



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE UM TRECHO DA RUA  
FRANCISCO VICENTE FERREIRA PELOS MÉTODOS DO IGG  
E DO PCI**

**PAULO VITOR ANASTÁCIO NETO**

Uberlândia, 3 de julho de 2019

PAULO VITOR ANASTÁCIO NETO

**AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE UM TRECHO DA RUA  
FRANCISCO VICENTE FERREIRA PELOS MÉTODOS DO IGG  
E DO PCI**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil (FECIV), da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito exigido para a conclusão do curso de Engenharia Civil.

**Orientador:** Prof. Dr. Rodrigo Pires Leandro

Uberlândia, 3 de julho de 2019

## **FOLHA DE ASSINATURAS**

PAULO VITOR ANASTÁCIO NETO

### **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

PRIMEIRO SEMESTRE DE 2019

Através do termo de compromisso firmado por mim, Paulo Vitor Anastácio Neto, aluno do Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil, na Universidade Federal de Uberlândia, fica firmada a realização da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso.

**Orientador:** Prof. Dr. Rodrigo Pires Leandro

Assinaturas:

---

Paulo Vitor Anastácio Neto – Aluno

---

Dr. Rodrigo Pires Leandro – Professor Orientador

Uberlândia, 3 de julho de 2019

**AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE UM TRECHO DA RUA FRANCISCO VICENTE  
FERREIRA PELOS MÉTODOS DO IGG E DO PCI**

**PAULO VITOR ANASTÁCIO NETO**

TRABALHO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DA FACULDADE  
DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA COMO  
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE  
ENGENHEIRO CIVIL

Aprovado em: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Banca Examinadora - Assinaturas:

---

Dr. Rodrigo Pires Leandro – Professor Orientador

---

Dr.<sup>a</sup> Raquel Naiara Fernandes Silva – Examinadora UFU

---

M.<sup>a</sup> Lorayne Cristina da Silva Alves – Examinadora UFU

Uberlândia, 3 de julho de 2019

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por ter me dado forças para vencer cada obstáculo e nunca desistir dos meus sonhos. Ele tem sido meu guia desde sempre, iluminando meu caminho e atendendo minhas orações para ser melhor a cada dia, como pessoa e profissional.

Agradeço aos membros da minha família por todo o apoio prestado, nas dificuldades que apareceram em meu caminho se fizeram meus alicerces, me ajudando, me motivando, me encorajando e principalmente, me amando incondicionalmente.

Agradeço especialmente ao meu pai, que se fez presente quando precisei de ajuda para a realização deste trabalho, que não foi nada fácil. Muito obrigado pai, por todo cuidado que tem comigo, por não só acreditar em meus sonhos, mas também por vivê-los comigo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rodrigo Pires Leandro, primeiramente agradeço pela paciência e compreensão para com minhas dificuldades na vida fora da faculdade. Agradeço também pelos conselhos, dicas e críticas, que foram fundamentais não só para a realização deste trabalho, como também para o meu crescimento pessoal e profissional. Levarei comigo todo o ensinamento que a mim foi passado.

Aos meus amigos, que foram como minha família durante meu período de graduação, meu eterno obrigado por nunca me deixarem sozinho. Levarei em minha mente e em meu coração cada conhecimento compartilhado. Vocês me ajudam a acreditar que existem pessoas que buscam não apenas o bem próprio, mas também o bem do próximo, seja em questões pessoais ou profissionais.

Aos professores, técnicos, e toda a equipe responsável pela manutenção das atividades da Universidade Federal de Uberlândia, meu obrigado. É graças ao trabalho de todos vocês que temos a oportunidade de buscar um futuro melhor.

## RESUMO

A Rua Francisco Vicente Ferreira, localizada na zona leste de Uberlândia, apresenta fluxo de veículos leves, servindo como acesso à Universidade Federal de Uberlândia, aos bairros Progresso, Santos Dumont e Santa Mônica, e também à Avenida João Naves de Ávila, que é uma das vias arteriais da cidade. Devido à quantidade de defeitos que se evidenciam no pavimento, fez-se necessária a avaliação funcional desta via, sendo essa uma importante atividade em um Sistema de Gerência de Pavimentos. No intuito de se conhecer a situação da superfície do pavimento, realizou-se, primeiramente, uma revisão bibliográfica sobre os tipos de pavimentos existentes, com foco no comportamento dos pavimentos flexíveis concebidos em revestimento asfáltico sobre base granular, bem como os tipos de defeitos que podem ocorrer neste tipo de pavimento ao longo do tempo, devido à solicitação do tráfego e à ação do clima. Posteriormente, foi feita a avaliação funcional através do método do Índice de Gravidade Global (IGG), especificado pela norma DNIT 006/2003-PRO, e também pelo método do *Pavement Condition Index* (PCI), que segue o método da USACE (1982). A rua em estudo foi concebida em pista dupla, e os resultados indicam maior grau de deterioração na pista de acesso ao campus e à Avenida João Naves de Ávila, justamente pelo maior fluxo de veículos. Outro fator que implica no grau de deterioração da pista é a sua menor altitude, gerando maior volume de água pluvial a ser drenada, algo que contribui para a perda de qualidade dos materiais constituintes do pavimento. Além da avaliação da condição superficial, fez-se uma análise comparativa entre os métodos, e concluiu-se que o IGG refletiu melhor a situação geral do pavimento, onde uma das pistas apresenta mais defeitos em relação à outra. No entanto, o método do PCI fornece diagnóstico mais preciso sobre a severidade, extensão e quantidade de defeitos existentes. Por fim, concluiu-se que o método do IGG é mais recomendado na gerência de pavimentos em nível de rede, por apresentar execução mais rápida e simples. Já o método do PCI é mais recomendado na gerência de pavimentos em nível de projeto, devido à sua análise detalhada da superfície do pavimento.

*Palavras-chave:* avaliação funcional, índice global de gravidade, *pavement condition index*, manutenção e reabilitação.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do trabalho.....	14
Figura 2 - Variação da serventia com o tempo.....	15
Figura 3 - Distribuição de tensões nos diferentes tipos de pavimento .....	17
Figura 4 - Camadas constituintes de um pavimento flexível .....	18
Figura 5 - Brita graduada simples .....	21
Figura 6 - Brita corrida.....	21
Figura 7 - Macadame hidráulico .....	21
Figura 8 - Macadame seco .....	22
Figura 9 - Solo-brita .....	22
Figura 10 - Concreto asfáltico usinado a quente .....	24
Figura 11 - Camada porosa de atrito .....	24
Figura 12 - Stone matrix asphalt .....	24
Figura 13 - Microrrevestimento asfáltico.....	25
Figura 14 - Tratamento superficial.....	25
Figura 15 - Deformação em pavimentos flexíveis .....	26
Figura 16 - Tensões provocadas por uma carga de roda em um pavimento flexível.....	27
Figura 17 - Trinca isolada transversal longa .....	29
Figura 18 - Trinca isolada longitudinal longa .....	30
Figura 19 - Trinca de retração .....	30
Figura 20 - Trinca tipo couro de jacaré com erosão.....	30
Figura 21 - Trinca tipo bloco com erosão .....	31
Figura 22 - Afundamento plástico nas trilhas de roda .....	32
Figura 23 - Afundamento de consolidação nas trilhas de roda .....	32
Figura 24 - Afundamento de consolidação nas trilhas de roda .....	33
Figura 25 - Escorregamento .....	33
Figura 26 - Exsudação.....	34
Figura 27 - Desgaste.....	34
Figura 28 - Panela ou buraco.....	35
Figura 29 - Remendo profundo .....	36
Figura 30 - Segregação.....	36
Figura 31 - Bombeamento de finos .....	37

Figura 32 - Falha de bico espargidor.....	37
Figura 33 - Desnível entre pista e acostamento.....	37
Figura 34 - Localização das seções avaliadas pelo método do IGG .....	39
Figura 35 - Localização das seções avaliadas pelo método do PCI.....	45
Figura 36 - Exemplo de curva do valor de dedução para o defeito Couro de Jacaré.....	46
Figura 37 - Curvas para determinação do VDC .....	47
Figura 38 - Extensão da rua selecionada a ser avaliada .....	52
Figura 39 - Características da rua selecionada .....	53
Figura 40 - Gráficos dos valores de dedução para cada tipo de defeito identificado nas seções..	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Codificação e classificação das fendas .....	38
Tabela 2 - Codificação e classificação de outros defeitos.....	38
Tabela 3 - Valor dos fatores de ponderação .....	42
Tabela 4 - Condição do pavimento em função do IGG.....	43
Tabela 5 - Defeitos considerados e forma de medição para o PCI .....	44
Tabela 6 - Condição do pavimento em função do PCI .....	47
Tabela 7 - Análise comparativa entre os métodos do IGG e do PCI .....	48
Tabela 8 - Análise comparativa entre os métodos do IGG e do PCI .....	50
Tabela 9 - Dados do trecho avaliado pelo método do IGG .....	54
Tabela 10 - Dados do trecho avaliado pelo método do PCI.....	54
Tabela 11 - Cálculo do IGG para a pista 1 .....	56
Tabela 12 - Cálculo do IGG para a pista 2 .....	57
Tabela 13 - Classificação atribuída ao pavimento pelo método do PCI .....	57
Tabela 14 - Classificações atribuídas ao pavimento pelos métodos do IGG e do PCI .....	60

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
1.1 Histórico .....	12
1.2 Objetivos e Fluxograma do Trabalho .....	13
1.3 Justificativa .....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 Definição de Pavimento.....	16
2.2 Tipos de Pavimentos.....	16
2.3 Pavimentos Flexíveis.....	17
2.3.1 Camadas Constituintes.....	18
2.3.2 Materiais Utilizados em Pavimentos Flexíveis.....	20
2.3.2.1 Materiais para Base, Sub-base e Reforço do Subleito .....	20
2.3.2.2 Revestimento .....	22
2.3.3 Comportamento Mecânico de Pavimentos Flexíveis.....	25
2.3.4 Tipos de Defeitos .....	27
2.4 Método de Cálculo do IGG .....	39
2.5 Método de Cálculo do PCI .....	43
2.6 IGG <i>versus</i> PCI.....	48
3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	52
3.1 Local de Estudo .....	52
3.2 Levantamento pelo Método do IGG .....	53
3.3 Levantamento pelo Método do PCI.....	54
3.4 Considerações sobre a Escolha das Áreas Avaliadas .....	55
4 RESULTADOS .....	55

4.1 Método do IGG.....	55
4.2 Método do PCI.....	57
4.3 Análise Comparativa .....	59
5 CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS .....	62
ANEXO A - Modelo de Planilha de Inspeção de Campo para o Método do IGG.....	64
ANEXO B - Modelo de Planilha de Cálculo do IGG .....	66
ANEXO C - Modelo de Planilha de Inspeção de Campo para o Método do PCI.....	68
ANEXO D - Modelo de Planilha de Cálculo do PCI.....	70
ANEXO E - Curvas para Obtenção dos Valores de Dedução e do Valor de Dedução Corrigido	72
APÊNDICE A - Levantamento dos Defeitos pelo Método do IGG .....	77
APÊNDICE B - Planilhas de Cálculo do IGG para cada Pista .....	82
APÊNDICE C - Planilhas de Cálculo do PCI para cada Seção .....	85

# 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o principal sistema logístico consta no transporte rodoviário, designado principalmente ao transporte de cargas e passageiros. Segundo dados da Confederação Nacional de Transportes (CNT) em 2018, o país conta com uma rede de 1.720.700 quilômetros de estradas e rodovias nacionais, das quais apenas 105.814 quilômetros estão pavimentados, com 34% em situação regular e 16% em ruim ou péssima condição.

No que diz respeito ao desenvolvimento socioeconômico de um país, os meios de transporte são indispensáveis, pois garantem que a população tenha acesso à educação, à saúde, ao trabalho, ao lazer e convívio social, atividades essas que se intensificam ainda mais nas regiões urbanas. Dito isto, se faz necessário que as malhas rodoviárias apresentem boas condições de tráfego, garantindo conforto e segurança ao usuário.

A partir do momento em que as rodovias urbanas são concebidas, inicia-se o processo de deterioração das mesmas devido às solicitações do tráfego e às ações do clima. Para possibilitar o melhor aproveitamento possível dessas vias, é preciso haver um planejamento de Manutenção e Reabilitação para manter a qualidade dos pavimentos aceitável, evitando a necessidade de gastos excessivos com reparos ou reconstruções.

Tendo em vista que os problemas gerados pela ocorrência de defeitos nas faixas de rolamento das vias pavimentadas afetam diretamente as atividades da população, reforça-se a necessidade de aplicação de métodos cujo objetivo seja analisar a condição dos pavimentos, e também determinar o melhor momento para a manutenção e reabilitação dos mesmos, gerando assim economia de recursos.

## 1.1 HISTÓRICO

A história da pavimentação está diretamente ligada à evolução da civilização humana. Na Pré-História, o estilo de vida nômade era predominante nas sociedades antigas, onde o homem sobrevivia da caça aos animais e coleta de alimentos da natureza, e quando os recursos locais se esgotavam, migravam para outras regiões para sobreviverem.

Com o passar do tempo, os grupos nômades desenvolveram habilidades, passando a dominar a prática agrícola. Desta forma, as pequenas sociedades passaram a viver de forma fixa, o que culminou no aumento da população, pois a sobrevivência foi melhor assegurada.

Portanto, a história da humanidade até os dias atuais, resumidamente, passou pelo povoamento dos continentes, disputas por conquistas territoriais, necessidade de intercâmbio comercial, cultural e religioso, urbanização e desenvolvimento. Isto foi possível através da construção de vias de transporte, conectando as civilizações remotas, seja por razões econômicas, militares ou de integração regional. Desde os tempos antigos até a Idade Contemporânea, o transporte foi se convertendo em um dos pilares do desenvolvimento humano, fortemente ligado à qualidade de vida de uma sociedade. Ao longo do tempo foram desenvolvidas técnicas de manutenção e reabilitação das redes utilizadas, mas não de gerenciamento.

Frente à necessidade de gerência dos pavimentos, os primeiros resultados de pesquisas na área começaram com publicações de Ronald Hudson, no ano de 1968 na Universidade do Texas, com experimentos desenvolvidos na AASHTO (*American Association State Highway and Transportation Officials*). Também foram desenvolvidos nessa época pesquisas relacionadas à gerência de pavimentos aeroportuários, feitas pela *Canadian Good Roads Association* com supervisão de Hutchinson e Wilkins (HAAS et al., 1974).

