

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DANIEL TEODORO DA COSTA SMANIOTTO

**ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE TRÁFEGO DA ESTRADA RURAL  
OT-311 SITUADA NO MUNICÍPIO DE TOLEDO - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO - PR

2018

DANIEL TEODORO DA COSTA SMANIOTTO

**ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE TRÁFEGO DA ESTRADA RURAL  
OT-311 SITUADA NO MUNICÍPIO DE TOLEDO - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. MSc. Renathielly Fernanda da Silva

TOLEDO - PR

2018



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 122

### **ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE TRÁFEGO DA ESTRADA RURAL OT-311 SITUADA NO MUNICÍPIO DE TOLEDO - PR**

por

**Daniel Teodoro da Costa Smaniotto**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 13:50 h do dia **12 de Junho de 2018** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

---

Prof Patrícia Cristina Steffen  
(UTFPR – TD)

---

Prof Dr. Elmagno Catarino Santos Silva  
(UTFPR – TD)

---

Prof MSc. Renathielly Fernanda da Silva  
(UTFPR – TD)  
Orientadora

---

Prof. Dr Fúlvio Natércio Feiber  
Coordenador da COECI

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, pelo suporte durante a realização deste trabalho.

Ao Governo Federal do Brasil, por investir no meu estudo e neste trabalho.

Às Professoras Patricia Casarotto e Renathielly Fernanda da Silva, que foram minhas orientadoras e me ajudaram na elaboração deste trabalho.

À banca de avaliação, que fizeram críticas construtivas visando melhorias no trabalho.

Aos meus amigos Roberto, José Felipe e Isabelle, que auxiliaram na coleta de dados na via estudada.

## RESUMO

SMANIOTTO, Daniel Teodoro da Costa. **Análise das condições de tráfego da estrada rural OT-311 situada no município de Toledo – PR.** 2017, 57 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Toledo-PR, 2018.

Entre uma série de exemplos de infraestrutura de essencial relevância para o avanço sócio econômico de uma região, estão presentes as estradas rurais, as quais encontram-se muitas vezes em precárias condições de uso no Brasil. Sendo assim, o presente trabalho tem a intenção de examinar as condições de tráfego de uma via rural situada em Toledo, no estado do Paraná. O método utilizado para a avaliação do trecho não pavimentado proposto foi o apresentado por Baesso e Gonçalves (2003) e para o trecho pavimentado seguiu-se as Normas do DNIT 006/2003 – Procedimento. A determinação do estado da superfície de rolamento das vias foi feito através da análise das patologias superficiais na rodovia e na avaliação da gravidade das mesmas. Nesse trabalho foi realizado a avaliação da trafegabilidade da estrada rural que liga a área urbana de Toledo-PR ao distrito de Boa Vista, e teve como resultado, em ambos trechos avaliados, a classificação Regular.

**Palavras-Chave:** Infraestrutura. Pavimentação. Patologias em pavimentação.

## **ABSTRACT**

SMANIOTTO, Daniel Teodoro da Costa. Traffic conditions analysis of the rural road OT-311 located at Toledo – PR. 2017, 57 p. Final Project of Civil Engineering Graduation - Federal Technological University of Paraná - UTFPR. Toledo-PR, 2018.

Rural road is a example of essential relevance infrastructure for the socioeconomic advancement, which are often in precarious conditions of use in Brazil. Therefore, the present project analyses the traffic conditions of a rural road located in Toledo, Paraná. The method used for the evaluation of the proposed unpaved stretch is the one presented by Baesso and Gonçalves (2003), and for the paved section, the method used is DNIT 006/2003 - Procedure and 005/2003 - Terminology. The road surfasse condition was determined by the analysis of the surface pathologies on the highway and the evaluation of their severity. In this work, it was done the diagnosis of the rural road trafficability that connects the urban area of Toledo-PR to the Boa Vista district, resulting in the Regular classification in both evaluated sections.

**Key words:** Infrastructure. Paving. Pavements pathologies.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação do grau de gravidade de buracos.....	19
Tabela 2 - Coeficiente para correção de unidades métricas .....	27
Tabela 3 - Fator de Ponderação.....	39
Tabela 4 - Classificação do Pavimento .....	40
Tabela 5 - Localização das unidades simples.....	43
Tabela 6 - Dimensões das unidades simples .....	43
Tabela 7 - Quantidade de defeitos.....	44
Tabela 8 - Densidades .....	44
Tabela 9 - Nível de severidade .....	45
Tabela 10 - Valores dedutíveis.....	45
Tabela 11 - Valores dedutíveis totais e ICRNP de cada US.....	46
Tabela 12 - Frequência relativa e Índice de gravidade individual.....	47

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Níveis de severidade da drenagem imprópria.....	18
Figura 2 - Níveis de severidade de buracos.....	19
Figura 3 - Exemplo de buraco.....	19
Figura 4 - Exemplo de material desagregado na via.....	20
Figura 5 - Níveis de severidade de materiais desagregados.....	21
Figura 6 - Níveis de severidade da seção transversal imprópria.....	22
Figura 7 - Exemplo de seção transversal inadequada – calha.....	22
Figura 8 - Exemplo de seção transversal inadequada – abaulada.....	22
Figura 9 - Exemplo de seção transversal inadequada – mista.....	22
Figura 10 - Exemplo de corrugação na via.....	23
Figura 11 - Níveis de severidade da corrugação.....	24
Figura 12 - Níveis de severidade do excesso de poeira.....	25
Figura 13 - Exemplo de excesso de poeira na via.....	26
Figura 14 - Exemplo de trilhas de roda.....	26
Figura 15 - Nível de severidade da trilha de roda.....	27
Figura 16 - Valores dedutíveis para seção transversal imprópria.....	28
Figura 17 - Valores dedutíveis para drenagem inadequada.....	28
Figura 18 - Valores dedutíveis para enrugamento.....	28
Figura 19 - Valores dedutíveis para buracos.....	29
Figura 20 - Valores dedutíveis para trilha de roda.....	29
Figura 21 - Valores dedutíveis para perda de agregados.....	29
Figura 22 - ICRNP em função dos valores dedutíveis totais.....	30
Figura 23 - Classificação do ICRNP.....	30
Figura 24 - Trinca longitudinal curta (TLC).....	32
Figura 25 - Trinca longitudinal longa (TLL).....	32
Figura 26 - Trinca de retração (TRR).....	33
Figura 27 - Trincas de bloco com erosão (TBE).....	33
Figura 28 - Trincas de bloco (TB).....	33
Figura 29 - Couro de jacaré com erosão (JE).....	34
Figura 30 - Couro de jacaré (J).....	34
Figura 31 - Afundamento (A).....	35
Figura 32 - Corrugação/ondulação (O).....	35
Figura 33 - Exsudação (EX).....	36
Figura 34 - Desgaste ou desagregação (D).....	36
Figura 35 - Panelas (P).....	37
Figura 36 - Remendos (R).....	37
Figura 37 - Escorregamento (E).....	38
Figura 38 - Localização da estrada OT-311. (a) Imagem de satélite do local de estudo. (b) Localização no mapa de Toledo. (c) Detalhe da estrada OT-311 na malha viária de Toledo.....	41
Figura 39 - Exsudação em trecho pavimentado.....	48
Figura 40 - Desgaste/desagregação em trecho pavimentado.....	49
Figura 41 - Depressão em trecho não pavimentado.....	50
Figura 42 - Indícios de drenagem imprópria em trecho não pavimentado.....	50
Figura 43 - Couro de jacaré com erosão em trecho pavimentado.....	51



# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>1.1 Objetivos</b> .....	12
<i>1.1.1 Objetivo Geral</i> .....	12
<i>1.1.2 Objetivos Específicos</i> .....	12
<b>1.2 Justificativa</b> .....	12
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
<b>2.1 Estradas rurais</b> .....	13
<b>2.2 Condições indesejadas para estradas</b> .....	14
<b>2.3 Manutenção</b> .....	15
<b>2.4 Análise de Patologias em Estradas</b> .....	16
<i>2.4.1 Método do índice de condição da rodovia não pavimentada (ICRNP)</i> .....	16
<i>2.4.1.1 Unidade Simples</i> .....	16
<i>2.4.1.2 Patologias em estradas não pavimentadas</i> .....	16
<i>2.4.1.2.1 Drenagem imprópria</i> .....	16
<i>2.4.1.2.2 Buracos</i> .....	18
<i>2.4.1.2.3 Material Desagregado</i> .....	20
<i>2.4.1.2.4 Seção Transversal Imprópria</i> .....	21
<i>2.4.1.2.5 Corrugação</i> .....	23
<i>2.4.1.2.6 Excesso de Poeira</i> .....	24
<i>2.4.1.2.7 Trilhas de Rodas</i> .....	26
<i>2.4.1.3 Cálculo do ICRNP</i> .....	27
<i>2.4.1.4 Análise do ICRNP</i> .....	30
<i>2.4.2 Método de Avaliação de Rodovias Asfaltadas – DNIT</i> .....	31
<i>2.4.2.1 Superfície de Avaliação</i> .....	31
<i>2.4.2.2 Patologias em estradas pavimentadas</i> .....	31
<i>2.4.2.2.1 Fendas</i> .....	31
<i>2.4.2.2.2 Afundamento</i> .....	34
<i>2.4.2.2.3 Corrugações e ondulações</i> .....	35
<i>2.4.2.2.4 Exsudação</i> .....	36
<i>2.4.2.2.5 Desgaste ou desagregação</i> .....	36
<i>2.4.2.2.6 Pannels</i> .....	37
<i>2.4.2.2.7 Remendos</i> .....	37
<i>2.4.2.2.8 Escorregamento</i> .....	38
<i>2.4.2.3 Cálculo do IGG</i> .....	38

2.4.2.4 <i>Análise do IGG</i> .....	40
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>41</b>
<b>3.1 Localização da estrada selecionado para o estudo</b> .....	<b>41</b>
<b>3.2 Roteiro para avaliação da estrada em estudo</b> .....	<b>42</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>43</b>
<b>4.1 Avaliação do índice de condição da rodovia não pavimentada</b> .....	<b>43</b>
<b>4.2 Avaliação de rodovias asfaltadas</b> .....	<b>46</b>
<b>4.3 Relatório fotográfico de patologias encontradas na área de avaliação</b> .....	<b>48</b>
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos requisitos para o desenvolvimento socioeconômico do Brasil, com o intuito de melhorar o bem social, é o acesso a infraestrutura apropriada para o funcionamento da atividade produtiva. Essa ideia propõe valorizar a grande influência das estradas para a produção, circulação e distribuição de bens referentes a economia.

