



**COMPATIBILIZAÇÃO DA GERÊNCIA DE SISTEMAS DE INFRAESTRUTURA:  
IMPORTÂNCIA E NECESSIDADE DE SUA APLICAÇÃO EM CIDADES**

*Por*

***Maria Ingridy Lacerda Diniz***

*Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba para  
obtenção do grau de Mestre*

**PARAÍBA  
2021**

**COMPATIBILIZAÇÃO DA GERÊNCIA DE SISTEMAS DE INFRAESTRUTURA:  
IMPORTÂNCIA E NECESSIDADE DE SUA APLICAÇÃO EM CIDADES**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

**Maria Ingridy Lacerda Diniz**

**Orientador: Prof. Dr. Ricardo Almeida de Melo**

**João Pessoa – Paraíba**

**Março de 2021**

**Catalogação na publicação  
Seção de Catalogação e Classificação**

D585c Diniz, Maria Ingridy Lacerda.  
Compatibilização da gerência de sistemas de  
infraestrutura : importância e necessidade de sua  
aplicação em cidades / Maria Ingridy Lacerda Diniz. -  
João Pessoa, 2021.  
131 f. : il.

Orientação: Ricardo Almeida de Melo.  
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Infraestrutura. 2. Gestão integrada. 3.  
Pavimentos. 4. Coleta de esgoto. 5. Águas pluviais. 6.  
Drenagem urbana. I. Melo, Ricardo Almeida de. II.  
Título.

UFPB/BC

CDU 625.12(043)

**MARIA INGRIDY LACERDA DINIZ**

**COMPATIBILIZAÇÃO DA GERÊNCIA DE SISTEMAS DE INFRAESTRUTURA:  
IMPORTÂNCIA E NECESSIDADE DE SUA APLICAÇÃO EM CIDADES**

Dissertação aprovada em 01/03/2021 como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba.

**BANCA EXAMINADORA:**



**Prof. Dr. Ricardo Almeida de Melo – UFPB  
Orientador**



**Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior – UFPB  
Examinador Interno**



**Profa. Dra. Josiane Palma Lima - UNIFEI  
Examinadora Externa**

Dedico à minha família e amigos por todo o apoio e por não me deixarem desistir.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente à Deus, por permitir que esse momento ocorresse em minha vida.

A minha (verdadeira) família, por me apoiar em minhas escolhas e principalmente minha mãe, por acreditar pacientemente em minha capacidade de seguir em frente e por nunca perder sua fé diante de minhas dificuldades.

Aos meus professores, por repassarem os conhecimentos necessários à minha nova formação.

Ao meu professor orientador, pela oportunidade de trabalharmos juntos.

Aos verdadeiros amigos, por sempre permanecerem presentes em meus melhores e piores momentos.

Aos novos amigos e companheiros de profissão que essa jornada me permitiu formar.

A todos aqueles com quem tive a oportunidade de dividir as alegrias e infortúnios durante essa etapa acadêmica.

E por fim, a todos aqueles que puderam me apoiar nessa intensa caminhada, tenha ele sido direto ou indiretamente, já que o apoio moral se mostrou extremamente necessário para que eu não desistisse dos meus objetivos.

"O sucesso é a soma de pequenos esforços  
repetidos dia após dia" – Robert Collier

## RESUMO

A existência de redes de infraestrutura que integram o espaço urbano são essenciais para o fornecimento de um ambiente adequado para a sociedade. Para que a infraestrutura urbana possa cumprir com a sua finalidade é necessário haver a implantação de diversos sistemas de gestão para as redes que a compõem. Porém, em quase que sua totalidade, esses sistemas são geridos por órgãos ou empresas distintas, não havendo a integração da administração ocasionando adversidades indesejadas. O objetivo desta pesquisa foi analisar, a partir de um estudo de caso, a necessidade e a possibilidade da integração da gerência de três sistemas de infraestrutura urbana da cidade de João Pessoa – PB: o sistema de gerência de pavimentos, a rede de coleta de esgoto e o sistema de drenagem urbana, além de verificar como a condição de cada um dos sistemas influenciava no funcionamento dos demais. O estudo foi realizado a partir da análise de 67 trechos, cada um possuindo 80 metros de extensão, espalhados pelas quatro zonas da cidade com o intuito de alcançar uma amostra significativa. O levantamento da condição de cada sistema presente no trecho foi tabulado e posteriormente qualificado. A partir da qualificação foi possível elaborar planilhas com a condição de cada sistema, podendo evidenciar quando estes se enquadravam ou não nas condições ideais. Com base na análise dos resultados obtidos foi possível verificar que a qualificação concomitante dos três sistemas avaliados se mostrou muito útil perante a investigação sobre a influência da condição em que cada sistema se encontrava, e em relação a influência nos demais sistemas. Tal avaliação conjunta apresentou resultados positivos no que diz respeito a facilidade na gerencia, assim como o auxílio na futura tomada de decisões dos gestores responsáveis. Por fim, foi possível evidenciar os benefícios bem como a necessidade da gestão concomitante dos sistemas perante a realidade estudada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão Integrada, Pavimentos, Coleta de Esgoto, Águas Pluviais, Drenagem Urbana.

## ABSTRACT

The existence of infrastructure networks that integrate the urban space are essential for providing an adequate environment for society. For urban infrastructure can fulfill its purpose there must be the implementation of various management systems for networks that comprise it. However, in almost their entirety, these systems are managed by different bodies or companies, with no integration of management causing undesirable adversities. The objective of this research was to analyze, from a case study, the need and the possibility of integrating the management of three urban infrastructure systems in the city of João Pessoa - PB: the pavement management system, the sewage collection network and the urban drainage system, in addition to checking how the condition of each system influenced the functioning of the others. The study was carried out from the analysis of 67 stretches, each 80 meters long, spread over the four areas of the city in order to reach a significant sample. The survey of the condition of each system present in the section was tabulated and later qualified. From the qualification it was possible to elaborate spreadsheets with the condition of each system, being able to show when they fit or not in the ideal conditions. From the analysis of the obtained results it was possible to verify that the concomitant qualification of the three evaluated systems proved to be very useful in the investigation of the influence of the condition in which each system was found, and in relation to the influence in the other systems. The joint assessment showed positive results with regard to ease of management, as well as assistance in future decision-making by responsible managers. Finally, it was possible to evidence the benefits as well as the need for concomitant management of the systems in the reality studied.

**KEY WORDS:** Integrated Management, Pavements, Sewage Collection, Rainwater, Urban Drainage.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Modelo de intervenções de infraestruturas urbanas .....	18
<b>Figura 2 -</b> Estrutura dos diferentes tipos de pavimentos: (a) Pavimento Rígido (b) Pavimento Flexível .....	21
<b>Figura 3 -</b> Estrutura de Pavimentos Semirrígidos .....	22
<b>Figura 4 -</b> Local de Estudo .....	43
<b>Figura 5 -</b> Zoneamento da cidade de João Pessoa – PB .....	45
<b>Figura 6 –</b> Levantamento de Dados Automatizado - A: Detalhe da câmera, B: Câmera acoplada ao veículo .....	47
<b>Figura 7 –</b> Exemplo de identificação das coordenadas UTM nos pontos centrais das faixas de rolamento e extensão: Trecho 1 (faixa da esquerda) e trecho 2 (faixa da direita) .....	56
<b>Figura 8 –</b> Exemplo de nomeação de faixas como esquerda e direita para o levantamento em vias com 3 faixas .....	57
<b>Figura 9 -</b> Localização dos Trechos .....	57
<b>Figura 10–</b> Exemplo de dificuldade de identificação de poço de visita no trecho 1: A) Visão geral da câmera e B) Zoom do poço de visita localizado.....	64
<b>Figura 11 –</b> Exemplo de poço de visita não contabilizado por se localizar na calcada da via .....	64
<b>Figura 12 -</b> Exemplo de levantamento de área afetada por defeito no pavimento (remendo - trecho 2) .....	67
<b>Figura 13 -</b> Exemplo de Dificuldade de Visualização de Trincas nos Pavimentos (Trecho 36).....	72
<b>Figura 14 -</b> Exemplo de Trinca de Fácil Identificação (Trecho 61).....	72
<b>Figura 15 -</b> Exemplo de Aparecimento de Paralelos (Trecho 51).....	73
<b>Figura 16 -</b> Exemplo do registro da condição de boca de lobo localizada no trecho 02 .....	74
<b>Figura 17 -</b> Camada de Pavimento Executada Acima da Tampa do Poço de visita (Trecho 40).....	85
<b>Figura 18 -</b> Abertura do Pavimento para Instalação/Manutenção do Sistema Sanitário (Trecho 57) ..	86
<b>Figura 19 -</b> Exemplo de Drenagem Inadequada da Via (Trecho 66) .....	87
<b>Figura 20 -</b> Exemplo de Inclinação de Sarjeta Alterada (Trecho 64).....	87
<b>Figura 21 -</b> Exemplo de Inclinação Alterada, mas Sem Impedimento ao Fluxo (Trecho 56).....	88
<b>Figura 22 -</b> Pavimento em Condições Péssimas e Influência de Lixo na Sarjeta (Trecho 53).....	88

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Extensão de cada tipo de pavimento em João Pessoa - PB .....	44
<b>Tabela 2</b> – Quantidade de Trechos por Zona.....	46
<b>Tabela 3</b> - Defeitos em Pavimentos Flexíveis .....	48
<b>Tabela 4</b> -Defeitos de pavimento asfáltico e unidade de medida para o Método do PCI.....	50
<b>Tabela 5</b> - Classificação do PCI .....	51
<b>Tabela 6</b> - Identificação Geral dos Levantamentos .....	55
<b>Tabela 7</b> - Localização Trechos Zona Sul .....	58
<b>Tabela 8</b> - Localização Trechos Zona Leste .....	59
<b>Tabela 9</b> - Localização Trechos Zona Norte.....	60
<b>Tabela 10</b> - Localização Trechos Zona Oeste.....	61
<b>Tabela 11</b> - Quantificação de elementos de Drenagem .....	62
<b>Tabela 12</b> - Quantificação de Elementos do Sistema de Esgoto .....	65
<b>Tabela 13</b> - Quantificação de Defeitos para os Pavimentos - Zona Sul .....	68
<b>Tabela 14</b> - Quantificação de Defeitos para os Pavimentos - Zona Leste .....	69
<b>Tabela 15</b> - Quantificação de Defeitos para os Pavimentos - Zona Norte.....	70
<b>Tabela 16</b> - Quantificação de Defeitos para os Pavimentos - Zona Oeste.....	71
<b>Tabela 17</b> - Condições dos elementos do sistema de drenagem - Zona Sul .....	75
<b>Tabela 18</b> - Condições dos elementos do sistema de drenagem - Zona Leste.....	76
<b>Tabela 19</b> - Condições dos elementos do sistema de drenagem - Zona Norte .....	77
<b>Tabela 20</b> - Condições dos elementos do sistema de drenagem - Zona Oeste .....	78
<b>Tabela 21</b> - Condições dos Poços de Visita.....	81
<b>Tabela 22</b> - Valor do PCI e Classificação dos Trechos .....	83

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1 - Resumo da Caracterização e Qualificação de elemento de Drenagem: Bocas de Lobo ....</b>	<b>78</b>
<b>Gráfico 2 - Resumo da Caracterização e Qualificação de elemento de Drenagem: Sarjetas .....</b>	<b>79</b>
<b>Gráfico 3 - Resumo da Caracterização e Qualificação de elemento de Drenagem: Sedimentos .....</b>	<b>80</b>
<b>Gráfico 4 - Resumo da Caracterização e Qualificação de elemento de Águas Pluviais e Esgoto: Poços de visita.....</b>	<b>82</b>
<b>Gráfico 5 - Resumo da Classificação dos Pavimentos .....</b>	<b>84</b>
<b>Gráfico 6 - Comparação entre a Condição dos Pavimentos e Condição das Bocas de Lobo do Sistema de Drenagem.....</b>	<b>89</b>
<b>Gráfico 7 - Comparação entre a Condição dos Pavimentos e Condição das Sarjetas do Sistema de Drenagem .....</b>	<b>90</b>
<b>Gráfico 8 - Comparação entre a Condição dos Pavimentos e a Capacidade de Produção e Acúmulo de Sedimentos das Vias.....</b>	<b>91</b>
<b>Gráfico 9 - Comparação entre a Condição dos Pavimentos e a Condição dos Poços de Visita.....</b>	<b>92</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SILGAS

AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CNT	Confederação Nacional do Transporte
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PCI	<i>Paviment Conditions Index</i>
SGP	Sistema de Gerência de Pavimentos
VDC	Valor de Dedução Corrigido
VTD	Valor Total de Dedução
UTM	<i>Universal Transvesa de Mercator</i>

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1. OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
1.1.1. Geral .....	15
1.1.2. Específicos.....	15
<b>1.2. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1. INFRAESTRUTURA URBANA.....</b>	<b>17</b>
2.1.1. Sistema Viário .....	19
2.1.2. Sistema de Drenagem Urbana .....	22
2.1.3. Sistemas de Esgotamento Sanitário .....	23
2.1.4. Sistema de Captação e Distribuição de Água .....	25
2.1.5. Energia e Telecomunicações .....	26
<b>2.2. INTERFERÊNCIAS ENTRE AS REDES DE INFRAESTRUTURA URBANA.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3. INFRAESTRUTURA E GOVERNABILIDADE.....</b>	<b>31</b>
<b>2.4. SISTEMAS DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE INFRAESTRUTURAS.....</b>	<b>35</b>
2.4.1. Breve apresentação de aplicações em âmbito internacional .....	38
2.4.2. Aplicações no Brasil .....	40
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>42</b>
<b>3.1. LIMITAÇÃO DA PESQUISA.....</b>	<b>42</b>
<b>3.2. TIPO DE PESQUISA.....</b>	<b>42</b>
<b>3.3. LOCAL DE ESTUDO .....</b>	<b>42</b>
<b>3.4. DEFINIÇÃO DA AMOSTRAGEM .....</b>	<b>43</b>
3.4.1. Tamanho da Amostra.....	43
<b>3.5. TRECHOS ANALISADOS NO ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>46</b>
<b>3.6. LEVANTAMENTO DE DADOS COM AS INSTITUIÇÕES RESPONSÁVEIS .....</b>	<b>46</b>
<b>3.7. COLETA DE DADOS EM CAMPO.....</b>	<b>46</b>
<b>3.8. CARACTERIZAÇÃO DA INFRAESTRUTURA .....</b>	<b>47</b>
3.8.1. Pavimentos .....	48
3.8.2. Drenagem .....	52
3.8.3. Esgoto.....	52
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>54</b>
<b>4.1. PARTE 1: IDENTIFICAÇÃO E DOS ELEMENTOS DA INFRAESTRUTURA .....</b>	<b>54</b>
4.1.1. Drenagem .....	62
4.1.2. Águas Pluviais e Esgoto .....	63
4.1.3. Pavimentos .....	66
<b>4.2. PARTE 2: QUALIFICAÇÃO DA INFRAESTRUTURA.....</b>	<b>74</b>
4.2.1. Drenagem .....	74
4.2.2. Águas Pluviais e Esgoto (Poços de Visita) .....	80
4.2.3. Pavimentos .....	82
<b>4.3. AVALIAÇÃO DA EXISTÊNCIA CONCOMITANTE DOS SISTEMAS .....</b>	<b>85</b>
4.3.1. Pavimentos <i>versus</i> Drenagem .....	89
4.3.2. Pavimentos <i>versus</i> Condições dos Poços de Visita .....	92
<b>4.4. ADVERSIDADES DURANTE A REALIZAÇÃO DA PESQUISA.....</b>	<b>93</b>
4.4.1. Devido a Pandemia .....	93
4.4.2. Contato Com a Prefeitura .....	94
4.4.3. Contato com a Companhia de Água e Esgoto .....	94
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>95</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>97</b>
<b>APÊNDICE A - CURVAS PARA OBTEÇÃO DOS VALORES DE DEDUÇÃO E DO VALOR DE DEDUÇÃO CORRIGIDO PARA O MÉTODO DO PCI.....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXO B – CÁLCULO DO PCI DE CADA TRECHO .....</b>	<b>111</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O espaço urbano é formado por outros componentes além da habitual combinação de áreas edificadas e áreas livres, vinculadas através de sistemas viários. Os sistemas de infraestrutura também integram esse espaço, promovendo atividades fundamentais para a subsistência da sociedade.

De acordo com Ferreira (2014), é através da existência de tais sistemas de infraestrutura que é possível melhorar as condições gerais do ambiente, e consequentemente a qualidade de vida da população. E para que esses sistemas cumpram suas funções premeditadas, é necessário a efetivação de um sistema de gerência adequado. No entanto, frequentemente são enfrentadas numerosas adversidades no que diz respeito a gerência dos sistemas por diferentes instituições, o que pode resultar em gastos excessivos, manutenção inadequada e insatisfação da população. É essencial, portanto, o desenvolvimento de um sistema de gerência da infraestrutura pública urbana apropriado e que esteja habilitado a determinar os direitos e obrigações de cada rede de infraestrutura.

Muitos desafios são enfrentados pelos gestores responsáveis pelas cidades no que se refere a gerência, manutenção e reparos dos sistemas de infraestrutura existentes. Tais sistemas são considerados como redes independentes, no entanto é sabido que a existência de um sistema pode afetar direta ou indiretamente os demais. Porém, mesmo com tais interferências, os sistemas e seus componentes usualmente são geridos separadamente, bem como utilizam banco de dados isolados e geralmente incompatíveis (MARZOUK & OSAMA, 2017).

As incompatibilidades entre esses sistemas causaram sérios problemas no compartilhamento de dados e na cooperação de gerenciamento necessária para várias unidades em todos os níveis. Com o intuito de solucionar tais impasses, a proposta de implantação de um sistema integrados de infraestrutura pode gerar benefícios como o livre fluxo de informações, a eliminação de dados prolixos, redução de custos no desenvolvimento e manutenção do sistema (ZHANG *et al*, 1998; HUDSON & HAAS, 2011).

Diante da crescente carência por infraestrutura adequada, novos desafios foram acrescidos ao processo de tomada de decisão como a priorização de projetos, melhorias no desempenho das redes, utilização eficiente do capital limitado e a atenuação de falhas de serviço. Além disso, a análise, o planejamento e a execução dos projetos de intervenção apresentam impactos econômicos e ambientais na sociedade (ABU-SAMRA *et al*, 2020).

Um sistema de gerência integrado da infraestrutura urbana é responsável por unificar as atividades fundamentais para as etapas de planejamento, projeto, construção, manutenção e

reabilitação a partir de uma sequência de metodologia de análises lógicas e racionais. No entanto, a gestão integrada de ativos ainda é um assunto com referências escassas na literatura, principalmente no que se refere a otimização.

Diante disso, o referencial teórico sobre o tema demonstra o empenho por parte das pesquisas no que se referem ao desenvolvimento e a implantação de ferramentas e/ou métodos, que auxiliam o gerenciamento dos diferentes sistemas de infraestruturas de uma cidade. Logo, surge a possibilidade de contribuição científica a partir de realização do estudo em questão, que objetiva verificar o atual modelo de gestão dos sistemas a partir de um estudo de caso na cidade de João Pessoa - PB, avaliando como ocorre a atual gestão da infraestrutura urbana e evidenciar, a partir da aplicação da metodologia elaborada, a importância da análise concomitante do desempenho dos sistemas, para assim efetivar a gerência integrada das redes selecionadas.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Geral**

Investigar a necessidade de compatibilização da gerência dos sistemas de infraestrutura urbanos selecionados (pavimentos, rede de coleta de esgoto e sistema de drenagem urbana) através da análise da condição dos elementos constituintes de cada sistema.

### **1.1.2. Específicos**

- Analisar, por meio de um estudo de caso, as condições dos sistemas de infraestrutura urbana;
- Verificar como a condição de cada um dos sistemas influencia no funcionamento dos demais;
- Avaliar as atuais dificuldades para aplicação de uma gerência integrada para os sistemas de infraestrutura urbana;
- Evidenciar os benefícios de uma gestão integrada de sistemas de infraestrutura urbana;

## **1.2. Estrutura da Dissertação**

O presente trabalho é disposto em 4 capítulos, 1 apêndice e 1 anexo.

Com o intuito de verificar o estado da arte do tema abordado na pesquisa, foi necessário a realização de uma revisão de literatura em trabalhos nacionais e internacionais que

abordassem em seu desenvolvimento metodologias e sistemas já existentes no auxílio da gestão integrada de sistemas de infraestrutura urbana, apresentados no Capítulo 1.

No Capítulo 2 são apresentados os métodos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa. Já no Capítulo 3 são apresentados os resultados e as discussões diante do levantamento de dados e aplicação das abordagens desenvolvidas no capítulo anterior.

Em seguida, no Capítulo 4, são expostas as conclusões diante do trabalho realizado e pontuadas algumas sugestões para pesquisas futuras sobre a gerência integrada de sistemas de infraestrutura urbana.

No Apêndice A são apresentadas as tabelas utilizadas para aplicação do método PCI utilizado na qualificação dos pavimentos. E finalmente, no Anexo B, são apresentadas as tabelas de cálculo do PCI para cada trecho.

## CAPÍTULO 1

### 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Com o intuito de verificar o estado da arte do tema abordado na pesquisa, foi necessário a realização de uma revisão de literatura em trabalhos que abordassem em seu desenvolvimento metodologias e sistemas já existentes no auxílio da gestão integrada de sistemas de infraestrutura urbana. A seguir, será apresentado um aparato sobre a bibliografia essencial para o entendimento da pesquisa.

#### 2.1. Infraestrutura Urbana

A infraestrutura urbana pode ser apresentada como um sistema técnico de ferramentas e serviços precisos ao desenvolvimento das funções urbanas. Estas funções podem ser vistas a partir de um aspecto social, econômico e institucional. Quanto ao aspecto social, a infraestrutura busca adequadas condições de moradia, trabalho, saúde e educação. No aspecto econômico, deve permitir o desenvolvimento de atividades produtivas. E no aspecto institucional, a infraestrutura deve proporcionar os meios necessários para o desenvolvimento de atividades políticos-administrativas (ZMITROWICZ & NETO, 1997; SOUZA *et al*, 2018; REZENDE, 2019; FERREIRA & NASCIMENTO, 2020).

Conforme Neuman (2020), os efeitos da infraestrutura são múltiplos. Tais efeitos conectam, habilitam, apoiam, mantêm, protegem, aprimoram e enriquecem os seres humanos. Eles também podem dividir, impedir, interferir e os tornar dependentes. Já no que diz respeito ao planejamento e gestão urbana é indispensável a discussão das questões inerentes aos sistemas de infraestrutura urbana, visto que os mesmos estruturam o meio urbano, além de interferirem diretamente no desenvolvimento do mesmo (OLIVERIA & FARIAS, 2015).

A origem das redes de infraestrutura urbana se dá desde o surgimento das próprias cidades, desde a construção das primeiras redes viárias, dos calçamentos romanos até a criação dos vários tipos de pavimentos hoje encontrados. Atualmente nas cidades, a infraestrutura consiste em parte do fornecimento de serviços básicos, como: água, esgoto, transporte, fornecimento de energia elétrica, entre outros (SANTOS, 2005; BERTEI *et al*, 2014; GUEDES *et al*, 2017).

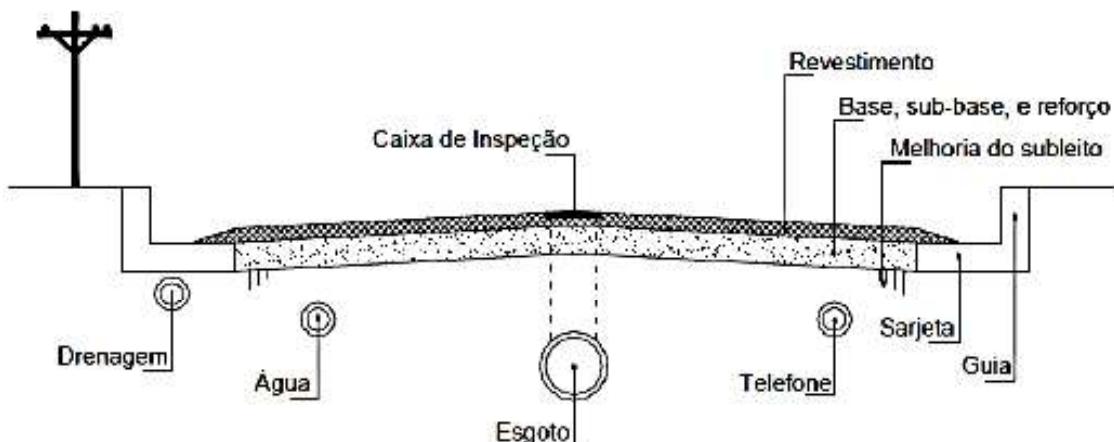
A engenharia urbana é responsável por todo o planejamento e construção das infraestruturas presentes nas cidades, que pode ser separada em: rede suporte, que está relacionada a dimensão física do espaço urbano; e as redes de serviços, responsável por atender as necessidades da cidade. Os sistemas de infraestrutura urbana podem ser divididos em

subsistemas técnicos, em subsistema viário (que consiste nas vias urbanas), subsistema de drenagem pluvial, subsistema de abastecimento de água, subsistema de esgotos sanitários, subsistema energético e subsistema de comunicações (ZMITROWICZ & NETO, 1997; FREIRE, 2017).

Os vários sistemas de infraestrutura urbana são, na verdade, profundamente interdependentes por natureza. A eletricidade, por exemplo, depende do transporte para o fornecimento de matéria-prima. Ela está competindo espaço subterrâneo (quando isso ocorre) com os sistemas de infraestrutura urbana de água e telecomunicações, por exemplo. Também requer muita água para geração de energia, e está cada vez mais vinculada aos sistemas de infraestrutura urbana de telecomunicação com a implantação de medidores inteligentes (DERRIBLE, 2016).

Segundo Mascaró e Yoshinaga (2013), os serviços de infraestruturas abarcam todos os serviços essenciais para qualquer cidade e abrange as infraestruturas de grande porte, abundantes nos grandes centros urbanos. Ainda divide esses grupos em subsistemas, de acordo com vários critérios. Os serviços essenciais podem ser classificados de acordo com sua função, a sua localização no espaço urbano ou o seu princípio de funcionamento. Já as infraestruturas consideradas de grande porte, apenas se encontram nas grandes cidades (VIEIRA *et al*, 2020; MENDES *et al*, 2020).

De acordo com Stuchi (2005), um sistema de redes de infraestrutura de um município é subdividido em diversos outros sistemas para que seja compreendido de maneira mais adequada. Essa divisão é realizada a partir da função cabível a cada rede, sendo considerada uma classificação alternativa que organiza as redes de acordo com a sua localização no espaço urbano, como demonstrado na Figura 1 (SOARES, 2014; CRUZ & PAULINO, 2020).



**Figura 1-** Modelo de intervenções de infraestruturas urbanas  
Fonte: STUCHI (2005, *apud* SANTOS, 2018)

É possível classificar a infraestrutura urbana levando em consideração a sua localização no meio físico, podendo ser dividida em níveis aéreo, superficial e subterrâneo (ZMITROWICZ & NETO, 1997; FREIRE, 2017; REZENDE, 2019).

No nível aéreo, pode-se citar como exemplo as redes de eletricidade ou de comunicações. Devido ao baixo custo para implantação quando comparada a subterrânea, essa locação é bastante utilizada, porém com alguns elementos capazes de limitá-lo, como arborização e condições climáticas. Já no nível superficial, considerado como o nível do terreno, é onde estão localizadas as vias, além de equipamentos pertencentes ao sistema de drenagem, servindo como a base para a alocação dos elementos instalados ao nível aéreo, ao mesmo tempo em que também permite acesso aos sistemas localizados no subsolo.

Por fim, no nível do subterrâneo é onde estão localizados sistemas como o de abastecimento de água, coleta de esgoto, gás e demais elementos complementares do sistema de drenagem pluvial. Nesse nível também podem existir elementos do sistema de eletricidade, comunicações e até mesmo de um sistema viário (como as redes de metrô, por exemplo). Logo, é necessário existir uma organização formal deste espaço por meio das instituições responsáveis, principalmente devido a cada um desses sistemas ser gerido por órgãos distintos e de diferentes instâncias de governo.

Além de sua localização no espaço, a infraestrutura urbana também pode ser subdividida em sistemas técnicos setoriais, que será melhor explanada nos tópicos seguintes.

### 2.1.1. Sistema Viário

O sistema viário é um dos principais elementos necessários na composição da infraestrutura, que proporciona o transporte de materiais, mercadorias e pessoas. As conexões intermunicipais são fortalecidas por meio da malha viária, por onde viagens de múltiplos propósitos ocorrem todos os dias. O sistema viário consiste no conjunto de vias de circulação público e privadas, projetadas e construídas no intuito de fornecer mobilidade à circulação de pedestres e veículos, o que inclui também os estacionamentos. O sistema viário está diretamente relacionado como acessibilidade, permeabilidade, integração, conectividade e continuidade (ENGLER & LOCH, 2016; ALENCAR, 2019).

De acordo com Rezende (2019), o sistema viário pode ser considerado como a principal infraestrutura de uma cidade, já que também é o que apresenta maior correlação com os demais subsistemas e elementos urbanos. Esse sistema também manifesta grande correspondência com

o desenvolvimento social, ambiental e econômico. No Brasil, foi necessária a criação de um Plano Nacional de Mobilidade Urbana para estabelecer as políticas de desenvolvimento urbano voltado a esse sistema, ainda com ligação a demais fatores como planejamento e gestão de uso e ocupação do solo, saneamento básico e políticas de habitação (BRASIL, 2012).

Para compreender o sistema viário é necessário compreender também o sistema de transportes através dos diferentes tipos de modais, a saber: aeroviário, aquaviário, dutoviário, ferroviário e rodoviário. Dentre estes, o modal rodoviário é o mais utilizado, e por consequência, é o que apresenta maior preponderância no ambiente urbano. Neste, é possível englobar os diferentes tipos de transportes, sejam eles motorizados ou não-motorizados.

Dentro desse complexo sistema, em 23 de setembro de 1997, foi criado o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), sob a Lei nº 9.503, que entrou em vigor apenas no ano seguinte, em 22 de janeiro de 1998. Tal documento determina os direitos e deveres dos órgãos ligados ao trânsito brasileiro, além de determinar a regras de conduta para a engenharia de tráfego associada as penalidades a partir das infrações cometidas pelos usuários.

Em relação aos tipos de vias, o CTB apresenta uma diferenciação em relação a função exercida, sendo classificadas como vias de trânsito rápido, arterial, coletora e local (BRASIL, 2007).

A Lei nº 11.445/2007 determina a definição específica para cada uma delas, sendo as vias de trânsito rápido caracterizada pelos acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes e sem travessia de pedestres. Já as vias arteriais são caracterizadas por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes e também às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade. As vias coletoras são aquelas destinadas a coletar e distribuir o trânsito que tenham necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade. E por fim, as via locais são caracterizadas por interseções em nível não semafORIZADAS, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas.

#### 2.1.1.1.Pavimentos

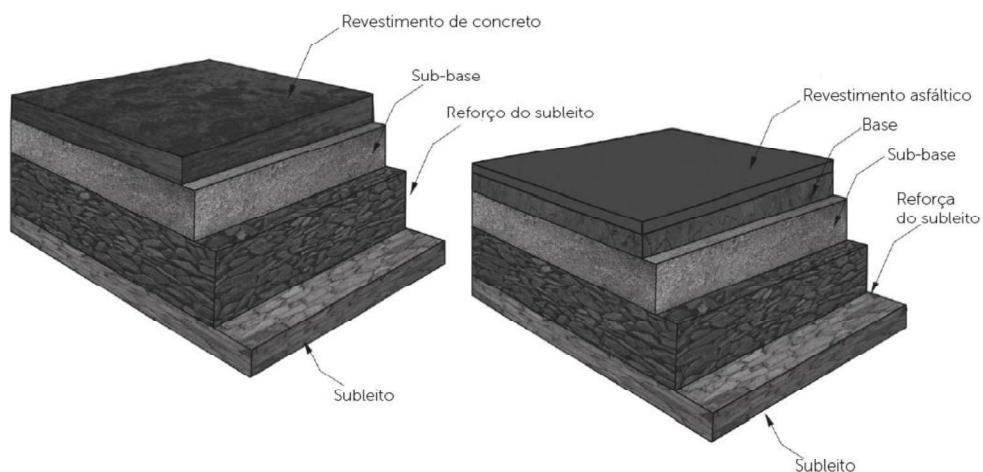
Os pavimentos em geral podem ser classificados em relação à distribuição dos esforços em sua estrutura, podendo se comportar como um pavimento rígido, quando a placa de concreto absorve maior parte das tensões, a distribuição das cargas ocorre sobre uma área relativamente maior e mais resistente à tração. Ou pode ser considerado com pavimento flexível, quando a

carga se distribui em parcelas proporcionais à rigidez das camadas, sendo que todas as camadas sofrem deformações elásticas significativas (BERNUCCI *et al*, 2006).

No que se refere acamada de revestimento dos pavimentos, Freire (2017) destaca a existência de 3 tipos: pavimentos flexíveis, também conhecidos com pavimentos asfálticos; pavimentos rígidos ou também chamados de concreto-cimento e por fim, os semirrígidos. Em geral, o tipo de pavimentação depende das condições de tráfego do local além de fatores como intemperismo presente no local de implantação, orçamento disponível e propriedades geotécnicas da região.

Os pavimentos flexíveis geralmente são caracterizados pela presença de sua primeira camada ser constituída de asfalto, seguida de uma camada de base, que por sua vez é apoiada em uma camada de sub-base, que geralmente é apoiada em uma camada de reforço de subleito (Figura 2 b). De acordo com Bernucci *et al* (2008), essas ultimas camadas podem ser constituídas de materiais granulares, solos com ou sem adição de agentes cimentantes (OLIVEIRA & CELESTE, 2019; FERREIRA *et al*, 2020).

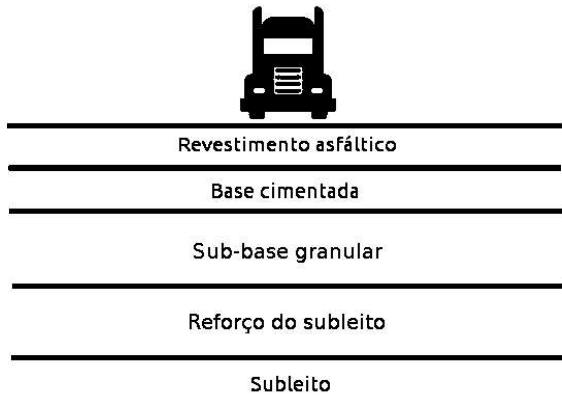
Já os pavimentos rígidos são marcados pela presença de uma camada de rolamento constituída de concreto de cimento Portland. Esta, por sua vez, apoia-se em uma camada de sub-base geralmente composta por materiais granulares estabilizados ou não com cimento. A sub-base é apoiada por uma camada de reforço do subleito ou até mesmo no próprio subleito (Figura 2 a).



**Figura 2 - Estrutura dos diferentes tipos de pavimentos:** (a) Pavimento Rígido (b) Pavimento Flexível  
Fonte: Freire (2017).

Por fim os pavimentos semirrígidos, que de acordo com Paixão *et al* (2017), apresentam-se com características mistas entre os dois tipos de pavimentos previamente apresentados. Este possui uma camada de rolamento composta por asfalto, porém apoiada em uma camada de base

constituída de cimento Portland, seguida de uma sub-base, reforço de subleito e subleito, como mostra o esquema na Figura 3.



**Figura 3 - Estrutura de Pavimentos Semirrígidos**

Fonte: DER-PR, 2008

#### 2.1.2. Sistema de Drenagem Urbana

O sistema de drenagem urbana é constituído por basicamente: galerias, bocas de lobo e poços de visita. Uma breve descrição de cada um desses elementos será dada a seguir de acordo com o manual do DNIT (2004): as galerias são dispositivos que possuem a finalidade de conduzir os fluidos provenientes da plataforma rodoviária para o sistema de drenagem, a partir da tubulação subterrânea, o que permite com que os veículos transitem sem interferência do sistema. As bocas de lobo, por sua vez, são elementos encarregados por captar a água, localizam-se nos acostamentos ou meios-fios, e através das tubulações de ligação, depositam os deflúvios nas galerias. Por fim, os poços de visita funcionam como recipientes localizados ao decorrer de toda a rede viária com a intenção de inspeção, permitindo modificações de alinhamentos, dimensões, declividades ou até mesmo alterações das quedas.

De acordo com a FUNASA (2015), o Sistema de Drenagem Urbana tem como finalidade permitir o escoamento adequado das águas pluviais em zonas urbanas, de forma a proporcionar o afastamento dessas águas de pontos críticos na malha urbana. A drenagem urbana consiste de um conjunto de serviços e atividades, infraestruturas e instalações operacionais de transporte, com foco em deter ou reter as águas pluviais (para enfraquecer as vazões de cheias), tratar e, por fim, dispor as águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

O bom funcionamento desse sistema é consequência de uma série de fatores estabelecidos ainda na etapa de projeto. De acordo com Zmitrowicz e Neto (1997), é necessário considerar elementos como a topografia do local, a área da bacia drenável, a impermeabilização

da bacia, a área e o tipo de cobertura vegetal, além da escolha do traçado da rede, atenuando as interferências com os demais sistemas de infraestrutura (REZENDE, 2019).

Ao comparar com os outros sistemas que compõem a infraestrutura urbana, o sistema de drenagem tem a peculiaridade de mesmo que não exista o sistema de drenagem ou um sistema de drenagem adequado, o escoamento superficial das águas pluviais sempre acontece. Se corretamente projetado e construído, o sistema de drenagem diminui significativamente os alagamentos ocorrentes nas zonas urbanas, o que ajuda a minimizar perturbações no tráfego de pedestres e veículos, e por seguinte, reduz danos às propriedades e diminui a degradação dos pavimentos das vias (ALENCAR, 2019).

A concepção do traçado do sistema de tubulações de drenagem acontece em virtude das características topográficas e do sistema viário da região a ser drenada. O dimensionamento do sistema e os equipamentos dos constituintes do sistema de drenagem para o pleno funcionamento dependem do (i) Ciclo hidrológico local; (ii) Topografia; (iii). Área e forma da bacia; (iv) Cobertura e impermeabilização da bacia; (v) Traçado da rede (ALENCAR, 2019). Dos itens citados, o traçado da rede é o que mais tem influência na integração dos sistemas de infraestrutura visto que é a partir do traçado que se tem interferências com as redes de outros sistemas.

