

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

PLÁCIDO JORGE DUTRA DE FREITAS JÚNIOR

**AVALIAÇÃO FUNCIONAL PELO MÉTODO DE SERVENTIA E USO DE
APLICATIVO DE SMARTPHONE PARA AUXILIAR NA GERÊNCIA DE
PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

**Alegrete
2022**

PLÁCIDO JORGE DUTRA DE FREITAS JÚNIOR

**AVALIAÇÃO FUNCIONAL PELO MÉTODO DE SERVETIA E USO DE
APLICATIVO DE SMARTPHONE PARA AUXILIAR NA GERÊNCIA DE
PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Mauricio Silveira dos
Santos

**Alegrete
2022**

PLÁCIDO JORGE DUTRA DE FREITAS JÚNIOR

AVALIAÇÃO FUNCIONAL PELO MÉTODO DE SERVENTIA E USO DE APLICATIVO DE SMARTPHONE PARA AUXILIAR NA GERÊNCIA DE PAVIMENTOS ASFÁLTICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 10 de março de 2022.

BANCA EXAMINADORA:

PROF. ME. MAURÍCIO SILVEIRA DOS SANTOS - UNIPAMPA - ORIENTADOR

PROF. DR. DIEGO ARTHUR HARTMANN - UNIPAMPA

PROF. DR. LUCAS ALVES LAMBERTI - UFSM



Assinado eletronicamente por **DIEGO ARTHUR HARTMANN, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/03/2022, às 18:35, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **MAURICIO SILVEIRA DOS SANTOS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/03/2022, às 20:32, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Lucas Alves Lamberti, Usuário Externo**, em 21/03/2022, às 10:46, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site



https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0756133** e o código CRC **A3865E00**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado a capacidade de suportar todas as provações que a vida acadêmica nos impõem, aos meus pais Plácido e Valéria por todo o apoio dado desde o início, por todas as ligações me dando forças para seguir em frente, ao Pablo meu irmão e futuro colega de profissão, que sempre me ajudou quando precisei e pelas horas de parceria dos trabalhos em grupo. Aos meus avós Ana Luísa, Elmo, Juracy e Alcibíades (*in memoriam*) e todos meus familiares. Meus queridos amigos Pery e Zailca, que sempre me acolheram e tratavam como um filho, sempre me cobrando esforço e dedicação.

Não poderia deixar de fora os professores da graduação, por todos os ensinamentos passados a nós alunos, cada dica e cada puxão de orelha podem ter certeza que sempre lembrarei com carinho desta fase importante da minha vida. Um agradecimento especial ao Professor Maurício Silveira, que considero muito mais que professor, e sim um amigo muito especial que posso contar para qualquer situação e que me acompanhou nos últimos anos sempre orientando, aconselhando e compreendendo sempre que eu precisava de um tempinho mais.

Aos meus amigos e colegas Carine, Eduardo, Naiéle, Thalita, Ian, Tamires, Juliano, Saed, Miguel, Luziele, Victor, Ariel, Fábio, Rafael e a todos outros que sempre caminharam juntos nessa estrada louca da graduação.

Aos meus colegas de trabalho Carol, João, Duda, Renato e Tati por toda a parceria e incentivo. Ao pessoal da Prefeitura de São Gabriel que me acolheram muito bem em meu estágio obrigatório.

Por fim quero agradecer a todos que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui, a todos vocês meu mais sincero e grato muito obrigado.

RESUMO

Com o crescimento cada vez maior da frota de veículos em todo o país, faz-se necessário a criação de novas tecnologias para a gerência dos pavimentos flexíveis, sejam eles rurais ou urbanos. Este trabalho tem por objetivo principal verificar a possibilidade do uso de smartphones na verificação da irregularidade longitudinal dos pavimentos urbanos e correlacionar com método de Valor de Serventia Atual, já consolidado para este fim. O trabalho foi realizado na cidade de São Gabriel, no Rio Grande do Sul, onde foram avaliadas 20 seções de pavimentos flexíveis com o uso de smartphone com o aplicativo SmartIRI e com o uso do Valor de Serventia Atual (VSA), a avaliação abrangia seções de pavimentos com idades variadas, seções com muitos reparos e seções que não sofriam reparos há muito tempo. Após a coleta de dados foram feitas as avaliações e apontamentos de quais seções deveriam ser reparadas ou reconstruídas em ordem decrescente de prioridade, bem como os tipos de reparo a serem feitos. Dos mais de 33 mil metros de pavimento flexível avaliados, o estudo apontou que 96% dos pavimentos estavam em boas condições e mantinham a uma média de IRI de 2,81m/km, já para o VSA 28% das seções tiveram avaliação com conceito classificado como bom e tendo os demais conceitos com valores mais bem distribuídos. Entende-se que os objetivos propostos pelo trabalho foram alcançados e os resultados foram satisfatórios, com a ressalva que novos estudos devem ser feitos, com o aprimoramento dos aplicativos e a correlação com outras ferramentas de avaliação de pavimentos flexíveis.

Palavras-Chave: Irregularidade longitudinal, Valor de Serventia Atual, *Smartphone*, pavimento flexível, SmartIRI, gerência de pavimentos.

ABSTRACT

With the increasing growth of the vehicle fleet across the country, it is necessary to create new technologies for the management of flexible pavements, whether rural or urban. The main objective of this work is to verify the possibility of using smartphones to verify the longitudinal irregularity of urban pavements and to correlate with the Current Useful Value method, already consolidated for this purpose. The work was carried out in the city of São Gabriel, in the state of Rio Grande do Sul, where 20 sections of flexible pavements were evaluated using a smartphone with the SmartIRI application and using the Value of Current Usefulness (VSA), the evaluation covered sections of pavements of varying ages, sections with many repairs, and sections that have not been repaired for a long time. After data collection, evaluations and notes were made of which sections should be repaired or reconstructed in descending order of priority, as well as the types of repair to be performed. Of the more than 33 thousand meters of flexible pavement evaluated, the study showed that 96% of the pavements were in good condition and maintained an average IRI of 2.81 m/km, while for the VSA, 28% of the sections were evaluated with a classified concept as good and having the other concepts with better distributed values. It is understood that the objectives proposed by the work were achieved and the results were satisfactory, with the exception that new studies must be carried out, with the improvement of applications and the correlation with other flexible pavement evaluation tools.

Keywords: Longitudinal irregularity, Current Use Value, Smartphone, flexible pavement, SmartIRI, pavement management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do sistema de gerência de pavimentos	17
Figura 2 – Fluxograma de um SGP com alternativas das estratégias de M&R.....	19
Figura 3 – Curva de desempenho da Serventia em função do tempo ou tráfego	24
Figura 4 – Período recomendável para a manutenção dos pavimentos	24
Figura 5 – Faixa de valores de IRI	26
Figura 6 – Fluxograma das etapas do trabalho	28
Figura 7 – Veículo para os levantamentos	29
Figura 8 – Tela inicial do aplicativo SmartIRI	30
Figura 9 – Tela de configuração do aplicativo	31
Figura 10 – Vista geral da avaliação	35
Figura 11 – Trecho 1-2 vista geral.....	37
Figura 12 – Perfil longitudinal do trecho 1-2.....	38
Figura 13 – Avaliação seção 3	38
Figura 14 – Perfil longitudinal seção 3	39
Figura 15 – Trevo de acesso a cidade	39
Figura 16 – Visão geral da seção 4.....	40
Figura 17 – Perfil longitudinal seção 4	41
Figura 18 – Perfil longitudinal trecho 5-6.....	41
Figura 19 – Trecho 5-6 vista geral.....	42
Figura 20 – Cruzamento na Rua Francisco Chagas.....	43
Figura 21 – Perfil longitudinal trecho 7-8.....	43
Figura 22 – Perfil longitudinal seção 9	44
Figura 23 – Perfil longitudinal seção 10.....	44
Figura 24 – Visão geral da seção 9 e avaliação da seção 9.....	45
Figura 25 – Perfil longitudinal seção 11, sentido leste para oeste	46
Figura 26 – Perfil longitudinal seção 12, sentido oeste para leste	46
Figura 27 – Visão geral do trecho 11-12 e avaliação da seção 11	46
Figura 28 – Perfil longitudinal seção 13.....	47
Figura 29 – Perfil longitudinal seção 14.....	47
Figura 30 – Vista geral das seções 13 e 14 e avaliação da seção 14	48
Figura 31 – Vista geral das seções 15 e 16 e avaliação da seção 16	49
Figura 32 – Perfil longitudinal seção 15.....	49
Figura 33 – Perfil longitudinal seção 16.....	50
Figura 34 – Ponto crítico Rua Barão do Cambay	51
Figura 35 – Perfil longitudinal seção 17.....	51
Figura 36 – Perfil longitudinal seção 18.....	52
Figura 37 – Vista geral da seção 18.....	53
Figura 38 – Perfil longitudinal seção 19.....	54
Figura 39 – Perfil longitudinal seção 20.....	54
Figura 40 – Rua Maurício Cardoso	55
Figura 41 – Vista da seção 20 e avaliação da seção 20.....	56
Figura 42 – Incidência dos conceitos de IRI.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Níveis de Serventia	23
Tabela 2 – Conceito de trafegabilidade IRI	25
Tabela 3 – Condição do pavimento em função do QI e do IRI	25
Tabela 4- Classificação do IRI segundo o aplicativo SmartIRI	34
Tabela 5 – Trecho 1-2.....	36
Tabela 6 – Classificação global das seções avaliadas e o IRI médio	56
Tabela 7 – VSA das seções avaliadas	58
Tabela 8 – Incidência dos níveis de serventia no total avaliado	59
Tabela 9 – Relação de conceitos	59
Tabela 10 – Ordem de prioridade de manutenção IRI.....	60
Tabela 11 – Ordem de prioridade de manutenção VSA	61
Tabela 12- Comparativo de prioridade	62

LISTA DE SIGLAS

CNT – Confederação Nacional do Transportes
CGPC – Comissão Permanente de Gerência de Pavimentos
DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FHWA – *Federal Highway Administration*
GPS – *Global Positioning System*
IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias
IRI – *International Roughness Index*
M&R – Manutenção e Reabilitação
QI – Quociente de Irregularidade
RMSVA – *Root Mean Square Vertical Acceleration*
SGP – Sistema de Gerência de Pavimentos
SGPU – Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos
TCU – Tribunal de Contas da União
VSA – Valor de Serventia Atual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivos	13
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Objetivos Específicos	13
1.2	Justificativa.....	14
1.3	Estrutura do Trabalho	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	Breve histórico da gerência de pavimentos	15
2.1.1	Conceitos do sistema de gerência de pavimentos	16
2.1.2	Implementação do SGP.....	18
2.2	Métodos de avaliação.....	21
2.2.1	Método de avaliação por Serventia	22
2.2.2	Método de avaliação com Índice de Irregularidade Internacional – IRI	24
2.2.3	Método de avaliação com auxílio de aplicativos de smartphone.....	26
3	MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1	Equipamentos e procedimentos.....	29
3.2	Vias para avaliação.....	31
3.3	Processamento dos dados	33
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	36
4.1	Análise das seções avaliadas.....	36
4.2	Resultados da avaliação de Serventia	57
4.3	Correlação entre resultados do SmartIRI e de VSA	59
4.4	Níveis de prioridade para ações de M&R	60
5	CONCLUSÕES	64
5.1	Sugestões para trabalhos futuros.....	65
	REFERÊNCIAS	66
	ANEXO A	68

1 INTRODUÇÃO

O crescente número de veículos em circulação somados às políticas públicas ineficientes são os ingredientes perfeitos para a degradação da malha viária, principalmente em cidades de pequeno e médio porte. Geralmente as decisões acerca de projeto e manutenção da malha viária nesses locais tem caráter em sua maioria político ou em experiências vividas pelos responsáveis técnicos.

Esse tipo de medida torna muito mais oneroso todo o processo de pavimentação, pois traz apenas o benefício temporário, muito abaixo da vida útil dos pavimentos. As manutenções quando realizadas, são de forma errada e em períodos inadequados, sendo assim ainda mais ineficientes e caras.

Um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbano (SGPU), adaptado a realidade de cada município, é uma importante ferramenta de aquisição de dados que pode nortear os gestores na melhor utilização dos tão escassos recursos orçamentários. Tal ferramenta auxilia ainda na tomada de decisões de priorização de projetos, qual o tipo de manutenção deve-se realizar, em que fase da vida útil do pavimento proceder a manutenção, ou ainda, o tipo de reabilitação necessária para que o pavimento tenha sua trafegabilidade restaurada ao nível entregue no final de sua construção.

De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT) (2017), através dos dados apontados pelo Tribunal de Contas da União (TCU) em 2013, verifica-se que os defeitos estruturais e funcionais estão ocorrendo em média nos primeiros 7 meses após a finalização das obras das rodovias federais, apesar destes dados demonstrarem a situação das rodovias federais, a realidade das vias urbanas não é diferente, o descaso e a falta de investimento está presente em ambas.

Já há alguns anos o uso de aparelhos *smartphones* para as mais variadas tarefas do dia a dia tem se intensificado. O desenvolvimento de novas tecnologias que possibilitaram o aumento de capacidade de processamento dos aparelhos, revolucionaram a maneira em que vivemos, a cada dia novos aparelhos são desenvolvidos e, juntamente a isso, a indústria de aplicativos também se desenvolveu, transformando os aparelhos em verdadeiras ferramentas de trabalho. Com isso também puderam ser desenvolvidos aplicativos que auxiliam na gerência de pavimentos, estes aplicativos podem ajudar na realização das tarefas que antes podiam ser feitas apenas por equipamentos complexos, com elevado custo de aquisição e de operação. A utilização do *smartphone* como ferramenta de aquisição

de dados para auxiliar na gerência de pavimentos, trabalhando em conjunto com outras ferramentas, como o Índice de serventia, podem subsidiar os gestores públicos nos tipos de intervenções a serem realizadas nos pavimentos flexíveis.

A implantação de um SGPU em um município é um passo muito importante para que os recursos sejam alocados de forma mais racional possível, além de proporcionar aos usuários das vias um pavimento de qualidade que reduz o desgaste dos veículos, gastos com combustíveis e melhora a qualidade de vida.

Tendo em vista estas considerações o presente estudo tem por finalidade apresentar uma proposta de implantação de um SGPU na cidade de São Gabriel-RS, município do oeste gaúcho, com cerca de 65.000 habitantes, onde vem sendo investido um volume grande de recursos em pavimentação tanto em construção como em reabilitação. Os dados obtidos poderão contribuir nas próximas construções, assim como auxiliar nas manutenções preventivas e corretivas das vias já pavimentadas.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar as condições dos pavimentos asfálticos das vias principais do município de São Gabriel-RS com o uso de aplicativo para *smartphone* e a avaliação de Serventia.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Verificar a possibilidade do uso de aplicativo de *smartphone* no auxílio da gerência de pavimentos;
- Correlacionar os resultados obtidos entre o uso do aplicativo SmartIRI e o método de avaliação por Valor de Serventia Atual;
- Avaliar as condições dos pavimentos asfálticos do município com o uso dos dados de Índice de Irregularidade Internacional e Valor de Serventia Atual;
- Determinar dentre as vias avaliadas a prioridade de manutenção e as possíveis medidas corretivas.

1.2 Justificativa

Esta pesquisa tem por motivação principal poder validar de gerenciamento de pavimentos que tenham fácil compreensão e aplicabilidade, auxiliando assim os setores responsáveis na tomada de decisões quanto ao período e medidas mais apropriadas para manutenção e reabilitação de pavimentos asfálticos do município.

Tendo em vista que, o uso de aplicativos de *smartphone* é algo relativamente simples, de fácil acesso e com custos não elevados. Neste sentido, o uso de aplicativos para *smartphone* capazes de tal função acabam se tornando uma ferramenta muito interessante e viável na gerência de pavimentos urbanos.