Neste mesmo sentido, Josef Barat (2002) afirma que os países que conseguiram atingir o desenvolvimento de forma consistente e duradoura foram aqueles que souberam priorizar os investimentos em infraestrutura.

Estradas rurais representam uma grande parte da malha rodoviária em países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, onde a maioria dessas rodovias pertencem a rede municipal. A manutenção realizada nessas estradas acontece comumente sem a preocupação com as possíveis causas das patologias encontradas ao longo da via, mostrando-se assim não muito eficiente.

O Brasil continuará nessa realidade onde o sistema rodoviário representa a maior parte do transporte. Sendo assim, pode se dizer que é essencial a otimização de alternativas viáveis que diminuam os estreitamentos físicos ocorridos por causa das condições escassas em que se encontra o sistema rodoviário Brasileiro, os quais atingem diretamente a concorrência das exportações e da distribuição interna, sem contar que impedem o alargamento do mercado nacional (BARAT, 2002).

As estradas rurais, sob a jurisdição administrativa dos municípios, colaboram para o melhoramento socioeconômico de sua região pois são necessárias para o desenvolvimento da agricultura, a distribuição de alimentos, a provisão dos serviços de saúde e transporte de alunos. Desta forma este trabalho visa verificar o estado de conservação de vias rurais do município de Toledo – PR.

## **1.1 Objetivos**

### ***1.1.1 Objetivo Geral***

Analisar as condições de tráfego da estrada rural OT-311 situada no município de Toledo - PR

### ***1.1.2 Objetivos Específicos***

- Identificar as patologias existentes no trecho estudado;
- Indicar o nível de gravidade das patologias das vias não-pavimentadas;
- Classificar o estado de conservação da via de acordo com os métodos apresentados no trabalho.

## **1.2 Justificativa**

A análise das condições de uma via e a classificação dos seus defeitos, independentemente do tipo de construção da mesma, é fundamental para um bom gerenciamento, permitindo assim uma eficiência maior na tomada de decisão quanto aos recursos utilizados para manter a via em bom estado.

O setor agropecuário, um dos principais contribuintes do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, possui relação direta com estradas rurais por essa ser a conexão entre a produção realizada no meio rural, e a demanda, que se expande entre diversas cidades. Logo, a qualidade das estradas rurais é de grande interesse para sociedade, visto que más condições de tráfego significam mais custos para os produtores rurais, menos arrecadação de impostos e ainda maior gasto com obras de recuperação de estradas danificadas.

Com base nessa lógica apresentada, esse trabalho propõe reconhecer, analisar e apontar as principais patologias existentes em um trecho de via rural dentro do município de Toledo – PR, para assim fornecer material para órgãos responsáveis desse setor para melhor tomada de decisão quanto a necessidade de reparo da via, e conseqüentemente maior aproveitamento do escoamento da produção agrícola.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Estradas rurais

A definição de Rodovias Vicinais, também chamadas de Estradas Rurais, pode ser resumida como as que funcionalmente dedicam-se a encaminhar a produção para centros de armazenagem, consumo, comercialização, para um sistema viário de nível superior, e para garantir acesso rodoviário para núcleos populacionais desfavorecidos (MARIOTONI, 1987).

O Brasil, em meio entre muitos outros países, possui grande parte da malha rodoviária rural formada por estradas não pavimentadas, onde os mesmos ainda definem como vias destituídas de algum tipo de tratamento superficial, de cimento Portland ou betuminoso; com, na maioria das vezes, sua camada mais externa composta por solo local, e ocasionalmente misturada com agregado granular (ODA et al, 2001).

Ainda é válido o destaque que, sob um referencial geométrico, as vias rurais originam-se de trilhas ou caminhos já existentes, apresentando rampas com inclinações consideravelmente elevadas e curvas de raios menores que o padrão. (CARVALHO, 1992)

Estradas Rurais caracterizam-se como o principal instrumento de escoamento da produção agropecuária, e ainda, estas promovem acesso a serviços de saúde, educação e lazer disponíveis na cidade a população do campo. Esse fato mostra a importância de um estudo mais aprofundado na avaliação e na manutenção dessas estradas, uma vez que estas possuem um valor socioeconômico alto (ODA *et al*, 2001).

Henning (2006) cita em sua cartilha de métodos alternativos para estradas não pavimentadas, os itens a serem seguidos para um bom funcionamento da superfície das estradas rurais:

- **Manutenção do sistema de drenagem:** Eles consideram a manutenção do sistema de drenagem como o mais importante item, e ainda afirmam que essa medida deve ser feita como rotina, para que a deterioração da superfície e da estrutura da via seja minimizada. O sistema de drenagem deve ser limpo regularmente, retirando o excesso de material acumulado.

- **Utilização de material de qualidade:** Por material de qualidade, quis-se dizer utilizar o tipo de material apropriado para estradas, e algumas outras características como a classificação granulométrica da via rural.
- **Reformas:** Devem ser realizadas classificações periódicas e rotineiras a fim de garantir sempre uma viagem eficiente e segura para os usuários da via.
- **Substituição de camadas:** Também compreendido como um caso mais rigoroso de reforma da via. Essa operação implica em um rompimento proposital e adição de um material variado novo à via.
- **Reabastecimento de brita:** Considerada uma das mais importantes formas de manutenção periódica para estradas rurais. O reabastecimento de brita restaura tanto a qualidade de uso da via, quanto a capacidade de carga da mesma, proporcionando assim uma melhora significativa dependendo do estado da rodovia.
- **Controle de vegetação:** Engloba qualquer tipo de controle de grama, árvores ou qualquer tipo de vegetação de creşca nas encostas da via. Essa contenção da vegetação deve fazer parte de uma manutenção de rotina.

## 2.2 Condições indesejadas para estradas

É possível encontrar uma série de definições para condições indesejadas em vias não pavimentadas. Qualquer indício de irregularidade ou descontinuidade encontrado na superfície das estradas que influencie em seu visual, em sua capacidade estrutural, ou na movimentação de veículos é denominado como defeito na via (AUSTRADS, 1997).

Dentro das definições das Condições Indesejáveis ou Defeitos, há uma divisão organizada em níveis de gravidade, onde considera-se essa severidade como a dificuldade ou o volume de obstáculos que esse defeito gera ao tráfego da rodovia (DARONCHO, 2001).

Através do levantamento dos defeitos encontrados em campo, é realizada a Avaliação das Condições de Tráfego na superfície de uma via. Com a finalidade de utilização de um Sistema de Gerenciamento de vias, esse levantamento necessita de uma seleção dos principais defeitos encontrados em rodovias rurais, organizados com seus respectivos níveis e graus de severidade (NUNES, 2003).

## 2.3 Manutenção

A definição de manutenção pode ser entendida como uma série de obras realizada para diminuir as falhas da via e, como consequência, reduzir os custos de manutenção dos veículos, proporcionar uma viagem mais segura, confortável e rápida ao usuário, além de prolongar a vida útil da estrada (ROBERTS; ROBINSON, 1983; OECD, 1988; ODA, 1995).

Os principais objetivos das atividades de manutenção em uma via rural são: a preservação da estrada o mais próximo possível ao estado de quando a mesma foi construída, e garantir uma boa condição para o motorista através do controle das condições indesejadas na via (HENNING et al, 2006).

Para a implementação de projeto de manutenção rodoviária é necessário um planejamento cuja ação seja bem embasada na realidade do trecho, a fim de que suas metas sejam atingidas eficientemente, ou em outras palavras, com o melhor resultado utilizando o mínimo de recursos possível. Assim, deve-se considerar no planejamento, além das necessidades atuais da via, também as de um “futuro imediato”, sob uma visão do aumento populacional ou da expansão territorial, que podem requerer uma maximização do uso da malha rodoviária (NUNES, 2003).

Conforme o DER-SP (1987), a manutenção das estradas rurais pode ser dividida em três categorias diferentes em relação aos serviços:

- **Serviços de Emergência:** São aqueles serviços com fim de fazer o trânsito, já interrompido por algum motivo extra, voltar a fluir normalmente;
- **Serviços Rotineiros:** Uma série de serviços realizados, de frequência previamente planejada e variando em função da importância da via e da região onde a via está situada.
- **Serviços Especiais:** Definidos pela execução de obras de pequeno impacto, adicionais ao projeto inicial, sem interrupção do tráfego. Sua finalidade é ampliar as condições da via, por algum motivo especial, como por exemplo um aumento no fluxo de veículos na região.

As consequências da ausência de uma frequência de manutenção em qualquer tipo de rodovia, provoca um acréscimo no gasto operacional do transporte de passageiros e de bens, já que esse custo é fruto do preço do combustível, na necessidade de manutenção do veículo, e no decréscimo na vida útil desse mesmo veículo. Vias rurais podem

apresentar efeitos mais impactantes, uma vez que são mais frágeis aos efeitos destrutivos da natureza, implicando na necessidade de uma manutenção mais regular. Uma manutenção precária estende suas consequências além de custos operacionais, com impactos econômicos, sociais e culturais na região ao redor (NUNES, 2003).

## **2.4 Análise de Patologias em Estradas**

### ***2.4.1 Método do índice de condição da rodovia não pavimentada (ICRNP)***

O Índice de Condição da Rodovia não Pavimentada (ICRNP) é estabelecido através da análise dos níveis das patologias encontradas estrada, sendo estes: a drenagem imprópria, buracos, material desagregado, seção transversal imprópria, enrugamento, excesso de poeira, e trilhas de rodas.

#### *2.4.1.1 Unidade Simples*

Unidade Simples (US) atribui-se ao segmento de inspeção de campo de tamanho reduzido, cujas patologias estudadas irão representar o trecho em análise. Em vias não pavimentadas, a extensão da US varia entre 150 m<sup>2</sup> a 350<sup>2</sup>. Recomenda-se utilização de tal parâmetro com área de 250 m<sup>2</sup>, o que corresponde a 50 metros de pista para unidade simples. Para efeito de estudo, utiliza-se 2 US para cada 2 km da via analisada.

