitos. A avaliação objetiva permite a identificação mais detalhada da condição da superfície de pavimentos, com informações que a avaliação subjetiva não fornece diretamente (ALBUQUERQUE, 2017).

No Brasil, a avaliação objetiva de pavimentos é orientada pela norma técnica DNIT 006/2003 – PRO. Nessa norma são apresentadas as condições exigíveis para avaliação objetiva da superfície do pavimento e os procedimentos de cálculo para a determinação do Índice de Gravidade Global (IGG), parâmetro numérico muito utilizado no País, que representa a condição de pavimentos rodoviários. O grau de degradação do pavimento é dado através dos intervalos de correspondência do IGG, apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < \text{IGG} \leq 20$
Bom	$20 < \text{IGG} \leq 40$
Regular	$40 < \text{IGG} \leq 80$
Ruim	$80 < \text{IGG} \leq 160$
Péssimo	$\text{IGG} > 160$

Fonte: DNIT 006 – PRO (2003)

Além disso, existem outros parâmetros comumente utilizados no Brasil para a avaliação de pavimentos, sendo eles o Levantamento Visual Contínuo (LVC) e o Índice de Gravidade Global Expedido (IGGE), ambos fixados pela norma técnica DNIT 008/2003 – PRO. É importante destacar que o levantamento através do LVC é realizado a partir de um veículo em movimento, já pelo IGG, de caminhamento sobre a via. Além disso, há algumas limitações para aplicação do IGG em vias urbana, sendo necessária uma adequação do método de coleta de defeitos e a calibração do índice para as condições Urbanas (ALBUQUERQUE, 2017). A terminologia de defeitos utilizados para os três métodos citados é determinada pela norma técnica DNIT 005/2003 – TER.

Em termos mundiais, existem diversas metodologias de avaliação de defeitos e índices de condição de pavimentos rodoviários (ICPs), sendo o *Pavement Condition Index* (PCI) o mais difundido (SALVIATTO *et al.*, 2019). O PCI foi desenvolvido pelo *Construction Engineering Research Laboratory* (CERL) e publicado no ano de 1979, pela *United States Army Corps of Engineers*. Consiste em um método para a avaliação da integridade estrutural e da condição da superfície de pavimentos com superfície de concreto ou de material asfáltico (SHAHIN e KOHN, 1979).

O PCI apresenta uma escala de correspondência que varia de 0 (arruinado) a 100 (bom) e considera em sua metodologia um total de dezenove defeitos. O seu cálculo se baseia na tipologia, severidade e densidade dos defeitos obtidos durante inspeção e consiste na diminuição do máximo valor de dedução corrigido (CDV), obtido a partir do valor de dedução (DV) determinado através de ábacos e da densidade de cada um dos defeitos encontrados na amostra, de um valor inicial de 100 (condição boa), como na equação (1) (ASTM, 2018).

$$PCI = 100 - máxC DV \quad (1)$$

Existem ainda ICPs desenvolvidos para aplicação em áreas urbanas, tendo em vista as características inerentes aos pavimentos nesse ambiente, que muitas vezes não são bem representadas nos índices rodoviários. No ambiente urbano, há a ocorrência de defeitos causados por alguns elementos próprios, sendo um exemplo a deterioração causada pela ação das raízes das árvores sobre o pavimento (SALVIATTO, 2019). Também, é interessante que os índices utilizados na avaliação de pavimentos urbanos sejam mais simples e considerem um menor número de defeitos. Alguns exemplos de ICPs para pavimentos urbanos podem ser observados na tabela 2, que apresenta também alguns ICPs rodoviários.

Tabela 2 – Exemplos de índices de condição de pavimentos

Índice	Autor
Índices Urbanos	
<i>Urban Pavement Condition Index</i> (UPCI)	Osório (2014)
Índice de condição de pavimentos Urbanos (ICPU)	Paez (2015)
Índice de Condição de Pavimento Urbano de João Pessoa (<i>ICPU_{JP}</i>)	Albuquerque (2017)
Índices Rodoviários	
Índice Funcional de Pavimento (IFP)	Trichês (2003)
<i>National Highway Pavement Condition Index</i> (NHPCI)	Lee (2009)
<i>Distress Manifestation Index Network Level</i> (<i>DMI_{NL}</i>)	Chamorro <i>et al.</i> (2010)

Fonte: Autoria própria

2.2.6 Estudos de tráfego

Os estudos de tráfego consistem em avaliações realizadas através de métodos sistemáticos de coleta de dados, com o intuito de conhecer as características e as relações entre todos os componentes do tráfego (motorista, pedestre, veículos, via e meio ambiente). Tratam-se de instrumentos de que se servem à engenharia de tráfego para a garantia do transporte de pessoas e mercadores de forma eficiente, econômica e segura. (DNIT, 2006).

Além da importância para a engenharia de tráfego, os estudos de tráfego são importantes, também, para atividades relacionadas à pavimentação. De maneira geral os pavimentos são estruturas compostas por camadas finitas que devem ser projetadas e executadas de modo a suportar as ações do tráfego e as variações climáticas. Tendo isso em vista fica clara a importância do estudo das características do tráfego para o pavimento, seja na etapa de projeto, de construção ou de definição de prioridades para manutenção e reabilitação das estruturas.

Um dos fatores de tráfego mais relevantes para os pavimentos é o volume de tráfego. Esse trata-se de um fator considerado em quase todas as análises relacionadas ao desempenho de pavimentos, incluindo estudos para a definição de estratégias e prioridades. (LIMA, 2006). Além do volume de tráfego, fatores como classificação funcional, tipo de rota (se há circulação de transporte público), volume de caminhões e características geométricas das vias podem ser de grande relevância para estudos envolvendo a gerência de pavimentos.

2.2.7 Avaliação da Drenagem Urbana

Pode-se definir drenagem como um conjunto de elementos componentes de um sistema, responsável por conduzir até um destino, de forma segura, a água precipitada sobre uma região. Em um sentido mais amplo, pode ser definida como um conjunto de ações e medidas, cujo objetivo é promover um desenvolvimento urbano sustentável, minimizando os riscos e diminuindo os prejuízos sofridos por uma comunidade em decorrência de inundações (MIGUEZ *et al.*, 2016).

Um sistema de drenagem urbana engloba dois componentes principais: A microdrenagem e a macrodrenagem⁴. A microdrenagem consiste num conjunto de condutos construídos para captar e distribuir as águas da chuva provenientes dos escoamentos superficiais gerados pelas construções urbanas (como edificações, ruas e praças). Seu traçado é definido pelo caminhamento das ruas e integrado por sarjetas, bocas de lobo, galerias de águas pluviais, pequenos canais e os pavimentos (MIGUEZ *et al.*, 2016).

A drenagem apresenta uma importante relação com os pavimentos, tendo em vista que o excesso de água acumulado nas camadas componentes da estrutura apresenta-se como uma das causas para a sua degradação funcional e/ou estrutural prematura. A ineficiência da rede se caracteriza como umas das principais causas para o surgimento de defeitos, portanto, a qualidade da rede drenagem é um parâmetro de grande relevância para a garantia do desempenho dos pavimentos (GURJAR *et al.*, 2013). A relação da microdrenagem com os pavimentos urbanos ressalta a necessidade da avaliação desse subsistema para um SGPU.

A avaliação da rede de drenagem urbana pode se dar através de diferentes métodos, sendo os mais simples aqueles que consideram apenas os elementos superficiais (sarjetas e bocas de lobo) na avaliação, como é o caso do método desenvolvido por Blair *et al.* (1987) e adaptado por Melo e Pereira (2004 apud MEDEIROS *et al.*, 2018). Essa metodologia foi utilizada por Medeiros *et al.* (2018) para avaliação da drenagem em vias na cidade de João Pessoa e, consiste na atribuição de notas entre 0 (muito ruim) e 3 (bom) para quatro indicadores de desempenho: limpeza, estado de conservação, segurança e seção transversal.

Existem alguns outros métodos para a avaliação da drenagem. Shah *et al.* (2012) propõe o uso de quatro fatores variando de 1 (bom) a 4 (pobre) para a avaliação da qualidade do subsistema. Já num âmbito mais global, Mendonça (2009) desenvolveu uma metodologia para avaliar o macro desempenho de um subsistema de drenagem urbana. Para isso, o autor selecionou junto a especialistas dezesseis critérios e utilizou métodos multicritério e multiobjetivo para dar suporte à avaliação.

2.3 TOMADA DE DECISÃO EM GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

2.3.1 Contextualização

⁴ A Macrodrenagem refere-se à rede de maior porte, à drenagem natural (rios e córregos), fora do escopo desse trabalho.

Sempre que há um problema com mais de uma solução possível, uma decisão precisa ser tomada. Mesmo quando a ação a se tomar para se solucionar o problema é única, existem as opções de efetuar ou não essa ação (GOMES, 2014). Dessa forma, a tomada de decisão pode ser definida como o processo que leva, de maneira direta ou indireta, à escolha de pelo menos uma das alternativas disponíveis passiva de solucionar o problema encontrado (GOMES, 2007).

A tomada de decisão consiste em um processo intrínseco as atividades humanas, desde o despertar até o adormecer. As escolhas a serem feitas variam desde as mais simples e essenciais a todos (como se levantar ou não ao toque de despertar, a vestimenta a se usar e a comida a se comer) até as mais complexas, a serem tomadas por pessoas específicas (geralmente pessoas em cargos de liderança), como por exemplo, a melhor distribuição dos recursos públicos por parte de um governante e sua equipe e as parcerias estratégicas a serem realizadas por grandes empresas.

Embora a tomada de decisão seja um processo presente nas atividades diárias, é comum que pessoas consideradas muito inteligentes tomem decisões muito aquém do esperado, tendo em vista que esse processo não depende apenas da inteligência, mas também do seu ajustamento à cultura familiar, organizacional, política etc. (GOMES, 2007). Também, partindo-se do pressuposto de que os tomadores de decisão são seres humanos racionais e limitados, seus julgamentos tendem a ser influenciados por vieses como heurísticas⁵, o que pode resultar em alguns erros sistemáticos no processo de tomada de decisão (NIKOLIC, 2018).

No contexto da gestão de pavimentos urbanos, Albuquerque (2017) destaca que as decisões vêm sendo tomadas com base na habilidade dos engenheiros municipais, que muitas vezes utilizam da experiência acumulada para tomar as decisões, seja por desconhecimento nas áreas de gerência de infraestruturas ou por falta de recursos para a implantação de um SGPU.

Lima (2007) realizou uma pesquisa para identificar a prática da gestão de pavimentos urbanos em cidades brasileiras de médio porte. A autora pôde constatar a inexistência de procedimentos que identifiquem as necessidades de M&R dos pavimentos, estando as intervenções baseadas nas reclamações da população, na mídia e em critérios políticos. Além disso, constatou a inexistência de um caráter preventivo na definição de estratégias, devido ao

⁵ “A heurística é um procedimento simples que ajuda a encontrar respostas adequadas, ainda que geralmente imperfeitas, para perguntas difíceis. A palavra vem da mesma raiz que heureka.” (KAHNEMAN, 2012, p. 127).

cunho informal na gestão da infraestrutura urbana de transportes nas cidades de médio porte do País.

Já no cenário internacional, Mikolaj e Remek (2016) destacam que administradores dos sistemas viários municipais e de regiões autônomas da Eslováquia carecem de qualquer planejamento e processo de tomada de decisão em gerência de pavimentos, estando ainda dependentes de ações corretivas de manutenção. Eles descrevem que independente do motivo ser a falta de recursos ou a falta de conhecimento técnico, há a necessidade de implementação de uma metodologia, para que as agências locais sejam capazes de gerenciar efetivamente a sua rede de pavimentos. Ou seja, as agências locais necessitam de uma metodologia que dê suporte aos gestores no processo de tomada de decisão.

A tomada de decisão é um processo inerente à gerência de pavimentos. A seleção de seções de pavimento numa rede viária urbana, por exemplo, é um processo essencialmente decisório, através do qual as diversas seções alternativas são comparadas a partir de suas características e em função de um objetivo final, que é a identificação das mais prioritárias a receberem atividades de M&R (LIMA *et al.*, 2008).

2.3.2 Parâmetros/Critérios associados à tomada de decisão e definição de prioridades

Como já discutido no item 2.2.3, um dos objetivos de um SGP em nível de rede é a definição de trechos de vias pavimentadas prioritários a receberem atividades de M&R. A etapa de priorização se faz necessária para selecionar as seções de pavimentos que devem receber as atividades, especialmente em situações de escassez de recursos (SHAH, 2012). Para tal, é importante que sejam considerados o desempenho e outras características relacionadas às seções dos pavimentos, caracterizando a definição de prioridades, portanto, como um problema que envolve múltiplos fatores e critérios (LI *et al.*, 2018).

De acordo com Albuquerque (2017), a primeira etapa para a priorização de seções de pavimentos é o índice de condição de pavimento, sendo esse, em muitos SGPs, o único parâmetro de auxílio à tomada de decisão. De fato, o ICP é um parâmetro de grande relevância na gerência de pavimentos, porém, é importante se ter ciência de que esse parâmetro normalmente considera apenas a ocorrência de defeitos na sua definição. Nesse sentido, Viviane *et al.* (2010) ressalta que a gerência de uma rede viária vai além da identificação de defeitos, sendo uma atividade que exige uma abordagem holística devido aos vários fatores nela envolvidos.

A existência de diversos fatores envolvidos no processo de tomada de decisão, em nível de rede, em um SGP, torna impraticável o monitoramento de todos. Assim, é importante identificar os critérios “chaves”, mais significantes para o processo de tomada de decisão (LI *et al.*, 2018). Definir os critérios associados é por si só um processo decisório que deve ser muito bem embasado, seja na opinião de especialistas, na literatura ou nas condições locais de disponibilidade de recursos (financeiro, pessoal e tecnológico).

Outro ponto relevante na definição dos critérios associados é a problemática envolvida. É imprescindível definir bem a problemática e os objetivos do estudo para selecionar os critérios mais pertinentes. Mota *et al.* (2016), por exemplo, realizaram um estudo para a verificação das condições físicas para a segurança operacional aeroportuária a partir de uma metodologia multicritério. No estudo os autores consideraram como relevantes três conjuntos de critérios: condições estruturais, condições funcionais e condições de aderência das pistas. Já Abu-Samra *et al.* (2017) tiveram como objetivo desenvolver um modelo para avaliação de pavimentos flexíveis rodoviários e, para isso, consideraram parâmetros físicos, operacionais e climáticos em sua pesquisa.