1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho é constituído por cinco capítulos. No primeiro capítulo está apresentada a introdução ao tema, o objetivo geral, os objetivos específicos e a contextualização da justificativa do trabalho. No segundo capítulo está apresentada a revisão de literatura, dividida em: histórico da gerência de pavimentos, conceitos de sistemas de gerência de pavimentos, os métodos de avaliação subjetivos e objetivos e o uso de *smartphone* na aquisição de dados das condições funcionais dos pavimentos.

No capítulo três está apresentada a metodologia e os materiais que serão utilizados na pesquisa, o critério de avaliação das vias, Valor de Serventia Atual, e uso aplicativo de *smartphone* para levantamento de Índice de Irregularidade Internacional.

Após ser definida a metodologia no capítulo anterior, no quarto capítulo está apresentado tudo que foi executado na pesquisa, bem como os resultados obtidos e as análises de cada seção.

Por fim, no capítulo cinco estão apresentadas as considerações finais e as sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Breve histórico da gerência de pavimentos

De acordo com Finn (1997), a gerência de pavimentos pode ter tido início na década de 50, quando algum engenheiro desconhecido teve a necessidade de criar mecanismos de medição e avaliação dos pavimentos sob sua responsabilidade, com propósito de priorizar quais vias deveriam sofrer algum tipo de intervenção, e então por meio de cartões de anotações fez a localização e avaliação das condições da via, de quem utilizava a via e que tipo de negócio fazia utilizando as estradas. Para o autor independentemente se foi o engenheiro na década de 50 ou até mesmo um engenheiro romano há 2000 anos atrás mantendo a Via Ápia em condições, o que realmente importa é que concordemos que a gerência de pavimentos traça metas, e mostra aos gestores dos recursos que a implementação da gerência de pavimentos é algo de interesse público.

Após a introdução dos sistemas de gerência de pavimentos nos Estados Unidos, foram feitas modificações de metodologia e aplicabilidade que acarretaram em evoluções contínuas desde as décadas de 60 e 70, em resposta a necessidade de se preservar os investimentos usados na construção de rodovias, na rápida degradação das vias, ao tráfego cada vez maior de veículos pesados e ao escasso orçamento para manutenção e reabilitação das vias já construídas (KULKARNI e MILLER, 2003).

Já na década de 80 ocorreram nos Estados Unidos da América os primeiros encontros com a temática de gerência de pavimentos realizados em Phoenix, Arizona e Charlotte, onde reuniram 172 pessoas entre engenheiros e cientistas motivados a aprender e entender mais sobre gerência de pavimentos. Nesses encontros os participantes puderam compreender os objetivos e benefícios da gerência de pavimentos, como resultado dos eventos pôde-se criar diretrizes e definir prioridades que tivessem ações de curto e longo prazo e que pudessem ser implementadas pela Federal Highway Administration (FHWA) e pelas agências estaduais que cuidam da gerência de pavimentos (FINN, 1997).

No Brasil na década de 80 observou-se a necessidade de se dar mais atenção a gerência de pavimentos, havendo então o desenvolvimento e aplicação de sistemas de gerência de pavimentos nos diversos órgãos rodoviários do país (DNIT, 2011).

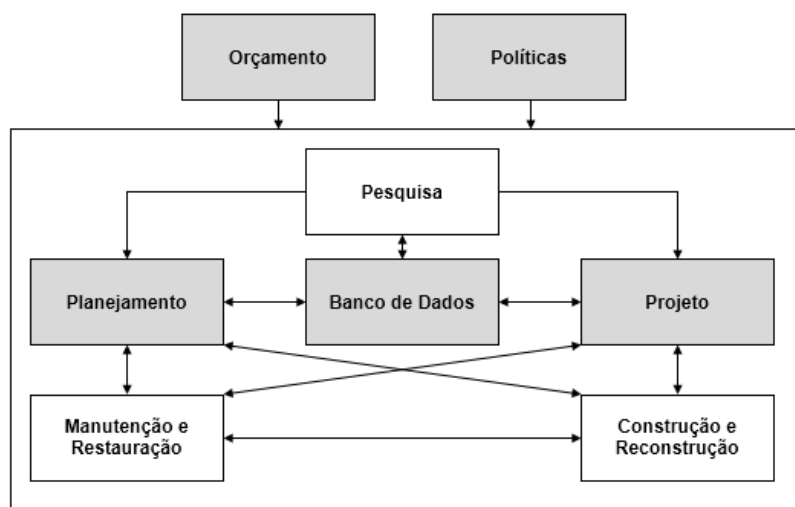
De acordo com o autor o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) foi o primeiro órgão rodoviário a implantar um SGP em 1982. No ato foi formada uma Comissão Permanente de Gerência de Pavimentos (CPGP) com membros do Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR) e membros do próprio DNER. Entre os anos de 1984 a 1989 a CPGP já sob comando apenas do DNER realizou estudos de campo tendo em vista a caracterização de subtrechos da rede rodoviária federal, assim elaborando procedimentos normatizados para levantamento das condições funcionais do pavimento e posteriormente os métodos de avaliação de pavimentos flexíveis

2.1.1 Conceitos do sistema de gerência de pavimentos

O conceito de um sistema de gerência de pavimentos passa pelo conjunto de atividades de planejamento, projeto, construção, manutenção e reabilitação dos pavimentos, que, além disto, ainda deve atuar em concordância com diretrizes políticas e administrativas, assim como os recursos de orçamento (DNIT, 2011).

Na Figura 1 é mostrado o fluxo de ações do sistema de gerência de pavimentos proposto pelo DNIT (2011).

Figura 1 – Estrutura do sistema de gerência de pavimentos



Fonte: Adaptado DNIT (2011)

Segundo Zanchetta (2017) os conceitos de um SGP, mesmo que desenvolvidos para gestão de pavimentos rodoviários, com alguns poucos ajustes podem ser usados em pavimentos urbanos, assim passando a se tornar um sistema de gerência de pavimentos urbanos.

De acordo com Haas, Hudson e Zaniewski (1994) planejar, projetar, construir, administrar e dar manutenção são atividades que devem estar totalmente vinculadas não só ao projeto, mas sim a toda a vida útil do pavimento. O desempenho de um pavimento depende não somente de como foram feitos seus projetos, mas também em grande parte, de como foi feita sua construção, de como são feitas suas manutenções e reabilitações posteriores.

Para Bertollo (1997) os recursos orçamentários alocados para a construção, manutenção e reabilitação das vias em geral, sendo elas rurais ou urbanas, sempre são bem abaixo da real necessidade. Nesse sentido um sistema de gerência de pavimentos pode auxiliar ao corpo técnico responsável pelo setor, que estes recursos sejam utilizados de forma racional, na hora e onde seja necessário.

Haas, Hudson e Zaniewski (1994) complementam mencionando que o conceito de gestão de pavimentos não é novo, e deve auxiliar os envolvidos na gestão de pavimentos, sejam urbanos ou rodoviários, em tomar as decisões mais assertivas.

Para Fernandes Jr. *et. al.* (2012) mesmo havendo o aparecimento de novas tecnologias que auxiliem nas decisões, o expressivo aumento da malha viária e

número de veículos, as decisões referentes as manutenção e reabilitação das vias ainda são, em geral, tomadas mais de forma política do que com caráter técnico.

Zanchetta (2017) afirma que independentemente da sofisticação do SGPU, desde que sua avaliação seja de qualidade e que as manutenções e reabilitações dos pavimentos sejam feitas da forma correta e principalmente na época certa, a aplicação correta dos resultados de SGPU podem diminuir consideravelmente os custos de manutenção das vias pavimentadas e mantê-las em condições de trafegabilidade adequadas.

De acordo com Bertollo (1997) as cidades de pequeno e médio porte não tratam com o devido cuidado as fases de planejamento, dimensionamento e execução de obras viárias, e com isso as vias apresentam elevados índices de deterioração logo nas primeiras idades, diminuição acentuada da vida útil do pavimento com altíssimos custos de manutenção e reabilitação.

Fernandes Jr. *et. al.* (2012) afirmam que um SGPU contribui de forma muito eficaz na utilização de recursos, demonstra o modo de evolução da vida útil dos pavimentos, e assim podem indicar datas, custos e atividades que devem ser realizadas. O autor ainda ressalta que tudo se inicia numa boa coleta e análise de dados, desta forma as decisões a serem tomadas serão as mais assertivas possíveis, sendo as mais indicadas tecnicamente e com o menor custo.

Todo pavimento em tese é projetado com uma determinada vida útil, e ao longo do tempo o pavimento sofre degradação, seja ela pelo intemperismo ou mesmo pelo tráfego. Assim, por causa desses mecanismos, o pavimento que se encontra em uma condição ótima no início evolui para uma condição ruim, as vezes ficando bem distante do fim da sua vida útil, essa degradação faz com que o pavimento perca sua serventia e traz prejuízo aos usuários (DNIT, 2011).

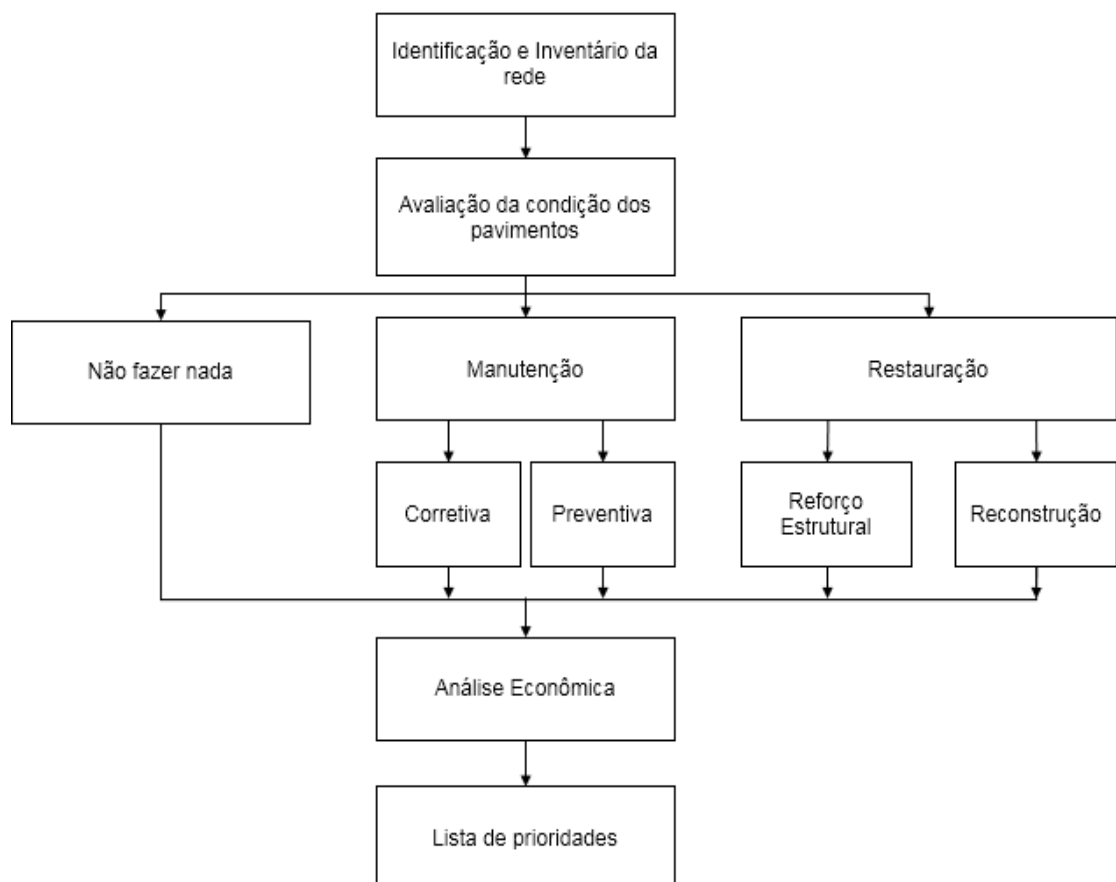
2.1.2 Implementação do SGP

O SGP é subdividido em dois níveis: nível de rede e nível de projeto. O primeiro aponta trechos críticos que devem receber prioritariamente recursos orçamentários, que tenham o melhor custo benefício, e também seja capaz de apresentar um plano de investimentos que contemple obras de manutenção e reabilitação a médio prazo (DNIT, 2011).

Para Martins (2015) a gerência em nível de rede fornece dados capazes de identificar, caracterizar e por fim classificar as condições do pavimento baseados em critérios técnicos. Após o tratamento dos dados, o SGP aponta alternativas de intervenções, sejam elas quais forem devem otimizar ao máximo o uso de recursos públicos.

Já o segundo nível de gerência contempla as atividades de projeto e execução, essas atividades baseiam-se na alocação de recurso a curto prazo (DNIT, 2011). A gerência de pavimentos em nível de projeto deve ter detalhadamente a maior quantidade de dados possíveis, como ensaios, dados de campo, tráfego, estrutura do pavimento e materiais empregados na sua construção (MARTINS, 2015). Na Figura 2 é observado o fluxograma de medidas a ser tomadas na manutenção e reabilitação (M&R) de pavimentos

Figura 2 – Fluxograma de um SGP com alternativas das estratégias de M&R



Fonte: Adaptado DNIT (2011)

De acordo com o DNIT (2011) a gerência de pavimentos em geral é vista de maneiras distintas por administradores e técnicos. Os administradores preocupam-se com as reações dos usuários, com os impactos nos seus governos e isto tem um peso enorme nas decisões, que geralmente não tem caráter técnico e sim emocional. Em contrapartida a isto, a gerência de pavimentos aponta às reais necessidades dos pavimentos com o uso de termos técnicos e definidos, como ferramentas auxiliares para tomarem as melhores decisões. Além disso a gerência de pavimentos deverá indicar a necessidade de políticas internas para que possa ser assegurada a continuidade e operação do sistema.

Para Zanchetta (2017) um SGPU no médio e longo prazo trará inúmeros benefícios socioeconômicos e operacionais, desde que seu uso seja continuado, de forma que as mudanças no poder público não afetem as políticas internas e nem os recursos para tal finalidade. Para o autor, infelizmente isso não acontece no Brasil, pois ainda não se tem a visão de política de estado.

Para Finn (1997) o desenvolvimento e implementação de um SGP enfrenta problemas decorrentes do não comprometimento dos gestores públicos com políticas de gestão a longo prazo, como se a gerência de pavimentos não fizesse parte da gestão de infraestrutura como um todo. O autor complementa ainda que também cabe aos responsáveis técnicos terem atitudes otimistas e positivas frente ao negativismo dentro das instituições, caso contrário todo o sistema de gerência de pavimentos estará comprometido.

Para Fernandes Jr. *et. al.* (2012) o maior entrave para implementação de um SGPU ainda é a busca por informações básicas da malha viária, pois em geral não existem bancos de dados sobre os pavimentos, nem sobre o uso da malha viária. Informações do dimensionamento, contagem de veículos e hierarquias das vias geralmente são inexistentes.

Segundo o DNIT (2011) é de suma importância que o levantamento de dados seja realizado com elevada frequência e com o maior detalhamento possível para que possam ser determinadas as prioridades acerca das decisões de manutenção e reabilitação dos pavimentos.

Zanchetta (2017) cita que a implementação de SGP requer no mínimo as seguintes condições:

- Alocação de recursos, cabe aos técnicos subsidiarem os administradores públicos com informações de custos e previsão de gastos;
- Equipe capacitada, a equipe deve ser constantemente capacitada e reciclada sempre buscando a evolução dos processos de avaliação;
- Equipamentos para avaliação e análise de dados;
- Inventário das vias, criação de um banco de dados detalhado desde a fase planejamento e projeto da via, das manutenções e reabilitações posteriores;
- Avaliações de campo para identificação de defeitos e condições estruturais, fazer uso das técnicas de avaliação, desde as mais simples até as mais sofisticadas;
- Estudo de estimativa de desempenho da vias;
- Programação das atividades de manutenção;
- Aplicações das medidas escolhidas, aplicar as medidas indicadas pelos métodos de avaliação no período certo e com técnica específica;
- Realimentação dos banco de dados, após as intervenções de manutenção, sejam elas preventivas ou corretivas, proceder reavaliação do trecho para a atualizações dos índices e poder manter o ciclo de gerência sempre ativo.