#### *2.4.1.2 Patologias em estradas não pavimentadas*

Nessa seção serão apresentadas as possíveis patologias encontradas em vias não pavimentadas e como determinar seu grau de severidade.

##### *2.4.1.2.1 Drenagem imprópria*

Alagamentos em rodovias são associados a uma má drenagem de água pluvial. Alguns indícios de uma drenagem má realizada em vias podem ser exemplificados como o início de erosão de dutos destinados a drenagem, acúmulo de água, e também a movimentação de água no sentido da pista (NUNES, 2003).

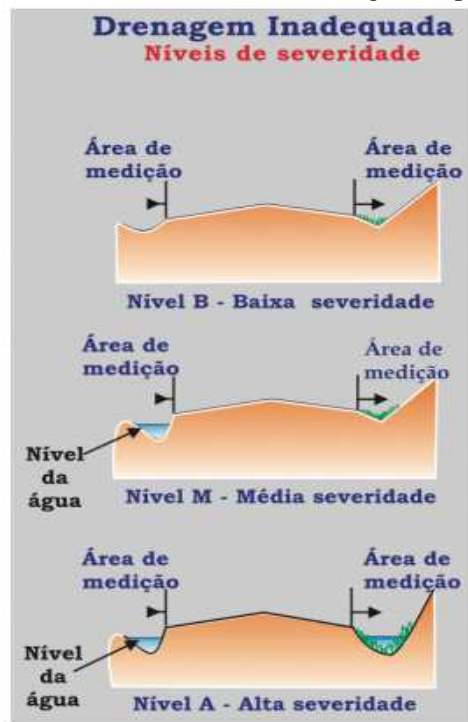


Baesso e Gonçalves (2003) entendem que um sistema de drenagem mal projetado e/ou projetado resulta no acúmulo de água na via, e se torna um problema quando o sistema de drenagem da estrada perde a capacidade de executar sua função de transportar água. O grau de gravidade dos problemas de drenagem é classificado do seguinte modo:

- Nível Alto (A): (a) elevado número de poças de água ou (b) indícios dessa situação nos instrumentos de drenagem, (c) sedimentos, vegetação ou fragmentos de rochas depositados sobre instrumentos de drenagem e, (d) erosões nos instrumentos de drenagem, (e) fluência superficial de água na via ou infiltração da mesma na plataforma;
- Nível Médio (M): (a) moderado número de poças de água ou (b) indícios dessa situação nos instrumentos de drenagem, (c) sedimentos, vegetação ou fragmentos de rochas depositados sobre instrumentos de drenagem e, (d) erosões nos instrumentos de drenagem;
- Nível Baixo (B): (a) moderado número de poças de água ou (b) indícios dessa situação nos instrumentos de drenagem, (c) sedimentos, vegetação ou fragmentos de rochas depositados sobre instrumentos de drenagem.

Os defeitos relacionados à drenagem são mensurados em metros lineares (m) no sentido da estrada, com comprimento até duas vezes o tamanho da unidade simples. A Figura 1 representa graficamente os graus de gravidade dos problemas de drenagem.

Figura 1 - Níveis de severidade da drenagem imprópria



Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

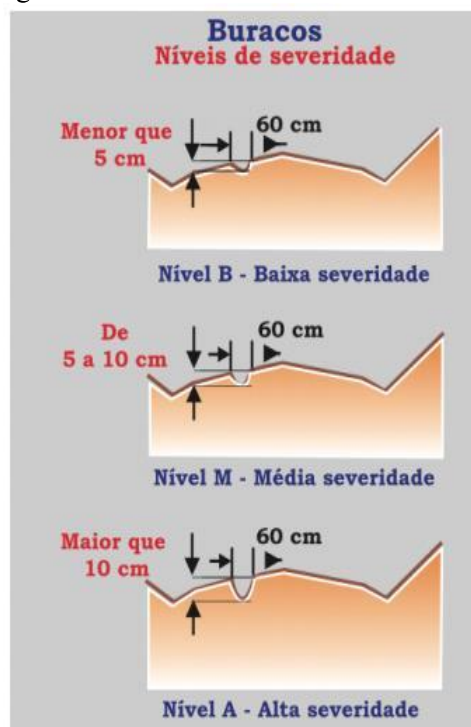
#### 2.4.1.2.2 Buracos

Baesso e Gonçalves (2003) definem buracos como cavidades na superfície da estrada, com diâmetros inferiores a 1 metro. Estes têm tendência a crescer e promover a sedimentação da pista quando em situação de presença de águas pluviais.

A medição dos buracos é feita através da contagem dos buracos em uma unidade simples, e determinando individualmente seus valores dedutíveis de acordo com seu nível de severidade.

Os graus de gravidade dos buracos são divididos em baixa, média ou alta severidade, e são classificados a partir do diâmetro ( $d$ ) e da altura ( $h$ ) dessas depressões. A Tabela 1 e a Figura 2 representam melhor essa classificação, enquanto a Figura 3 apresenta um exemplo de buraco:

Figura 2 - Níveis de severidade de buracos.



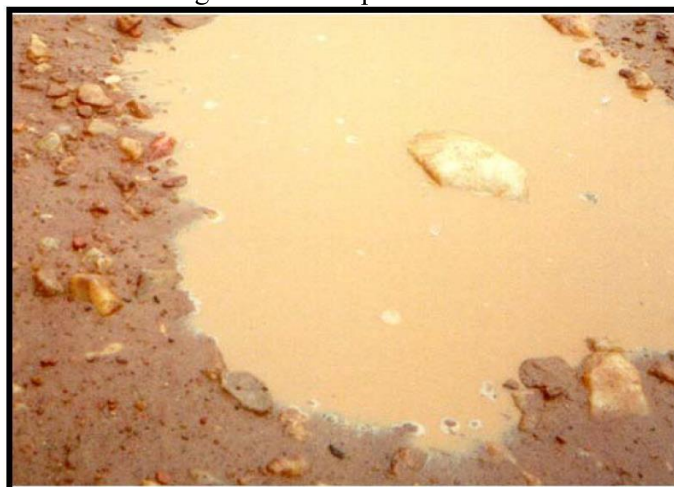
Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

Tabela 1 - Classificação do grau de gravidade de buracos

Altura	Diâmetro médio (d)			
	< 0,30 m	0,30 < d ≤ 0,60 m	0,60 < d ≤ 0,90	< 0,90 m
1 ≤ h ≤ 5 cm	B	B	M	M
5 ≤ h < 10 cm	B	M	A	A
h ≥ 10 cm	M	A	A	A

Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

Figura 3 - Exemplo de buraco



Fonte: Nunes (2003).

### 2.4.1.2.3 Material Desagregado

A ação contínua e acentuada do trânsito sobre uma estrada rural pode levar a mesma a se desagregar. Conseqüentemente, esse material desagregado tem propensão a se acumular no mesmo sentido da via, formando assim bermas ao longo da pista (BAESSO e GONÇALVES, 2003). Classifica-se a gravidade dessa perda de material então da seguinte maneira:

- Nível Alto (A): pode-se encontrar bermas de material desagregado com alturas superiores a 10 cm em faixas laterais, acostamentos ou em áreas menos movimentadas na via;
- Nível Médio (M): junto à bermas provenientes de material desagregado, com altura variando de 5 a 10 cm, percebe-se uma abundância de partículas finas na estrada;
- Nível Baixo (B): a altura das bermas formadas pelo material desagregado, localizadas em encostas e áreas de pouco fluxo, não passam de 5 cm, apresentando pouco desgaste da superfície de rolamento

Para mensurar esse problema, mede-se em metros lineares no mesmo sentido da via a perda do material em uma unidade simples.

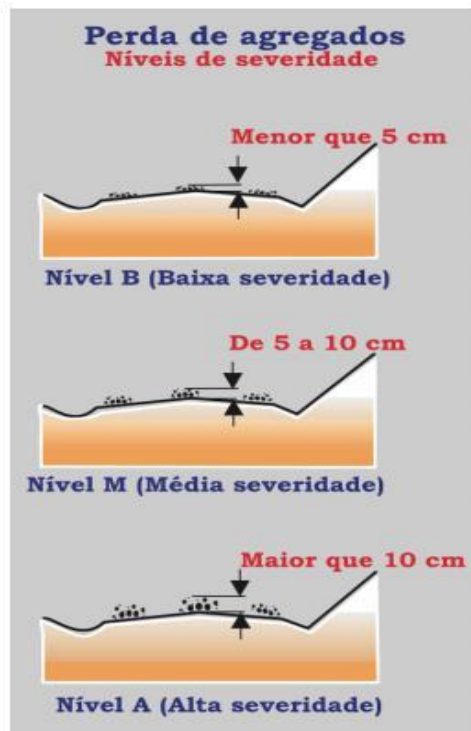
A Figura 4 a seguir ilustra um exemplo de material desagregado na via, e a Figura 5 ilustra a classificação dos graus de perda de material agregado.

Figura 4 - Exemplo de material desagregado na via



Fonte: Nunes (2003).

Figura 5 - Níveis de severidade de materiais desagregados



Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

#### 2.4.1.2.4 Seção Transversal Imprópria

Baesso e Gonçalves (2003) defendem que estradas não pavimentadas devem possuir declividade suficiente para que águas pluviais escoem para área destinada para drenagem da via, apresentando assim, sua cota mais alta no meio da pista, com exceção de trechos em curva. Os autores classificaram o nível de gravidade desse problema da seguinte forma:

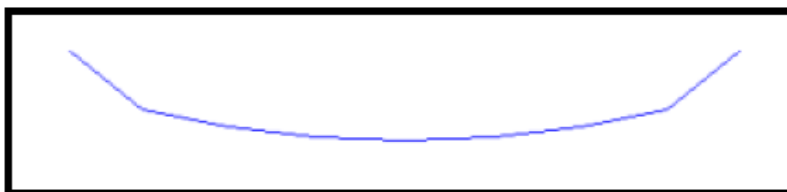
- Nível Alto (A): (a) elevado número de poças de água, ou (b) indícios de sua existência na superfície da via (área úmidas), ou (c) intensas depressões ao longo da pista;
- Nível Médio (M): (a) moderado número de poças de água, ou (b) indícios de sua existência na superfície da via, formato parabólico da seção transversal da via;
- Nível Baixo (B): (a) baixo número de poças de água, ou (b) indícios de sua existência na superfície da via, ou (c) ausência de qualquer declividade transversal.