Diferentes problemáticas e abordagens justificam a escolha de diferentes critérios, entretanto, é comum se observar a recorrência de alguns nos mais diversos estudos. Um exemplo de critério recorrente, nas mais variadas pesquisas, é a condição funcional dos pavimentos. Alguns parâmetros e critérios, associados ao auxílio à tomada de decisão e definição de prioridades em estudos relacionados à gerência de pavimentos podem ser observados na tabela 3.

Tabela 3 – Critérios envolvidos em estudos em gerência de pavimentos.

Autores	Parâmetros/critérios considerados no estudo
Salviatto <i>et al.</i> (2019)	Qualidade da viagem; quantidade de tipos de defeitos; e volume diário médio de tráfego.
Li <i>et al.</i> (2018)	Desempenho do pavimento; resistência estrutural; nível de tráfego; idade do pavimento; e classificação da via.
Sequinel <i>et al.</i> (2018)	Condição do pavimento; estratégia de manutenção; idade do pavimento; e classificação funcional da via.
Moazami e Muniandy (2010)	PCI; classificação da via; volume de tráfego; e custos para M&R.
Lima <i>et al.</i> (2008)	Condição do pavimento; hierarquia viária; localização das seções; e custos para M&R.

Fonte: Autoria própria

2.3.3 Métodos de Priorização e Auxílio à Tomada de Decisão

Em termos de priorização de pavimentos a atividades de M&R, uma das ferramentas mais utilizadas é o Índice de Priorização (IP). Os IPs consistem em índices que, em sua definição, consideram pelo menos um fator (geralmente o índice de condição de pavimentos) relevante ao estado de conservação dos pavimentos. Um exemplo de IP é o desenvolvido por Tavakoli *et al.* (1992), cuja obtenção se dá a partir da equação (2).

$$IP = \frac{1}{PCI} \times TF \times FC \times TR \times MF \quad (2)$$

Em que:

PCI: índice de condição de pavimentos;

TF: fator de tráfego;

FC: fator da classe funcional da via;

TR: fator de rota (em função da importância da rota. Por exemplo: rota de ônibus); e

MF: fator de manutenção

Além dos IPs, existem métodos desenvolvidos a partir de modelos matemáticos e computacionais que se aplicam como ferramenta de auxílio à tomada de decisão em gerência de pavimentos. Alguns exemplos cada vez mais utilizados são os métodos baseados em redes neurais, lógica *fuzzy* e em metodologias de análise multicritério, os quais são apresentados nos tópicos seguintes.

2.3.3.1 Redes neurais artificiais

As redes neurais consistem em uma forma de inteligência artificial desenvolvida para modelar a forma como o cérebro realiza uma tarefa. Podem ser implementadas a partir de componentes eletrônicos ou por simulação computacional e são formadas por unidades de processamento simples, propensas a armazenar e disponibilizar conhecimento experimental (HAYKIN, 2007).

As redes neurais constituem uma ferramenta com amplas aplicações para solucionar problemas de engenharia, nas mais diversas áreas, dada a sua capacidade de resolver problemas de natureza não linear. No âmbito da gerência de pavimentos, por exemplo, Domitrovic *et al.* (2018) demonstram que a implementação de redes neurais em SGP podem fornecer uma ferramenta auxiliar ao processo de tomada de decisão, na seleção de programas de M&R de seções de pavimentos.

2.3.3.2 Lógica *fuzzy*

A lógica *fuzzy* envolve o tratamento matemático de sistemas cuja subjetividade e ambiguidade das variáveis inviabiliza o uso da lógica clássica. Consiste numa ferramenta utilizada, comumente, junto a outras técnicas de auxílio à tomada de decisão, em problemas cujas variáveis possuem um considerável grau de incerteza. (FILIPPO *et al.*, 2007). De uma maneira geral, os sistemas *fuzzy* convertem o conhecimento humano em fórmulas matemáticas (MOAZAMI *et al.*, 2011).

Em gerência de pavimentos, a Lógica *fuzzy* vem sendo utilizada para estudos envolvendo priorização de seções (MOAZAMI *et al.*, 2011), para auxílio na avaliação do índice de irregularidade superficial (IRI – *International Roughness Index*) (MOROVA *et al.*, 2016), auxílio na avaliação e classificação da condição de pavimentos (MAHMOOD *et al.*, 2013; KODURO *et al.*, 2010), dentre outras aplicações.

2.3.3.3 Apoio multicritério à decisão (AMD)

Os métodos de Apoio à Decisão Multicritério (AMD), ou no termo em inglês, *Multicriteria Decision Analyses* (MCDA), consistem em teorias ou formulações metodológicas, cujas estruturas axiomáticas são bem definidas, podendo ser aplicados na formulação de um modelo decisório para um problema específico (ALMEIDA, 2013). São utilizados para selecionar, ordenar, classificar ou descrever, em detalhes, as alternativas disponíveis para a tomada de decisão (GOMES, 2007).

Os métodos AMD têm por objetivo apoiar os decisores, facilitando a solução de problemas complexos, resultantes da interação conflituosa entre diversas variáveis de natureza diferentes (SEQUINEL *et al.*, 2018). É importante deixar claro que os métodos AMD, como descrito por Sequinel *et al.* (2018) têm a função de apoiar o processo decisório e não de trazer uma solução definitiva. A decisão, de fato, depende dos decisores.

De acordo com Lima (2007), algumas características que diferem as metodologias multicritérios de outras utilizadas no apoio à decisão são: a influência mútua do modelo com o tomador de decisão, a possibilidade de quantificar os aspectos objetivos e subjetivos, a consideração da preferência dos decisores e, a consideração do modo como cada um visualiza e percebe o processo decisório. Isso destaca a importância da figura do tomador de decisão para a aplicação de métodos AMD.

Existem diversos métodos multicritério, Almeida (2006) apresenta-os segundo duas correntes: a americana e a francesa. Na escola americana os principais métodos são: Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT – *Multi Attribute Utility Theory*) e o Método de Análise Hierárquica (MAH) ou, como é mais usual, *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Já na escola francesa os métodos mais famosos são: ELECTRE (*Elimination et Choix Traduisant la Réalité*), em todas as suas versões, e o PROMÉTHÉE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*). Ainda, podem ser citados, dentre outros, os métodos TODIM (Tomada de Decisão Interativa e Multicritério) e o MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*).

A seleção de um método é uma importante etapa na aplicação de uma metodologia multicritério, tendo em vista que tem efeito significativo sobre o objetivo final. Segundo Gomes (2007), alguns fatores devem ser considerados na seleção do método, dentre os quais: a natureza do problema a ser resolvido; a estrutura de relacionamentos entre os objetivos e o problema; e as possíveis formas de levantamento e de compilação dos dados. Resumidamente, pode-se dizer que a escolha do método apropriado, dentre outras coisas, depende do problema, dos objetivos e dos dados disponíveis.

Segundo Lima (2007), em estudos relacionados à gerência de pavimentos deve-se utilizar métodos que permitam a combinação de critérios qualitativos e quantitativos, dada a natureza do problema, fundamentada na combinação desses diferentes tipos de critério. Cafiso *et al.* (2002) destaca que os métodos ELECTRE III e o AHP parecem ser as metodologias mais aplicáveis à gerência de infraestruturas viárias, sendo o AHP o que se mostra mais adequado para integração com sistemas de gerência de pavimentos. De fato, observa-se na literatura (LI *et al.*, 2018; MOTA *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2008) que o método AHP é o mais comumente utilizado, o que não descarta o emprego de outros métodos. Sequinel *et al.* (2018) e Marcelino *et al.* (2019), por exemplo, utilizaram o método MACBETH em seus estudos.

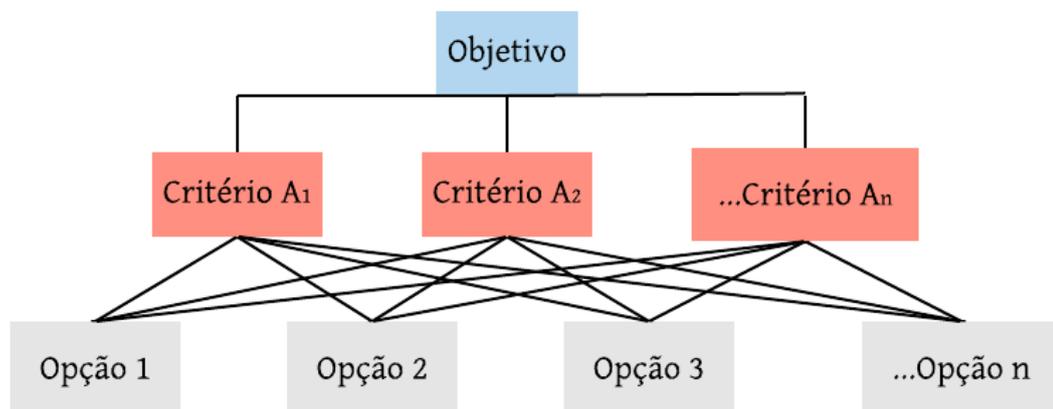
2.3.4 Método *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

O AHP é um método de análise multicritério desenvolvido, na década de 70, pelo matemático estado-unidense Thomas Lorie Saaty (LI *et al.*, 2018). O método baseia-se na capacidade humana de julgar pequenos problemas e, facilita o processo decisório, organizando percepções, julgamentos e memórias dos tomadores de decisão através de uma estrutura definida (Saaty, 1994). Permite a consideração de critérios qualitativos e

quantitativos, sendo possível, através dele, determinar a importância ou os pesos de cada critério relacionado ao processo decisório (Li *et al.*, 2018).

Saaty (1987) destaca que ao aplicar o AHP é necessária a definição de uma estrutura hierárquica que represente o problema, sendo a definição dessa estrutura, para problemas práticos, motivo de longos trabalhos. Segundo o autor, uma regra geral a se seguir na definição da estrutura é que ela deve ser complexa o suficiente para representar a situação, mas, pequena e ágil o suficiente para ser sensível a possíveis modificações. Um exemplo de estrutura hierárquica básica é apresentado na figura 7.

Figura 7 – Exemplo de estrutura hierárquica básica



Fonte: Autoria própria

Na figura 7, o primeiro nível representa o objetivo desejado com a aplicação do método, o segundo nível representa os critérios selecionados como relevantes para o problema e, o terceiro nível, as opções de escolha disponíveis. Um ponto importante a se destacar é que há a possibilidade de se considerar quantos níveis sejam necessários para a estruturação hierárquica do problema.

Definida a estrutura hierárquica, a próxima etapa na aplicação do método AHP é a determinação dos pesos dos critérios envolvidos, ou seja, a definição do quão relevante cada critério é para o processo decisório. Lima (2007) descreve que a determinação dos pesos se dá a partir do método de comparação par a par, por meio do qual, pesos e prioridades são extraídos de um conjunto de julgamentos subjetivos realizados por avaliadores. Saaty (1987) diz que a comparação par a par é necessária para se estabelecer relações dentro da hierarquia definida, já que as comparações são feitas entre elementos de um mesmo nível hierárquico, mas, com referência aos elementos de um nível acima.

A comparação paritária entre os n critérios de um mesmo nível é realizada a partir de uma matriz do tipo $n \times n$, ou seja, uma matriz quadrada. A essa matriz atribui-se o nome de matriz de comparações paritárias ou de julgamentos. Um exemplo é apresentado na figura 8.

Figura 8 – Matriz de comparações paritárias

$$\begin{array}{c}
 \\
 \\
 \\
 \end{array}
 \begin{array}{ccc}
 & A & B & C \\
 A & \left[\begin{array}{ccc}
 1 & \dots & a_{ij} \\
 \vdots & 1 & \vdots \\
 \frac{1}{a_{ij}} & \dots & 1
 \end{array} \right] \\
 B & & & \\
 C & & &
 \end{array}$$

Fonte: Autoria própria

Na matriz de comparações o valor a_{ij} indica a importância do critério da linha i em relação ao critério da coluna j . Com isso, percebe-se que a diagonal principal da matriz terá seus valores iguais a um, já que um critério comparado a si mesmo tem igual importância relativa. Também, é possível perceber na figura 8 que a matriz apresentada é uma matriz recíproca, portanto, é necessário avaliar apenas um dos lados da matriz, sendo os demais valores definidos conforme a equação (3).

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, \text{ para } i \neq j \quad e \quad a_{ij} = 1, \text{ para } i = j \quad (3)$$

Outro ponto importante na comparação paritária é a definição de uma escala de referência para os avaliadores. Comumente, a escala utilizada para a comparação paritária dos critérios é a escala fundamental do método AHP, que pode ser observada na tabela 4.

Tabela 4 – Escala fundamental de comparação paritária

Valor	Definição	Explicação
1	Igual importância	Os dois critérios contribuem igualmente para o objetivo
3	Fraca importância	Um critério é pouco mais importante que o outro
5	Forte importância	Um critério é claramente mais importante que o outro
7	Muito forte importância	Um dos critérios é muito mais importante que o outro
9	Importância absoluta	Um dos critérios é extremamente mais importante que o outro
2,4,6,8	Valores intermediários	Podem ser considerados
Valores recíprocos	Se a um critério i tem um dos pesos acima quando comparado com a atividade j , então o critério j terá o valor recíproco quando compara com i .	

Fonte: Adaptado de Saaty (1994).

Assim, definida a matriz de comparações paritárias, pode-se calcular o peso, propriamente dito, de cada um dos critérios. O método utilizado para o cálculo das prioridades

de um problema é originalmente o método do autovetor, através do qual, pela equação (4), se calcula o autovetor principal e o máximo autovalor da matriz. Na equação, A representa a matriz de comparações paritárias, $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ o autovetor principal (vetor de prioridades) e $\lambda_{m\acute{a}x}$ o máximo autovalor associado.

$$Aw = \lambda_{m\acute{a}x}w \quad (4)$$

Segundo Santos e Cruz (2013), o vetor de prioridades pode ser obtido, de modo aproximado, a partir da média aritmética dos valores de cada um dos critérios. Saaty (1987) relata ser possível obter o vetor dessa forma, através dos seguintes passos: 1) normaliza-se a matriz de comparações, dividindo os elementos de cada coluna pela soma dos valores dessa mesma coluna; 2) extrai-se a média dos valores de cada linha da matriz de comparações normalizada. O vetor resultante é o vetor de prioridades. Essa metodologia de obtenção do vetor é bastante empregada na literatura, como nos trabalhos de Godoi (2014), Santos e Cruz, (2013) e Briozzo e Musetti (2015).