Um sistema de gerência não toma decisões, as decisões são tomadas pelos gestores, a dúvida é se os gestores estão utilizando as ferramentas adequadas para tal finalidade (FINN,1997).

2.2 Métodos de avaliação

De acordo com CNT (2017) antes de haver medidores de irregularidades longitudinais que fossem capazes de medir diretamente a irregularidade da superfície do perfil do pavimento, as avaliações eram apenas subjetivas. Já as avaliações objetivas tornaram-se realidade a partir da criação de novas tecnologias. Desta forma passaram a ser adotadas duas técnicas de avaliação funcional dos pavimentos, são elas:

- Avaliação Subjetiva: usa conceitos qualitativos para determinar o quão degradado está o pavimento.

- Avaliação Objetiva: usa quantificações numéricas e de distribuição de severidade do nível da degradação do pavimento.

Para Silva (2008) a avaliação subjetiva demonstra a capacidade que o pavimento tem de promover aos usuários conforto e suavidade ao rolamento, este tipo de avaliação pode ser chamado de Valor de Serventia Atual (VSA).

De acordo com Taveira, Inoue e Marques (2018) a avaliação subjetiva pode ser realizada por qualquer usuário da via, assim não necessitando um conhecimento técnico apurado, já nas avaliações objetivas os critérios são normatizados e devem ser aplicados com o máximo de rigor.

Lima (2007) afirma que na avaliação objetiva devem ser feitos ensaios específicos e também a utilização de equipamentos precisos para leitura detalhada da condição do pavimento, a fim de tipificar os defeitos e o grau de degradação do pavimento.

2.2.1 Método de avaliação por Serventia

Segundo DNIT (2003) a avaliação da Serventia de pavimentos deve ser feita por um grupo de avaliadores que sejam entendedores dos procedimentos de avaliação, estes avaliadores devem atribuir notas a respeito da capacidade que o pavimento tem de absorver as exigências de tráfego, conforto e suavidade quanto ao rolamento no trecho analisado. As notas atribuídas pelos avaliadores para cada trecho devem ser tratadas separadamente dos demais trechos e podem ser obtidas pela Equação 1:

$$VSA = \frac{\sum x}{n} \quad (1)$$

Onde:

VSA = Valor da Serventia Atual

X= Valor de Serventia Atual individual

n = número de avaliadores

Os padrões de VSA são obtidos através das médias das notas dos avaliadores, que atribuem notas de 0 a 5 para o conforto ao rolamento de cada trecho analisado.

Na Tabela 1 podem ser verificados os padrões de conforto ao rolamento de acordo com a faixa de nota obtida pelo VSA (DNIT, 2011).

Tabela 1 – Níveis de Serventia

Conceito	VSA
Ótimo	5 – 4
Bom	4 – 3
Regular	3 – 2
Ruim	2 – 1
Péssimo	1 – 0

Fonte: DNIT (2011)

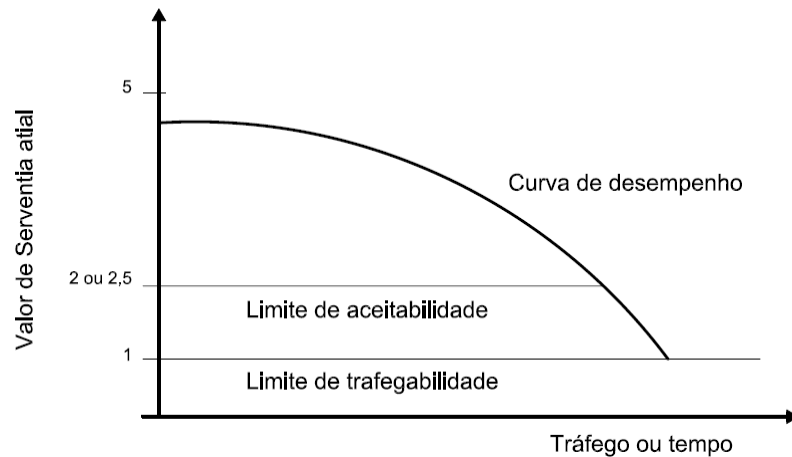
O valor máximo de VSA= 5, teoricamente é obtido assim que um pavimento é finalizado, no entanto, este valor não é encontrado porque depende diretamente de como foi feita a execução da obra e do nível de controle tecnológico dos procedimentos de construção, manutenção ou reabilitação. Com o decorrer do tempo, tráfego e o intemperismo culminam com a degradação do pavimento e desta forma diminui o valor da sua Serventia (DNIT, 2011).

De acordo com DNIT (2011) é estabelecido os valores de limites de aceitabilidade do VSA entre 2 e 2,5, onde VSA= 2 é atribuído como valor limite de aceitabilidade para vias de médio e baixo volume de tráfego e VSA = 2,5 é atribuído como valor limite de aceitabilidade para vias com elevado volume de tráfego, sendo que, qualquer valor de VSA abaixo destes valores, observada a classificação da via, torna as condições de conforto ao rolamento da via em um nível inadmissível. Ao atingir os valores de VSA acima citados as vias devem sofrer intervenções de manutenção corretiva, com propósito de reestabelecer os valores de VSA a patamares mais elevados. Para valores de VSA superiores aos limites de aceitabilidade devem ser efetuadas periodicamente manutenções preventivas, que contribuam para a manutenção do índice elevado da Serventia.

Caso a superfície de rolamento da via esteja tão degradada que o valor de VSA indique valores iguais ou inferiores a 1, a via acaba atingindo o limite de trafegabilidade, e após atingir esse nível a via deve sofrer reconstrução, assim tendo seu VSA elevado novamente a valores iguais, menores ou até mesmo maiores do que o VSA inicial do pavimento.

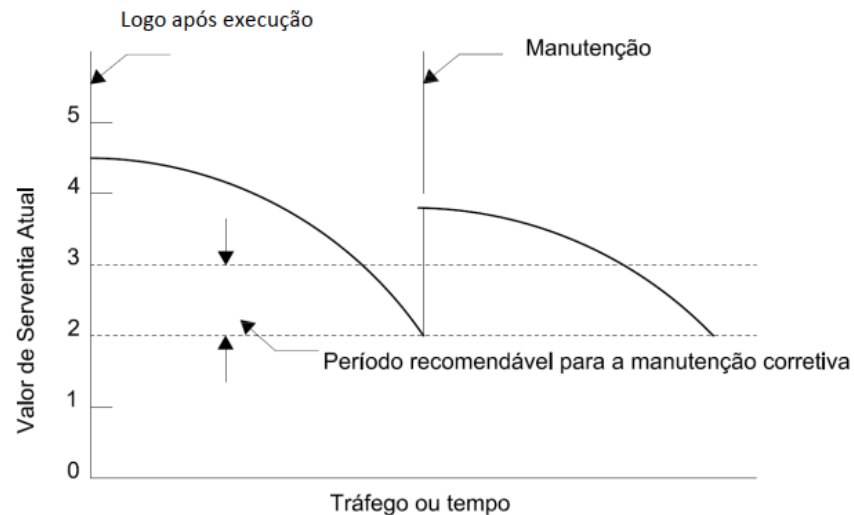
Na Figura 3 podem ser visualizados os valores limites de aceitabilidade e trafegabilidade, assim como na Figura 4 o período ideal de manutenção preventiva respectivamente, ambas mostradas na curva de desempenho da Serventia em função do tempo.

Figura 3 – Curva de desempenho da Serventia em função do tempo ou tráfego



Fonte: DNIT (2011)

Figura 4 – Período recomendável para a manutenção dos pavimentos



Fonte: DNIT (2011)

2.2.2 Método de avaliação com Índice de Irregularidade Internacional – IRI

Segundo DNIT (2011) o Índice de Irregularidade Internacional (IRI) é a quantificação numérica dos defeitos contidos na superfície de rolamento de um

pavimento a partir de um plano de referência, os resultados obtidos têm unidade m/km. De acordo com a Tabela 2 podem ser verificados os conceitos de acordo com os valores de IRI.

Tabela 2 – Conceito de trafegabilidade IRI

Conceito	IRI (m/km)
Excelente	1 – 1,9
Bom	1,9 – 2,7
Regular	2,7 – 3,5
Ruim	3,5 – 4,6
Péssimo	> 4,6

Fonte: DNIT (2006)

De acordo com DNIT (2011) a parceria tecnológica entre o IPR e a Universidade de São Paulo nos anos 80, onde foi desenvolvido um equipamento de medição do tipo resposta, que fazia a leitura das variações de deslocamento vertical entre o chassi e o diferencial do eixo traseiro dos veículos de tração traseira. Este equipamento foi chamado de Sistema Integrador IPR/USP e contava com um quantificador digital das irregularidades, fornecendo o valor do Quociente de Irregularidade (QI) que pode ser relacionado proporcionalmente com os valores de IRI pela Equação 2. A classificação da via com relação ao QI e ao IRI pode ser verificada na Tabela 3.

$$QI = 13 \times IRI \quad (2)$$

Onde:

QI = Quociente de Irregularidade (contagem/km)

IRI = Índice de Irregularidade Internacional (m/km)

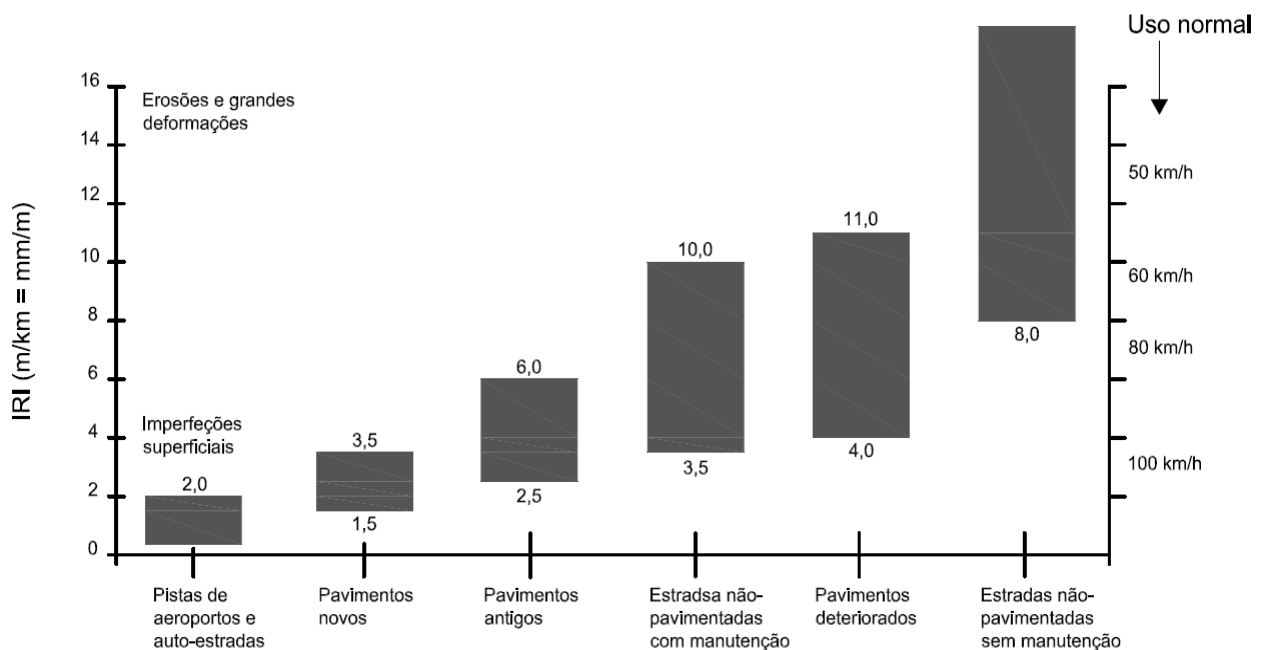
Tabela 3 – Condição do pavimento em função do QI e do IRI

Conceito	QI	IRI
Excelente	13 – 25	1 – 1,9
Bom	25 – 35	1,9 – 2,7
Regular	35 – 45	2,7 – 3,5
Ruim	45 – 60	3,5 – 4,6
Péssimo	> 60	> 4,6

Fonte: DNIT (2017)

Dependendo da finalidade para qual a via é utilizada e das condições em que a mesma se encontra, são obtidos valores diferentes para o IRI. Na Figura 5 podem ser verificadas as faixas de valores de IRI para cada tipo de condição da via, sendo que quanto maior o valor de IRI mais severos são os defeitos e menor a velocidade de deslocamento dos veículos (DNIT, 2011).

Figura 5 – Faixa de valores de IRI



Fonte: DNIT (2011)

2.2.3 Método de avaliação com auxílio de aplicativos de smartphone

A possibilidade do uso de *smartphones* para a obtenção dos dados da condição dos pavimentos, mesmo que não meçam diretamente o seu perfil como os perfilômetros por exemplo, podem obter através de seus sensores de aceleração vertical, desde que esteja fixo ao veículo, medir o deslocamento em relação a um eixo. Por sua vez, a variação da aceleração vertical medida no aplicativo do *smartphone*, tem relação com a superfície de rolamento, desta forma podendo ser feita uma avaliação das condições funcionais do pavimento (BISCONSINI, 2016).

Segundo Almeida (2018), a utilização de aplicativos para *smartphones* com a finalidade de obtenção de dados de irregularidades de pavimentos, elimina interferências humanas, traz mais produtividade, agilidade e desempenho, assim

como tem o acesso aos resultados de maneira muito simples e intuitiva, o que torna a decisão de intervenções mais rápida e eficaz.

Carvalho; Oliveira e Reis (2019) concluíram que o uso de *smartphones* tornou a obtenção de dados da situação da superfície de pavimento mais acessível e de baixo custo. As informações levantadas podem ser utilizadas para planejar as intervenções a serem realizadas em manutenções e reabilitações da malha viária, baseadas na qualidade de rolamento do pavimento. Os autores ainda complementam que a utilização das ferramentas baseadas em técnicas de *machine learning* poderá complementar os métodos de avaliação já consolidados.

Para Almeida (2018) o uso de *smartphones* torna a avaliação de pavimentos uma atividade menos onerosa, auxiliando os técnicos e administradores a usarem de forma racional os recursos orçamentários tão restritos nos países em desenvolvimento. Os sensores destes aparelhos fornecem dados precisos de aceleração vertical e de posicionamento graças ao sistema de posicionamento global ou *Global Positioning System* (GPS), que indicará o trecho a ser priorizado.