#### 2.1.3. Sistemas de Esgotamento Sanitário

A maneira mais adequada de impedir o contato da população com dejetos e excrementos é a construção de sistemas de coleta, tratamento e destinação final apropriados para os esgotos sanitários. Tais soluções podem ser individuais ou coletivas. Nos centros das zonas urbanas, locais com elevada densidade demográfica, a solução mais indicada é o sistema de coletor público de esgoto em associação com a estação de tratamento de esgoto, para, por fim, após ser tratado, ser lançado em um corpo receptor capacidade de autodepuração compatível (ALENCAR, 2019).

O sistema de esgotamento sanitário objetiva coletar, transportar, tratar e dispor das águas residuais provenientes de residências e industrias. Logo essas águas são classificadas de acordo com a sua procedência, pois tanto as alterações físico-químicas quanto as biológicas são diferentes dependendo da origem da água (FREIRE, 2017).

Os esgotos domésticos são subdivididos em águas negras e cinzas. A primeira é oriunda de instalação sanitárias, já a segunda tem procedência de banhos, limpezas e uso doméstico em geral. No caso dos esgotos industriais, é necessário se ater ao potencial poluidor do afluente

gerado, dado que estes podem conter metais pesados, óleos, ácidos ou demais substâncias químicas. Por isso, a inserção desse resíduo na rede de coleta deve ser minuciosamente analisada, e caso seja necessário, deve passar por um tratamento prévio de responsabilidade da indústria geratriz (FUNASA, 2015).

No entanto, seja qual for a classificação da água residual, é importante que ela seja completamente isolada do contato humano de maneira direta até que a mesma passe pelo tratamento adequado. Logo, o objetivo principal do sistema de esgotamento sanitário é prover a disposição adequada para as águas residuais, seja para reutilização ou reintrodução na natureza.

Em geral, de acordo com Mascaró e Yoshinaga (2013), um sistema de esgotamento sanitário é subdividido em cinco etapas básicas. A primeira é iniciada a partir do momento que ocorre a geração de águas residuais, em seguida ocorre o armazenamento ou a descarga no sistema coletor, que por sua vez, é responsável por realizar o afastamento dessa água e direcioná-la para o devido tratamento e por fim, ao reuso da mesma ou sua disposição final (SILVA, 2017).

Essa divisão também é apresentada pela FUNASA (2015), que apresenta que o sistema convencional de esgotamento sanitário é geralmente dividido em (i). Bacia de drenagem, (ii). Ligação predial, (iii). Coletores: coletor tronco, coletor principal, coletor de esgoto ou coletor público e rede de esgoto, (iv). Interceptores, (v). Emissário: tubulação com a atribuição de transportar os esgotos a um destino conveniente, antes ou após o tratamento dos esgotos, sem receber contribuições ao longo do seu percurso, (vi). Estação elevatória de esgotos (EEE), (vii). Estação de tratamento de esgotos (ETE), (viii). Disposição final (ABNT, 1986, 1992, 1996, 2011, 2016).

Implementar uma abordagem simples para um a integração gradual de tecnologias de saneamento orientadas a recursos permite uma avaliação de sistema integrado para perspectivas futuras (GARCIA & ALVES, 2019). A falta de planejamento integrado, de rede coletora de esgotos e de drenagem pluvial em bairros residenciais propicia condições de ligações clandestinas dos domicílios nas tubulações de infraestrutura urbana (CORDEIRO *et al*, 2020), especialmente devido apenas 60,9% dos domicílios urbanos brasileiros possuírem coleta de esgotos sanitários (SNIS, 2019).

#### 2.1.4. Sistema de Captação e Distribuição de Água

A priori, Fundação Nacional de Saúde (2015) apresenta o sistema de abastecimento de água para consumo humano como o conjunto de instalações composto por obras civis, materiais e equipamentos, com finalidade na produção e distribuição canalizada de água potável para toda população, a cargo do poder público, ainda que administrado em regime de concessão ou permissão.

Esse sistema objetiva fornecer a sociedade água de qualidade para os diversos tipos de utilização, como consumo, limpeza, recreação, etc. Logo, a vasão proposta deve ser coadunável com a real necessidade da população, sendo assim necessário um dimensionamento coerente para a rede de tratamento, bombeamento e reserva. Além do mais, esse sistema não deve alterar os requisitos de qualidade da água após o tratamento (REZENDE, 2018).

Tal sistema é basicamente dividido em 4 etapas, sendo elas a adução, tratamento, armazenamento e distribuição. A primeira delas, também conhecida como captação de água, refere-se ao processo de retirar a água do manancial, seja ele um rio, um lago ou até mesmo um aquífero. A captação é uma parte do sistema de abastecimento de água que representa o conjunto de instalações e equipamentos envolvidos no processo de extração de água do manancial, com o intuito de, posteriormente, lançá-la no sistema de abastecimento. O tipo de captação depende do manancial e do equipamento usado na captação (ABNT, 1992).

Já a adução consiste no processo, além do conjunto de elementos, encarregados de transportar a água coletada na etapa anterior ao devido tratamento em uma estação. O tratamento, por sua vez, é o processo de retirada de impurezas da água deixando-a potável e ocorre nas Estações de Tratamento de Água (ETA).

O armazenamento refere-se ao conjunto de reservatórios, sejam eles à montante ou à jusante da rede de distribuição, que possui função de compensar a vasão de produção e consumo. Logo, ele concede que o tratamento ocorra de maneira constante ainda que o consumo apresente variação no decorrer do tempo (HELLER, 2006; FONTANA *et al*, 2020).

Por fim, a etapa de distribuição representa o transporte da água já potável para o local de consumo. Existem dois tipos de tubulações responsáveis pelo transporte da água: a principal e a secundária. A primeira necessita de um diâmetro maior e abastecem as tubulações secundárias, que por fim, abastecem as edificações (FREIRE, 2017).

A rede de distribuição de água é composta pelo conjunto de tubulações, conexões, registros e peças especiais, e tem como função fornecer a água de forma contínua, a todos os

usuários do sistema. A rede de distribuição de água pode ser classificada de acordo com seu tipo em (ABNT, 2017):

- Rede ramificada: possui uma tubulação principal, da qual seguem tubulações secundárias. Trata-se de uma rede alimentada por um somente ponto.
- Rede malhada sem anel: a partir da tubulação principal seguem tubulações secundárias que se interconectam, de modo a evitar falta abastecimento nos pontos extremos.
- Rede malhada com anel: conta com tubulações com maiores diâmetros denominados de anéis, que circundam a área abastecida e alimentam as tubulações secundárias, de modo a permitir a alimentação de um mesmo ponto por diversas vias, o que diminui as perdas de carga.

A execução de serviços de abastecimento de água acarreta em benefícios, tais como o controle e prevenção de doenças, a promoção de hábitos higiênicos e saudáveis e a melhoria da limpeza pública, que tem como resultado um rápida e sensível melhoria na saúde coletiva e na qualidade de vida de uma comunidade (LIBANIO, 2010; ALENCAR, 2019).

#### 2.1.5. Energia e Telecomunicações

Ao mencionar os sistemas de infraestrutura também é necessário mencionar o sistema de energia, que objetiva prover a energia necessária para a população, a exemplo da iluminação, uso de aparelhos domésticos, transportes, etc. Este sistema é subdividido de acordo com a fonte que viabiliza o aproveitamento, elétrico ou a gás, sendo ambos maior utilizados no ambiente urbano diante da agilidade de manipulação pelos usuários (REZENDE, 2019).

Ainda dentro da temática, existe o sistema de telecomunicações. De acordo com Freire (2017), é importante evidenciar que a rede de telefonia foi criada para transmitir dados de voz de um local para outro. Porém, com a chegada da internet que, por sua vez, é capaz de transmitir diferentes tipos de dados além da voz, como imagens, documentos e vídeos, a rede de telefonia se mostrou insuficiente para tal demanda. E essa limitação foi crucial para a criação de novas tecnologias que permitissem que todos esses dados fossem compartilhados em conjunto e com alta velocidade, como o surgimento da banda larga, por exemplo.

Esses serviços são geralmente os últimos a serem instaladas nas cidades, representadas principalmente por serviços de telefonia, internet, televisão e redes com particularidades para controle de serviços, como monitoramento de tráfego. Esse sistema de comunicação modificou completamente as relações interpessoais e comerciais, já que não era mais necessário o

deslocamento físico para troca de informações, feita de maneira instantânea por meio digitais (ZMITROWICZ & NETO, 1997; FERREIRA & NASCIMENTO, 2020).

Observa-se então, que a rede de comunicação apresenta grande influência no modo de vida da população assim como no desenvolvimento das cidades. Porém, é necessário destacar que apesar de já ser bastante disseminada, as redes de comunicação não são completamente acessíveis a toda a sociedade e também necessitam de estabilização e eficiência (FREIRE, 2017).

## **2.2. Interferências entre as Redes de Infraestrutura Urbana**

Frequentemente as infraestruturas urbanas, como redes de drenagem urbana, água, e esgoto estão localizadas sob as vias públicas. Essas infraestruturas geralmente se encontram de forma não harmoniosa, dadas as interferências causadas principalmente por escavações feitas para acessar os utilitários ou seus arredores. Em locais com grande densidade de edificadas, com alta taxa de ocupação do espaço subterrâneo e alto fluxo de veículos, a execução dessas obras gera impactos sociais, econômicos, ambientais, na mobilidade e logística urbana de elevada magnitude (ALENCAR, 2019).

Uma situação bastante frequente decorrente das atividades de implantação ou manutenção das redes de esgotamento sanitário e abastecimento de água é a remoção e deterioração dos pavimentos presentes nas vias. De acordo com Santos (2018), é necessário bastante cautela durante a pavimentação sobre valas, pois a recomposição dos pavimentos carece de atenção em suas diversas etapas, e não apenas na camada superficial, um fator que dificilmente é levado em consideração pela equipe responsável pela execução.

Ainda sobre a abertura e fechamento de valas para os serviços necessários às redes de água e de esgoto, existe a possibilidade de ocorrer problemas correspondente à repavimentação. Dentre eles se destacam: a deterioração das áreas localizadas nos arredores da vala, muitas vezes decorrente da demora para recomposição das áreas afetadas, e também a ruptura do pavimento reconstituído, podendo ser ocasionada pela a insuficiência de espessura ou má execução do serviço. Outros problemas atrelados a essa temática são os recalques do pavimento reconstruído, a desagregação do revestimento asfáltico a quente, e a reconstituição da camada de rolamento acima do nível do pavimento pré-existente AUGUSTO JR *et al*, 1992; STUCHI, 2005; AZAMBUJA, 2009).

É preciso levar em consideração que, de acordo com o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos, os remendos nos pavimentos também são considerados defeitos quando

provocam desconforto devido à solicitação do tráfego, ao emprego de materiais de má qualidade e aos problemas construtivos (BRASIL, 2006).

Outra influência que precisa ser levada em consideração é a do sistema de drenagem urbana sobre o sistema de coleta de esgoto. De acordo com dados de medições em redes coletoras ou estações de tratamento, a presença de águas pluviais nestas influenciou de maneira negativa no sistema, seja em alterações da vazão ou na concentração de poluentes, dificultando o processo de transporte assim como o tratamento do efluente (REDA, 2006; MIRANDA *et al*, 2018).

Ainda no que se refere aos sistemas de infraestrutura localizados no subsolo urbano existem algumas regras de hierarquia que atuam na disposição física dos elementos com o intuito de não prejudicar o funcionamento das mesmas bem como não ocasionar acidentes. Sobre o tema, Mascaró (2005) relata que quando o sistema energético se encontra no subterrâneo, como as redes de eletricidade e gás, é necessário um cuidado ainda maior quanto a sua localização para cumprir com os quesitos de segurança. No caso da rede de gás, é necessário que os dutos sejam exclusivos e com sistema de ventilação específico. Já a rede elétrica deve ser alocada em dutos de concreto. Esse modelo também é seguido pelas redes de telefonia. Como as redes de água e esgoto estão localizadas a uma profundidade maior, com a rede de esgoto sempre abaixo da rede de água potável, com o intuito de evitar contaminação em casos de vazamentos (MCAULAY, 1988; OLIVEIRA *et al* 2019).

Segundo as observações feitas por Santos (2013), mesmo quando um sistema foi projetado para funcionar com o esgoto separado da água pluvial, seja pela falta de fiscalização adequada ou pela dinâmica desordenada do meio urbano, na realidade ocorre uma interferência não somente proveniente da existência das águas da chuva nos esgotos, como também o inverso. Logo, essa mútua interferência acaba alterando os parâmetros de quantidade e qualidade de ambas as redes.

Ainda segundo o autor, independentemente do tipo do sistema de esgotamento sanitário, existirá a mistura entre as águas provenientes da chuva e as residuais, o que gera problemas tanto operacionais quanto de tratamento, o que acaba gerando as falhas na operação do sistema como um todo.

Gastaldello (2012) também afirma que as redes de infraestrutura quem se localizam no subsolo compartilham o mesmo espaço de maneira desordenada, e mesmo que os elementos se apresentem em sistemas distintos, pode apresentar interferência uns nos outros. Tal intercessão podem acarretar adversidade diversas, como a interrupção do fornecimento dos serviços, vazamentos, explosões, dentre outros.

Associada aos problemas sobre a influência de uma rede nas demais, existe a preocupação com as adversidades ligadas a expansão das redes de infraestrutura já existentes ou na criação de novas redes em locais já urbanizados é o fato de todos os sistemas presentes já se encontrarem consolidados, além de geralmente não existir um cadastro único para o registro das redes. Logo, durante alguma seção de manutenção ou expansão de algum dos sistemas, as concessionárias ou empresas responsáveis apresentam conhecimento da existência das demais redes, porém não podem indicar com precisão sua localização sem que haja a procura física dos elementos, muitas vezes por meio de processos destrutivos (CAMPOS et al, 2006).

De acordo com Oliveira *et al* (2019), existe um aumento da necessidade de passagem de elementos de infraestrutura no ambiente público urbano, dado que o mesmo local precisa alocar equipamentos distintos, sejam estes iluminação, água, esgoto, drenagem, telefonia, oleodutos, eletricidade, gasoduto dentre outros. Além destes, também é importante destacar os elementos localizados na superfície do solo, como os pavimentos, passeios, arborização, sinalização de trânsito, entre outros elementos.

Logo, é possível observar que diante da complexidade dos conjuntos de elementos de cada sistema de infraestrutura, assim como a coexistência deles, envolve desafios durante a etapa de planejamento, além da necessidade de uma coordenação de projetos efetiva, fiscalização de execução de obras e uma integração de serviços durante a etapa de gerenciamento entre os sistemas. Algumas cidades brasileiras foram decretadas normas que impõem que as empresas e concessionárias realizem o devido aterramento de todos os elementos das redes implementadas, no entanto nem sempre esse serviço se concretiza. Observa-se que existe um bloqueio para o cumprimento dessas leis, principalmente devido aos custos alegados pelas concessionárias, já que estas muitas vezes não concordam em arcar com despesas da substituição do modelo de distribuição anteriormente adotado (STRUHEL e MORETTI, 2012).

Além dos impasses que estão propícios a acontecer quando o mesmo espaço urbano é compartilhado com diversas redes de infraestrutura, também é necessário apontar nas dificuldades quanto a gerência das redes, uma vez que além dos serviços públicos também existem serviços privatizados. O que ocorre é que, frequentemente as empresas privadas responsáveis por determinado serviço elaboram seus projetos e planejam o gerenciamento da rede de maneira independente, sem levar em consideração o compartilhamento do espaço com os demais sistemas (STRUHEL e MORETTI, 2012).

Os mesmos autores ainda citam que, nas relações entre os sistemas de infraestrutura e o espaço disponível, evidenciam-se quatro situações distintas: rede privatizada no espaço público, redes públicas no espaço privado, redes públicas no ambiente público e, por fim, redes privadas em espaço privado. Dentre estas, a primeira situação é a mais frequente após os constantes processos de privatização. No entanto, durante esse processo muitas vezes dados ou informações acerca da rede podem se perder, e durante a aplicação de novas tecnologia, tornando muitas vezes as antigas antiquadas. Além disso, adversidades também são geradas diante da falta de fiscalização do gerenciamento dessas redes pelo poder público.

Ainda no que se refere a dificuldade de gerenciamento de redes coexistentes no mesmo espaço urbano, o aumento da população pode ser evidenciado como um dos fatores para tal dificuldade. Uma vez que gradativamente os sistemas se tornassem cada vez mais subdimensionados, tornando por vezes necessária a ampliação do sistema, sendo esta muitas vezes projetada de maneira independente e sem levar em consideração a existência dos demais elementos dos sistemas já existentes. Além disso, com o avanço das tecnologias, alguns elementos podem se tornar obsoletos, e ainda ocuparem parte do espaço urbano (MICHEL et al, 2013).

Corsini (2014) destaca a importância do mapeamento das redes de infraestrutura urbana diante necessidade de gerenciamento concomitante além da prevenção de acidentes. O autor cita como exemplo os problemas em tampas de poços de visita, e a falta de sinalização ou proteção do local que engloba o serviço, além da possibilidade da paralização do fornecimento dos serviços, prejudicando os usuários

No Brasil, a busca pela integração das informações dos sistemas de infraestrutura pode ser exemplificada pelo sistema Geovias desenvolvido pelo Instituto Pereira Passos (IPP), que consiste numa base de dados sobre as redes de esgoto, água, gás, eletricidade e telecomunicações da cidade do Rio de Janeiro, com o objetivo de integrar as informações cadastradas, contribuindo para o desenvolvimento e licenciamento das obras de infraestrutura. (INSTITUTO PEREIRA PASSOS, 2011).

Também é possível observar a procura por melhorias na organização dos registros das redes de infraestrutura no Canadá, em que o governo em parceria com Federation of Canadian Municipalities (FCM) e o National Research Council (NRC), desenvolveram o Infraguide através de um programa de infraestrutura (Infrastructure Canada Program – IC), que é considerado um guia para o gerenciamento das infraestruturas dos municípios do país (MICHEL et al, 2013).

Ademais, as cidades modernas sofrem devido as mudanças climáticas, o crescimento da população, a redução e a poluição dos sistemas naturais e o rápido envelhecimento da infraestrutura. Esses desafios se refletem em uma variedade de problemas, dentre eles as enchentes, falhas no fornecimento de energia e questões de doenças devido à falta de água potável. Tais fatos demonstram as linhas de falha da gestão da infraestrutura urbana, e também revelam a natureza complexa e interconectada dos sistemas naturais e sociais que formam a estrutura das cidades modernas.

### **2.3. Infraestrutura e Governabilidade**

Um dos entendimentos sobre políticas públicas brasileiras é que o aumento de investimentos em infraestruturas possibilita o crescimento econômico-social. Acredita-se que com esse tipo de investimento é possível atender as necessidades da população quanto aos serviços públicos de qualidade, proporcionando-a melhores condições de vida. No entanto, ao longo da última década, foi possível verificar que os recursos aplicados em sistemas como transporte, elétrico, saneamento básico e telecomunicações representaram menos de 2,5% do produto interno bruto (PIB) do país (GOMIDE e PEREIRA, 2018).

Paralelo a esse cenário, observou-se que no ano de 2009, a taxa de investimento em infraestruturas dos países pertencentes a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) chegou a cerca de 4,1% do PIB, e de 3,1% em 2014. Já a exemplo da China, houve um investimento de 8,5% do PIB no ano de 2013 no mesmo setor (ANHEIER E ALTER, 2016).

Logo, é necessário destacar a ligação e a importância que as políticas públicas detêm sobre a os sistemas de infraestrutura urbana. De acordo com Silva (1999), tanto as políticas municipais quando as metropolitanas foram desalentadas perante a dessimetria entre os limitados instrumentos de gestão (como planos diretores, leis de ocupação e uso do solo, etc), e o real poder que cada sistema de infraestrutura estagna sobre a organização do território urbano (DOMINGOS, 2004).

Ainda segundo o mesmo autor, é provável que raramente as empresas responsáveis pelos serviços de infraestrutura de uma cidade sejam submetidas às diretrizes estabelecidas pelos planos locais, a não ser que estas fossem totalmente congruentes com a maneira de desenvolvimento previamente determinada.

No Brasil, segundo Frischtak e Noronha (2016), alguns projetos podem ser citados como exemplos de empenhos governamentais no setor de infraestrutura, como o Programa de

Aceleração do Crescimento (PAC), vigente até o ano de 2014. No entanto, mesmo tendo proporcionado um aumento no volume de aplicações no setor, o mesmo recebeu críticas por anunciar resultados incompletos no que diz respeito a implantação e a qualidade dos projetos divulgados.

Além de custos excessivos e atrasos, as informações acerca dos valores orçamentários apresentaram desconformidade entre o comprometimento de recursos e a realização efetiva, o que pode indicar atribulações do governo na execução da proposta de investimento em infraestrutura (ALMEIDA, 2014).

Logo, é possível notar que a dificuldade de investir em infraestrutura no Brasil alcança parâmetros além do âmbito fiscal, englobando também questões político-administrativas. Além disso, a implantação de projetos de investimentos também é demarcada pelo envolvimento de atores distintos além dos limites governamentais, que por sua vez, apresentam interesses variados (GOMIDE e PEREIRA, 2018).

Diante do atual modelo institucional definido no Brasil, a maior parte da função de compatibilização entre os interesses públicos e privados é concedido pelas entidades mediadoras setoriais. No entanto, para que tais atividades sejam devidamente efetuadas é necessário que tais entidades sejam devidamente harmonizadas às solicitações do planejamento urbano e setorial, e que as mesmas também possuam instrumentos capazes de exercer sua obrigação de organização do território.

Ainda sobre o atual sistema político brasileiro, regido pela Constituição Federal de 1988, que, embora seja considerada a mais democrática da história do Brasil, apresenta características que se entrelaçam de maneira complexa o que nem sempre torna pressentível a ação governamental visto que o sistema federativo, ao tornar a administração pelos estados e municípios de maneira autônoma e dividir as obrigações das políticas entre os entes federativos, tornou essencial a administração intergovernamental. Além disso, com a implementação dos espaços para participação social nas políticas públicas também permitiu a inserção de mais atores na ação decisória.

Também é importante destacar que as relações entre o poder Executivo e Judiciário ocorrem a partir da lógica da governabilidade, visto que o presidente da República faz a nomeação de seus ministros e cargos de comando em coerência a coalizações partidárias.

Ainda no que se refere ao gerenciamento pelos estados e municípios, Marenco, Strohschoen e Joner (2017), afirmam que existe a necessidade de aprimorar os mecanismos do gerenciamento interfederativa a partir no envolvimento dos entes subnacionais no decorrer de toda a vida útil do projeto, provendo uma gestão prévia de conflitos e planejando os conflitos

que podem ser gerados por singularidades locais. Nessa temática, também pode ser incluída as capacidades técnicas distintas dos municípios brasileiros no que se refere a elaboração e execução de projetos.

De acordo com Gomide et al (2016), para o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) o planejamento e a seleção adequada são os principais requisitos para o sucesso de políticas e projetos de investimento. Esses, por sua vez, estão relacionados com: a produção de estudos de viabilidade servindo de embasamento para as decisões finais sobre as obras, a comparação entre projetos antes da escolha definitiva, a elaboração de projetos de serviços básicos, realização do mapeamento dos riscos envolvidos, além de possíveis projetos de desapropriação e identificação de *stakeholders*. Tais ações são consideradas importantes para atestar que as escolhas realizadas sejam as melhores opções para atingir os objetivos governamentais, além de evitar imprevistos durante a fase de execução.

De acordo com Raiser et al (2017), grande parte da ineficiência brasileira, no que se refere ao gasto com infraestrutura, ocorre pela capacidade estatal do planejamento, formulação seleção e orçamento de projetos de investimentos. Logo, o desafio é elevar a qualidade técnica da tomada de decisões, uma vez que o planejamento deve ser visto como um dispositivo para tais decisões.

No entanto, pode-se observar que os problemas de planejamento e seleção de infraestrutura não acontecem apenas no Brasil. Flyvbjerg e Sustein (2007; 2014) com base nos dados de 2 mil projetos implantados em 104 países, no período de 1927-2013, apresenta que em torno de 80% registraram custos em excesso e que 40% do mesmo total mostram uma deficiência quanto aos benefícios previstos. O autor também aponta que o desempenho escasso da implementação dos projetos resultou na distribuição desigual dos impactos ambientais calculados de maneira inadequada.

Segundo Flyvbjerg e Sustein (2015), a efetividade de projetos de infraestrutura é um desafio para diversos países, já que apresentam muitas vezes interfaces complexas e a não apresentam padronização das tecnologias utilizadas. Isso pode acarretar em elevados riscos aos empreendimentos tornando o gerenciamento destes um novo desafio. Logo, a implantação de serviços no setor tem apresentado um desempenho aquém do planejado devido aos atrasos na execução, acréscimo no orçamento e benefícios abaixo das expectativas (DOPAZZO, 2020).

Como resultante das adversidades de desempenho durante a execução dos projetos de investimento em infraestrutura superintendidos pela administração pública, muito se defende o maior envolvimento do setor privado no setor, a partir das denominadas parcerias público-privadas (PPPs). No entanto, sem a participação efetiva do Estado no que se refere a

garantia na qualidade de projetos, assim como na administração e regulação dos agentes, o investimento por parte do setor privado não se concretiza (IPEA, 2018).

De acordo com Fiani (2018), é necessário ficar atento para os valores de transação compreendidos na viabilização dos PPPs, já que a governança dessas parcerias envolve grande quantidade de agentes privados, como empreiteiros, bancos, fornecedores e investidores, ocorrendo muitas vezes uma concorrência entre si. Logo, tais singularidades atreladas a complexidade e incertezas referentes aos projetos de investimento, podem acarretar em comportamentos oportunistas por parte dos agentes envolvidos. Ou seja, é imprescindível a existência da relação e interação entre os agentes públicos e privados.

Portanto, é possível verificar que o investimento e o gerenciamento da infraestrutura urbana ainda é um conceito incipiente no Brasil, onde o foco da gestão da cidade ainda se limita à visão da administração pública, que se preocupa em gerir o aparato institucional para a viabilização dos serviços públicos. Avanços na compreensão da importância de perspectivas como a governança da sociedade urbana estão criando oportunidades para a gestão urbana conectar entidades públicas, privadas e do terceiro setor, sem fins lucrativos e/ou comunitárias, para a formulação e execução de políticas públicas por meio de leis, programas, projetos e ações, considerando os impactos ambientais, sociais e econômicos para o desenvolvimento local (PROCOPIUCK, SEGOVIA & PROCOPIUCK, 2020).

A gestão estratégica é fundamental para definir objetivos, monitorar mudanças de maneira compartilhada e entender os impactos sociais, distributivos e ambientais, bem como para fornecer um ambiente onde a inovação, tanto do setor público quanto do privado, pode ser gerada (PANGBOURNE *et al*, 2018).

Grandes cidades geralmente têm um planejamento de espaço atenciosamente projetado, com a área residencial distante da área industrial devido ao potencial problema de poluição ambiental. Desse modo, para lidar com as emergências de saúde pública, a infraestrutura necessária para a governança urbana moderna precisa ser melhorada. Estabelecer um modelo visual de qualidade para explorar essas configurações espaciais sofisticadas é uma tarefa importante, mas desafiadora. Esse modelo pode facilitar muitas aplicações, como planejamento urbano, avaliação ambiental, transporte inteligente e governança urbana (XU *et al*, 2020).

É evidente a carência de gerenciamento de infraestruturas urbanas em países em desenvolvimento, como o Brasil, visto a ausência ou precariedade de um planejamento estratégico do meio urbano. A falta de planejamento prejudica a análise, previsão, controle e tomada de decisões eficientes com relação ao ordenamento urbano. As infraestruturas públicas das cidades brasileiras estão quase sempre defasadas, ao mesmo tempo em que a população

aumenta, a demanda por serviços públicos cresce, leis rigorosas e tecnologia são exigidas, e as finanças são limitadas. Assim, é necessário um planejamento de curto, médio e longo prazos, alta complexidade de gerenciamento e implementação de novas ferramentas. Entretanto, o que, de fato, se tem verificado em quase todas as cidades brasileiras é a ausência de projetos integradores entre as diversas áreas da infraestrutura urbana (SILVA, 2017; ALENCAR, 2019).

## 2.4. Sistemas de Gerenciamento Integrado de Infraestruturas

Um Sistema de Gerência da Infraestrutura Urbana (SGIU) é responsável por unificar as atividades fundamentais para as etapas de planejamento, projeto, construção, manutenção e reabilitação a partir de uma sequência de metodologia de análises lógicas e racionais. No cenário internacional, algumas cidades já apresentam seus próprios sistemas e metodologias de aplicação.

De acordo com Zhang *et al* (1998), as melhorias nos sistemas de gestão são necessárias para apoiar uma tomada de decisão mais eficaz, já que, segundo os autores, um sistema de gerenciamento de infraestrutura é um sistema para coordenar, avaliar e manter os sistemas de infraestrutura da maneira para qual foram premeditados (HUDSON & HAAS, 2011; PIGOZZA, 2015).

A ideia de um sistema de gerenciamento ideal, segundo Michel *et al* (2017), seria aquele capaz de coordenar a execução dos trabalhos durante a vida útil da infraestrutura, sendo capaz de maximizar o seu desempenho e manter os serviços ativos. Ainda de acordo com os autores, os sistemas de gerenciamento de infraestruturas podem utilizar das tecnologias atuais e serem grandes instrumentos com diversas aplicações na administração pública, como por exemplo, relacionar a gerência aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), com o *Global Position Systems* (GPS), as bases de dados convenientes, *Smart Systems* e demais tecnologias de comunicação.

Nos trabalhos desenvolvidos por Zhang *et al* (1998), é possível ter contato com os critérios chave para o desenvolvimento de um sistema de gerência integrado. Segundo os autores, os sistemas de gerenciamento e os bancos de dados criados e utilizados pelas agências de transporte ainda nos anos 80 e 90, eram específicos para aplicativos ou projetos. No entanto, à medida que novos sistemas são desenvolvidos, aproveita-se as vantagens das mais recentes tecnologias disponíveis. Dessa maneira, variados sistemas de gestão evoluíram baseados em diferentes plataformas computacionais. Além disso, alguns subsistemas independentes, com

bancos de dados separados, geralmente apresentam itens de dados duplicados e referências inconsistentes de localização e identificação. Como consequência, sistemas de uma mesma agência são frequentemente incompatíveis em sua operação, o que impede o fluxo de informações e o compartilhamento eficiente de dados.

A partir dessa perspectiva, um sistema de gerenciamento integrado, capaz de coordenar e compartilhar dados necessários para diversos fins de gerenciamento, pode eliminar a duplicação de dados e as demais inconsistências.

De acordo com Wu *et al* (2015), os sistemas de infraestrutura integrados podem ser descritos como uma combinação de dois ou mais sistemas de infraestrutura que trabalham com uma consciência explícita um do outro. Esta integração pode ocorrer em várias escalas (urbana, rural ou regional) para todos os ecossistemas (social, urbano, terrestre, hídrico e climático) e entre diferentes estruturas ou setores (social, físico, saúde, econômico e político). Um sistema de infraestrutura integrado tem uma abordagem centrada nas eficiências consideráveis e benefícios sinérgicos sustentáveis podem ser acumulados ao longo do ciclo de vida de componentes individuais, entendendo e otimizando suas interações, identificando afinidades e conflitos, e gerenciando sua demanda e atuação em bases de curto, médio e longo prazo. Isso gera uma série de vantagens práticas, ao identificar pontos críticos em cada componente de infraestrutura, bem como os impactos de eventos extremos podem ser mitigados.

Essa abordagem holística também é crítica para permitir que os formuladores de políticas e decisões avaliem as eficiências de todo o sistema de investimentos de capital, alocações orçamentárias operacionais e cumprimento de metas de sustentabilidade. Essa abordagem também apresenta a capacidade de modelos integrados de sistemas de infraestruturas em capturar os efeitos mútuos entre elementos espaciais, humanos, políticos e procedimentais, o que não é possível ao examinar isoladamente um único modelo (WU *et al*, 2015).

Uma compreensão completa dos tipos de interdependência é fundamental para o desenvolvimento de modelos integrados de sucesso. Rinaldi *et al* (2001) diz que interdependência de infraestrutura é uma relação bidirecional entre dois ou mais sistemas através da qual o estado de cada infraestrutura influencia, ou está correlacionado, ao estado da outra. A interdependência entre os sistemas e seus setores pode ser definida com base em quatro categorias: física (fluxo material ou físico de uma entidade para outra); cyber (transferência de informações); geográfico/espacial (proximidade física que afeta os componentes em vários sistemas de infraestrutura); e lógica (dependências diferentes das três categorias acima).

Zhang e Peeta (2011) introduziram outra classificação de interdependência entre os sistemas de infraestrutura como (SUO *et al*, 2019):

- (i) funcional (a funcionalidade de um sistema requer entradas de outros sistemas, como por exemplo, energia elétrica necessária para o funcionamento de sistemas como controle de tráfego);
- (ii) físico (por exemplo, o direito de passagem compartilhado entre uma rede de trânsito e uma rede de estradas);
- (iii) orçamentário, interdependência orçamentária para alocação de recursos;
- (iv) oferta econômica do mercado e interdependência da demanda (por exemplo, preço do combustível afetando tanto a oferta quanto a demanda de transporte; eventualmente afetando a oferta e a demanda por combustível).

Compreender a natureza das interdependências de infraestrutura e técnicas de modelagem de rede complexas são partes essenciais do desenvolver uma estrutura viável. Fatores externos, como políticas e várias estratégias de infraestrutura, são entradas que precisam ser investigadas por meio de uma estrutura que funcionará como uma ferramenta de suporte à decisão (SAIDI *et al*, 2018).

Thacker *et al* (2017) descreveu uma rede de infraestrutura multicamadas de sistema para sistema, com componente de demanda com clientes com menor demanda de representação e componentes de fornecimento (ou infraestrutura) com ativos com o menor nível de representação no modelo sistema para sistemas. Tal arranjo coletivo de ativos interconectados produz uma rede com interações complexas entre ativos. As camadas superiores incluem subsistemas que suportam a produção ou o transporte em massa de um serviço em grandes extensões espaciais. As camadas inferiores consistem em subsistemas que oferecem suporte à distribuição localizada de um serviço a ser entregue ao cliente em distâncias menores, mas em números maiores. Eles assumem três tipos de borda diferentes de intrasetorial, ponte e intersetorial, fornecendo a conectividade que une várias escalas operacionais entre os sistemas.

De acordo com Saidi *et al* (2018), uma visão holística é fundamental na modelagem de infraestrutura integrada, uma vez que as redes de infraestrutura e suas dependências são altamente não lineares e complexas e não podem ser previstas com os modelos tradicionais. Há uma necessidade clara de foco a longo prazo, a fim de examinar os impactos e a avaliação de políticas e cenários futuros e seu impacto no ambiente geral, social, econômico e de adequação é crucial, especialmente com o aumento da interdependência dessas infraestruturas.

Logo, alguns pontos podem ser considerados primordiais para o desenvolvimento da integração de um sistema de gerência de infraestruturas como a padronização de dados, dos

procedimentos de análise, a integração de políticas e tomadas de decisão, o compartilhamento automático de dados, além da frequente atualização de softwares. Saidi *et al* (2018) diz que, embora existam as ferramentas e a teoria para ter uma abordagem holística e integrada para sistemas de infraestrutura, a aplicação real e os estudos empíricos ainda são limitados ao cenário internacional.

#### 2.4.1. Breve apresentação de aplicações em âmbito internacional

Em Barcelona, durante a década de 1990, foi implementado o sistema *Acefat*, pela empresa de mesmo nome, responsável por registrar dados e plantas cadastrais das empresas envolvidas no fornecimento de serviços de utilidade pública na base de dados *eWise* (*Web de Información de Servicios Existentes*). Essas informações são disponibilizadas por meio de consultas através do portal, assim como em formato SIG. Também foi criado o *eGios* (*Información general del espacio público*), em que todos os processos de licenciamento e intervenções são registrados eletronicamente (DÍAZ, 2014).

O Canadá também apresenta experiência no que diz respeito ao planejamento e gestão urbana. O governo canadense, com a aplicação do programa *Infrastructure Canadá Program*, em parceria com a *National Research Council* e a *Federation of Canadian Municipalities*, desenvolveram um guia para gerenciamento sustentável para as infraestruturas dos municípios de todo o país, denominado *Infraguide*. O guia é subdividido em ferramentas documentais e em publicações sobre as práticas adotadas e implementadas sobre o gerenciamento, o que serve como apoio aos responsáveis (MICHEL *et al*, 2017).

O guia é baseado em 3 etapas, em que no primeiro momento é modelada a sustentabilidade no qual a prioridade é o planejamento, a gestão dos riscos, os custos no ciclo de vida, o planejamento do capital a longo prazo. Em seguida, ocorre a gestão do trabalho e a modelagem do sistema em longo prazo, coordenação e integração de capitais e gestão financeira (*Work management and System models*). Por fim, no terceiro momento, são incluídos os sistemas de gerenciamento de dados e obras, com inventários, gestão e manutenção, avaliação de condições (*Data and work management systems*).

Com o intuito de atingir os resultados esperados, o *Infraguide* (2002) segue a lógica de realizar 6 questionamentos:

- O que temos?
- Quanto vale?
- Em que condição está?
- O que é preciso fazer?

- Qual prazo para realizar?
- Quanto custará?

Segundo o guia, o desenvolvimento de um modelo de gestão de infraestrutura pode ser alcançado ao serem respondidos tais questionamentos em diferentes contextos: para a água, o esgoto sanitário e os sistemas rodoviários urbanos, além de demais sistemas ativos. O modelo resultante pode ser utilizado para realizar análises e avaliações, incluindo a eficiência de diferentes estratégias.

No Canadá também há estudos sobre o desenvolvimento de sistemas de infraestrutura urbana envolvendo a sustentabilidade. Sahely *et al* (2005) constatou que a pesquisa na área de infraestrutura urbana sustentável reflete a necessidade de projetar e gerenciar a engenharia sistemas à luz de considerações ambientais e socioeconômicas. O principal desafio para o engenheiro é o desenvolvimento de ferramentas práticas para medir e melhorar a sustentabilidade da infraestrutura urbana ao longo de seu ciclo de vida.

A estrutura de sistemas de infraestrutura urbana sustentáveis se concentra nas principais interações e mecanismos de feedback entre a infraestrutura e o ambiente circundante, sistemas econômicos e sociais. Uma maneira de compreender e quantificar esses efeitos de interação é por meio do uso de critérios e indicadores de sustentabilidade. Nesse sentido, por exemplo, um conjunto de indicadores selecionados foram quantificados em um estudo de caso do sistema de água urbano da cidade de Toronto, Ontário, Canadá (SAHELY *et al*, 2005).