Como já discutido, o método AHP baseia-se na percepção humana, o que o torna as avaliações passíveis de inconsistências. Para Wolff (2008), o surgimento de inconsistências é um processo natural que pode acontecer em um primeiro momento de comparação entre critérios e alternativas. A autora descreve ainda que perturbações nos julgamentos geram um desvio no autovalor máximo $\lambda_{m\acute{a}x}$. Isso permite a utilização desse parâmetro na medida da inconsistência das matrizes.

Segundo Saaty (1994), o autovalor máximo de uma matriz A sempre apresentará o resultado $\lambda_{m\acute{a}x} \geq n$ (n é a ordem da matriz), de modo que a matriz será consistente, se e somente se, $\lambda_{m\acute{a}x} = n$. A prova para esse teorema pode ser encontrada em Saaty (1990). Tendo isso em vista, o autor propôs a utilização de um parâmetro (equação 5), denominado índice de consistência (CI – *Consistency Index*) para a medição do desvio da consistência da matriz.

$$CI = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1} \quad (5)$$

Esse parâmetro é utilizado na verificação da consistência da avaliação, determinada através do grau de consistência (CR – *Consistency Ratio*), definido a partir da equação (6).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

Na equação (6), RI (*Random Index*) é o índice randômico ou de aleatoriedade, que é obtido da média de várias matrizes, recíprocas e de mesma ordem, geradas aleatoriamente. O valor de RI pode ser extraído da tabela 5.

Tabela 5 – Índices de aleatoriedade

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Fonte: Saaty (1994)

Assim, uma avaliação será considerada adequada quando o grau de consistência (CR) da matriz de comparações paritárias for menor ou igual a 0,1. Nos casos em que $CR > 0,1$ será necessário que o avaliador reveja seus julgamentos.

O método AHP é um método de agregação aditivo. A lista final de prioridades, através desse método, é definida a partir da combinação ou agregação dos n critérios em relação às m alternativas, conforme a equação (7). Nessa equação, W_i refere-se ao peso global da alternativa i , w_j ao peso do critério j no vetor de prioridades e, x'_{ij} ao valor (avaliação) normalizado do critério j atribuído à alternativa i .

$$W_i = \sum_{j=1}^n x'_{ij} w_j, i = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

Tendo em vista que as escalas utilizadas na avaliação das alternativas são bastante heterogêneas, o valor de x'_{ij} nessa equação, deve ser o valor normalizado, permitindo assim as comparações. Existem alguns procedimentos de normalização de valores, sendo o mais aplicado no método AHP o apresentado na equação (8).

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_j^n x_{ij}} \quad (8)$$

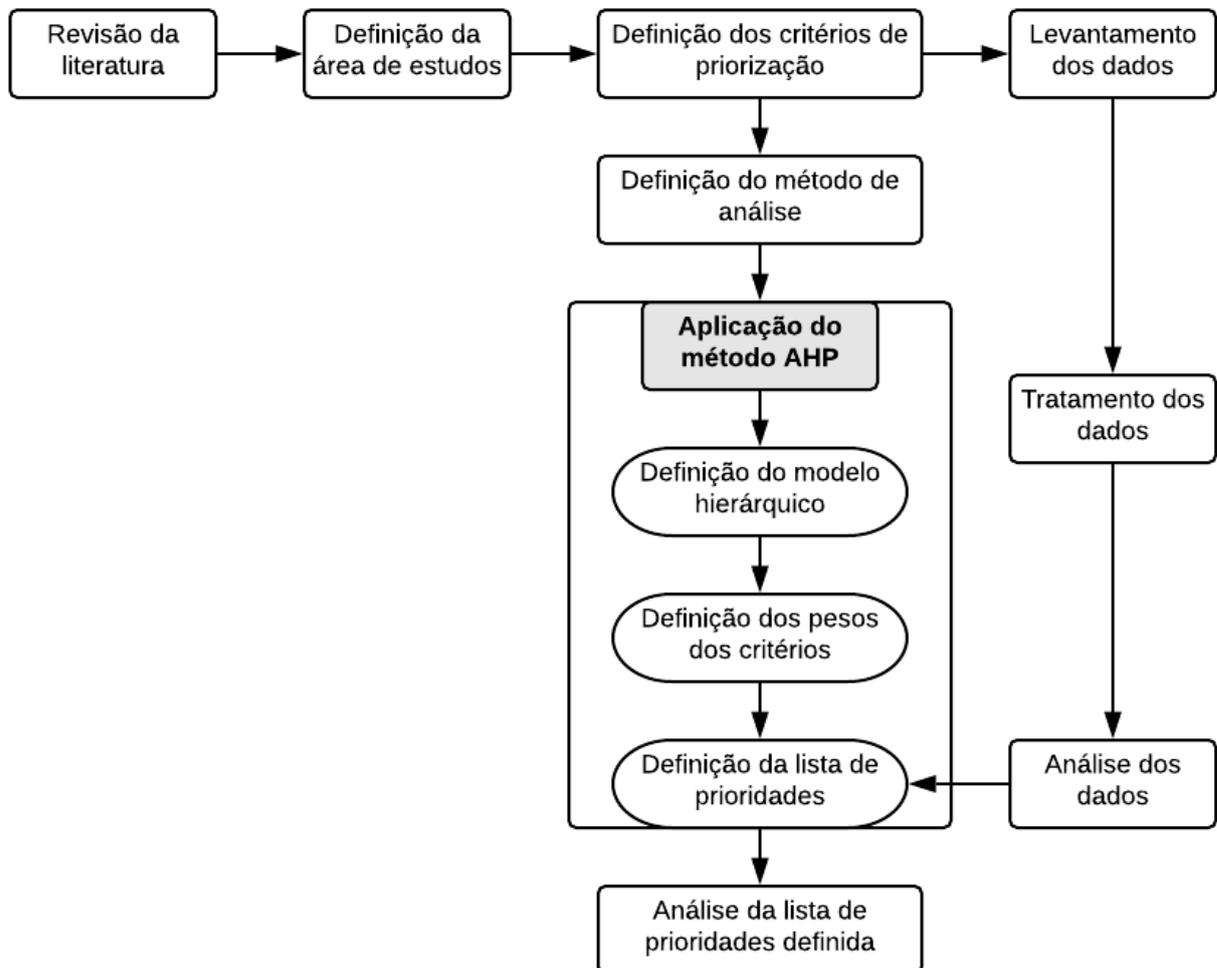
Na equação, x'_{ij} é o valor normalizado, que apresentará um valor no intervalo: $0 \leq x'_{ij} \leq 1$ e pode ser interpretado como sendo um percentual do total $\sum_j^n x_{ij}$.

Nesse item, foram descritas as considerações e etapas necessárias para a aplicação do método AHP para um problema geral, porém, a depender do número de critérios e avaliações envolvidas no processo de análise, decisores podem se deparar com uma situação que inviabilize a aplicação do método por processos manuais ou planilhas eletrônicas de cálculo. Em vista a esse problema, há a possibilidade de utilização de *Softwares*, como o *Expert Choice*, na definição das prioridades pelo método AHP.

3 MÉTODO DE TRABALHO

Na definição do método de trabalho, buscou-se, ao máximo, racionalizar os recursos disponíveis de tempo, pessoal e material para a garantia da viabilidade do estudo. Nesse sentido foi desenvolvido o fluxograma apresentado na figura 9, que descreve as etapas básicas definidas e desenvolvidas durante o trabalho. Posteriormente são apresentadas as metodologias e considerações adotadas para o desenvolvimento das etapas componentes.

Figura 9 – Fluxograma do trabalho



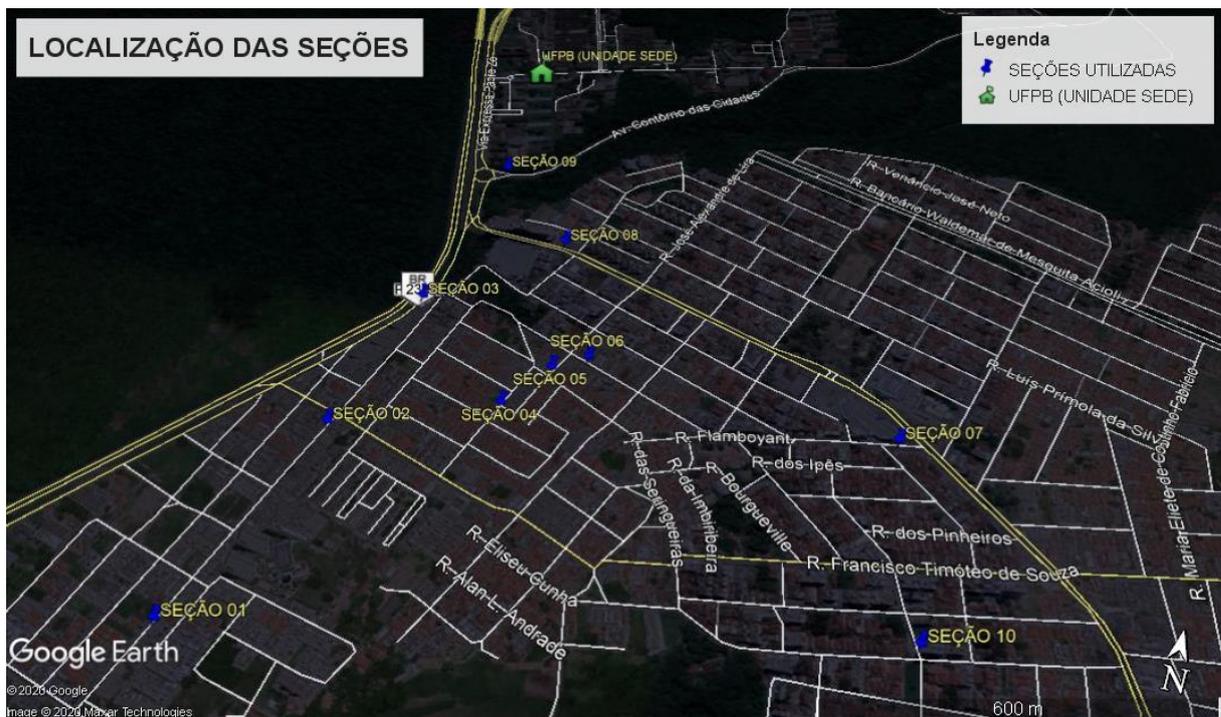
Fonte: Autoria própria

3.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

Objetivando a simplificação da etapa de coleta de dados, buscou-se, nessa etapa, definir uma área conhecida e de fácil acesso para a realização do estudo. Tendo isso em vista, foram selecionadas dez seções de nove vias pavimentadas próximas à unidade sede da

Universidade Federal da Paraíba (UFPB), na cidade de João Pessoa. As seções selecionadas compõem vias de grande relevância para a conexão entre os bairros da zona sul da Capital paraibana, a UFPB e o centro da cidade. Além disso, vêm sendo semestralmente avaliadas, quanto à sua serventia, por alunos da graduação em engenharia civil e do programa de pós-graduação em engenharia civil e ambiental (PPGECAM) da UFPB na disciplina de sistemas de gerência de pavimentos. Na figura 10 é possível observar a localização das seções utilizadas.

Figura 10 – Localização das seções utilizadas



Fonte: GOOGLE EARTH (2020)

Os logradouros das seções avaliadas podem ser observados na tabela 4, abaixo.

Tabela 6 – Localização das seções

Seção	Logradouro	Bairro
1	Rua José Fírmio Ferreira	Jardim São Paulo
2	Rua José Fírmio Ferreira	Jardim São Paulo
3	Rua Estevão Gerson Carneiro da Cunha	Jardim São Paulo
4	Rua Aderaldo Silveira	Jardim São Paulo
5	Rua Luis Alves Conserva	Jardim São Paulo
6	Rua Cap. Severino Cesarino da Nóbrega	Jardim São Paulo
7	Av. Flamboyant	Anatólia
8	Rua emp. João Rodrigues Alves	Bancários
9	Rua Tab. Stanislau Eloy.	Castelo Branco
10	Rua Des. Aurélio M. de Albuquerque	Jardim Cidade Universitária

Fonte: Autoria própria

3.2 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO

A definição dos critérios de priorização se deu a partir da revisão da literatura, de modo que foram identificados, em estudos correlatos, os critérios mais recorrentes. Além disso, foram consideradas as opiniões de pesquisadores do Laboratório de Geotecnia e Pavimentação (LAPAV) da UFPB e a viabilidade para obtenção, em campo, dos dados necessários. Assim, foram definidos os seguintes critérios: Índice de Condição do Pavimento (PCI) e Valor de Serventia Atual (VSA), que indicam o estado de conservação do pavimento; Volume da Hora de Pico (VHP) e tráfego de veículos pesados como indicativos do volume de tráfego; classe funcional da via, como indicador da importância da via; e microdrenagem superficial, como indicador da qualidade da drenagem.

3.3 LEVANTAMENTO DOS DADOS

Tendo definidos os critérios a serem considerados na análise de priorização e a área para realização do estudo, pôde-se realizar a etapa de levantamento dos dados. Foram coletados dados referentes à serventia atual do pavimento, existência de defeitos superficiais, funcionalidade da drenagem e volume de tráfego. As seções de pavimentos avaliadas tiveram comprimento definidos em 50 m, baseado nos estudos de Osório *et al.* (2014), que definiu esse mesmo comprimento para suas amostras. É importante salientar que as pessoas que auxiliaram nas avaliações e coleta de dados, ou possuem experiência ou foram devidamente treinadas para a realização das atividades. Outro ponto a se destacar é que para a seção 8 as faixas de tráfego foram avaliadas em separado, devido a notável diferença entre o estado de conservação do pavimento nas faixas.

3.3.1 Contagem de tráfego e classificação funcional das vias

As contagens volumétricas de tráfego tiveram como referência o manual de estudos de tráfego do DNIT (2006). Foram realizadas através do processo manual, no qual duplas localizadas em cada um dos dez trechos selecionados contabilizaram o número de veículos em tráfego. As contagens foram realizadas entre terça e quinta-feira durante duas horas (das 07h00h às 09h00h), divididas em oito intervalos de quinze minutos. No processo foram utilizadas as fichas de contagem disponíveis no apêndice C.