Já no âmbito rodoviário, ocorreu, a partir de 1980, um crescente interesse no desenvolvimento e aplicação de um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) por parte de diversos órgãos rodoviários, principalmente pelos seguintes fatores: necessidade de manutenção oportuna e adequada da rede rodoviária; exigências dos órgãos financiadores visando melhores resultados; escassez dos recursos a serem aplicados em contraste com a crescente deterioração da rede viária; e o efeito direto da condição do pavimento nos custos operacionais dos veículos e no tempo de viagem.

No Brasil, a aplicação do SGP foi impulsionada no fim da década de 1990, e posteriormente na década de 2010, devido aos grandes avanços tecnológicos desenvolvidos para otimizar a coleta e processamento de dados.

## **1.2 OBJETIVOS E FLUXOGRAMA DO TRABALHO**

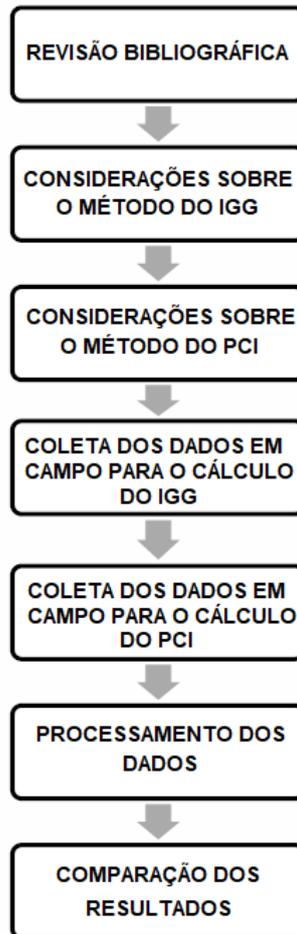
O objetivo geral deste Trabalho de Conclusão de Curso é realizar avaliações funcionais na Rua Francisco Vicente Ferreira, localizada no bairro Santa Mônica, na cidade de Uberlândia – MG. As avaliações serão realizadas através dos seguintes métodos:

- Índice de Gravidade Global (IGG);
- Pavement Condition Index (PCI);

De posse dos resultados obtidos após a aplicação dos diferentes métodos de avaliação, os resultados serão comparados e discutidos

O presente trabalho seguiu o fluxograma ilustrado na Figura 1:

Figura 1 - Fluxograma do trabalho



Fonte: Autor (2019)

### 1.3 JUSTIFICATIVA

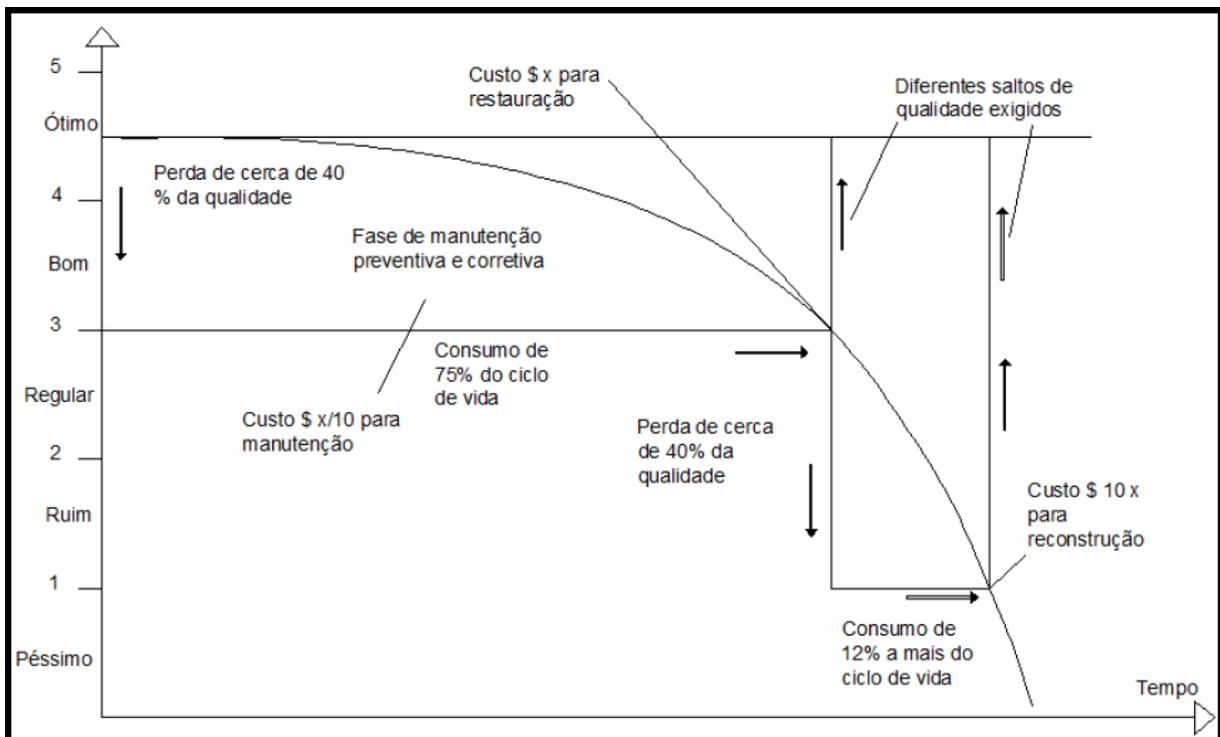
Os pavimentos rodoviários constituem um valioso patrimônio, portanto devem ser preservados através de atividades de manutenção e reabilitação em momentos oportunos. O custo global de um pavimento deve ser analisado não somente como o de implantação, mas também considerar o de manutenção e o do usuário. Enquanto os custos de construção são conhecidos, os de manutenção são parcialmente e os do usuário são ignorados e desprezados na maioria das vezes (MOTTA, 1995).

Dito isto, a existência de um sistema de gerência de pavimentos é imprescindível para a tomada de decisões, pois busca alcançar a melhor aplicação possível dos recursos públicos disponíveis, que geralmente são escassos nos órgãos encarregados.

Segundo Nishiyama e Domingues (1995), reabilitar estradas em condições regulares e ruins exigem custos mais expressivos quando comparados com os custos de manutenção. Com a falta de manutenção, os trechos já deteriorados irão piorar suas condições, enquanto que os trechos em boas condições tenderão a transformar-se em regulares, acarretando em mais gastos com manutenção. Os autores ainda classificam como os principais custos rodoviários devido à recuperação de rodovias: reconstrução do pavimento, recapeamento, lama asfáltica, tratamento preventivo, remendos e rotinas de manutenção.

A AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) definiu as equações de desempenho de pavimentos através do critério de ruptura por serventia (Balbo, 2007). A qualidade de rolamento é avaliada na escala de zero a cinco, em função do tempo decorrido, como pode-se observar na Figura 2.

Figura 2 - Variação da serventia com o tempo



Fonte: Balbo (2007)

Nota-se que os custos de manutenção crescem exponencialmente em relação à degradação do pavimento, e que na falta de manutenção no momento oportuno, o pavimento irá se degradar com maior intensidade, acarretando em excessivos de recursos.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 DEFINIÇÃO DE PAVIMENTO**

Segundo Bernucci et al. (2006), pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

No que diz respeito à utilização, o pavimento deve apresentar uma superfície regular e aderente. Ao melhorar a qualidade de rolamento, é proporcionada uma redução nos custos operacionais dos usuários, visto que a integridade dos veículos está diretamente relacionada às condições da superfície do pavimento. Outro fator a ser considerado é a significativa redução do tempo de viagem, pois uma superfície regular possibilita o tráfego em velocidades maiores. Já a aderência do pavimento promove maior segurança por auxiliar na redução de acidentes.

### **2.2 TIPOS DE PAVIMENTOS**

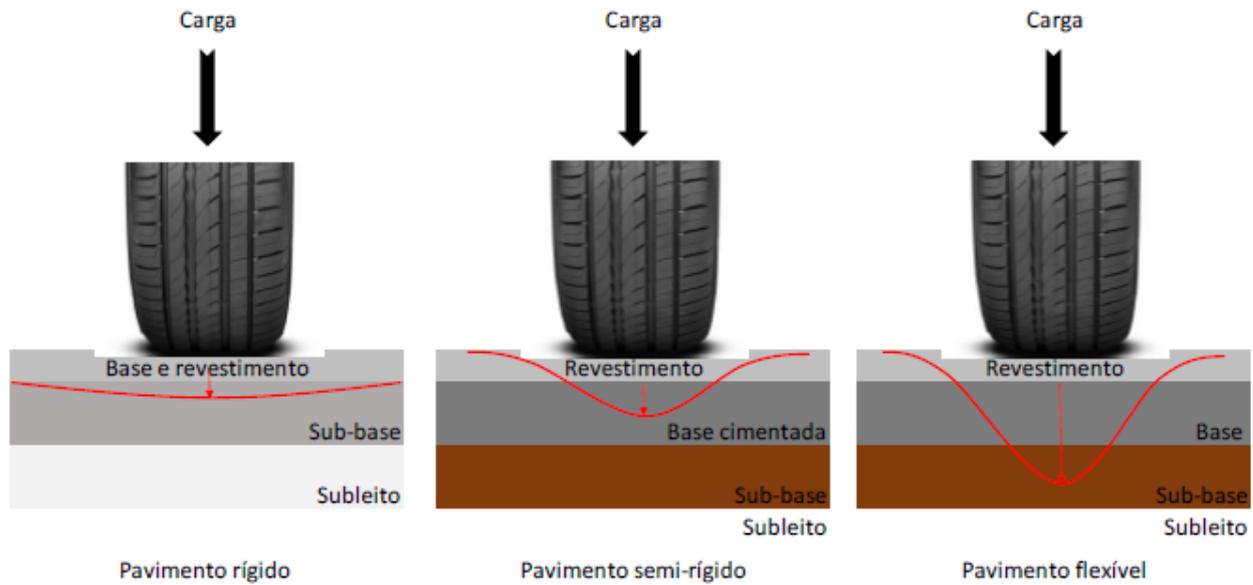
Os pavimentos podem ser classificados em três grupos distintos, de acordo com seu comportamento mecânico. São eles: flexíveis, semirrígidos e rígidos.

O DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) define os tipos de pavimento existentes:

- Pavimento flexível: aquele em que a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas, pois todas elas sofrem deformação elástica significativa quando submetidas ao carregamento aplicado, geralmente constituído de revestimento asfáltico sob base granular;
- Pavimento semirrígido: caracteriza-se por possuir base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias e revestimento flexível, tendo uma deformabilidade maior que os pavimentos rígidos e menor que os pavimentos flexíveis;
- Pavimento rígido: aquele no qual o revestimento, geralmente constituído por placas de concreto de cimento, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento por possuir elevada rigidez em relação às camadas inferiores.

Pode-se observar na Figura 3 os diferentes comportamentos dos pavimentos descritos anteriormente, quando submetidos às tensões provenientes do tráfego.

Figura 3 - Distribuição de tensões nos diferentes tipos de pavimento



Fonte: Departamento de Transportes e Obras de Terra, FATEC-SP (2018)

Observa-se que as classificações estão associadas aos tipos de materiais empregados em cada camada. Alguns autores não fazem uso do termo semi-rígido para classificar pavimentos com presença de base cimentada, apresentando duas classes: rígidos e flexíveis.

Yoder e Witzak (1975) fornecem um critério que trata da forma como os esforços aplicados são distribuídos no subleito, não fazendo uso das terminologias de pavimento rígido e/ou pavimento flexível. Como ilustrado na Figura 2, uma carga atuante sobre um pavimento flexível estabelece um campo de tensões concentrado nas proximidades do ponto de aplicação desta, enquanto que em um pavimento rígido verifica-se um campo de tensões bem mais distribuído ao longo da estrutura.

### 2.3 PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

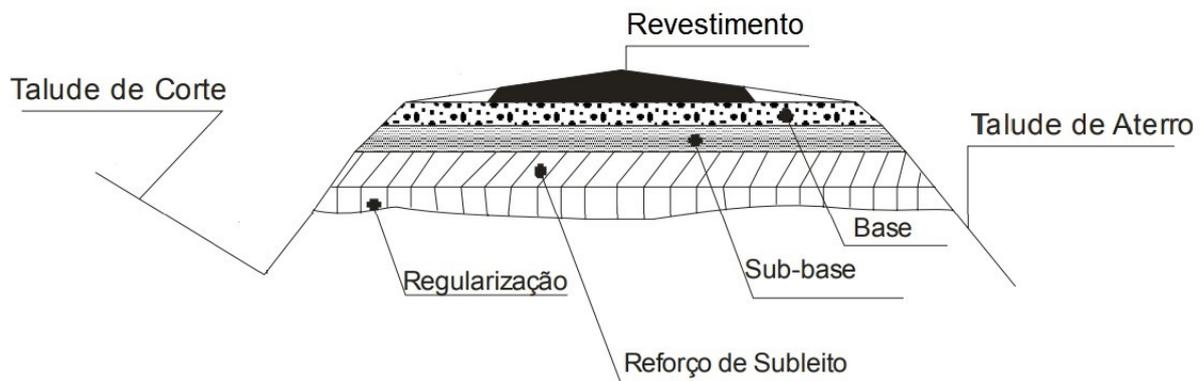
Um pavimento flexível é basicamente uma estrutura de camadas concebidas acima do terreno natural, também chamado de subleito. Quais camadas serão necessárias e também suas espessuras são determinadas em função da qualidade e regularidade do terreno natural, bem como do tráfego esperado para o pavimento.

Neste tipo de pavimento, a camada de revestimento é essencialmente realizada com material asfáltico, enquanto que as camadas inferiores são concebidas em material granular, e a resistência pode variar de acordo com as espessuras adotadas. Como mencionado no Item 2.2, a absorção dos esforços se dá de forma dividida entre as camadas, gerando tensões verticais concentradas próximas ao ponto de aplicação de carga.

### 2.3.1 CAMADAS CONSTITUINTES

De acordo com Balbo (2007), cada camada do pavimento possui uma ou mais funções específicas, que devem proporcionar aos veículos condições adequadas de rolamento e suporte, em qualquer ação climática. A Figura 4 ilustra um corte na seção transversal de um pavimento, evidenciando as camadas constituintes da estrutura.

Figura 4 - Camadas constituintes de um pavimento flexível



Fonte: Guia da Engenharia (2019)

As definições e funções das camadas de um pavimento flexível são:

- **Subleito:** é o terreno de fundação onde será apoiado todo o pavimento e constitui a camada mais fraca de toda a estrutura. Dependendo de sua qualidade, pode ser necessário a construção de um reforço para o subleito. O material que constitui o terreno deve apresentar Índice de Suporte Califórnia (ISC) maior ou igual a 2%, expansão máxima de 2% e grau de compactação mínimo de 100% do Proctor Normal. Caso as especificações não sejam atendidas, é necessária a substituição do solo em espessuras definidas por estudos geotécnicos.