Bisconsini (2016) explica que após a coleta de dados de aceleração e posição, deve-se fazer a correlação entre a irregularidade longitudinal e os dados de campo, esta correlação é obtida através de cálculos estatísticos de *Root Mean Square Vertical Acceleration* (RMSVA) (Raiz da Média Quadrática da Aceleração Vertical), os valores de RMSVA são obtidos pela Equação 3:

$$RMSVA = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N a_{zi}^2} \quad (3)$$

Onde:

RMSVA= Raiz da Média Quadrática da Aceleração Vertical (m/s²);

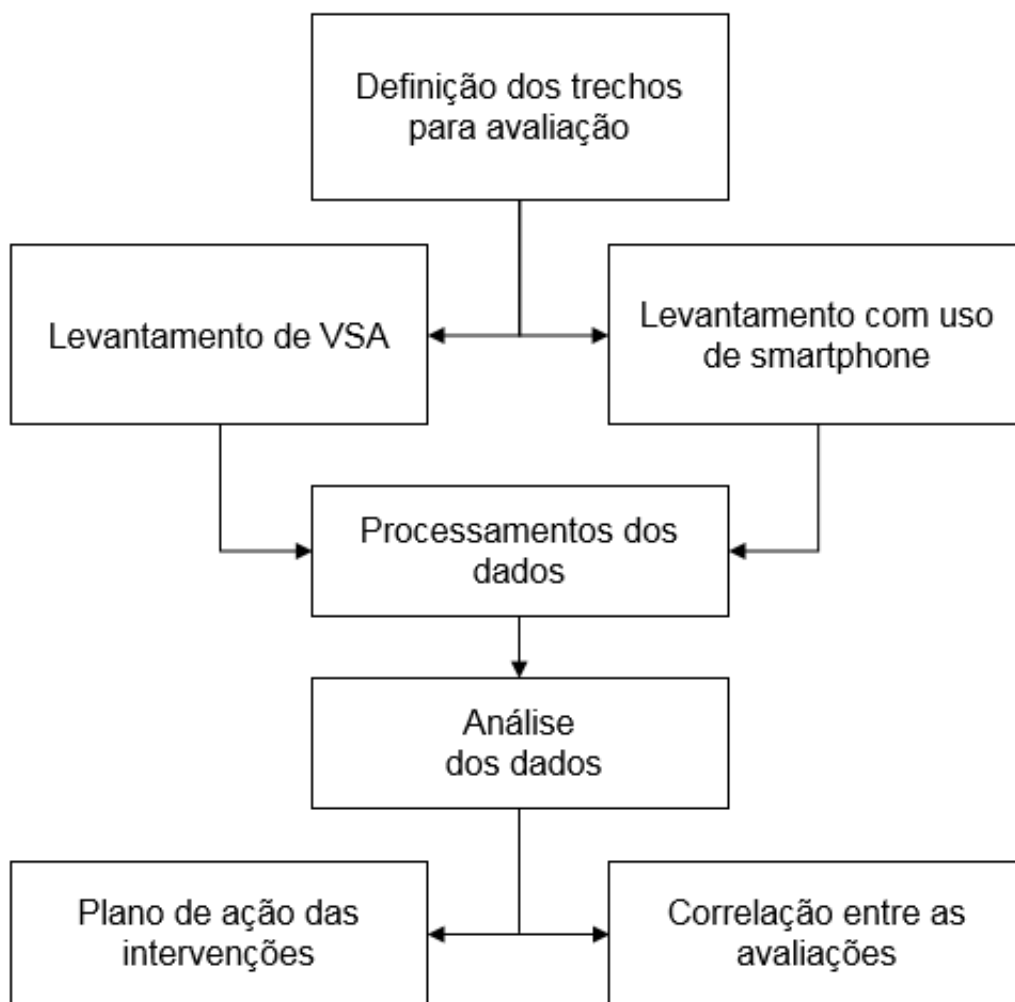
az = aceleração vertical (m/s²);

n = número de dados.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados os procedimentos que foram utilizados para o levantamento dos dados referente ao estado da superfície de rolamento da malha de pavimento asfáltico do município de São Gabriel - RS, pelos métodos de Serventia e de IRI com dados obtidos por meio do uso de aplicativo para *smartphone*. Na Figura 6 é apresentada a sequência de etapas a serem realizadas para a elaboração deste trabalho.

Figura 6 – Fluxograma das etapas do trabalho



Fonte: Elaboração própria

3.1 Equipamentos e procedimentos

Para os levantamentos de dados do método de avaliação subjetiva de Serventia, foram utilizados os procedimentos descritos na norma DNIT 009/2003 – PRO, que consistem em percorrer as vias subdividindo-as em seções de aproximadamente 600 metros com ao menos cinco avaliadores, devidamente cientes do procedimento e de seu propósito. Os avaliadores ao final de cada seção deverão atribuir na ficha padrão de avaliação de Serventia, que está demonstrada no anexo A deste trabalho, uma nota de 0 a 5 para a seção, onde nota zero representa que a condição do pavimento é péssima e 5 a condição do pavimento é ótima.

O veículo utilizado foi um Fiat Palio Attractive 1.4 ano 2013, mostrado na Figura 7, com as revisões preventivas em dia, com os quatro pneus em bom estado, e tanque de combustível com pelos menos $\frac{3}{4}$ de capacidade, a fim de evitar a falta de combustível no momento da avaliação.

Figura 7 – Veículo para os levantamentos



Fonte: Elaboração própria

Os levantamentos de serventia foram feitos em uma etapa, com 5 avaliadores, considerando o motorista, percorrendo as seções pré-determinadas que estão demonstrados no decorrer deste trabalho.

Já para o levantamento dos dados de IRI foram refeitos os mesmos trajetos e na mesma ordem anteriormente realizada na avaliação de serventia, agora fazendo uso do aplicativo SmartIRI, desenvolvido pela Certific NET exclusivamente com essa finalidade. O aplicativo fornece em tempo real os valores de IRI, com georreferenciamento das seções avaliadas, além de fornecer também dados de velocidades máximas e médias, tamanho das seções percorridas e tempo de trajeto. O aplicativo apropriou-se dos sensores de aceleração e posição do aparelho celular fazendo leituras e as processando-as de forma rápida. Na Figura 8 mostrada a tela inicial do aplicativo com as informações iniciais de leitura e calibração.

Figura 8 – Tela inicial do aplicativo SmartIRI



Fonte: Certific NET

De acordo com os desenvolvedores do aplicativo existem algumas premissas básicas de utilização do aplicativo:

- Uso de *smartphone* moderno, que tenha sensores de acelerômetro e giroscópio, com sistema operacional Android;
- Usar carro de passeio;
- Velocidades entre 60 e 100km/h;
- Utilizar suporte rígido fixado ao para-brisas do veículo, de forma que não haja amortecimento das vibrações pelas hastes do suporte.

O aparelho *smartphone* utilizado foi um Moto G9 Power, marca Motorola, devidamente fixado ao veículo, sendo que, foram realizados testes antes das avaliações definitivas para que não houvessem problemas nas avaliações e até

mesmo para familiarização com o aplicativo e os procedimentos conforme recomendado pela Certific NET. Na Figura 9 está demonstrada a tela de configurações e calibração do aplicativo.

Figura 9 – Tela de configuração do aplicativo



Fonte: Elaboração própria

De acordo com recomendações do desenvolvedor do aplicativo SmartIRI, as leituras devem ser feitas com velocidades entre 60 e 100km/h, com melhores resultados obtidos na média de 80km/h, porém estas velocidades não puderam ser obedecidas por se tratar de vias urbanas que as velocidades máximas são bem menores variando de 20 a 40km/h, no entanto o desenvolvedor recomenda que as leituras sejam feitas com velocidade mínima de 30km/h, então determinou-se que a velocidade fosse mantida em 40km/h. Os levantamentos, foram realizados em um final de semana, em dia sem chuva e por volta das 06:00 da manhã, horário que o fluxo de veículos não interferiu nas leituras, com o propósito de evitar freadas bruscas e possibilitar velocidades constantes.

3.2 Vias para avaliação

As vias avaliadas foram divididas em 20 seções, todas pavimentadas com revestimento asfáltico, incluindo ruas e avenidas de acesso ao município, ruas da região central, ruas que dão acesso a região central e ruas em bairros. Estas divisões

foram criadas para facilitar a avaliação de tal maneira que tivesse a melhor fluidez possível e que os finais e inícios de seção fossem sempre em cruzamentos onde a parada se fez necessária.

O critério de divisão em seções seguiu alguns aspectos como:

- Seção 1 composto pela Av. Antônio Trilha e Rua Juca Tigre, sendo que, a Av. Antônio Trilha é a avenida de entrada principal da cidade, partindo do trevo de acesso em direção ao centro do município. Nesta seção o pavimento asfáltico da Av. Antônio Trilha não sofreu nenhuma intervenção preventiva ou recuperativa a pelo menos 10 anos, exceto “tapa buracos”, já a Rua Juca Tigre foi totalmente fresada e repavimentada no ano de 2020;
- Seção 2 composta pela Rua Tristão Pinto e Rua Antônio Mercado, são as vias que dão continuidade a seção 1, na Rua Tristão Pinto não houveram intervenções nos últimos 10 anos, já a Rua Antônio Mercado sofreu obras de infraestrutura de saneamento, sendo assim toda fresada e repavimentada no ano de 2020;
- Seção 3 composta pelas ruas Alfredo Bento Pereira e Celestino Cavalheiro, sendo a primeira toda pavimentada com revestimento asfáltico sobre pedra irregular no ano 2020, já a Rua Celestino Cavalheiro não sofre intervenção a pelo menos 10 anos, apenas reparos tipo “tapa buracos”;
- Seção 4 composta pela Rua Celestino Cavalheiro e a Av. Antônio Trilha, ambas as ruas não recebem manutenção preventiva ou recuperativa a pelo menos 10 anos;
- Seção 5 composta pela Rua Francisco Chagas com pavimento novo feito sobre pedra irregular no ano de 2020;
- Seção 6 composta também pela Rua Francisco Chagas, em continuação a seção 5, porém agora o pavimento já foi construído a pelo menos 10 anos;
- Seção 7 composta pelo outro sentido de tráfego da Rua Francisco Chagas, tendo o mesmo comprimento e características da seção 6;
- Seção 8, seguimento da seção 7, compreendendo a Rua Francisco Chagas, tendo comprimento e características da seção 5;

- Seções 9 composta pelo sentido leste para o oeste da Rua Sebastião Menna Barreto, com pavimento feito a pelo menos cinco anos;
- Seções 10 composta pelo sentido oeste para o leste da Rua Sebastião Menna Barreto, com pavimento feito a pelo menos cinco anos;
- Seção 11 composta pelo sentido leste para oeste da Rua Pelotas, com pavimento feito a pelo menos cinco anos;
- Seção 12 composta pelo sentido oeste para leste da Rua Pelotas, com pavimento feito a pelo menos cinco anos;
- Seção 13 composta pelo sentido leste para oeste da Rua Francisco Hermenegildo, pavimento com pelo menos 10 anos;
- Seção 14 composta pelo sentido oeste para leste da Rua Francisco Hermenegildo, pavimento com pelo menos 10 anos;
- Seção 15 composta pelo sentido oeste para leste da Av. Presidente Vargas, pavimento com pelo menos 10 anos;
- Seção 16 composta pelo sentido leste para oeste da Av. Presidente Vargas, pavimento com pelo menos 10 anos;
- Seção 17 composto pelo sentido norte para sul da Rua Barão do Cambay, pavimento com pelo menos 10 anos;
- Seção 18 composto pelo sentido sul para norte da Rua Barão do Cambay, pavimento com pelo menos 10 anos;
- Seção 19 composta pelo sentido sul para norte da Rua Maurício Cardoso, pavimento com pelo menos 10 anos;
- Seção 20 composta pelo sentido norte para sul da Rua Maurício Cardoso, pavimento com pelo menos 10 anos;

Vale ressaltar que a sequência de avaliação das seções também obedeceu ao critério que o fim de uma seção seja próximo ao início de outra seção, com o objetivo de otimizar tempo e combustível.

3.3 Processamento dos dados

Os dados levantados a partir da Serventia foram processados por meio de planilhas eletrônicas que geraram os valores de VSA para cada seção de avaliação de acordo com as equações descritas na norma DNIT 009/2003 – PRO, e

posteriormente foram correlacionados com os valores de IRI obtidos pelo aplicativo SmartIRI. Os dados obtidos pelo aplicativo forneceram o grau de irregularidade longitudinal das vias, que interfere no conforto e segurança dos usuários, desta forma as vias foram colocadas em ordem de prioridade de intervenção e também do tipo de intervenção que deverá ser feita.

Na Tabela 4 está apresentada a escala que foi utilizada para a determinação dos conceitos das seções de acordo com o aplicativo SmartIRI.

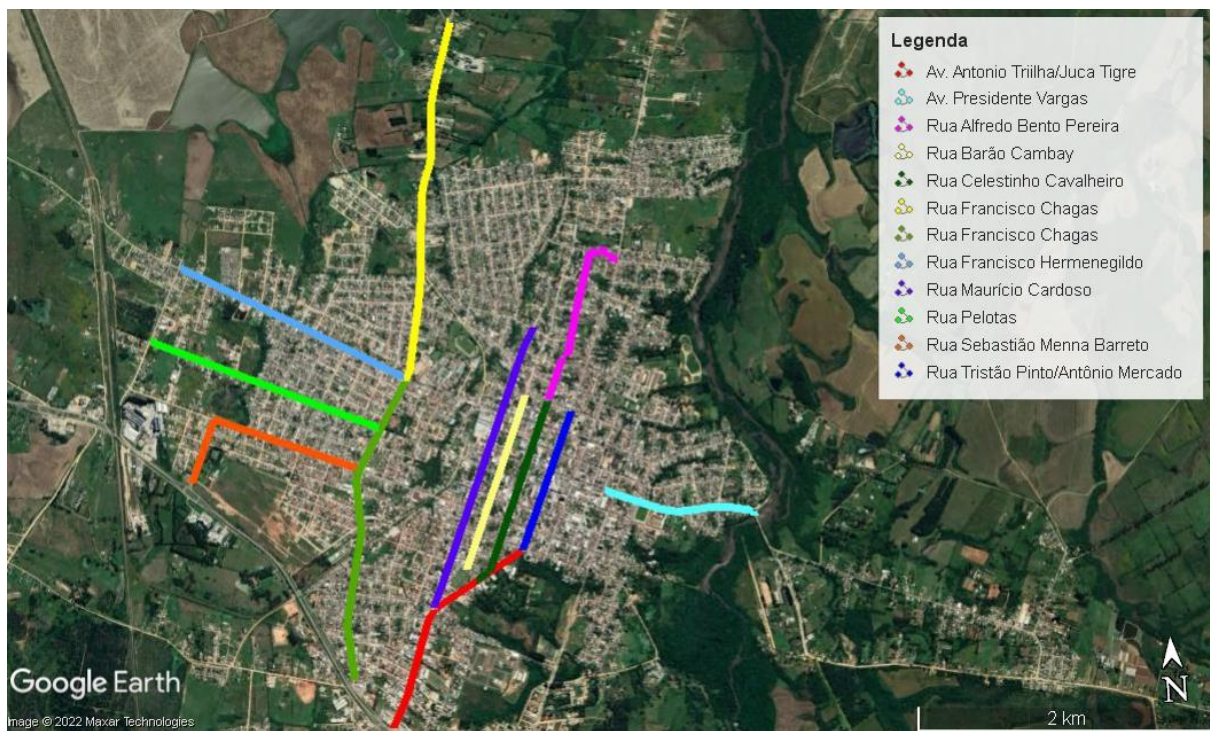
Tabela 4- Classificação do IRI segundo o aplicativo SmartIRI

Conceito	IRI (m/km)
Excelente	$0 < 2$
Bom	$2 < IRI < 4$
Regular	$4 < IRI < 6$
Ruim	$6 < IRI$

Fonte: Adaptado Certific NET

Na Figura 10 está mostrado o mapa geral da avaliação com as vias avaliadas destacadas com cores variadas, algumas das seções que são em vias com dois sentidos a cor foi mantida em ambos os lados.

Figura 10 – Vista geral da avaliação



Fonte: Elaboração própria

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os dados obtidos através dos procedimentos descritos no capítulo 3, bem como a análise dos resultados para os levantamentos realizados com a utilização do aplicativo SmartIRI e com método de VSA. Posteriormente serão descritas as seções críticas e as medidas a serem tomadas para manutenção, reabilitação e reconstrução. Por fim serão apresentadas as discussões acerca dos resultados analisados.

4.1 Análise das seções avaliadas

As seções 1 e 2 por se tratarem de seções em sequência na mesma via tiveram os dados levantados em duas etapas para facilitar a localização, porém foram unificadas para a análise dos resultados e tratadas agora como trecho 1-2. As seções 1 e 2 somadas tem comprimento final de 4257 metros, compreendendo quatro ruas do município, ligando a entrada da cidade com a zona norte. Na Tabela 5 são mostrados os conceitos e valores de IRI encontrados para o trecho 1-2 pelo aplicativo SmartIRI.