Figura 6 - Níveis de severidade da seção transversal imprópria



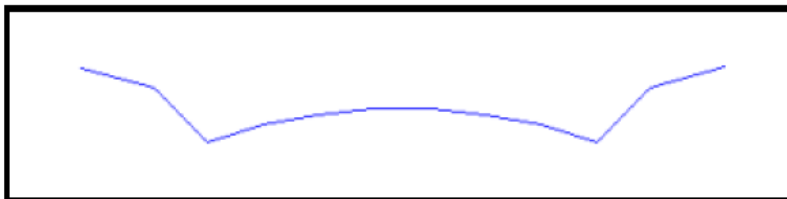
Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

Figura 7 - Exemplo de seção transversal inadequada – calha



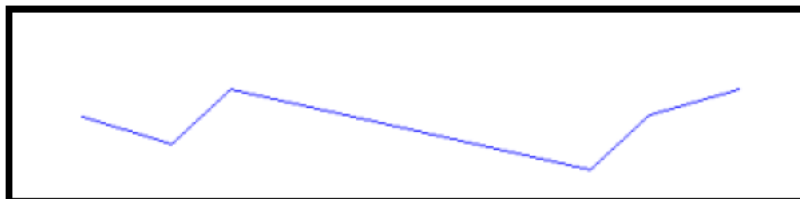
Fonte: Nunes (2003).

Figura 8 - Exemplo de seção transversal inadequada – abaulada



Fonte: Nunes (2003).

Figura 9 - Exemplo de seção transversal inadequada – mista.



Fonte: Nunes (2003).

Os problemas com seção transversal de uma rodovia são medidos por metro linear ao longo da via por unidade simples. Nesse caso, podem-se perceber diversos graus de gravidade numa mesa unidade simples.

#### 2.4.1.2.5 Corrugação

Baesso e Gonçalves (2003) definem corrugação da pista como depressões transversais a via, dispostas próximas umas das outras em uma distância regular. Essas corrugações se originam a partir dos esforços de aceleração e frenagem que os veículos exercem sobre a estrada e da água proveniente das chuvas. A seguir, são apresentados os graus de severidade desse defeito.

- Nível Alto (A): As depressões perpendiculares ao sentido da via possuem altura maior que 8 cm;
- Nível Médio (M): As depressões perpendiculares ao sentido da via possuem média de altura entre 3 e 8 cm;
- Nível Baixo (B): As depressões perpendiculares ao sentido da via possuem altura inferior a 3 cm.

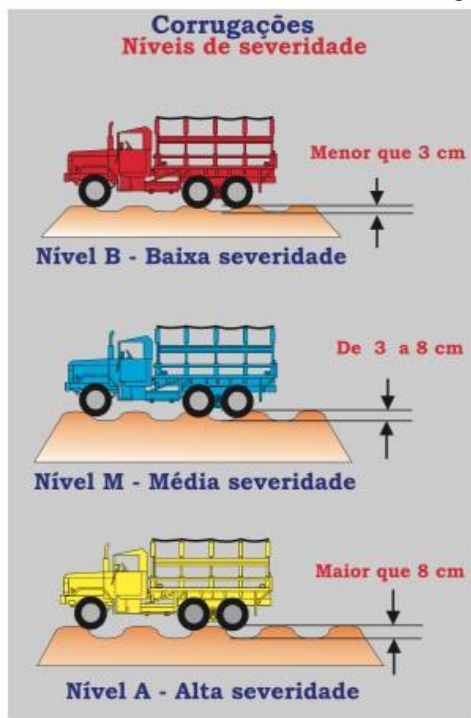
Nas Figuras 10 e 11 estão apresentados um exemplo de corrugação na via e os níveis de severidade desta patologia.

Figura 10 - Exemplo de corrugação na via



Fonte: Nunes (2003).

Figura 11 - Níveis de severidade da corrugação



Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

A unidade de medida utilizada para mensurar a corrugação é metro quadrado ( $m^2$ ) por uma dada unidade simples, onde não se pode exceder à área da unidade simples.

#### 2.4.1.2.6 Excesso de Poeira

Com o passar do tempo, a movimentação de veículos sobre a estrada rural gera um desgaste, ocasionando assim, uma perda de agregados finos vindo da superfície de rolamento. Baesso e Gonçalves defendem que o excesso dessas partículas finas provoca uma situação de risco, tanto para usuários da rodovia, quanto para o meio ambiente. Classificam então a severidade desse problema da seguinte forma:

- Nível Alto (A): o deslocamento de um veículo gera uma ampla cortina de poeira, obstruindo severamente a visibilidade do trecho;
- Nível Médio (M): o deslocamento de um veículo gera uma moderada cortina de poeira, obstruindo parcialmente a visibilidade do trecho;
- Nível Baixo (B): o deslocamento de um veículo gera uma cortina de poeira em níveis que não comprometem a visibilidade do trecho.



Para determinação do nível de severidade desse defeito, desloca-se com um veículo em uma velocidade entre 40 e 50 km/h, e em seguida observa-se e analisa-se o nível de severidade do excesso de poeira. O excesso de poeira não é avaliado pela densidade. O valor dedutível dessa patologia é determinado de acordo apenas com o grau de severidade, seguindo a regra:

- Baixa severidade – 2 pontos (Valor dedutível)
- Média severidade – 5 pontos
- Alta severidade – 15 pontos

Nas Figuras 12 e 13 estão ilustrados os níveis de severidade e um exemplo da patologia, respectivamente.

Figura 12 - Níveis de severidade do excesso de poeira



Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

Figura 13 - Exemplo de excesso de poeira na via



Fonte: Nunes (2003).

#### 2.4.1.2.7 Trilhas de Rodas

Trilhas de Rodas são depressões paralelas a via, formadas devido a tráfego pesado e repetitivo em conjunto com uma precária compactação do trecho ou uma superfície de rodagem com baixa resistência a esforços. Baesso e Gonçalves (2003) classificam a gravidade desse defeito da via como:

- Nível Alto (A): altura da trilha de roda maior que 8 cm;
- Nível Médio (M): altura da trilha de roda de 3 a 8 cm;
- Nível Baixo (B): altura da trilha de roda inferior a 3 cm.

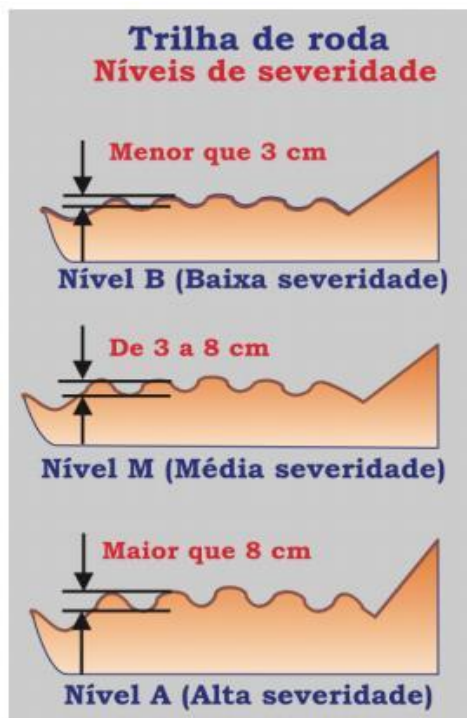
Nas Figuras 14 e 15 estão ilustrados um exemplo da patologia e os níveis de severidade, respectivamente.

Figura 14 - Exemplo de trilhas de roda



Fonte: Nunes (2003).

Figura 15 - Nível de severidade da trilha de roda



Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

Para a análise desse problema, medem-se os trilhos de roda em m<sup>2</sup> por uma dada unidade simples.

#### 2.4.1.3 Cálculo do ICRNP

Com base nas patologias identificadas, contabilizadas e classificadas, calcula-se a densidade para cada patologia por meio da Equação 1, exceto para o excesso de poeira, que já dispõe de valor dedutível definido em função de sua severidade. Os valores de k estão definidos na Tabela 2.

$$Densidade = Quantidade\ de\ Defeitos * 100 * K / Área\ da\ US \quad (1)$$

Tabela 2 - Coeficiente para correção de unidades métricas

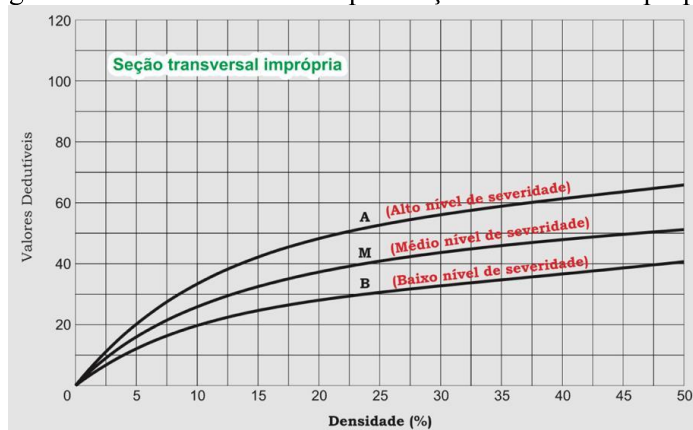
Patologia	K
Seção Transversal Imprópria	3,281
Drenagem Inadequada	3,281
Enrugamento	1,000
Buracos	10,764
Trilhas de Rodas	1,000
Perda de Agregados	3,281

Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

K = Coeficiente para correção de unidades métricas.