Nos Estados Unidos, na Universidade de Cincinnati, em Ohio, houve uma grande discussão a respeito dos sistemas de gerenciamento urbano, no qual os sistemas são conceituados como uma rede de redes (Urban Multiplex), cujos subsistemas incluem a rede elétrica, rede de transporte, águas superficiais e subterrâneas, sistemas de esgoto e água potável e navegação interior interligados aos setores socioeconômico e de saúde pública.

O Manual Internacional de Gerenciamento de Infraestrutura, publicado pelo Instituto de Engenharia de Obras Públicas da Austrália, aborda diretrizes a nível internacional de uma forma bem detalha e ampla ao considerar aspectos como contabilidade, gestão de atividades, planejamento anual, sistema de informação de gestão, objetivos de gerenciamento, plano e política de gestão, práticas e estratégia de gestão, relação custo-benefício, manutenção corretiva, ciclo da vida, operação, riscos, sustentabilidade e tudo que envolva os serviços de infraestrutura e normas internacionais relacionadas.

Na república do Senegal, o Programa Nacional de Desenvolvimento Local do Ministério do Planejamento do Território e Autoridades Locais elaborou o Manual de Contratação Local, que na parte de Guia 3 aborda questões de gestão, cuidado e manutenção investimentos, bem

como os principais conceitos e processos relacionados com o Comissionamento de Obras realizadas em benefício das comunidades. Esse manual tem como intuito relembrar os objetivos, a análise das partes interessadas e seus papéis, as ações a serem realizadas, os acordos e contratos, e por fim os pontos de atenção.

#### 2.4.2. Aplicações no Brasil

Tradicionalmente não ocorreu planejamento nos processos de urbanização da maioria das cidades do Brasil. Esse fato conduz a conflitos, dentre os quais destacam-se os que ocorrem na manutenção, conservação e implantação física das redes subterrâneas e superficiais. Com base nesse cenário, são diversos os impactos negativos mútuos nas redes, na cidade e, por conseguinte em todos os seus usuários (ALENCAR, 2019).

No Brasil, com o processo de privatizações e o surgimento de novas tecnologias em infraestrutura, os meios para a gestão deste serviço se tornaram inadequados. Logo, algumas cidades também já têm apresentado o desenvolvimento de suas próprias metodologias e de aplicação para esses sistemas, como por exemplo a cidade de São Paulo, que em 2005 implantou o Centro de Gerenciamento de Obras nas Vias Públicas – CGVIAS, que também passou a contar com o apoio do sistema de informações georreferenciadas - GeoCONVIAS (mapa e banco de dados), para auxiliar na gestão dos projetos aprovados e em andamento, das obras em execução e das redes existentes, sendo posteriormente agregados no sistema dados das companhias SABESP, COMGAS e ELETROPAULO (REZENDE, 2019).

Um acontecimento recente irá refletir sob uma nova realidade para os SGIU brasileiros, pois em 24 de junho de 2020, o Senado aprovou o novo marco legal do saneamento básico prescrito pelo Projeto de Lei nº 4162, de 2019. Até o momento, as companhias responsáveis pelo fornecimento de redes do saneamento básico precisam obedecer a alguns critérios de prestação de serviços e tarifação, porém atuavam sem concorrência. Com a implantação do novo marco, os contratos em vigor são transformados em concessões com a empresa que irá assumir os serviços. O projeto de Lei também torna obrigatória a abertura de licitação, com o envolvimento de empresas públicas e privadas. E, com a possibilidade de diferentes empresas serem responsáveis pela prestação dos serviços, torna-se ainda mais visível a necessidade da implantação um sistema que ofereça maior concomitância durante a gestão dos sistemas de infraestrutura.

Dentre os serviços técnicos especializados são necessários à vias, existem os Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU), em que ocorre o desenvolvimento uma base comum de dados geograficamente distribuídos, utilizando Sistemas de Informação Geográfica (SIG), capaz compatibilizar a gerência de pavimentos com outros sistemas de gerência da

infraestrutura urbana (água, esgoto, energia elétrica entre outras), de rodovias (SGPR), ferramenta que permite ainda manter todo o cadastro de faixas de domínio de interesse, além de outras informações que cruzem a rodovias, como interferências subterrâneas, linhas férreas ou corpos hídricos, de ferrovias (SGVF) e de aeroportos (SGPA) ou, ainda, elementos particulares das vias, como pontes e viadutos (BARRA, 2017).

Ademais, no Brasil, o Sistema de Gerência de Áreas Urbanas (SIGAU), que é uma Solução de Inteligência Governamental Georreferenciada, consiste na coleta, armazenamento, integração, agregação, processamento, análise e difusão de informações relativas a gestão urbana georreferenciada em nível tático e estratégica de governo, com enfoque da espacialidade e territorialidade, e faz uso de ferramentas de construção e cálculo de indicadores simples e compostos, além de construir modelos de apoio a tomada de decisão através de mapas e gráficos para auxílio na tomada de decisão de maneira rápida e eficaz (SANTOS, 2010).

Um caso de aplicação do SIGAU realizado por Costa *et al* (2007) pode ser citado como exemplo, em que os autores realizaram a análise a partir de uma visão físico-espacial no Parque Municipal do Manguezal do Itacorubi, na cidade de Florianópolis – SC. A partir da utilização do sistema, observou-se que a infraestrutura do esgotamento sanitário era ineficiente.

Em escalar menor, tem-se o exemplo de Bertei *et al* (2014), que procurou desenvolver um sistema de informação que pudesse ser aplicado ao gerenciamento das redes de infraestrutura urbana baseado em um diagnóstico do sistema de informação operacional aplicado às redes de infraestrutura no Instituto Federal Sul Rio Grandense, Campus Passo Fundo. E constatou-se que o sistema agilizou todo o processo de cadastramento, geração de relatórios e consulta de dados, além de proporcionar melhor operacionalização, manter a segurança e integridade das informações armazenadas no banco de dados.

Em um estudo de caso aplicado a gestão de infraestrutura urbana integrada em cidades de pequeno porte, Michel *et al* (2013) propõe uma arquitetura de um sistema de gerenciamento de redes de infraestrutura com base na oferta e demanda de infraestrutura e na gestão integrada das redes. Com base nos levantamentos, foi possível identificar os locais e as redes de prioridade de investimento na zona urbana.

Michel *et al* (2013) concluiu em seu estudo que se pode definir, por meio de inventário e de diagnóstico, como estão sendo executadas as redes de infraestrutura. Além disso, constatou que a comparação da demanda com a oferta indica os locais ou pontos críticos de prioridade de investimento na zona urbana. Também observou que o processo de diagnóstico resultou em dados que propiciam rapidamente a verificação dos problemas apresentados pela rede de infraestrutura.

## CAPÍTULO 2

### 3. METODOLOGIA

O estudo em questão foi desenvolvido a partir das etapas descritas nos seguintes subitens.

#### 3.1. Limitação da Pesquisa

Diante da complexidade do espaço urbano e da quantidade de elementos que o compõe, esta pesquisa foi limitada a verificar os seguintes sistemas de infraestrutura urbana da cidade escolhida para sua realização: pavimentos, rede de coleta de esgoto e sistema de drenagem urbana.

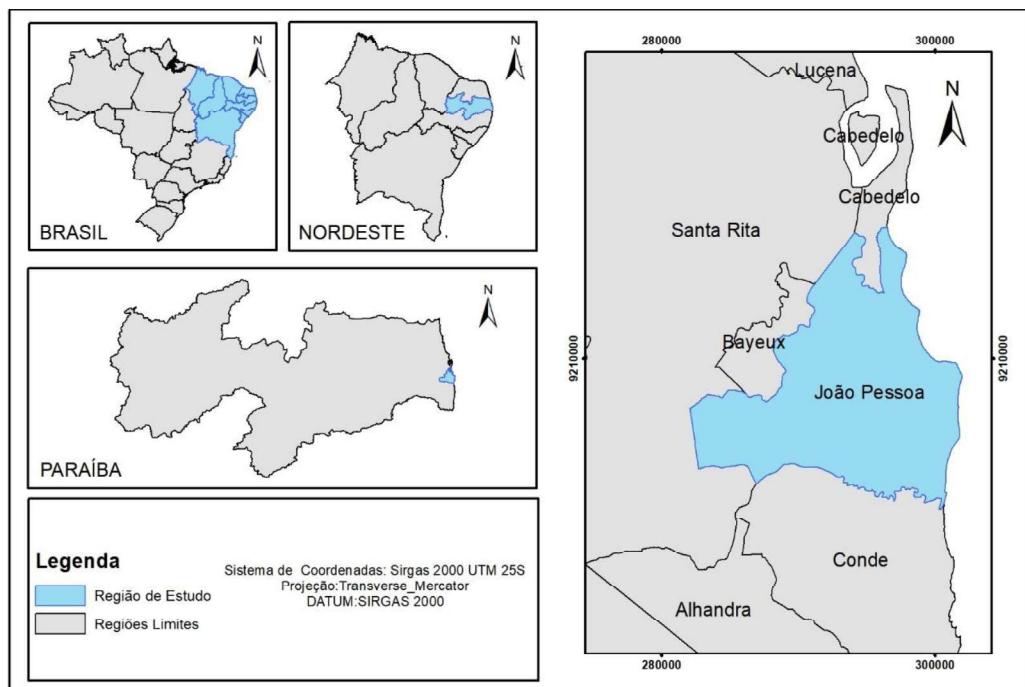
#### 3.2. Tipo de Pesquisa

Quanto à natureza o estudo em questão é considerado como qualitativo, com o intuito de compreender os fenômenos a partir das particularidades do local de estudo. Já quanto à finalidade, encaixa-se como aplicada diante da intenção de solucionar de problemas de interesse imediato, com o desenvolvimento de processos voltados para a necessidade urbana. No que diz respeito a forma de abordagem o estudo se apresenta como descritivo, visando investigar como ocorre a gerência dos sistemas de infraestrutura selecionados para o estudo de caso, baseando-se em observações (entrevistas, levantamento documental e visual).

Por fim, quanto ao delineamento, a pesquisa se encaixa como um estudo de caso com levantamento, visando descrever as variáveis envolvidas no fenômeno da gerência integrada.

#### 3.3. Local de Estudo

A pesquisa foi realizada no município de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, localizada na Região Nordeste do Brasil (Figura 4). De acordo com o IBGE (2020), a cidade possui população estimada de 817.511 habitantes, distribuídos em uma área de unidade territorial de aproximadamente 210,044 km<sup>2</sup>, com densidade demográfica no ultimo censo (2010) equivalente a 3.421,28 hab/km<sup>2</sup>.



**Figura 4 - Local de Estudo**

### 3.4. Definição da amostragem

O trabalho em questão avaliou a gestão integrada de 3 sistemas de infraestrutura. Logo, a definição dos trechos avaliados na pesquisa precisaria ser de acordo com a existência concomitante dos sistemas, ou seja, em todas as vias cujos trechos seriam avaliados, precisariam coexistir o sistema de coleta de esgoto, assim como a pavimentação e a rede de drenagem da via.

A título de levantamento de condição, essa pesquisa foi limitada a considerar apenas pavimentos do tipo flexível.

#### 3.4.1. Tamanho da Amostra

Para que se pudesse determinar o valor exato do tamanho da amostra, era necessário conhecer a extensão das vias que possuíssem pavimentação asfáltica, e que também possuísse os outros 2 sistemas já instalados. No entanto, devido aos impasses mencionados no item 4.3, só foi possível obter a informação sobre a extensão pavimentada.

A solução adotada para o cálculo da quantidade de amostras necessárias para tornar o estudo representativo, foi utilizar apenas a extensão de pavimento asfáltico da cidade, sendo necessário escolher em campo trechos que possuíssem os demais sistemas para análise.

Devido a esse impasse, como intuito de tentar manter a aleatoriedade das amostras, caso o trecho pavimentado determinado não possuísse algum dos demais sistemas analisados, seria escolhido o trecho imediatamente posterior que se enquadrasse no requisito.

De acordo com Albuquerque (2017), os pavimentos da cidade de João Pessoa são do tipo asfáltico, paralelepípedo, parcial e lajota. É preciso considerar também, que nem todas as vias apresentam pavimentação adequada. A extensão de cada tipo de pavimento da cidade estudada é representada na Tabela 1.

**Tabela 1** – Extensão de cada tipo de pavimento em João Pessoa - PB

<b>TIPO DE PAVIMENTO</b>	<b>EXTENSÃO (m)</b>	<b>PORCENTAGEM (%)</b>
Revestimento asfáltico	570.970,38	27,92%
Paralelepípedo	810.572,81	39,64%
Parcial*	21.680,74	1,06%
Não pavimentado	635.000,64	31,05%
Lajota	6.786,33	0,33%
<b>TOTAL</b>	<b>2.045.010,90</b>	<b>100%</b>

\* ruas ou avenidas que estão com uma parte da extensão sem pavimentação e a outra com algum tipo de pavimento.

Fonte: Albuquerque (2017) - Adaptada

A equação (1) foi utilizada para determinação do tamanho da amostra ( $n$ ) com base na estimativa da proporção populacional.

$$n = \frac{p \cdot q \cdot Z^2 \cdot N}{p \cdot q \cdot Z^2 + (N-1) \cdot \epsilon^2} \quad (1)$$

Em que:

$n$ : Número de indivíduos na amostra;

$Z$ : Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado, neste caso para 90%,  $Z=1,64$ ;

$p$ : Proporção populacional de indivíduos que pertence a categoria que estamos interessados em estudar;

$q$ : Proporção populacional de indivíduos que NÃO pertence à categoria que estamos interessados em estudar ( $q = 1 - p$ );

$\epsilon$ : Margem de erro ou Erro Máximo de Estimativa. [Identifica a diferença máxima entre a Proporção Amostral e a verdadeira Proporção Populacional ( $p$ )].

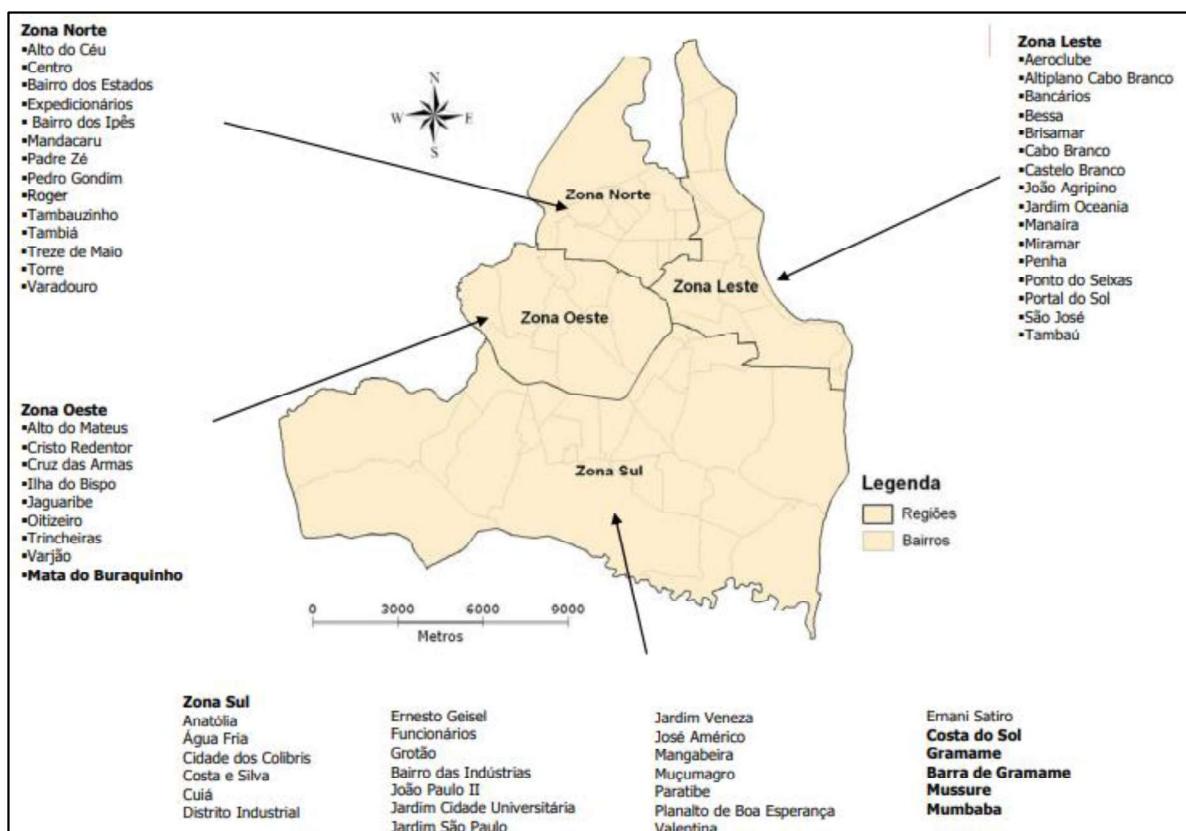
De acordo com Morales (2012) *apud* Tairone (2017), a variação em itens dicotômicos, ou seja, duas respostas que são mutuamente exclusivas, são iguais a  $p \cdot q$  e a maior variância (a maior diversidade de respostas) ocorre quando  $p = q = 0,50$  logo na equação (1), o produto  $p \cdot q$  será sempre igual a  $(0,50) \cdot (0,50) = 0,25$ .

Para definir o tamanho da população foi realizada a divisão de ruas com pavimento asfáltico de João Pessoa (570.970,38 m) pelo tamanho do segmento da amostra (80 m), obtendo o tamanho da **população (N=7.137,12)**.

Ao substituir o valor de cada item na equação 1, obteve-se:

$$n = \frac{0,25 \cdot 1,64^2 \cdot 7137,12}{0,25 \cdot 1,64^2 + (7137,12-1) \cdot 0,1^2} = 66,62 \rightarrow 67 \text{ amostras}$$

Com o intuito de não privilegiar nenhuma área durante a determinação das amostras, resolveu-se utilizar a subdivisão municipal em quatro zonas: Sul, Leste, Norte e Oeste (Figura 5), para delimitar cada local de coleta. Portanto, em cada zona da cidade foi coletado um total de amostras que fosse proporcional à extensão das vias pavimentadas com revestimento asfáltico.



**Figura 5 - Zoneamento da cidade de João Pessoa – PB**

Fonte: Topografia Social de João Pessoa, 2017.

Na Tabela 2, encontram-se os valores da extensão de cada zona de acordo com Albuquerque (2017), juntamente com as respectivas quantidades de trechos necessárias para cumprir com a porcentagem calculada.

**Tabela 2 – Quantidade de Trechos por Zona**

ZONAS	EXTENSÃO (M)	PORCENTAGEM (%)	QUANTIDADE DE TRECHOS
Sul	174.841,24	30,62	20
Leste	159.886,85	28,00	19
Norte	126.619,91	22,17	15
Oeste	109.622,38	19,21	13
Total	570.970,38	100	67

### **3.5. Trechos analisados no estudo de caso**

Como já exposto na tabela 2 no tópico 3.4.1, devido as zonas apresentarem diferentes quantidades de quilômetros pavimentados, foram necessárias diferentes quantidade de trechos para compor uma amostra significativa. Foram considerados trechos que possuam 3 m de largura, que por sua vez, formaram uma área de  $3 \times 80 = 240 \text{ m}^2$  de análise, cumprindo com o requisito especificado pelo ítem 2.1.7 da ASTM D6433 - 2018 ( $225 \pm 90 \text{ m}^2$ ).

As ruas analisadas apresentavam no mínimo duas faixas, logo para facilitar a identificação, cada faixa foi considerada como trecho distinto, por exemplo, em um mesmo levantamento, a faixa pertencente ao lado esquerdo da via era nomeada como trecho 1, e a faixa direita como trecho 2, e assim sucessivamente para as demais.

### **3.6. Levantamento de Dados Com as Instituições Responsáveis**

Para que fosse possível entender como ocorre a comunicação entre os órgãos e as instituições responsáveis pela gestão dos sistemas de infraestrutura selecionados (Prefeitura e CAGEPA), foi programado um levantamento de dados a partir da seleção de documentos e projetos de execução dos sistemas para averiguar a concomitância entre os mesmos.

Também foi previsto uma série de entrevistas com os gestores responsáveis para entender como ocorre o processo de comunicação entre as instituições e as empresas responsáveis, já que os diferentes tipos de sistemas são geridos por deferentes responsáveis.

Esse levantamento foi primordial para a execução de maneira adequada da pesquisa, influenciando diretamente nos resultados alcançados.

### **3.7. Coleta de Dados em Campo**

A coleta de dados em campo foi realizada a partir do levantamento visual das vias selecionadas, para que assim fosse possível visualizar o pavimento, juntamente aos pontos de

encontro deste com o sistema de drenagem urbana e aos arredores dos pontos de manutenção das redes de abastecimento de água e de coleta de esgoto.

Devido as proporções do projeto, uma solução adotada com o intuito de automatizar a captação da condição da via foi a utilização de gravações. A câmera utilizada foi do modelo GO Pro Hero 7 (Figura 6-A), específica para coleta de imagens em movimento e ao ar livre. A câmera foi acoplada na parte frontal do veículo, como ilustrado na Figura 6-B. A velocidade ideal para o levantamento também foi definida durante a pesquisa.



**Figura 6** – Levantamento de Dados Automatizado - A: Detalhe da câmera, B: Câmera acoplada ao veículo

Devido as medidas de isolamento social adotadas pela Organização Mundial de Saúde – OMS, os levantamentos foram criticamente prejudicados. Como alternativa para tal impasse, foi necessário utilizar, para algumas zonas, as imagens disponibilizadas pelo *Google Earth* e pelo *Google Street View*. As imagens e gravações dessas plataformas para a cidade de João Pessoa no momento de realização desta pesquisa datavam do ano de 2019.

Logo, como a intenção do trabalho foi averiguar o processo desde a coleta e análise de imagens e gravações até o processo de tomada de decisão, a solução encontrada foi considerada viável para realização da pesquisa perante a impossibilidade de realizar todas as gravações no ano de 2020.

### 3.8. Caracterização da Infraestrutura

Os dados coletados foram computados e avaliados com o intuito de planejar o diagnóstico mais apropriado quanto a gestão integrada das redes de infraestrutura analisadas. Para a tabulação dos dados foi elaborada uma planilha dividida em duas partes: a primeira referente a identificação dos elementos de cada sistema de infraestrutura abordado na pesquisa e a segunda, foi apresentada a caracterização da qualidade dos sistemas. Cada uma das partes será descrita separadamente a seguir.

### 3.8.1. Pavimentos

Embora todos os tipos de pavimentos se encaixem no conceito apresentado em 2.1.1.1, neste trabalho foi focado apenas no estudo dos pavimentos do tipo flexível.

Como visto em 3.7, a partir da análise das gravações e imagens dos sistemas de infraestrutura foram coletadas as informações acerca da situação dos componentes de cada sistema, quantificando os defeitos para posterior qualificação dos trechos. Para a coleta de defeitos dos pavimentos foi utilizado o Manual de Levantamento de Defeitos do programa *Strategic Highway Research Program – SHRP*, constituído pelo *Transportation Research Board – TRB*, no ano de 1987 a partir do congresso sediado nos Estados Unidos, com a participação de cerca de 20 países (SHRP, 2003).

O catálogo apresentado no manual exemplifica e diferencia cada tipo de defeito a partir de uma descrição, os níveis de severidade e a maneira de quantificação da área afetada. A seguir, na Tabela 3, é apresentada os principais defeitos de acordo com o manual utilizado como base para o levantamento da pesquisa.

**Tabela 3 - Defeitos em Pavimentos Flexíveis**

Tipo de Defeito	Características	Nível de Severidade	Como Medir
Trinca por fadiga	Diminuição gradual da resistência do material por efeito de solicitações repetidas de tráfego;	Baixa: fissuras capilares isoladas, sem erosão nos bordos e sem evidências de bombeamento, localizadas nas trilhas de rodas;	m <sup>2</sup>
	Identificação visual por “couro de Jacaré”;	Média: trincas conectadas e de pequena abertura (< 2 mm), bordos levemente erodidos, porém sem evidências de bombeamento;	
	Costumam ocorrer em temperaturas intermediárias (de a 25° à 40° C distância menor do que 30 cm entre si.	Alta: trincas erodidas nos bordos, movimentação dos blocos quando submetidos ao tráfego e com evidências de bombeamento.	
Trincas em blocos	Divisão do pavimento em blocos formados por lados bem definidos, similares a estruturas retangulares;	Baixa trincas com abertura média inferior a 1mm ou seladas com material selante em boas condições;	m <sup>2</sup>
	Tamanhos dos blocos variando entre 0,1 e 10 m <sup>2</sup> ;		
	Podem surgir por conta da contração de origem térmica, caso o revestimento seja formado por misturas asfálticas com agregados finos e alto teor de asfalto com baixa penetração, ou por causa da variação do teor de umidade que pode vir a ocorrer nas camadas inferiores;	Média trincas com abertura média entre 1 e 3mm e sem erosão nos bordos ou trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa;	
	Podem ser provocadas pelo envelhecimento do pavimento, bem como devido à ausência de tráfego que acelera a evolução desse tipo de trincas.	Alta trincas com abertura média superior a 3mm e com erosão nos bordos ou trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta.	
Trincas nos bordos	Trincas longitudinais próximas à borda do pavimento usualmente provocadas pela umidade no acostamento;	Baixa sem perda de material ou despedaçamento;	m
	Surgem apenas em pavimentos com acostamentos não revestidos;	Média perda de material e despedaçamento em até 10% da extensão afetada;	
	Localizam-se em uma faixa de até 60cm a partir da extremidade do acostamento.	Alta perda de material e despedaçamento em mais de 10% da extensão afetada.	
Trincas longitudinais	Apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via, podendo se localizar dentro ou fora das trilhas de rodas;	Baixa trincas não seladas com abertura média inferior a 3 mm ou seladas com material selante em boas condições;	m

<b>Tipo de Defeito</b>	<b>Características</b>	<b>Nível de Severidade</b>	<b>Como Medir</b>
<b>Trincas longitudinais</b>	Pode apresentar extensão de até 1 m, sendo denominada de trinca longitudinal curta; enquanto que, se tiver extensão superior a 1 m, denominase trinca longitudinal longa;	Média trincas não seladas com abertura média entre 3 e 6 mm ou trincas seladas de qualquer abertura cercada de fissuramento;	m
	Pode ser originada pela má execução de pavimentos, bem como devido à contração e à dilatação do revestimento	Alta trincas com abertura média superior a 6mm ou trincas seladas de qualquer abertura com ruptura severa.	
<b>Trincas por reflexão</b>	Trincas que se manifestam na superfície do pavimento, apresentando o mesmo padrão de trincas originadas nas camadas inferiores e também refletindo suas juntas;	Baixa trincas com abertura média inferior a 1mm ou seladas com material selante em boas condições;	m
	Podem ser longitudinais, transversais ou em blocos;	Média trincas com abertura média entre 1 e 3mm e sem erosão nos bordos ou trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa;	
	Predominantemente formadas perpendicularmente ao eixo da via;	Alta trincas com abertura média superior a 3mm ou trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta.	
<b>Trincas transversais</b>	Para determinar a severidade da trinca, deve-se adotar a mais elevada delas, desde que esta represente pelo menos 10% da extensão;	Baixa trincas não seladas com abertura média inferior a 3 mm ou seladas com material selante em boas condições;	m
	Resulta da contração térmica do revestimento e, eventualmente, pela contração hidráulica das outras camadas.	Média trincas não seladas com abertura média entre 3 e 6 mm ou trincas seladas de qualquer abertura, cercada de fissuramento;	
	É a porção da superfície do pavimento de uma área maior que 0,1 m <sup>2</sup> que tenha sido removida e substituída ou que tenha sido aplicada por cima do pavimento original.	Alta trincas com abertura média superior a 6mm ou trincas seladas de qualquer abertura, com ruptura severa.	
<b>Remendos</b>	São definidos conforme o tipo de defeito apresentado como problema do local; ou seja, de acordo com o motivo pelo qual o remendo tenha sido aplicado.	São definidos conforme o tipo de defeito apresentado como problema do local; ou seja, de acordo com o motivo pelo qual o remendo tenha sido aplicado.	m <sup>2</sup>
<b>Panelas</b>	Buracos encontrados na superfície de um pavimento, resultantes da desintegração localizada sob a ação do tráfego e em presença de água, com uma dimensão mínima de 15 cm;	Baixa profundidade menor que 25 mm;	Unidade e m <sup>2</sup> afetada
	Fragmentação causada por trincas de fadiga e remoção localizada de partes do revestimento.	Média profundidade entre 24 e 50 mm;	
	São depressões longitudinais nas trilhas de roda, resultante da densificação dos materiais ou da ruptura por cisalhamento;	Alta profundidade maior que 50 mm	
<b>Deformação permanente</b>	Além da carga concentrada e das temperaturas elevadas, estas distorções podem ser originadas por conta da compactação deficiente das camadas do pavimento, pelo excesso de ligante asfáltico ou de agregados finos na mistura asfáltica, ou em razão da contração das camadas inferiores.	Substituídos pelas medições da profundidade da deformação permanente a cada 15 m e quanto mais profunda for, maior a severidade.	Registrar a máxima deformação permanente nas trilhas de roda
	É uma distorção ou deformação plástica caracterizada pela formação de ondulações transversais na superfície do pavimento.	Associados aos efeitos sobre a qualidade de rolamento.	
<b>Corrugação</b>	Encontrada em pontos com elevados esforços tangenciais, como frenagem, curvas e aceleração.		m <sup>2</sup>
	Causada por deficiência construtiva, falha estrutural ou dosagem inadequada da mistura.		
	Excesso de ligante asfáltico na superfície do pavimento que ocorre, normalmente, nas trilhas de roda e em locais de clima quente;	Baixa mudança de coloração em relação ao restante do pavimento devido ao excesso de asfalto;	
<b>Exsudação</b>		Média perda da textura superficial;	m <sup>2</sup>
		Alta marcas dos pneus evidentes em tempos quentes, além de uma aparência brillante e agregados cobertos pelo asfalto.	

<b>Tipo de Defeito</b>	<b>Características</b>	<b>Nível de Severidade</b>	<b>Como Medir</b>
<b>Agregados polidos</b>	Polimento (desgaste) dos agregados e do ligante betumino com a exposição dos agregados graúdos;	A classificação se dá conforme a redução do coeficiente de atrito pneu-pavimento	$m^2$
	Leva ao comprometimento da segurança de rodagem resultante da redução do coeficiente de atrito pneu-pavimento;		
<b>Desgaste</b>	Perda de adesividade do ligante asfáltico e, em casos mais avançados, o desalojamento progressivo das partículas de agregado;	Baixa início do desgaste, com perda apenas de agregados miúdos;	$m^2$
	Desgaste proveniente da intemperização, da oxidação, do endurecimento, da volatização e do envelhecimento do pavimento.	Média casos em que a textura superficial já se encontra áspera e há perdas tanto de materiais miúdos como também de agregados graúdos. Alta casos mais graves nos quais a textura superficial se encontra muito áspera e apresenta perda de agregados graúdos.	
<b>Desnível (degrau) entre pista e acostamento</b>	Diferença de elevação entre a faixa de tráfego e o acostamento.  Gerada pela aplicação sucessiva de recapeamentos na faixa de tráfego como também pela erosão ou consolidação do acostamento não pavimentado.	Não há, são substituídos pela medição do desnível entre a pista e o acostamento.	mm a cada 15 m na interface pista-acostamento
<b>Bombeamento</b>	Saída de água pelas trincas encontradas nos pavimentos sob a ação das cargas do tráfego.	Não aplicáveis devido ao fato de o bombeamento depender do teor de umidade das camadas inferiores do pavimento.	m
	Identificado pela deposição do material carreado das camadas inferiores na superfície do pavimento.		

Fonte: Manual SHRP (2003) - Adaptado

O método utilizado para o cálculo da condição dos pavimentos flexíveis avaliados foi o *Pavement Condition Index* (PCI), desenvolvido pela *United States Army Corps of Engineers* (USACE) em 1976. Inicialmente desenvolvido apenas para a avaliação de pavimentos aeroportuários, e posteriormente em 1979 adaptada para uma versão específica para avaliação de pavimentos rodoviários e urbanos.

De acordo com a norma ASTM D6433-2018 - *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*, é necessário selecionar uma amostra de tamanho  $225 m^2 \pm 90m^2$ . A avaliação consiste em realizar o levantamento de defeitos, além da quantidade e severidade de cada um deles. A tabela 4 representa os tipos de defeitos que devem ser levantados durante a aplicação do método.

**Tabela 4** -Defeitos de pavimento asfáltico e unidade de medida para o Método do PCI

<b>Defeito</b>	<b>Forma de Medição</b>	<b>Defeito</b>	<b>Forma de Medição</b>
Couro de Crocodilo	Área	Remendos	Área
Exsudação	Área	Agregado Polido	Área
Fissura em blocos	Área	Panelas	Unidade
Elevações/recalques	Metro Linear	Cruzamento ferroviário	Área
Corrugação	Área	Afundamento de trilha de roda	Área
Afundamento localizado	Área	Escorregamento de massa	Área
Fissura de borda	Metro Linear	Fissuras devido ao escorregamento de massas	Área
Fissuras por reflexão de juntas	Metro Linear	Inchamento	Área
Desnível pavimento / acostamento	Metro Linear	Desgaste	Área
Fissura longitudinal e transversal	Metro Linear		

Fonte: ASTM D6433 (2018) - Adaptado

Após a obtenção desses dados, foi necessário obter os valores de dedução (VD) de acordo com o tipo, severidade e extensão do defeito, que representa a influência que o mesmo apresenta sobre a condição do pavimento, variando entre 0 e 100, em que 0 o defeito não impacta na condição do pavimento e 100, o defeito possui máxima interferência prejudicial à condição do pavimento. Todos os VD foram obtidos a partir dos ábacos extraídos da ASTM D6433-2018 contidos no Anexo B. Somando-se os VD é possível obter o VTD (Valor Total de Dedução) para o pavimento em questão como a Equação 2:

$$PCI = 100 - \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{mi} a(Ti, Sj, Dij) \quad (2)$$

Em que:

*p*: número total de tipos de defeitos, para o pavimento analisado;

*mi*: número de níveis de severidade para o *i*-ésimo tipo de defeito;

*i*: contador do tipo de defeitos;

*j*: contador dos níveis de severidade;

*a( )*: valor de dedução; a

*Ti*: Tipos de defeitos;

*Sj*: níveis de severidade;

*Dij*: densidade.

Ao encontrar o VTD, é necessário corrigi-lo em função da quantidade de defeitos presentes em cada trecho, de acordo com o ábaco 20 apresentado no Apêndice A. Assim, obtém-se o Valor da Dedução Corrigido (VDC) e, portanto, o valor do PCI resultante da Equação 3:

$$PCI = 100 - VDC \quad (3)$$

A partir do valor obtido para o PCI no trecho analisado, o pavimento é classificado de acordo com a Tabela 5, variando o seu valor de 0 (péssimo) a 100 (excelente):

**Tabela 5 - Classificação do PCI**

Classificação	PCI
Excelente	86 – 100
Muito Bom	71 - 85
Bom	56 – 70
Médio	41 – 55
Ruim	26 – 40
Muito Ruim	11 - 25
Péssimo	0 - 10

Fonte: Shahin (2005)

De acordo com Carey e Irick (1960), a avaliação funcional em pavimentos precisa levar em consideração os elementos que de certa forma chamam a atenção do avaliador, para que os mesmos sejam capazes de apontar de maneira subjetiva os defeitos apresentados, resultando

assim, no desconforto ao rolamento, aumento no tempo de percurso e possíveis riscos à segurança do usuário.

No entanto, devido as dificuldades apresentadas em 4.1.1, não foi possível realizar a gravação de todos os trechos durante o levantamento de dados, e, portanto, foi necessário acessar um banco de dados de imagens para fazer a avaliação dos trechos restantes. Neste caso, não foi possível adaptar a gravação dos trechos para que uma equipe pudesse fazer a avaliação subjetiva inicialmente planejada.

Porém, em casos de repetição desta metodologia para estudos futuros, e em situações que não envolvam a problemática enfrentada devido a Pandemia Mundial, se recomenda fortemente a realização da avaliação subjetiva para comparação de resultados.

### 3.8.2. Drenagem

Para a obtenção de dados em relação ao sistema de drenagem urbana superficial foi realizado um levantamento dos elementos quem compunham a rede adaptadas de Novaes *et al* (2019), a partir de um preenchimento de formulário (4.1.1 e 4.2.1) elaborado de modo a quantificar a existência de bocas de lobo e sarjetas, assim como a qualificação de suas respectivas condições de conservação, podendo estas serem boas, regulares ou péssimas.

A presença e a produção de sedimentos das vias também foram avaliadas, podendo estas apresentarem grande quantidade, pouca, ou mesmo a ausência de sedimentos pela extensão do trecho analisado.

### 3.8.3. Esgoto

Uma vez que os elementos que compõem o sistema de esgoto se encontram no subterrâneo, foi realizada uma entrevista com funcionários da companhia responsável pelos sistemas citados para verificar como é feito o levantamento da condição dos elementos instalados, no intuito de aplicar a mesma metodologia durante o estudo de caso.

No entanto, segundo os entrevistados, tais verificações não são feitas na parcela dos sistemas localizadas especificamente sobre os trechos selecionados. O levantamento de defeitos é feito apenas nas estações de tratamento e estações elevatórias, visto que, para averiguar a condição das tubulações é necessário danificar o pavimento para ter acesso visual as mesmas, o que segundo os funcionários, torna inviável. Logo, os reparos são feitos quando ocorre o registro de algum problema nas redes, como vazamentos ou entupimentos.

Porém, foi possível encontrar um elemento que fizesse parte do sistema de esgoto e que era possível identificar visualmente durante o levantamento: as tampas dos poços de visita. Logo, foi possível fazer uma quantificação da existência dos poços de visita presentes em cada trecho avaliado, e a qualificação da condição em que suas tampas se encontravam, sendo consideradas nesse levantamento 6 diferentes situações para os mesmos: aberto, desnivelado, com buracos ao redor da tampa, capa asfáltica executada acima da tampa, ausência de poços de visitas no trecho, e por fim, nenhum defeito visualmente identificável.

É necessário destacar que o sistema de drenagem também apresenta poços de visitas, destinado para as águas pluviais. Não foi possível realizar a diferenciação desse elemento, como apresentado no item 4.1.2 (Figura 10). Logo, a título de levantamento e qualificação, todos os dados referentes aos poços de visita contabilizados nessa pesquisa se apresentam dentro dos tópicos da Rede de Esgoto.