- **Regularização do Subleito:** segundo o DNIT (2006), esta não constitui propriamente uma camada de pavimento, mas tem a função de dar à superfície do subleito as características geométricas do pavimento acabado, no que fiz respeito à inclinação transversal e superelevação nas curvas. Pode ser feita através do corte ou aterro do subleito, com espessura determinada em projeto.
- **Reforço do Subleito:** quando necessária, é a camada construída acima do subleito regularizado, com características técnicas superiores às do subleito e inferiores às da sub-base. Geralmente é empregada quando não é viável técnica ou economicamente a construção de uma sub-base e uma base mais espessas, servindo como camada complementar à sub-base e auxiliando na distribuição dos esforços verticais ao subleito. O material utilizado deve apresentar ISC superior ao do subleito e expansão máxima de 1%.
- **Sub-base:** camada complementar à base, geralmente empregada quando não é aconselhável construir a base acima da regularização ou reforço do subleito, e que também auxilia na resistência aos esforços verticais por ser constituída de material com características tecnológicas superiores em relação às camadas inferiores, permitindo a diminuição da espessura da camada de base e gerando economia de recursos. O material utilizado deve apresentar ISC maior ou igual a 30% e expansão máxima de 1%.
- **Base:** é uma das camadas mais importantes, localizada abaixo do revestimento e que deve apresentar alta rigidez para fins de suporte estrutural, dissipando as tensões verticais provenientes do tráfego e as distribuindo nas camadas inferiores. O material utilizado deve apresentar ISC maior ou igual a 80% e expansão máxima de 1%.
- **Revestimento:** é a camada que recebe diretamente a ação do tráfego de veículos e do clima, destinada a prover as melhores condições de rolamento possíveis quanto à comodidade e à segurança, e também resistir aos esforços verticais e horizontais atuantes no pavimento, bem como possuir alta impermeabilidade e resistência ao contato pneu-pavimento. É a camada cujo material apresenta o maior custo na estrutura, no entanto sua espessura deve ser respeitada para garantir a resistência prevista em projeto.

## **2.3.2 MATERIAIS UTILIZADOS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS**

### **2.3.2.1 MATERIAIS PARA BASE, SUB-BASE E REFORÇO DO SUBLEITO**

No Brasil, os materiais mais comumente empregados para composição do reforço do subleito, da base e da sub-base de um pavimento asfáltico podem ser classificados conforme seu comportamento frente aos esforços atuantes em: materiais granulares e solos, materiais estabilizados quimicamente ou cimentados, e materiais asfálticos.

Os materiais granulares não trabalham à tração, resistindo somente aos esforços de compressão e apresentando coesão aparente por sucção quando saturados. Já os solos também resistem à compressão, porém a coesão gerada pela presença de fração fina confere a este material uma pequena resistência à tração.

Os materiais granulares e solos estabilizados com cimento, cal ou outro aditivo apresentam significativo aumento de rigidez, proporcionando maior resistência à tração e à compressão quando comparados com seu estado natural. Já as misturas asfálticas possuem alta coesão, proporcionada pela ligação entre agregados e partículas com ligante asfáltico, e apresentam elevada resistência à tração, e por isso são enquadrados em classe diferente dos solos e dos materiais cimentados.

Os materiais mais utilizados nas camadas de base, sub-base e reforço do subleito para um revestimento asfáltico e que conferem ao pavimento um comportamento flexível são:

- Estabilizados granulometricamente: solo estabilizado granulometricamente, brita graduada simples (BGS), brita corrida, solo-brita, solo-areia e solo arenoso fino laterítico.
- Estabilizados com asfalto: solo-betume e macadame betuminoso.
- Tipo macadame: macadame hidráulico e macadame seco.

Pode-se observar nas Figuras 5 a 9 a seguir, alguns dos materiais citados.

Figura 5 - Brita graduada simples



Fonte: Bernucci et al. (2006)

Figura 6 - Brita corrida



Fonte: Central de Triagem e Reciclagem – São Paulo (2019)

Figura 7 - Macadame hidráulico



Fonte: Bernucci et al. (2006)

Figura 8 - Macadame seco



Fonte: Bernucci et al. (2006)

Figura 9 - Solo-brita



Fonte: Prefeitura do Município de Mercedes (2019)

### 2.3.2.2 REVESTIMENTO

Como citado anteriormente, o revestimento deve receber as cargas provenientes do tráfego, sejam elas estáticas ou dinâmicas, de forma que, sendo executado corretamente, garanta os requisitos de impermeabilidade, flexibilidade, estabilidade, durabilidade, resistência à derrapagem, resistência à fadiga e ao trincamento térmico, de acordo com o clima e o tráfego previstos para o local. Nos pavimentos asfálticos flexíveis, tais condições são viáveis devido às misturas asfálticas presentes na composição do Concreto Asfáltico (CA).

O revestimento asfáltico, geralmente, é formado pela combinação de ligante asfáltico e agregado mineral, (pó de pedra, brita, mistura asfáltica), podendo conter ainda material de preenchimento (fíler mineral), aditivos, etc.

Os diversos tipos de revestimento são classificados de acordo com o modo de fabricação e o tipo de ligante utilizado, sendo eles:

- **Misturas Usinadas a Quente:** mistura de agregados de vários tamanhos e cimento asfáltico, preparadas em usinas, podendo ser subdivididas pela graduação dos agregados e filer. As graduações são densa (Exemplo: concreto asfáltico – CA, mais utilizada no Brasil), aberta (Exemplo: camada porosa de atrito - CPA) ou descontínua (Exemplo: *stone matrix asphalt* - SMA).
- **Misturas Usinadas a Frio (PMF):** misturas usinadas de agregados graúdos, miúdos e de enchimento, misturados com emulsão asfáltica de petróleo (EAP) à temperatura ambiente. Podem ter graduação densa ou aberta.
- **Misturas *In Situ* em Usinas Móveis:** misturas relativamente fluidas, processadas em usinas móveis especiais que promovem a mistura agregados-ligante imediatamente antes da colocação no pavimento. Exemplos: lama asfáltica e microrrevestimento asfáltico.
- **Misturas Asfálticas Recicladas:** concebidas através do processo de reutilização de misturas asfálticas envelhecidas e deterioradas, aproveitando os agregados e ligantes remanescentes com acréscimo de agentes rejuvenescedores, espuma de asfalto, CAP ou EAP novos, e também aglomerantes hidráulicos.
- **Tratamento Superficial:** aplicação de ligante asfáltico e agregados na pista sem mistura prévia, com posterior compactação para recobrimento parcial e adesão.

As Figuras 10 a 14 a seguir ilustram alguns dos tipos de revestimentos citados.

Figura 10 - Concreto asfáltico usinado a quente



Fonte: Safar Terraplenagem LTDA (2017)

Figura 11 - Camada porosa de atrito



Fonte: Técnica Pini (2009)

Figura 12 - Stone matrix asphalt



Fonte: Texas A&M Transportation Institute (2012)

Figura 13 - Microrrevestimento asfáltico



Fonte: Web Artigos (2014)

Figura 14 - Tratamento superficial



Fonte: Prefeitura do Município de Macapá (2017)

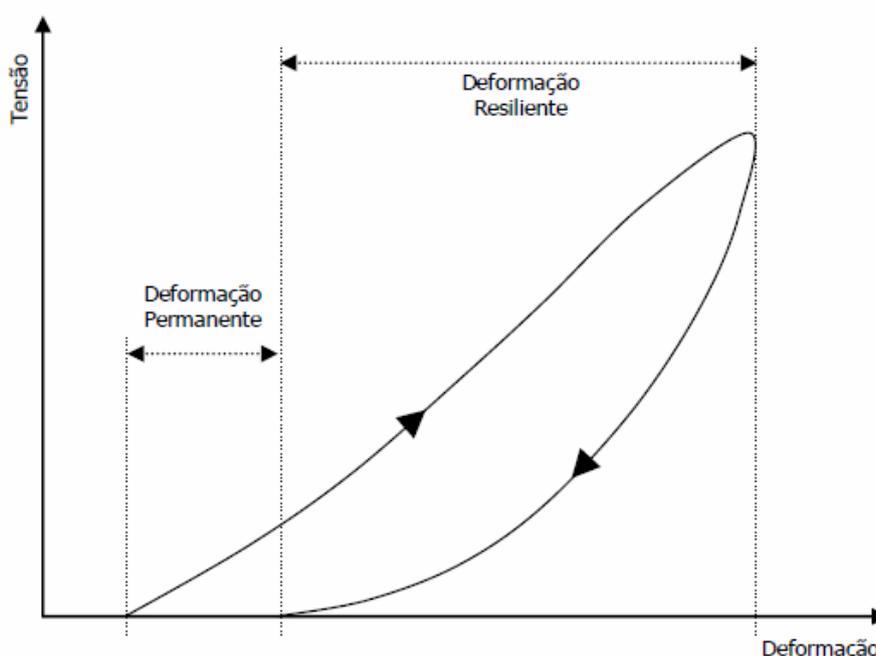
### 2.3.3 COMPORTAMENTO MECÂNICO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Nos pavimentos flexíveis, as camadas de revestimento e base absorvem a grande maioria das tensões e deformações geradas pelo tráfego, aliviando as tensões verticais de compressão no subleito. O pavimento deve ser projetado para suportar as ações a ele impostas ao longo da sua vida de projeto, e o cálculo dos esforços na estrutura pode ser realizado por meio da teoria da elasticidade, conhecendo-se as propriedades mecânicas dos materiais e a caracterização do tráfego atuante, para então determinar as espessuras das camadas.

Ao longo do tempo, com as repetições de carga, as tensões e deformações devido aos esforços de compressão, atuando constantemente em todas as camadas do pavimento, darão

origem aos afundamentos nas trilhas de roda (também conhecidos como deformação permanente), devido ao acúmulo de deformações plásticas que ocorrem nas camadas, principalmente no subleito. Já o revestimento asfáltico resistirá à tração nas fibras inferiores, e por ser um material termoviscoplastico, sofrerá deformações com as ações do tráfego e da temperatura, deformações essas que serão compostas por uma parcela plástica (permanente) e uma parcela elástica (resiliente) (Figura 15), ou seja, parte das deformações será recuperada após o alívio de pressão. A repetição de deformações resilientes no pavimento são responsáveis pelo trincamento por fadiga.

Figura 15 - Deformação em pavimentos flexíveis

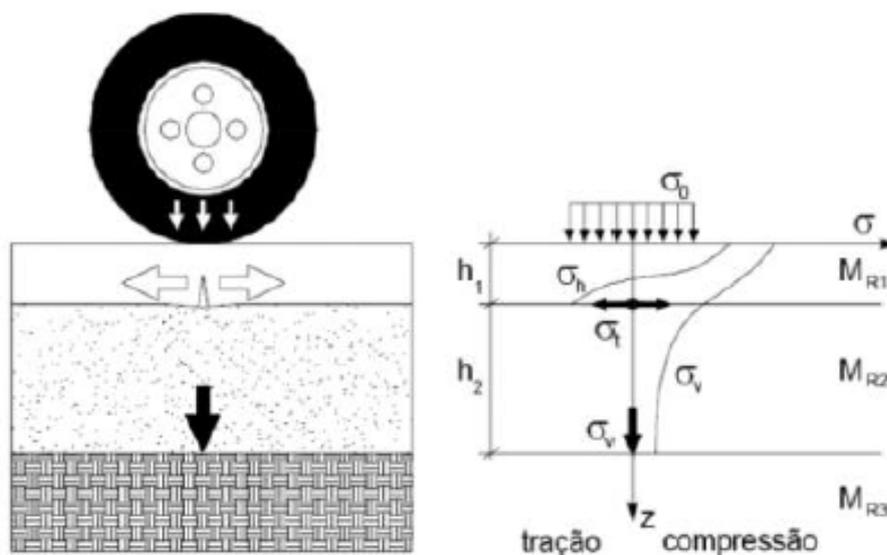


Fonte: Felipe Augusto (apud. Lekarp et al., 2000)

Ao se projetar um pavimento deve-se determinar o estado de tensões e de deformações atuantes, e compatibilizá-lo com o estado de tensões e deformações admissíveis para uma determinada vida de projeto. Para previsões confiáveis de deflexão do pavimento, é fundamental que o solo do subleito seja caracterizado adequadamente no que diz respeito ao seu comportamento resiliente, especialmente quanto à variação do seu módulo de resiliência ( $M_R$ ) com o estado de tensões, pois o subleito tende a ser a camada que mais contribui na ocorrência de deflexões.

A Figura 16 a seguir ilustra o comportamento mecânico das camadas que constituem um pavimento flexível, as quais possuem módulos de resiliência distintos, que estão diretamente relacionados às propriedades mecânicas de cada material.

Figura 16 - Tensões provocadas por uma carga de roda em um pavimento flexível



Fonte: Carlos Filipe (apud. MEDINA E MOTTA, 2005)

#### 2.3.4 TIPOS DE DEFEITOS

No decorrer da vida útil dos pavimentos, a estrutura fica suscetível ao surgimento de diversos tipos de defeitos, que estão diretamente ligados aos materiais empregados, ao comportamento mecânico, à magnitude da solicitação do tráfego, às ações do clima e à qualidade na execução do pavimento, características essas que são particulares de cada estrutura. Segundo o DNIT (2006), a avaliação dos defeitos na superfície dos pavimentos é uma das informações mais importantes para se ter conhecimento da situação atual do pavimento, e também auxilia de forma eficiente na tomada de decisões em um Sistema de Gerência de Pavimentos.

Os defeitos em pavimentos flexíveis podem ocorrer a médio ou longo prazo, devido às ações do tráfego e do intemperismo. No entanto, podem aparecer também precocemente, comprometendo a vida de projeto do pavimento, principalmente devido a erros ou inadequações na concepção. Os principais erros ou inadequações que podem ocorrer na execução são: erros de projeto, erros ou inadequações na seleção, na dosagem ou na produção do material, erros ou inadequações construtivas, e erros ou inadequações nas alternativas de conservação e manutenção.

Para a classificação dos defeitos, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes traz uma listagem com a nomenclatura dos defeitos na norma DNIT 005/2003 – TER, que define os termos técnicos empregados em defeitos que ocorrem em pavimentos flexíveis e semirrígidos, que serão apresentados e ilustrados a seguir.

**1. Fendas:** descontinuidade na superfície do pavimento que conduz a aberturas de menor ou maior porte, podendo apresentar diversas formas.

**1.1. Fissuras:** fendas de espessura capilar, no sentido longitudinal, transversal ou oblíquo, que podem ser vistas sem aparelhagem a uma distância inferior a 1,5 m. Por serem defeitos de mínima magnitude, não causam problemas funcionais no revestimento e são desconsideradas quanto à gravidade nos métodos atuais de avaliação.