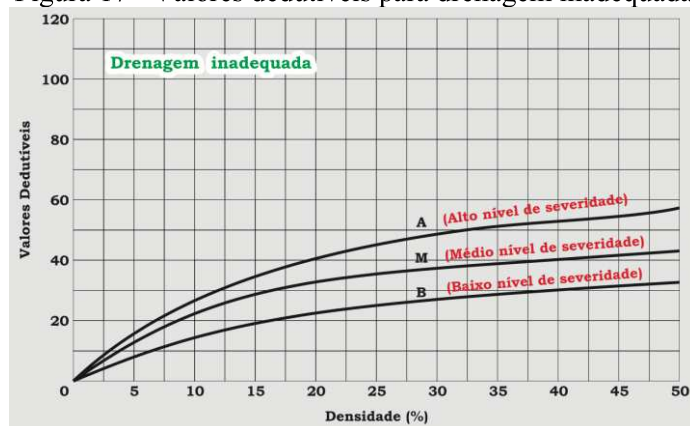
Com a Densidade calculada, o próximo passo é a utilização de ábacos para cada patologia a fim de se encontrar os Valores Dedutíveis. Os ábacos mencionados estão apresentados nas Figuras 16 a 21.

Figura 16 - Valores dedutíveis para seção transversal imprópria



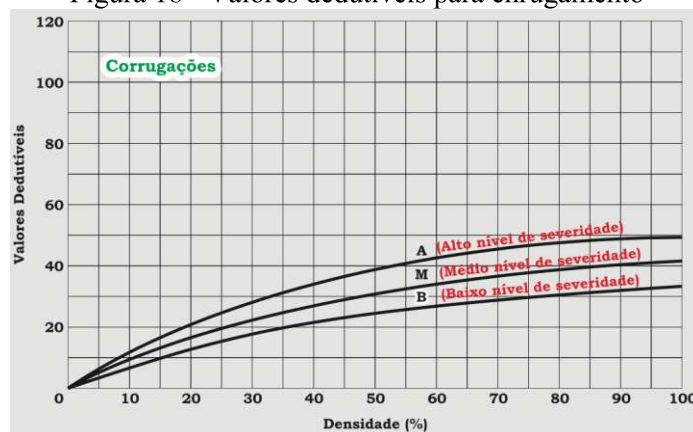
Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

Figura 17 - Valores dedutíveis para drenagem inadequada



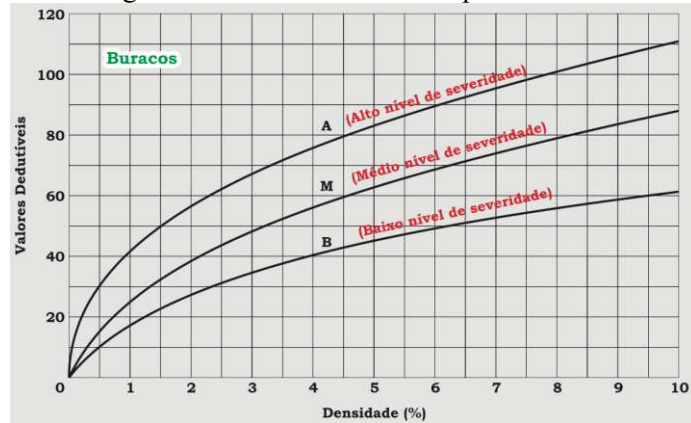
Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

Figura 18 - Valores dedutíveis para enrugamento



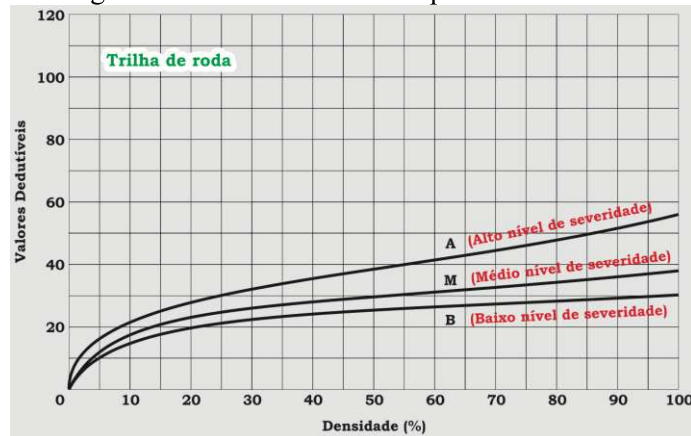
Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

Figura 19 - Valores dedutíveis para buracos



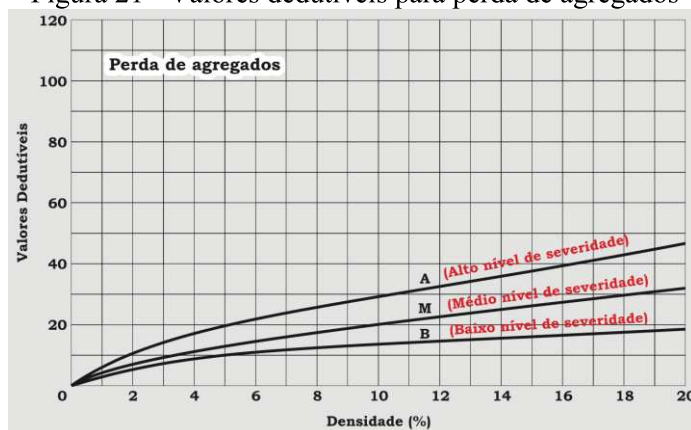
Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

Figura 20 - Valores dedutíveis para trilha de roda



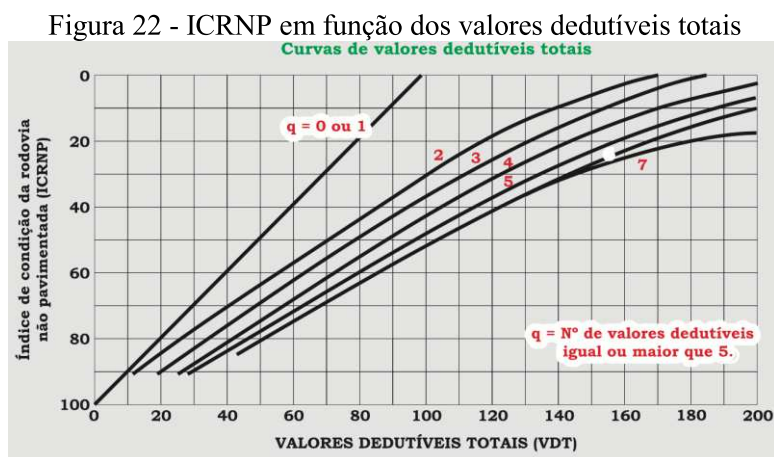
Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

Figura 21 - Valores dedutíveis para perda de agregados



Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

Após identificados os valores dedutíveis de cada patologia, soma-se todos esses valores, encontrando assim o Valor Dedutível Total (VDT), o qual é utilizado no ábaco de determinação do ICRNP, apresentado na Figura 22, onde “q” significa número de patologias diferentes encontradas na seção.

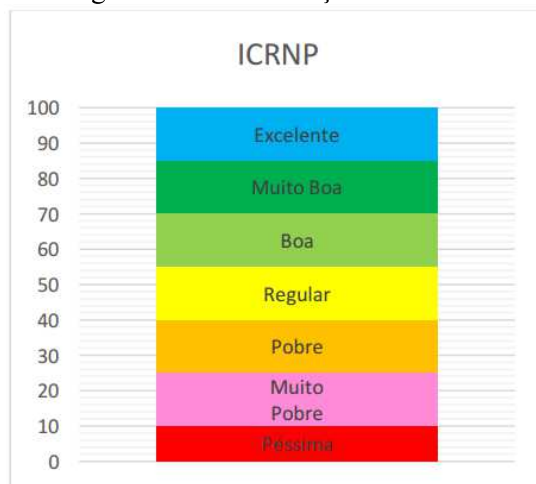


Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

#### 2.4.1.4 Análise do ICRNP

Este Índice é fundamentado em uma escala que varia de zero a cem, onde zero retrata uma estrada totalmente comprometida devido ao problema, e cem indica que o defeito em questão não influencia nas condições de tráfego da rodovia, como mostra a Figura 23.

Figura 23 - Classificação do ICRNP



Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

### ***2.4.2 Método de Avaliação de Rodovias Asfaltadas – DNIT***

Esse método segue as recomendações das normas do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT): DNIT 005/2003 – Terminologia (DNIT, 2003) e DNIT 006/2003 – Procedimento (DNIT, 2003). A metodologia determina condições necessárias para uma avaliação direta da superfície de rodagem de pavimentos dos tipos flexíveis e semi-rígidos, através de apuração e classificação de circunstâncias aparentes, e das dimensões das deformidades definitivas nas trilhas de roda.

Para classificação da via, será necessário a determinação do IGG - índice de gravidade global, para que em seguida, este seja comparado com a Tabela 3 - Classificação do pavimento.

#### ***2.4.2.1 Superfície de Avaliação***

Em uma pista de rolamento simples, recomenda-se a realização da avaliação de 6 metros da superfície, a cada 40 metros. Esses trechos de 6 metros foram denominados estações.

#### ***2.4.2.2 Patologias em estradas pavimentadas***

Nesta seção serão identificadas as possíveis patologias encontradas em estradas pavimentadas que são consideradas para determinação do IGG. São elas: fendas (F), afundamentos (A), corrugação e ondulações transversais (O), exsudação (EX), desgaste ou desagregação (D), panela ou buraco (P), remendos (R), e escorregamento (E).

##### ***2.4.2.2.1 Fendas***

Fendas são rachaduras na superfície do pavimento, que quando perceptivas a olho nu numa distância máxima de 1,5 metros, são denominadas fissuras, e quando possuem abertura maior que das fissuras, são denominadas trincas. Essas fendas são classificadas de acordo com sua gravidade e tipologia.

- FC-1 são fendas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0 mm;
- FC-2 são fendas com abertura superior a 1,0 mm;

- FC-3 são fendas com abertura superior a 1,0 mm e com erosão ou desagregação nas bordas.

Os tipos de fendas são: trincas transversais curtas (TTC), transversais longas (TTL), longitudinais curtas (TLC), longitudinais longas (TLL), de retração (TRR), de bloco (TB), de bloco com erosão (TBE), couro de jacaré (J), e couro de jacaré com erosão (JE). Estas estão ilustradas nas Figuras 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30.

\*Obs. Trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas, respectivamente.