## CAPÍTULO 3

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da coleta e compilação dos dados, neste capítulo serão apresentados os resultados e a discussão sobre a avaliação com o intuito de planejar o diagnóstico mais apropriado quanto a gestão integrada das redes de infraestrutura analisadas.

Para a representação dos dados foram elaboradas planilhas específicas utilizando o software *Microsoft Excel*, sendo essas divididas em duas etapas: a primeira referente a identificação dos elementos de cada sistema de infraestrutura abordado na pesquisa, e a segunda apresentava a qualificação dos sistemas. Cada uma delas foi descrita separadamente nos tópicos subsequentes.

#### 4.1. Parte 1: Identificação e dos Elementos da Infraestrutura

Antes de iniciar a caracterização de fato de cada sistema de infraestrutura, algumas informações gerais eram essenciais para alimentação da planilha. Uma delas foi o registro da data em que cada levantamento de vídeo ou imagens foi feito, já que as condições das redes variam com o passar do tempo, e, portanto, para registros em bancos de dados, o dia do levantamento foi uma informação primordial.

O horário de cada levantamento também foi considerado uma informação relevante, pois a posição do Sol, em determinados horários, poderia favorecer o registro, como no caso de horários entre 12:00 h e 14:00 h, em que não havia prolongamento das sombras das edificações e arborizações presentes nos arredores da via, ou em horários não considerados de pico nas vias analisadas. Logo, foi considerado indevido realizar levantamento em dias nublados ou chuvosos, já que a luz para a captação dos dados não era favorável, além de horários em que a população mais se deslocava para realização de suas atividades cotidianas, devido ao fluxo de veículos impedir a visualização dos elementos estudados nesta pesquisa.

Para verificar sob qual velocidade o veículo deveria percorrer os trechos com o intuito das gravações se encontrarem mais concisas, foram programados levantamentos em fase de teste em 3 velocidades distintas: (20, 40 e 60) km/h. No entanto, ao realizar a primeira gravação a 20 km/h, percebeu-se a dificuldade para coleta e análise dos dados já na menor velocidade possível de transitar nas vias urbanas. Por essa razão, as demais velocidades foram descartadas, e todos os levantamentos em que se realizaram gravações foram feitos com a primeira opção de velocidade planejada.

Na Tabela 6, apresentam-se as informações gerais acerca de cada levantamento.

**Tabela 6 - Identificação Geral dos Levantamentos**

ZONA	ID	Faixa		Tipo de Coleta de Dados	Data de Lev.	Horário do Levant.	Velocidade de Levantamento [km]
		Esq.	Dir.				
SUL	1	X		Gravação de vídeos com a GO Pro	27/07/2020	13:30	20-25
	2		X		27/07/2020	13:30	20-25
	3	X			27/07/2020	13:30	20-25
	4		X		27/07/2020	13:30	20-25
	5	X			27/07/2020	13:30	20-25
	6		X		27/07/2020	13:30	20-25
	7	X			27/07/2020	13:30	20-25
	8		X		27/07/2020	13:30	20-25
	9	X			27/07/2020	13:30	20-25
	10		X		27/07/2020	13:30	20-25
	11	X			27/07/2020	13:30	20-25
	12		X		27/07/2020	13:30	20-25
	13	X			27/07/2020	13:30	20-25
	14		X		27/07/2020	13:30	20-25
	15	X			27/07/2020	13:30	20-25
	16		X		27/07/2020	13:30	20-25
	17	X			27/07/2020	13:30	20-25
	18		X		27/07/2020	13:30	20-25
	19	X			27/07/2020	13:30	20-25
	20		X		27/07/2020	13:30	20-25
LESTE	21	X		Análise do banco de imagens do google	mai/19	14:00	-
	22		X		mai/19	14:00	-
	23	X			mai/19	14:00	-
	24		X		mai/19	14:00	-
	25	X			jun/19	14:00	-
	26		X		jun/19	14:00	-
	27	X			mai/19	14:00	-
	28		X		mai/19	14:00	-
	29	X			mai/19	14:00	-
	30		X		mai/19	14:00	-
	31	X			mai/19	14:00	-
	32		X		mai/19	14:00	-
	33	X			mai/19	14:00	-
	34		X		mai/19	14:00	-
	35	X			mai/19	14:00	-
	36		X		mai/19	14:00	-
	37	X			mai/19	14:00	-
	38		X		mai/19	14:00	-
NORTE	39	X		Análise do banco de imagens do google	mai/19	14:00	-
	40	X			mai/19	14:00	-
	41		X		mai/19	14:00	-
	42	X			mai/19	14:00	-
	43		X		mai/19	14:00	-
	44	X			mai/19	14:00	-
	45		X		mai/19	14:00	-
	46	X			mai/19	14:00	-
	47		X		mai/19	14:00	-
	48	X			mai/19	14:00	-
	49		X		mai/19	14:00	-
	50	X			mai/19	14:00	-
	51		X		mai/19	14:00	-
	52	X			mai/19	14:00	-
	53		X		mai/19	14:00	-
OESTE	54	X		Análise do banco de imagens do google	mai/19	14:00	-
	55	X			abr/19	14:00	-
	56		X		abr/19	14:00	-
	57	X			abr/19	14:00	-
	58		X		abr/19	14:00	-
	59	X			jun/19	14:00	-
	60		X		jun/19	14:00	-
	61	X			jun/19	14:00	-
	62		X		jun/19	14:00	-
	63	X			jun/19	14:00	-
	64		X		jun/19	14:00	-
	65	X			jun/19	14:00	-
	66		X		jun/19	14:00	-
	67	X			mai/19	14:00	-

Para a elaboração da tabela 6, durante a etapa de identificação dos elementos de cada trecho avaliado, foram inseridas na planilha sua respectiva numeração de identificação (ID) variando de 1 à 67 de acordo com a ordem de levantamento. Em seguida, foi computada a localização de cada trecho. Para isso, foram inseridas as seguintes informações: a rua, o sentido, os limites iniciais e finais do trecho, em que neste caso, foram utilizadas as coordenadas do tipo *Universal Transversa de Mercator* (UTM) do ponto central das faixas de rolamento, com auxílio do software *Google Earth Pro* (Figura 7), e por fim, a extensão de cada trecho (como apresentado no item 3.4.1).



**Figura 7** – Exemplo de identificação das coordenadas UTM nos pontos centrais das faixas de rolamento e extensão: Trecho 1 (faixa da esquerda) e trecho 2 (faixa da direita)

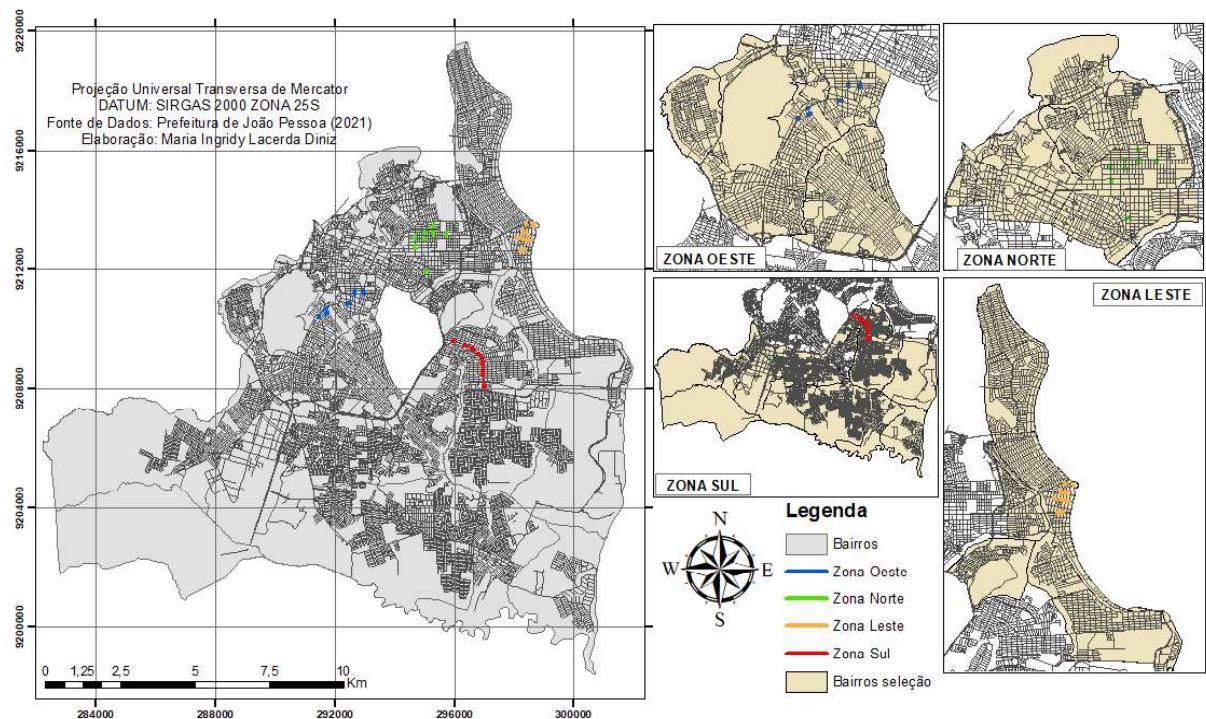
É importante destacar o sentido considerado durante o levantamento de dados, pois a mudança de sentido muda a nomeação de qual faixa foi considerada como localizada no lado esquerda e qual foi considerada na esquerda (coluna 3 e 4 da Tabela 6), o que pode gerar interpretações equivocadas sobre os dados coletados.

No caso das vias com mais de 2 faixas, foi considerada a seguinte nomeação: a faixa mais à direita da gravação ou imagem avaliada foi considerada como “faixa da direita”, a exemplo da Rua Francisco Manoel (trechos 55 e 56), por ser mais propícia a passagem de ônibus. Já a “faixa da esquerda” considerada, era a faixa imediatamente à esquerda da faixa direita, ou seja, no caso citado, a faixa computada como “esquerda” foi a faixa do meio. A apresentação visual do caso exemplificado se encontra na Figura 8.



**Figura 8** – Exemplo de nomeação de faixas como esquerda e direita para o levantamento em vias com 3 faixas

A Figura 9 apresenta uma visão geral dos locais de levantamento. Cada linha demarcada representa dois trechos avaliados (exceto pelos trechos 39 e 67), como já apresentado na figura 7. Os detalhes acerca da localização de cada trecho foram apresentados em quatro tabelas, uma para cada zona: Sul (Tabela 7), Leste (Tabela 8), Norte (Tabela 9) e Oeste (Tabela 10). A inserção das coordenadas cartesianas serviu para que não houvessem dúvidas da real posição de inicio e fim do trecho avaliado.



**Figura 9** - Localização dos Trechos

**Tabela 7 - Localização Trechos Zona Sul**

Trecho	Faixa	Rua	Sentido	Limites				Extensão (m)
				Ínicio	Coordenadas	Final	Coordenadas	
1	Esquerda	Av. Walfredo Macedo Bradão	Mangabeira p/ UFPB	Fim da faixa de pedestre do Trevo	7° 9'39.90"S  34°50'18.01"O	Meio da parada de ônibus	7° 9'37.29"S  34°50'18.05"O	80
2	Direita	Av. Walfredo Macedo Bradão		Fim da faixa de pedestre do Trevo	7° 9'39.90"S  34°50'18.01"O	Meio da parada de ônibus	7° 9'37.29"S  34°50'18.05"O	
3	Esquerda	Av. Walfredo Macedo Bradão		Rua Rejane Freire Moreira	7° 9'22.29"S  34°50'18.62"O	Rua Profa Maria Lianza	7° 9'19.69"S  34°50'18.74"O	
4	Direita	Av. Walfredo Macedo Bradão		Rua Rejane Freire Moreira	7° 9'22.29"S  34°50'18.62"O	Rua Profa Maria Lianza	7° 9'19.69"S  34°50'18.74"O	
5	Esquerda	Av. Walfredo Macedo Bradão		Rua Enfermeira Ana Maíra B. Almeida	7° 9'14.73"S  34°50'18.91"O	R. Rad. Antônio Assunção de Jesus	7° 9'12.13"S  34°50'18.71"O	
6	Direita	Av. Walfredo Macedo Bradão		Rua Enfermeira Ana Maíra B. Almeida	7° 9'14.73"S  34°50'18.91"O	R. Rad. Antônio Assunção de Jesus	7° 9'12.13"S  34°50'18.71"O	
7	Esquerda	R. Empresário João Rodrigues Alves		Inicio do canteiro na R. Bancário Antonio J. Souza	7° 8'58.01"S  34°50'29.48"O	Final do Habib's na rua Principal	7° 8'56.29"S  34°50'31.44"O	
8	Direita	R. Empresário João Rodrigues Alves		Inicio do canteiro na R. Bancário Antonio J. Souza	7° 8'58.01"S  34°50'29.48"O	Final do Habib's na rua Principal	7° 8'56.29"S  34°50'31.44"O	
9	Esquerda	R. Empresário João Rodrigues Alves		Rua José Alexandre Lira	7° 8'49.29"S  34°50'49.21"O	Inicio do ponto de ônibus na Principal	7° 8'48.41"S  34°50'51.67"O	
10	Direita	R. Empresário João Rodrigues Alves		Rua José Alexandre Lira	7° 8'49.29"S  34°50'49.21"O	Inicio do ponto de ônibus na Principal	7° 8'48.41"S  34°50'51.67"O	
11	Esquerda	R. Empresário João Rodrigues Alves	UFPB p/ Mangabeira	Em frente a Farmacia Pague menos da Principal	7° 8'53.10"S  34°50'39.08"O	Faixa de pedestre após o BeMais	7° 8'53.99"S  34°50'36.62"O	
12	Direita	R. Empresário João Rodrigues Alves		Em frente a Farmacia Pague menos da Principal	7° 8'53.10"S  34°50'39.08"O	Faixa de pedestre após o BeMais	7° 8'53.99"S  34°50'36.62"O	
13	Esquerda	Rua Bancário Sérgio Guerra		Paralelo aos trechos 7 e 8 no sentido oposto	7° 8'56.49"S  34°50'31.65"O	Paralelo aos trechos 7 e 8 no sentido oposto	7° 8'58.28"S  34°50'29.70"O	
14	Direita	Rua Bancário Sérgio Guerra		Paralelo aos trechos 7 e 8 no sentido oposto	7° 8'56.49"S  34°50'31.65"O	Paralelo aos trechos 7 e 8 no sentido oposto	7° 8'58.28"S  34°50'29.70"O	
15	Esquerda	Rua Bancário Sérgio Guerra		Rua dos Pinheiros	7° 9'2.11"S  34°50'25.42"O	R. Fransico Tomóteo de Souza	7° 9'3.84"S  34°50'23.49"O	
16	Direita	Rua Bancário Sérgio Guerra		Rua dos Pinheiros	7° 9'2.11"S  34°50'25.42"O	R. Fransico Tomóteo de Souza	7° 9'3.84"S  34°50'23.49"O	
17	Esquerda	Av. Walfredo Macedo Bradão		R. João Batista Carvalho Moura	7° 9'5.96"S  34°50'21.32"O	Rua Adolfo Ferreira Soares	7° 9'8.27"S  34°50'20.05"O	
18	Direita	Av. Walfredo Macedo Bradão		R. João Batista Carvalho Moura	7° 9'5.96"S  34°50'21.32"O	Rua Adolfo Ferreira Soares	7° 9'8.27"S  34°50'20.05"O	
19	Esquerda	Av. Walfredo Macedo Bradão		R. Joaquim Pereira da Silva	7° 9'24.68"S  34°50'18.79"O	Rua Francisca Dantas de Souza	7° 9'27.29"S  34°50'18.75"O	
20	Direita	Av. Walfredo Macedo Bradão		R. Joaquim Pereira da Silva	7° 9'24.68"S  34°50'18.79"O	Rua Francisca Dantas de Souza	7° 9'27.29"S  34°50'18.75"O	

**Tabela 8 - Localização Trechos Zona Leste**

Trecho	Faixa	Rua	Sentido	Limites		Extensão (m)
				Início	Final	
21	Esquerda	Rua Nossa Sra dos Navegantes	Tambaú - Manaíra	Espaço luz do ser	7° 6'41.64"S   34°49'30.65"O	Faixa de ped. Mercado de Atesanato- Av Ruy Carneiro
22	Direita	Rua Nossa Sra dos Navegantes	Tambaú - Manaíra	Espaço luz do ser	7° 6'41.64"S   34°49'30.65"O	Faixa de ped. Mercado de Atesanato- Av Ruy Carneiro
23	Esquerda	Av. Nego	Praia	R infante don Henrique - Após a faixa de pedestre	7° 6'50.22"S   34°49'34.60"O	Antes da faixa de pedestre com a Av. Profa Maria sales
24	Direita	Av. Nego	Praia	R infante don Henrique - Após a faixa de pedestre	7° 6'50.22"S   34°49'34.60"O	Antes da faixa de pedestre com a Av. Profa Maria sales
25	Esquerda	Av. Nego	Praia	Faixa de pedestre com a Av. Profa Maria sales	7° 6'50.79"S   34°49'31.23"O	Antes da faixa de pedestre com a rua N. Sra dos Navegantes
26	Direita	Av. Nego	Praia	Faixa de pedestre com a Av. Profa Maria sales	7° 6'50.79"S   34°49'31.23"O	Antes da faixa de pedestre com a rua N. Sra dos Navegantes
27	Esquerda	Rua Infante Dom Henrique	Tambaú - Manaíra	Faixa de pedestre da Av Nego	7° 6'49.84"S   34°49'34.87"O	Av. Olinda
28	Direita	Rua Infante Dom Henrique	Tambaú - Manaíra	Faixa de pedestre da Av Nego	7° 6'49.84"S   34°49'34.87"O	Av. Olinda
29	Esquerda	Rua Helena Meira Lima	Centro	Após Faixa de pedestre com Av. Profa Maria sales	7° 6'57.56"S   34°49'33.61"O	Rua Infante Dom Henrique
30	Direita	Rua Helena Meira Lima	Centro	Após Faixa de pedestre com Av. Profa Maria sales	7° 6'57.56"S   34°49'33.61"O	Rua Infante Dom Henrique
31	Esquerda	Rua Helena Meira Lima	Centro	Rua Monteiro Lobato	7° 6'56.13"S   34°49'39.81"O	Antes da faixa de Pedestre com a Rua Silvino Lópes
32	Direita	Rua Helena Meira Lima	Centro	Rua Monteiro Lobato	7° 6'56.13"S   34°49'39.81"O	Antes da faixa de Pedestre com a Rua Silvino Lópes
33	Esquerda	Rua Helena Meira Lima	Centro	Av. Antônio Lira	7° 6'59.02"S   34°49'27.19"O	Rua Nossa Sra dos Navegantes
34	Direita	Rua Helena Meira Lima	Centro	Av. Antônio Lira	7° 6'59.02"S   34°49'27.19"O	Rua Nossa Sra dos Navegantes
35	Esquerda	Rua Pres. Epitacio Pessoa	Bessa	Após a Faixa de pedestre com a Rua Nossa Sra dos Navegantes	7° 79.74"S   34°49'32.74"O	Faixa de pedestre com a Av. Profa Maria sales
36	Direita	Rua Pres. Epitacio Pessoa	Bessa	Após a Faixa de pedestre com a Rua Nossa Sra dos Navegantes	7° 79.74"S   34°49'32.74"O	Faixa de pedestre com a Av. Profa Maria sales
37	Esquerda	Rua Pres. Epitacio Pessoa	Bessa	Av. Manoel Cavalcante de Sousa	7° 7'10.21"S   34°49'38.68"O	Antes da Faixa de pedestre com a Rua Nossa Sra dos Navegantes
38	Direita	Rua Pres. Epitacio Pessoa	Bessa	Av. Manoel Cavalcante de Sousa	7° 7'10.21"S   34°49'38.68"O	Antes da Faixa de pedestre com a Rua Nossa Sra dos Navegantes
39	Direita	Av. Alm. Tamandaré	Bessa	Após faixa de pedestre elevada com a Av. Olinda	7° 6'42.43"S   34°49'22.79"O	Antes da Faixa de Pedestre elevada da praça Sto Antônio

80

**Tabela 9 - Localização Trechos Zona Norte**

Trecho	Faixa	Rua	Sentido	Limites		Extensão (m)	
				Inicio	Final		
40	Esquerda	Av. Piauí	Estados - Mandacaru	Av. Sergipe	7° 6'42.78"S   34°51'12.24"O	Rua Dr Oswaldo Brayne	7° 6'40.19"S   34°51'12.68"O
41	Direita	Av. Piauí	Estados - Mandacaru	Av. Sergipe	7° 6'42.78"S   34°51'12.24"O	Rua Dr Oswaldo Brayne	7° 6'40.19"S   34°51'12.68"O
42	Esquerda	Av. Piauí	Estados - Mandacaru	Após a faixa de pedestre com a Av. Minas Gerais	7° 6'52.03"S   34°51'12.07"O	9 metros antes da faixa de pedestre com Av. Espírito Santo	7° 6'49.39"S   34°51'12.12"O
43	Direita	Av. Piauí	Estados - Mandacaru	Após a faixa de pedestre com a Av. Minas Gerais	7° 6'52.03"S   34°51'12.07"O	10 metros antes da faixa de pedestre com Av. Espírito Santo	7° 6'49.39"S   34°51'12.12"O
44	Esquerda	Rua Desportista Aurélio Rocha	Estados - Mandacaru	5m após a faixa de pedestre com a R. Alfredo Coutinho de Lira/Av Minas Gerais	7° 6'49.33"S   34°50'58.24"O	Antes da faixa de pedestre com Av. Espírito Santo	7° 6'51.93"S   34°50'58.23"O
45	Direita	Rua Desportista Aurélio Rocha	Estados - Mandacaru	5m após a faixa de pedestre com a R. Alfredo Coutinho de Lira/Av Minas Gerais	7° 6'49.33"S   34°50'58.24"O	Antes da faixa de pedestre com Av. Espírito Santo	7° 6'51.93"S   34°50'58.23"O
46	Esquerda	Av. Mato Grosso	Estados - Centro	Inicio do cruzamento com Av. Pernambuco	7° 6'56.05"S   34°51'21.17"O	Final do cruzamento com Av. Ceará	7° 6'56.13"S   34°51'23.78"O
47	Direita	Av. Mato Grosso	Estados - Centro	Inicio do cruzamento com Av. Pernambuco	7° 6'56.06"S   34°51'21.15"O	Final do cruzamento com Av. Ceará	7° 6'56.13"S   34°51'23.78"O
48	Esquerda	Av. Espírito Santo	Estados - Tambaú	Inicio do cruzamento com Av. Pernambuco	7° 6'48.82"S   34°51'21.18"O	Final do cruzamento com Av. Ceará	7° 6'48.81"S   34°51'23.79"O
49	Direita	Av. Espírito Santo	Estados - Tambaú	Inicio do cruzamento com Av. Pernambuco	7° 6'48.82"S   34°51'21.18"O	Final do cruzamento com Av. Ceará	7° 6'48.81"S   34°51'23.79"O
50	Esquerda	Av. Amazonas	Estados - Mandacaru	15 metros após o cruzamento com a Av. Mato Grosso	7° 6'55.54"S   34°51'32.87"O	Antes da faixa de pedestre com Av. Minas Gerais	7° 6'52.90"S   34°51'32.94"O
51	Direita	Av. Amazonas	Estados - Mandacaru	16 metros após o cruzamento com a Av. Mato Grosso	7° 6'55.54"S   34°51'32.87"O	Antes da faixa de pedestre com Av. Minas Gerais	7° 6'52.90"S   34°51'32.94"O
52	Esquerda	Av. Amazonas	Estados - Mandacaru	25 m após cruzamento com a Av. Rio G do Sul	7° 7'6.16"S   34°51'32.78"O	Inicio do cruzamento com Av. São Paulo	7° 7'3.55"S   34°51'32.81"O
53	Direita	Av. Amazonas	Estados - Mandacaru	26 m após cruzamento com a Av. Rio G do Sul	7° 7'6.16"S   34°51'32.78"O	Inicio do cruzamento com Av. São Paulo	7° 7'3.55"S   34°51'32.81"O
54	Esquerda	Rua Luiz Lianza	Torre - Jaguribe	8 m do cruzamento com a R. Francisco Florêncio da Costa	7° 7'32.45"S   34°51'21.26"O	Após a Faixa com a Av. Expedicionários	7° 7'31.22"S   34°51'18.97"O

80

**Tabela 10 - Localização Trechos Zona Oeste**

Trecho	Faixa	Rua	Sentido	Limites			Extensão (m)
				Inicio	Final		
55	Esquerda	Rua Prof. Renato Carneiro da Cunha	Jaguaribe - Tambiá	Av. 12 de Outubro	7° 7'56.70"S   34°52'29.79"O	Rua Ester Borge Bastos	7° 7'54.00"S   34°52'29.44"O
56	Direita	Rua Prof. Renato Carneiro da Cunha	Jaguaribe - Tambiá	Av. 12 de Outubro	7° 7'56.70"S   34°52'29.79"O	Rua Ester Borge Bastos	7° 7'54.00"S   34°52'29.44"O
57	Esquerda	Av. Floriano Peixoto	Jaguaribe - Tambiá	Av. 12 de Outubro	7° 7'56.36"S   34°52'38.86"O	Depois do cruzamento com a Av. Conceição	7° 7'53.74"S   34°52'38.85"O
58	Direita	Av. Floriano Peixoto	Jaguaribe - Tambiá	Av. 12 de Outubro	7° 7'56.36"S   34°52'38.86"O	Depois do cruzamento com a Av. Conceição	7° 7'53.74"S   34°52'38.85"O
59	Esquerda	Rua Francisco Manoel	Jaguaribe - UFPB	Após faixa de pedestre R. Frei Martinho	7° 8'7.11"S   34°52'46.99"O	17m antes do cruzamento com Av Vasco da Gama	7° 8'7.91"S   34°52'44.46"O
60	Direita	Rua Francisco Manoel	Jaguaribe - UFPPB	Após faixa de pedestre R. Frei Martinho	7° 8'7.11"S   34°52'46.99"O	17m antes do cruzamento com Av Vasco da Gama	7° 8'7.91"S   34°52'44.46"O
61	Esquerda	Av. Cruz das Armas	Cruz das Armas - Jaguaribe	Antes da faixa de pedestre com Cruz. Da R. Abel Silva	7° 8'22.08"S   34°53'19.36"O	Após Faixa de pedestre com Rua Silva Mariz	7° 8'19.82"S   34°53'18.03"O
62	Direita	Av. Cruz das Armas	Cruz das Armas - Jaguaribe	Antes da faixa de pedestre com Cruz. Da R. Abel Silva	7° 8'22.08"S   34°53'19.36"O	Após Faixa de pedestre com Rua Silva Mariz	7° 8'19.82"S   34°53'18.03"O
63	Esquerda	Av. Cruz das Armas	Cruz das Armas - Oitizero	Antes da faixa de pedestre com a R. Teixeira de Freitas	7° 8'19.64"S   34°53'18.26"O	Rua Genésio Gambarra	7° 8'21.86"S   34°53'19.57"O
64	Direita	Av. Cruz das Armas	Cruz das Armas - Oitizero	Antes da faixa de pedestre com a R. Teixeira de Freitas	7° 8'19.64"S   34°53'18.26"O	Rua Genésio Gambarra	7° 8'21.86"S   34°53'19.57"O
65	Esquerda	Av. Cruz das Armas	Cruz das Armas - Jaguaribe	Antes do cruz. Com a R. Cel. Estevão d'Ávila Lins	7° 8'13.52"S   34°53'12.13"O	Antes da Faixa de Pedestre com Regimento Vidal de Negreiros	7° 8'12.15"S   34°53'9.91"O
66	Direita	Av. Cruz das Armas	Cruz das Armas - Jaguaribe	Antes do cruz. Com a R. Cel. Estevão d'Ávila Lins	7° 8'13.52"S   34°53'12.13"O	Antes da Faixa de Pedestre com Regimento Vidal de Negreiros	7° 8'12.15"S   34°53'9.91"O
67	Esquerda	Av. Centenário	Cruz das Armas - Oitizero	R. Cel. Estevão d'Ávila Lins	7° 8'17.22"S   34°53'9.05"O	5m após o cruz. Com Av. Alcides Bezerra	7° 8'18.91"S   34°53'11.04"O

80

#### 4.1.1. Drenagem

A etapa de identificação foi destinada a verificar e quantificar a existência dos elementos que seriam posteriormente qualificados na etapa seguinte. No caso do sistema de drenagem, foram avaliadas a existência ou não de bocas de lobo e a sarjetas nos trechos. Os resultados para essa quantificação são apresentados pela tabela 11.

**Tabela 11 - Quantificação de elementos de Drenagem**

ZONA	ID	Sistema de Drenagem		ZONA	ID	Sistema de Drenagem	
		Boca de Lobo	Sarjeta			Boca de Lobo	Sarjeta
SUL	1	0	não	NORTE	40	0	Sim
	2	1	sim		41	0	Sim
	3	0	sim		42	0	sim
	4	0	sim		43	0	sim
	5	0	sim		44	0	sim
	6	0	sim		45	0	não
	7	0	não		46	0	sim
	8	0	sim		47	0	não
	9	0	não		48	0	sim
	10	4	sim		49	0	sim
	11	0	não		50	0	sim
	12	0	não		51	0	sim
	13	0	sim		52	0	sim
	14	0	sim		53	0	sim
	15	0	não		54	0	sim
LESTE	16	0	sim	OESTE	55	1	sim
	17	0	sim		56	1	sim
	18	0	sim		57	0	sim
	19	0	não		58	0	sim
	20	1	sim		59	0	não
	21	3	sim		60	0	sim
	22	2	sim		61	0	não
	23	1	sim		62	0	sim
	24	0	sim		63	0	não
	25	1	sim		64	0	sim
	26	1	sim		65	0	não
	27	2	sim		66	0	sim
	28	2	sim		67	0	sim
	29	1	sim				

É importante destacar que durante essa etapa, não foi quantificada a presença de nenhuma boca de lobo nos trechos aleatoriamente selecionados da Zona Norte, apresentando a marcação zero em todos os trechos da coluna 7 da tabela 11. Esse fato quase se repetiu para a Zona Oeste, com exceção do registro em apenas dois trechos (55 e 56).

Observa-se que a zona com maior registro de trechos com pelo menos uma boca de lobo foi a Zona Leste, com apenas 3 locais (24, 35 e 37) que não apresentaram o elemento. Já na Zona Sul, o trecho 10 apresentou a maior quantidade desse elemento no decorrer de sua extensão, com um total de 4 bocas de lobo.

Em relação as sarjetas, a maioria dos trechos (83,6%) apresentavam o elemento de drenagem para posterior qualificação. No entanto, no caso de análise em vias com 3 faixas, como ilustrado na Figura 8, quando a faixa do meio era a considerada, foi adotado que a mesma não possuía sarjeta considerável para o estudo em questão. A justificativa foi baseada em não possuir métricas para a separação a qualidade de uma sarjeta que recebia vazão de duas faixas diferentes, cuja apenas uma dessas faixas contribuintes era avaliada.

No que se refere a presença concomitante dos dois elementos apresentados na tabela 11, todos os trechos em que foram registradas bocas de lobo também apresentavam presença de sarjetas. Em teoria, esse resultado deveria representar uma boa capacidade de drenagem no local avaliado, no entanto nesta etapa ainda não foram apresentados dados sobre a condição em que se encontravam cada um desses elementos, fato que influenciará diretamente na eficiência do sistema (item 4.2.1).

Embora grande quantidade de trechos fosse registrada a ausência de ambos os elementos, 20,9%, também era comum verificar a situação em que mesmo sem nenhuma boca de lobo no local, ao menos era verificado a presença de sarjeta. Essa situação foi registrada em 31 trechos, representando 46,3% dos casos.

#### 4.1.2. Águas Pluviais e Esgoto

Por se tratarem de sistemas localizados no subterrâneo, a etapa de caracterização do sistema de coleta de esgoto juntamente como a tubulação da coleta de águas pluviais, foi feita de modo a localizar apenas os elementos visíveis superficialmente, para posterior etapa de qualificação.

A maior dificuldade na etapa de levantamento dos dados coletados por vídeo e/ou análise de imagens do banco de dados, foi diferenciar os poços de visitas pertencentes a cada um dos sistemas, já que esse elemento pode ser utilizado para serviços distintos, como esgoto, águas pluviais, telefonia, energia elétrica, etc. Mesmo com a tentativa de aproximação da imagem com o intuito de identificar o serviço do povo de visita em questão registrado na tampa, ainda persistia a dificuldade de leitura, como exemplificada na Figura 10.

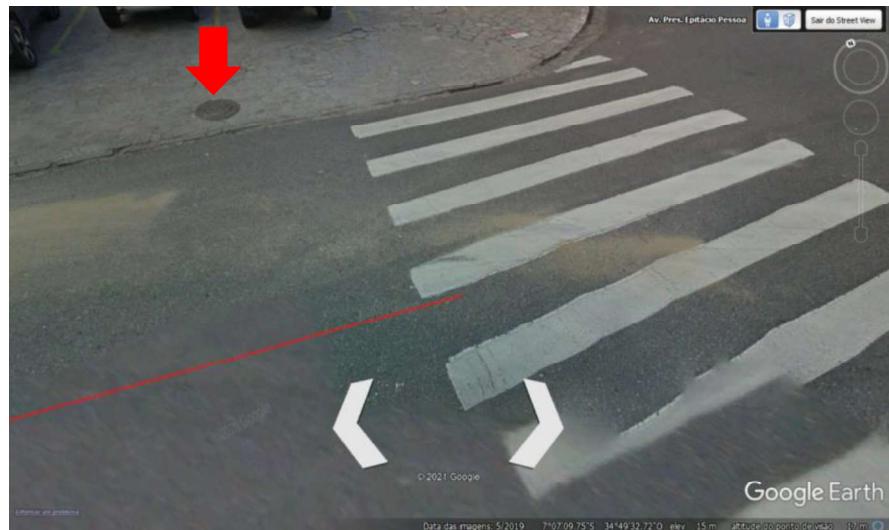
Tais impasses também foram provenientes da falta de acesso aos projetos de implantação da rede, não disponibilizado pela Companhia responsável. Logo, devido a essa dificuldade, resolveu-se apenas realizar a análise sobre a condição externa do poço de visita e sua concomitante

interferência aos demais sistemas também avaliados, independentemente de a qual sistema o poço de visita pertencia.



**Figura 10**—Exemplo de dificuldade de identificação de poço de visita no trecho 1: A) Visão geral da câmera e B) Zoom do poço de visita localizado

É importante destacar que poços de visita localizados nas calçadas (Figura 11) não eram contabilizados na pesquisa, já que nesse estudo a condição dos passeios foram avaliados. Logo, a influência da condição do poço de visita em quesitos como caminhabilidade, segurança de pedestre e acessibilidade não foram computados.



**Figura 11** – Exemplo de poço de visita não contabilizado por se localizar na calcada da via

A seguir, na tabela 12, são apresentados os dados acerca da quantificação dos elementos avaliáveis sobre o sistema de esgoto dos trechos da zona Sul, Leste, Norte e Oeste.

**Tabela 12 - Quantificação de Elementos do Sistema de Esgoto**

ZONA	ID	Sistema de Esgoto		
		Poço de Visita	Obras	Valas
SUL	1	-	-	-
	2	1	-	-
	3	-	-	-
	4	1	-	-
	5	-	-	-
	6	1	-	-
	7	-	-	-
	8	1	-	-
	9	-	-	-
	10	1	-	-
	11	-	-	-
	12	1	-	-
	13	-	-	-
	14	1	-	-
	15	-	-	-
	16	1	-	-
	17	-	-	-
	18	-	-	-
	19	-	-	-
LESTE	20	-	-	-
	21	1	-	-
	22	2	-	-
	23	-	-	-
	24	1	-	-
	25	-	-	-
	26	-	-	-
	27	1	-	-
	28	-	-	-
	29	-	-	-
	30	1	-	-
	31	-	-	-
	32	-	-	-
	33	-	-	-
	34	-	-	-
	35	-	-	-
	36	-	-	-
NORTE	37	-	-	-
	38	-	-	-
	39	1	-	-
	40	2	-	-
	41	4	-	-
	42	-	-	-
	43	1	-	-
	44	1	-	-
	45	-	-	-
	46	-	-	-
	47	2	-	-
	48	2	-	-
	49	-	-	-
	50	1	-	-
OESTE	51	-	-	-
	52	-	-	-
	53	1	-	-
	54	-	-	-
	55	-	-	-
	56	1	-	-
	57	1	-	-
	58	2	-	-
	59	-	-	-
	60	1	-	-
	61	-	-	-
	62	-	-	-
	63	1	-	-
	64	-	-	-
	65	-	-	-
	66	-	-	-
	67	1	-	-

É possível observar, a partir da tabela 12, que não foi encontrada nenhuma obra em andamento ou valas abertas nos trechos avaliados, mesmo que, durante a etapa de qualificação, fosse observada a necessidade de uma intervenção em diversos elementos analisados. A tabela também indica que, para essa contabilização, foram registrados apenas os poços de visita para a posterior etapa de qualificação.

Mesmo que em todos os trechos o sistema de esgoto estivesse presente, destaca-se que em nem todos os locais avaliados foram registrados presença de poços de visita. A porcentagem da não existência do elemento para as Zonas Sul, Leste, Norte e Oeste foram de 60%, 68,4%, 46,7% e 53,8% respectivamente. Essa porcentagem é considerada normal no que se refere a distância dos poços de visita, já que a extensão das amostras (item 3.4.1) poderia facilmente não englobar as distâncias dos projetos das vias analisadas.

Observa-se que as zonas com maior registro de trechos com pelo menos um poço de visita foram as Zonas Sul e Norte. Também na zona Norte, foi registrada a maior quantidade de trechos com mais de um poço de visita no decorrer de sua extensão, como no caso dos trechos 40, 47 e 48 que apresentaram dois registros cada, e o trecho 41 com um total de 4 poços de visita.