Já em relação à classificação funcional das vias, foram adotadas as considerações feitas por Lima (2007): via arterial: nível mais elevado, composto por vias de fluxo rápido de veículos, podendo ser um anel viário ou grandes avenidas; via coletora: nível intermediário, responsáveis por coletar o tráfego das vias locais para regiões centrais ou para vias arteriais; e via local: nível mais baixo, com fluxo mais lento e concentrado nos bairros mais afastadas dos grandes centros.

3.3.2 Coleta de defeitos

Tendo em vista que o índice de condição de pavimentos a ser utilizado na pesquisa é o PCI (SHAHIN e KOHN, 1979), a coleta de defeitos ou avaliação objetiva dos pavimentos foi realizada com base nos procedimentos descritos na norma técnica ASTM D6433 (2018). Além disso, foram consideradas as orientações do manual do *Strategic Highway Research Program* (SHRP) (FHWA, 2014) para uma melhor identificação da tipologia e severidade dos defeitos considerados. A ficha de avaliação utilizada nos levantamentos foi adaptada a partir do modelo apresentado pela ASTM D6433 (2018), para pavimentos asfálticos, e pode ser observada no apêndice B. Nela é possível, ainda, observar a lista de defeitos considerados nas avaliações.

3.3.3 Avaliação da serventia atual

A avaliação da serventia atual (avaliação subjetiva) foi realizada segundo as recomendações da norma técnica DNIT 009/2003 – PRO. Um painel de avaliadores, composto por cinco pessoas, atribuiu notas, segundo a sua percepção, para a qualidade da superfície de rolamento do pavimento. O modo de avaliação utilizado foi o caminhamento sobre a via. Para a atribuição das notas, foi utilizada uma ficha de avaliação elaborada pelo autor, cujo modelo pode ser observado no apêndice A.

3.3.4 Avaliação da drenagem

A drenagem foi avaliada segundo o método adaptado de Melo (2004 apud MEDEIROS *et al.*, 2018). A avaliação foi feita por um painel composto por cinco avaliadores, que atribuíram notas, variando de 0 (Muito ruim) a 3 (bom), para sarjetas e bocas

de lobo existentes nos trechos avaliados. Foram considerados quatro parâmetros na avaliação: limpeza, conservação, segurança, e seção transversal. As recomendações de referência utilizadas na avaliação dos parâmetros podem ser observadas no anexo A, já o modelo da ficha de avaliação, no apêndice D.

3.4 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Nessa etapa foram calculados os parâmetros estatísticos para os dados coletados a partir de procedimentos subjetivos de avaliação. Foram determinadas as médias, os desvios padrão e os coeficientes de variação das notas atribuídas pelos avaliadores, para a condição da drenagem e do pavimento das seções avaliadas. O objetivo foi avaliar a existência ou não de homogeneidade entre as notas atribuídas. Considerou-se ainda, nessa etapa, o cálculo dos indicadores e parâmetros utilizados no estudo, como descrito nos próximos subitens.

3.4.1 Indicadores da condição do pavimento e drenagem

O índice de condição do pavimento (PCI) foi calculado segundo os procedimentos descritos na norma técnica ASTM D6433 (2018). Já o Valor de Serventia Atual e o indicador da condição da drenagem, definidos como a média aritmética das notas atribuídas pelos avaliadores.

3.4.2 Volumes de tráfego

O Volume da Hora de Pico (VHP) foi obtido a partir dos dados de contagem de tráfego e definido como a combinação dos quatro intervalos de quinze minutos, consecutivos, geradores do maior volume de tráfego. Com o intuito de compor o volume de tráfego em uma base única, os volumes dos diferentes veículos foram convertidos para unidade de carros de passeio (UCP) a partir dos fatores de equivalência sugeridos pelo CONTRAN (2014): 1,00 para automóveis; 0,33 para motocicletas; 2,00 para ônibus; e 2,00 para caminhões. Por outro lado, o tráfego de veículos pesados foi considerado como a soma do volume de ônibus com o volume de caminhões na unidade de veículos por hora, ou seja, sem convertê-los em UCP.

3.5 DEFINIÇÃO DO MÉTODO AMD UTILIZADO

A definição do método AMD foi baseada nas considerações expostas no item 2.3.3.3. Levou-se em conta o tempo disponível para a realização do estudo, os objetivos, a natureza do problema e as considerações observadas na literatura pesquisada. Tendo isso em vista, definiu-se o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) como método de análise.

3.6 APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP

As considerações gerais a respeito do método AHP foram apresentadas no item 2.3.4 do capítulo anterior. Aqui serão abordadas as considerações adotadas para o problema proposto no estudo, sendo a aplicação do método, nesse trabalho, dividida em três etapas: definição do modelo hierárquico do problema; definição dos pesos dos critérios; e definição da lista de prioridades.

3.6.1 Definição do modelo hierárquico do problema

O modelo hierárquico foi construído com base nas recomendações expostas na literatura (LI *et al.*, 2018; SAATY, 1987; SAATY, 1994). Os critérios foram agrupados racionalmente, de acordo a influência de cada um no alcance ao objetivo final. Também, foi analisado o número de níveis hierárquicos necessários para uma melhor representação do problema, estabelecendo-se o número de níveis hierárquicos em quatro.

3.6.2 Definição dos pesos dos critérios

Para a definição dos pesos relativos dos critérios, solicitou-se que avaliadores com conhecimentos a respeito de sistemas de gerência de pavimentos avaliassem as importâncias relativas, através de uma ficha desenvolvida para a comparação paritária. As fichas foram criadas em formato de planilha eletrônica, em *software Excel* e o modelo encontra-se no apêndice E.

As fichas foram enviadas para treze avaliadores, dos quais onze responderam, dentre eles, um professor, dois alunos de mestrado, dois alunos de doutorado, quatro alunos de graduação e dois engenheiros civis. Ressalta-se que todos possuem conhecimento a respeito

de sistemas de gerência de pavimentos, tendo desenvolvidos pesquisas ou minimamente cursado disciplinas a respeito da temática.

A partir dos dados das comparações paritárias e com referência nos trabalhos de Li *et al.* (2018) e Briozo e Musetti (2015), foram calculados os vetores das prioridades relativas, ou seja, os vetores que indicam a importância dos critérios e grupos de critérios em um mesmo nível hierárquico. Esses vetores foram calculados para cada uma das avaliações realizadas, e para isso também foi utilizada uma planilha eletrônica desenvolvida em ambiente *Excel*.

Por fim, foram calculados os pesos globais dos critérios. Em problemas com mais de três níveis hierárquicos é necessário que os pesos dos critérios de um nível sejam combinados com os pesos dos critérios ou grupos de critérios de um nível acima. Por exemplo: suponha que um determinado grupo de critérios do segundo nível da hierarquia seja composto por dois critérios, A e B, presentes no terceiro nível. É necessário definir o peso desses dois critérios em relação ao grupo de critérios a que eles fazem parte e isso é feito a partir da combinação dos valores, como na equação (7), apresentada no capítulo anterior. A esses pesos dá-se o nome de pesos ou prioridades globais.

3.6.3 Definição da lista de prioridades

Nessa etapa foram definidas as prioridades globais do problema, ou seja, a lista final de vias pavimentadas, prioritárias a receber as atividades de manutenção e reabilitação. Essa lista é obtida a partir da combinação do peso global dos critérios com as avaliações de campo para cada uma das vias, segundo a equação (7). As prioridades globais foram calculadas a partir das onze avaliações realizadas. Considerou-se como classificação final a média dos resultados individuais obtidos, assim como fizeram Briozo e Musetti (2015) em seu estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo serão apresentados os resultados obtidos no estudo. Optou-se por apresentá-los em duas etapas. A primeira refere-se à apresentação dos resultados provenientes do levantamento de dados, a segunda, dos resultados obtidos a partir da aplicação do método AHP.

4.1 AVALIAÇÕES DE CAMPO

Aqui serão feitas algumas considerações a respeito dos resultados provenientes das coletas de dados e avaliações realizadas nas seções estudadas. Ressalta-se que, como descrito no capítulo anterior, a seção 8 foi separada em faixas de tráfego, portanto, em algumas tabelas será apresentada como seção 8A (faixa direita) e seção 8B (faixa esquerda). O motivo para essa consideração será entendido com a discussão dos resultados.

4.1.1 Volume de Tráfego

Na tabela 7 é possível observar o volume da hora de pico, em Unidades de Carros de Passeio por hora (UCP/h), assim como as porcentagens de cada tipo de veículo para as seções avaliadas.

Tabela 7 – Volume da hora de pico (VHP)

Trecho	VHP	Automóveis	Motocicletas	Ônibus	Caminhões
1	1.023	78,5%	19,5%	2,2%	1,8%
2	1.023	78,5%	19,5%	2,2%	1,8%
3	1.864	84,5%	14,1%	1,2%	0,2%
4	161	73,8%	19,8%	2,3%	4,1%
5	403	84,4%	13,6%	0,7%	1,2%
6	998	77,5%	21,9%	0,4%	0,2%
7	608	84,9%	14,0%	0,5%	0,6%
8A	1.394	82,8%	12,3%	3,7%	1,2%
8B	1.564	60,6%	38,5%	0,3%	0,6%
9	615	77,4%	17,5%	5,2%	0,0%
10	1.247	74,4%	25,0%	0,0%	0,6%

Fonte: Autoria própria

Percebe-se na tabela que as seções 1 e 2 apresentam os mesmos resultados. Isso se dá devido às seções estarem na mesma via, próximas uma da outra, de modo que se considerou

um único posto de contagem para as duas. Também, é possível observar que a grande maioria dos veículos na amostra é de automóveis e motocicletas. Ônibus e caminhões representam uma pequena porcentagem do total.

O maior VHP foi identificado na seção 8 (considerando a faixa A e B), seguido pela seção 3. Esse cenário é justificável, pois a seção 8 se localiza na principal via de ligação de importantes bairros da zona sul de João Pessoa, como Mangabeira (bairro mais populoso da cidade) e Valentina de Figueiredo, à UFPB e ao centro da cidade. Já a seção 3 está localizada em uma via paralela à rodovia federal BR230, que serve de acesso à mesma, assim como a um dos maiores centros universitários da cidade.

Na tabela 8 é possível observar os resultados do volume de tráfego, em veículos por hora (Veic/h), para cada tipo de veículo.

Tabela 8 – volume de tráfego por tipo de veículos.

Seção	Automóveis	Motocicletas	Ônibus	Caminhões
1	875	199	23	18
2	875	199	23	18
3	1.711	285	24	5
4	127	34	4	7
5	340	55	3	5
6	900	254	5	2
7	563	93	3	4
8A	1.193	177	53	18
8B	1.260	800	7	13
9	509	115	34	0
10	1.106	371	0	9

Fonte: Autoria própria

Identifica-se que a faixa A da seção 8 apresenta o maior volume de ônibus e esse volume é cerca de oito vezes maior que o volume de ônibus da faixa B da mesma seção. Isso resultará em perceptíveis diferenças na condição do pavimento, como será discutido posteriormente. Já em relação aos caminhões, as seções 8, 1, 2 apresentam os maiores volumes. Considerando-se o tráfego de veículos pesados como sendo a soma do volume de ônibus com o volume de caminhões, o maior valor é identificado na faixa A da seção 8.

4.1.2 Classificação Funcional das Vias

A classificação funcional atribuída às vias pode ser observada na tabela 9, onde percebe-se que oito trechos foram classificados como via coletora e dois trechos como via arterial.

Tabela 9 – Classificação funcional das vias

Seção	Via	Classificação funcional
1	Rua José Fírmينو Ferreira	Coletora
2	Rua José Fírmينو Ferreira	Coletora
3	Rua Estevão Gerson Carneiro da Cunha	Coletora
4	Rua Aderaldo Silveira	Coletora
5	Rua Luis Alves Conserva	Coletora
6	Rua Cap. Severino Cesarino da Nóbrega	Coletora
7	Av. Flamboyant	Coletora
8	Rua emp. João Rodrigues Alves	Arterial
9	Rua Tab. Stanislau Eloy	Arterial
10	Rua Des. Aurélio M. de Albuquerque	Coletora

Fonte: Autoria própria

4.1.3 Condição do Pavimento

Na tabela 10 são apresentados os valores do índice de condição dos pavimentos (PCI), calculados a partir dos defeitos observados nas seções avaliadas.

Tabela 10 – Índice de condição dos pavimentos (PCI)

Seção	PCI	Classificação
1	84	Satisfatório
2	88	Bom
3	9	Arruinado
4	92	Bom
5	87	Bom
6	76	Satisfatório
7	59	Ruim
8A	22	Muito ruim
8B	70	Regular
9	55	Ruim
10	97	Bom

Fonte: Autoria própria

Observa-se por esse método que o pior resultado foi obtido para a seção 3, cujo pavimento foi classificado como arruinado. A Maioria das seções foram classificadas como

boas ou satisfatórias, sendo o melhor resultado apresentado pela seção 10. Isso se justifica no fato desse trecho ter sido recentemente recapeado.

Pede-se atenção novamente para a seção 8. Enquanto a seção 8B (faixa esquerda) foi classificada como regular, a seção 8A (faixa direita) teve classificação muito ruim. Isso se deve ao elevado tráfego de ônibus pela faixa da direita, como já discutido na seção anterior. Um fato importante é que esse trecho é muito propício a congestionamentos, o que agrava ainda mais a deterioração do pavimento, devido às frenagens constantes dos ônibus. Na figura 11 é possível observar parte dessa seção.

Figura 11 – Seção de pavimento da amostra



Fonte: Autoria própria

Já na tabela 11 são apresentados os resultados obtidos a partir do processo de avaliação subjetiva.