Figura 24 - Trinca longitudinal curta (TLC)



Fonte: Bernucci et al. (2008).

Figura 25 - Trinca longitudinal longa (TLL)



Fonte: Bernucci et al. (2008).



Figura 26 - Trinca de retração (TRR)



Fonte: Bernucci et al. (2008).

Figura 27 - Trincas de bloco com erosão (TBE)



Fonte: Bernucci et al. (2008).

Figura 28 - Trincas de bloco (TB)



Fonte: Bernucci et al. (2008).

Figura 29 - Couro de jacaré com erosão (JE)



Fonte: Bernucci et al. (2008).

Figura 30 - Couro de jacaré (J)



Fonte: Bernucci et al. (2008).

#### 2.5.2.2.2 Afundamento

Afundamento são deformações permanentes na via, encontrados nos trilhos das rodas dos automóveis que trafegam pelo trecho. A Figura 31 apresenta um exemplo dessa patologia.

Figura 31 - Afundamento (A)



Fonte: Bernucci et al. (2008).

#### 2.4.2.2.3 Corrugações e ondulações

Corrugações e ondulações são deformações transversais ao eixo da pista, intercalando depressões e elevações, diferenciadas apenas pelo comprimento de onda. Enquanto as corrugações possuem comprimento de onda na margem de alguns poucos centímetros, as ondulações apresentam comprimentos de onda na ordem de metros. A Figura 32 apresenta um exemplo dessa patologia.

Figura 32 - Corrugação/ondulação (O)



Fonte: Bernucci et al. (2008).

#### 2.4.2.2.4 Exsudação

Exsudação são manchas escurecidas na via, causadas em geral pelo excesso de ligante na massa asfáltica. A Figura 33 apresenta um exemplo dessa patologia.

Figura 33 - Exsudação (EX)



Fonte: Bernucci et al. (2008).

#### 2.4.2.2.5 Desgaste ou desagregação

Desgaste ou desagregação é definido pelo desprendimento dos agregados da superfície da via ou até perda do masticado junto aos agregados decorrente de desgaste pelo tráfego ou das condições naturais. A Figura 34 apresenta exemplo dessa patologia.

Figura 34 - Desgaste ou desagregação (D)



Fonte: Bernucci et al. (2008).

#### 2.4.2.2.6 Panelas

Panelas ou buracos são depressões na via, sendo capaz de atingir camadas mais profundas. A Figura 35 apresenta um exemplo dessa patologia.

Figura 35 - Panelas (P)



Fonte: Bernucci et al. (2008).

#### 2.4.2.2.7 Remendos

Remendo é uma patologia quando o mesmo é executado de maneira imprópria para corrigir uma panela. Essa obra, mesmo que seja feita a fim de realizar manutenção na via, é considerada patologia por não estar de acordo com o padrão. A Figura 36 apresenta um exemplo dessa patologia.

Figura 36 - Remendos (R)



Fonte: Bernucci et al. (2008).

#### 2.4.2.2.8 Escorregamento

Escorregamento é a movimentação do revestimento asfáltico devido a fluência do mesmo. A Figura 37 apresenta um exemplo dessa patologia.

Figura 37 - Escorregamento (E)



Fonte: Bernucci et al. (2008).

#### 2.4.2.3 Cálculo do IGG

Para determinação do IGG, primeiramente é necessário calcular o IGI – índice de gravidade individual, que representa o índice de cada patologia no trecho em estudo.

O IGI é encontrado através da equação:

$$IGI = F_r * F_p \quad (2)$$

Onde:

$F_r$  = Frequência relativa;

IGI = Índice de gravidade individual;

$F_p$  = Fator de ponderação (encontrado na Tabela 3).

A frequência relativa é calculada de acordo com a frequência em que a patologia em análise é identificada nas estações. Por exemplo, se a patologia panela é encontrada em 4 estações numa amostra de 10 estações, então a frequência relativa será 40%.

O fator de ponderação determina o quanto cada patologia influencia na classificação da via, e está ilustrado na Tabela 3 a seguir:

Tabela 3 - Fator de Ponderação

Ocorrência tipo	Codificação de ocorrência	Fator de ponderação (fp)
1	Fissuras e Trincas isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL E TRR)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE)	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O, P e E	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT, 2003

O cálculo do IGI dos afundamentos se difere dos demais. Para essa patologia, primeiramente determina-se a média  $F$  do somatório das flechas (tamanho do afundamento em milímetros) internas e externas de cada estação, e a média  $FV$  das variâncias das flechas, da seguinte forma:

$$F = (\sum_i^j FRE + \sum_i^j FRI)/2 \quad (3)$$

$$FV = (FRE_V + FRI_V)/2 \quad (4)$$

Onde:

$FRE$  = flecha na trilha externa em milímetros de cada uma das estações do segmento;

$FRI$  = flecha na trilha interna em milímetros de cada uma das estações do segmento;

$i$  = primeira estação do segmento;

$j$  = última estação do segmento;

$F$  = média aritmética da média das flechas na trilha externa e da média das flechas na trilha interna do segmento;

$FRE_V$  = variância das flechas medidas na trilha externa do segmento, considerando todas as estações de  $i$  a  $j$ ;

$FRI_V$  = variância das flechas medidas na trilha interna do segmento, considerando todas as estações de  $i$  a  $j$ ;

$FV$  = média da variância das flechas na trilha externa e da variância das flechas na trilha interna do segmento.

Em seguida, são calculados dois índices de gravidade individual da seguinte forma:

- $IGI_F = F * 4/3$ , quando  $F \leq 30$ ;
- $IGI_F = 40$ , quando  $F > 30$ ;
- $IGI_{FV} = FV$ , quando  $FV \leq 50$ ;
- $IGI_{FV} = 50$ , quando  $FV = 50$ .

Após determinado os índices de gravidade individual de cada patologia, determina-se o IGG através do somatório dos IGI, representado na equação a seguir:

$$IGG = \sum IGI \quad (5)$$

#### 2.4.2.4 Análise do IGG

Calculado o índice de gravidade global, compara-se o valor encontrado com os valores da Tabela 4 a seguir, e assim classifica-se a via.

Tabela 4 - Classificação do Pavimento

<b>Conceito</b>	<b>Limites</b>
<b>Ótimo</b>	$0 < IGG \leq 20$
<b>Bom</b>	$20 < IGG \leq 40$
<b>Regular</b>	$40 < IGG \leq 80$
<b>Ruim</b>	$80 < IGG \leq 160$
<b>Péssimo</b>	$IGG > 160$

Fonte: DNIT, 2003

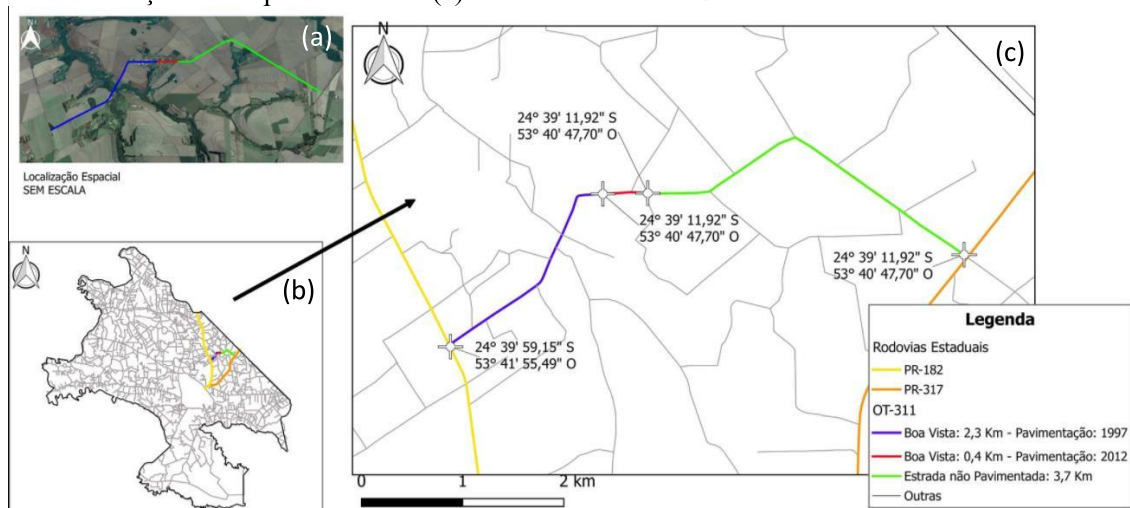


### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Localização da estrada selecionado para o estudo

Foi selecionada a estrada denominada OT- 311 para o estudo, por indicação do diretor superintendente da EMDUR – Empresa de Desenvolvimento Urbano e Rural de Toledo, Rodrigo Bortolotto Sales. As rodovias rurais que dão acesso a distritos dentro de Toledo são denominadas OT, e foi indicada a OT-311 que liga as rodovias estaduais PR-182 e PR-317, e dá acesso ao distrito de Boa Vista. A estrada rural pode ser melhor visualizada através da Figura 24 a seguir.

Figura 38 - Localização da estrada OT-311. (a) Imagem de satélite do local de estudo. (b) Localização no mapa de Toledo. (c) Detalhe da estrada OT-311 na malha viária de Toledo.



Fonte: Adaptado de Silva (2017) e Google Earth (2017)

A OT-311 pode ser dividida em três trechos: o primeiro tem início nas coordenadas S 24° 39' 59,15'' e W 53° 41' 55,49'', e segue até S 24° 39' 11,92'' e W 53° 41' 47,70'', onde se encontra o distrito de Boa Vista. Este primeiro trecho é pavimentado, e foi construído em 1997, com aproximadamente 2,3 km de extensão, representado em roxo. O próximo trecho é referente ao que cruza o Distrito de Boa Vista, que já possui uma pavimentação mais recente, realizada em 2012. O segundo trecho termina na coordenada S 24° 39' 11,92'', apresentando a extensão de apenas 400 metros, representado em vermelho. O terceiro trecho, inicia-se logo onde acaba o trecho 2, e acaba na coordenadas S 24° 29' 11,92'' e O 53° 41' 47,70'', com 3,7 km de extensão aproximadamente. Esse último trecho não foi pavimentado, e está representado em verde.