**Principais Causas:**

- Má dosagem do asfalto, excesso de finos no revestimento.
- Compactação em momento inadequado ou excessiva.

**1.2. Trincas:** fendas com abertura superior à das fissuras, de fácil identificação à vista sem aparelhagem, podendo ser isoladas ou interligadas. Também recebem as classificações FC-1, FC-2 e FC-3, dependendo da abertura (maior ou menor que 1,0 mm) e da presença ou não de erosão nas bordas.

**1.2.1. Trincas Isoladas**

**a) Trincas Transversais:** trinca na direção predominantemente ortogonal ao eixo da pista. Quando menores que 1 m, são denominadas curtas, e quando maiores que 1 m, longas.

**b) Trincas Longitudinais:** trinca na direção predominantemente paralela ao eixo da via. Quando menores que 1 m, são denominadas curtas, e quando maiores que 1 m, longas.

**c) Trincas de Retração:** trinca atribuída aos fenômenos de retração térmica do material do revestimento ou do material da camada rígida ou semirrígida abaixo do revestimento.

**Principais Causas:**

- Contração da capa asfáltica causada devido a baixas temperaturas ou ao endurecimento do asfalto.
- Propagação de trincas nas camadas inferiores à do revestimento.

- Má execução da junta longitudinal de separação entre as duas faixas de tráfego e desnivelamento para trincas longitudinais.

### 1.2.2. Trincas Interligadas

**a) Trincas tipo “Couro de Jacaré”:** conjunto de trincas interligadas sem direções definidas, se assemelhando ao aspecto do couro de jacaré. Podem ou não apresentar erosão nas bordas.

**Principais Causas:**

- Contração da capa asfáltica, devido à alternância entre altas e baixas temperaturas
- Baixa resistência à tração da mistura asfáltica.

**b) Trincas tipo “Bloco”:** conjunto de trincas interligadas com a aparência de blocos com lados bem definidos. Podem ou não apresentar erosão nas bordas.

**Principais Causas:**

- Colapso do revestimento devido ao impacto do tráfego.
- Subdimensionamento ou má qualidade da estrutura ou de uma das camadas do pavimento.
- Baixa capacidade de suporte do solo.
- Envelhecimento do pavimento.
- Asfalto duro ou quebradiço.

Figura 17 - Trinca isolada transversal longa



Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER

Figura 18 - Trinca isolada longitudinal longa



Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER

Figura 19 - Trinca de retração



Fonte: Bernucci et al. (2006)

Figura 20 - Trinca tipo couro de jacaré com erosão



Fonte: Bernucci et al. (2006)

Figura 21 - Trinca tipo bloco com erosão



Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER

**2. Afundamento:** deformação permanente manifestada na forma de depressão da superfície do pavimento, acompanhada ou não de solevamento e podendo ser plástica ou por consolidação.

**2.1. Afundamento Plástico:** causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhada de solevamento. Quando menor que 6 m é denominado afundamento plástico local, e quando maior que 6 m ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda.

**Principais Causas:**

- Deformação de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito.
- Falha na dosagem de mistura asfáltica – excesso de ligante asfáltico.
- Falha na seleção do tipo de revestimento asfáltico para a carga solicitante.

**2.2. Afundamento de Consolidação:** afundamento causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, não acompanhada de solevamento. Quando menor que 6 m é denominado afundamento de consolidação local, e quando maior que 6 m ao longo da trilha de roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda.

**Principais Causas:**

- Deformação de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito.
- Enfraquecimento dos materiais utilizados abaixo do revestimento.
- Compactação inadequada.
- Problemas de drenagem.

Figura 22 - Afundamento plástico nas trilhas de roda



Fonte: Confederação Nacional de Transporte (2017)

Figura 23 - Afundamento de consolidação nas trilhas de roda



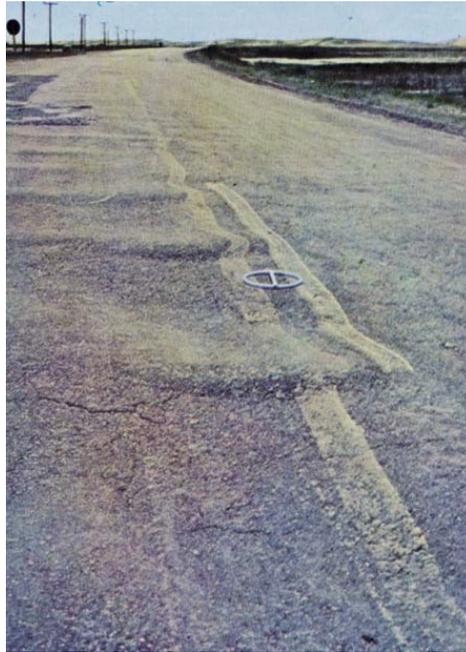
Fonte: Bernucci et al. (2006)

**3. Ondulação ou Corrugação:** deformações caracterizadas por corrugações transversais ou ondulações na superfície do pavimento.

**Principais Causas:**

- Falta de estabilidade da mistura asfáltica.
- Excessiva umidade do solo do subleito.
- Contaminação da mistura asfáltica.
- Falta de aeração das misturas líquidas de asfalto.

Figura 24 - Afundamento de consolidação nas trilhas de roda



Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER

4. **Escorregamento:** deslocamento do revestimento em relação à camada inferior do pavimento, com o surgimento de fendas em forma de meia-lua.

**Principais Causas:**

- Falta de limpeza entre o revestimento e a camada inferior.
- Baixa resistência da massa asfáltica.
- Má execução da pintura de ligação.

Figura 25 - Escorregamento



Fonte: Confederação Nacional de Transporte (2017)

5. **Exsudação:** excesso de material betuminoso que aparece na superfície do pavimento, criando um brilho vítreo, devido à migração do ligante por meio do revestimento.

**Principais Causas:**

- Excessiva quantidade de ligante.
- Baixo conteúdo de vazios.

Figura 26 - Exsudação



Fonte: Confederação Nacional de Transporte (2017)

6. **Desgaste:** arrancamento progressivo do agregado do pavimento, causando aspereza superficial do revestimento.

**Principais Causas:**

- Falhas de adesividade ligante-agregado.
- Presença de água aprisionada e sobreposição em vazios da camada de revestimento, gerando deslocamento de ligante.
- Deficiência no teor de ligante.
- Problemas executivos ou de projeto de misturas.

Figura 27 - Desgaste



Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER

7. **Panela ou Buraco:** cavidades que se formam no revestimento com tamanhos variados, podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento.

**Principais Causas:**

- Trincas por excesso de uso.
- Desintegração localizada na superfície do pavimento.
- Deficiência na compactação.
- Umidade excessiva em camadas de solo.
- Falha na imprimação.

Figura 28 - Panela ou buraco



Fonte: Confederação Nacional de Transporte (2017)

8. **Remendo:** panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimentação, sendo classificado em profundo ou superficial. É considerado um defeito por apontar um local de fragilidade e por provocar impacto ao conforto no rolamento, principalmente se for mal executado.

**8.1. Remendo Profundo:** aquele em que há substituição do revestimento e de uma ou mais camadas inferiores, geralmente em forma retangular.

**8.2. Remendo Superficial:** correção localizada da superfície do revestimento com camada betuminosa.

**Principais Causas:**

- Excesso de tráfego.
- Emprego de material de má qualidade.
- Ação do meio ambiente.
- Má construção.

Figura 29 - Remendo profundo



Fonte: Confederação Nacional de Transporte (2017)

Além dos defeitos citados anteriormente, Senço (2001) afirma que existem outros tipos de defeitos que não mencionados na norma do DNIT, como por exemplo:

- Segregação
- Bombeamento de finos
- Falha de bico espargidor
- Saturação da base
- Falhas de borda
- Trincas de borda próximas ao acostamento e parabólicas
- Desnível entre pista e acostamento
- Polimento de agregados

As Figuras 30 a 33 a seguir ilustram alguns desses defeitos.

Figura 30 - Segregação



Fonte: Bernucci et al. (2006)

Figura 31 - Bombeamento de finos



Fonte: Bernucci et al. (2006)

Figura 32 - Falha de bico espargidor



Fonte: Bernucci et al. (2006)

Figura 33 - Desnível entre pista e acostamento



Fonte: Eliete Marques/G1 (2013)

Estão reproduzidos nas Tabelas 1 e 2, a classificação das trincas e a codificação adotada para todos os defeitos definidos pela norma do DNIT.

Tabela 1 - Codificação e classificação das fendas

FENDAS			CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras			FI	-	-	-
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
	De Retração		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem Erosão	J	-	FC-2	-
		Com Erosão	JE	-	-	FC-3
	"Bloco"	Sem Erosão	TB	-	FC-2	-
		Com Erosão	TBE	-	-	FC-3

Fonte: DNIT 005/2003 – TER

Tabela 2 - Codificação e classificação de outros defeitos

OUTROS DEFEITOS			CODIFICAÇÃO
Afundamento	Plástico	Local	ALP
		Da Trilha	ATP
	De Consolidação	Local	ALC
		Da Trilha	ATC
Ondulação/Corrugação			O
Escorregamento			E
Exsudação			EX
Desgaste			D
Panela			P
Remendo	Superficial		RS
	Profundo		RP

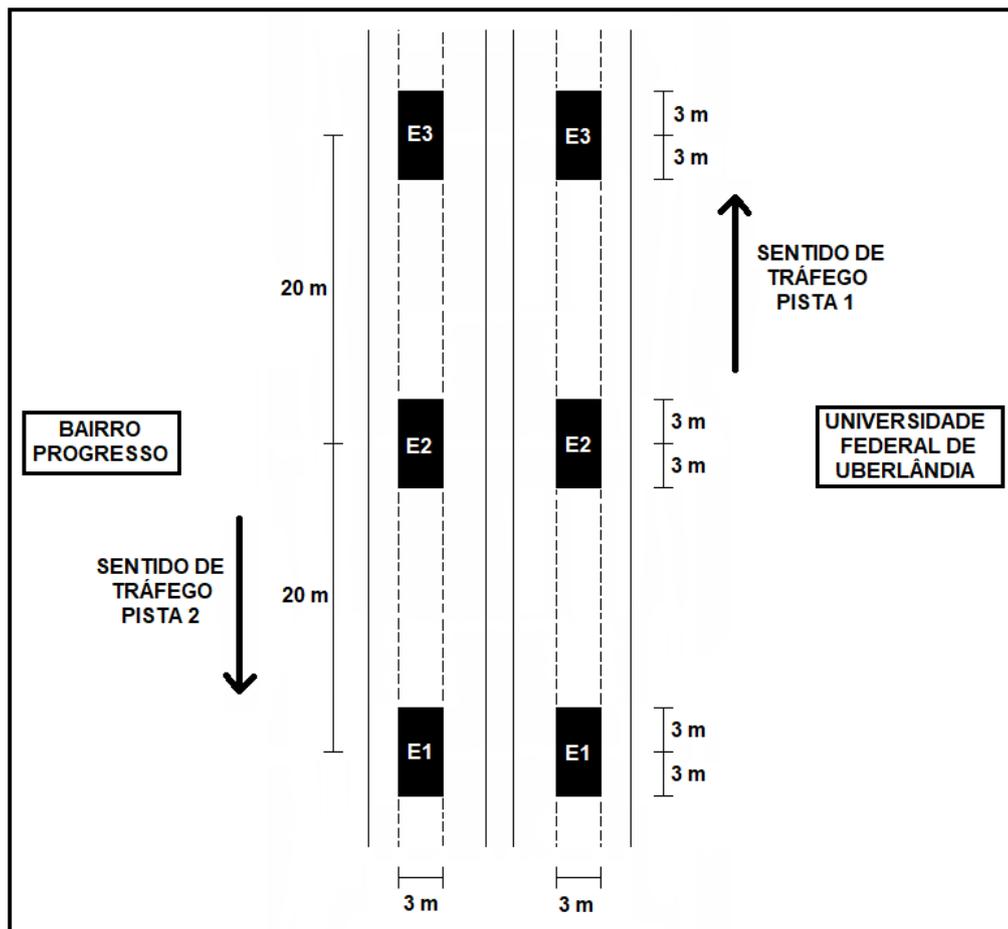
Fonte: DNIT 005/2003 – TER

## 2.4 MÉTODO DE CÁLCULO DO IGG

O Índice de Gravidade Global (IGG) tem seu método de cálculo definido pela norma DNIT 006/2003-PRO, bem como os equipamentos que devem ser utilizados para a coleta de dados e demarcação das áreas a serem inventariadas. IGG é calculado atribuindo-se pesos ou fatores de ponderação a cada defeito observado na superfície, com o objetivo de caracterizar sua influência sobre a serventia do pavimento.

No caso de vias em pista dupla, as estacas devem ser demarcadas de 20 em 20 m, na faixa mais solicitada da pista, enquanto que a área é delimitada por uma seção transversal 3 m à ré da estaca, uma seção transversal 3 m avante da estaca e pelo eixo de separação das faixas interna e externa.

Figura 34 - Localização das seções avaliadas pelo método do IGG



Fonte: Autor (2019)

Para identificação dos defeitos, deve-se adotar a definição e codificação da norma DNIT 005/2003-TER, anotando as ocorrências observadas no Formulário de Inventário (ver Anexo A) e calculando o valor do IGG pela planilha de cálculo (ver Anexo B), ambos disponibilizados pela

norma DNIT 006/2003-PRO. Também deve ser anotado o tipo de seção de terraplenagem em que a estação se encontra.

De posse do formulário devidamente preenchido em campo, dá-se início ao cálculo do IGG. Para efeito de cálculo, deve-se considerar os seguintes tipos de ocorrência:

- Tipo 1 – Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR);
- Tipo 2 – FC-2 (J e TB);
- Tipo 3 – FC-3 (JE e TBE);
- Tipo 4 – ALP e ATP;
- Tipo 5 – O, P e E;
- Tipo 6 – EX;
- Tipo 7 – D;
- Tipo 8 – R.

- **Frequências Absolutas e Relativas**

Frequência absoluta é o número de vezes que a ocorrência foi observada, e através deste valor obtêm-se a frequência relativa pela Equação 1.

$$f_r = \frac{f_a \times 100}{n} \quad (1)$$

Onde:

$f_r$  = frequência relativa;

$f_a$  = frequência absoluta;

$n$  = número de estações inventariadas.

- **Parâmetros para as Flechas Medidas**

Deve-se calcular a média aritmética da média das flechas na trilha externa e da média das flechas na trilha interna do segmento, e também a média da variância das flechas na trilha externa e da variância das flechas na trilha interna do segmento, através das Equações a seguir.