Tabela 11 – Resultados da avaliação subjetiva

Trecho	Avaliadores					Média (VSA)	Desvpad	CV	Classificação
	1	2	3	4	5				
1	4,5	4,5	4,5	4,0	4,0	4,3	0,27	6,4%	Ótimo
2	4,5	4,7	4,8	4,0	4,2	4,4	0,34	7,6%	Ótimo
3	2,5	2,5	2,5	3,0	2,0	2,5	0,35	14,1%	Regular
4	4,3	4,5	5,0	4,0	4,6	4,5	0,37	8,3%	Ótimo
5	4,2	3,5	4,1	3,8	4,1	3,9	0,29	7,3%	Bom
6	4,0	3,5	3,6	3,6	3,2	3,6	0,29	8,0%	Bom
7	3,8	4,0	4,0	3,8	2,7	3,7	0,55	14,9%	Bom
8A	3,0	2,5	2,9	2,5	2,2	2,6	0,33	12,5%	Regular
8B	4,5	4,5	3,8	3,8	4,2	4,2	0,35	8,4%	Ótimo
9	3,0	3,7	3,5	3,8	3,6	3,5	0,31	8,8%	Bom
10	4,8	4,5	4,3	4,0	4,8	4,5	0,34	7,6%	Ótimo

Fonte: Autoria própria

Verifica-se na tabela que o maior coeficiente de variação obtido foi de 14,9% para o trecho 7 e o menor de 6,4% para o trecho 1. Correa (2003) descreve que um coeficiente de variação inferior a 15% indica uma baixa dispersão dos dados. A autora ainda indica os seguintes intervalos: $15\% < CV < 30\%$ indica uma média dispersão; e $CV \geq 30\%$ indica uma alta dispersão. Portanto, as notas atribuídas pelos avaliadores apresentam uma homogeneidade adequada, já que para todos os trechos $CV < 15\%$.

Ainda observa-se que a partir do VSA a maioria das seções recebeu classificação ótima e boa e, nenhuma foi classificada como ruim ou péssima. Se compararmos a classificação obtida pelo VSA com a obtida a partir da avaliação objetiva (tabela 10), percebemos que as maiores discrepâncias são referentes às seções 3 e 8A, classificadas pelo PCI como arruinada e muito ruim, respectivamente. Essa diferença nas classificações é justificada pelo método de avaliação. Como já dito, o PCI é definido a partir de uma metodologia objetiva de coleta de defeitos, já o VSA é uma medida subjetiva determinada a partir da opinião de avaliadores sobre a condição geral da superfície de rolamento.

4.1.4 Condição da Drenagem

Por último, serão discutidos os resultados referentes à condição da drenagem superficial nas seções. Na tabela 12 são apresentadas as notas atribuídas pelos avaliadores para os elementos superficiais de drenagem. De antemão, destaca-se que não foram encontradas bocas de lobo em nenhum dos trechos avaliados, portanto, a avaliação da drenagem se resumiu a avaliação das sarjetas.

Tabela 12 – Resultados da avaliação da drenagem

Trecho	Avaliadores					Nota Média	Desvpad	CV	Classificação
	1	2	3	4	5				
1	1,3	1,8	1,5	1,5	1,4	1,5	0,19	12,9%	Ruim
2	1,0	0,9	0,7	0,7	1,0	0,9	0,16	18,5%	Muito Ruim
3	1,5	1,4	1,8	1,9	1,7	1,7	0,19	11,6%	Ruim
4	1,5	1,7	2,3	1,4	2,0	1,8	0,35	19,6%	Ruim
5	1,3	1,4	1,9	1,6	1,7	1,6	0,24	15,6%	Ruim
6	2,1	1,7	2,4	2,5	1,8	2,1	0,34	16,4%	Regular
7	1,9	1,7	2,0	1,9	1,8	1,8	0,12	6,5%	Ruim
8A	0,9	0,6	0,8	0,6	0,8	0,7	0,10	14,4%	Muito Ruim
8B	0,9	0,6	0,8	0,6	0,8	0,7	0,10	14,4%	Muito Ruim
9	2,1	1,7	2,3	2,4	1,6	2,0	0,34	16,8%	Regular
10	1,5	1,7	1,4	1,0	1,9	1,5	0,34	22,8%	Ruim

Fonte: Autoria própria

Observa-se que na avaliação da drenagem a maioria das seções apresentou um coeficiente de variação superior a 15%, sendo o maior referente à seção 10, onde o valor foi de 22,8%. Segundo os intervalos propostos por Correa (2003), isso indica uma média dispersão entre as notas atribuídas aos elementos. A maior divergência nas notas atribuídas pode ser justificada na falta de padrão das sarjetas, gerando dúvidas aos avaliadores no momento da avaliação.

Segundo a classificação apresentada na tabela 12 a maioria das seções teve sua drenagem considerada ruim ou muito ruim. De fato, ao caminhar pelos trechos é perceptível o péssimo estado de conservação das sarjetas. Na figura 12 é possível observar fotos das sarjetas de algumas das seções avaliadas.

Figura 12 – Sarjetas avaliadas



Fonte: Autoria própria

Na figura são apresentados exemplos do cenário encontrado em quatro das seções avaliadas, porém, a condição das sarjetas nas demais seções não estava muito distante do exposto. Foram observadas sarjetas bastante obstruídas, com acúmulo de água, areia e mato. Além disso, dentre outros problemas, foi observada uma constante mudança de seção transversal, devido a rebaixamento de calçadas e resquícios de recapeamento dos pavimentos.

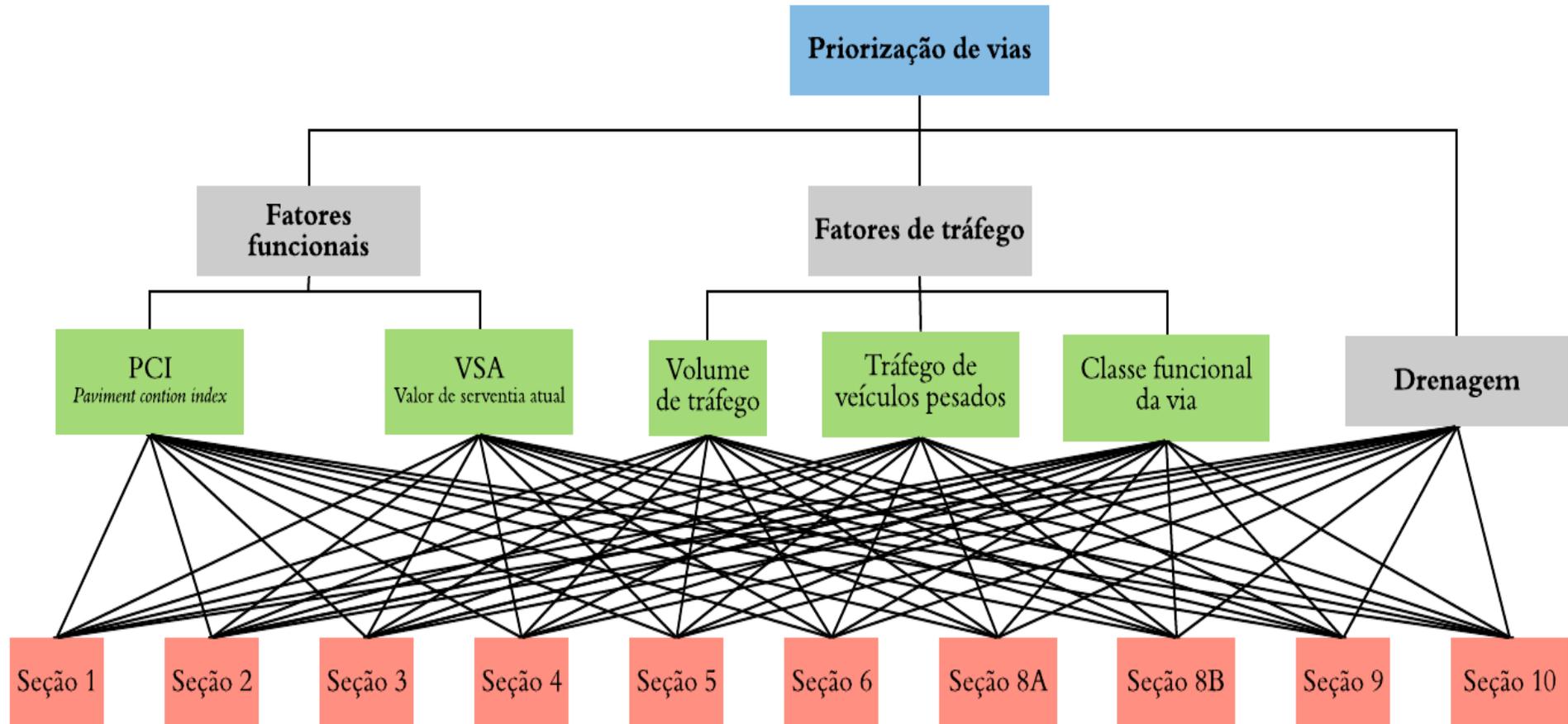
4.2 PRIORIZAÇÃO DAS SEÇÕES

No item anterior as seções foram caracterizadas a partir dos dados obtidos em campo. Nesse item serão discutidos os resultados da aplicação do método AHP para a priorização dessas seções às atividades de manutenção e reabilitação de pavimentos.

4.2.1 Estrutura Hierárquica

A estrutura hierárquica definida para o problema pode ser observada na figura 13.

Figura 13 – Estrutura hierárquica do problema



Fonte: Autoria própria

Observa-se que a estrutura possui quatro níveis hierárquicos: no primeiro é definido o objetivo da análise, no caso, a priorização de vias às atividades de manutenção e reabilitação; no segundo, são apresentados os grupos de critérios. Para esse problema os critérios selecionados foram separados em três grupos: fatores funcionais, fatores de tráfego e microdrenagem; no terceiro nível são apresentados os critérios; e no quarto as alternativas de priorização.

Chama-se atenção para o critério drenagem. Esse critério foi considerado no segundo nível, pois sua importância foi considerada equivalente à de um grupo de critérios, apesar dele não apresentar subdivisões, como no caso dos dois outros grupos. Assim, a drenagem se liga diretamente às alternativas.

4.2.2 Pesos dos Critérios

Na tabela 13 são apresentados os pesos ou as prioridades relativas dos grupos de critérios, calculados a partir das comparações paritárias realizadas por cada um dos onze avaliadores. O cálculo desses pesos se deu como já descrito no item 2.3.4, segundo os seguintes passos: 1) normaliza-se a matriz de comparações, dividindo os elementos de cada coluna pela soma dos valores dessa mesma coluna; 2) extrai-se a média dos valores de cada linha da matriz de comparações normalizada. O vetor resultante desse processo é o vetor de prioridades.

Tomando-se como exemplo o resultado obtidos pelos julgamentos do avaliador 1, tem-se o cálculo exemplificado na seguinte sequência:

- 1) Obtêm-se a matriz de comparações paritárias a partir do julgamento do avaliador:

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{ccc}
 FF & FT & DR \\
 FF & \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \\
 FT & \begin{bmatrix} 2 & 1 & 2 \end{bmatrix} \\
 DR & \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \\
 \Sigma & 4 & 2 & 4
 \end{array}
 \end{array}$$

- 2) Normaliza-se a matriz dividindo-se cada elemento da coluna por sua respectiva soma. Assim, obtêm-se a matriz de comparações normalizada:

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{ccc}
 FF & FT & DR \\
 FF & \begin{bmatrix} 0,25 & 0,25 & 0,25 \end{bmatrix} \\
 FT & \begin{bmatrix} 0,50 & 0,50 & 0,50 \end{bmatrix} \\
 DR & \begin{bmatrix} 0,25 & 0,25 & 0,25 \end{bmatrix}
 \end{array}
 \end{array}$$

Sendo:

FF: Fatores funcionais;

FT: Fatores de tráfego; e

DR: Drenagem

3) Por fim, calcula-se a média aritmética das linhas da matriz, sendo os valores obtidos os elementos do vetor de prioridades relativas. Para o exemplo: $w = (0,25, 0,50, 0,25)^T$.

Além das prioridades relativas, na tabela 13 é possível observar as inconsistências das avaliações, os coeficientes de variação e os pesos médios.

Tabela 13 – Prioridades relativas dos grupos de critérios

Avaliador	Fatores Funcionais	Fatores de tráfego	Microdrenagem	Inconsistência
1	0,250	0,500	0,250	0,00
2	0,406	0,369	0,224	0,01
3	0,200	0,200	0,600	0,00
4	0,429	0,143	0,429	0,00
5	0,444	0,444	0,111	0,00
6	0,589	0,252	0,159	0,06
7	0,164	0,539	0,297	0,01
8	0,286	0,143	0,571	0,00
9	0,608	0,272	0,120	0,09
10	0,600	0,200	0,200	0,00
11	0,106	0,633	0,260	0,05
Média	0,371	0,336	0,293	0,02
Desvpad	0,182	0,171	0,170	–
CV	49,0%	50,9%	57,9%	–

Fonte: Autoria própria

De acordo com os resultados apresentados houve uma grande dispersão nas avaliações, de modo que o menor coeficiente de variação foi para o grupo de critérios “fatores funcionais” que apresentou um CV de 49%. Isso pode ser justificado no fato dos avaliadores terem níveis diferentes de experiência, o que resulta em diferentes percepções da importância de um grupo de critério em relação ao outro.

Observa-se que os valores médios ficaram bem próximos, sendo os fatores funcionais considerados os mais importantes, seguidos por fatores de tráfego e por último a drenagem. Em uma análise geral, percebe-se que a maioria dos avaliadores considerou os fatores funcionais como o grupo de critérios mais importantes e a drenagem como menos importante. Também se percebe que todas as avaliações tiveram inconsistência inferior a 0,01. Isso foi possível devido ao modelo de ficha de avaliação desenvolvido, que permitiu que os próprios avaliadores verificassem a consistência de suas avaliações e as revissem, caso necessário.

Agora, na tabela 14 são apresentadas as prioridades relativas dos critérios pertencentes ao grupo “Fatores funcionais”, calculadas de maneira análoga às prioridades relativas dos grupos de critérios e das demais prioridades relativas que serão apresentadas.

Tabela 14 – Prioridades relativas dos critérios do grupo "fatores funcionais"

Avaliador	PCI	VSA
1	0,667	0,333
2	0,800	0,200
3	0,500	0,500
4	0,500	0,500
5	0,857	0,143
6	0,667	0,333
7	0,667	0,333
8	0,750	0,250
9	0,833	0,167
10	0,875	0,125
11	0,833	0,167
Média	0,723	0,277
Desvpad	0,135	0,135
CV	19%	49%

Fonte: Autoria própria

No caso dos critérios do grupo “fatores funcionais” a dispersão dos pesos foi menor, especialmente para o critério PCI, que apresentou um CV de 19%. A partir da tabela é possível concluir que os avaliadores consideram o PCI como mais relevante que o VSA. Isso indica uma maior confiança por parte dos avaliadores em parâmetros objetivos de avaliação funcional, quando comparados a parâmetros subjetivos.