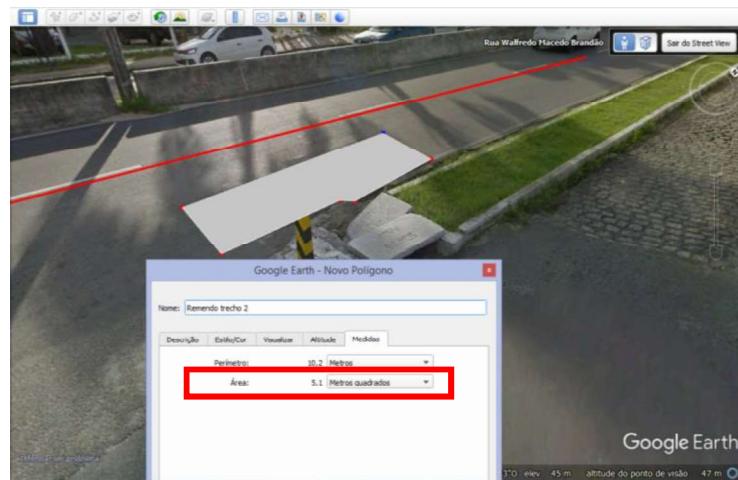
#### 4.1.3. Pavimentos

A análise a respeito do levantamento dos defeitos dos pavimentos dos trechos foi, de fato, a mais complexa da pesquisa. Além dos diversos métodos existentes e normatizados para o levantamento de defeitos, alguns impasses para esta verificação puderam ser observados, como a dificuldade de medição exata da área de alguns defeitos e a impossibilidade de medição de profundidade de defeitos em particular, como panelas e trilhos de roda.

Como já visto na etapa de metodologia, o método considerado para a verificação normatizada da condição dos pavimentos foi o PCI pela ASTM D6433/2018, diante de sua precisão em mostrar o real estado de condições das vias verificadas. Para a etapa de caracterização de cada trecho foi feita uma planilha de anotações, em que todos os defeitos junto com sua extensão eram registrados. A quantificação dos defeitos de todos os trechos se encontra abaixo subdivididas em tabelas isoladas para cada zona para facilitar a leitura: Sul (Tabela 13), Leste (Tabela 14), Norte (Tabela 15) e Oeste (Tabela 16).

Com o intuito de contornar as adversidades, foi utilizada a ferramenta de verificação da área em escala disponibilizada pelo *Google Earth Pro* concomitante ao levantamento por vídeo, para conseguir valores aproximados das áreas afetadas por cada defeito (Figura 12). Quanto a

verificação da profundidade de panelas e trilhas de roda, a sugestão mais adequada é que seja feita a medição durante o levantamento por caminhamento, infelizmente devido aos fatos expostos no item 4.4.1, tais verificações não foram possíveis nesse estudo, sendo a severidade desses defeitos feita apenas visualmente.



**Figura 12** - Exemplo de levantamento de área afetada por defeito no pavimento (remendo - trecho 2)

**Tabela 13 - Quantificação de Defeitos para os Pavimentos - Zona Sul**

ZONA	ID	Trinca por fadiga	Exsudação	Trinca em Bloco	Elevação e Recalque	Corrugação	Afundamento Localizado	Trinca em borda	Fissura por reflexão de junta	Desnível pav/acost	Trinca Longitudinal e Transversal	Remendo	Agregado Polido	Panela	Cruzamento Ferroviário	Trilha de Roda	Escorregamento de massa	Fissura devido a escorregamento	Inchamento	Desgaste	
		Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	M Linear	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	M Linear	M Linear	M Linear	M Linear	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Unidade	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	
SUL	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	50	-	-	-	-	-	-	-	60
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,1	50	-	-	-	-	-	-	-	70
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79	-	-	-	-	-	-	-	100
	4	1,44	2	-	-	-	-	6	-	-	-	7,1	150	-	-	8,3	-	-	-	-	120
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,8	30	-	-	-	-	-	-	-	60
	6	-	23,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	0,5	-	-	-	89
	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	42	-	-	59	-	-	-	120
	8	4,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	9,36	88	1	-	-	-	-	-	190
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	56	-	-	-	-	-	-	48
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	79	-	-	-	-	-	-	-	210
	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	-	30
	12	-	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	145	-	-	98	0,7	-	-	-	70
	13	-	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38,8	-	-	-	-	-	-	-	50
	14	-	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	-	-	72	-	-	-	-	100
	15	-	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84	-	-	-	-	-	-	-	47
	16	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	102	-	-	73	-	-	-	-	92
	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60
	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	-	-	-	-	-	-	-	-	92
	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80
	20	2,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	-	198

**Tabela 14 - Quantificação de Defeitos para os Pavimentos - Zona Leste**

ZONA	ID	Trinca por fadiga	Exsudação	Trinca em Bloco	Elevação e Recalque	Corrugação	Afundamento Localizado	Trinca em borda	Fissura por reflexão de junta	Desnível pav/acost	Trinca Longitudinal e Transversal	Remendo	Agregado Polido	Panela	Cruzamento Ferroviário	Trilha de Roda	Escorregamento de massa	Fissura devido a escorregamento	Inchamento	Desgaste
		Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	M Linear	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	M Linear	M Linear	M Linear	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Unidade	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]			
	21	-	-	-	-	-	-	12	-	-	143	5	-	-	-	-	-	-	-	50
	22	88	-	-	-	-	-	-	-	-	90	2	-	-	-	15	-	-	-	200
	23	59	-	-	-	-	0,5	42	-	-	46	-	-	1	-	-	-	-	-	210
	24	79	*	*	*	*	-	38,7	*	*	42	11,25	-	-	*	*	*	*	*	220
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43	4,25	-	-	-	-	-	-	-	38
	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	-	-	1	-	-	-	-	-	26
	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-	13
	29	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46
LESTE	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-	61
	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	9
	32	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19
	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6	-	-	-	-	-	-	-
	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36
	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49	-	-	-	-	-	-	-	-	73
	36	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	54
	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	80
	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32
	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15

**Tabela 15 - Quantificação de Defeitos para os Pavimentos - Zona Norte**

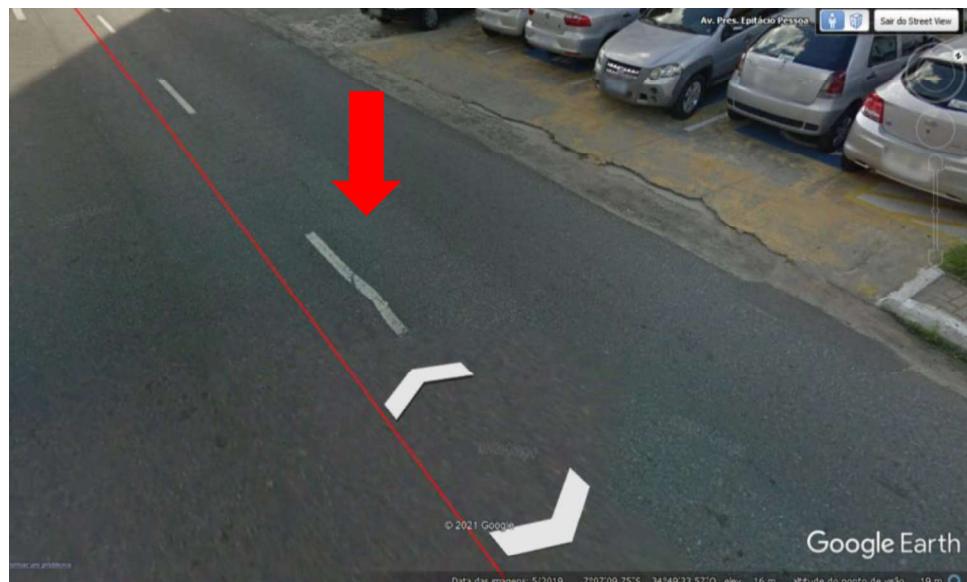
ZONA	ID	Trinca por fadiga	Exsudação	Trinca em Bloco	Elevação e Recalque	Corrugação	Afundamento Localizado	Trinca em borda	Fissura por reflexão de juntas	Desnível pav/acost	Trinca Longitudinal e Transversal	Remendo	Agregado Polido	Panela	Cruzamento Ferroviário	Trilha de Roda	Escorregamento de massa	Fissura devido a escorregamento	Inchamento	Desgaste	
		Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	M Linear	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	M Linear	M Linear	M Linear	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Unidade	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]				
NORTE	40	7,6	-	-	-	-	-	-	-	-	128	8,3	120	-	-	-	-	-	-	-	240
	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	-	98	-	-	-	-	-	-	-	198
	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	12,2	100	-	-	-	-	-	-	-	98
	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87	-	-	-	-	-	-	-	84
	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,85	-	-	-	-	-	-	-	-	10
	45	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35
	46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	-	95
	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	-	-	-	-	-	-	-	65
	48	8	-	-	-	-	-	-	-	-	6	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-	19
	49	35	-	-	-	-	-	-	-	-	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76
	50	9	-	-	-	-	-	-	-	-	42	16,3	-	-	-	-	-	-	-	-	54
	51	57,9	-	-	-	-	-	-	-	-	36	0,4	-	1	-	-	-	-	-	-	90
	52	33	80	-	-	-	-	-	-	-	22	-	-	1	-	-	-	-	-	-	240
	53	83	92	-	-	-	-	-	-	-	7,5	-	2	-	-	-	-	-	-	-	240

**Tabela 16 - Quantificação de Defeitos para os Pavimentos - Zona Oeste**

ZONA	ID	Trinca por fadiga	Exsudação	Trinca em Bloco	Elevação e Recalque	Corrugação	Afundamento Localizado	Trinca em borda	Fissura por reflexão de junta	Desnível pav/acost	Trinca Longitudinal e Transversal	Remendo	Agregado Polido	Panela	Cruzamento Ferroviário	Trilha de Roda	Esorregamento de massa	Fissura devido a esorregamento	Inchamento	Degaste
		Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	M Linear	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	M Linear	M Linear	M Linear	Área [m <sup>2</sup> ]	Unidade	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [m <sup>2</sup> ]
OESTE	55	7,6	-	-	-	-	-	-	-	-	42	2	41	1	-	-	-	-	-	86
	56	22	-	-	-	-	-	-	-	-	62	48,6	58	3	-	-	-	-	-	203
	57	-	0,8	-	-	-	-	-	-	-	5	2,1	-	-	-	-	-	-	-	168
	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	6,2	-	-	-	-	-	-	-	196
	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	50
	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	69
	61	6	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90
	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	85	-	-	-	-	-	-	-	-	169
	63	2,3	31,2	-	-	-	-	-	-	-	168	-	35	3	-	-	-	-	-	200
	64	21	7	-	-	1,5	-	-	-	-	32	3	63	1	-	-	-	-	-	240
	65	6,3	-	-	-	-	-	-	-	-	73	-	32	-	-	-	-	-	-	67
	66	2,1	4,2	-	-	2,7	-	1,3	-	-	42	-	132	1	-	-	-	-	-	197

Para auxiliar a etapa de quantificação dos defeitos, concomitante a medição exposta na figura 12, um registro fotográfico foi feito para cada defeito para que se pudesse avaliar a severidade dos mesmos, auxiliando na posterior utilização dos ábacos do apêndice A, durante a etapa de qualificação.

Durante a coleta de defeitos dos pavimentos, a maior dificuldade encontrada foi o registro concreto da área afetada por trincas longitudinais e transversais, principalmente pela existência de sombras no local avaliado, como em casos como os da figura 13. Quando as imagens das vias não apresentavam sombras a coleta foi simplificada, como mostrado na figura 14.



**Figura 13 - Exemplo de Dificuldade de Visualização de Trincas nos Pavimentos (Trecho 36)**



**Figura 14 - Exemplo de Trinca de Fácil Identificação (Trecho 61)**

Grande quantidade das trincas apresentadas pode ter sido ocasionada em função da reflexão das trincas da base de paralelepípedos. É importante destacar que não foi possível adquirir a informação com a Prefeitura sobre quais pavimentos flexíveis avaliados possuíam ou

não esse tipo de base em paralelos. A observação desse fator só era possível quando a base se encontrava exposta devido a algum defeito no pavimento.

De acordo com o Manual de Pavimentação Asfáltica (2010), essas trincas também podem ser ocasionadas por demais como a ação da repetitivas das cargas do tráfego, a ação climática (gradientes térmicos), o possível envelhecimento do ligante e perda de flexibilidade, compactação ineficiente do revestimento, deficiência no teor de ligante asfáltico, subdimensionamento, recalques diferenciais entre outros.

Previamente a aplicação da capa asfáltica, é necessário reparar os defeitos existentes na camada de paralelepípedos, além da aplicar uma camada de *binder* para minimizar o trincamento ou retardar o surgimento. A execução indevida dessas etapas ou até mesmo a não realização das mesmas pode acarretar, como mostrado na figura 15, até mesmo na exposição das pedras.



**Figura 15** - Exemplo de Aparecimento de Paralelos (Trecho 51)

A partir da avaliação conjunta do levantamento de defeitos de todas as zonas foi possível destacar que o defeito mais presente foi o desgaste, registrado em quase que todos os trechos, com exceção do trecho 33 da zona Leste. No entanto, a severidade do defeito destacado em alguns trechos não afetou a boa classificação na posterior etapa de qualificação no item 4.2.3.

Diante da finalização de todos os levantamentos das redes estudadas, foi verificada a necessidade de maior atenção durante o levantamento dos defeitos nos pavimentos, já que a quantidade de cada um deles pode influenciar diretamente na avaliação da condição do pavimento. Logo, o tempo necessário para realização da tabulação dessas informações foi considerado o maior em toda a pesquisa, já que dependendo da complexidade e quantidade de defeitos era necessário assistir repetidas vezes a gravação do mesmo trecho para que os defeitos fossem computados adequadamente.

## 4.2. Parte 2: Qualificação da Infraestrutura

### 4.2.1. Drenagem

As informações sobre a frequência da coleta de lixo nos trechos foram coletadas a partir do calendário de coleta divulgado pela Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana – Emlur (2020), responsável pela limpeza urbana do município. Nas tabelas de registro de dados sobre a frequência da coleta de lixo, cada trecho poderia apresentar uma das seguintes opções: coleta diária (D), coleta realizada 3 vezes por semana (3S), coleta realizada semanalmente (S) e por fim, não existe coleta (NEC).

Em relação ao registro de alagamentos nos trechos, não foram encontradas informações sobre banco de dados que contenham essa informação, o que dificulta ainda mais a análise do estado de funcionamento do sistema de drenagem, já que as frequências de alagamentos em determinados locais poderiam alertar a necessidade de manutenção na rede, ou até mesmo de ampliação da rede. Para esse tipo de problema durante o levantamento foi definido o termo Não Existe Banco de Dados (NEBD).

As condições dos elementos que compõem o sistema de drenagem foram computadas e analisadas trecho a trecho, com intenção de declarar a atual condição do sistema. Quando necessário, o registro fotográfico do elemento foi destacado para facilitar a localização, como por exemplo, a boca de lobo da figura 16.



**Figura 16** - Exemplo do registro da condição de boca de lobo localizada no trecho 02

Para avaliar as condições dos elementos de drenagem, tanto as bocas de lobo quanto as sarjetas, foram definidos 3 níveis de estado: o primeiro para Boas Condições (B), quando não havia presença de entulho, havia a passagem livre para água e a estrutura da peça não estava danificada. O segundo nível era para Condições Regulares (R), quando havia a presença parcial

de entulho, dificultando a passagem da água e a estrutura se apresentava pouco danificada, e por fim, Péssimas Condições (P), quando havia a presença elevada de entulho, passagem da água visivelmente prejudicada e/ou estrutura sucateada.

Também foi registrado a condição da via quanto ao favorecimento da produção de sedimentos, já que os mesmos podem influenciar diretamente no sistema de drenagem do local. Neste caso, também foram definidos 3 níveis de condições para os trechos avaliados: o primeiro nomeado como Não Existe (NE), marcado quando não havia locais onde o carreamento do solo era favorecido. O segundo nível foi nomeado como Existe Pouco (EP), marcado quando existiam poucos locais onde o carreamento do solo era favorecido, e por fim, o ultimo nível nomeado como Existe Muito (EM), registrado quando o carreamento do solo estava visivelmente presente no trecho.

A seguir, seguem os resultados da qualificação do sistema de drenagem dos trechos avaliados. Para facilitar a leitura os dados foram apresentados em quatro tabelas, uma para cada zona: Sul (Tabela 17), Leste (Tabela 18), Norte (Tabela 19) e Oeste (Tabela 20).

**Tabela 17 - Condições dos elementos do sistema de drenagem - Zona Sul**

ZONA	ID	Drenagem										Registro de alagamento	Frequência de Coleta de Lixo							
		Boca de lobo			Sarjeta			Favorecimento da produção de sedimentos					NE	EP	EM	D	3S	S	NEC	
		B	R	P	B	R	P	NE	EP	EM										
SUL	1	-	-	-	-	-	-	X	-	-	NHBD	-	X	-	-	-	-			
	2	-	-	X	-	X	-	-	X	-		-	X	-	-	-	-			
	3	-	-	-	-	-	X	-	-	X		-	X	-	-	-	-			
	4	-	-	-	-	-	X	-	-	X		-	X	-	-	-	-			
	5	-	-	-	-	-	-	X	-	-		-	X	-	-	-	-			
	6	-	-	-	-	-	-	X	-	-		-	X	-	-	-	-			
	7	-	-	-	-	-	-	X	-	-		-	X	-	-	-	-			
	8	-	-	-	-	-	X	-	-	X		-	X	-	-	-	-			
	9	-	-	-	-	-	-	X	-	-		-	X	-	-	-	-			
	10	-	-	X	-	X	-	-	-	X		-	X	-	-	-	-			
	11	-	-	-	-	-	-	X	-	-		-	X	-	-	-	-			
	12	-	-	-	-	-	-	X	-	-		-	X	-	-	-	-			
	13	-	-	-	-	X	-	-	X	-		-	X	-	-	-	-			
	14	-	-	-	-	X	-	-	-	X		-	X	-	-	-	-			
	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	X	-	-	-	-			
	16	-	-	-	-	-	X	-	-	X		-	X	-	-	-	-			
	17	-	-	-	X	-	-	X	-	-		-	X	-	-	-	-			
	18	-	-	-	X	-	-	X	-	-		-	X	-	-	-	-			
	19	-	-	-	-	-	-	-	-	X		-	X	-	-	-	-			
	20	-	X	-	-	-	X	-	X	-		-	X	-	-	-	-			

**LEGENDA:**

B: Bom R:Regular P:Péssimo NE: Não Existe EP: Existe Pouco EM: Existe Muito D:Desconhecido  
3S: 3 vezes por Semana S:Semanalmente NEC: Não Existe Coleta NEBD: Não Existe Banco de Dados

No caso da Zona Sul, apenas 3 trechos possuíam bocas de lobo, sendo estas apresentadas em condições ruins ou péssimas. Em relação a condição das sarjetas dos trechos que apresentavam tal elemento, apenas os trechos 17 e 18 se enquadravam em boas condições. As demais sarjetas se apresentavam como regulares (4 trechos) ou péssimas (5 trechos).

Quanto ao favorecimento da produção ou desencadeamento de sedimentos na via, a maioria dos trechos, 45%, não apresentava tal característica. Em contrapartida, 6 trechos da zona em questão, no caso 30%, apresentavam muita facilidade para a produção e acumulo de sedimentos na pista (trechos 3, 4, 8,10, 15 e 16).

**Tabela 18 - Condições dos elementos do sistema de drenagem - Zona Leste**

ZONA	ID	Drenagem									Registro de alagamento	Frequência de Coleta de Lixo				
		Boca de lobo			Sarjeta			Favorecimento da produção de sedimentos				D	3S	S	NEC	
		B	R	P	B	R	P	NE	EP	EM						
LESTE	21	x	-	-	-	-	x	-	x	-	NEBD	-	x	-	-	
	22	-	x	-	-	x	-	-	x	-		-	x	-	-	
	23	x	-	-	-	x	-	-	-	-		-	x	-	-	
	24	-	-	-	-	x	-	-	-	-		-	x	-	-	
	25	x	-	-	-	x	-	x	-	-		-	x	-	-	
	26	x	-	-	-	x	-	x	-	-		-	x	-	-	
	27	-	-	x	-	x	-	-	x	-		-	x	-	-	
	28	-	x	-	-	x	-	-	x	-		-	x	-	-	
	29	x	-	-	x	-	-	x	-	-		-	x	-	-	
	30	x	-	-	x	-	-	x	-	-		-	x	-	-	
	31	x	-	-	x	-	-	-	x	-		-	x	-	-	
	32	x	-	-	x	-	-	-	x	-		-	x	-	-	
	33	-	x	-	x	-	-	x	-	-		-	x	-	-	
	34	x	-	-	x	-	-	x	-	-		-	x	-	-	
	35	-	-	-	-	-	-	x	-	-		-	x	-	-	
	36	x	-	-	-	x	-	-	x	-		-	x	-	-	
	37	-	-	-	-	-	-	x	-	-		-	x	-	-	
	38	-	-	x	-	x	-	x	-	-		-	x	-	-	
	39	x	-	-	-	x	-	-	-	x		-	x	-	-	

**LEGENDA:**

B: Bom R:Regular P:Péssimo NE: Não Existe EP: Existe Pouco EM: Existe Muito D:Desconhecido  
3S: 3 vezes por Semana S:Semanalmente NEC: Não Existe Coleta NEBD: Não Existe Banco de Dados

De acordo com item 4.1.1, alguns trechos da Zona Leste (21, 22, 27 e 28) apresentavam mais de uma boca de lobo para serem avaliadas. Neste caso, apenas uma marcação foi feita na tabela 18 já que todas as bocas de lobo de um mesmo trecho apresentavam a mesma condição, como por exemplo os trechos 22 e 28, que possuíam duas bocas de lobo cada, e ambas as peças se apresentaram em estado regular.

A zona Leste foi considerada a zona com melhores condições de bocas de lobo, pois em 57,9% dos trechos as peças avaliadas se enquadravam na categoria de Bom Estado (B) de conservação.

Em relação a condição das sarjetas, apenas o trecho 21 apresentou as condições Péssimas (P). Logo, mesmo que o trecho tenha apresentado 3 bocas de lobo, a condição da sarjeta possivelmente impede o direcionamento da água para as mesmas. Já os demais trechos se apresentavam em condições regulares (52,6%) ou boas (31,6%).

Apenas um trecho desta zona, ID 39, apresentou-se como favorável para a produção ou acúmulo de sedimentos. Os demais apresentavam características alternadas entre não existir tal favorecimento (47,4%) e existir o favorecimento de maneira leve (36,8%).

**Tabela 19 - Condições dos elementos do sistema de drenagem - Zona Norte**

ZONA	ID	Drenagem										Registro de alagamento	Frequência de Coleta de Lixo				
		Boca de lobo			Sarjeta			Favorecimento da produção de sedimentos					D	3S	S	NEC	
		B	R	P	B	R	P	NE	EP	EM	-		-	-	-	-	
NORTE	40	-	-	-	-	x	-	-	x	-	-	NEBD	-	x	-	-	
	41	-	-	-	-	x	-	-	x	-	-		-	x	-	-	
	42	-	-	-	-	x	-	-	x	-	-		-	x	-	-	
	43	-	-	-	x	-	-	-	x	-	-		-	x	-	-	
	44	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-		-	x	-	-	
	45	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-		-	x	-	-	
	46	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-		-	x	-	-	
	47	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-		-	x	-	-	
	48	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-		-	x	-	-	
	49	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-		-	x	-	-	
	50	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-		-	x	-	-	
	51	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-		-	x	-	-	
	52	-	-	-	-	-	x	-	-	-	x		-	x	-	-	
	53	-	-	-	-	x	-	-	-	-	x		-	x	-	-	
	54	-	-	-	-	x	-	-	x	-	-		-	x	-	-	

**LEGENDA:**

B: Bom R:Regular P:Péssimo NE: Não Existe EP: Existe Pouco EM: Existe Muito D:Desconhecido  
3S: 3 vezes por Semana S:Semanalmente NEC: Não Existe Coleta NEBD: Não Existe Banco de Dados

Como já apresentado na tabela 11 do item 4.1.1, não houve registo de bocas de lobo na zona Norte para serem avaliados nesta etapa. Devido a não existência de banco de dados sobre registros de alagamentos, não foi possível associar os fatos. Porém, como o levantamento nesta zona foi feito em bairros considerado residenciais, é necessário rever o dimensionamento da drenagem visando a segurança da população e dos usuários das vias locais.

No que se refere a condição das sarjetas da zona Norte, apresentadas pela tabela 19, apenas o trecho 52 apresentou a condição péssima. Foram registrados 7 trechos na classificação “Boa”, representando um total de 46,7% dos trechos desta zona, e os demais 5 trechos se apresentaram em condições regulares, representando 33,3% da amostra da Zona Norte.

Vale destacar, como previamente apontado no item 4.1.1, que os trechos 45 e 47 não apresentaram registros de bocas de lobo ou sarjetas na sua extensão. Logo, não havia elementos para qualificar durante esta etapa.

Ainda pela análise da tabela 19, observa-se que a maioria dos trechos não apresentava favorecimento a produção de sedimentos, atingindo 53,3% do total avaliado na zona em questão. Apenas dois trechos apresentaram grande favorecimento a produção e acúmulo de sedimentos (52 e 53). Portanto, essa condição associada a condição péssima de sarjeta e ao não registro de bocas de lobo, classificam o trecho 52 com a pior situação do sistema de drenagem da zona em questão.

No caso da Zona Oeste, e como também já visto na tabela 11 do item 4.1.1, também não houve uma quantidade relevante de bocas de lobo para serem qualificadas nesta etapa, sendo registradas apenas 2 peças nos trechos 55 e 56, sendo estas qualificadas nas condições “péssima” e “regular”, respectivamente (tabela 20).

**Tabela 20 - Condições dos elementos do sistema de drenagem - Zona Oeste**

ZONA	ID	Drenagem										Registro de alagamento	frequência de Coleta de Lixo			
		Boca de lobo			Sarjeta			Favorecimento da produção de sedimentos					D	3S	S	NEC
		B	R	P	B	R	P	NE	EP	EM	-	-	-	-	-	-
OESTE	55	-	-	X	X	-	-	X	-	-	NEBD	-	X	-	-	
	56	-	X	-	X	-	-	X	-	-		-	X	-	-	
	57	-	-	-	X	-	-	X	-	-		-	X	-	-	
	58	-	-	-	-	-	X	X	-	-		-	X	-	-	
	59	-	-	-	-	-	-	X	-	-		-	X	-	-	
	60	-	-	-	X	-	-	X	-	-		-	X	-	-	
	61	-	-	-	-	-	-	-	X	-		-	X	-	-	
	62	-	-	-	-	-	X	X	-	-		-	X	-	-	
	63	-	-	-	-	-	-	-	X	-		-	X	-	-	
	64	-	-	-	-	-	X	-	X	-		-	X	-	-	
	65	-	-	-	-	-	-	-	X	-		-	X	-	-	
	66	-	-	-	-	-	X	-	-	X		-	X	-	-	
	67	-	-	-	-	X	-	X	-	-		-	X	-	-	

**LEGENDA:**

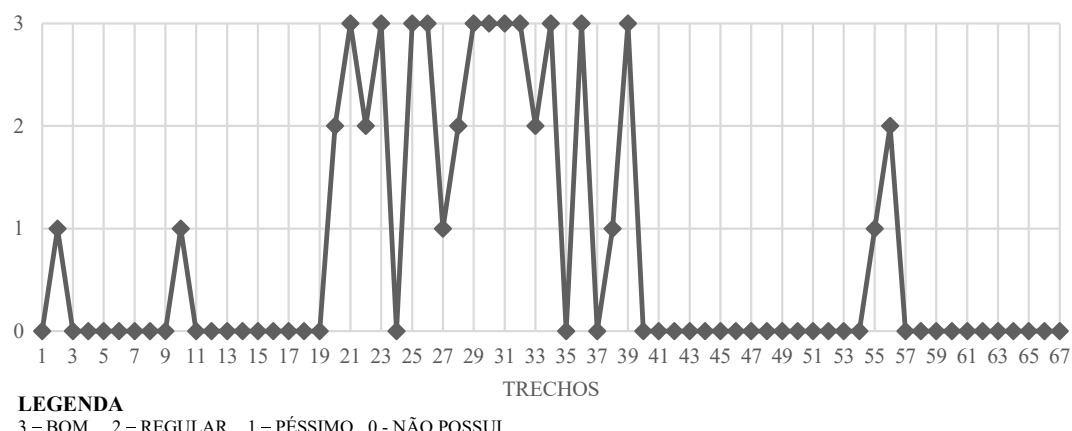
B: Bom R:Regular P:Péssimo NE: Não Existe EP: Existe Pouco EM: Existe Muito D:Desconhecido  
 3S: 3 vezes por Semana S:Semanalmente NEC: Não Existe Coleta NEBD: Não Existe Banco de Dados

Das sarjetas apresentadas nos trechos desta zona, 30,8% se encontravam na condição péssima, sendo a zona Oeste classificada como a pior zona em qualidade de sarjetas. Apenas o trecho 67 foi categorizada em condições regulares, e os demais 30,8% se apresentaram em boas condições.

Assim como a zona Norte (tabela 19), a maioria dos trechos da Zona Oeste (tabela 20) não apresentava favorecimento a produção de sedimentos, atingindo 61,5% do total de 13 trechos avaliados, em que apenas o trecho 66 se apresentou muito propício a característica em questão.

Em relação a frequência de coleta de lixo nos trechos em todos os bairros avaliados nas quatro zonas, o recolhimento ocorria 3 vezes por semana, considerado como uma boa frequência para o porte da cidade.

Os gráficos 1, 2 e 3 foram elaborados para facilitar a visualização em termos gerais da classificação da condição dos elementos do sistema de drenagem.



**Gráfico 1 - Resumo da Caracterização e Qualificação de elemento de Drenagem: Bocas de Lobo**

A partir da análise do gráfico 1, é possível visualizar que a zona Leste (trechos 21 – 39) apresentou a maior quantidade de notas máximas na classificação da condição de bocas de lobo. No entanto, também é visível a elevada quantidade de trechos que não possuíam o elemento para que pudesse ser classificado (número 0 no levantamento).

Já no gráfico 2, em que se encontra um resumo da qualificação das sarjetas, é possível observar uma maior variação de suas condições do decorrer dos levantamentos, mesmo que 25,3% dos locais avaliados não apresentassem o elemento. A partir da análise geral, também é possível observar que a maior parte das sarjetas identificadas se encontravam em condições regulares, totalizando 20 trechos com essa classificação. A classificação boa também foi registrada em uma quantidade considerável de locais, 19 trechos, totalizando 28,3% das avaliações. A menor porcentagem de registro foi apresentada pela classificação “péssimo” com 16,4% totalizado 11 trechos.

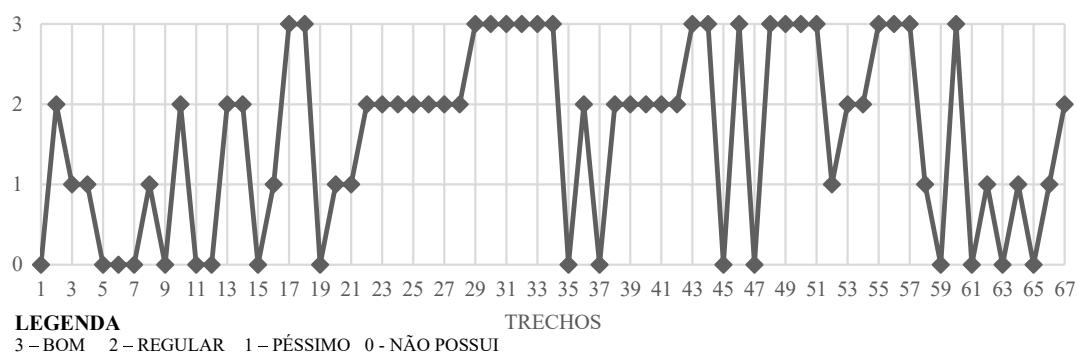


Gráfico 2 - Resumo da Caracterização e Qualificação de elemento de Drenagem: Sarjetas

No gráfico 3, é possível observar uma distribuição de notas predominantemente variadas entre as 3 e 2, com classificação “Bom” e “Regular” respectivamente. Neste caso, a melhor condição, alcançada quando o trecho não possuía a presença de sedimentos na pista, foi alcançada por apenas 10,4% dos trechos, localizados apenas nas Zonas Sul e Leste. As demais condições foram registradas em todas as zonas. A pior condição, “péssimo”, foi registrada em 10 trechos, 14,9%. O resultado mostra que, mesmo em baixa quantidade, ainda é necessário que seja voltada a atenção para a limpeza de sedimentos das vias, visto que a sua presença pode causar acidentes aos usuários.

Para isso, o trabalho em questão pode auxiliar propondo uma métrica para a avaliação de nível de urgência para a retirada de sedimentos, em que, devido aos gastos e tempo necessário para tal atividade, os trechos com classificações “Não Possui” e “Bom” e não necessitariam de limpeza, enquanto que a condição “Regular” representaria um estado de alerta para futuras intervenções, e por fim, nos trechos com a classificação “Péssimo”, seria recomendada a limpeza imediata.



**Gráfico 3 - Resumo da Caracterização e Qualificação de elemento de Drenagem: Sedimentos**

#### 4.2.2. Águas Pluviais e Esgoto (Poços de Visita)

De acordo com o tópico 4.1.2, não houve registro de nenhuma obra em andamento ou de valas nos trechos avaliados. Logo, para a etapa de qualificação, apenas os poços de visita foram avaliados. Inicialmente, foram determinadas 6 condições em que o poço de visita poderia se apresentar, podendo o mesmo elemento apresentar mais de uma dessas condições concomitantemente.

A primeira condição foi nomeada como Em Obras (O), marcada caso houvesse registro de uma manutenção no poço de visita durante a fase de levantamento. A segunda e a terceira condição nomeadas de Poço de Visita Desnívelado (PVD) e Poço de Visita Aberto (PVA), eram marcadas quando houvesse registro respectivamente de desnível entre a peça e o pavimento ou abertura da tampa. A condição seguinte foi nomeada como Buracos ao Redor do Poço de Visita (BPV), marcada quando houvesse alguma panela ao redor da tampa do poço de visita. Caso houvesse Vazamento de Água ou Esgoto, era registrado na coluna VA/E. Caso o poço de visita não apresentasse nenhum problema visualmente inidentificável, a condição era marcada como OK.

Durante a realização das análises uma nova condição que não havia sido planejada precisou ser acrescentada no levantamento, essa foi nomeada como revestimento acima do Poço de visita (PPV), marcada quando ao ser realizado um recapeamento na via, o mesmo cobria parte do poço de visita, impedindo o acesso a abertura (essa situação foi melhor explanada no tópico 4.3).

A tabela 21 mostra os resultados das condições dos poços de visita presentes nos trechos avaliados das zonas Sul, Leste e Norte e Oeste respectivamente.

**Tabela 21 - Condições dos Poços de Visita**

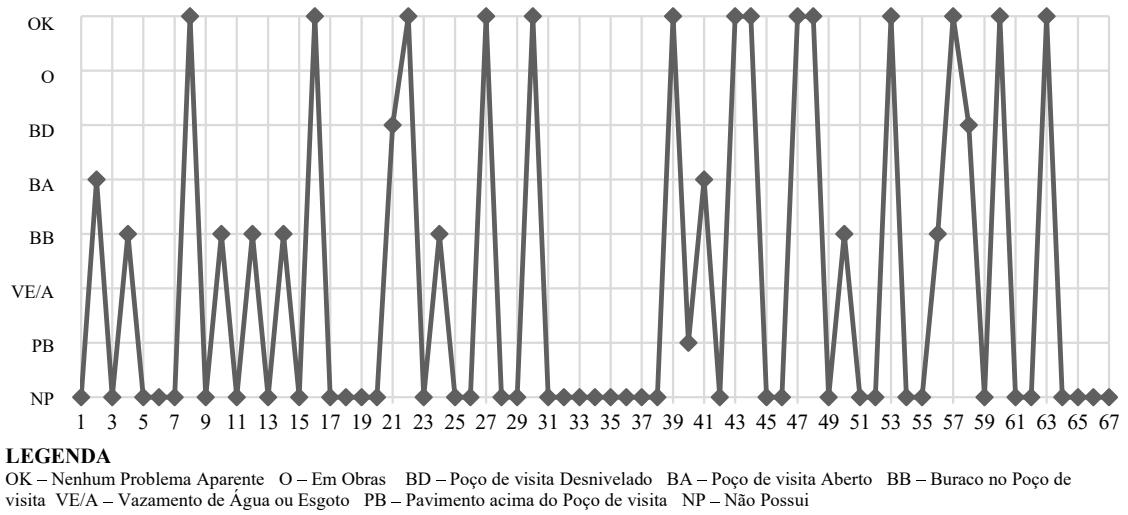
ZONA	ID	CONDIÇÕES DOS ELEMENTOS							ZONA	ID	CONDIÇÕES DOS ELEMENTOS						
		O	PVD	PVA	BPV	VE/A	OK	PPV			O	PVD	PVA	BPV	VE/A	OK	O
SUL	1	-	-	-	-	-	-	-	NORTE	40	-	X	-	X	-	-	X
	2	-	-	X	-	-	-	-		41	-	-	X	-	-	X	-
	3	-	-	-	-	-	-	-		42	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	X	-	-	-		43	-	-	-	-	-	X	-
	5	-	-	-	-	-	-	-		44	-	-	-	-	-	X	-
	6	-	-	-	-	-	-	-		45	-	-	-	-	-	-	-
	7	-	-	-	-	-	-	-		46	-	-	-	-	-	-	-
	8	-	-	-	-	-	-	X		47	-	-	-	-	-	X	-
	9	-	-	-	-	-	-	-		48	-	-	-	-	-	X	-
	10	-	-	-	X	-	-	-		49	-	-	-	-	-	-	-
	11	-	-	-	-	-	-	-		50	-	-	-	X	-	-	-
	12	-	-	-	X	-	-	-		51	-	-	-	-	-	-	-
	13	-	-	-	-	-	-	-		52	-	-	-	-	-	-	-
	14	-	-	-	X	-	-	-		53	-	-	-	-	-	-	X
	15	-	-	-	-	-	-	-		54	-	-	-	-	-	-	-
LESTE	21	-	X	-	-	-	-	-	OESTE	55	-	-	-	-	-	-	-
	22	-	-	-	-	-	-	X		56	-	-	-	X	-	-	-
	23	-	-	-	-	-	-	-		57	-	-	-	-	-	X	-
	24	-	-	-	X	-	-	-		58	-	X	-	X	-	-	-
	25	-	-	-	-	-	-	-		59	-	-	-	-	-	-	-
	26	-	-	-	-	-	-	-		60	-	-	-	-	-	X	-
	27	-	-	-	-	-	-	X		61	-	-	-	-	-	-	-
	28	-	-	-	-	-	-	-		62	-	-	-	-	-	-	-
	29	-	-	-	-	-	-	-		63	-	-	-	-	-	X	-
	30	-	-	-	-	-	-	X		64	-	-	-	-	-	-	-
	31	-	-	-	-	-	-	-		65	-	-	-	-	-	-	-
	32	-	-	-	-	-	-	-		66	-	-	-	-	-	-	-
	33	-	-	-	-	-	-	-		67	-	-	-	-	-	-	-
	34	-	-	-	-	-	-	-									
	35	-	-	-	-	-	-	-									
	36	-	-	-	-	-	-	-									
	37	-	-	-	-	-	-	-									
	38	-	-	-	-	-	-	-									
	39	-	-	-	-	-	-	X									

Em relação aos defeitos registrados, apenas na Zona Norte, no trecho 40, a situação PPV foi marcada. Observa-se na tabela 21 que em todas as zonas foram registrados ao menos dois poços de visita em condições ótimas. Já a condição de poço de visita aberto, considerada perigosa, foi registrada em dois trechos, 2 e 41, nas Zonas Sul e Norte respectivamente.