- Para o cálculo da média aritmética F:

$$FRI = \frac{\sum FRI_i}{n} \quad (2)$$

$$FRE = \frac{\sum FRE_i}{n} \quad (3)$$

$$F = \frac{FRE + FRI}{2} \quad (4)$$

Onde:

$FRI_i$  = flecha individual da trilha interna do segmento;

$FRE_i$  = flecha individual da trilha externa do segmento;

$FRI$  = média das flechas da trilha interna do segmento;

$FRE$  = média das flechas da trilha externa do segmento;

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

$n$  = número de estações inventariadas.

➤ Para o cálculo da média da variância FV:

$$FRI_v^2 = \frac{\sum (FRI_i - FRI)^2}{n - 1} \quad (5)$$

$$FRE_v^2 = \frac{\sum (FRE_i - FRE)^2}{n - 1} \quad (6)$$

$$FV = \frac{FRE_v^2 + FRI_v^2}{2} \quad (7)$$

Onde:

$FRI_i$  = flecha individual da trilha interna do segmento;

$FRE_i$  = flecha individual da trilha externa do segmento;

$FRI$  = média das flechas da trilha interna do segmento;

$FRE$  = média das flechas da trilha externa do segmento;

$FRI_v^2$  = variância das flechas medidas na trilha interna do segmento;

$FRE_v^2$  = variância das flechas medidas na trilha externa do segmento;

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

$n$  = número de estações inventariadas.

- **Índice de Gravidade Individual (IGI)**

O cálculo do IGI deve ser realizado consultando-se os fatores de ponderação (Tabela 3) de cada uma das ocorrências inventariadas, através da Equação 8.

$$IGI = f_r \times f_p \quad (8)$$

Onde:

$f_r$  = frequência relativa;

$f_a$  = fator de ponderação;

Tabela 3 - Valor dos fatores de ponderação

OCORRÊNCIA TIPO	CODIFICAÇÃO DE ACORDO COM A NORMA DNIT 005/2003-TER	FATOR DE PONDERAÇÃO
1	FC-1 (FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE) NOTA: Quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipo 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para cálculo da frequência relativa e do IGI. No caso de ocorrências tipo 1 e 2, considerar apenas as do tipo 2.	0,8
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0,9
5	O, P, E	1
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO

Para o cálculo de IGI devido a F e FV deve-se considerar:

Quando  $F \leq 30$ ,  $IGI_F = F \times \frac{4}{3}$ ; Quando  $F > 30$ ,  $IGI_F = 40$

Quando  $FV \leq 50$ ,  $IGI_{FV} = FV$ ; Quando  $FV > 50$ ,  $IGI_{FV} = 50$

- **Índice de Gravidade Global**

De posse de todos os valores de IGI referentes às ocorrências inventariadas no pavimento, calcula-se o valor de IGG, que é a somatória de todos os valores de IGI obtidos. (Equação 9).

$$IGG = \sum IGI \quad (9)$$

Com o valor de IGG obtido, é possível a atribuição de um conceito de degradação ao pavimento consultando-se a Tabela 4, conforme a norma do DNIT.

Tabela 4 - Condição do pavimento em função do IGG

<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	<b>LIMITES</b>
<b>Ótimo</b>	$0 < \text{IGG} \leq 20$
<b>Bom</b>	$20 < \text{IGG} \leq 40$
<b>Regular</b>	$40 < \text{IGG} \leq 80$
<b>Ruim</b>	$80 < \text{IGG} \leq 160$
<b>Péssimo</b>	$\text{IGG} \geq 160$

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO

## 2.5 MÉTODO DE CÁLCULO DO PCI

Este método foi desenvolvido inicialmente para pavimentos aeroportuários, através de estudos realizados por Shahin do *Construction Engineering Reserach Laboratory* (CERL), e publicado em 1979 pelo *United States Army Corps of Engineers* (USACE) por meio do documento CERL-TR-M-268. Posteriormente foi adaptado para vias em pavimentos asfálticos e concreto de cimento, através de estudos, pesquisas e experiências realizadas pelos engenheiros especialistas da USACE.

Segundo Gonçalves (1999), a avaliação da superfície pavimentada compreende registrar a extensão, frequência e severidade dos defeitos existentes na superfície. Deste modo, os defeitos devem ser descritos sob os seguintes parâmetros:

- Tipo de defeito: trincas, remendos, panelas, escorregamento de massa, desgaste, exsudação, entre outros;
- Severidade: baixa, média ou alta, retrata o grau de influência do efeito no pavimento;
- Frequência: distribuição da ocorrência do defeito ao longo do trecho em estudo;
- Extensão: área ocupada pelo defeito.

Os tipos de defeitos e a forma de medição estão dispostos na Tabela 5.

Tabela 5 - Defeitos considerados e forma de medição para o PCI

NÚMERO	DEFEITO	FORMA DE MEDIÇÃO
1	Couro de Crocodilo	Área
2	Exsudação	Área
3	Fissura em Bloco	Metro
4	Elevação/Recalque	Área
5	Corrugação	Área
6	Afundamento Localizado	Área
7	Fissura de Borda	Metro
8	Fissura por Reflexão de Juntas	Metro
9	Desnível Pista/Acostamento	Metro
10	Fissuras Longitudinal e Transversal	Metro
11	Remendo	Área
12	Agregado Polido	Área
13	Panela	Unidade
14	Cruzamento Ferroviário	Área
15	Afundamento de Trilha de Roda	Área
16	Escorregamento de Massa	Área
17	Fissura devido ao Escorregamento de Massa	Área
18	Inchamento	Área
19	Desgaste	Área

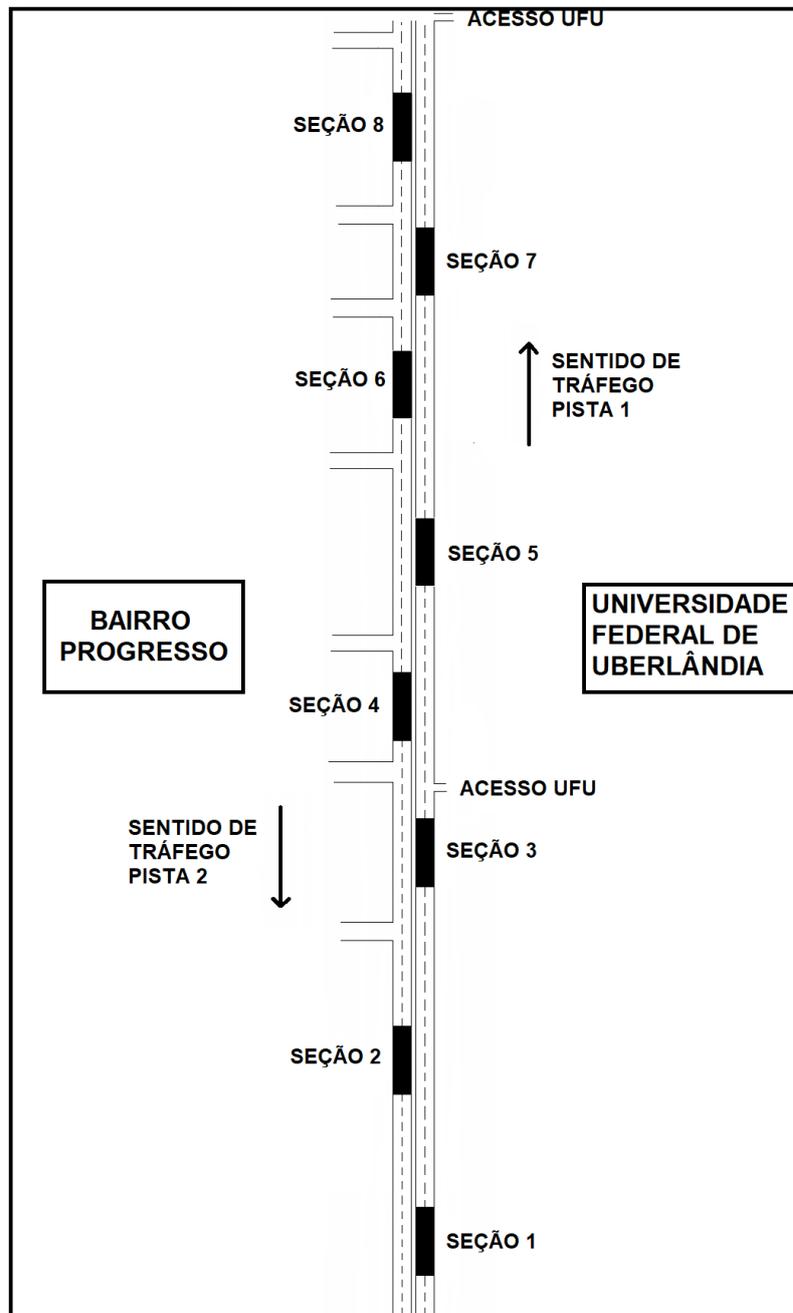
Fonte: APS et al. (1998)

Para a coleta dos dados, o trecho é dividido em segmentos com 225 m<sup>2</sup> de área, em seguida identifica-se os tipos, extensão, quantidade e severidade de cada defeito, anotando-os em uma planilha de inspeção de campo (Anexo C). De posse dos dados, estes são transportados para a planilha de cálculo (Anexo D) para obtenção do valor do PCI do trecho.

A determinação da severidade dos defeitos seguiu o manual de levantamento de defeitos desenvolvido pelo programa SHRP (*Strategic Highway Research Program*), estabelecido em 1987 pelo congresso dos Estados Unidos, no qual vários países participaram, inclusive o Brasil.

Serão inventariadas 8 seções de 30 m de comprimento por 7,5 m de largura, equivalendo a 225 m<sup>2</sup> cada seção. As seções foram alocadas aleatoriamente, alternando-se suas respectivas localizações entre as pistas. Não serão avaliados 0,6 m da faixa interna, pois a presença de galhos de árvores no acostamento e a existência de tráfego atuante na via dificultam a medição dos defeitos naquela área. A Figura 35 ilustra a localização das mesmas.

Figura 35 - Localização das seções avaliadas pelo método do PCI



Fonte: Autor (2019)

Com os dados coletados em campo, dá-se início ao cálculo do PCI da seguinte forma:

- **Cálculo do VDC (Valor de Dedução Corrigido)**

O VDC é calculado através da equação 10:

$$VDC = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{m_i} a(T_j, S_i, D_{ij}) \times F(t, q) \quad (10)$$

Onde:

$a()$  = função de perda de capacidade para servir ao tráfego, cujas variáveis independentes são o tipo ( $T_j$ ), nível de severidade ( $S_i$ ) e densidade ( $D_{ij}$ ) do defeito;

$T_j$  = tipos de defeitos;

$S_i$  = níveis de severidade;

$D_{ij}$  = densidades;

$i$  = contador dos tipos de defeitos;

$j$  = contador dos níveis de severidade;

$p$  = número total de tipos de defeitos;

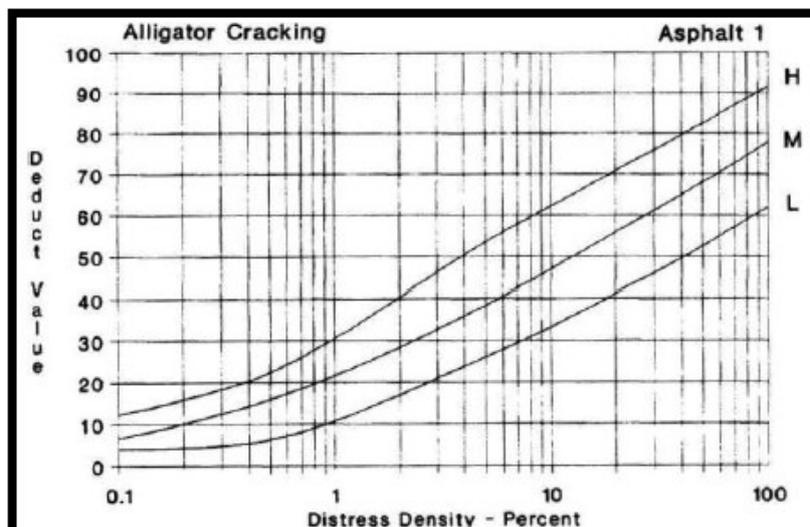
$m_i$  = número do nível de severidade para o  $i$ -ésimo tipo de defeito;

$F(t, q)$  = fator de ajuste para reduzir o efeito do excesso de tipos de defeitos. ( $t$ ) depende do número de funções ( $a$ ), e ( $q$ ) é o número de valores numéricos de funções ( $a$ ) maiores que 5.

Obtém-se os valores de dedução para cada defeito em função do tipo, severidade e extensão do defeito, o que representa a influência que o mesmo expressa sobre a condição do pavimento, podendo variar de 0 (não prejudicial) a 100 (muito prejudicial). Para determinação dos valores de dedução, o método apresenta curvas para cada tipo de defeito (Anexo E), nas quais se ingressa com a respectiva densidade e severidade para determinar o valor deduzido (VD), onde os valores deduzidos maiores que 5 são somados calculando o valor deduzido total (VDT), e o valor de ( $q$ ) representa o número de valores VD. Em seguida, de posse dos valores de ( $q$ ) e VDT, calcula-se o valor de dedução corrigido (VDC) por meio de uma curva de ajuste.

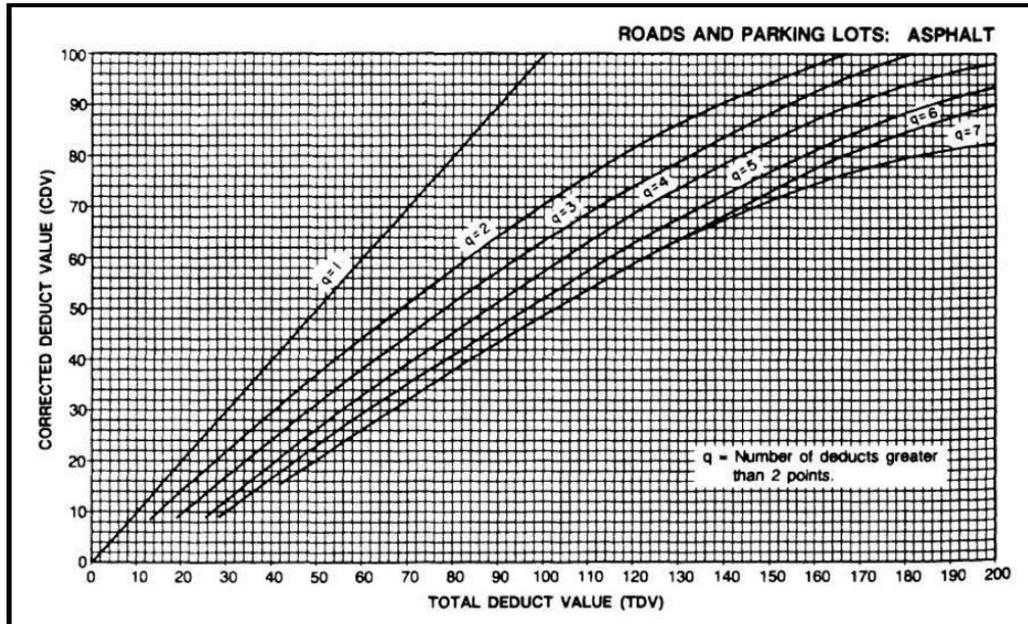
A seguir é possível observar um exemplo de curvas para determinação do valor deduzido (VD) e a curva de correção para obtenção do valor de dedução corrigido (VDC), nas Figuras 36 e 37.