Ainda é perceptível que a tabela 14 não apresenta uma coluna de inconsistência das avaliações. Isso se deve ao fato desse grupo ser composto por apenas dois critérios e uma matriz de comparação composta por dois elementos será sempre consistente. Isso pode ser provado de maneira simples: considerando-se dois elementos, A e B e supondo-se que A seja duas vezes mais importante que B , ou seja, $A = 2B$, obrigatoriamente $B = 1/2A$. Baseando-se na equação 3 apresentada no item 2.3.4, isso de fato acontece em matrizes de comparações paritária de ordem dois, garantindo a consistência da avaliação.

Já na tabela 15 é possível observar as prioridades relativas dos critérios do grupo “fatores de tráfego”.

Tabela 15 – Prioridades relativas dos critérios do grupo "fatores de tráfego"

Avaliador	Volume de tráfego (VHP)	Classe funcional da via	Tráfego de veic. Pesados	Inconsistência
1	0,250	0,500	0,250	0,00
2	0,334	0,098	0,568	0,03
3	0,387	0,170	0,443	0,02
4	0,405	0,480	0,115	0,03
5	0,466	0,101	0,433	0,01
6	0,633	0,106	0,260	0,05
7	0,193	0,083	0,724	0,10
8	0,158	0,082	0,761	0,00
9	0,200	0,200	0,600	0,00
10	0,487	0,078	0,435	0,01
11	0,283	0,074	0,643	0,08
Média	0,345	0,179	0,476	0,03
Desvpad	0,147	0,159	0,207	–
CV	43%	89%	43%	–

Fonte: Autoria própria

Para os critérios do grupo “fatores de tráfego” observou-se uma alta dispersão das notas, especialmente para o critério classe funcional da via, que teve um CV de 89%. Essa heterogeneidade resulta das diferentes percepções, por parte dos avaliadores, quanto à importância relativa desses critérios. Segundo os dados da tabela 15, o critério mais importante desse grupo é, em média, o tráfego de veículos pesados, seguido pelo volume de tráfego e por último, a classe funcional da via.

Nesse ponto, chama-se atenção para o critério classe funcional da via. Trata-se de um critério qualitativo, através do qual, nesse trabalho, as vias foram classificadas em arterial e coletora, não existindo na amostra vias locais. De antemão, em termos de hierarquia viária, sabe-se que uma via arterial tem prioridade sobre uma coletora que tem prioridade sobre um local, porém, não se sabe o quanto vale essas prioridades. Nesse sentido, foram realizadas comparações paritárias para identificar os pesos relativos a essas diferentes classificações funcionais, obtendo-se assim valores para um critério qualitativo. Os resultados podem ser observados na tabela 16.

Tabela 16 – Prioridades relativas dos elementos do critério classe funcional

Avaliador	Via arterial	Via coletora	Via local	Inconsistência
1	0,568	0,334	0,098	0,03
2	0,702	0,227	0,072	0,08
3	0,608	0,272	0,120	0,09
4	0,723	0,174	0,103	0,04
5	0,724	0,193	0,083	0,10
6	0,648	0,230	0,122	0,00
7	0,633	0,260	0,106	0,05
8	0,571	0,286	0,143	0,00
9	0,738	0,168	0,094	0,02
10	0,778	0,111	0,111	0,00
11	0,724	0,193	0,083	0,00
Média	0,674	0,223	0,103	0,04
Desvpad	0,072	0,063	0,020	–
CV	11%	28%	20%	–

Fonte: Autoria própria

Na tabela 16 é possível identificar uma maior proximidade entre os pesos relativos dos elementos pertencentes ao critério classe funcional, sendo o menor CV obtido de 11%, referente à classe “via arterial” e o maior de 28% para a classe “via coletora”. Essa menor dispersão dos dados, quando comparado às outras prioridades já apresentadas, que tiveram CV chegando a até 89%, pode ser justificada no fato de haver uma referência para a comparação paritária entre as diferentes classes funcionais. Como já dito, é consenso que uma via arterial tem prioridade sobre uma via coletora que tem prioridade sobre uma local, restando aos avaliadores apenas atribuir o quão prioritária é cada uma das classes.

Definidos todos os pesos relativos, pôde-se determinar os pesos globais dos critérios, a partir da combinação dos vetores de prioridades dos critérios com os vetores de prioridades dos grupos de critérios. Os pesos globais são os valores que de fato definirão a lista de prioridades quando combinados com as avaliações dos critérios nas seções. Na tabela 17 são apresentados os resultados, obtidos a partir da combinação dos pesos relativos dos grupos de critérios com os pesos relativos de cada um dos critérios.

Tabela 17 – Pesos globais dos critérios

Critério/ Avaliador	PCI	VSA	VHP	Classe funcional	Tráfego de veic. Pesados	Drenagem
1	0,17	0,08	0,13	0,25	0,13	0,25
2	0,33	0,08	0,12	0,04	0,21	0,22
3	0,10	0,10	0,08	0,03	0,09	0,60
4	0,21	0,21	0,06	0,07	0,02	0,43
5	0,38	0,06	0,21	0,04	0,19	0,11
6	0,39	0,20	0,16	0,03	0,07	0,16
7	0,11	0,05	0,10	0,04	0,39	0,30
8	0,21	0,07	0,02	0,01	0,11	0,57
9	0,51	0,10	0,05	0,05	0,16	0,12
10	0,53	0,08	0,10	0,02	0,09	0,20
11	0,09	0,02	0,18	0,05	0,41	0,26
Média	0,27	0,10	0,11	0,06	0,17	0,29

Fonte: Autoria própria

Os valores apresentados na tabela 17 indicam a importância global dos critérios no processo de priorização, segundo a análise realizada a partir das comparações paritárias dos onze avaliadores. Percebe-se através dos resultados que, de maneira geral, a drenagem e o PCI foram definidos como os critérios mais relevantes para a priorização das alternativas. Uma possível justificativa para isso é que, como dito anteriormente, a drenagem foi considerada um grupo de critérios, de modo que seu peso inicial não foi subdividido, resultando em pesos maiores. Já o PCI é um parâmetro bastante consolidado como indicador do estado de conservação dos pavimentos, o que pode refletir na opinião dos avaliadores e conseqüentemente nos pesos globais.

Esses pesos globais serão combinados com os parâmetros calculados a partir dos dados obtidos em campo para as seções, de modo a se obter a lista final de prioridades. Como já discutido, para isso, utiliza-se a equação (7):

$$W_i = \sum_{j=1}^n x'_{ij} w_j, i = 1, 2, \dots, m$$

Em que:

W_i : peso global da alternativa i ;

w_j : peso do critério j no vetor de prioridades; e

x'_{ij} : valor (avaliação) normalizado do critério j atribuído à alternativa i .

Sendo a normalização dos valores realizada segundo a equação (8), como segue:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_j^n x_{ij}}$$

Em que:

x_{ij} : valor (avaliação) do critério j atribuído à alternativa i , na escala original.

Na equação, x'_{ij} apresentará um valor no intervalo: $0 \leq x'_{ij} \leq 1$ e pode ser interpretado como sendo um percentual do total $\sum_j^n x_{ij}$.

4.2.3 Lista de Prioridades

Na tabela 18 encontram-se os pesos finais atribuídos às seções alternativas. São apresentados os valores individuais provenientes de cada uma das onze avaliações e as médias aritméticas dos valores. Esses pesos foram calculados a partir da combinação dos pesos globais dos critérios, apresentados na tabela 19, com as avaliações de campo das seções, ou seja, referem-se à combinação da importância de cada critério à sua medida real na seção avaliada. Os valores médios foram definidos como os parâmetros de referência na definição da lista final de prioridades, assim como considerado por Briozo e Musetti (2015) em seu estudo.

Tabela 18 – Pesos finais atribuídos às seções alternativas

Seção/ Avaliador	1	2	3	4	5	6	7	8A	8B	9	10
1	0,083	0,096	0,149	0,055	0,060	0,063	0,063	0,158	0,115	0,088	0,069
2	0,083	0,095	0,203	0,046	0,050	0,054	0,055	0,176	0,099	0,081	0,059
3	0,082	0,116	0,121	0,057	0,065	0,059	0,062	0,163	0,132	0,071	0,072
4	0,071	0,095	0,160	0,056	0,065	0,063	0,066	0,157	0,120	0,078	0,068
5	0,080	0,086	0,228	0,039	0,045	0,057	0,055	0,173	0,095	0,082	0,060
6	0,071	0,079	0,232	0,046	0,054	0,064	0,064	0,157	0,094	0,075	0,064
7	0,103	0,120	0,134	0,046	0,050	0,049	0,049	0,193	0,108	0,090	0,059
8	0,079	0,111	0,152	0,056	0,063	0,054	0,060	0,168	0,121	0,070	0,065
9	0,071	0,077	0,256	0,044	0,048	0,052	0,057	0,176	0,085	0,085	0,050
10	0,067	0,077	0,263	0,045	0,050	0,055	0,059	0,167	0,089	0,073	0,055
11	0,105	0,120	0,132	0,042	0,046	0,050	0,046	0,195	0,112	0,092	0,061
Média	0,081	0,097	0,184	0,048	0,054	0,056	0,058	0,171	0,106	0,081	0,062

Fonte: Autoria própria

Observa-se na tabela 18 que em termos de valores médios algumas seções tiveram pesos bem próximos, como por exemplo, as seções 5, 6 e 7. Percebe-se, ainda, que as duas seções que apresentaram maiores pesos foram a 3 e 8A e seus valores foram

consideravelmente maiores que os valores apresentados para as demais seções. Na tabela 19 é possível visualizar a classificação definida pelos pesos finais das alternativas.

Tabela 19 – Classificação final das seções

Seção	Peso final	Classificação
3	0,184	1.^a
8A	0,171	2.^a
8B	0,106	3.^a
2	0,097	4.^a
1	0,081	5.^a
9	0,081	6.^a
10	0,062	7.^a
7	0,058	8.^a
6	0,056	9.^a
5	0,054	10.^a
4	0,048	11.^a

Fonte: Autoria própria

De acordo com a tabela 19, as seções 3, 8A e 8B são, respectivamente, as três prioritárias para receberem as atividades de manutenção e reabilitação segundo os critérios estabelecidos. Para o caso desse trabalho é simples perceber os motivos para tal resultado. Como exposto na tabela 17 o peso final do critério PCI foi o segundo maior, atrás apenas da drenagem, com isso, seções com as piores avaliações nesse critério têm considerável prioridade. Isso é justamente o que acontece com as seções 3 e 8A, cujos valores de PCI são respectivamente 9 (arruinado) e 22 (muito ruim), como exposto na tabela 10. Já em relação à seção 8B, nota-se que essa apresentou algumas avaliações (classe funcional, drenagem, VHP) relativamente superiores às avaliações das outras seções, o que, devido ao modo de agregação dos critérios e alternativas, resultou no seu terceiro lugar na lista de prioridades.

Um fato interessante é que para o caso das seções avaliadas, a drenagem foi pouco relevante na definição das prioridades, apesar de ser o critério com maior peso final. Isso se deve à proximidade entre as notas atribuídas à qualidade da drenagem nas seções. Caso houvesse alguma seção com nota muito superior às demais, provavelmente ela seria uma das mais prioritárias.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento desse trabalho ficou clara a complexidade envolvida na gestão da infraestrutura urbana. São diversos os fatores intervenientes que precisam ser considerados nos programas de gerência da rede, de modo que os gestores precisam estar devidamente preparados e ter o suporte necessário para entender e gerir a infraestrutura como um sistema, que é composto por diversos outros sistemas interdependentes.

No caso específico da infraestrutura viária, os sistemas de gerência de pavimentos mostraram-se ferramentas de grande importância para a garantia da qualidade dos pavimentos, de modo que as atividades de manutenção e reabilitação das estruturas possam ser racionalmente definidas, com todo um respaldo técnico e econômico. Para isso, é importante que o SGP agrupe pessoas qualificadas, dados e informações sobre a rede e métodos adequados de suporte à decisão.

Nesse sentido, esse trabalho teve o intuito de propor um processo de auxílio à tomada de decisão para a priorização de vias urbanas pavimentadas às atividades de manutenção e reabilitação, através da aplicação da análise multicritério. Considera-se que os objetivos inicialmente traçados foram alcançados, de modo que o método selecionado, o AHP, atendeu à demanda apresentada.

Aqui, pelo método AHP, foram considerados seis critérios agrupados em uma estrutura hierárquica, de modo que a estrutura proposta possa ser aplicada na seleção de quaisquer seções de pavimentos, podendo ser adaptada às necessidades definidas por problemas específicos. Portanto, a estrutura proposta pode ser modificada. Uma primeira sugestão para trabalhos futuros é a definição de prioridades a partir da inserção de mais critérios (como critérios econômicos) na hierarquia apresentada, ou mesmo uma reestruturação hierárquica.

Outro ponto crucial refere-se à definição dos pesos dos critérios. Percebeu-se que é interessante que os avaliadores tenham opiniões tão homogêneas quanto possível, o que é possível acontecer a partir escolha de especialistas com um mesmo nível de experiência para a avaliação dos critérios. Isso garante que a definição de prioridades terá maior consistência e representatividade. Nesse trabalho os avaliadores têm níveis diferentes de experiência e, como consequência, os pesos relativos definidos por eles apresentaram diferenças consideráveis. É importante ressaltar que isso não invalida os resultados obtidos, tendo em vista que a ideia do método AHP é representar as percepções, julgamentos e memórias dos avaliadores quanto à importância dos critérios selecionados.

Além disso, a definição de prioridades está diretamente ligada aos dados e informações referentes às seções estudadas. É muito importante se dispor de um banco de dados confiável para que o resultado final seja fidedigno, já que a classificação final é obtida a partir da combinação dos pesos dos critérios com as avaliações das seções a serem priorizadas. Nesse estudo o parâmetro cuja influência foi mais perceptível foi o PCI, já que as duas seções classificadas como prioritárias apresentaram um valor bem menor que as demais. Isso aliado ao peso atribuído a esse critério foi preponderante na definição das prioridades. Já a drenagem, critério que apresentou maior peso final, foi pouco influente na classificação final das seções. Isso é resultado da proximidade das notas atribuídas às sarjetas que, em geral, estavam em péssimo estado de conservação.