Nos registros apresentados ainda na tabela 21, em nenhuma Zona foram registradas obras nos poços de visita (O) ou vazamentos (VE/A). A condição de buracos ao redor dos poços de visita, também considerada perigosa, foi registrada em todas as zonas: quatro vezes na Zona Sul (trechos 4, 10, 12 e 14), uma vez na Zona Leste (trecho 24), duas vezes na Zona Norte

(trechos 40 e 50) e duas vezes na Zona Oeste (56 e 58). É importante destacar que nas situações consideradas como propícias para acidentes, com quando o poço de visita se encontra aberto, desnivelado ou com buracos ao seu redor, é recomendada a intervenção por meio do órgão responsável para a realização da manutenção adequada.

O gráfico 4 representa um resumo da qualificação dos poços de visitas registrados na pesquisa em questão.



**Gráfico 4 - Resumo da Caracterização e Qualificação de elemento de Águas Pluviais e Esgoto: Poços de visita**

A partir do gráfico 4, é possível visualizar a situação explicada no item 4.1.2 com auxílio da tabela 12, em que grande parte dos trechos avaliados foram qualificados como “Não Possui” o elemento em questão. E embora tenham sido registradas situações de risco, a maior parte dos poços de visita encontrados se enquadravam da situação em que não foi encontrado nenhum defeito aparente (OK), com um total de 14 trechos, somando 53,8% dos trechos que possuíam poços de visita para serem qualificados.

#### 4.2.3. Pavimentos

A partir da quantificação apresentada no item 4.1.3 foi calculada a porcentagem que cada defeito ocupava em relação a área total do trecho em análise, e os valores de dedução das mesmas através das Curvas de Dedução expostas no Anexo A, diante da severidade de cada defeito.

Como já visto da etapa de metodologia, a partir da soma dos valores de dedução para cada tipo de defeito e severidade, obteve-se o Valor Dedução Total (VTD) e, ao corrigi-lo com o auxílio do último gráfico no Anexo A foi obtido o Valor de Dedução Corrigido (VDC). Todas

as planilhas com os cálculos descritos para cada trecho se encontram no Anexo B, ao fim desse documento.

De posse desses dados, foi possível analisar o quanto cada defeito interferia nas condições do pavimento, chegando ao cálculo do PCI para cada seção e suas respectivas condições de tráfego, cujos mesmos se encontram também demonstrados no Anexo B.

Os valores de cada PCI juntamente com a classificação de cada trecho baseado nesse valor, encontra-se exposto na Tabela 22.

**Tabela 22 - Valor do PCI e Classificação dos Trechos**

Zona	Trecho	PCI	Classificação	Zona	Trecho	PCI	Classificação
SUL	1	90	Excelente	NORTE	40	58	Bom
	2	89	Excelente		41	80	Muito Bom
	3	87	Excelente		42	58	Bom
	4	66	Muito Bom		43	68	Bom
	5	71	Muito Bom		44	84	Muito Bom
	6	86	Excelente		45	88	Excelente
	7	40	Ruim		46	86	Excelente
	8	22	Muito Ruim		47	89	Excelente
	9	74	Muito Bom		48	72	Médio
	10	54	Médio		49	38	Ruim
	11	74	Muito Bom		50	59	Bom
	12	52	Médio		51	8	Péssimo
	13	88	Excelente		52	7	Péssimo
	14	54	Médio		53	1	Péssimo
	15	89	Excelente		54	70	Bom
	16	54	Médio		55	66	Bom
	17	91	Excelente		56	2	Péssimo
	18	80	Muito Bom		57	79	Muito Bom
	19	90	Excelente		58	78	Muito Bom
LESTE	20	62	Bom		59	92	Excelente
	21	56	Bom		60	88	Excelente
	22	20	Muito Ruim		61	77	Muito Bom
	23	37	Ruim		62	80	Muito Bom
	24	50	Médio		63	1	Péssimo
	25	81	Muito Ruim		64	16	Muito Ruim
	26	74	Muito Bom		65	51	Médio
	27	98	Excelente		66	40	Médio
	28	88	Excelente		67	72	Muito Bom
	29	92	Excelente				
	30	89	Excelente				
	31	94	Excelente				
	32	95	Excelente				
	33	99	Excelente				
	34	94	Excelente				
	35	62	Bom				
	36	64	Bom				
	37	83	Muito Bom				
	38	80	Muito Bom				
	39	85	Muito Bom				

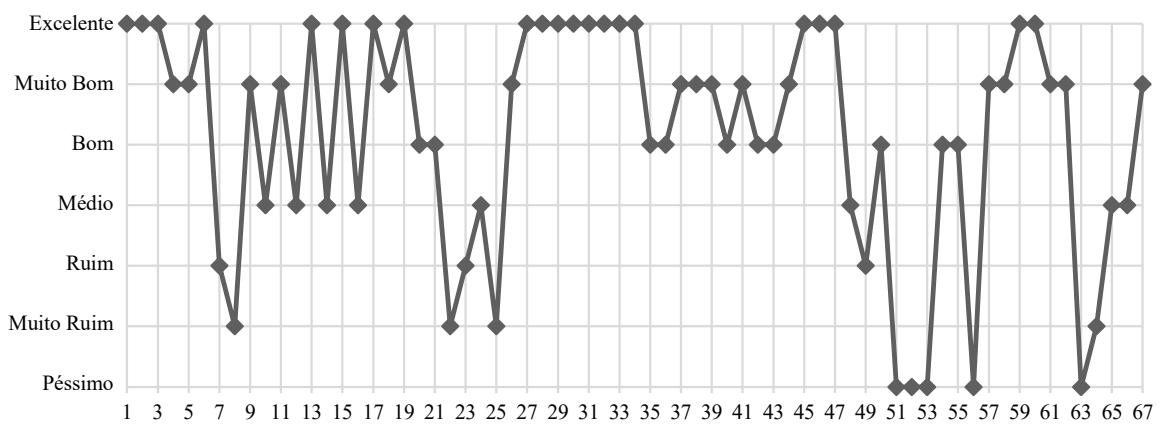
No caso da Zona Sul, observou-se que a grande maioria dos trechos avaliados se encontravam nas condições Excelente ou Muito Bom, atingindo 65% das avaliações. Para as condições Bom e Médio foram registradas em 25%, e apenas 10% foram classificadas como Ruim ou Muito Ruim, sendo necessário algum tipo de intervenção.

Já em relação as classificações a Zona Leste, cerca de 63,2% dos trechos foram classificados como Excelente ou Muito Bom. As condições Bom e Médio atingiram 21% dos trechos. As piores condições atingidas nessa zona foram pelos trechos 22, 23 e 25, consideradas como Ruim ou Muito Ruim, chegando a 15,8% dos trechos.

A Zona Norte foi a primeira a apresentar trechos nas condições Péssimas (51, 52 e 53), anteriormente ainda não atingidas pelas Zonas Sul e Leste. Nas condições Excelente e Muito Bom foram registadas por apenas 33,3% dos trechos. As condições que atingiram a maioria dos trechos, chegando a 40%, foram Bom e Médio. Nesta Zona não houve registro da classificação Muito Ruim.

Por fim, para a Zona Oeste, observou-se que a maioria dos trechos atingiu as classificações máximas (Excelente e Muito Bom), chegando a 53,8% dos trechos. As condições Bom e Médio foram apresentadas por 23% dos trechos. A condição Ruim não foi registrada nessa Zona. A condição Péssima foi atingida por dois trechos, 53 e 63, alcançando 15,4%.

Para uma melhor visualização, o gráfico 5 abaixo representa um resumo da classificação dos pavimentos avaliados.



**Gráfico 5 - Resumo da Classificação dos Pavimentos**

Observa-se, a partir do gráfico 5, que não existe um padrão lógico para as notas dos pavimentos avaliados. Porém, é possível verificar que, de uma maneira geral, a condição dos pavimentos com avaliação entre “Excelente” e “Média” representou a maioria dos registros, totalizando 82% dos trechos.

#### **4.3. Avaliação da Existência Concomitante dos Sistemas**

Para a realização da análise associativa a partir da existência concomitante entre os sistemas é importante relembrar que o objetivo da pesquisa não estava voltado à propor soluções para os impasses apresentados em cada sistema, visto que não foi possível coletar todos os dados dentro do ano de 2020. Diante desta impossibilidade, as estratégias de coleta adotadas na pesquisa foram a utilização de dados sobre o estado da infraestrutura no ano de 2019 já existente em bancos de dados *online*. Logo, foi possível indagar que a proposta de soluções não seria adequada visto que as recomendações apresentariam inconsistência com a realidade no momento de sua efetivação, ou seja, as soluções que poderiam ser apresentadas para os problemas nos sistemas no ano de 2019 poderiam não ser adequadas a realidade do ano de 2021, já que os sistemas se apresentam em constante estado de variação (podendo esses defeitos terem sido solucionados por algum serviço de manutenção, ou terem se agravado pela ausência desta).

Após a avaliação individual da condição de cada sistema, foi necessário avaliar as possibilidades de influência de cada um desses resultados nos outros sistemas avaliados, na tentativa de assim poder evidenciar a necessidade da gestão integrada dos mesmos.

Inicialmente, mesmo com a impossibilidade de avaliar todos os elementos dos sistemas de água e esgoto dos trechos, foi possível identificar diversas vezes em que a influência que a presença dos mesmos exercia principalmente nos pavimentos. O caso do acréscimo de uma nova categoria durante a caracterização (exposta no item 4.2.2) é um exemplo claro dessa situação.

Observe na figura 17 o poço de visita nº 1 no trecho 40, e como a camada de pavimento executada (provavelmente um recapeamento), com o intuito de corrigir defeitos nas vias influencia no funcionamento da peça. Devido as condições, não foi possível identificar a qual sistema o poço de visita pertencia. No entanto, independentemente de qual seja, sua função de fornecer acesso ao subsolo foi completamente bloqueada.



**Figura 17 - Camada de Pavimento Executada Acima da Tampa do Poço de visita (Trecho 40)**

É importante destacar que essa situação não influencia negativamente apenas o sistema a qual o poço de visita pertence, mas também aos usuários da via pavimentada, já que visivelmente a cobertura indevida também provoca um defeito aos pavimentos, deixando-o desnível e acarretando desconforto ao passageiro.

Outra situação encontrada durante o levantamento foi a abertura do pavimento para instalação ou manutenção do sistema sanitário, como pode ser evidenciado na Figura 18. Esse é um caso comum da influência direta dos sistemas, pois quando ocorre a abertura das valas para realização dos serviços necessário, o tráfego na via fica prejudicado, assim como a posterior reconstrução do pavimento pode não ocorrer da maneira adequada, afetado ainda mais as condições do pavimento.

Em caso de implantação recente do pavimento, é possível destacar também os prejuízos financeiros, já que é necessário um capital extra para reconstruir um trecho recentemente implantado. De acordo com entrevista com funcionários da Companhia de Água e Esgoto em questão, quando ocorre a necessidade de abertura de valas no pavimento por parte da companhia, a mesma é responsável por restituir os danos. Porém, essa reconstrução ocorre de maneira terceirizada, e muitas vezes sem a devida fiscalização, podendo ocorrer de maneira inadequada.



**Figura 18** - Abertura do Pavimento para Instalação/Manutenção do Sistema Sanitário (Trecho 57)

Ainda fruto da mesma entrevista, os funcionários alegaram que não ocorre de fato um contato com a prefeitura sempre que é necessário danificar algum pavimento para manutenção das redes de água e esgoto, apenas em casos em que o acesso precisa ser feito em vias de grande circulação de veículos e, possivelmente, pode haver a necessidade de auxílio por parte da SEMOB do município. No entanto, em casos mais isolados, os danos e reparos aos pavimentos após o acesso as redes é feito de maneira independente pela companhia.

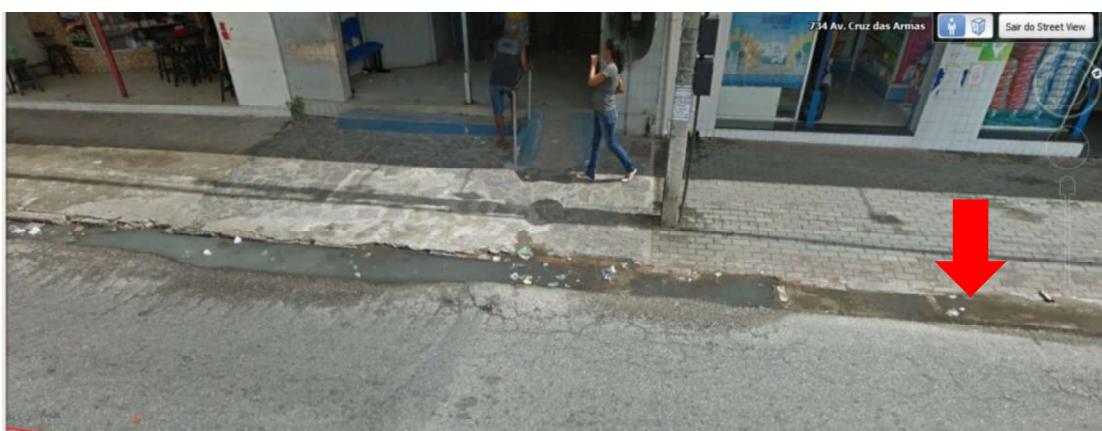
Esse tipo de situação evidencia a necessidade de uma gestão que integre a comunicação entre os responsáveis, pois mesmo em casos de vias menos movimentadas, o conforto e a qualidade dos trechos podem ser afetados, que em caso de fiscalização por parte da prefeitura durante a realização dos reparos, podem ser evitados.

Em relação ao sistema de drenagem foi possível registrar a influência que o dimensionamento inexato pode provocar aos usuários das vias. Na figura 19 foi possível observar como a falta de elementos como bocas de lobo pode provocar o acúmulo indevido de água de chuva, podendo acarretar diversas consequências como o risco de escorregamento de motoqueiros, a violação do artigo 171 do Código de Trânsito Brasileiro que proíbe que um motorista molhe um pedestre ou outros veículos ao atravessar água acumulada na rua, e até mesmo a proliferação de doenças causadas diante da água parada, como as causadas pelo mosquito *aedes aegypti* facilmente reproduzido em tais situações.



**Figura 19 - Exemplo de Drenagem Inadequada da Via (Trecho 66)**

Outro problema evidenciado durante o levantamento foi a constante alteração da inclinação das sarjetas para o acesso de veículos a garagens ou calçadas, como destacado na Figura 20. Tal alteração impede que a água escoe como dimensionado em projeto, podendo resultar no acúmulo indevido também mostrado na mesma Figura.



**Figura 20 - Exemplo de Inclinação de Sarjeta Alterada (Trecho 64)**

Também foram registrados, em casos de necessidade da construção de rampas para o acesso de veículos para as residências, a solução da inclusão de tubulações em PVC abaixo da rampa permitindo a passagem da água, como mostrado na Figura 21. No entanto, é necessária a frequente manutenção da tubulação, pois caso a mesma se encontre obstruída sua função será prejudicada.



**Figura 21** - Exemplo de Inclinação Alterada, mas Sem Impedimento ao Fluxo (Trecho 56)

Em caso em que o pavimento já se encontra em condições não ideais para seu funcionamento, o acúmulo indevido da água pode prejudicar ainda mais a segurança e conforto dos usuários. No caso da frequência para a coleta de lixo nos bairros, é importante destacar também a conscientização da população acerca da deposição adequadas dos descartes domésticos. Essa situação pode ser ilustrada na Figura 22.



**Figura 22** - Pavimento em Condições Péssimas e Influência de Lixo na Sarjeta (Trecho 53)

Diante das dificuldades de coleta e das soluções adotadas em 4.4.1, não foi intenção da pesquisa propor soluções para os defeitos encontrados em cada um dos sistemas analisados, pois devido à grande parte da análise precisar ser das condições dos trechos ainda no ano de 2019 (informações mais atuais do banco de dados disponível), não era possível saber quais dos impasses já haviam sido solucionados.

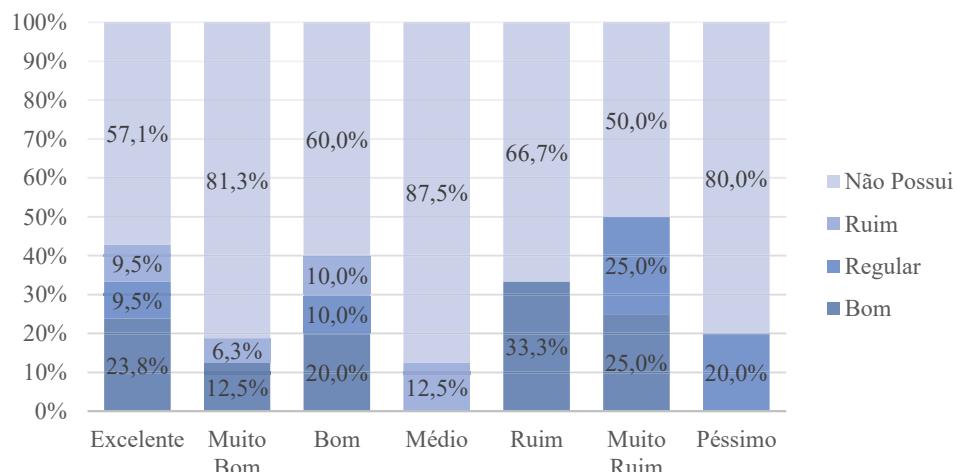
No entanto, independente disso, a intenção da pesquisa era evidenciar de forma clara a influência da existência concomitante entre as redes. E como os defeitos analisados e geridos individualmente podem influenciar nas demais.

Ainda durante a análise associada, foi necessário verificar a proporção, dentro da amostragem, em que a condição de um sistema de infraestrutura poderia influenciar na condição dos demais. Devido a análise estatística envolver a associação de variáveis qualitativas, resolveu-se fixar a classificação da condição dos pavimentos para ser comparada a condição dos demais sistemas. A decisão foi tomada devido ao método do PCI utilizado ser considerado um método eficaz para a representação da condição real do pavimento, já que envolve o cálculo da área afetada por cada defeito registrado e não envolve análise subjetiva como as condições dos demais sistemas aqui apresentados.

A verificação da relação entre as variáveis foi feita a partir da criação de tabelas dinâmicas a partir do cruzamento de dados. Para melhor visualização, foi calculada a porcentagem de linha de cada cruzamento e em seguida apresentado os dados em gráficos de barras com soma igual a 100%. Cada verificação seguida de sua interpretação é apresentada nos subtópicos a seguir.

#### 4.3.1. Pavimentos *versus* Drenagem

Inicialmente foi verificada a relação entre a classificação da condição dos pavimentos e as condições das bocas de lobo do sistema de drenagem. A partir da tabela dinâmica elaborada a partir do cruzamento dos dados de qualificação da condição dos dois elementos, foi possível verificar que a proporção em cada nível de condição do pavimento era apresentada quando ocorria variação nas condições das bocas de lobo, como melhor apresentado no Gráfico 6.



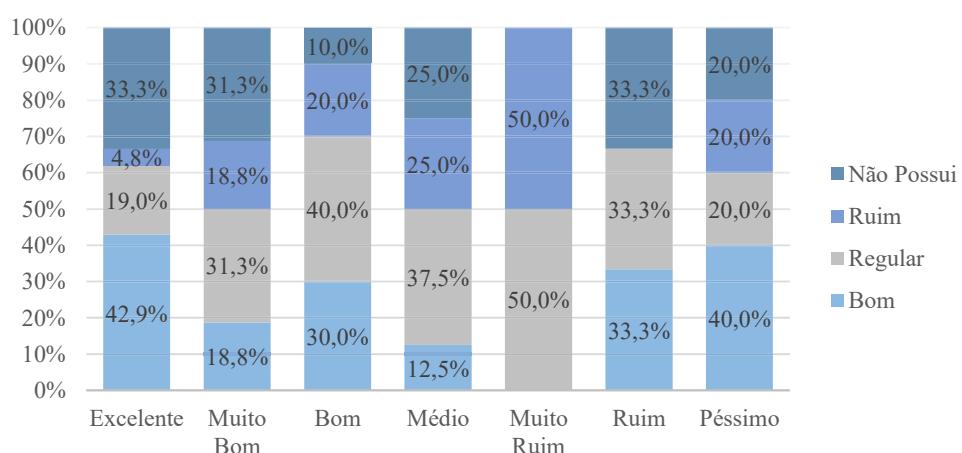
**Gráfico 6** - Comparação entre a Condição dos Pavimentos e Condição das Bocas de Lobo do Sistema de Drenagem

É possível observar a partir do gráfico 6 que não houve um padrão esperado pelo senso comum ao cruzar os dados das condições dos elementos. A priori era esperado que em trechos com bocas de lobo em melhores condições de conservação resultariam em pavimentos com as classificações mais elevadas. No entanto, para essa obtenção de resultados é necessário uma série de associação de condição de elementos, não apenas as bocas de lobo isoladas.

Ainda pelo gráfico 4 é possível notar no caso dos trechos com pavimentos classificados como “Excelente” e “Bom”, ocorreu pouca disparidade na porcentagem das condições das bocas de lobo encontradas, com uma variação de apenas 3,8% para os elementos em condição “Boa”. Observe também que a condição das bocas de lobo classificadas com “Regular” e “Ruim” também apresentam porcentagem com uma variação de apenas 0,5% quando comparados em pavimentos excelentes e bons.

Um resultado também distinto ao senso comum apresentado durante a análise de dados foram as condições de pavimentos “Muito Bom”, “Médio” e “Péssimo”, que, embora apresentem diferenças nítidas na qualidade do pavimento, todos apresentavam ausência de bocas de lobo maior ou igual a 80%. Outro resultado imprevisto também foi apresentado pela condição “Ruim” dos pavimentos, que embora apresentasse ausência das bocas de lobo em 66,7% dos trechos, nos demais 33,3% em que eram registradas estas se apresentavam em boas condições.

Ainda dentro dos elementos de drenagem, no que se refere a condição das sarjetas associadas a a classificação da condição dos pavimentos, foi possível observar uma grande variação de proporções a partir do gráfico 7. Uma interpretação facilmente identificável e coerente ao discernimento geral, foram os pavimentos na condição “Muito Ruim”, já que todas as sarjetas registradas nesses trechos também apresentavam condição “Péssimo” ou “Regular”, ambas na proporção de 50%.



**Gráfico 7 - Comparação entre a Condição dos Pavimentos e Condição das Sarjetas do Sistema de Drenagem**

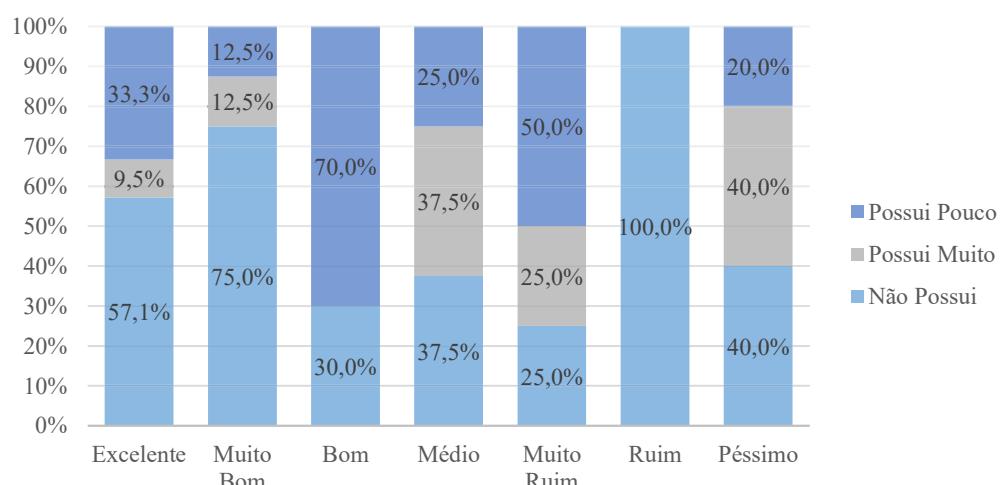
Outra análise dentro do esperado no gráfico 7 foram os pavimentos em condição “Excelente”, já que a maioria das sarjetas contabilizadas nesses trechos se apresentavam em boas condições. Porém, também foram registradas em 4,8% dos trechos excelentes sarjetas se encontravam na condição “Ruim”.

Já os resultados da associação de dados para os pavimentos com classificação “Muito Bom” e “Médio” quanto as condições de sarjetas apresentaram certa proximidade. Observou-se que para tais pavimentos houve uma variação de 6,3% de trechos que não possuíam sarjetas. Uma diferença aproximada, 6,2%, também foi registrada para as sarjetas com avaliação “Ruim” e “Regular”.

Para os pavimentos com classificação “Bom”, observou-se que a soma das porcentagens de sarjetas em condições péssimas ou ausência do elemento chega a 30%. Uma proporção aproximada é encontrada ao também somar as mesmas condições de sarjetas, porém agora para a condição de pavimento “Péssimo”, totalizando em 40%.

Essa diferença de 10% também é encontrada a partir da soma dos resultados das condições de sarjeta “Boas” e “Regulares”, com 70 e 60%, respectivamente para os pavimentos em condições Boas e Péssimas.

A partir do cruzamento de dados quanto a presença e a produção de sedimento nas vias associada a classificação dos pavimentos, foi possível elaborar o gráfico 8. Observou-se que todos os pavimentos classificados como “Ruins” não apresentavam presença de sedimentos nas vias. Já os pavimentos que apresentaram a classificação “Bom”, apresentaram resultados satisfatórios no que se refere a presença de sedimentos, já que em 30% dos trechos não foi identificada a presença ou produção de sedimentos, e quando foram, em 70% das vias, eram registradas em pequena quantidade, encaixando-se na classificação “Possui Pouco”.



**Gráfico 8 - Comparação entre a Condição dos Pavimentos e a Capacidade de Produção e Acúmulo de Sedimentos das Vias**

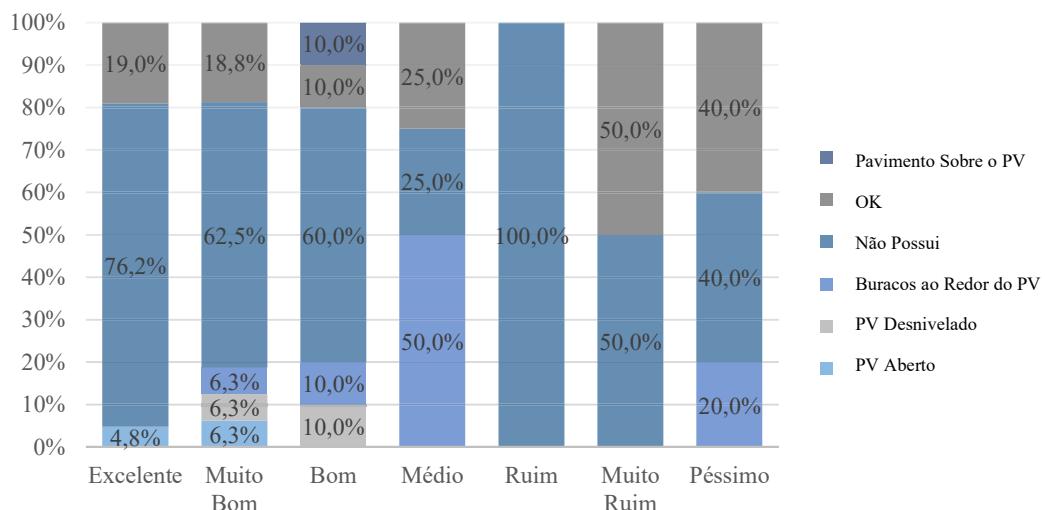
Foi possível verificar ainda no gráfico 8 que os pavimentos com as melhores condições, “Excelente” e “Muito Bom”, apresentaram grande relação quanto a presença e produção de sedimentos, já que respectivamente em 51,1% e 75% dos trechos não foi registrada a característica em questão, e quando possuíam, em 33,3 e 12,5% respectivamente, eram registrados em pequena quantidade (Possui Pouco).

Os pavimentos em classificação “Médio” e “Péssimo” apresentaram pouca variação nos resultados quanto aos sedimentos, apresentando diferença de 5% quando a presença registrada era mínima (Possui Pouco), e de 2,5% quando a presença era alta (Possui Muito). Ainda para tais condições de pavimentos, também foi registrada uma diferença de apenas 2,5% dos resultados para quando não era registrada a presença de sedimentos nas vias.

No geral, pode-se perceber que, embora teoricamente seja coerente associar as boas condições de um pavimento à presença de um bom sistema de drenagem superficial, os dados apresentados na pesquisa mostram que tais condições não se apresentem claramente ligados de maneira independente, sendo necessária uma análise mais aprofundada sobre os resultados.

#### 4.3.2. Pavimentos *versus* Condições dos Poços de Visita

Como apresentado anteriormente no item 4.1.2, não foi possível obter informações além das condições dos poços de visita do sistema de esgoto visto que a localização dos demais elementos se apresentarem no subsolo. No entanto, também foi feio o cruzamento de dados associando tais condições as classificações dos pavimentos, como pode ser visto no gráfico 9.



**Gráfico 9 - Comparação entre a Condição dos Pavimentos e a Condição dos Poços de Visita**

Notou-se que em todas as condições de pavimento a ausência de poços de visita foi registrada, variando de um percentual máximo de 100% nos pavimentos classificado na

condição “Ruim”, a um percentual mínimo de 25% naqueles com classificação “Médio”. A condição de Buracos ao Redor dos Poços de Visita foi maior registrada nos pavimentos em condição Média, chegando a 50% dos casos registrados.

Um resultado fora do esperado apresentado pelo gráfico 9 foi que os trechos com pavimentos classificados em “Muito Ruim” apresentaram os melhores resultados em relação a condição dos poços de visita, já que nos 50% de trechos em que sua presença foi registrada, todos os PV’s se encontravam em boas condições, não presentando visualmente nenhum desconforto ou situação que prejudicasse a segurança dos usuários da via.

Ainda segundo o gráfico 9, foi possível verificar que, com exceção dos pavimentos classificados na condição “Ruim”, todas as demais classificações apresentaram ao menos 10% de poços de visita dispostos adequadamente, encaixando-se na condição “OK”.

Outro resultado distinto ao senso comum, foi a condição de Poço de Visita Aberto, considerada uma das mais perigosas a segurança e conforto aos usuários, foi encontrada apenas nos pavimentos com as melhores classificações, “Excelente” e “Muito Bom”. Observou-se também que a maior quantidade de defeitos distintos, com um total de 4 irregularidades, também foi encontrada nos pavimentos com classificação considerada alta, “Bons” e “Muito Bons”. Logo, não é possível afirmar que em uma via que possui o pavimento em condições favoráveis aos usuários, com classificação elevada de PCI, também possua poços de visita em condições satisfatórias.

#### **4.4. Adversidades Durante a Realização da Pesquisa**

##### **4.4.1. Devido a Pandemia**

Diante da pandemia pelo Covid-19, a fase de coleta de dados nos trechos previamente selecionada (programada para ocorrer entre os meses de março a agosto/2020), precisou ser reagendada e adaptada à atual situação. Os levantamentos visuais por caminhamento não foram realizados devido as medidas de segurança da equipe.

Para que fosse possível dar continuidade a pesquisa, a medida adotada para contornar a situação supracitada foi utilizar apenas os levantamentos por vídeo realizados até o momento, e utilizar *softwares* que disponibilizam as imagens dos trechos, como *Google Maps* e o *Google Earth Pro* para a coleta dos demais dados sobre a condição dos sistemas analisados no estudo de caso. No entanto, as imagens da cidade de João Pessoa para os trechos da pesquisa eram do ano de 2019. Mesmo não sendo a real condição em 2020, o objetivo do trabalho era analisar a

condição associada dos sistemas. Logo, a diferença de datas das imagens não altera o objetivo teórico do trabalho, de mostrar a importância da gerência integrada.

#### 4.4.2. Contato Com a Prefeitura

Como mencionado na etapa de metodologia, uma atividade primordial para a realização da pesquisa era a coleta de dados sobre os trechos analisados com a prefeitura do município, como por exemplo, os tipos de pavimentos implantados nos trechos, a frequência de manutenção das vias e do sistema de drenagem superficial, possíveis projetos de implantação e o que mais pudesse ser repassado para auxiliar a elaboração da pesquisa. A intenção também era averiguar como ocorre o contato entre a prefeitura e a companhia responsável pela gerência da rede de coleta de esgoto. Logo, uma entrevista com o secretário de infraestrutura ou um engenheiro responsável também estavam sendo planejadas.

No entanto, os surgimentos de alguns impasses dificultaram a execução das atividades planejadas. Mesmo com a tentativa sucessiva de *e-mails* e ligações, não houve retorno dos gabinetes após o início da pandemia e das atividades de maneira remota.

Solicitações via Serviço de Informação ao Cidadão ([sic.pb.gov.br](http://sic.pb.gov.br)) também foram realizadas, porém sem o devido retorno, já que a solução sugerida foi entrar em contato com a prefeitura do município, novamente sem sucesso.

Por fim, foi realizado o contato com a Superintendência Executiva de Mobilidade Urbana, solicitando informações sobre as vias públicas da cidade. Não houve o retorno por parte da SEMOB.

#### 4.4.3. Contato com a Companhia de Água e Esgoto

Concomitante a tentativa de contato com os responsáveis pelos pavimentos e a rede de drenagem urbana da cidade, foram encaminhadas mensagens para a ouvidoria da CAGEPA ([ouvidoria@cagepa.pb.gov.br](mailto:ouvidoria@cagepa.pb.gov.br)), com o intuito que ter acesso às informações acerca da implantação da rede de coleta de esgoto das ruas selecionadas, bem como informações sobre os processos de manutenção e demais informações que fossem importantes para o estudo.

Para um segundo contato com a Companhia, a intenção foi entrevistar algum funcionário, e averigar como ocorre o contato entre a companhia e a prefeitura. Neste caso foi possível entrevistar dois funcionários de maneira independente, com o devido consentimento dos entrevistados diante da clara exposição da utilização de suas respostas no estudo em questão.

## CAPÍTULO 4

### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A partir da realização do estudo apresentado, foi possível evidenciar de maneira clara e objetiva a influência que alguns sistemas de infraestrutura possuem em relação a outros presentes na mesma via, principalmente quando esses sistemas não se encontravam em sua condição de conservação ideal.

Com relação à condição da infraestrutura analisada, os dados coletados e avaliados apresentam um panorama abrangente de avaliação da situação, já que para cada sistema foram encontrados todos os tipos de condições existentes nos formulários de avaliação, desde sistemas considerados em boas condições até aqueles classificados com a pior condição. Logo, essa representação holística dos sistemas de infraestrutura pode fornecer diversas combinações de situações para exemplificar a necessidade e a importância de sua gerência concomitante.

O apontamento da severidade, abrangência e extensão se mostrou adequado para o contexto do trabalho, porém para que se torne ainda mais coerente com a realidade registrada, recomenda-se o complemento com o levantamento por caminhamento em alguns locais em que a câmera no veículo não forneça as informações de maneira cognoscível.

Embora não fosse objetivo da pesquisa sugerir propostas de manutenção para os elementos avaliados, já que, como apresentado, propor soluções sem o conhecimento do real estado dos elementos dos sistemas no momento da intervenção torna a proposta incoerente, a classificação dos níveis de severidade juntamente a integração dos dados dos sistemas, apresentou-se como um instrumento viável para o planejamento e apontamento de prioridades de intervenção nas vias, assim como avaliações de aceitabilidade do estado de funcionalidade e serventia dos sistemas, podendo assim estabelecer metas para possíveis intervenções de manutenção.

Diante do porte do município e a partir da análise das entrevistas com membros da CAGEPA, observou-se ser possível a realização de uma gerência concomitante dos sistemas avaliados no estudo de caso, porém ainda é necessário que exista uma melhor comunicação entre os gestores.

A partir da pesquisa realizada foi possível entender que ao se elencar a condição de cada sistema lado a lado, as prioridades para possíveis manutenções são encontradas com maior facilidade e clareza, sendo a metodologia do trabalho considerada como possível de ser aplicada em cidades de mesmo porte ou inferiores, o que pode facilitar o planejamento e a gestão dos sistemas com melhor qualidade.

A proposta para a análise comutativa da condição dos sistemas de infraestrutura, e por consequência a implantação de um sistema de gerenciamento integrado para as mesmas, a partir da criação de um banco de dados único para o compartilhamento de informações entre os responsáveis, assim como a elaboração de normas de serviço e melhoramento da comunicação entre os gestores, mesmo quando estes pertencem a órgãos e empresas distintas, pode ser considerado como uma mitigação em níveis consideráveis, e até mesmo uma solução para problemas de gerenciamento enfrentado pelas cidades atualmente.

Diante das dificuldades enfrentadas durante a pesquisa, não foi possível realizar todo o tratamento de dados ainda possível para a temática abordada, logo, sugere-se para pesquisas futuras, a partir da inserção de dados mais recentes sobre as condições dos sistemas de infraestrutura, avaliar a aplicação de uma árvore de decisão como ferramenta de auxílio à tomada de decisão na priorização durante a efetivação de serviços de manutenção e na análise de investimentos em melhorias nos sistemas que apresentam riscos e incertezas associadas. A aplicação desse método poderá permitir que os gestores comparem as possíveis ações com base nos custos, probabilidade e benefícios.

A partir da contínua coleta de dados, também pode ser sugerida a realização de análise de tendências, em que basicamente serão monitorados como os resultados dos levantamentos variam ao longo do tempo, já que, como apresentado no trabalho, é um fator essencial na condição de um sistema de infraestrutura.