Figura 36 - Exemplo de curva do valor de dedução para o defeito Couro de Jacaré



Fonte: Mauê Foloni (apud. Shahin, 2005)

Figura 37 - Curvas para determinação do VDC



Fonte: Mauê Foloni (apud. Shahin, 2005)

- **Cálculo do PCI**

Por fim, calcula-se o valor do PCI através da expressão matemática representada na Equação 11:

$$PCI = 100 - VDC \quad (11)$$

Em função do valor obtido para o PCI no trecho considerado, o pavimento é classificado de acordo com a Tabela 6:

Tabela 6 - Condição do pavimento em função do PCI

CLASSIFICAÇÃO	LIMITES
Excelente	100 - 86
Muito Bom	85 - 71
Bom	70 - 56
Regular	55 - 41
Ruim	40 - 26
Muito Ruim	25 - 11
Péssimo	10 - 0

Fonte: APS et al. (1998)

## 2.6 IGG *VERSUS* PCI

Os métodos do IGG e do PCI, apesar de possuírem algumas classificações similares, estão sujeitos a fornecerem diagnósticos diferentes devido à sua forma de aplicação. A seguir serão apresentados dois estudos de caso, os quais avaliaram pavimentos asfálticos flexíveis pelos dois métodos, não apenas com o objetivo de avaliar o pavimento, mas também de comparar as metodologias através da análise dos resultados, bem como destacar a importância técnica e prática destes métodos de avaliação.

- **ESTUDO DE CASO 1**

**Título do Artigo:** Análise Comparativa de Metodologias de Avaliação de Pavimentos Através do IGG e do PCI

**Autores:** Suyanne Alves Vieira, Antônio Adilson EufRASINO de Pinho Júnior, Francisco Heber Lacerda de Oliveira e Marcos Fábio Porto de Aguiar.

Este artigo foi concebido com o intuito de avaliar os pavimentos flexíveis localizados no campus da Universidade de Fortaleza – UNIFOR, em novembro de 2016. A via escolhida para estudo foi concebida em pista simples, tendo 423 m de extensão e apresentando grande fluxo de veículos diário. Como a pista apresenta alterações em sua caixa (largura total da pista), foi dividida em 21 estações pelo método do IGG, e para o método do PCI foram escolhidas 4 seções de forma aleatória para análise. Pode-se observar na Tabela 7 a análise comparativa entre os resultados dos métodos.

Tabela 7 - Análise comparativa entre os métodos do IGG e do PCI

MÉTODO	IGG	PCI
Valor	34,65	54,23
Conceito	Bom	Regular
Número de Amostras	21	4
Área Amostral	20,64 m <sup>2</sup>	225 m <sup>2</sup>
Área Total Avaliada	408 m <sup>2</sup>	900 m <sup>2</sup>
Defeitos Encontrados	Trincas transversais curtas (FC-1), trincas longitudinais curtas (FC-1), trincas longitudinais longas (FC-1), trincas isoladas (FC-1), trincas couro de jacaré (FC-2), afundamentos de trilha de roda, desgaste, remendo.	Agregado polido, desgaste, afundamentos de trilha de roda, fissuras longitudinal e transversal.

O conceito obtido pelo método do IGG reflete a recente recuperação da via, porém a deficiência do método em quantificar os defeitos e suas severidades é nítida. No entanto, alguns defeitos observados pelo método do IGG não foram detectados pela avaliação do PCI, pois ficaram fora das 4 amostras selecionadas. Os autores ainda ressaltam que os métodos divergem na quantidade de tipos de defeitos, bem como as nomenclaturas, que em muitas vezes descrevem defeitos de mesma morfologia e gênese.

No que diz respeito à análise comparativa dos métodos, o IGG refletiu melhor a situação da via pois defeitos importantes não foram considerados pelo PCI. No entanto, o método do PCI mostra-se mais completo e apropriado, por considerar a extensão, severidade e quantidade dos defeitos observados.

Neste trabalho, os autores concluíram que o método do IGG se mostra mais adequado para avaliações imediatas e em grandes extensões, devido à sua fácil e rápida aplicação, sendo essa sua única vantagem em relação ao método do PCI, que por sua vez é mais adequado para aplicação em extensões menores, e exige maior aparato para que seja feito um levantamento satisfatório. Devido ao seu nível de detalhamento quanto aos defeitos, o diagnóstico do método do PCI pode auxiliar na quantificação de recursos para manutenção do pavimento, como por exemplo o volume de tapa-buracos ou extensões de remendos.

- **ESTUDO DE CASO 2**

**Título do Trabalho:** Avaliação Superficial de Pavimentos Asfálticos em Vias Urbanas Utilizando o Método do PCI

**Autores:** Marcia Aps, José Tadeu Baldo e Andréa Arantes Severi.

Este trabalho foi realizado com o intuito de avaliar os pavimentos flexíveis localizados na Cidade de Santos, litoral do Estado de São Paulo, em outubro de 1998. Foram selecionadas 10 vias na zona leste da cidade, as quais foram divididas em 19 segmentos homogêneos após uma prévia avaliação pelo método do IGG. Já na avaliação pelo método do PCI, foram inventariadas 132 seções no total.

Considerando a classificação “Regular” como requisito mínimo para o conforto, segurança e economia do usuário, verificou-se que entre os 19 segmentos homogêneos avaliados, 9 devem ser rejeitados pelo método do PCI e 12 pelo método do IGG, pois apresentaram classificações inferiores a “Regular”, como se pode observar na Tabela 8.

Tabela 8 - Análise comparativa entre os métodos do IGG e do PCI

Via	Tipo	Identificação do Logradouro	IGG		PCI		
			Valor	Conceito	Amostras Aleatórias	Valor	Conceito
1	Avenida	Ana Costa					
		Segmento 1	88	Mau	7	37	Ruim
		Segmento 2	37	Regular	5	47	Regular
		Segmento 3	68	Regular	3	44	Regular
		Segmento 4	44	Regular	3	37	Ruim
	Segmento 5	58	Regular	5	48	Regular	
2	Avenida	Bartolomeu de G.					
		Segmento Único	211	Péssimo	5	37	Ruim
3	Rua	Campos Mello					
		Segmento 1	16	Bom	9	95	Excelente
		Segmento 2	11	Bom	11	91	Excelente
		Segmento 3	46	Regular	10	67	Bom
4	Rua	Cóchrane, Dr.					
		Segmento 1	101	Mau	10	30	Ruim
		Segmento 2	188	Péssimo	8	36	Ruim
5	Avenida	Moura Ribeiro, Dr.					
		Segmento Único	98	Mau	8	18	Muito Ruim
		Segmento Único	192	Péssimo	8	20	Muito Ruim
6	Rua	Ricardo Pinto					
		Segmento Único FB/MDC	239	Péssimo	12	45	Regular
7	Avenida	Saldanha da G., Alm					
		Segmento Único CC/C6	149	Mau	6	32	Ruim
8	Avenida	Saldanha da G., Alm					
		Segmento Único	134	Mau	6	37	Ruim
9	Avenida	Vicente de Carvalho					
		Segmento 1	142	Mau	5	52	Regular
		Segmento 2	197	Péssimo	6	43	Regular
10	Avenida	Wilson, Pres.					
		Segmento Único	103	Mau	5	51	Regular

Fonte: APS et al. (1998)

Após a análise dos resultados, os autores concluíram que 14 dos segmentos avaliados apresentam classificações que podem ser consideradas equivalentes entre os dois métodos. Já os outros 5 segmentos, representados na cor azul na Tabela 8, apresentaram classificações divergentes.

Essas divergências ocorrem devido à forma de aplicação de cada método, pois ambos estão sujeitos a considerar ou não defeitos que podem afetar de forma significativa o cálculo do valor do IGG e do PCI, e por consequência o conceito atribuído a cada segmento avaliado.

Têm-se como exemplo o segmento 4 da Avenida Ana Costa, na qual os defeitos “panelas” e “desgaste” ficaram fora da área avaliada pelo IGG, o que resultou em uma classificação menos adequada para a situação real do pavimento. Já no método do PCI, esses defeitos foram considerados no cálculo, conferindo ao método um diagnóstico mais realista nesse caso. Segundo os autores, isso ocorre devido ao fato de o método do PCI fixar a área de avaliação em 225 m<sup>2</sup>, e quando a via em estudo possui largura pequena, obtém-se grandes comprimentos, e como consequência mais defeitos são identificados pelo método. É importante ressaltar que nesse segmento, todas as 3 seções existentes em sua extensão de 200 m foram inventariadas pelo método PCI, o que auxiliou na precisão do diagnóstico.

Outro exemplo é o segmento único da Rua Ricardo Pinto, na qual 12 de 34 estações foram avaliadas pelo método do PCI. Devido a isso, defeitos importantes ficaram fora das amostras, e a classificação do IGG obteve conceito mais apropriado à situação real.

Na realização deste trabalho, os autores concluíram que a largura da pista pode influenciar no resultado final em ambos os métodos, e que o método do IGG, normalmente, reflete uma tendência mais pessimista por trabalhar com apenas 5 conceitos (Ótimo, Bom, Regular, Ruim e Péssimo), enquanto o método do PCI apresenta 7 conceitos (Excelente, Muito Bom, Bom, Regular, Ruim, Muito Ruim e Péssimo). Os autores ainda ressaltam que ambos os métodos estão sujeitos a deixar de avaliar defeitos importantes, pois o método do IGG impõe espaçamento constante entre as estações de avaliação, enquanto que o método do PCI seleciona de forma aleatória as amostras.

Assim como no Estudo de Caso 1, concluiu-se que o método do IGG é mais apropriado para avaliações imediatas e em grandes extensões, sendo recomendado na gerência de pavimentos em nível de rede, enquanto que o PCI se faz mais adequado para aplicação em pequenos trechos, sendo mais indicado na gerência de pavimentos em nível de projeto, além de auxiliar o projetista na quantificação de recursos para manutenção do pavimento.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 LOCAL DE ESTUDO

O local de avaliação foi a Rua Francisco Vicente Ferreira, situada no bairro Progresso, em Uberlândia, Minas Gerais. A rua é em pista dupla, cada uma dessas pistas apresenta duas faixas de rolamento e uma para estacionamento, onde as faixas de rolamento possuem largura de 3 m e a faixa exclusiva para acostamento possui largura de 2,1 m. O estudo foi realizado em um trecho de 580 m, partindo da rotatória que a une com a Rua João Velasco de Andrade e a Avenida Lázara Alves Ferreira, indo até a entrada de acesso da Universidade Federal de Uberlândia, próximo à reitoria, como ilustrado na Figura 38.

Figura 38 - Extensão da rua selecionada a ser avaliada



Fonte: Google Maps (2019)

Esta rua é uma das principais vias de acesso à Universidade Federal de Uberlândia, portanto possui grande volume de tráfego diário de veículos leves. É importante considerar também que a via em questão é uma das mais utilizadas para acesso à Avenida João Naves de Ávila, e no sentido contrário, para acesso aos bairros Progresso, Santa Mônica e Santos Dumont.

Na escolha da rua em estudo foram considerados os segmentos que apresentavam características semelhantes, tais como, textura, tipo de estrutura, tipo de revestimento, relevo, intensidade de defeitos (trincas, pedras, remendos, afundamento, desgastes).

Por fim, definiu-se a extensão de 580 m como sendo um segmento homogêneo, visto que as características citadas são semelhantes em toda a pista. Para a coleta de dados, tanto para o método do IGG quanto para o método do PCI, a pista foi percorrida a pé, no sentido Bairro - Centro.

Figura 39 - Características da rua selecionada



Fonte: Google Maps (2019)

### 3.2 LEVANTAMENTO PELO MÉTODO DO IGG

O levantamento dos defeitos realizado em campo foi feito de acordo com o procedimento descrito no Capítulo 2.4 e encontra-se no Apêndice A, que apresenta as planilhas contendo os tipos de defeitos encontrados em cada uma das estações. Já a planilha de cálculo do valor do IGG para cada uma das pistas encontra-se no Apêndice B. No total, 60 estações foram inventariadas, sendo 30 em cada pista.

Para a demarcação das áreas que foram inventariadas, utilizou-se os seguintes materiais:

- Fita métrica de 20 m;
- Trena de 10 m;
- Giz branco;

Sabendo que a faixa mais solicitada possui 3 m de largura, e que a avaliação foi feita numa extensão de 580 m, foi possível calcular a porcentagem de área avaliada, a qual se encontra na Tabela 9.

Tabela 9 - Dados do trecho avaliado pelo método do IGG

<b>EXTENSÃO DO TRECHO</b>	<b>ÁREA TOTAL INVENTARIADA (2 PISTAS)</b>	<b>ÁREA TOTAL (2 PISTAS)</b>	<b>PORCENTAGEM DE ÁREA INVENTARIADA</b>
580 m	1080 m <sup>2</sup>	9396 m <sup>2</sup>	11,49%

Fonte: Autor (2019)

### 3.3 LEVANTAMENTO PELO MÉTODO DO PCI

O levantamento dos dados foi realizado conforme descrito no Capítulo 2.5. Foi feito um esboço da seção em estudo em cada uma das planilhas de inspeção de campo para facilitar a identificação dos defeitos, não anotando apenas a severidade e a extensão, mas também a localização do defeito na seção. As planilhas de cálculo do valor do PCI para cada seção encontram-se no Apêndice C.

Para a demarcação das áreas que foram inventariadas, utilizou-se os seguintes materiais:

- Fita métrica de 20 m;
- Trena de 10 m;
- Giz branco;

Como as 8 seções avaliadas possuem 7,5 m de largura e 30 m de comprimento, foi possível determinar a porcentagem de área inventariada em relação à área total do pavimento, como indicado na Tabela 10.