### 3.2 Roteiro para avaliação da estrada em estudo

Foi utilizado o Método de Avaliação de Rodovias Asfaltadas do DNIT para toda extensão da pista pavimentada, que representa os dois primeiros trechos. Para o trecho não pavimentado, foi empregado o Método de Avaliação do Índice de Condição da Rodovia não Pavimentada (ICRNP).

Para realização do Método ICRNP, foi necessário delimitar seções para a Unidade Simples. Está descrito no método que, em geral, são necessárias somente 2 unidades simples (US) para cada 2 km de pista. O trecho não pavimentado possui a extensão de 3,7 km, logo foram determinadas 4 seções para estudo, em trechos retos, a fim de garantir visibilidade e em garantir a segurança do aluno, com 250 metros quadrados de pista cada.

A fim de conseguir representar o trecho por inteiro, as seções da US foram selecionadas em áreas separadas por pelo menos 700 metros. As seções foram demarcadas com uso de GPS.

Em cada seção foram quali-quantificadas as seguintes possíveis patologias, conforme planilha estabelecidas pelo próprio método ICRNP: drenagem imprópria, buracos, material desagregado, seção transversal imprópria, enrugamento, excesso de poeira, trilhas de rodas.

Para o Método de Avaliação de Rodovias Asfaltadas do DNIT, não foi necessária determinação de uma Unidade Simples, pois esse método recomenda realizar a avaliação de 6 metros lineares da superfície a cada 40 metros. Para cada estação, foram analisadas as seguintes possíveis patologias: fendas (F), afundamentos (A), corrugação e ondulações transversais (O), exsudação (EX), desgaste ou desagregação (D), panela ou buraco (P), remendos (R), e escorregamento (E).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos próximos itens serão descritos os principais resultados obtidos por meio deste trabalho. As coletas de dados aconteceram nos dias 3, 4, 5, e 11 de abril de 2018, e em todos esses dias, o tempo estava ensolarado.

### 4.1 Avaliação do índice de condição da rodovia não pavimentada

Para realização da pesquisa foram adotadas 4 unidades simples localizadas conforme as coordenadas indicadas na Tabela 5. Elas foram selecionadas com um intervalo de pelo menos 700 metros, para que o estudo represente de melhor forma o trecho estudado.

Tabela 5 - Localização das unidades simples

Unidade simples	Coordenadas			
	Início		Fim	
1	S 24° 39,195'	W 053° 40,634'	S 24° 39,199'	W 053° 40,605'
2	S 24° 39,094'	W 053° 40,237'	S 24° 39,088'	W 053° 40,210'
3	S 24° 38,968'	W 053° 39,810'	S 24° 38,979'	W 053° 39,792'
4	S 24° 39,734'	W 053° 39,187'	S 24° 39,368'	W 053° 39,205'

Fonte: Acervo do autor.

Conforme o método ICRNP recomenda, as unidades simples foram determinadas com áreas de aproximadamente 250 m<sup>2</sup>. Houve uma variação na extensão de cada unidade simples devido a alteração da largura da via em diferentes pontos. Na Tabela 6 estão identificadas as áreas, extensões e larguras de cada unidade simples estudada neste trabalho.

Tabela 6 - Dimensões das unidades simples

Unidade simples	Área (m <sup>2</sup> )	Extensão (m)	Largura (m)
1	250	50	5
2	250,8	33	7,6
3	260	40	6,5
4	252	35	7,2

Fonte: Acervo do autor.

As patologias estudadas são mensuradas em três unidades distintas, dependendo de cada patologia, sendo elas a extensão em metros, a área em metros quadrados, e a visibilidade de uma baliza. Os resultados obtidos neste levantamento são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Quantidade de defeitos

Unidade simples	Quantidade de defeitos						
	Buraco	Drenagem imprópria	Material desagregado	Seção transversal imprópria	Corrugação	Trilha de rodas	Excesso de poeira
1	0 un	30 m	0 m	35,3 m	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>	Boa
2	0 un	0 m	0 m	15,6 m	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>	Boa
3	2 un	0 m	12 m	10 m	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>	Boa
4	0 un	25 m	0 m	0 m	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>	Boa

Fonte: Acervo do autor.

Através da Tabela 7 pode-se inferir que nas unidades estudadas não houve casos das patologias corrugação e trilha de roda. Além disso, pode-se afirmar também que a via não sofre com a patologia excesso de poeira, visto que em todas unidades simples a visibilidade da baliza após passar com o carro a 50 km/h no trecho foi boa. Percebe-se ainda que a Unidade simples 3 foi a única que apresentou material desagregado na via, o qual foi encontrado em 12 metros do trecho.

O próximo passo após o levantamento dos dados é a análise destes. Utiliza-se então a Equação 1, onde K são os coeficientes de correção de unidades métricas, com os valores apresentados na Tabela 1, para determinação das densidades, apresentadas na Tabela 8.

$$Densidade = Quantidade\ de\ Defeitos * 100 * K / Área\ da\ US \quad (1)$$

Tabela 8 - Densidades

Unidade simples	Patologia					
	Buraco	Drenagem imprópria	Material desagregado	Seção transversal imprópria	Corrugação	Trilha de rodas
1	0	39,37%	0	46,33%	0	0
2	0	0	0	20,41%	0	0
3	4,14+4,14%	0	15,14%	12,62%	0	0
4	0	32,55%	0	0	0	0

Fonte: Acervo do autor.

É notável que não há densidade da patologia excesso de poeira, visto que seu valor dedutível é determinado apenas pelo seu nível de severidade.

Em seguida e feita a determinação dos níveis de severidade das patologia identificadas nas unidades simples. Esses níveis são determinados através das dimensões das patologias, e das características que a via apresenta, como depressões ou presença de

vegetação em instrumentos de drenagem por exemplo. Os níveis de severidade de cada patologia são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Nível de severidade

Unidade simples	Patologia						
	Buraco	Drenagem imprópria	Material desagregado	Seção transversal imprópria	Corrugação	Trilha de rodas	Excesso de poeira
<b>1</b>	-	Baixo	-	Médio	-	-	Baixo
<b>2</b>	-	-	-	Baixo	-	-	Baixo
<b>3</b>	Alto/baixo	-	Baixo	Alto	-	-	Baixo
<b>4</b>	-	Baixo	-	-	-	-	Baixo

Fonte: Acervo do autor.

Nas células onde há apenas um hífen estão representados trechos onde não houve presença da determinada patologia. Além disso, nota-se na Unidade simples 3 a ocorrência de dois buracos, sendo um deles com nível de severidade alto, e outro com nível baixo.

Com os níveis de severidade definidos, e as densidades calculadas, é possível então, através dos ábacos apresentados nas Figuras 16, 17, 18, 19, 20 e 21, determinar os valores dedutíveis de cada patologia encontrada nas unidades simples estudadas, e esses valores são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Valores dedutíveis

Unidade simples	Patologia						
	Buraco	Drenagem imprópria	Material desagregado	Seção transversal imprópria	Corrugação	Trilha de rodas	Excesso de poeira
<b>1</b>	0	30	0	50	0	0	2
<b>2</b>	0	0	0	29	0	0	2
<b>3</b>	76+40	0	17	39	0	0	2
<b>4</b>	0	28	0	0	0	0	2

Fonte: Acervo do autor.

A partir da soma dos valores dedutíveis obteve-se o valor dedutível total para cada unidade simples. Em seguida, utilizando o ábaco da Figura 22, determinou-se o ICRNP de cada unidade simples, conforme a Tabela 11.

Tabela 11 - Valores dedutíveis totais e ICRNP de cada US

<b>Unidade simples</b>	<b>Valor dedutível total</b>	<b>ICRNP</b>
<b>1</b>	82	48
<b>2</b>	31	77
<b>3</b>	174	9
<b>4</b>	30	78

Fonte: Acervo do autor.

Analisando a Tabela 9 e 10, observa-se que a presença de buracos gera uma grande influência negativa na condição da via, visto que com a ocorrência de apenas 2 buracos na unidade simples 3, o valor dedutível desta unidade foi muito superior comparando com os valores dedutíveis das outras unidades simples em que não houve a ocorrência da determinada patologia.

Para determinação do índice de condição da rodovia não pavimentada, faz-se a média aritmética dos índices de cada unidade simples, chegando assim no valor 53, que de acordo com a Figura 23, indica a classificação Regular.

Ferreira (2004), em sua dissertação, “Uma aplicação comparativa de métodos de avaliação das condições superficiais de estrada não-pavimentada”, avaliou o trecho PRC-331, situado na região Bragantina do Estado de São Paulo, onde PRC se trata da abreviatura de Piracaia, utilizando diferentes métodos, entre eles o do Índice de condição de rodovia não pavimentada. Em seu trabalho, o trecho teve como o índice de condição o valor 17, que implica a classificação: Muito pobre.

A existência de estudos relacionados a condição de uso de estradas rurais demonstra a importância da verificação do estado em que as vias se encontram. Estudos como estes fazem parte do trabalho de manutenção das vias, dando maior alicerce na tomada de decisões quanto a necessidade de obras reparadoras ou até mesmo a pavimentação do trecho.

#### **4.2 Avaliação de rodovias asfaltadas**

A avaliação do trecho asfaltado foi iniciada nas coordenadas S 24° 39,200' W 053° 40,714', onde se encontra o distrito de Boa Vista, e teve fim nas coordenadas S 24° 39,971' W 053° 41,907', onde a via encontra a PR-182. As leituras foram realizadas em uma planilha, que se encontra no Apêndice 2, já com as marcações de cada estação.

A partir das leituras, foi possível calcular a frequência relativa de cada patologia, determinada pelo número de estações em que a patologia foi encontrada dividido pelo número total de estações, sendo esse total igual a 68 estações. Esse valor é apresentado em porcentagem, e após ser multiplicado pelo fator de ponderação, encontrado na Tabela 2, obtém-se o índice de gravidade individual, apresentados na Tabela 12 a seguir:

Tabela 12 - Frequência relativa e Índice de gravidade individual

<b>Patologia</b>	<b>Frequência relativa</b>	<b>IGI</b>
<b>FC-1</b>	5,9%	1,18
<b>FC-2</b>	5,9%	2,95
<b>FC-3</b>	1,5%	1,20
<b>Afundamento</b>	0	0
<b>Corrugação</b>	1,5%	1,50
<b>Exsudação</b>	1,5%	0,75
<b>Desgaste</b>	85,3%	25,59
<b>Panela</b>	1,5%	1,50
<b>Remendo</b>	19,1%	17,19
<b>Escorregamento</b>	4,4%	4,40

Fonte: Acervo do autor.