Tabela 5 – Trecho 1-2

Conceito	Comprimento (m)	IRI Médio (m/km)
Excelente	29	1,99
Bom	4206	2,77
Regular	22	4,05

Fonte: Elaboração própria

O trecho 1-2 é composto por 98,80% do pavimento classificado com conceito bom, 0,52% como regular e 0,68% como excelente, em geral o pavimento tem apenas irregularidades pontuais na região de aproximação de um cruzamento de parada obrigatória devido a presença de semáforos, este seguimento está mais sujeito a aceleração e frenagem de veículos, assim contribuindo com o processo de degradação do pavimento no local. Também é possível observar que em uma pequena parte do trecho 1-2 foi obtido um conceito excelente, conforme apontado na Figura 11.

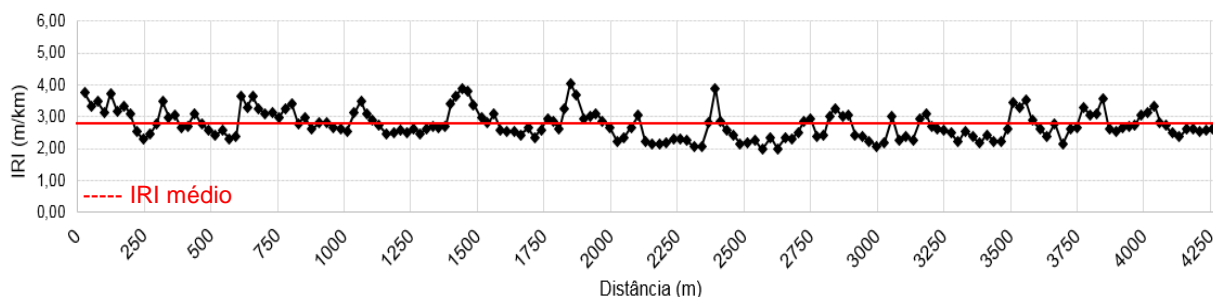
Figura 11 – Trecho 1-2 vista geral



Fonte: Elaboração própria

A análise dos dados aponta que, por se tratar de uma via que corta o município, tem tráfego constante e dá acesso ao centro e a vários bairros, logo, os resultados foram satisfatórios, sendo que devem ser feitas avaliações periódicas e serviços de manutenção preventiva. Na Figura 12 é observado o perfil longitudinal dos trechos 1 e 2 agrupados, tendo a linha horizontal em vermelho a representação do IRI médio no valor de 2,77 m/km.

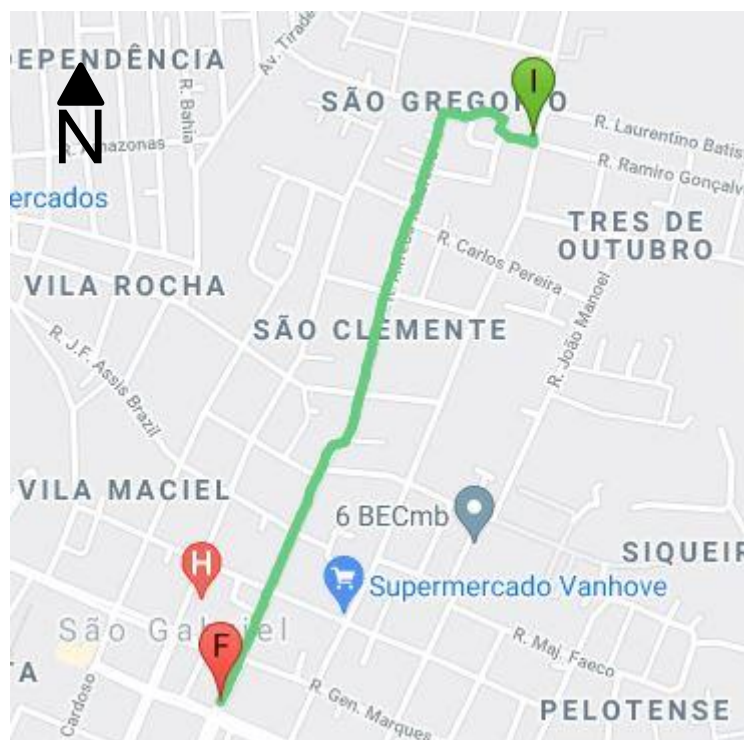
Figura 12 – Perfil longitudinal do trecho 1-2



Fonte: Elaboração própria

A seção 3 com comprimento de 1533 metros, compreendendo as ruas Alfredo Bento Pereira e Celestinos Lopes Cavaleiro, está apresentada na Figura 13. A seção está toda classificada com conceito bom segundo o aplicativo SmartIRI, essa avaliação é condizente com o pavimento, pois o mesmo foi construído a menos de dois anos, outros fatores que podem ter auxiliado para tal classificação é que o pavimento teve uma boa construção e não sofreu intervenções relacionadas a sistemas de água e esgoto.

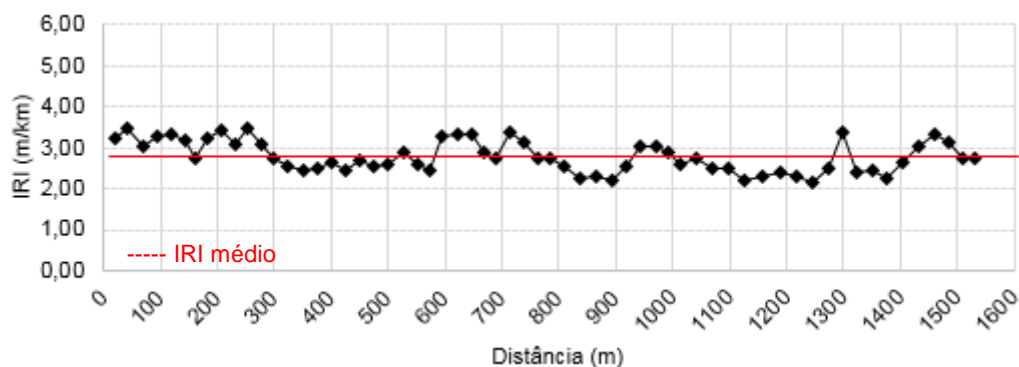
Figura 13 – Avaliação seção 3



Fonte: Elaboração própria

Na Figura 14 está apresentada o perfil longitudinal da seção 3, bem como o IRI médio que tem valor de 2,78 m/km.

Figura 14 – Perfil longitudinal seção 3



Fonte: Elaboração própria

Já na seção 4 foi observado um pequeno segmento classificado com conceito regular, trata-se da região de aproximação com a o trevo de entrada da cidade, onde há uma parada obrigatória, logo as ações de frenagem e aceleração acabam também contribuindo com a degradação do pavimento, essa região de aproximação deve ter um cuidado especial, pois a desagregação de material pode causar derrapagens e causar algum tipo de acidente. É possível verificar na Figura 15 o estado de degradação do pavimento na região de aproximação do trevo de acesso da cidade.

Figura 15 – Trevo de acesso a cidade



Fonte: Elaboração própria

A seção 4 compreende um total de 1518 metros, e apresentou um IRI médio com valor de 2,81 m/km dentro do conceito tido como bom, o que corresponde a 98,41% da seção, além disso, 1,58% do total da seção teve conceito regular, correspondendo a apenas 24 metros do total avaliado, apresentando um valor de IRI de 4,01 m/km. Na Figura 16 é demonstrado o caminho percorrido para a avaliação da seção 4 e a abrangência do mesmo, também pode ser observado o ponto de classificação no conceito regular.

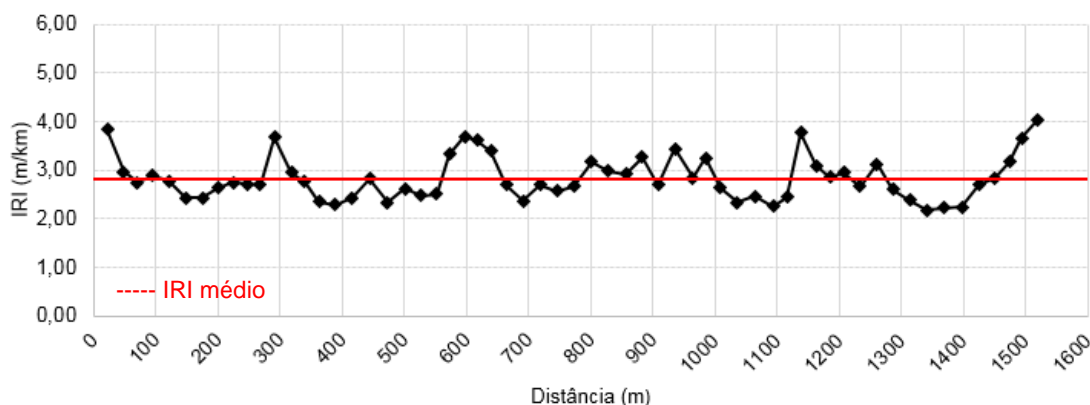
Figura 16 – Visão geral da seção 4



Fonte: Elaboração própria

Na Figura 17 é verificado o perfil longitudinal da seção 4, seus respectivos valores de IRI e o valor médio de IRI correspondente a linha horizontal em vermelho.

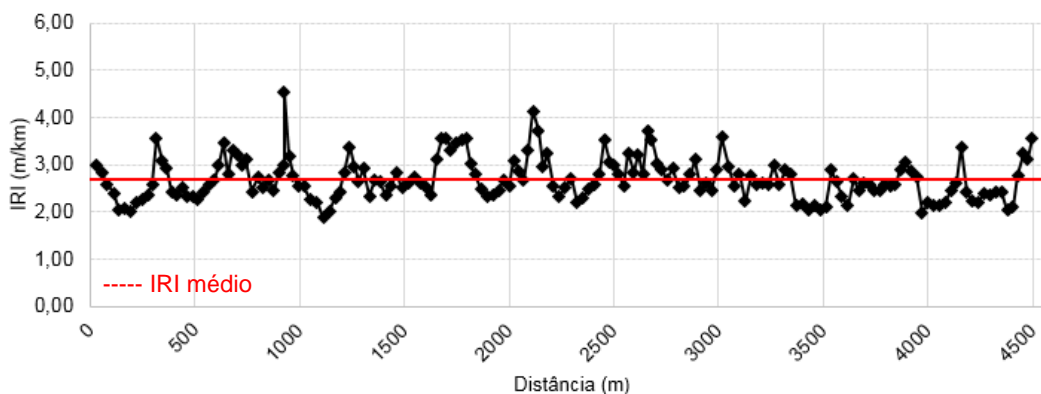
Figura 17 – Perfil longitudinal seção 4



Fonte: Elaboração própria

As seções 5 e 6 por se tratarem de seções consecutivas também foram unificadas, como foi feito nas seções 1 e 2, assim o trecho 5-6 passou a ter comprimento de 4519 metros, e IRI médio total com valor de 2,70 m/km, onde 98,15% do total do trecho está classificado com conceito bom de acordo com o aplicativo SmartIRI, com valor médio de IRI em 2,69 m/km. Os demais segmentos tiveram classificação regular e excelente, com valor de IRI de 4,33 m/km e 1,31 m/km respectivamente, correspondendo a 0,54% no conceito regular e 1,31% no conceito excelente. O segmento que apresentou conceito regular trata-se de uma pequena área que fica entre o cruzamento de duas avenidas, sendo que, a degradação deve-se ao alto fluxo de veículos, muitos deles veículos pesados, e em manobras de conversão, já que as duas avenidas permitem conversões em todas as direções. Nas Figura 18 e 19 demonstrado o perfil longitudinal do trecho 5-6 unificado e a vista geral do trecho 5-6 respectivamente.

Figura 18 – Perfil longitudinal trecho 5-6



Fonte: Elaboração própria

Figura 19 – Trecho 5-6 vista geral



Fonte: Elaboração própria

As seções 7 e 8 também foram agrupados pois são o sentido norte ao sul da Av. Francisco Chagas, tendo o contrafluxo de veículos dos trechos 5 e 6 que tem sentido sul para norte. Em geral o trecho 7-8 teve classificação com conceito bom e IRI médio global com valor de 2,64 m/km, sendo identificado com classificação regular apenas o mesmo cruzamento mencionado no trecho 5-6, sendo que, os motivos para deterioração do pavimento que levaram a classificação regular, são os mesmos mencionados na avaliação do trecho 5-6. Na Figura 20 é mostrado o segmento do trecho que foi classificado com regular.

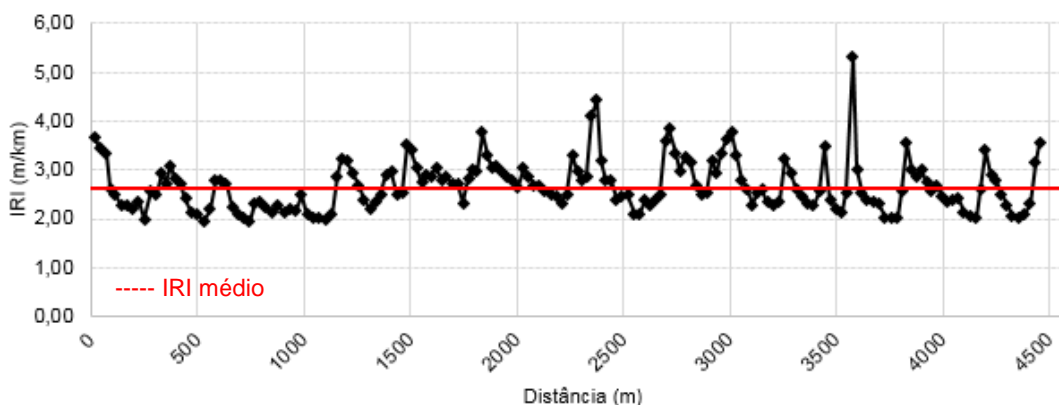
Figura 20 – Cruzamento na Rua Francisco Chagas



Fonte: Elaboração própria

O trecho 7-8 assim como seu par, o trecho 5-6, fazem parte de uma importante avenida no município de São Gabriel ligando de sul a norte vários bairros. Sua classificação dentro do conceito bom, representa um indicativo de que a via recebe atenção adequada visto sua importância, no entanto apresenta problemas localizados e de fácil manutenção que podem melhorar ainda mais o conceito da via. Na Figura 21 está apresentado o perfil longitudinal do trecho 7-8 bem como o IRI médio global, sendo destacado o ponto que está aproximadamente 3550 metros do início da avaliação do trecho (ponto mostrado na Figura 20), que teve valor de IRI de 5,4m/km, merecendo maior atenção.