Por fim, seguem algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Utilizar outros métodos de análise multicritério, como o MACBETH, e comparar os resultados obtidos com os resultados obtidos através do AHP;
- Aplicar o processo aqui proposto em seções de vias que apresentem um elevado nível de deterioração. Essa aplicação torna mais difícil a identificação direta da influência dos critérios na classificação final das prioridades, porém, existem métodos, como a análise de sensibilidade, que permitem identificar essa influência com mais facilidade;
- Definir uma lista de prioridades a partir da opinião de gestores da infraestrutura viária das cidades brasileiras, de modo a identificar a opinião deles quanto à importância relativa dos critérios;
- Utilizar análise multicritério para a definição de um índice de priorização de pavimentos. Para isso é interessante que as comparações par a par sejam realizadas por especialistas com alto nível de experiência na gestão de pavimentos e que sejam realizadas etapas de validação do índice.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABU-SAMRA, S.; F. ASCE, T. Z.; TABRA, W.; Pavement condition rating using multiattribute utility theory. **Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements**, v. 143 n. 3, p. 1 – 15. 2017.
- ALBUQUERQUE, T. P. e. **Índice de condição baseado em defeitos superficiais para gerência de pavimentos urbanos**. 2017. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB. 140p.
- ALBUQUERQUE, T. P. e, OLIVEIRA, L. Q. L.; MEDEIROS, R. de S.; MORAIS, L. M. B. de; OLIVEIRA, L. M. de; MELO, R. A de. Análise comparativa de índices para avaliação da condição de pavimento urbanos. **Anais do XXXI Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino e Pesquisa em Transporte**. Recife, PE. p. 1176 – 1187. 2017.
- ALMASSY, K; PUSZTAI, G; GÁSPÁR, L; LÓGÓ, J. Optimization methods of pavement management system of Budapest. **Journal of Civil Engineering and Management**. n. 25, p. 798-804. 2019.
- ALMEIDA, A. T. **Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério**. São Paulo: Atlas. 2013.
- ALMEIDA, R. V. O. **Concepção de modelos de avaliação de condições de rolamento e indicação de priorização de vias como etapas de um sistema de gerência de vias não pavimentadas**. 2006. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE. 195p.
- ALVES, William P. **Banco de dados**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.
- ASTM - **Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys**. D6433 – 18. American Society for Testing and Materials. 2019.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G. da; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABEDA. 2008. 504p.
- BERTEI, R. M.; PANDOLFO, A.; BARBACOVİ, N. E.; MORO, L. D.; GOMES, A. P.; MORO, P. D.; BERTICELLI, R.; TAGLIARI, L. D.; PANDOLFO, L. M. Desenvolvimento de um Sistema de Informação para o Gerenciamento de Redes de Infraestrutura Urbana.

Revista de Administração IMED - RAIMED, Passo Fundo - RS, v. 4, n. 3, p. 300-313, set/dez, 2014.

BERTOLLO, S. A. M. **Considerações sobre a gerência de pavimentos urbanos em nível de rede**. 1997. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 211p.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). **Manual brasileiro de sinalização de trânsito, volume V – Sinalização semafórica**. Brasília, 2014. 308p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Diretoria executiva. Instituto de pesquisas rodoviárias. **Manual de gerência de pavimentos**. Rio de Janeiro, 2011. 189p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Diretoria de planejamento e pesquisa. Instituto de pesquisas rodoviárias. **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro, 2006. 384p.

BRIOZO, R. A.; MUSETTI, M. A. Método multicritério de tomada a decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento – UPA 24h. **Revista Gestão & Produção**. São Carlos, SP, v. 22, n. 4, p. 805 – 819. 2015.

CAREY, W. N.; IRICK, P. E. The pavement Serviceability performance concept. **Highway Research Board**. n. 338, p. 40 – 58. 1960.

CHAMORRO, A.; TIGHE, S. L.; LI, N.; KAZMIEROWSKI, T. J. Validation and implementation of Ontario, Canada, network-level Distress guidelines and condition rating. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**. n. 2153. p. 49 – 57. 2010.

CHRISTMANN, S. S.; LIBRELOTTO, D. R. Levantamento e estudo da infraestrutura, mobiliário e mobilidade urbana de um quarteirão no bairro centro da cidade de Panambi – RS. **Revista Gestão e Desenvolvimento em Contexto - GEDECON**, Cruz Alta – RS, v. 2, n. 1, 122 – 142. 2014.

CORREA, S. M. B. B. **Probabilidade e estatística**. 2. ed. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual. 2003

_____ DNIT 005 - TRE. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos**. 2003.

_____ DNIT 006 - PRO. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos**. 2003.

_____ DNIT 008 - PRO. **Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis**. 2003.

_____ DNIT 009 - PRO. **Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos**. 2003a.

DOMITROVIC, J.; DRAGOVAN, H.; RUKAVINA, T.; DIMTER, S. Application of an artificial neural network in pavement management system. **Technical Gazette**, v. 25, n. 2, p. 466 – 473. 2018.

FERNANDES JR., J. L. ODA, S.; ZERBINI, L. F. **Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos**. Apostila. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 2001.

FERNANDES, F. M. L. da S. **Software de gerenciamento de pavimentos aplicado a vias urbanas de cidades de pequeno a médio porte**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. 106p.

FHWA. **Distress Identification Manual for the Long-term Pavement Performance Program**. 5. ed. McLean, VA. 2014.

FILIPPO, S.; RIBEIRO, P. C. M.; RIBEIRO, S. L. A fuzzy multi-criteria model Applied to the management of the environmental restoration of paved highways. **Transportation Research Part D**, v. 12, p. 423 – 436. 2007.

FREIRE, R. A. **Infraestrutura urbana**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A. 2017.

GODOI, W. C. Método de construção das matrizes de julgamentos paritários no AHP – método do julgamento holístico. **Revista Gestão Industrial**, v. 10, n. 3, p. 474 – 493. 2014.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. São Paulo: Editora Atlas S.A. 2014.

GOMES, L. F. A. **Teoria da decisão**. São Paulo: Cengage Learning. 2007.

GURJAR, J.; AGARWAL, P. K.; SHARMA, M. K. A framework for quantification of effect of drainage quality on structural and functional performance of pavement. **International Journal of Engineering Research**. v. 2, n. 3. p. 262 – 264. 2013.

HAAS, R. C. G.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI, J. P. **Modern pavement management**. Krieger Publishing Company. Malabar, Florida, 1994.

HAYKIN, Simon. **Redes Neurais: princípios e prática**. Tradução de Paulo Martins Engel. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

HOEL, L. A.; GARBER, N. J.; SADEK, A. W.; **Engenharia de infraestrutura de transportes: uma integração multimodal**. Tradução de All Tasks. 1. Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

IGNACIO, L. F. S.; PEREIRA, L. A.; PALMA, L. C. R.; FONTENELE, H. B. Análise da estabilidade de uma escala visual na avaliação de pavimentos. **Anais do 32º Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte**. Gramado, RS. p. 1164 – 1168. 2018.

KAHNEMAN, D. **Rápido e devagar: duas formas de pensar**. Tradução de Cássio de Arantes Leite. 1. ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2012.

KODURU, H. K.; XIAO, F.; AMIRKHANIAN, S. N.; JUANG, C. H. Using fuzzy logic and expert system approaches in evaluating flexible pavement Distress: case study. **Journal of Transportation Engineering**, v. 136, n. 2, p. 149 – 157. 2010.

LEE, J. S.; SUH, Y. C.; KWON, S. A.; KIM, G. Y.; LIM, K. S. Development of pavement condition index for Korean asphalt National highway and Decision criteria for resurfacing. **International Journal of Pavement Research and Technology**. v. 2, n. 3. p. 106 – 114. 2009.

LI, H.; NI, F.; DONG, Q.; ZHU. Application of analytic Hierarchy process in network level pavement maintenance Decision-making. **International Journal of Pavement Research and Technology**, v. 11, n. 4, p. 345 – 354. 2018.

LIMA, J. P. **Modelo de decisão para a priorização de vias candidatas às atividades de manutenção e reabilitação de pavimentos**. 2007. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, SP. São Carlos. 234p.

- LIMA, J. P.; RAMOS, R. A. R.; FERNANDES JR, J. L. F. Priorização de pavimentos com o uso da metodologia de análise multicritério e SIG. **ENGEVISTA**, v. 10, n. 2, p. 132 – 144. 2008.
- LOPES, S. B.; PFAFFENBICHLER, P.; EMBERGER, G. FERNANDES JR., J. L. Uso de modelagem dinâmica de sistemas conectada a um SIG para a gerência de pavimentos urbanos. **Revista Minerva**. v. 6, n. 2, p. 181-188. 2008.
- LUZ, L. C. da; TRICHÊS, G. Avaliação do desempenho do segmento monitorado de Itapoá. **Anais do XXX Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino e Pesquisa em Transporte**. Rio de Janeiro, RJ. 2016.
- MAHMOOD, M.; RAHMAN, M.; MATHAVAN, S. A fuzzy logic approach for pavement section classification. **International Journal of Pavement Research and Technology**, v. 6, n. 5, p. 620 – 626. 2013.
- MARCELINO, P.; ANTUNES, M. L.; FORTUNATO, E.; GOMES, M. C. Development of a multi criteria Decision analysis modelo for Pavement maintenance at the network level: application of the MACBETH approach. **Journal Frontiers in Built Environment**. n. 5. 2019.
- MARTINS, L. D. **Levantamento da utilização de sistemas de gerência de pavimentos no Brasil e estudo de caso**. 2015. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. 173p.
- MEDEIROS, R. S. **Uso de indicadores para avaliação do sistema viário urbano**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). 2019. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB. 88p.
- MEDEIROS, R. S.; ALBUQUERQUE, T. P.; MORAIS, L. M. B.; ARAÚJO e ARAÚJO, L. G. C. A.; MELO, R. A. Avaliação das condições de conservação de pavimentos, drenagem e calçadas em vias da cidade de João Pessoa. **Anais do 32º Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte**. Gramado, RS, p. 1297 – 1308. 2018.
- MENDONÇA, E. C. **Metodologia para avaliação de desempenho de sistemas de drenagem urbana**. 2009. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília. Brasília, DF. 193p.
- MIGLIACCIO, G. C.; BOGUS, S. S.; CORDOVA-ALVIDREZ, A. A. Tecnicas de mejora continua de la calidad de la recoleccion de datos em sistemas de gerencia de capital de infraestructura. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 140, 2014.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. 366 p.

MIKOLAJ, J.; REMEK, L. Road network management: repair action plans for self-governing regions. **Journal Procedia Engineering**. n. 153, p. 577-583. 2016.

MOAZAMI, D.; MUNIANDY, R. Fuzzy inference and multi-criteria decision making applications in pavement rehabilitation prioritization. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 4, n. 10, p. 4740 – 4748. 2010.

MOROVA, N; TERZI. S; GÖKOVA, S; KARASAHIN, M. Pavement management systems application with geographic information system method. **Journal of Nature and Applied Sciences**. n. 20, p. 103-110. 2016.

MOTA, I. P. D. H.; OLIVEIRA, F. H. L.; AGUIAR, M. F. P. Verificação multicritério das condições física para a segurança operacional aeroportuária. **Revista Transportes**, v. 24, n. 2, p. 21 – 28. 2016.

NETO, A. D. L. T.; SILVA, M. B. F.; SILVA, R. A. S.; ARAÚJO, V. B. O. A.; MELO, R. A. Avaliação das condições do pavimento em via urbana da cidade de João Pessoa/PB – Comparação entre índices. **Anais do 33º Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte**. Balneário Camboriú, SC. p. 1269 – 1280. 2019.

NIKOLIC, J. Biases in the decision-making process and possibilities of overcoming them. **Economic Horizons**, v. 20, n. 1, p. 43 – 57. 2018.

OLIVEIRA, G. **Desafios da infraestrutura no Brasil**. São Paulo: Trevisan Editora, 2018.

OLIVEIRA, J. J. **Experiência de implantação de sistema de gerência de pavimentos em cidade de médio porte – estudo de caso: Anápolis-GO**. 2013. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, SP. Universidade de São Paulo. São Carlos. 167p.

OLIVEIRA, T. D.; BENADUCE, G. M. C. Reflexões sobre a infraestrutura e a influência destas na qualidade de vida da população urbana de Tupanciretã/RS. **Anais do XV Seminário Institucional de Ensino Pesquisa e Extensão**, Cruz Alta – RS: UNICRUZ, 2011.

OSORIO, A.; CHAMORRO, A.; TIGHE, S.; VIDELA, C. Calibration and validation of a condition indicator for managing urban pavement networks. **Journal of the Transportation Research Board**. Washington, v. 2455, p. 28 – 36, 2014.

PÁEZ, A. M. E. **Índice de condição do pavimento (ICP) para aplicação em sistemas de gerência de pavimentos urbanos**. 2015. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 151p.

PENN, M. R.; PARKER, P. J. **Introdução à infraestrutura**: para engenharia civil e ambiental. Tradução de Bruno Barzellay Ferreira da Costa. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

PEREIRA, L. A.; OLIVEIRA, F. M.; SILVA JR, C. A. P.; FONTENELE, H. B. Utilização de escala visual para avaliação das vias urbanas. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 5, n. 4. p. 140 – 150. 2013.

SAATY, R. W. The Analytic Hierarchy Process – what it is and how it is used. **Mathematical modelling**, v. 9, n. 3-5, p. 161 – 176. 1987.

SAATY, T. L. How to make a decision: the Analytic Hierarchy Process. **INTERFACES**, v. 24, n. 6, p. 19 – 43. 1994.

SAATY, T. L. How to make a decision: the Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, p. 9 – 26. 1990.

SALVIATTO, V. H.; SILVA JR, C. A. P.; FONTENELLE, H. B. Avaliação da condição de pavimentos flexíveis urbanos baseada no conforto, defeito e volume de tráfego. **Anais do 33º Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte**. Balneário Camboriú, SC. p. 1377 – 1388. 2019.

SANTOS, L. F.; CRUZ, R. B. C. O uso do método AHP na tomada de decisão para seleção de sistemas de lajes de edifícios comerciais. **Revista Engenharia Estudo e Pesquisa**, v. 13, n. 1, p. 39 – 52. 2013.

SEQUINEL, L. F.; OLIVEIRA, A. D.; VOLCE, C. J.; FONTENELLE, H. B. Modelo de priorização para auxílio à tomada de decisão em gerência de pavimentos. **VIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**. Ponta Grossa, PR. 2018.

SHAH, Y. U.; JAIN, S. S.; PARIDA, M. Evaluation of prioritization methods for effective pavement maintenance of urban roads. **International Journal of Pavement Engineering**, v. 15, n. 3, p. 238 – 250. 2014.

SHAHIN, M. Y.; WALTHER, J. A. **Pavement maintenance management for roads and streets using the PAVER system**. CERL-TR-M-90/05, U.S. Army, 1990.