Para determinação do índice de gravidade global, soma-se todos os índices de gravidade individuais, que nesse caso resultou no valor 56,26. De acordo com a Tabela 3, o trecho pavimentado estudado neste trabalho classifica-se como Regular.

Santos (2017), em seu trabalho de conclusão de curso, classifica três subtrechos da rodovia PR-585, que liga a cidade de Vera Cruz do Oeste a São Pedro do Iguaçu, no Paraná. Ele utiliza também a metodologia encontrada na Norma DNIT 006/2003 – Procedimentos para essa classificação, que teve os seguintes resultados:

Subtrecho 1: IGG = 207,40 - Classificação da condição via: Péssima

Subtrecho 2: IGG = 181 - Classificação da condição da via: Péssima

Subtrecho 3: IGG = 76,35 - Classificação da condição da via: Regular

Monteiro (2017), avaliou a superfície de rodagem de um trecho da rodovia PB-293, situado na cidade de São Bento da Paraíba, utilizando a mesma metodologia. Ele dividiu o trecho em estudo em três seguimentos, e as classificações foram as seguintes:

Seguimento 1: IGG = 53,57 - Classificação da condição da via: Regular

Seguimento 2: IGG = 36,05 - Classificação da condição da via: Bom

Seguimento 3: IGG = 88,53 - Classificação da condição da via: Ruim

Analisando os resultados obtidos nas pesquisas citadas neste trabalho, juntamente com os resultados apresentado por este, percebe-se que a situação das estradas rurais brasileiras não está boa. A pesquisa realizada Pesquisa CNT de rodovias, realizada em 2017, mostra que a qualidade do estado geral das rodovias se encontram 61,8% das vezes em condições regular, ruim ou péssima. Em uma análise mais específica, a pesquisa também mostra que a qualidade do pavimento piorou comparando com o ano anterior, quando o percentual de estradas em condição regular, ruim ou péssima era 48,3%, enquanto em 2017 esse percentual subiu para 50%.

#### 4.3 Relatório fotográfico de patologias encontradas na área de avaliação

Na Figura 39 a seguir, que retrata parte pavimentada da OT-311, percebe-se a presença da patologia exsudação, geralmente causada por excesso de ligante na massa asfáltica. É fácil notar que este não é um caso severo da patologia, porém no método do DNIT, essa informação não é de interesse, uma vez que o método diz apenas para computar a presença da patologia.

Figura 39 – Exsudação em trecho pavimentado



Fonte: Acervo do autor.

Na Figura 40, apresenta-se a patologia presente em quase toda extensão da parte pavimentada da OT-311, o desgaste ou desagregação, que foi computada em 58 estações



num total de 68. Essa patologia geralmente não tem um grande impacto na condição da via se comparado com panelas ou escorregamento, uma vez que essas patologias possuem fator de ponderação igual a 1, enquanto o fator do desgaste é igual a 0,3. Entretanto, no caso da via em estudo, o desgaste foi a patologia que apresentou o maior índice de gravidade individual, mostrando-se assim a principal patologia da via.

Figura 40 – Desgaste/desagregação em trecho pavimentado



Fonte: Acervo do autor.

Na Figura 41, está evidente uma pequena depressão na pista, que indica acúmulo ou leve fluxo de água na via em situação de chuva. Este indício demonstra a existência de uma seção transversal imprópria, com um grau de severidade leve neste caso. Foi utilizada uma baliza para deixar mais claro na imagem a presença dessa depressão.

Figura 41 – Depressão em trecho não pavimentado



Fonte: Acervo do autor.

A Figura 42 retrata a existência de vegetação e de material desagregado em instrumentos de drenagem, que são indícios da patologia drenagem impropria na via. Neste trecho no entanto, não havia sinais de erosão nos instrumentos de drenagem, nem fluência superficial de água na via ou infiltração na plataforma, concluindo assim o grau de severidade da patologia ser leve ou baixo.

Figura 42 – Indícios de drenagem impropria em trecho não pavimentado



Fonte: Acervo do autor.

A Figura 43 a seguir, mostra a presença da patologia couro de jacaré com erosão na via. Nota-se que essa patologia está presente apenas na lateral da via, onde aparenta ser um pavimento mais antigo que no centro da pista. Pode-se perceber a presença da

patologia desagregação/desgaste, que como já falado, está presente na maior parte do trecho pavimentado da OT-311.

Figura 43 – Couro de jacaré com erosão em trecho pavimentado



Fonte: Acervo do autor.

## 5 CONCLUSÕES

Com a execução deste trabalho, foi possível identificar no trecho não pavimentado a presença de buracos, drenagem imprópria, material desagregado, seção transversal imprópria, e excesso de poeira. Não houve uma patologia que se destacou na classificação da via. Pode-se perceber que buracos tem um peso muito forte, o que gera grande influência na determinação do índice de condição da rodovia, porém foram identificados apenas 2 buracos nas 4 unidades simples analisadas.

Já no trecho pavimentado, as patologias presentes na via foram: fendas (FC-1, FC-2 e FC-3), corrugação, exsudação, desgaste, panela, remendo e escorregamento. Dentre elas, a patologia desgaste foi a mais presente, com aproximadamente 85% de frequência nas estações, que gerou maior influência na determinação do índice de gravidade global, IGG.

Realizando a análise das patologias encontradas verificou-se que o trecho não pavimentado encontra-se em estado de conservação regular pelo método ICRNP, enquanto o trecho onde já foi realizada a pavimentação, se encontra também com estado de conservação regular pelo método do DNIT.

Para realização do trabalho, foi necessário percorrer toda extensão da OT-311, sendo que o percurso da parte pavimentada foi feito inteiro a pé. Essa situação atribui propriedade para afirmar que realmente os métodos descritos e utilizados neste trabalho apresentam resultados que representam a via. Embora sejam métodos simples e sem gastos exorbitantes, pode-se dizer que os resultados destes estão de acordo com a realidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

\_\_\_\_\_. DNIT 006/2003-PRO: Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos – Procedimento. Rio de Janeiro: DNIT, 2003.

\_\_\_\_\_. DNIT 005/2003-TER: Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos – Terminologia, 2003. Rio de Janeiro: DNIT.

AETON, R. A.; GERARD, S.; DATTILO, R. S. **A Method for Rating Unsurfaced Roads**. Transportation Research Record 1106, vol. 02, 1987.

BAESSO, D.P.; GONÇALVES, F.L.R. **Estradas Rurais: técnicas adequadas de manutenção**. Florianópolis: DER-SC, 2003.

BARAT, J. O Custo da Ineficiência Brasileira. **Revista Problemas Brasileiros**. N.351, 2002.

BERNUCCI, L. et al. **Pavimentação Asfáltica: Formação para Engenheiros**. Rio de Janeiro: Abeda, 2008. 490 f.

CARVALHO, L. D. V. DE (1992) **Avaliação da Viabilidade da Melhoria do Projeto Geométrico e da Conservação das Estradas de Terra**. 85p. Dissertação Mestrado – *Escola de Engenharia de São Carlos*, Universidade de São Paulo.

SILVA, T. A. **Estruturação de um banco de dados georreferenciado para as estradas vicinais do município de Toledo-PR**. 2017, 80 pág. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Toledo-PR, 2017.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO – DER-SP. **Manual Básico de Estradas Vicinais**. São Paulo:[s.n.], 1987.

FERREIRA, F. M. **Uma aplicação comparativa de métodos de avaliação das condições superficiais de estrada não-pavimentada**. Campinas, SP: [s.n.], 2004.

HENNING, T. F. P., GIUMMARRA, G. J.; ROUX, D. C., 2008, **The development of gravel deterioration models for adoption in a New Zealand gravel road management system (GRMS)**. Land Transport NZ Research Report 348. New Zealand.

MARIOTONI, M. (1987) **Rodovias Vicinais: Conceituação e Importância**. Dissertação Mestrado. *Escola Politécnica*. Universidade de São Paulo, São Paulo.

MONTEIRO, R. **Avaliação objetiva da superfície do pavimento flexível na cidade de São Bento – Paraíba**. 2017. 63p. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Tecnologia e Saúde. 2017.

NUNES, T. V. L. **Método de previsão de defeitos em estradas vicinais de terra com base no uso das redes neurais artificiais: trecho de Aquiraz – CE**. Dissertação Mestrado. Mestrado em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2003.

Pesquisa CNT de rodovias 2017: relatório gerencial. – Brasília : CNT : SEST : SENAT, 2017.

SANTOS, G. L. S. **Avaliação das condições de superfície do pavimento da rodovia PR-585 no trecho entre Vera Cruz do Oeste e São Pedro do Iguaçu**. 2017. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2017.

## ANEXO A – Termologia

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3
	OUTROS DEFEITOS					CODIFICAÇÃO	
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP			
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP			
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC			
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC			
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base					O		
Escorregamento - (do revestimento betuminoso)					E		
Exsudação - do ligante betuminoso no revestimento					EX		
Desgaste - acentuado na superfície do revestimento					D		
"Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e as vezes de camadas inferiores					P		
Remendos				Remendo Superficial		RS	
				Remendo Profundo		RP	

Fonte: DNIT, 2003





41	1640											x						
42	1680																	
43	1720																	
44	1760											x						
45	1800											x						
46	1840											x						
47	1880											x				x		
48	1920											x				x		
49	1960											x	x	x				
50	2000											x						
51	2040											x						
52	2080											x						
53	2120											x						
54	2160											x						
55	2200											x						
56	2240																	
57	2280											x						
58	2320											x						
59	2360											x						
60	2400											x						
61	2440											x						
62	2480											x						
63	2520											x		x				
64	2560											x						
65	2600											x						
66	2640											x						
67	2680											x						
68	2720											x						
<b>TOTAL</b>		4				4	1	0	1	1	58	1	13	3	0	0		