## 6. REFERÊNCIAS

ABU-SAMRA, S.; AHMED, M.; AMADOR, L. Asset Management Framework for Integrated Municipal Infrastructure. **Journal of Infrastructure Systems**. Vol 26(4). 2020 DOI: 10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000580

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Manual de Obras e Serviços de Manutenção**. 2 ed. Brasília: ANAC, 2019.

ALENCAR, Y. C. **Um método para integração e gerenciamento de redes de infraestrutura urbana**. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

ALMEIDA, M. **O que limita o investimento público no Brasil?** In: PINHEIRO, A. C.; FRISCHTAK, C. R. (Org.). Gargalos e soluções na infraestrutura de transportes. Rio de Janeiro: FGV, 2014.

ANHEIER, H. K.; ALTER, R. **The infrastructure challenge: changing needs, persistent myths. Hertie School of Governance**. In: ALLAIN-DUPRÉ, D. The governance report 2016. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press, 2016. p. 15-30.

APS, M.; BALBO, J.; SEVERI, A. A. Avaliação superficial de pavimentos asfálticos em vias urbanas utilizando o método do PCI. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 31., 1998, São Paulo. **Anais**. Rio de Janeiro: ABPV, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12207**: Projeto de interceptores de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12208**: Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário – Procedimento. Rio Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209**: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218**: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ASTM D6433-18, Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018.

AUGUSTO JR., F.; GIAMPAGLIA, H.R.; CUNHA, M.A. **Manual de Pavimentação Urbana**. Instituto de Pesquisa Tecnológico, 1992. São Paulo, SP.

AZAMBUJA, A. R. Pavimentos Asfálticos: **Análise de Patologias na Repavimentação de Trechos devido a obras de Rede de Esgoto Sanitário**. Monografia (Graduação). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

BARRA, R. B. M. **Análise da Manutenção de Pavimentos Urbanos: uma proposta de implantação de um sistema de gerência de pavimentos.** Dissertação (Mestrado), Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará. Belém, 2017.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; C, J. A. P.; SOARES, J. B. Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros / Liedi Bariani Bernucci... [et al.]. – Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABEDA, 2006.

BERTEI, R. M.; PANDOLFO, A.; BARBACOVI, 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. DOI: <https://doi.org/10.22408/revam2201759329-340>

BRASIL. Código de Trânsito Brasileiro (**CTB**). Lei Nº 9.503, de 23 de Setembro de 1997.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrura de Transportes. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. Instituto de Pesquisa Rodoviárias – 720. 2<sup>a</sup> ed. – Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL. Fundação Nacional da Saúde. **Manual de Saneamento**. Brasília: Funasa, p. 173-278, 2015.

BRASIL. Senado Federal - **Projeto de Lei nº 4162, de 2019**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento; [...]; e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Disponível em <<https://legis.senado.leg.br/sdleggetter/documento?dm=8062567&ts=1593120239842&disposition=inline>> Acesso em: 02 de jul. 2020.

CAMPOS, G.C.; Iyomasa, W. S.; Santos, A. J. G.; Martins, J. R. S.; Menezes, M. O “invisível” espaço subterrâneo urbano. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, Fundação Seade, v. 20, n. 2, p. 147-157, abr./jun. 2006.

CAREY, JR., W. N.; IRICK, P. E. The Pavement Serviceability Performance Concept. HRB Bulletin 250, 1960.

CELESTE, A. B & OLIVEIRA, F. H. L. Study of retroanalysis of asphaltic pavements resilience modules with the use of artificial neural networks. **Transportes**. v. 27, n. 4 (2019). DOI: <https://doi.org/10.14295/transportes.v27i4.1781>

COSTA, E. R. H.; VIEIRA, S. J.; ORTG, D. M.; DEBER, E.; DIESEL, L. E.; OLIVEIRA, M. S. Avaliação e Plano de Manejo sob enfoque da Gestão Transdisciplinar. Estudo de Caso: Parque Municipal do Manguezal do Itacorubí, Florianópolis, SC/Brasil. 24<sup>a</sup> Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES: Belo Horizonte/MG, 2007.

CORSINI, R. Soluções Técnicas: Linhas elétricas subterrâneas. **Revista Infraestrutura Urbana**, São Paulo, ed. n. 45, p. 58-63, out. 2014.

CRUZ, S. S.; PAULINO, S. The Relationship Between Social Innovation and Active Mobility Public Services, 2020. **The Journal of Law and Mobility** 60. DOI: <https://doi.org/10.36635/jlm.2020.relationship>

DERRIBLE, S. Urban infrastructure is not a tree: Integrating and decentralizing urban infrastructure systems. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, 44(3), 553–569, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1177/0265813516647063>

DÍAZ, J. R. Innovación en la Información de los servicios afectados: la Web de Información de Servicios Existentes (eWise) y su evolución. In: XVI Congresso Nacional de Tecnologías de la información Geográfica, (p. 5). **Anais do XVI Congresso Nacional de Tecnologias de la información Geográfica**. Alicante. 2014.

DNIT, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 030/2004 – ES. Drenagem - Dispositivos de drenagem pluvial urbana – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro: IPR, 2004.

DOMINGOS, S. **Análise e avaliação de possibilidades de sistematização e gestão integrada de sistemas de infra-estrutura urbana**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Urbana). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004. DOI:10.11606/T.3.2004.tde-26102004-134109.

ESPÍNDULA, A. C.; CIRÍACO, T. G. M.; VALOURA, L. R.; FERNANDES, P. G. P. S.; TEIXEIRA, M. A. O. Diagnóstico da Condição do Pavimento das Rodovias Federais do Estado de Alagoas. **Anais do XXXI Congresso Nacional de Pesquisa em Transportes**. ANPET - 2017.

FERRAZ, A. E. Q.; OLIVEIRA, V. F.; ROCHA, A. A. & AGUIAR, I. S. Aspectos Da Estrutura Urbana E As Relações Em Rede Na Vila De Bate-Pé No Município De Vitória Da Conquista – Bahia. V Simpósio Cidades Médias e Pequenas da Bahia. **Anais I** - 2016.

FERREIRA, A. S.; NASCIMENTO, D. R. O custo da infraestrutura urbana: um delineamento para o desenvolvimento de pequenos municípios. **Engineering Sciences**, v.8, n.1, p.67-79, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2020.001.0008>

FERREIRA, R. de S.; LOPES, N. M. D.; CARVALHO, P. H. V. de. Composition of airport pavements and their particularities. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. e180972510, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i7.2510

FIANI, R. **Arranjos institucionais e custos de transação em parcerias público-privadas**. In: GOMIDE, A. A.; PEREIRA, A. K. (Orgs.). **Governança da política de infraestrutura: condicionantes institucionais ao investimento**. Rio de Janeiro: Ipea, 2018.

FLYVBJERG, B.; SUSTEIN, C. R. The principle of the malevolent hiding hand; or, the planning fallacy writ large. **Social Research**, v. 83, n. 4, p. 979-1004, 2015. DOI:10.2139/ssrn.2654217

FLYVBJERG, B. Policy and planning for large-infrastructure projects: problems, causes and cures. Environment and Planning B – **Planning and Design**, v. 34, p. 578-597, 2007. DOI <https://doi.org/10.1068/b32111>

FONTANA, B. FARKAS, C. ALCANTARA, G. RIBEIRO, J. SEMIÃO, R. Tratamento da Água de Lavagens de Veículos Para Fins de Reuso Tratamento Convencional de Água. Semana Unificada de Apresentações Projetos Integradores – Engenharia Ambiental e Sanitária. **Anais do XXI SUA** - Centro Universitário Senac, 2020.

FREIRE, R. A. Infraestrutura urbana / Rodrigo Argenton Freire. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S. A., 2017.

FRISCHTAK, C. R.; NORONHA, J. PAC: avaliação do potencial de impacto econômico. Brasília: CBIC, 2016.

GARCIA, C. C; ALVES, I. K. Implementing sustainable sanitation in an integrated model – A straightforward approach for long-term simulation. **Journal of Hydrology**, v. 574, n. April, p. 85–95, 2019. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2019.04.007

GASTALDELLO, D. S. **Metodologia de localização de defeitos em redes subterrâneas integrando PSCAD/EMTDC e sistemas inteligentes**: Compartilhamento do Subsolo. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Bauru – Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, 2012.

GOMIDE, A. A; PEREIRA, A. K. Governança da política de infraestrutura: **condicionantes institucionais ao investimento** / Alexandre de Ávila Gomide, Ana Karine Pereira, editores. 449 p.: il.: gráfs. Inclui bibliografia. ISBN 978-85-7811-332-2 - Rio de Janeiro: Ipea, 2018.

GUEDES, G. H.; RIBEIRO, K. F. S.; CARMO, T.; MAGALHAEM JÚNIOR; C. A. O. Redes de Infraestrutura Urbana e Suas Relações Com Os Componentes Técnicos, Sociais e Ambientais. **Revista Valore**, Volta Redonda, 2 (2): 329-240, Ago./Dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.22408/revavolta201759329-340>

HUDSON, W. R. & HAAS, R. PROGRESS ASSESSMENT OF PMS. **Paper ICMPA219**. 8th International Conference on Managing Pavement Assets, 2011.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo Demográfico, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/joao-pessoa/panorama>. Acesso em 15 jun. 2019.

INSTITUTE OF PUBLIC WORKS ENGINEERING AUSTRALIA. **International Infrastructure Management Manual (IIMM)**. Austrália, 2006.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Boletim de Análise Político-Institucional. – n.1 (2011) - Semestral - ISSN 2237-6208 Brasília: Ipea, 2018.

INSTITUTO PEREIRA PASSOS. **Rio começa a construir mapa do subsolo inédito no Brasil**. Rio de Janeiro, 16 abr. 2011.

MACAULAY, D. **Subterrâneos da cidade**. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

MARENCO, A.; STROHSCHOEN, M. T. B.; JONER, W. Capacidade estatal, burocracia e tributação nos municípios brasileiros. **Revista de Sociologia e Política**, v. 25, n. 64, p. 3-21, dez. 2017. DOI <https://doi.org/10.1590/1678-987317256401>

MARINS, K. R. de C.; PACIFICI, M.; CRUZ, R. B. C.; TIERNO, R.; LAMOUR, Q., & CATTO, V. de M. (2019). Assessment of urban open spaces in urban densification areas: multicriteria analysis on Belenzinho TOD area in São Paulo, Brazil. *In Proceedings of the CIB World Building Congress 2019*. Delft, Holanda do Sul: CIB.

MASCARÓ, J. L. **Loteamentos urbanos**. 2. ed. Porto Alegre: Masquatro, 2005.

MASCARÓ, J.L; YOSHINAGA, M. **Infra-estrutura urbana**. Porto Alegre Porto Alegre: Masquatro Editora, 2013.

MENDES, R.; FIDÉLIS, T.; ROEBELING, P., & TELES, F. (2020). The institutionalization of nature-based solutions-a discourse analysis of emergent literature. **Resources**, 9(1). DOI:10.3390/resources9010006

MICHEL, P. D. L., BRANDLI, L., LOPEZ, I. C. Proposta para Gestão de Infraestrutura Urbana Integrada em Cidades de Pequeno Porte a Partir de um Estudo de Caso. **Revista CIATEC – UPF**, vol.5 (2), p.p.12-28, 2013. DOI: 10.5335/ciatec.v5i2.3170.

MINISTÈRE DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET DES COLLECTIVITÉ LOCALES. **Manuel De Maîtrise D'ouvrage Locale. Guide 3: Gestion, Entretien et Maintenance des Investissements**. Dakar Sénégal: Programme National de Développement Local, 2014.

MIRANDA, L.F.V.; ATHAYDE JUNIOR, G. B.; SOARES, L.V. Contribuições indevidas de águas pluviais em trecho de rede de esgotamento sanitário afluente à ETE Mangabeira em João Pessoa-PB. *In: IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*, 2018, São Bernardo do Campo-SP. **Anais do IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, 2018. v. 1. p. 1-5.

NETO, A.D.L.T; SILVA, M.B.M.F; SILVA, R.A.S; ARAUJO, V.B.O; MELO, R.A. Avaliação das Condições do Pavimento em Via Urbana na Cidade de João Pessoa/PB – Comparação Entre Índices. **Anais do 33º Congresso Nacional de Pesquisa em Transportes**. ANPET, 2019.

NEUMAN, M. Infrastructure is key to make cities sustainable. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 20, p. 1–17, 2020. DOI:<https://doi.org/10.3390/su12208308>

NOVAES, M. P.; CARVALHO, M. B.; SILVA, D. C.; RODRIGUES, H. S.; AMORIM, M. C. C. Avaliação das condições de infraestrutura em drenagem pluvial urbana no município de Curaçá-BA. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 11, p. 25043-25048, nov. 2019 DOI:10.34117/bjdv5n11-178

OLIVEIRA, A. C.; FARIA, A. S. Planejamento E Gestão Dos Sistemas De Infraestrutura Urbana: Uma Análise Reflexiva A Partir Da Revisão Conceitual. *In: DALTOÉ, Guilherme; CASARIL, Carlos Cassemiro. Planejamento urbano e regional: temas selecionados*. Francisco Beltrão: Grafisul, 2015. Cap. 13, p. 263.

OLIVEIRA, E. L.; GOMES, L. T. O.; SALLES, M. T. Análise do cadastramento de redes subterrâneas de infraestrutura urbana: sistema geovias. **IX Seminário internacional sobre desenvolvimento regional. Anais**. Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul – 2019.

PAIXÃO, M.; CORDEIRO, C. C. C.; CORREIA, M. C. N.; Pavimentos Semirrígidos: Prevenção e Tratamento da Reflexão de Trincas. XVI SEPA - Seminário Estudantil de Produção Acadêmica. **Anais** do XVI SEPA, UNIFACS, 2017.

PANGBOURNE, K; STEAD, D; MLADENOVIĆ, M; MILAKIS, D. The Case of Mobility as a Service: A Critical Reflection on Challenges for Urban Transport and Mobility Governance" In Governance of the Smart Mobility Transition. **Emerald**, 2018; 33-48. DOI: <https://doi.org/10.1108/978-1-78754-317-120181003>

PIGOZZI, F. A.P.M.S. – **Airport Pavement Management System – specificamente contestualizzato in aeroporti a traffico stagionale**. Tesi di dottorato (ePrints). Università degli Studi di Cagliari, Dottorato Di Ricerca – 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA - PMJP. Calendário Coleta Domiciliar 2020. Disponível em: <http://antigo.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/emlur/coleta-domiciliar/> Acesso em: 28 dez. 2020.

POULIOT, J.; GIRARD, P. **3D Cadastre: With or Without Subsurface Utility Network?** 5 th International FIG 3D Cadastre Workshop. Athens, Greece – 2016

RAISER, M. et al. **De volta ao planejamento:** como preencher a lacuna de infraestrutura no Brasil em tempos de austeridade. Washington: Grupo Banco Mundial, jul. 2017.

REDA, A.L.L. Gestão de qualidade da água em sistema fluvial durante tormenta - Parte I: reconhecendo um problema no sistema de esgoto. In: Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP, 13. 6–8 nov. 2006, Bauru. **Anais**. Bauru: UNESP, 2006.

REZENDE, R. P. **Mapeamento e Gestão de Sistemas de Infraestrutura Urbana: Metodologia Aplicada em Sistemas Informacionais**. Monografia (Graduação) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

RINALDI, S.M., PEERENBOOM, J.P., & KELLY, T.K. Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies. **IEEE Control Systems**, in IEEE Control Systems Magazine, vol. 21, no. 6, pp. 11-25, Dec. 2001. DOI: 10.1109/37.969131

SAHELY, H. R., KENNEDY, C. A., ADAMS, B. J. Developing sustainability criteria for urban infrastructure systems. **Canadian Journal of Civil Engineering**, 32(1):72-85. 2005. DOI: 10.1139/l04-072

SAIDI, S., KATTAN, L., JAYASINGHE, P., HETTIARATCHI, P., TARON, J. Integrated infrastructure systems — A review. **Sustainable Cities and Society**, 36, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.09.022>

SANTOS, C. D R. **Avaliação da Execução de Repavimentação Asfáltica e Possíveis Manifestações Patológicas nas Valas da Rede Coletora de Esgoto Sanitário no Município de Ijuí/RS**. Monografia (Graduação) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2018.

SANTOS, M. **Da Totalidade ao Lugar**. São Paulo: EDUSP, 2005.

SANTOS, P. S. M. Planejando O Desenvolvimento Local Sustentável : Proposta De Um Sistema Integrado De Gestão Ambiental Urbano (SIGAU) No Município De Laranjeiras/SE. **Dissertaçāo** (Mestrado) – 2010.

SANTOS, Q. R. **Avaliação da influência da precipitação na rede de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto.** Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Feira De Santana- Feira de Santana, 2013.

SEGRE, S.P. **Pavimentos flexíveis: analise dos defeitos em função da sua origem e suas consequências na vida útil.** GEOCENTRO 2019, Brasília/DF, Brasil. 2019.

SETE – Serviços Técnicos Especializados Ltda. Sistema de Gerência de Infraestrutura de Transportes – SGT. Disponível em: <http://www.seteservicos.com.br/sistema-de-gerencia-de-infraestrutura-de-transportes-sgt/#1455707875535-878329df-6eb5>. Acesso em: 28 out. 2020.

SHAHIN, M.Y. **Pavement management for airports, roads, and parking lots.** Second edition. Chapman & Hall, New York. 2005. DOI: 10.1007/b101538

SILVA, M. Y. O. **Análise da integração do sistema viário às redes subterrâneas de infraestrutura urbana para cidades médias.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Fortaleza, 2017.

SILVA, R. T; A Conectividade das Redes de Infraestrutura e o Espaço Urbano de São Paulo nos Anos 90. Tecnologia e Gestão da Infraestrutura Regional e Urbana. FAUUSP, 1999.

SILVA, Y. O. S. **Análise da integração do sistema viário às redes subterrâneas de infraestrutura urbana para cidades médias.** 2017. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

SOARES, E. D. S. **Levantamento de Redes de Infraestrutura com Uso de Técnica Remota e Topografia. Monografia** (Graduação). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.

SOUZA, B. O.; MENDES, D. P.; MEDEIROS, M. C. G; ASSUNÇÃO, L. T.; OLIVEIRA M. S.; THEREZO, L. A. Infraestrutura Urbana da XVIII Região Administrativa – Lago Norte do Distrito Federal/Brasil: Perspectiva da Qualidade de Vida. 8º Congresso Luso-Brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. Cidades e Territórios - Desenvolvimento, atratividade e novos desafios. **Anais** do PLURIS 2018. Coimbra/Portugal - 2018.

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

STRUCHEL, A. C. O.; MORETTI, R. S. A Gestão dos espaços públicos e as redes subterrâneas. **Oculum Ensaios - Revista de Arquitetura e Urbanismo**, Campinas, SP, n. 4, p. 88-94, 2012.

THACKER, S., PANT, R., HALL, J. W. System-of-systems formulation and disruption analysis for multi-scale critical national infrastructures. **Reliability Engineering & System Safety**, 167, pp. 30-41, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.04.023>

UNIVERSITY OF CINCINNATI. **A Systems Approach to Managing the Urban Infrastructure Grid**. Disponível em: <https://ceas.uc.edu/research/centers-labs/complex-systems-and-processes/projects/urban-systems.html>. Acesso em: 28 out. 2020.

VIEIRA, K. B.; PADILHA, V. S.; RANGEL, M. P.; CAMPOS, P. C. O. Evaluation of the urban infrastructure network in a sub-basin in the Municipality of Itaperuna, State of Rio de Janeiro, Brazil. **Research, Society and Development**, v. 9, n.10, e5189108873, 2020 (CC BY 4.0). DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8873>

WU, P.P.Y., FOOKES, C., PITCHFORTH, J., MENGERSEN, K. A framework for model integration and holistic modelling of socio-technical systems. **Decision Support Systems**, 71, pp. 14-27, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2015.01.006>

XU, Z.; WU, Y.; LI, Q.; CHEN, D. High-quality topological structures selection for smart city land spatial understanding and governance. **Future Generation Computer Systems**, v. 112, p. 709–714, 2020. DOI: [10.1016/j.future.2020.06.014](https://doi.org/10.1016/j.future.2020.06.014)

ZHANG, P. PEETA, S. A generalized modeling framework to analyze interdependencies among infrastructure systems. **Transportation Research Part B: Methodological**, 45(3), pp. 553-579, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trb.2010.10.001>

ZHANG, Z; HUDSON, W. R.; HAAS, R. C. G. *Development of an Integrated Infrastructure Management System*. 4th International Conference on Managing Pavements, 1998.

ZMITROWICZ, W.; ANGELIS NETO, G. **Infra-estrutura Urbana**. São Paulo: EPUSP, 1997.

**APÊNDICE A - CURVAS PARA OBTENÇÃO DOS VALORES DE DEDUÇÃO E DO  
VALOR DE DEDUÇÃO CORRIGIDO PARA O MÉTODO DO PCI**

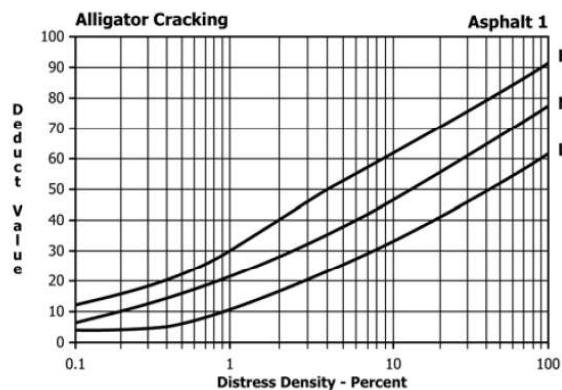


Figura A1 – Couro de Jacaré

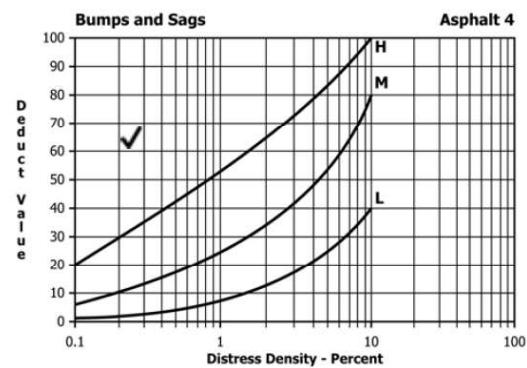


Figura A4 – Elevação e Recalque

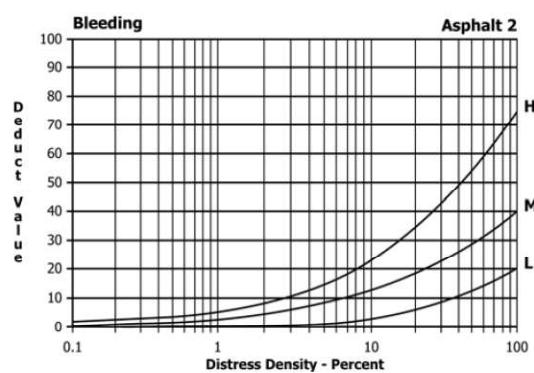


Figura A2 – Exsudação

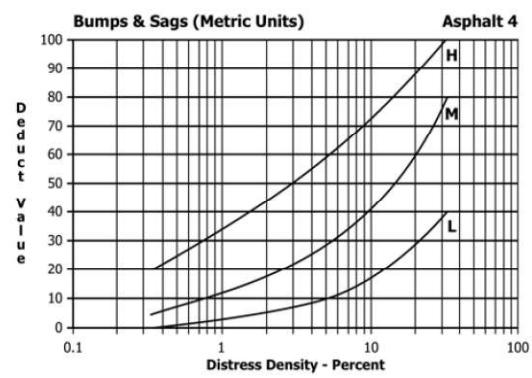


Figura A5 – Elevação e Recalque  
(Unidade Métrica)

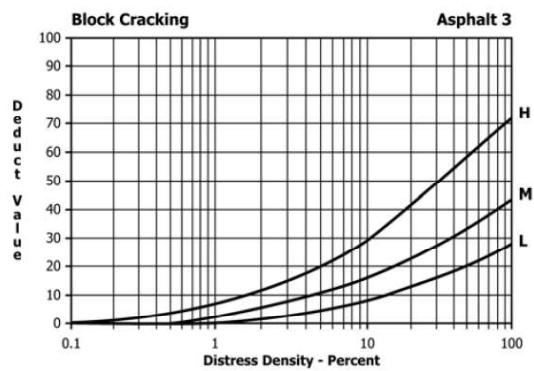


Figura A3 – Trinca em Bloco

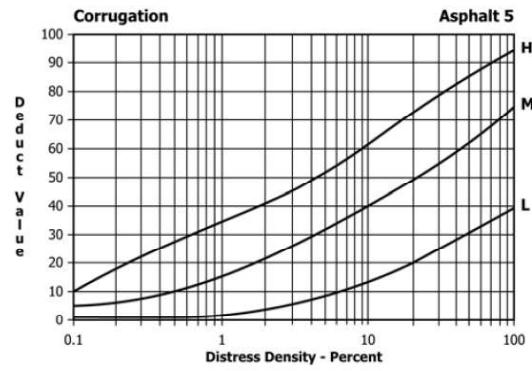


Figura A6 – Corrugação

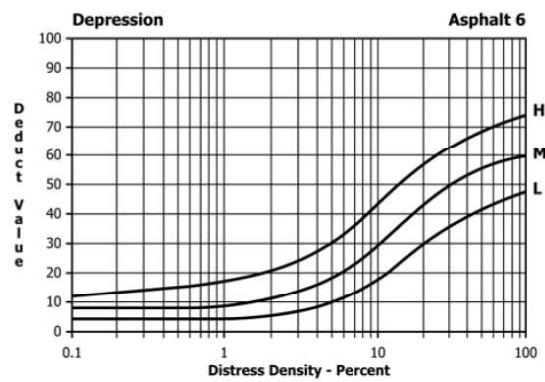


Figura A7 – Afundamento

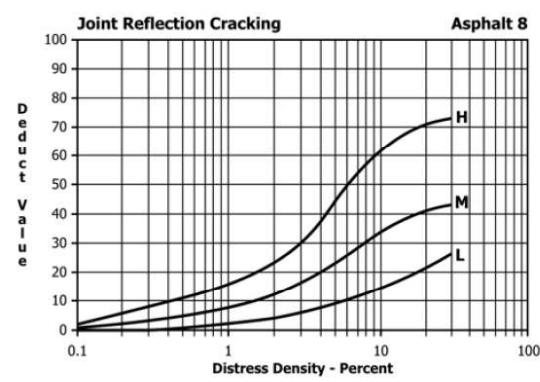


Figura A10 – Trinca por Reflexão em Junta

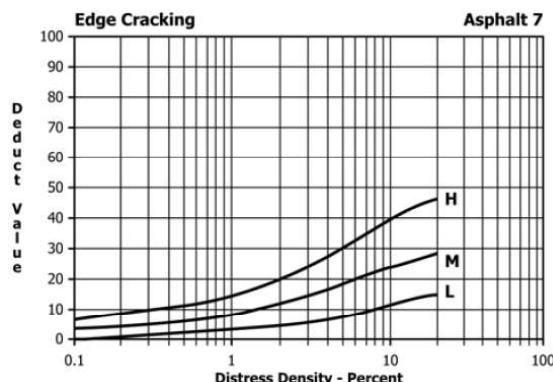


Figura A8 – Trinca em Borda

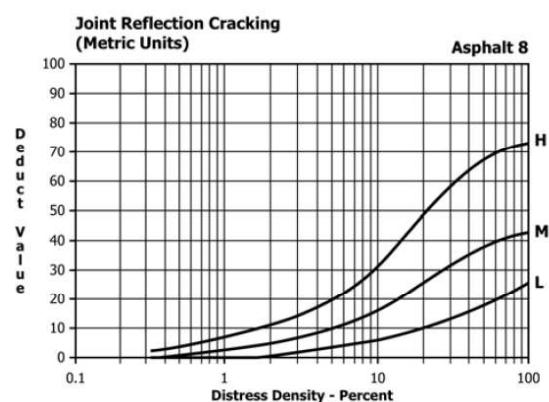


Figura A11 – Trinca por Reflexão em Junta (Unidade Métrica)

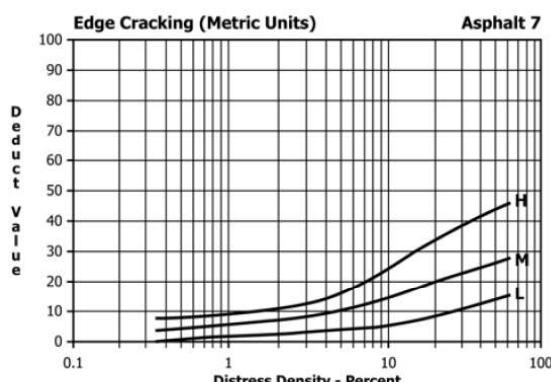


FIG. X3.9 Edge Cracking (Metric Units)

Figura A9 – Trinca em Borda (Unidade Métrica)

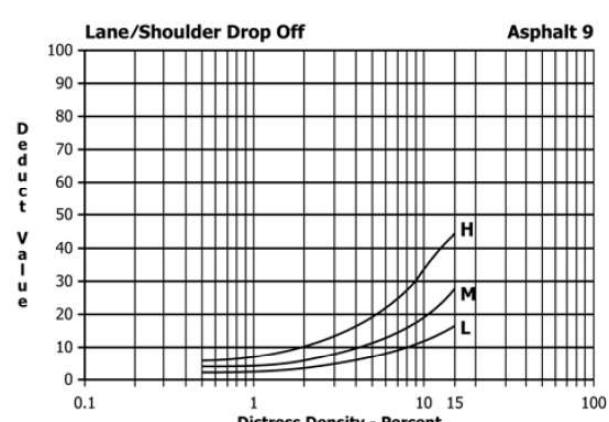


Figura A12 – Desnível entre Acostamento e Pavimento

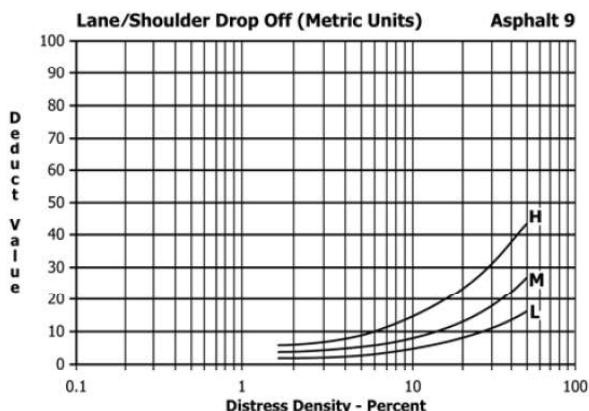


Figura A13 – Desnível entre Acostamento e Pavimento (Unidade Métrica)

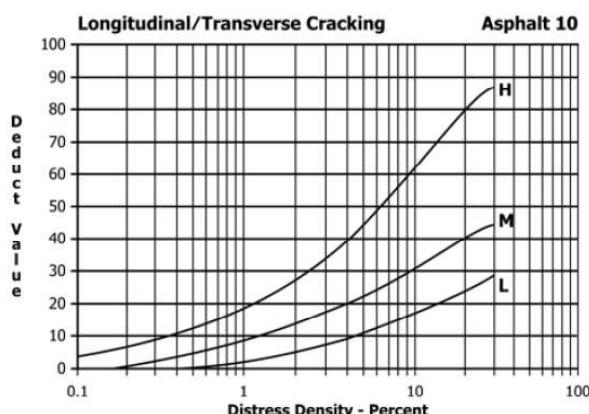


Figura A14 – Trinca Longitudinal/Transversal

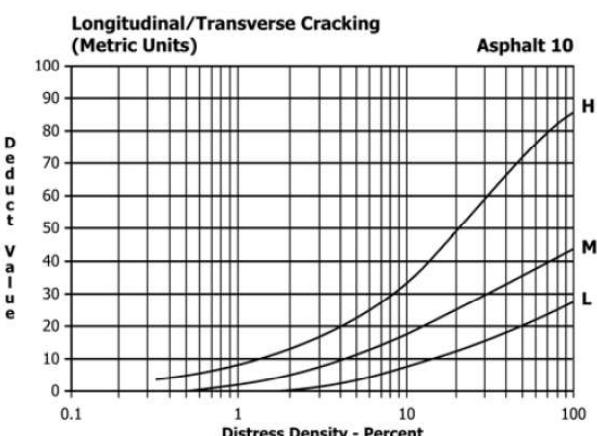


Figura A15 – Trinca Longitudinal/Transversal (Unidade Métrica)

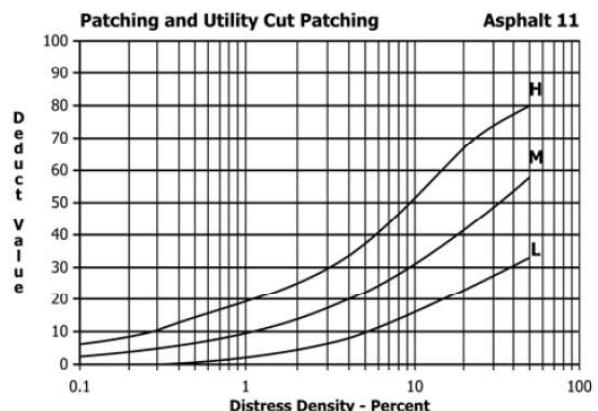


Figura A16 – Remendo

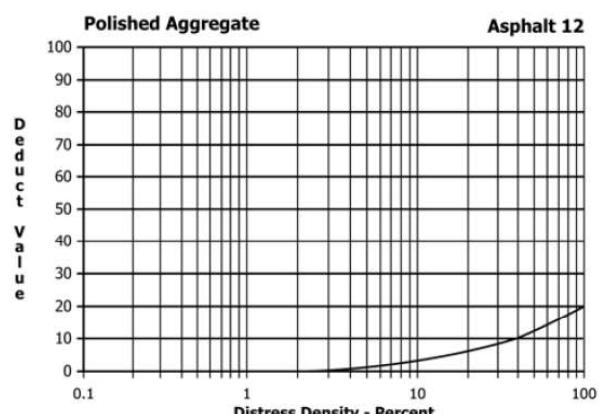


Figura A17 – Agregado Polido

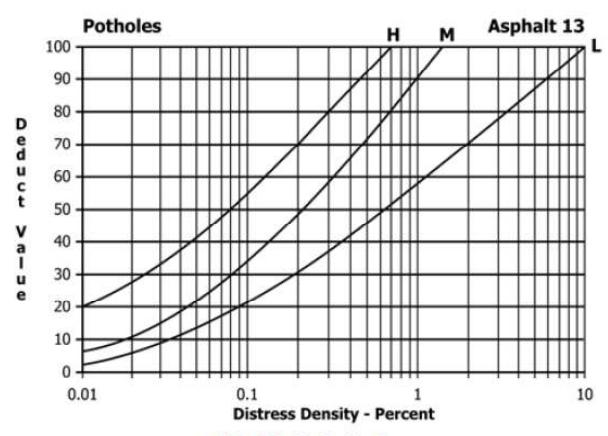


Figura A18 – Panelas

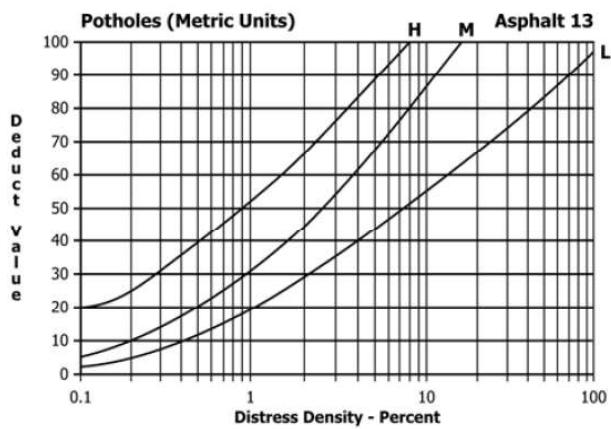


Figura A19 – Panelas (Unidades Métricas)