Tabela 10 - Dados do trecho avaliado pelo método do PCI

<b>EXTENSÃO DO TRECHO</b>	<b>ÁREA TOTAL INVENTARIADA (2 PISTAS)</b>	<b>ÁREA TOTAL (2 PISTAS)</b>	<b>PORCENTAGEM DE ÁREA INVENTARIADA</b>
580 m	1800 m <sup>2</sup>	9396 m <sup>2</sup>	19,16%

Fonte: Autor (2019)

### **3.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ESCOLHA DAS ÁREAS AVALIADAS**

Conforme descrito nos Capítulos 2.4 e 2.5, o método do IGG avaliou apenas a faixa mais solicitada do pavimento, enquanto que nas seções do método do PCI foram avaliadas as faixas de acostamento, externa (mais solicitada) e apenas 2,4 m da faixa interna (menos solicitada), totalizando uma largura de 7,5 m.

Ao considerar as faixas menos solicitadas, as larguras das seções aleatórias do PCI ficaram maiores, e conseqüentemente os comprimentos das seções diminuiriam, fazendo com que defeitos existentes nos intervalos entre as seções não fossem contabilizados no cálculo, o que contribuiu para uma melhor classificação do pavimento por este método. Se, por exemplo, o PCI fosse aplicado apenas na faixa mais solicitada, as seções teriam 3 m de largura por 75 m de comprimento, equivalendo aos 225 m<sup>2</sup> fixados pelo método, e dessa forma, muitos defeitos existentes nas áreas mais solicitadas teriam sido considerados, e provavelmente a classificação do pavimento pelo método do PCI teria sido similar à classificação do IGG.

Por outro lado, caso o PCI fosse aplicado apenas na faixa mais solicitada, defeitos existentes no acostamento e na faixa interna não teriam sido identificados, e como dito anteriormente, o método do PCI mostra-se mais completo e apropriado na análise de pavimentos, pois seu diagnóstico não só classifica o pavimento, como também auxilia na quantificação de recursos caso seja necessária a execução de reparos nas faixas de rolamento da pista.

Segundo APS et. al. (1998), tanto o método do PCI quanto o método do IGG estão sujeitos a deixar de avaliar defeitos importantes, seja pelo espaçamento constante entre as estações do IGG ou a aleatoriedade na escolha das amostras do PCI.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 MÉTODO DO IGG**

Após uma prévia inspeção detalhada, constatou-se que a rua em estudo não apresenta flechas nas trilhas de roda interna e externa em todas as faixas, em ambos os sentidos. Nas estações de estudo foram encontrados diversos tipos de manifestações patológicas, destacando-se a presença de desgaste em todas as estações inventariadas nas duas pistas. Notou-se grande quantidade de remendos, com ocorrência em 15 estações na pista 1 e em 11 estações na pista 2. Também foi identificada a ocorrência de trincas Tipo 1 em diversas estações nas duas pistas, com

exceção das trincas de retração. Defeitos como escorregamento, ondulações e panelas foram observados em 6 estações na pista 1, e em 4 estações na pista 2.

Defeitos como ondulações, remendos e desgaste não comprometem a estrutura do pavimento, porém afetam diretamente o conforto e a segurança do usuário ao trafegar sobre a via, pois aumentam a irregularidade da superfície do pavimento. A ocorrência de panelas configura um dos estágios mais avançados de defeito no pavimento, e caso não sejam reparadas, permitem a infiltração de grande quantidade de água na estrutura do pavimento, além de ter grande impacto no rolamento sobre a via. Trincas longitudinais e transversais também permitem a infiltração de água na estrutura do pavimento, dependendo de sua profundidade, e devido a isso deve ser feita a selagem das mesmas. Estes defeitos estão diretamente relacionados à má execução, ação do tráfego e drenagem de água na superfície do pavimento.

Analisando-se separadamente as pistas de rolamento, foram obtidos valores diferentes de IGG para cada uma delas. A pista 1 apresenta IGG igual a 100 com classificação “Ruim”, enquanto a pista 2 apresenta IGG igual a 76,7 e classificação “Regular”, de acordo com o critério do DNIT. Os defeitos descritos foram determinantes no cálculo do valor do IGG em ambas as pistas por possuírem os maiores valores de IGI, como se pode observar nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11 – Cálculo do IGG para a pista 1

CÁLCULO DO IGG - PISTA 1					
TIPO	NATUREZA DO DEFEITO	FREQUÊNCIA ABSOLUTA (fa)	FREQUÊNCIA RELATIVA (fr)	FATOR DE PONDERAÇÃO (fp)	ÍNDICE DE GRAVIDADE INDIVIDUAL (IGI)
1	(FC-1) F, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	20	66,67%	0,2	13,33
2	(FC-2) J, TB	3	10%	0,5	5
3	(FC-3) JE, TBE	0	0	0,8	0
4	ALP, ATP	0	0	0,9	0
5	O, P, E	6	20%	1	20
6	E	1	3,33%	0,5	1,67
7	D	30	100%	0,3	30
8	R	15	50%	0,6	30
9	F	TRE. = 0	TRI. = 0	F = 0	0
10	FV	TREv = 0	TRIV = 0	FV = 0	0
NÚMERO DE ESTAÇÕES		n = 30	IGG		<b>100 (RUIM)</b>

Fonte: Autor (2019)

Tabela 12 - Cálculo do IGG para a pista 2

CÁLCULO DO IGG - PISTA 2					
TIPO	NATUREZA DO DEFEITO	FREQUÊNCIA ABSOLUTA (fa)	FREQUÊNCIA RELATIVA (fr)	FATOR DE PONDERAÇÃO (fp)	ÍNDICE DE GRAVIDADE INDIVIDUAL (IGI)
1	(FC-1) F, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	13	43,33%	0,2	8,66
2	(FC-2) J, TB	0	0	0,5	0
3	(FC-3) JE, TBE	1	3,33%	0,8	2,67
4	ALP, ATP	0	0	0,9	0
5	O, P, E	4	13,33%	1	13,33
6	E	0	0	0,5	0
7	D	30	100%	0,3	30
8	R	11	36,67%	0,6	22
9	F	TRE. = 0	TRI. = 0	F = 0	0
10	FV	TREv = 0	TRIV = 0	FV = 0	0
NÚMERO DE ESTAÇÕES		n = 30	IGG		<b>76,7 (REGULAR)</b>

Fonte: Autor (2019)

## 4.2 MÉTODO DO PCI

No que diz respeito aos tipos de defeitos encontrados, destacou-se a presença de desgaste de baixa severidade em toda a área das seções avaliadas, excetuando-se os locais onde havia desgaste de severidade média, remendos ou panelas. Também foi constatada uma grande quantidade de remendos com extensões consideráveis e severidade média, em 6 das 8 seções inventariadas. Outro defeito que se destacou junto aos citados anteriormente são as trincas longitudinais curtas e longas, em sua maioria com severidade média, em todas as seções.

Das 8 seções avaliadas, 4 apresentaram a classificação “Regular”, 2 apresentaram a classificação “Bom” e as outras 2 restantes apresentaram a classificação “Ruim”, com valores de PCI variando de 38 até 65. Analisando-se o pavimento como um todo, a média dos valores de PCI das seções tem valor igual a 51, conferindo ao pavimento a classificação “Regular”, de acordo com o critério do método do PCI.

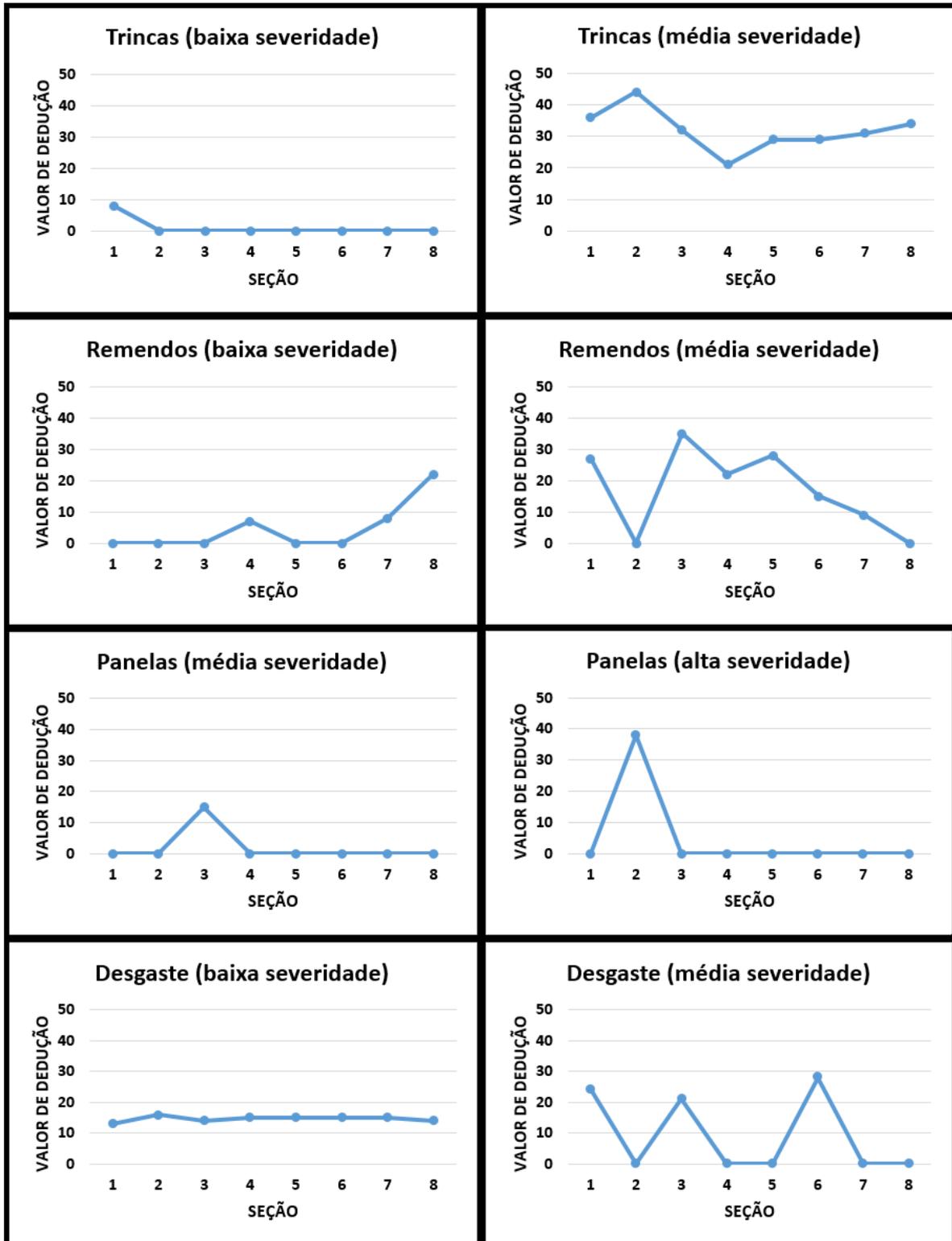
Tabela 13 - Classificação atribuída ao pavimento pelo método do PCI

CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM O PCI								
PISTA	1				2			
	1	3	5	7	2	4	6	8
PCI	43 REGULAR	38 RUIM	54 REGULAR	65 BOM	38 RUIM	64 BOM	50 REGULAR	55 REGULAR
PCI POR PISTA	50 REGULAR				52 REGULAR			

Fonte: Autor (2019)

Como pode-se observar na Figura 40, os defeitos citados anteriormente foram determinantes no cálculo do PCI da via, pois apresentaram os maiores valores de dedução, além de apresentarem ocorrência na maioria das seções avaliadas.

Figura 40 – Gráficos dos valores de dedução para cada tipo de defeito identificado nas seções



### 4.3 ANÁLISE COMPARATIVA

De modo geral, os métodos conferiram ao pavimento estudado classificações diferentes, sendo elas “Ruim” pelo método do IGG, e “Regular” pelo método do PCI. No entanto, as discrepâncias entre os métodos se evidenciam ainda mais na análise individual das pistas da via.

Conforme descrito nas Tabelas 11 e 12, a análise pelo método do IGG conferiu às pistas 1 e 2 classificações consideravelmente diferentes. Enquanto a pista 1 apresentou IGG igual a 100 e classificação “Ruim”, a pista 2 apresentou IGG igual a 76,7 e classificação “Regular”. Nota-se a diferença de 23,3 pontos no valor do IGG entre as pistas.

Já na análise pelo método do PCI, a pista 1 obteve um valor médio de PCI igual a 50 com classificação “Regular”, enquanto que a pista 2 obteve um valor médio de PCI igual a 52 e classificação também “Regular”. Neste caso a diferença é de apenas 2 pontos no valor do PCI, e a classificação das pistas foi similar.

Após a análise dos resultados, concluiu-se que o método do IGG refletiu melhor a situação real da via, onde a pista 1 apresenta grau de deterioração maior do que a pista 2. No entanto, o diagnóstico do IGG carece de informações detalhadas sobre a extensão, severidade e quantidade dos defeitos existentes.

O método do PCI apresentou classificações iguais para as duas pistas, o que não acontece na realidade. Este resultado se deve à largura das pistas avaliadas e o número de seções inventariadas em cada uma delas. De um total de 20 seções por pista, apenas 4 seções foram selecionadas aleatoriamente para análise em cada uma delas. Como a área das seções é fixada em 225 m<sup>2</sup>, pistas com larguras maiores proporcionam áreas com menor comprimento, conseqüentemente o número de seções aumenta. Ao selecionar poucas seções de forma aleatória, defeitos importantes presentes no pavimento não são contabilizados no cálculo.

Embora a classificação pelo método do IGG tenha melhor se aproximado da realidade do pavimento, foi verificada a existência de áreas com classificações diferentes pelo método do PCI. Observando a Tabela 14, têm-se como exemplo as seções 1, 5 e 7 da pista 1, que apresentaram classificações diferentes do método do IGG. Já na pista 2, o mesmo acontece nas seções 2 e 4, que também apresentaram classificações diferentes quando comparadas com a classificação do IGG.

Tabela 14 - Classificações atribuídas ao pavimento pelos métodos do IGG e do PCI

VALORES DE IGG E PCI POR PISTA								
PISTA	1				2			
IGG	100 RUIM				76,7 REGULAR			
SEÇÃO	1	3	5	7	2	4	6	8
PCI	43 REGULAR	38 RUIM	54 REGULAR	65 BOM	38 RUIM	64 BOM	50 REGULAR	55 REGULAR
PCI POR PISTA	50 REGULAR				52 REGULAR			

Fonte: Autor (2019)

Esta diferença de classificações se deve ao fato de o cálculo do PCI considerar a severidade, a densidade e a extensão dos defeitos na via, algo que não acontece no cálculo do IGG. Mesmo com um nível de detalhamento maior, o diagnóstico do PCI não refletiu a real situação do pavimento devido à baixa quantidade de seções inventariadas.