SHAHIN, M.Y; KOHN S. D. **Development of a pavement condition rating procedure for roads, streets and parking lots**. Vol. 2 – Distress Identification Manual. U.S. Army Corps of Engineers, technical report M-268, July, 1979.

SILVA, C. P. **Desenvolvimento de um sistema de gerência de pavimentos aplicado ao Campus I da Universidade Federal da Paraíba**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB. 85p.

SONCIM, S. P.; FERNANDES JR., J. L.; CAMPOS, L. E. P. Modelo de previsão de área de desgaste em pavimentos rodoviários com revestimento em tratamento superficial. **Revista Transportes**. v. 22, n. 2, p. 51-61. 2014.

STUCHI, E. T. **Interferências de obras de serviço de água e esgoto sobre o desempenho de pavimentos urbanos**. 2005. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos. 110p.

TAVAKOLI, A.; LAPIN, M. S.; FIGUEROA, J. L. PMSC: Pavement management system for small communities. **Journal of Transportation Engineering**, v. 118, n. 2, p. 270 – 280. 1992.

TRICHÊS, G.; FREITAS, S. E.; NETO, U. I. Um sistema de gerenciamento de manutenção de pavimentos urbanos – S.G.M.P. Urb, através de um sistema de informação geográfica: aplicação à cidade de Joinville (SC). **12ª Reunião de Pavimentação Urbana**. Aracajú. 2003.

WOLFF, C. S. **O método AHP – revisão conceitual e proposta de simplificação**. 2008. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica, PUC-Rio. Rio de Janeiro, RJ. 138p.

YSHIBA, J. K. **Modelos de desempenho de pavimentos: estudo de rodovias do estado do Paraná**. 2003. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 340p.

ZHAO, B.; NAGAYAMA, T.; XUE, K. Road profile estimation, and its numerical and experimental validation, by smartphone measurement of the dynamics responses of na ordinary vehicle. **Journal of Sound and Vibration**. n. 457, p. 92 - 117. 2019.

ZMITROWICZ, W.; ANGELIS NETO, G. de. **Infra-Estrutura Urbana**. Universidade de São Paulo. 1997. 36p. Disponível em:

<http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT_00017.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2020.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Ficha para contagem volumétrica de tráfego.

APÊNDICE B – Ficha para levantamento de defeitos

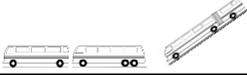
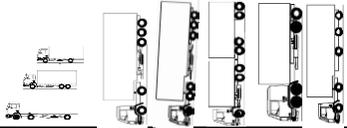
APÊNDICE C – Ficha para avaliação subjetiva de pavimentos

APÊNDICE D – Ficha para avaliação da drenagem

APÊNDICE E – Ficha para comparação paritária de critérios

APÊNDICE A – Ficha para contagem volumétrica de tráfego

Local: _____ Sentido e faixa: _____ Posto de contagem: _____
 Dia: _____ Tempo: _____ Horário (início): _____ Horário (término): _____
 Grupo: _____

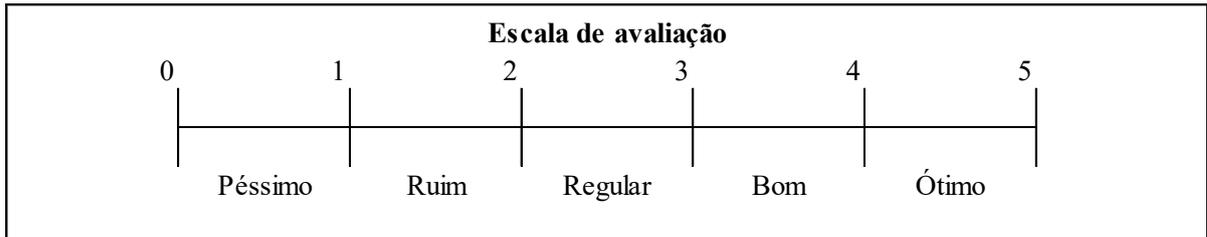
PERÍODO	AUTOMÓVEIS 	MOTOCICLETAS	ÔNIBUS 	CAMINHÕES 
às				

APÊNDICE B – Ficha para avaliação subjetiva de pavimentos



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
Ficha para avaliação subjetiva da superfície de pavimentos

Avaliador: _____



Trecho:	Aceitável?	Nota:
	Indeciso	
	Sim	
	Não	

Trecho:	Aceitável?	Nota:
	Indeciso	
	Sim	
	Não	

Trecho:	Aceitável?	Nota:
	Indeciso	
	Sim	
	Não	

Trecho:	Aceitável?	Nota:
	Indeciso	
	Sim	
	Não	

Trecho:	Aceitável?	Nota:
	Indeciso	
	Sim	
	Não	

Trecho:	Aceitável?	Nota:
	Indeciso	
	Sim	
	Não	

Trecho:	Aceitável?	Nota:
	Indeciso	
	Sim	
	Não	

Trecho:	Aceitável?	Nota:
	Indeciso	
	Sim	
	Não	

Trecho: 5	Aceitável?	Nota:
	Indeciso	
	Sim	
	Não	

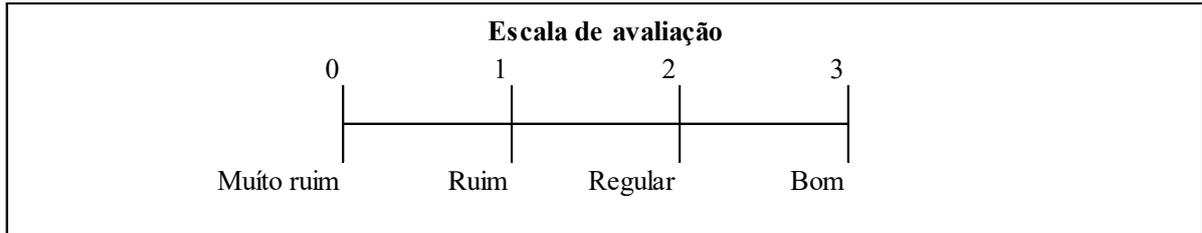
Trecho:	Aceitável?	Nota:
	Indeciso	
	Sim	
	Não	

APÊNDICE D – Ficha para avaliação da drenagem



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
 CENTRO DE TECNOLOGIA
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
 CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
Ficha para avaliação da microdrenagem superficial

Avaliador: _____



Trecho:

Sarjeta	Nota:
Limpeza	
Conservação	
Segurança	
Seção transv.	

Boca de Lobo	Nota:
Limpeza	
Conservação	
Segurança	
Seção transv.	

Trecho:

Sarjeta	Nota:
Limpeza	
Conservação	
Segurança	
Seção transv.	

Boca de Lobo	Nota:
Limpeza	
Conservação	
Segurança	
Seção transv.	

Trecho:

Sarjeta	Nota:
Limpeza	
Conservação	
Segurança	
Seção transv.	

Boca de Lobo	Nota:
Limpeza	
Conservação	
Segurança	
Seção transv.	

Trecho:

Sarjeta	Nota:
Limpeza	
Conservação	
Segurança	
Seção transv.	

Boca de Lobo	Nota:
Limpeza	
Conservação	
Segurança	
Seção transv.	

Trecho:

Sarjeta	Nota:
Limpeza	
Conservação	
Segurança	
Seção transv.	

Boca de Lobo	Nota:
Limpeza	
Conservação	
Segurança	
Seção transv.	

APÊNDICE E – Ficha para comparação paritária de critérios



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Ficha de avaliação paritária da relevância dos critérios para priorização de seções a atividades de manutenção e reabilitação (M&R) de pavimentos urbanos.

Avaliador: _____

INSTRUÇÕES

- 1) A avaliação deve ser feita segundo a escala de comparação de Saaty, apresentada na tabela 1
- 2) A avaliação deve ser feita atribuindo-se um valor dentro dos espaços azuis, equivalente à importância do critério avaliado em relação a outro. (do critério da esquerda em relação ao critério da direita)
- 3) É possível atribuir valores intermediários na avaliação (1/2, 1/4, 1/6, 1/8, 2, 4, 6, 8).
- 4) Pede-se atenção no momento de avaliação para evitar inconsistências no processo. A consistência da avaliação é dada pela razão de consistência (RC) e deve ser inferior a 10%

Tabela 1 - escala de comparação de critérios de Saaty

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente menos importante	Bastante menos importante	Muito menos importantes	Pouco menos importantes	Igual importância	Pouco mais importantes	Muito mais importante	Bastante mais importante	Extremamente mais importantes
Valor	Definição		Descrição					
1	Mesma importância		Os dois critérios contribuem igualmente para o objetivo					
3	Pouco mais importante		Um critério é pouco mais importante que o outro					
5	Muito mais importante		Um critério é claramente mais importante que o outro					
7	Bastante mais importantes		Um dos critérios é muito mais importante que o outro e predominante para o objetivo					
9	Extremamente mais importantes		Um dos critérios é extramamente predominante para o objetivo					
2,4,6,8	Valores intermediários		Podem ser considerados em casos de dúvidas					

Fonte: Lima (2007)

GRUPOS DE CRITÉRIOS

Fatores funcionais	Fatores de Tráfego	Microdrenagem
PCI - Índice Objetivo de Condição do Pavimento	Volume de tráfego (Volume de hora pico - VHP)	
VSA - Valor de Serventia Atual do pavimento (parâmetros subjetivo)	Tráfego de Veículos pesados	
	Classe funcional da via	

EXEMPLO DE AVALIAÇÃO - SELEÇÃO DE VEÍCULOS

Comparação entre os critérios Carros em relação ao conforto

Renault Clio	1/2	Gol	Renault Clio	4,0	Fiat Uno	Gol	3,0	Fiat Uno
RC =		11%	Em caso de RC > 10% reveja sua avaliação até que RC < 10%					

OBS: No exemplo a cima o avaliador atribuiu o valor 1/2 na comparação entre os veículos Renault Clio e o Gol, ou seja, considerou que o Renault Clio, no quesito conforto, está entre igual importância e pouco menos importante em relação ao Gol. As demais comparações são feitas análogamente. Observe que o RC para o exemplo deu maior que 10% indicando inconsistência, sendo necessário que o avaliador reveja sua avaliação.

CAMPOS PARA AVALIAÇÃO										
<p>Qual a relevância, do critério da esquerda em relação ao da direita, para priorização de seções de vias pavimentadas ?</p>										
<p><i>Escala a ser utilizada na avaliação.</i></p>										
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9		
Extremamente menos importante	Bastante menos importante	Muito menos importantes	Pouco menos importantes	Igual importância	Pouco mais importantes	Muito mais importante	Bastante mais importante	Extremamente mais importantes		
<p>Comparação entre os grupos de critérios</p>										
<p>Fatores Funcionais</p>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="0"/>	<p>Fatores de tráfego</p>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="0"/>	<p>Fatores Funcionais</p>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="0"/>	<p>Drenagem</p>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="0"/>	<p>Fatores de tráfego</p>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="0"/>	<p>Drenagem</p>
RC =		#DIV/0!		Em caso de RC > 10% reveja sua avaliação até que RC < 10%						
<p>Comparação entre critérios do grupo "Fatores Funcionais"</p>										
<p>PCI</p>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="0"/>	<p>VSA</p>							<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="0"/>	
RC =		0%		Em caso de RC > 10% reveja sua avaliação até que RC < 10%						
<p>Comparação entre critérios do grupo "Fatores de Tráfego"</p>										
<p>Volume de Tráfego (VHP)</p>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="0"/>	<p>Classe Funcional</p>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="0"/>	<p>Volume de Tráfego (VHP)</p>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="0"/>	<p>Tráfego de veículos Pesados</p>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="0"/>	<p>Classe Funcional</p>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="0"/>	<p>Tráfego de veículos Pesados</p>
RC =		#DIV/0!		Em caso de RC > 10% reveja sua avaliação até que RC < 10%						
<p>Comparação entre elementos do critério "Classe Funcional"</p>										
<p>Via arterial</p>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="0"/>	<p>Via coletora</p>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="0"/>	<p>Via arterial</p>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="0"/>	<p>Via local</p>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="0"/>	<p>Via coletora</p>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="0"/>	<p>Via local</p>
RC =		#DIV/0!		Em caso de RC > 10% reveja sua avaliação até que RC < 10%						

ANEXOS

ANEXO A – Considerações de referência para a avaliação da drenagem

ANEXO A – Considerações de referência para a avaliação da drenagem

SARJETA			
Limpeza			
Bom	Regular	Ruim	Muito Ruim
Menos que 10% do comprimento da sarjeta com a presença de areia, mato, resíduos sólidos, folhas etc.	Entre 10 a 50% do comprimento da sarjeta com a presença de areia, mato, resíduos sólidos, folhas etc.	Mais do que 50% do comprimento da sarjeta com a presença de areia, mato, resíduos sólidos, folhas etc.	Condições deploráveis de limpeza
Estado de conservação			
Bom	Regular	Ruim	Muito Ruim
Não presença de defeitos como trinca, afundamento, buraco etc.	Presença, em pequena quantidade, de defeitos como trinca, afundamento, buraco etc.	Presença, em quantidade moderada, de defeitos como trinca, afundamento, buraco etc. Drenagem prejudicada.	Grande quantidade de defeitos, com prejuízo a drenagem de águas pluviais.
Segurança			
Bom	Regular	Ruim	Muito Ruim
A largura e a profundidade da sarjeta são constantes, não há afundamentos, nem buracos.	A largura ou a profundidade da sarjeta são variáveis em alguns pontos, devido a recapeamentos, afundamentos ou buracos. Certo comprometimento da segurança.	A largura ou a profundidade da sarjeta são variáveis em boa parte do comprimento, devido a recapeamentos, afundamentos ou buracos. Comprometimento da segurança de veículos, pedestres e ciclistas.	A largura ou a profundidade da sarjeta são variáveis em todo o comprimento, devido a recapeamentos, afundamentos ou buracos. Grande comprometimento da segurança de veículos, pedestres e ciclistas.
Seção transversal			
Bom	Regular	Ruim	Muito Ruim
Constante ao longo do comprimento.	Variável em alguns pontos devido o rebaixamento do meio, rampas para acesso, com tubulações etc.	Variável em boa parte do comprimento devido o rebaixamento do meio, rampas para acesso, com tubulações etc.	Variável em todo o comprimento devido o rebaixamento do meio, rampas para acesso, com tubulações etc.