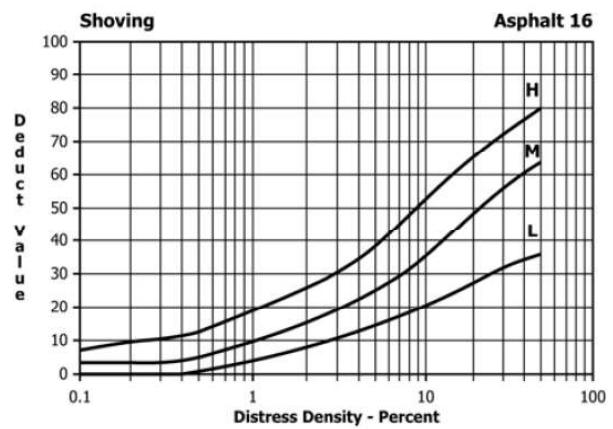


Figura A22 – Escorregamento

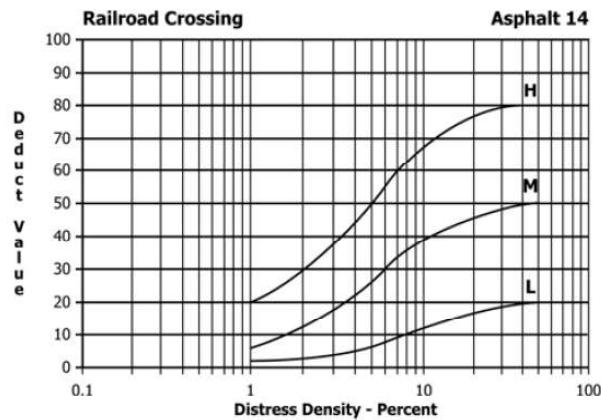


Figura A20 – Cruzamento Ferroviário

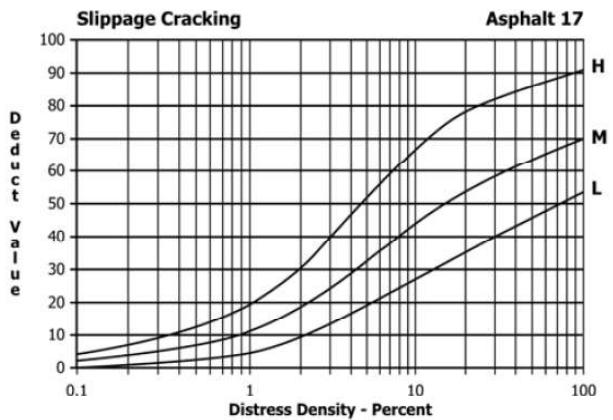


Figura A23 – Fissura por Escorregamento de Massa

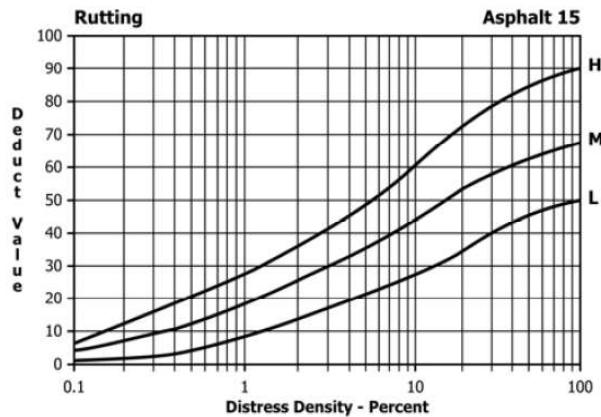


Figura A21 – Trilha de Roda

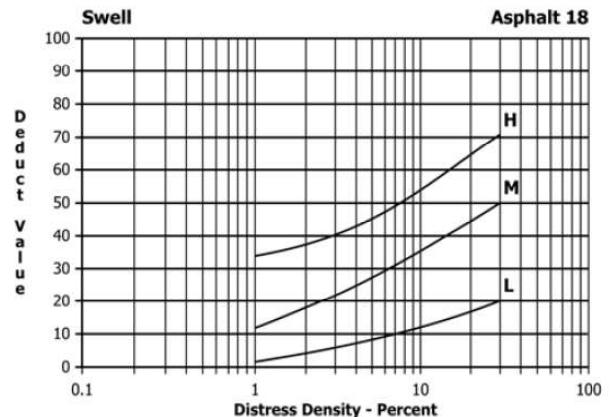


Figura A24 – Inchamento

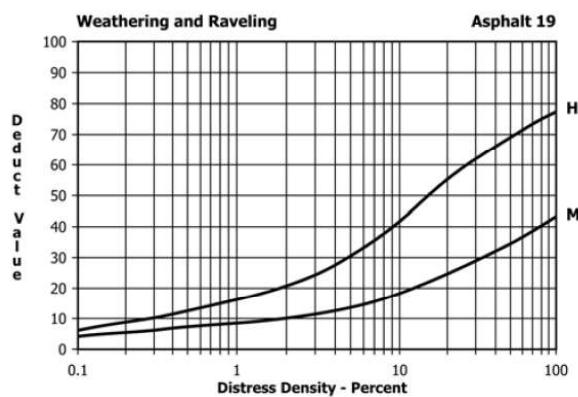


Figura A25 – Desgaste

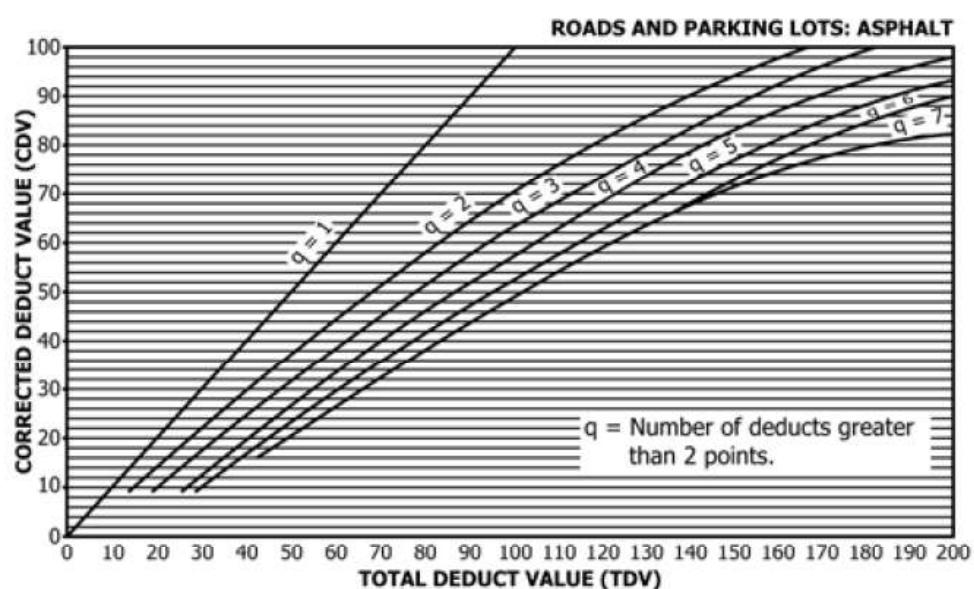


Figura A26 – Valor de Dedução Corrigido (VDC)

**ANEXO B – CÁLCULO DO PCI DE CADA TRECHO**

**Tabela B1 – Legenda**

Grau de severidade:	(L) = Baixo	(M) = Médio	(H)= Alto
1. Trincas por fadiga (couro de jacaré) - Área 2. Exsudação - Área 3. Trinca em Bloco - Área 4. Elevação e Recalques - Metro Linear 5. Corrugação - Área 6. Afundamento Localizado - Área 7. Trinca em borda - Metro linear	8. Fissura por reflexão de junta - Metro Linear 9. Desnível pavimento/acostamento - M Linear 10. Trinca Longitudinal e Transversal - M Linear 11. Remendo - Área 12. Agregado Polido - Área 13. Panela - Unidade	14. Cruzamento Ferroviário Área 15. Trilha de roda - área 16. Escorregamento de massa - Área 17. Fissura devido a escorregamento de massa- Área 18. Inchamento - Área 19. Desgaste - Área	

**Tabela B2 – Cálculo do PCI trecho 1**

ID - TRECHO	1	ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )			240		
Severidade do Defeito		Quantidade			Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
12L	50				50	20,83%	6
19L	60				60	25,00%	9
						45,83%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	PCI
9	2,4			9,4	11,4	2	6
9	2				11	1	10
							90

**Tabela B3 – Cálculo do PCI trecho 2**

ID - TRECHO	2	ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )			240		
Severidade do Defeito		Quantidade			Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
12L	50				50	20,83%	6
19L	70				70	29,17%	9
11L	5,1				5,1	2,13%	5
						52,13%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	PCI
9	6	2		9,4	17	3	8
9	6	2			17	2	11
9	2	2			13	1	11
							89

**Tabela B4 – Cálculo do PCI trecho 3**

ID - TRECHO	3	ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )			240		
Severidade do Defeito		Quantidade			Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
12L	79				79	32,92%	9
19L	100				100	41,67%	11
						74,58%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	PCI
11	2			9,2	13	1	13
							87

Tabela B5 – Cálculo do PCI trecho 4

ID - TRECHO	4	ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )					240			
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido	
1L	1,4							1,4	0,58%	6
2L	2							2	0,83%	0
7L	6							6	2,50%	5
11M	7,1							7,1	2,96%	17
12L	150							150	62,50%	15
15L	8,3							8,3	3,46%	18
19L	120							120	50,00%	12
									122,83%	
<b>Valores de dedução</b>						m	Total	q	CDV	PCI
18	17	15	12	6	2,5	8,5	70,5	6	32	66
18	17	15	12	2	2		66	5	34	
18	17	15	2	2	2		56	4	30	
18	17	2	2	2	2		43	3	26	
18	2	2	2	2	2		28	2	20	
18	2	2	2	2	2		28	1	28	

Tabela B6 – Cálculo do PCI trecho 5

ID - TRECHO	5	ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )					240			
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido	
11L	25,8							25,8	10,75%	18
12L	30							30	12,50%	4
19L	60							60	25,00%	19
									48,25%	
<b>Valores de dedução</b>						m	Total	q	CDV	PCI
19	18	2				8,4	39	2	29	71
19	2	2					23	1	23	

Tabela B7 – Cálculo do PCI trecho 6

ID - TRECHO	6	ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )					240			
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido	
2L	23,3							23,3	9,71%	4
12L	50							50	20,83%	6
16L	0,5							0,5	0,21%	0
19L	89							89	37,08%	10
									67,83%	
<b>Valores de dedução</b>						m	Total	q	CDV	PCI
10	6	2				9,3	18	2	12	86
10	2	2					14	1	14	

Tabela B8 – Cálculo do PCI trecho 7

ID - TRECHO	7						ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )	240		
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido	
<b>10M</b>	12						12	5,00%	<b>22</b>	
<b>12M</b>	42						42	17,50%	<b>14</b>	
<b>15L</b>	59						59	24,58%	<b>36</b>	
<b>19M</b>	120						120	50,00%	<b>35</b>	
								97,08%		
<b>Valores de dedução</b>						m	Total	q	CDV	PCI
<b>36</b>	35	22	12,6			6,9	105,6	4	60	<b>40</b>
<b>36</b>	35	22	2				95	3	60	
<b>36</b>	35	2	2				75	2	54	
<b>36</b>	2	2	2				42	1	42	

Tabela B9 – Cálculo do PCI trecho 8

ID - TRECHO	8						ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )	240		
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido	
<b>1L</b>	4,1						4,1	1,71%	<b>24</b>	
<b>10L</b>	28						28	11,67%	<b>28</b>	
<b>11M</b>	9,36						9,36	3,90%	<b>8</b>	
<b>12L</b>	88						88	36,67%	<b>9</b>	
<b>13L</b>	1						1	0,42%	<b>58</b>	
<b>19L</b>	190						190	79,17%	<b>25</b>	
								133,53%		
<b>Valores de dedução</b>						m	Total	q	CDV	PCI
<b>58</b>	28	25	24	9	7,2	4,9	151,2	5	77	<b>22</b>
<b>58</b>	28	25	24	9	2		146	4	78	
<b>58</b>	28	25	2	2	2		115	3	71	
<b>58</b>	28	2	2	2	2		92	2	68	
<b>58</b>	2	2	2	2	2		66	1	66	

Tabela B10 – Cálculo do PCI trecho 9

ID - TRECHO	9						ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )	240		
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido	
<b>10L</b>	3						3	1,25%	<b>4</b>	
<b>12M</b>	56						56	23,33%	<b>7</b>	
<b>19M</b>	48						48	20,00%	<b>22</b>	
								44,58%		
<b>Valores de dedução</b>						m	Total	q	CDV	PCI
<b>22</b>	7	2				8,2	31	2	23	<b>74</b>
<b>22</b>	2	2					26	1	26	

Tabela B11 – Cálculo do PCI trecho 10

ID - TRECHO	10		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
11L	3					3	1,25%	3
12M	79					79	32,92%	8
19M	210					210	87,50%	42
							121,67%	
<b>Valores de dedução</b>				m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>
42	8	2			6,3	52	2	40
42	2	2				46	1	46

Tabela B12 – Cálculo do PCI trecho 11

ID - TRECHO	11		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
12M	80					80	33,33%	9
19M	30					30	12,50%	19
							45,83%	
<b>Valores de dedução</b>				m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>
19	3,6				8,4	22,6	2	26
19	2					21	1	21

Tabela B13 – Cálculo do PCI trecho 12

ID - TRECHO	12		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
2L	2,5					2,5	1,04%	0
12M	145					145	60,42%	14
15L	98					98	40,83%	44
16L	0,7					0,7	0,29%	0
19L	70					70	29,17%	9
						0	0,00%	
						0	0,00%	
							131,75%	
<b>Valores de dedução</b>				m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>
44	14	2	0	0	6,1	60	2	44
44	2	2				48	1	48

Tabela B14 – Cálculo do PCI trecho 13

ID - TRECHO	13		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>2L</b>	29					29	12,08%	<b>4</b>
<b>12L</b>	38,8					38,8	16,17%	<b>6</b>
<b>19L</b>	50					50	20,83%	<b>8</b>
							49,08%	
<b>Valores de dedução</b>				m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>
<b>8</b>	6	2			9,4	16	2	
<b>8</b>	2	2				12	1	<b>88</b>

Tabela B15 – Cálculo do PCI trecho 14

ID - TRECHO	14		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade				Total	Densidade (%)	Valor Deduzido	
<b>2L</b>	32				32	13,33%	<b>4</b>	
<b>12L</b>	28				28	11,67%	<b>5</b>	
<b>15L</b>	72				72	30,00%	<b>40</b>	
<b>19L</b>	100				100	41,67%	<b>11</b>	
						96,67%		
<b>Valores de dedução</b>				m	Total	q	CDV	
<b>40</b>	11	5	2		6,5	58	3	
<b>40</b>	11	2	2			55	2	<b>41</b>
<b>40</b>	2	2	2			46	1	<b>46</b>

Tabela B16 – Cálculo do PCI trecho 15

ID - TRECHO	15		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade				Total	Densidade (%)	Valor Deduzido	
<b>2L</b>	65				65	27,08%	<b>0</b>	
<b>12L</b>	84				84	35,00%	<b>9</b>	
<b>19L</b>	47				47	19,58%	<b>8</b>	
						81,67%		
<b>Valores de dedução</b>				m	Total	q	CDV	
<b>9</b>	3,2				9,4	12,2	2	
<b>9</b>	2					11	1	<b>89</b>

Tabela B17 – Cálculo do PCI trecho 16

ID - TRECHO	16						ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240		
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido		
<b>2L</b>	80						80	33,33%	<b>9</b>		
<b>12L</b>	102						102	42,50%	<b>11</b>		
<b>15L</b>	73						73	30,42%	<b>40</b>		
<b>19L</b>	92						92	38,33%	<b>11</b>		
								144,58%			
<b>Valores de dedução</b>						m	Total	q	CDV	PCI	
<b>40</b>	11	11	4,5			6,5	66,5	3	42	<b>54</b>	
<b>40</b>	11	2	2				55	2	41		
<b>40</b>	2	2	2				46	1	46		

Tabela B18 – Cálculo do PCI trecho 17

ID - TRECHO	17						ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240		
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido		
<b>19L</b>	60						60	25,00%	<b>9</b>		
								25,00%			
<b>Valores de dedução</b>						m	Total	q	CDV	PCI	
<b>9</b>						9,4	9	1	9	<b>91</b>	

Tabela B19 – Cálculo do PCI trecho 18

ID - TRECHO	18						ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240		
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido		
<b>10L</b>	24						24	10,00%	<b>18</b>		
<b>19L</b>	92						92	38,33%	<b>12</b>		
								48,33%			
<b>Valores de dedução</b>						m	Total	q	CDV	PCI	
<b>18</b>	6					8,5	24	2	18	<b>80</b>	
<b>18</b>	2						20	1	20		

Tabela B20 – Cálculo do PCI trecho 19

ID - TRECHO	19						ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240		
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido		
<b>19L</b>	80						80	33,33%	<b>10</b>		
								33,33%			
<b>Valores de dedução</b>						m	Total	q	CDV	PCI	
<b>10</b>						9,3	10	1	10	<b>90</b>	

Tabela B21 – Cálculo do PCI trecho 20

ID - TRECHO	20		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>1M</b>	2,86					2,86	1,19%	<b>22</b>
<b>11L</b>	80					80	33,33%	<b>28</b>
<b>19L</b>	198					198	82,50%	<b>15</b>
							117,03%	
<b>Valores de dedução</b>				m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>
<b>28</b>	22	9			7,6	59	3	<b>62</b>
<b>28</b>	22	2				52	2	
<b>28</b>	2	2				32	1	
							32	

Tabela B22 – Cálculo do PCI trecho 21

ID - TRECHO	21		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade				Total	Densidade (%)	Valor Deduzido	
<b>7L</b>	12				12	5,00%	<b>6</b>	
<b>10M</b>	143				143	59,58%	<b>38</b>	
<b>11L</b>	5				5	2,08%	<b>5</b>	
<b>19L</b>	50				50	20,83%	<b>8</b>	
						87,50%		
<b>Valores de dedução</b>				m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>
<b>38</b>	8	6	3,5		6,7	55,5	4	<b>56</b>
<b>38</b>	8	6	2			54	3	
<b>38</b>	8	2	2			50	2	
<b>38</b>	2	2	2			44	1	
						44		

Tabela B23 – Cálculo do PCI trecho 22

ID - TRECHO	22		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade				Total	Densidade (%)	Valor Deduzido	
<b>1L</b>	88				88	36,67%	<b>48</b>	
<b>10M</b>	90				90	37,50%	<b>42</b>	
<b>11L</b>	2				2	0,83%	<b>4</b>	
<b>15L</b>	15				15	6,25%	<b>24</b>	
<b>19L</b>	200				200	83,33%	<b>16</b>	
						164,58%		
<b>Valores de dedução</b>				m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>
<b>48</b>	42	24	16	3,2	5,8	133,2	5	<b>20</b>
<b>48</b>	42	24	16	2		132	4	
<b>48</b>	42	24	2	2		118	3	
<b>48</b>	42	2	2	2		96	2	
<b>48</b>	2	2	2	2		56	1	
						56		

Tabela B24 – Cálculo do PCI trecho 23

ID - TRECHO	23		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240				
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>1L</b>	59						59	24,58%	<b>44</b>
<b>6L</b>	0,5						0,5	0,21%	<b>0,5</b>
<b>7L</b>	42						42	17,50%	<b>6</b>
<b>10L</b>	46						46	19,17%	<b>12</b>
<b>13L</b>	1						1	0,42%	<b>12</b>
<b>19L</b>	210						210	87,50%	<b>26</b>
								149,38%	
<b>Valores de dedução</b>						m	Total	q	CDV
<b>44</b>	26	12	12	6	2	6,1	102	5	52
<b>44</b>	26	12	12	2	2		98	4	63
<b>44</b>	26	12	2	2	2		88	3	56
<b>44</b>	26	2	2	2	2		78	2	57
<b>44</b>	2	2	2	2	2		54	1	54

Tabela B25 – Cálculo do PCI trecho 24

ID - TRECHO	24		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240				
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>1L</b>	79						79	32,92%	<b>42</b>
<b>7L</b>	38,7						38,7	16,13%	<b>6</b>
<b>10L</b>	42						42	17,50%	<b>12</b>
<b>11L</b>	11,25						11,25	4,69%	<b>9</b>
<b>19L</b>	220						220	91,67%	<b>16</b>
								162,90%	
<b>Valores de dedução</b>						m	Total	q	CDV
<b>42</b>	16	12	9	2		6,3	81	4	46
<b>42</b>	16	12	2	2			74	3	47
<b>42</b>	16	2	2	2			64	2	47
<b>42</b>	2	2	2	2			50	1	50

Tabela B26 – Cálculo do PCI trecho 25

ID - TRECHO	25		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240				
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>10L</b>	43						43	17,92%	<b>12</b>
<b>11M</b>	4,25						4,25	1,77%	<b>12</b>
<b>19L</b>	38						38	15,83%	<b>6</b>
								35,52%	
<b>Valores de dedução</b>						m	Total	q	CDV
<b>12</b>	12	2				9,1	26	2	19
<b>12</b>	2	2					16	1	16

Tabela B27 – Cálculo do PCI trecho 26

ID - TRECHO	26						ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240		
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido		
10L	21						21	8,75%	14		
13L	1						1	0,42%	20		
19L	26						26	10,83%	9		
								20,00%			
<b>Valores de dedução</b>						m	Total	q	CDV	PCI	
20	14	2,7				8,3	36,7	3	22	74	
20	14	2					36	2	26		
20	2	2					24	1	24		

Tabela B28 – Cálculo do PCI trecho 27

ID - TRECHO	27						ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240		
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido		
19L	5						5	2,08%	2		
								2,08%			
<b>Valores de dedução</b>						m	Total	q	CDV	PCI	
2						10,0	2	1	2	98	

Tabela B29 – Cálculo do PCI trecho 28

ID - TRECHO	28						ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240		
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido		
10L	35						35	14,58%	10		
19L	13						13	5,42%	4		
								20,00%			
<b>Valores de dedução</b>						m	Total	q	CDV	PCI	
10	2					9,3	12	1	12	88	

Tabela B30 – Cálculo do PCI trecho 29

ID - TRECHO	29						ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240		
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido		
21	0,1						0,1	0,04%	0		
19L	46						46	19,17%	8		
								19,21%			
<b>Valores de dedução</b>						m	Total	q	CDV	PCI	
8						9,4	8	1	8	92	

Tabela B31 – Cálculo do PCI trecho 30

ID - TRECHO	30		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
11L	4,5					4,5	1,88%	5
19L	61					61	25,42%	9
							27,29%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	PCI	
<b>9</b>	2			9,4	11	1	11	<b>89</b>

Tabela B32 – Cálculo do PCI trecho 31

ID - TRECHO	31		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
11L	2					2	0,83%	4
19L	9					9	3,75%	4
							4,58%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	PCI	
<b>4</b>	3,2			9,8	7,2	2	3	<b>94</b>
<b>4</b>	2				6	1	6	

Tabela B33 – Cálculo do PCI trecho 32

ID - TRECHO	32		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
2L	0,5					0,5	0,21%	0
19L	19					19	7,92%	5
							8,13%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	PCI	
<b>5</b>				9,7	5	1	5	<b>95</b>

Tabela B34 – Cálculo do PCI trecho 33

ID - TRECHO	33		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
11L	1					1	0,42%	1
12L	6					6	2,50%	0
							2,92%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	PCI	
<b>1</b>				10,1	1	1	1	<b>99</b>

Tabela B35 – Cálculo do PCI trecho 34

ID - TRECHO	34		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>19L</b>	36					36	15,00%	<b>6</b>
							15,00%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>	
<b>6</b>				9,6	6	1	6	<b>94</b>

Tabela B36 – Cálculo do PCI trecho 35

ID - TRECHO	35		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>10M</b>	49					49	20,42%	<b>36</b>
<b>19L</b>	73					73	30,42%	<b>10</b>
							50,83%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>	
<b>36</b>	9			6,9	45	2	33	
<b>36</b>	2				38	1	38	

Tabela B37 – Cálculo do PCI trecho 36

ID - TRECHO	36		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>1L</b>	32					32	13,33%	<b>34</b>
<b>12L</b>	2					2	0,83%	<b>0</b>
<b>19L</b>	54					54	22,50%	<b>8</b>
							36,67%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>	
<b>34</b>	2			7,1	36	1	36	<b>64</b>

Tabela B38 – Cálculo do PCI trecho 37

ID - TRECHO	37		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>10L</b>	6					6	2,50%	<b>2</b>
<b>19L</b>	80					80	33,33%	<b>15</b>
							35,83%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>	
<b>15</b>	2			8,8	17	1	17	<b>83</b>

Tabela B39 – Cálculo do PCI trecho 38

ID - TRECHO	38		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>19M</b>	32					32	13,33%	<b>20</b>
							13,33%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	PCI	
<b>20</b>			8,3	20	1	20		<b>80</b>

Tabela B40 – Cálculo do PCI trecho 39

ID - TRECHO	39		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>19M</b>	15					15	6,25%	<b>15</b>
							6,25%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	PCI	
<b>15</b>			8,8	15	1	15		<b>85</b>

Tabela B41 – Cálculo do PCI trecho 40

ID - TRECHO	40		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>1L</b>	7,6					7,6	3,17%	<b>21</b>
<b>10L</b>	128					128	53,33%	<b>20</b>
<b>11L</b>	8,3					8,3	3,46%	<b>8</b>
<b>12H</b>	120					120	50,00%	<b>14</b>
<b>19L</b>	240					240	100,00%	<b>16</b>
							209,96%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	PCI	
<b>21</b>	20	16	14	2,4	8,3	73,4	5	37
<b>21</b>	20	16	14	2		73	4	42
<b>21</b>	20	2	2	2		47	3	29
<b>21</b>	20	2	2	2		47	2	35
<b>21</b>	2	2	2	2		29	1	29

Tabela B42 – Cálculo do PCI trecho 41

ID - TRECHO	41		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
10L	19					19	7,92%	6
12H	98					98	40,83%	10
19L	198					198	82,50%	16
							131,25%	
<b>Valores de dedução</b>				m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>
16	10	4,2		8,7	30,2	3	16	80
16	10	2			28	2	20	
16	2	2			20	1	20	

Tabela B43 – Cálculo do PCI trecho 42

ID - TRECHO	42		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade				Total	Densidade (%)	Valor Deduzido	
10L	4				4	1,67%	0	
11M	12,2				12,2	5,08%	23	
12L	100				100	41,67%	10	
19M	98				98	40,83%	32	
						89,25%		
<b>Valores de dedução</b>				m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>
32	23	2		7,2	57	2	42	58
32	2	2			36	1	36	

Tabela B44 – Cálculo do PCI trecho 43

ID - TRECHO	43		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade				Total	Densidade (%)	Valor Deduzido	
12M	87				87	36,25%	9	
19M	84				84	35,00%	30	
						71,25%		
<b>Valores de dedução</b>				m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>
30	3,6			7,4	33,6	2	25	68
30	2				32	1	32	

Tabela B45 – Cálculo do PCI trecho 44

ID - TRECHO	44		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade				Total	Densidade (%)	Valor Deduzido	
11M	0,84				0,84	0,35%	6	
19M	10				10	4,17%	14	
						4,52%		
<b>Valores de dedução</b>				m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>
14	5,4			8,9	19,4	2	14	84
14	2				16	1	16	

Tabela B46 – Cálculo do PCI trecho 45

ID - TRECHO	45		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>2H</b>	0,3					0,3	0,13%	<b>2</b>
<b>19M</b>	35					35	14,58%	<b>10</b>
							14,71%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>	
<b>10</b>	2			9,3	12	1	12	<b>88</b>

Tabela B47 – Cálculo do PCI trecho 46

ID - TRECHO	46		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>12L</b>	80					80	33,33%	<b>9</b>
<b>19L</b>	95					95	39,58%	<b>12</b>
							72,92%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>	
<b>12</b>	2			9,1	14	1	14	<b>86</b>

Tabela B48 – Cálculo do PCI trecho 47

ID - TRECHO	47		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>12L</b>	35					35	14,58%	<b>5</b>
<b>19L</b>	65					65	27,08%	<b>9</b>
							41,67%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>	
<b>9</b>	2			9,4	11	1	11	<b>89</b>

Tabela B49 – Cálculo do PCI trecho 48

ID - TRECHO	48		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>1L</b>	8					8	3,33%	<b>22</b>
<b>10L</b>	6					6	2,50%	<b>2</b>
<b>11L</b>	3,7					3,7	1,54%	<b>4</b>
<b>19L</b>	19					19	7,92%	<b>5</b>
							15,29%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>	
<b>22</b>	5	4	2	8,2	33	3	19	<b>72</b>
<b>22</b>	5	2	2		31	2	23	
<b>22</b>	2	2	2		28	1	28	

Tabela B50 – Cálculo do PCI trecho 49

ID - TRECHO	49		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>1M</b>	35					35	14,58%	<b>50</b>
<b>10M</b>	62					62	25,83%	<b>28</b>
<b>19M</b>	76					76	31,67%	<b>30</b>
							72,08%	
<b>Valores de dedução</b>				m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>
<b>50</b>	30	16,8			5,6	96,8	3	62
<b>50</b>	30	2				82	2	58
<b>50</b>	2	2				54	1	54

Tabela B51 – Cálculo do PCI trecho 50

ID - TRECHO	50		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade				Total	Densidade (%)	Valor Deduzido	
<b>1L</b>	9				9	3,75%	<b>4</b>	
<b>10L</b>	42				42	17,50%	<b>12</b>	
<b>11M</b>	16,3				16,3	6,79%	<b>35</b>	
<b>19L</b>	54				54	22,50%	<b>9</b>	
						50,54%		
<b>Valores de dedução</b>				m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>
<b>35</b>	12	9	4		7,0	60	4	33
<b>35</b>	12	9	2			58	3	37
<b>35</b>	12	2	2			51	2	38
<b>35</b>	2	2	2			41	1	41

Tabela B52 – Cálculo do PCI trecho 51

ID - TRECHO	51		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade				Total	Densidade (%)	Valor Deduzido	
<b>1H</b>	57,9				57,9	24,13%	<b>72</b>	
<b>10L</b>	36				36	15,00%	<b>17</b>	
<b>11L</b>	0,4				0,4	0,17%	<b>0</b>	
<b>13H</b>	1				1	0,42%	<b>54</b>	
<b>19L</b>	90				90	37,50%	<b>11</b>	
						77,21%		
<b>Valores de dedução</b>				m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>
<b>72</b>	54	17	6,6		3,6	149,6	4	83
<b>72</b>	54	17	2			145	3	92
<b>72</b>	54	2	2			130	2	86
<b>72</b>	2	2	2			78	1	78

Tabela B53 – Cálculo do PCI trecho 52

ID - TRECHO	52						ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240		
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido		
1H	33						33	13,75%	66		
2H	80						80	33,33%	45		
10L	22						22	9,17%	8		
13M	1						1	0,42%	32		
19M	240						240	100,00%	16		
								156,67%			
Valores de dedução						m	Total	q	CDV	PCI	
66	45	32	16	2		4,1	161	4	91	7	
66	45	32	2	2			147	3	93		
66	45	2	2	2			117	2	80		
66	2	2	2	2			74	1	74		

Tabela B54 – Cálculo do PCI trecho 51

ID - TRECHO	53						ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240		
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido		
1H	83						83	34,58%	76		
2H	92						92	38,33%	48		
11M	7,5						7,5	3,13%	28		
13L	1						1	0,42%	20		
13M	1						1	0,42%	32		
19L	240						240	100,00%	16		
								176,88%			
Valores de dedução						m	Total	q	CDV	PCI	
76	48	32	28	20	3,2	3,2	207,2	6	95	1	
76	48	32	28	20	2		206	5	99		
76	48	28	18	2	2		174	4	98		
76	48	28	2	2	2		158	3	92		
76	48	2	2	2	2		132	2	88		
76	2	2	2	2	2		86	1	86		

Tabela B55 – Cálculo do PCI trecho 54

ID - TRECHO	54						ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240		
Severidade do Defeito	Quantidade						Total	Densidade (%)	Valor Deduzido		
12H	195						195	81,25%	18		
13L	1						1	0,42%	20		
19H	22						22	9,17%	5		
								90,83%			
Valores de dedução						m	Total	q	CDV	PCI	
20	18	2				8,3	40	2	30	70	
20	2	2					24	1	24		

Tabela B56 – Cálculo do PCI trecho 55

ID - TRECHO	55						ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240		
Severidade do Defeito	Quantidade								Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>1L</b>	7,6								7,6	3,17%	<b>22</b>
<b>10L</b>	42								42	17,50%	<b>12</b>
<b>11M</b>	2								2	0,83%	<b>9</b>
<b>12M</b>	41								41	17,08%	<b>6</b>
<b>13M</b>	1								1	0,42%	<b>12</b>
<b>19L</b>	86								86	35,83%	<b>10</b>
										74,83%	
<b>Valores de dedução</b>						m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>	
<b>22</b>	12	12	10	9	2	8,2	67	5	34	<b>66</b>	
<b>22</b>	12	12	10	2	2		60	4	33		
<b>22</b>	12	12	2	2	2		52	3	32		
<b>22</b>	12	2	2	2	2		42	2	32		
<b>22</b>	2	2	2	2	2		32	1	32		

Tabela B57 – Cálculo do PCI trecho 56

ID - TRECHO	56						ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240		
Severidade do Defeito	Quantidade								Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>1H</b>	22								22	9,17%	<b>61</b>
<b>10M</b>	62								62	25,83%	<b>27</b>
<b>11M</b>	48,6								48,6	20,25%	<b>42</b>
<b>12M</b>	58								58	24,17%	<b>8</b>
<b>13L</b>	2								2	0,83%	<b>30</b>
<b>13M</b>	1								1	0,42%	<b>32</b>
<b>19L</b>	203								203	84,58%	<b>16</b>
										165,25%	
<b>Valores de dedução</b>						m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>	
<b>61</b>	42	32	30	27	16	4,8	4,6	212,8	7	84	<b>2</b>
<b>61</b>	42	32	30	27	16	2		210	6	94	
<b>61</b>	42	32	30	27	2	2		196	5	98	
<b>61</b>	42	32	30	2	2	2		171	4	97	
<b>61</b>	42	32	2	2	2	2		143	3	85	
<b>61</b>	42	2	2	2	2	2		113	2	78	
<b>61</b>	2	2	2	2	2	2		73	1	73	

Tabela B58 – Cálculo do PCI trecho 57

ID - TRECHO	57		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
2M	0,8					0,8	0,33%	2
10L	5					5	2,08%	4
11L	2,1					2,1	0,88%	3
19L	168					168	70,00%	15
							73,29%	
<b>Valores de dedução</b>				m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>
15	4	3	2		8,8	24	3	12
15	4	2	2			23	2	16
15	2	2	2			21	1	21

Tabela B59 – Cálculo do PCI trecho 58

ID - TRECHO	58		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
10L	12					12	5,00%	9
11L	6,2					6,2	2,58%	12
19L	196					196	81,67%	16
							89,25%	
<b>Valores de dedução</b>				m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>
16	12	6,3			8,7	34,3	3	21
16	12	2				30	2	22
16	2	2				20	1	20

Tabela B60 – Cálculo do PCI trecho 59

ID - TRECHO	59		240			
Severidade do Defeito	Quantidade			Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
11L	0,2			0,2	0,08%	0
19L	50			50	20,83%	8
					20,92%	
<b>Valores de dedução</b>			Total	q	CDV	<b>PCI</b>
8				8	1	8
						92

Tabela B61 – Cálculo do PCI trecho 60

ID - TRECHO	60		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
10L	18					18	7,50%	6
19L	69					69	28,75%	10
							36,25%	
<b>Valores de dedução</b>				m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>
10	2,4				9,3	12,4	2	8
10	2					12	1	12

Tabela B62 – Cálculo do PCI trecho 61

ID - TRECHO	61		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>1L</b>	6					6	2,50%	<b>19</b>
<b>7L</b>	2					2	0,83%	<b>2</b>
<b>19L</b>	90					90	37,50%	<b>2</b>
							40,83%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>	
<b>19</b>	2	2		8,4	23	1	23	<b>77</b>

Tabela B63 – Cálculo do PCI trecho 62

ID - TRECHO	62		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>10L</b>	85					85	35,42%	<b>18</b>
<b>19L</b>	169					169	70,42%	<b>15</b>
							105,83%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>	
<b>18</b>	7,5			8,5	25,5	2	20	
<b>18</b>	2				20	1	20	

Tabela B64 – Cálculo do PCI trecho 63

ID - TRECHO	63		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>1M</b>	2,3					2,3	0,96%	<b>22</b>
<b>2L</b>	31,2					31,2	13,00%	<b>4</b>
<b>10H</b>	168					168	70,00%	<b>80</b>
<b>12L</b>	35					35	14,58%	<b>4</b>
<b>13M</b>	3					3	1,25%	<b>55</b>
<b>19M</b>	200					200	83,33%	<b>16</b>
							183,13%	
<b>Valores de dedução</b>			m	Total	q	CDV	<b>PCI</b>	
<b>80</b>	55	22	16	4	3,2	2,8	180,2	6
<b>80</b>	55	22	16	4	2		179	5
<b>80</b>	55	22	16	2	2		177	4
<b>80</b>	55	22	2	2	2		163	3
<b>80</b>	55	2	2	2	2		143	2
<b>80</b>	2	2	2	2	2		90	1

Tabela B65 – Cálculo do PCI trecho 64

ID - TRECHO	64		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240					
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido		
<b>1M</b>	21					21	8,75%	<b>45</b>		
<b>2L</b>	7					7	2,92%	<b>1</b>		
<b>5M</b>	1,5					1,5	0,63%	<b>2</b>		
<b>10M</b>	32					32	13,33%	<b>20</b>		
<b>11H</b>	3					3	1,25%	<b>20</b>		
<b>12H</b>	63					63	26,25%	<b>8</b>		
<b>13H</b>	1					1	0,42%	<b>52</b>		
<b>19L</b>	240					240	100,00%	<b>18</b>		
							153,54%			
<b>Valores de dedução</b>					m	Total	q	CDV		
<b>52</b>	45	20	20	8	2	5,4	149	5	82	<b>16</b>
<b>52</b>	45	20	20	2	2	2	143	4	83	
<b>52</b>	45	20	2	2	2	2	125	3	84	
<b>52</b>	45	2	2	2	2	2	107	2	75	
<b>52</b>	2	2	2	2	2	2	64	1	64	

Tabela B66 – Cálculo do PCI trecho 65

ID - TRECHO	65		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240				
Severidade do Defeito	Quantidade					Total	Densidade (%)	Valor Deduzido	
<b>1M</b>	6,3					6,3	2,63%	<b>30</b>	
<b>10L</b>	73					73	30,42%	<b>18</b>	
<b>12L</b>	32					32	13,33%	<b>5</b>	
<b>19L</b>	67					67	27,92%	<b>9</b>	
							74,29%		
<b>Valores de dedução</b>					m	Total	q	CDV	
<b>30</b>	18	9	2		7,4	59	3	37	<b>51</b>
<b>30</b>	18	2	2			52	2	49	
<b>30</b>	2	2	2			36	1	36	

Tabela B67 – Cálculo do PCI trecho 66

ID - TRECHO	66				240		
Severidade do Defeito	Quantidade				Total	Densidade (%)	Valor Deduzido
<b>1M</b>	2,1				2,1	0,88%	<b>39</b>
<b>2L</b>	4,2				4,2	1,75%	<b>0</b>
<b>5M</b>	2,7				2,7	1,13%	<b>15</b>
<b>7L</b>	1,3				1,3	0,54%	<b>3</b>
<b>10M</b>	42				42	17,50%	<b>25</b>
<b>12H</b>	132				132	55,00%	<b>14</b>
<b>13L</b>	1				1	0,42%	<b>10</b>
<b>19L</b>	197				197	82,08%	<b>16</b>

										77,21%	
<b>Valores de dedução</b>							<b>m</b>	<b>Total</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>	<b>PCI</b>
<b>39</b>	25	16	15	14	10	2	6,6	121	6	60	<b>40</b>
<b>39</b>	25	16	15	14	2	2		113	5	55	
<b>39</b>	25	16	15	2	2	2		101	4	58	
<b>39</b>	25	16	2	2	2	2		88	3	56	
<b>39</b>	25	2	2	2	2	2		74	2	53	
<b>39</b>	2	2	2	2	2	2		51	1	51	

Tabela B68 – Cálculo do PCI trecho 67

ID - TRECHO	67		ÁREA DA AMOSTRA (m <sup>2</sup> )		240			
	Severidade do Defeito	Quantidade	Total	Densidade (%)	Valor Deduzido			
<b>11L</b>	2,5		2,5	1,04%	<b>4</b>			
<b>12M</b>	38		38	15,83%	<b>5</b>			
<b>19M</b>	43		43	17,92%	<b>24</b>			
				34,79%				
<b>Valores de dedução</b>				<b>m</b>	<b>Total</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>	
<b>24</b>	5	4		8,0	33	3	19	<b>72</b>
<b>24</b>	5	2			31	2	24	
<b>24</b>	2	2			28	1	28	