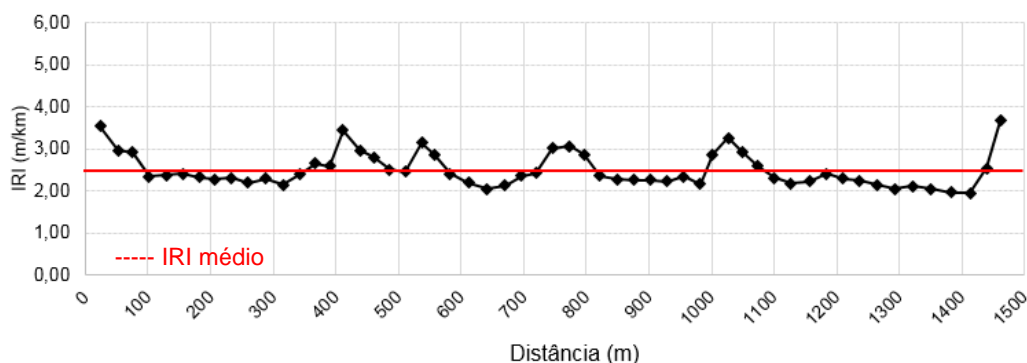
Figura 21 – Perfil longitudinal trecho 7-8



Fonte: Elaboração própria

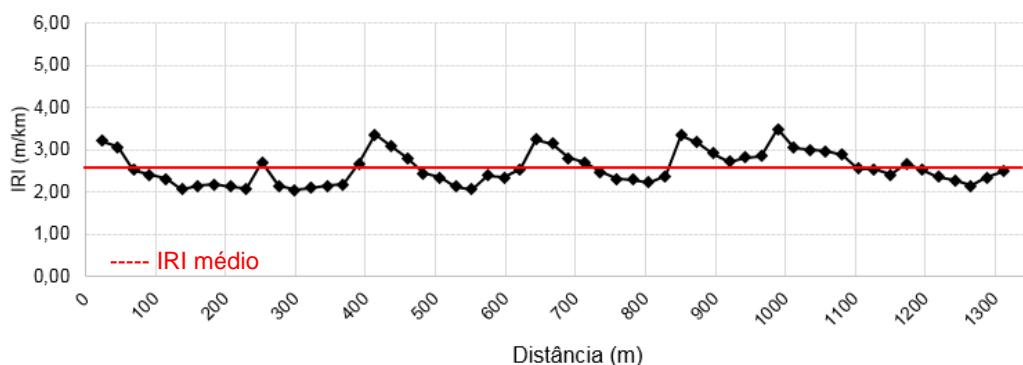
A avaliação da Rua Sebastião Menna Barreto, denominado como trecho 9-10, é a unificação dos dois sentidos da mesma via, ou seja, a seção 9 trata-se do sentido leste para oeste e a seção 10 o sentido oeste para leste. Esta via foi pavimentada recentemente e apresenta boa condição, o que fica evidenciado com a classificação dada pelo aplicativo. Os dois sentidos da via tiveram classificação com conceito bom e alguns segmentos tiveram a classificação excelente. Está apresentada nas Figuras 22 e 23 os perfis longitudinais das seções 9 e 10 respectivamente, bem como o valor do IRI médio de cada sentido da via.

Figura 22 – Perfil longitudinal seção 9



Fonte: Elaboração própria

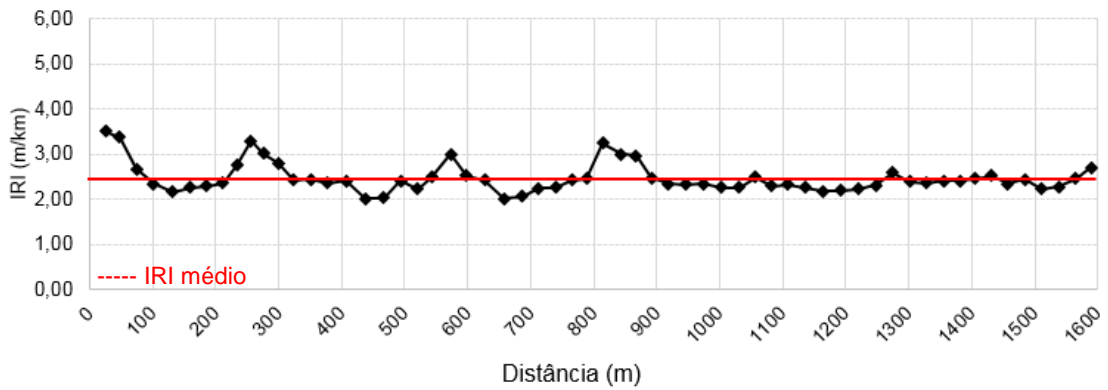
Figura 23 – Perfil longitudinal seção 10



Fonte: Elaboração própria

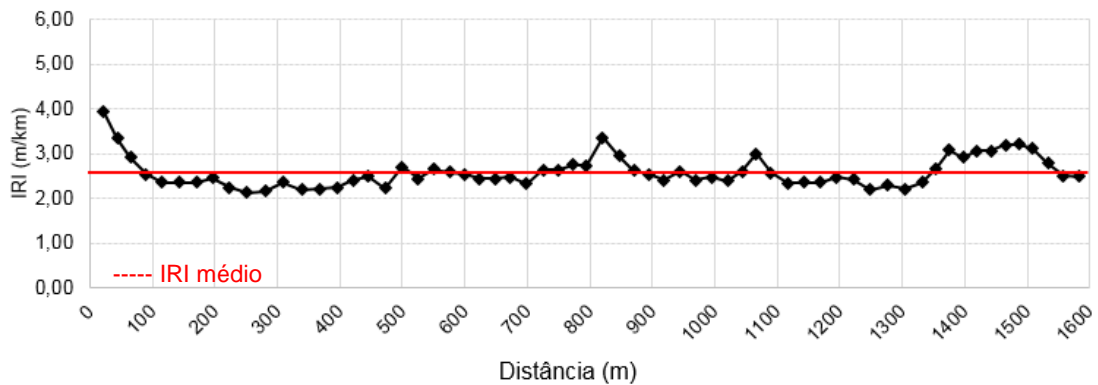
Observa-se que há uma diferença e aproximadamente 150 metros no comprimento avaliado entre a seção 9 e seção 10, que pode ter sido gerado pelo motivo da seção 9 ser o lado externo de uma curva que existe na via e somados a algumas diferenças no trajeto, porém, não houve impacto significativo na avaliação visto que o resultado final é padronizado em m/km. Na Figura 24 esta apresentada a

Figura 25 – Perfil longitudinal seção 11, sentido leste para oeste



Fonte: Elaboração própria

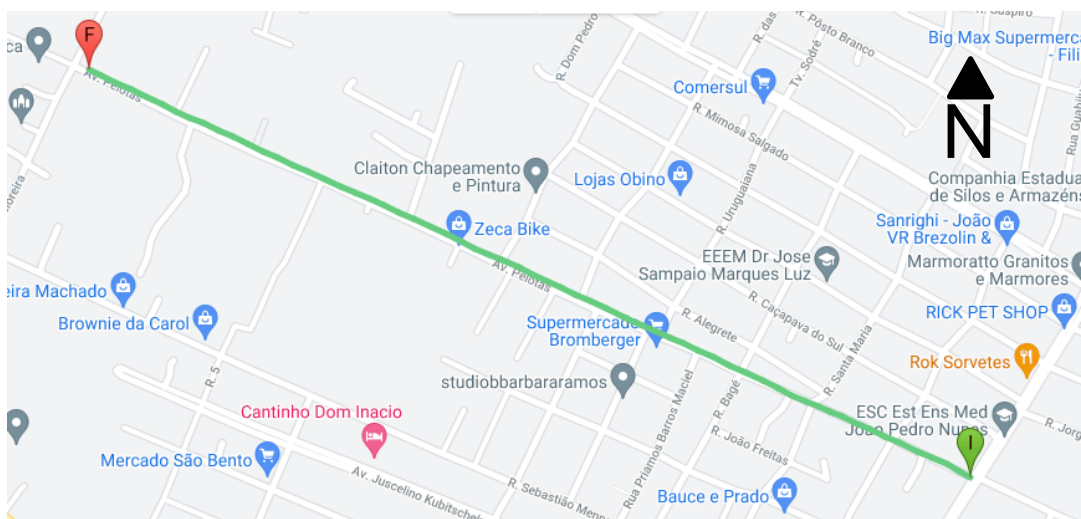
Figura 26 – Perfil longitudinal seção 12, sentido oeste para leste



Fonte: Elaboração própria

Na Figura 27 é mostrada a visão geral do trecho 11-12 sendo exposto na linha verde a avaliação apenas da seção 11.

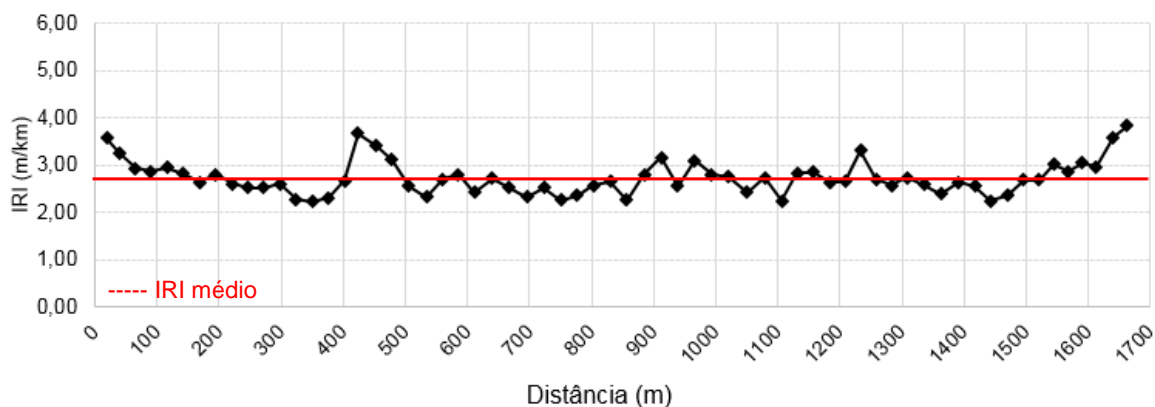
Figura 27 – Visão geral do trecho 11-12 e avaliação da seção 11



Fonte: Elaboração própria

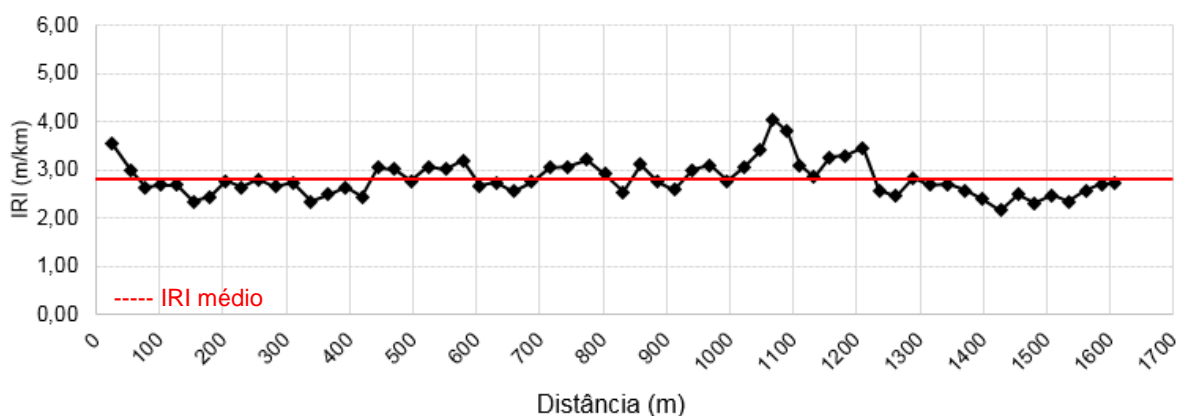
As seções 13 e 14 pertencentes aos dois sentidos de deslocamento de veículos da Rua Francisco Hermenegildo apresentaram avaliação com conceito bom em quase toda sua extensão, já que da seção 14 apresentou um pequeno segmento com conceito regular. Assim a seção 13 teve conceito bom em sua totalidade e IRI médio de 2,73 m/km, já a seção 14 teve 98,75% dentro do conceito bom e 1,25% com conceito regular, apresentando IRI médio de 2,82 m/km, vale ressaltar que esse resultado de conceito regular se deve a existência de uma ondulação transversal no segmento da seção. Somadas, as seções 13 e 14 possuem extensão de 3271 metros, sendo apresentados nas Figuras 28 e 29 os perfis longitudinais das seções 13 e 14 respectivamente.

Figura 28 – Perfil longitudinal seção 13



Fonte: Elaboração própria

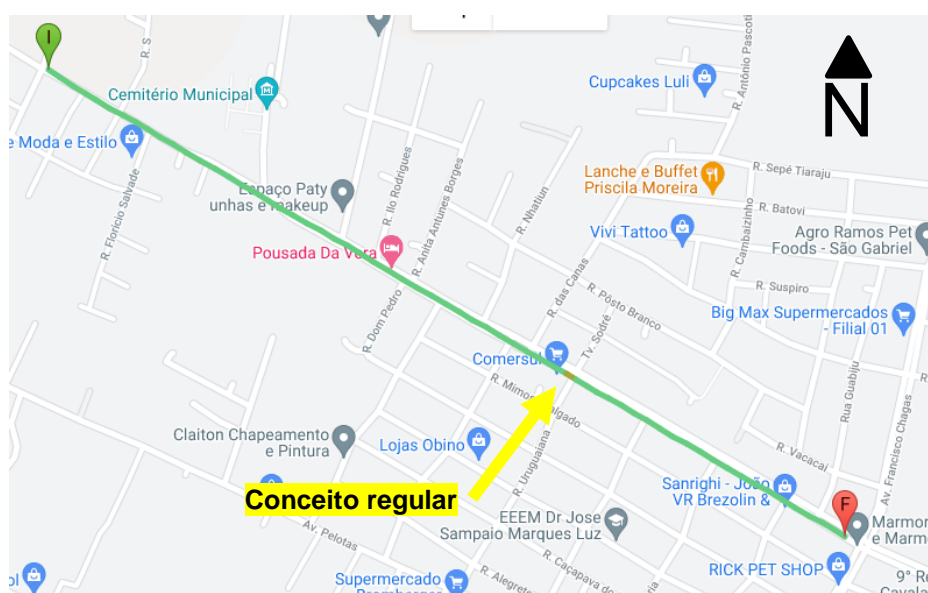
Figura 29 – Perfil longitudinal seção 14



Fonte: Elaboração própria

Na Figura 30 está demonstrada a vista geral da Rua Francisco Hermenegildo, sendo exposto na linha avaliação apenas análise da seção 14 e ainda a indicação do ponto que houve avaliação com conceito regular.

Figura 30 – Vista geral das seções 13 e 14 e avaliação da seção 14



Fonte: Elaboração própria

Na avaliação obtida pelo aplicativo SmartIRI, a Avenida Presidentes Vargas obteve classificação de conceito bom nos dois sentidos da via ficando 100% dentro deste conceito, a via tem pavimento antigo, porém seu estado de conservação é bom, assim, não oferece dificuldade de deslocamentos aos usuários. As seções 15 e 16 correspondem aos dois sentidos da via e somadas tem comprimento total de 2164 metros, e obtiveram IRI médio de 3,01 m/km e 3,10 m/km respectivamente. Na Figura 31 mostrada a vista geral das seções 15 e 16, sendo que esta via tem grande fluxo de veículos, pois liga vários bairros ao centro da cidade, porém, devido sua importância, um tratamento superficial, como um micro revestimento, seria indicado para o aumento da vida útil da via.

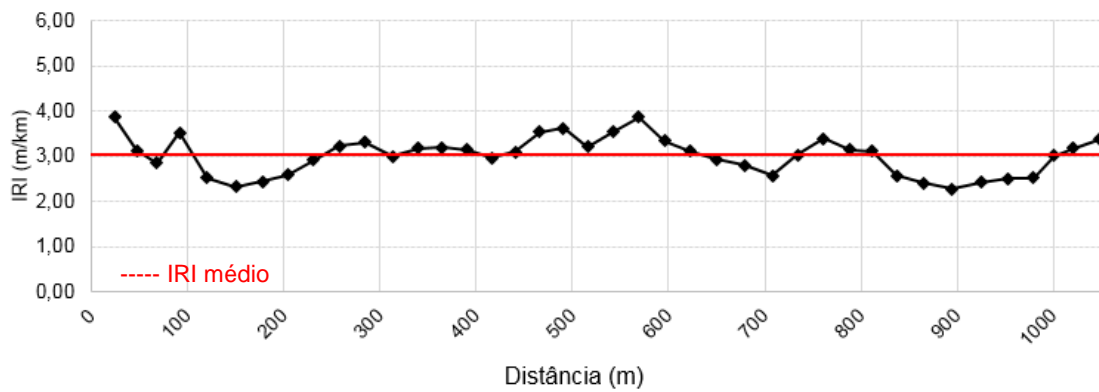
Figura 31 – Vista geral das seções 15 e 16 e avaliação da seção 16



Fonte: Elaboração própria

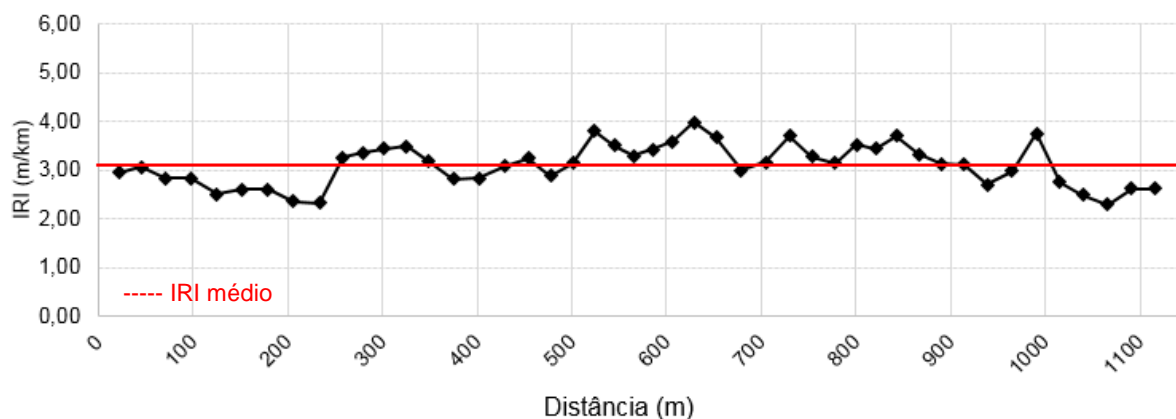
Os perfis longitudinais das seções 15 e 16 estão apresentados nas Figuras 32 e 33 respectivamente, bem como o IRI médio obtido em cada seção assinalado pela linha horizontal em vermelho.

Figura 32 – Perfil longitudinal seção 15



Fonte: Elaboração própria

Figura 33 – Perfil longitudinal seção 16



Fonte: Elaboração própria

Os resultados obtidos na avaliação da rua Barão do Cambay foram diferentes entre si, visto que a seção 17 que representa um sentido da via, com extensão de 1229 metros, obteve classificação com conceito bom e IRI médio de 2,90 m/km, já no outro sentido, pela primeira vez obteve-se uma avaliação com conceito ruim, sendo encontrado IRI médio local de 6,16 m/km em um segmento de 30 metros de um total de 1229 metros avaliados. Em termos de porcentagem a seção 18, teve avaliação de conceito bom em 72%, 26% classificação regular e 2% de classificação ruim.

O segmento da seção 18 que teve avaliação ruim, está localizado em um cruzamento que tem conversões em todo os sentidos, alto fluxo de veículos e ainda está posicionado entre duas escolas, assim gerando inúmeros processos de frenagem e aceleração. Este segmento apresenta buracos, ondulações e segregação de materiais, defeitos estes que podem ser observados na Figura 34.

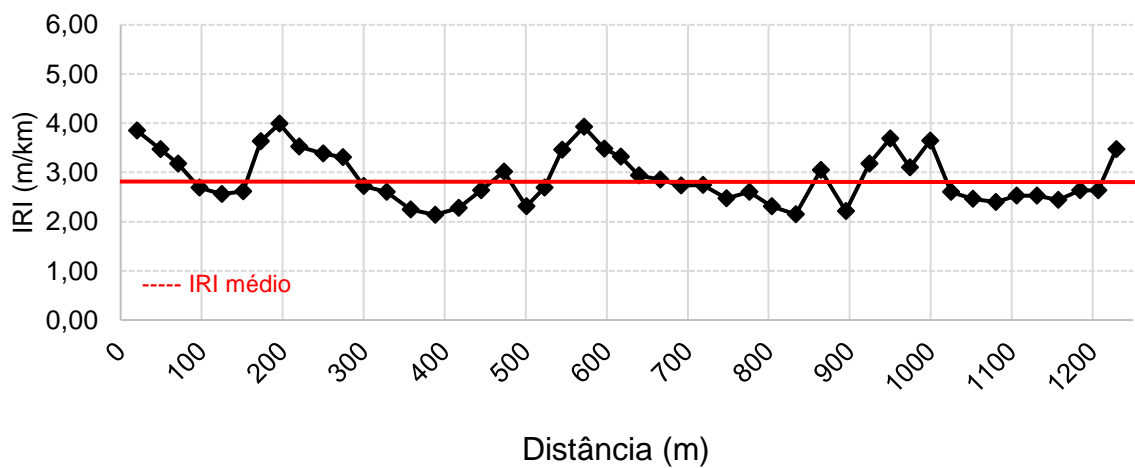
Figura 34 – Ponto crítico Rua Barão do Cambay



Fonte: Elaboração própria

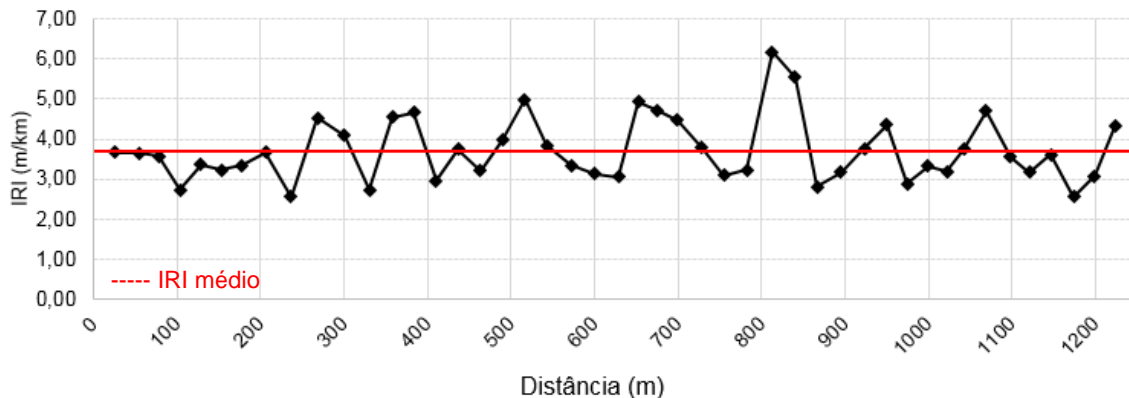
Nas Figuras 35 e 36 estão apresentados os perfis longitudinais das duas seções que compõem a Rua Barão do Cambay.

Figura 35 – Perfil longitudinal seção 17



Fonte: Elaboração própria

Figura 36 – Perfil longitudinal seção 18



Fonte: Elaboração própria

Ao analisar a Figura 36 e observando as oscilações nos valores de IRI, recomenda-se um procedimento de reconstrução, sendo necessária a fresagem dos dois sentidos da via e posteriormente a pavimentação dos mesmos, sendo esta a melhor alternativa. Na Figura 37 é mostrada a vista global da seção 18, bem como a indicação do ponto mais crítico na avaliação dessa seção que recebeu ao conceito ruim na análise no IRI pelo aplicativo SmartIRI.

Figura 37 – Vista geral da seção 18

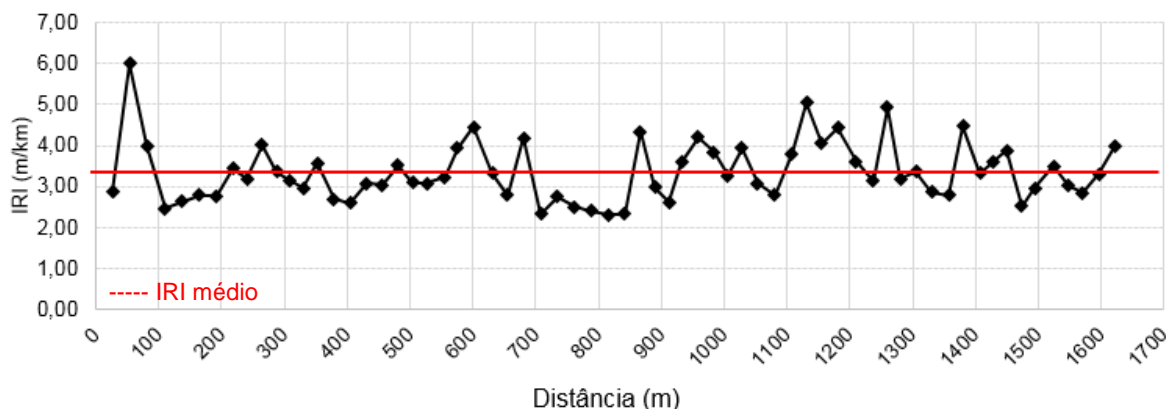


Fonte: Elaboração própria

Ainda sobre a avaliação da Rua Barão do Cambay, observa-se que a mesma é, em geral, a pior via avaliada se levado em conta o número de seguimentos de conceito regular e ruim em relação ao comprimento da via.

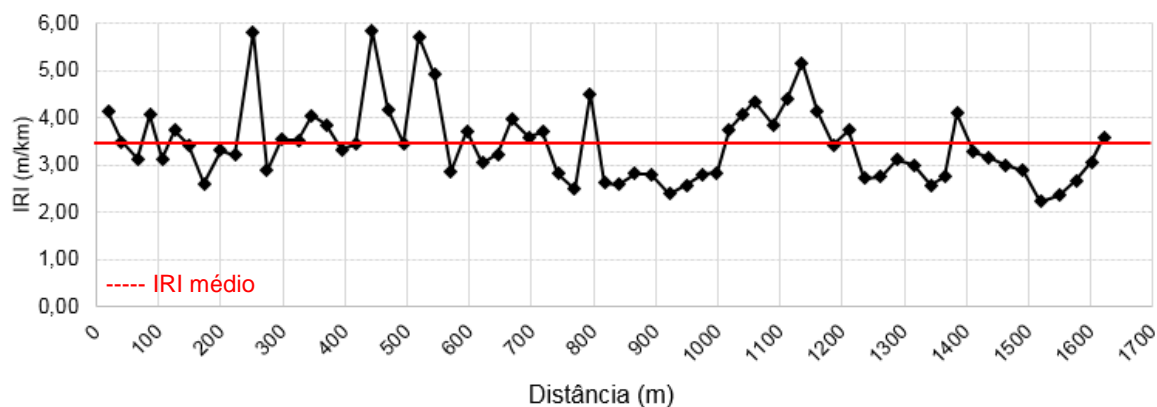
Na avaliação das duas últimas seções em estudo, referente a Rua Mauricio Cardoso, os resultados obtidos apontaram algumas irregularidades na via, em ambos sentidos de rolamento conforme pode ser observado nas Figuras 38 e 39 respectivamente os perfis das seções 19 e 20.

Figura 38 – Perfil longitudinal seção 19



Fonte: Elaboração própria

Figura 39 – Perfil longitudinal seção 20



Fonte: Elaboração própria

Assim como a Rua Barão do Cambay, a Rua Maurício Cardoso apresentou também um desempenho bem abaixo das demais seções avaliadas, a seção 19 teve 83,29% da sua extensão classificada com conceito bom e IRI médio de 3,11m/km e 16,71% com conceito regular. Já a seção 20 teve resultados ainda piores, obtendo classificação de conceito bom 78,59% do total da seção avaliada, e classificação de conceito regular 21,41% da extensão total analisada. Acredita-se que esses resultados tiveram influência direta das depressões que existem nos cruzamentos com outras vias, essas depressões servem para escoamento de água da chuva e também devido as intervenções feitas na via conforme é apresentado nas Figura 40.

Figura 40 – Rua Maurício Cardoso



Fonte: Elaboração própria

No total da Rua Maurício Cardoso foram avaliados 3222 metros, a vista geral da seção avaliada está apresentada na Figura 41, também é possível observar o grande número de pontos de conceito irregular na via, pontos estes que contribuíram para que o IRI médio fosse alto.

Figura 41 – Vista da seção 20 e avaliação da seção 20



Fonte: Elaboração própria

Para finalizar a análise das seções são apresentados os resultados de IRI obtidos pelo aplicativo SmartIRI, assim foi possível ter uma visão geral do grau de integridade das vias avaliadas, onde foram somados os comprimentos de cada seção das vias de acordo com a classificação dada pelo próprio aplicativo. Na Tabela 6 estão apresentados os comprimentos com as suas respectivas classificações e valores médios de IRI.

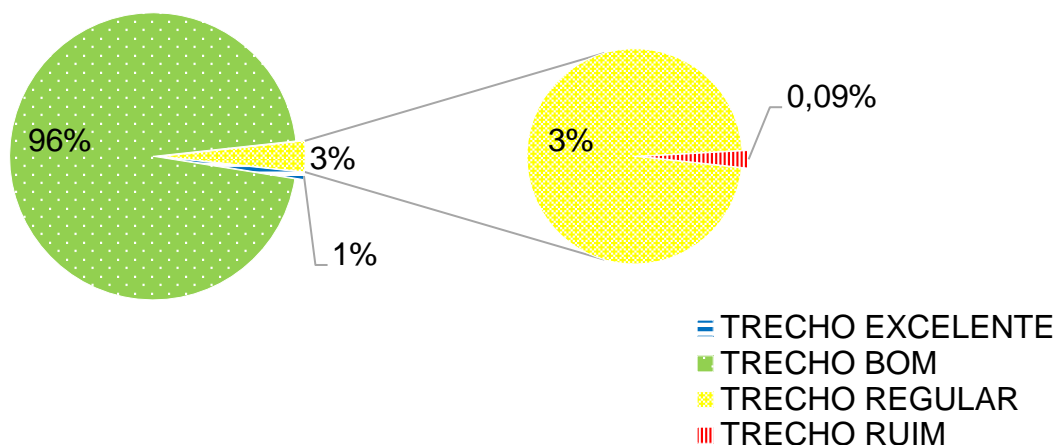
Tabela 6 – Classificação global das seções avaliadas e o IRI médio

CLASSIFICAÇÃO	COMPRIMENTO (m)	IRI MEDIO (m/km)
EXCELENTE	265,00	1,95
BOM	32087,00	2,81
REGULAR	1121,00	4,16
RUIM	30,00	6,16

Fonte: Elaboração própria

Foram avaliados um total de 33503,00 metros. Na Figura 42 estão apresentados em porcentagem o que cada classificação representa no total da avaliação.

Figura 42 – Incidência dos conceitos de IRI



Fonte: Elaboração própria

De acordo com a Figura 42 pode-se observar que, em geral as vias avaliadas estão em condições boas, visto que esta classificação representa 96% do total avaliado, já a classificação tida como ruim tem apenas 0,09% do total avaliado, para as outras duas classificações, regular e excelente tem-se os valores de 3% e 1% respectivamente. A partir destes resultados podem ser recomendadas ações de manutenções preventivas e de reabilitação do seguimento da seção classificado como ruim.

4.2 Resultados da avaliação de Serventia

O segundo método de levantamento de dados para avaliação das vias foi o método de serventia, esta avaliação foi feita com cinco avaliadores, conhecedores dos procedimentos, com o mesmo veículo anteriormente utilizado para a avaliação de IRI e fazendo a mesma sequência de avaliação realizada pelo primeiro método.

Na Tabela 7 é mostrada o VSA médio das notas atribuídas pelos avaliadores durante o levantamento de cada seção, bem como os conceitos de serventia e seus respectivos comprimentos.

Tabela 7 – VSA das seções avaliadas

Seção	Comprimento (m)	VSA	Conceito
1	1442	2,88	Regular
2	2815	3,88	Bom
3	1533	3,95	Bom
4	1518	2,93	Regular
5	2111	2,70	Regular
6	2408	2,18	Regular
7	2328	2,00	Ruim
8	2129	3,18	Bom
9	1461	4,13	Ótimo
10	1456	3,95	Bom
11	1589	4,13	Ótimo
12	1583	3,83	Bom
13	1663	1,93	Ruim
14	1608	1,58	Ruim
15	1048	2,43	Regular
16	1116	1,35	Ruim
17	1229	2,73	Regular
18	1223	1,43	Ruim
19	1621	1,85	Ruim
20	1622	1,63	Ruim

Fonte: Elaboração própria

Os conceitos obtidos pela avaliação do VSA tiveram uma distribuição mais significativa em comparação a avaliação do IRI, seus valores foram mais bem distribuídos entre os conceitos. Entende-se que esses valores foram atribuídos as vias, porque a avaliação do VSA é mais sensível as irregularidades da via, ao ruído gerado pelas rodas do veículo ou até mesmo por algum desconforto visual causado aos avaliadores. A distribuição dos conceitos atribuídos pelo VSA está apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 – Incidência dos níveis de serventia no total avaliado

Conceito	Comp. (m)	%
Péssimo	0	0%
Ruim	11181	33%
Regular	9756	29%
Bom	9516	28%
Ótimo	3050	10%

Fonte: Elaboração própria

4.3 Correlação entre resultados do SmartIRI e de VSA

Neste tópico serão discutidos de forma comparativa os conceitos atribuídos pelos dois métodos de avaliação utilizados neste trabalho. Tal comparação tem por finalidade validar ou não o uso do aplicativo SmartIRI como método de priorização de vias para manutenção e reabilitação.

Na Tabela 9 está apresentada classificação atribuída as seções avaliadas, apresentados com valores médios de IRI e VSA.

Tabela 9 – Relação de conceitos

Seções	IRI médio (m/km)	VSA	Classificação VSA	Classificação IRI
1	2,95	2,88	Regular	Bom
2	2,67	3,88	Bom	Bom
3	2,78	3,95	Bom	Bom
4	2,83	2,93	Regular	Bom
5	2,72	2,70	Regular	Bom
6	2,67	2,18	Regular	Bom
7	2,64	2,00	Ruim	Bom
8	2,73	3,18	Bom	Bom
9	2,50	4,13	Ótimo	Bom
10	2,57	3,95	Bom	Bom
11	2,47	4,13	Ótimo	Bom
12	2,59	3,83	Bom	Bom
13	2,74	1,93	Ruim	Bom
14	2,82	1,58	Ruim	Bom
15	3,02	2,43	Regular	Bom
16	3,10	1,35	Ruim	Bom
17	2,90	2,73	Regular	Bom
18	3,45	1,43	Ruim	Bom
19	3,35	1,85	Ruim	Bom
20	3,71	1,63	Ruim	Bom

Fonte: Elaboração própria

Observa-se que a avaliação do VSA teve resultados mais distribuídos entre os conceitos, já a classificação dada pelo aplicativo SmartIRI ficou em sua grande maioria no conceito bom. Tal discrepância entre classificações de algumas seções, como a seção 16 por exemplo, pode ter sido ocasionado por alguma mudança de trajeto ou alguma intervenção na via que possa ter ocorrido entre os dias das avaliações. Tal comparação não contou com a unificação de seções, anteriormente usada na classificação de IRI, pois as seções tiveram início e fim nas mesmas posições tanto para o IRI, quanto para o VSA.

4.4 Níveis de prioridade para ações de M&R

A seguir serão elencadas as ruas em ordem de decrescente quanto a prioridade de manutenção ou reabilitação baseadas nos valores de IRI obtidos via *smartphone*, conforme é mostrado na Tabela 10.

Tabela 10 – Ordem de prioridade de manutenção IRI

Seção	Logradouro	IRI médio (m/km)	Classificação IRI
20	Rua Maurício Cardoso	3,71	Bom
18	Rua Barão do Cambay	3,45	Bom
19	Rua Maurício Cardoso	3,35	Bom
16	Av. Presidente Vargas	3,10	Bom
15	Av. Presidente Vargas	3,05	Bom
1	Av. Antônio Trilha	2,95	Bom
17	Rua Barão do Cambay	2,90	Bom
4	Rua Celestino Cavaleiro/Antônio Trilha	2,83	Bom
14	Rua Francisco Hermenegildo	2,82	Bom
3	Rua Alfredo Bento Pereira/Celestino Cavaleiro	2,78	Bom
13	Rua Francisco Hermenegildo	2,74	Bom
8	Rua Francisco Chagas	2,73	Bom
5	Rua Francisco Chagas	2,72	Bom
2	Rua Tristão Pinto/Antônio Mercado	2,67	Bom
6	Rua Francisco Chagas	2,67	Bom
7	Rua Francisco Chagas	2,64	Bom
12	Rua Pelotas	2,59	Bom
10	Rua Sebastião Menna Barreto	2,57	Bom
9	Rua Sebastião Menna Barreto	2,50	Bom
11	Rua Pelotas	2,47	Bom

Fonte: Elaboração própria

Ao analisar a ordem de prioridade gerada a partir dos valores médios de IRI, entende-se que, as vias que tem maior necessidade de manutenção refletem a real priorização de manutenção ou reabilitação, uma vez que são vias de grande fluxo de veículos, ruas próximas a escolas e centros comerciais. Apenas a Av. Antônio Trilha não apresentou um resultado mais condizente com a situação da via, a mesma tem pavimento com pelo menos 10 anos de construção e não sofreu nenhuma intervenção de grande porte neste tempo, acredita-se que por esse motivo a via deveria estar com a prioridade maior.

De maneira geral as vias que o IRI ficou com valor acima de 3 m/km, o ideal é que as vias sofram o processo de fresagem e pavimentação nova, assim melhorando o conceito da via. Já as vias com conceitos melhores o mais indicado seria o uso de tratamentos superficiais, como selagem de fissuras com emulsão asfáltica ou microrevestimento nas vias com maior degradação.

Na classificação de prioridade de acordo com o VSA houve mudanças em relação a avaliação anterior, essas mudanças não foram tão significativas pois as mesmas vias estão nas primeiras colocações na lista de prioridade baseado no IRI. Na Tabela 11 está apresentada a lista de prioridade de manutenção baseada no valor de VSA.

Tabela 11 – Ordem de prioridade de manutenção VSA

Seção	Logradouro	VSA médio	Conceito
16	Av. Presidente Vargas	1,35	Ruim
18	Rua Barão do Cambay	1,43	Ruim
14	Rua Francisco Hermenegildo	1,58	Ruim
20	Rua Maurício Cardoso	1,63	Ruim
19	Rua Maurício Cardoso	1,85	Ruim
13	Rua Francisco Hermenegildo	1,93	Ruim
7	Rua Francisco Chagas	2,00	Regular
6	Rua Francisco Chagas	2,18	Regular
15	Av. Presidente Vargas	2,43	Regular
5	Rua Francisco Chagas	2,70	Regular
17	Rua Barão do Cambay	2,73	Regular
1	Av. Antônio Trilha	2,88	Regular
4	Rua Celestino Cavalheiro/Antônio Trilha	2,93	Regular
8	Rua Francisco Chagas	3,18	Bom
12	Rua Pelotas	3,83	Bom
2	Rua Tristão Pinto/Antônio Mercado	3,88	Bom

Continua

Seção	Logradouro	VSA médio	Conceito
3	Rua Alfredo Bento Pereira/Celestino Cavalheiro	3,95	Bom
10	Rua Sebastião Menna Barreto	3,95	Bom
9	Rua Sebastião Menna Barreto	4,13	Ótimo
11	Rua Pelotas	4,13	Ótimo

Conclusão

Fonte: Elaboração própria

Na Tabela 12 está mostrado lado a lado e em ordem numérica da seção a sua colocação em relação aos conceitos atribuídos pelas avaliações de IRI e VSA, em que notasse que houve uma igualdade entre 4 seções, em ambas avaliações estas seções ficaram na mesma posição de prioridade (seções grifadas). Já para as demais seções houve diferenças maiores, porém não com variações tão significativas, apenas algumas seções tiveram modificações maiores, com as seções 6,12, 15 e 17 que tiveram variação de mais de cinco posições.

Tabela 12- Comparativo de prioridade

Seção	Logradouro	IRI ordem de Prioridade	VSA ordem de Prioridade
1	Av. Antônio Trilha	6	12
2	Rua Tristão Pinto/Antônio Mercado	14	16
3	Rua Alfredo Bento Pereira/Celestino Cavalheiro	10	17
4	Rua Celestino Cavalheiro/Antônio Trilha	8	13
5	Rua Francisco Chagas	13	10
6	Rua Francisco Chagas	15	8
7	Rua Francisco Chagas	16	7
8	Rua Francisco Chagas	12	14
9	Rua Sebastião Menna Barreto	19	19
10	Rua Sebastião Menna Barreto	18	18
11	Rua Pelotas	20	20
12	Rua Pelotas	17	15
13	Rua Francisco Hermenegildo	11	6
14	Rua Francisco Hermenegildo	9	3
15	Av. Presidente Vargas	5	9
16	Av. Presidente Vargas	4	1
17	Rua Barão do Cambay	7	11
18	Rua Barão do Cambay	2	2
19	Rua Maurício Cardoso	3	5
20	Rua Maurício Cardoso	1	4

Fonte: Elaboração própria

Pode-se então afirmar que as listas de prioridades baseada no valor do IRI e VSA podem servir de base para tomadas de decisão acerca de manutenção e reabilitação de pavimentos flexíveis. Quaisquer uma das listas pode ser utilizada, sem nenhuma alteração, tendo em vista que, as vias que tem maior prioridade são vias de grande importância no município, ligando vários locais entre centro e bairros e sua manutenção melhoraria muito a mobilidade urbana.

5 CONCLUSÕES

Com a ideia principal definida nas etapas iniciais deste trabalho, entende-se que os objetivos específicos foram alcançados, tendo em vista que é possível realizar a avaliação funcional de pavimentos flexíveis com o auxílio de *smartphone*.

Os resultados obtidos nesta pesquisa apontaram que a malha viária avaliada em sua maioria estava em boas condições no momento do levantamento feito com o aplicativo SmartIRI, este conceito de boa qualidade está presente em 96% da malha. Já no que diz respeito ao VSA esse valor caiu consideravelmente ficando em 28%.

Apenas com os resultados da avaliação auxiliada pelo SmartIRI já seria possível determinar as vias que necessitavam de reparos, porém se fazia necessária a comparação com outro tipo de avaliação, e nesta comparação foi observado que o aplicativo tem algumas limitações para seu uso dentro de perímetros urbanos, tais como velocidade de operação e criar um perfil longitudinal muito estreito, limitado apenas ao ponto de contato das rodas do veículo com o pavimento. Então caso houvesse alguma patologia que não fosse tocada pelas rodas do veículo, por sua vez os sensores do *smartphone* não a detectariam, logo a avaliação da seção é errônea.

Contudo, o aplicativo tem outros pontos positivos a serem considerados, pois as irregularidades por ele apontadas são facilmente localizadas graças ao sistema de georreferenciamento que determina de forma muito precisa o local da patologia, com a geração de arquivos bem detalhados e com muita informação capaz de auxiliar na gerência dos pavimentos.

Já para avaliação de serventia realizado neste trabalho acredita-se que as notas dadas pelos avaliadores representem mais a realidade das vias, já que a avaliação é composta também por fatores visuais.

As vias com maior prioridade de manutenção devem receber serviços de maior impacto, tais como fresagem, verificação se há necessidade de algum reforço de base ou sub-base, serviços de drenagem e pavimentação.

Quanto a usabilidade do *smartphone* para estes fins, entende-se que trará grande contribuição aos órgãos responsáveis pela manutenção dos pavimentos. Logicamente que deverão ser feitos novos estudos e novas configurações de leitura, a fim de aprimorar o aplicativo para que seu uso em cidades seja mais consolidado, alguns desses novos estudos então apresentado no último tópico deste trabalho.

Por fim, conclui-se que a pesquisa contribuiu de forma muito proveitosa para a criação da cultura de gerência de pavimentos, pois tais procedimentos são de fácil aplicabilidade e com custo baixo, não pesando tanto nos orçamentos limitados dos municípios em geral.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

- a) Correlacionar os dados obtidos pelo SmartIRI com outros métodos de avaliação de qualidade dos pavimentos flexíveis;
- b) Avaliar as demais vias com pavimento flexível do município de São Gabriel que não foram inclusas neste estudo;
- c) Fazer uso do SmartIRI em outras faixas de velocidade, a fim de validar efetivamente seu uso em vias urbanas com baixa velocidade operacional;
- d) Fazer o uso do SmartIRI em veículo com suspensão rígida para eliminar o efeito de amortecimento dos veículos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. C. **APLICATIVO PARA SMARTPHONE DESTINADO À MEDIÇÃO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL EM RODOVIAS**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

BERTOLLO, S. A. M. **CONSIDERAÇÕES SOBRE A GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS EM NÍVEL DE REDE**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

BISCONSINI, D. R. **AVALIAÇÃO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DOS PAVIMENTOS COM DADOS COLETADOS POR SMARTPHONES**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

CARVALHO, P. H. F. C.; OLIVEIRA, F. H. L. DE; REIS, S. D. S. E. **IDENTIFICAÇÃO DE IRREGULARIDADES DE SUPERFÍCIE POR MEIO DE MACHINE LEARNING PARA SISTEMAS DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS**. 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET, Balneário Camboriú-SC, p. 1398–1401, 2019.

CERTIFIC NET - TREINAMENTOS, CAPACITAÇÃO E CERTIFICAÇÃO LTDA – **MANUAL DE UTILIZAÇÃO- SmartIRI-** Fortaleza- CE.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **PORQUE OS PAVIMENTOS DAS RODOVIAS DO BRASIL NÃO DURAM?** Brasília, CNT, 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **MANUAL DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS**. Rio de Janeiro, DNIT, 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **009/2003 - PRO: AVALIAÇÃO SUBJETIVA DA SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS- PROCEDIMENTO**. Rio de Janeiro, DNIT, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. - Rio de Janeiro, DNIT, 2006.

Fernandes JR *et al.*, **IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DINÂMICO DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS (SDGPU) EM CIDADE DE MÉDIO PORTE**, 2012.

FINN, F. **PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEMS- PAST, PRESENT, AND FUTURE, PUBLIC ROADS: 80 YEARS OLD, BUT THE BEST IS YET TO COME**, National Workshop on Pavement Management, New Orleans, Louisiana, 1997.

HAAS, R.; HUDSON, W.R.; ZANIEWISK, J. **MODERN PAVEMENT MANAGEMENT** Krieger Publishing Co. Malamar. Florida, 1994.

KULKARNI, R. B.; MILLER, R. W. **PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEMS: PAST, PRESENT, AND FUTURE.** *Research Record*, n. 1853, p. 65–71, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.3141/1853-08>

LIMA, J.P. **MODELO DE DECISÃO PARA A PRIORIZAÇÃO DE VIAS CANDIDATAS ÀS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS.** Tese (Doutorado) Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

MARTINS, L.D. **LEVANTAMENTO DA UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS NO BRASIL E ESTUDO DE CASO.** Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

SILVA, L. A. **SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS DO DER / SP.** Dissertação (Mestrado) - Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, Campinas, 2008.

TAVEIRA, J.C; INOUE, D. K.N.; MARQUES, J. R. F. **PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS EM VIAS URBANAS NO MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE- MATO GROSSO DO SUL.** Campo Grande, 2018.

ZANCHETTA, F. **SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS: AVALIAÇÃO DE CAMPO, MODELO DE DESEMPENHO E ANÁLISE ECONÔMICA.** Tese (Doutorado) Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

ANEXO A

Folha de avaliação do Valor de Serventia Atual sugerida pela NBR 009/2003 do DNIT.

NORMA DNIT 009/2003-PRO 5

Anexo A (normativo)
Ficha de avaliação de serventia

VSA - Valor de Serventia Atual	5	ÓTIMO	Conceito
	4	BOM	
	3	REGULAR	
	2	RUIM	
	1	PÉSSIMO	
0			

Podavia: _____

Observações: _____

Nº do Avaliador: _____

Data: ____/____/____

_____ Índice geral