## 5 CONCLUSÕES

Através do levantamento dos defeitos, constatou-se um grau de deterioração mais elevado na pista 1, que além de ser utilizada para acesso ao campus universitário da Universidade Federal de Uberlândia, também serve de acesso à Avenida João Naves de Ávila, que é uma das vias arteriais da cidade de Uberlândia. Como a pista 2 situa-se em uma altitude mais elevada, outro fator responsável pela degradação da pista 1 é a drenagem de um maior volume de água pluvial, pois a exposição contínua a umidade acarreta na degradação da qualidade dos materiais, potencializando a incidência de defeitos como o trincamento e o aumento da irregularidade longitudinal do pavimento.

No que diz respeito aos métodos empregados para a avaliação funcional do pavimento, foi possível concluir que o método de avaliação do IGG é mais adequado quando se deseja um diagnóstico mais imediato, principalmente em grandes extensões, sendo mais indicado na gerência de pavimentos em nível de rede, por apresentar execução mais rápida e simples em relação ao método do PCI. No entanto, seu diagnóstico não é acompanhado de alta precisão, pois carece de informações como a extensão e a quantidade dos defeitos inventariados, apresentando distinção de severidade apenas pela presença ou não de erosão nas trincas.

Já o método de avaliação do PCI se faz mais adequado no estudo de menores extensões, por proporcionar um diagnóstico mais preciso, algo fundamental na tomada de decisões para

manutenção e reabilitação de pavimentos. Sua precisão se deve à análise detalhada na superfície do pavimento, sendo mais indicado na gerência de pavimentos em nível de projeto, pois fornece informações necessárias para a quantificação de recursos a serem empregados nas operações de manutenção e reabilitação, recursos esses que são escassos. A desvantagem do método do PCI em relação ao método do IGG é a significativa demora e maior grau de complexidade na aplicação, principalmente no momento de diagnosticar a correta severidade do defeito observado. Outro fator observado na aplicação do método é a dificuldade na mensuração dos defeitos na presença de tráfego, o que ressalta ainda mais a importância do treinamento adequado para os profissionais da área da pavimentação para atuação em campo, para que não ocorram acidentes.

Como recomendação para trabalhos futuros, sugere-se que um número maior de seções seja inventariado pelo método do PCI, principalmente em vias com pistas de larguras maiores, pois quanto maior a largura da pista, maior o número de seções existentes. A aleatoriedade na escolha das seções, somada a um baixo número de seções inventariadas, pode acarretar em um diagnóstico não tão preciso sobre a real situação da via.

## REFERÊNCIAS

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

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERBEL, M. F. **Aplicação do método do PCI – Pavement Condition Index – para determinação de serviços de restauração e manutenção de um trecho da avenida Tupi de Pato Branco - PR**. Trabalho de Conclusão de Curso. UTFPR, Paraná, 2016.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2006.

CORREIA E SILVA, C. F. S. **Análise de tensões em pavimentos a partir do modelo físico instrumentado**. Dissertação de Mestrado. UFRJ, COPPE, Rio de Janeiro, 2014.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos**. Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 1998.

DNIT 005/2003 – TER. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia**. Rio de Janeiro, 6 ago. 2003.

DNIT 006/2003 – PRO: **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT. **Manual de Pavimentação – IPR 745/2011**. Rio de Janeiro: DNIT, Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes, 2011.

DNIT. **Manual de Gerência de Pavimentos – IPR 719/2006**. Rio de Janeiro: DNIT, Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes, 2006.

GONÇALVES, F. P. **O desempenho dos pavimentos flexíveis**. Notas de aula Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 1999.

HAAS, R. et al. (1994). **Modern Pavement Management** – Krieger Publishing Co. – Malabar, Florida.

MOTTA, L.M.G. (1995). **Considerações a respeito de pavimentos e tráfegos em vias urbanas**. In: REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA, 6ª. 1995, Santos. Anais...Santos, Associação Brasileira de Pavimentação, Santos. p 25-52.

NISHIYAMA, Elisa Saeko; DOMINGUES Felipe Augusto Aranha. **Atualização de Custos e Benefícios, para Uso em Sistemas de Gerência de Pavimentos**. In: REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA, 6ª ed. 1995, Santos. Anais...Santos, Associação Brasileira de Pavimentação, Santos. p 389-406.

PÁEZ, E. M. A. **Índice de condição do pavimento (ICP) para a aplicação em sistemas de gerência de pavimentos urbanos**. Dissertação de Mestrado. USP, EESC, São Carlos - SP, 2015.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. vol 2. 2. ed. São Paulo: Pini, 2001.

SHAHIN, M. Y. **Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots**. second. New York: Chapman & Hall, 2005.

SHRP (1993). **Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Studies**. The Strategic Highway Research Program. National Academy of Science, Washington, D.C.

USACE. **Pavement Maintenance Management. Technical Manual – TM 5-623**. Washington: USACE, United State Army Corps of Engineers, Headquarters, Department of the Army, 1982.

VIEIRA, S. A.; PINHO, A. A.; OLIVEIRA, F. H. L.; AGUIAR, M. F. P. **Análise comparativa de metodologias de avaliação de pavimentos através do IGG e do PCI**. Fortaleza, 2016.

YODER, E.; WITCZAK, M. **Principles of pavement design**. 2. ed. Nova Iorque: John Willey & Sons, 1975.

**ANEXO A - MODELO DE PLANILHA DE INSPEÇÃO DE CAMPO  
PARA O MÉTODO DO IGG**



**ANEXO B - MODELO DE PLANILHA DE CÁLCULO DO IGG**

RODOVIA: PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)						Data:	Folha:
TRECHO:						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
SUB-TRECHO:			REVESTIMENTO TIPO:				
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR				0,2		
2	(FC – 2) J, TB				0,5		
3	(FC – 3) JE, TBE				0,8		
4	ALP, ATP, ALC, ATC				0,9		
5	O, P, E				1,0		
6	EX				0,5		
7	D				0,3		
8	R				0,6		
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1 A ( ) 1 B ( )		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	TRIV =	FV =	2 A ( ) 2 B ( )		
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n =	$\sum$ IND. GRAVID. IND. = IGG				Conceito
1A) $IGI = \bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$						Operador	
2A) $IGI = \bar{FV}$ quando $\bar{FV} \leq 50$						Cálculo	
1B) $IGI = 40$ quando $\bar{F} > 30$						Visto	
2B) $IGI = 50$ quando $\bar{FV} > 50$							

**ANEXO C - MODELO DE PLANILHA DE INSPEÇÃO DE CAMPO  
PARA O MÉTODO DO PCI**

<b>Via:</b>	<b>Seção:</b>
<b>Data:</b>	<b>Amostra nº:</b>
<b>Avaliador:</b>	<b>Area da amostra:</b>

<b>Tipos de Defeitos</b>			
1 Couro de Jacaré	área	11 Remendos	área
2 Exsudação	área	12 Agregado polido	área
3 Fissuras em blocos	área	13 Painelas	unidade
4 Elevações recalques	metro linear	14 Cruzamento ferroviário	área
5 Corrugação	área	15 Afundamento de trilha de roda	área
6 Afundamento Localizado	área	16 Escorregamento de massa	área
7 Fissuras de borda	metro linear	17 Fissuras devido ao escorregamento de massa	área
8 Fissuras por reflexão de juntas	metro linear	18 Inchamento	área
9 Desnível de pavimento/Acostamento	metro linear	19 Desgaste	área
10 Fissuras longitudinal e transversal	metro linear		

PANELAS

PROF	Diâmetro Médio (cm)		
	10 a 20	20 a 45	45 a 76
1,2 a 2,5	B	B	M
>2,5 a 5,0	B	M	A
> 5,0	M	M	A

**ANEXO D - MODELO DE PLANILHA DE CÁLCULO DO PCI**

<b>Via:</b>	<b>Seção:</b>
<b>Data:</b>	<b>Amostra nº:</b>
<b>Avaliador:</b>	<b>Área da amostra:</b>

Tipos de Defeitos		
1 Couro de Jacaré 2 Exsudação 3 Fissuras em blocos 4 Elevações ou recalques 5 Corrugação 6 Afundamento Localizado 7 Fissuras de borda 8 Fissuras por reflexão de juntas 9 Desnível de pavimento / acostamento 10 Fissuras longitudinal e transversal	11 Remendos 12 Agregado polido 13 Painelas 14 Cruzamento ferroviário 15 Afundamento de trilha de roda 16 Escorregamento de massa 17 Fissuras devido escorregamento de massa 18 Inchamento 19 Desgaste	<b>Esboço:</b>

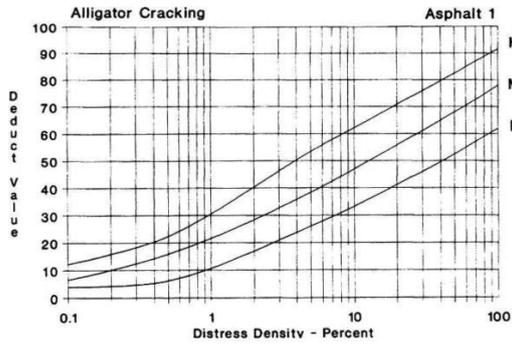
Tipos de Defeitos Existentes										
sev	<b>B</b>									
e	<b>M</b>									
rida	<b>A</b>									
de										

Cálculo do PCI			
Tipo do defeito	Densidade	Severidade	Valor dedução
<b>Total de Dedução (TDV)</b>			
<b>Valor de Dedução Corrigido (CDV)</b>			

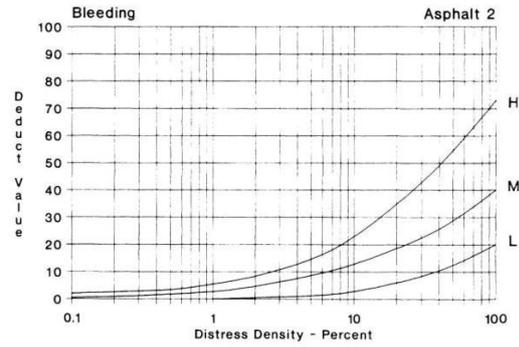
PCI = 100 - CDV

**Condições do pavimento:**

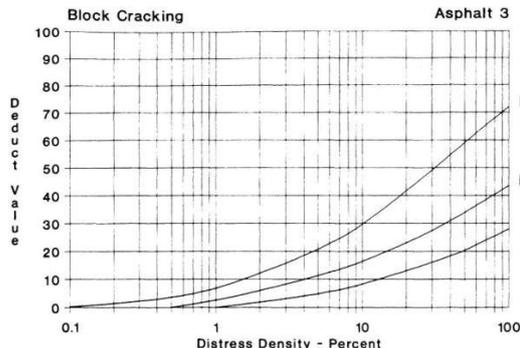
**ANEXO E - CURVAS PARA OBTENÇÃO DOS VALORES DE  
DEDUÇÃO E DO VALOR DE DEDUÇÃO CORRIGIDO**



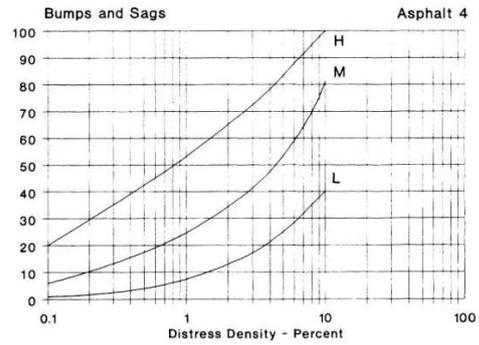
Couro de crocodilo



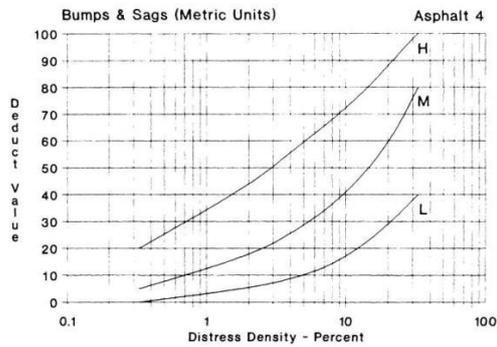
Bombeamento



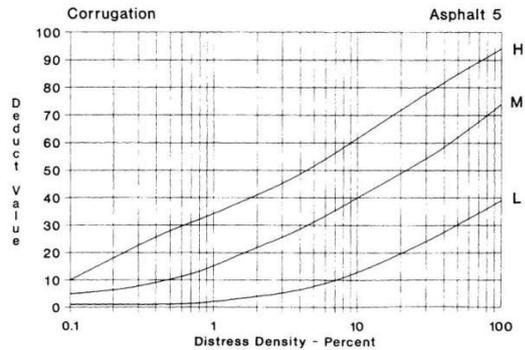
Trinca em bloco



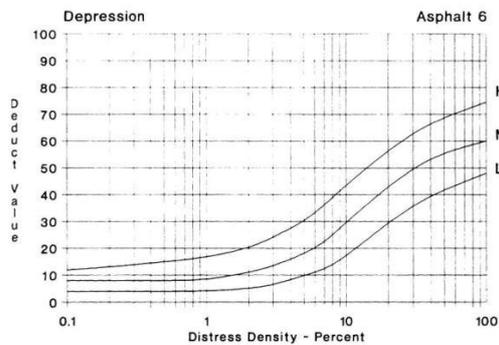
Depressão permanente



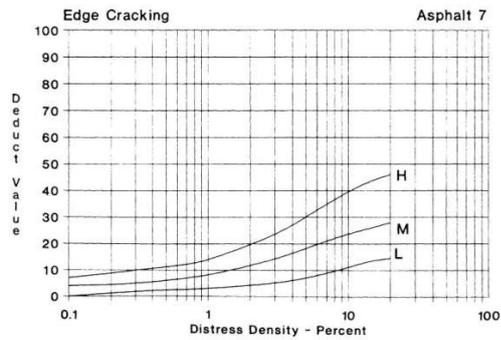
Depressão permanente (un. métrica)



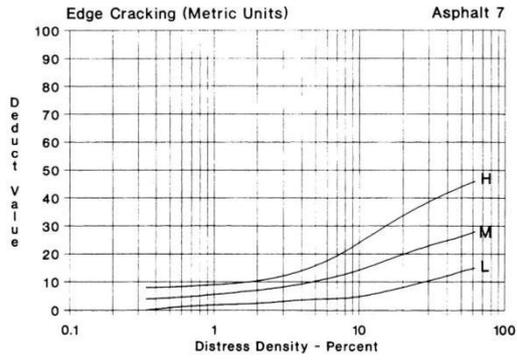
Corrugação



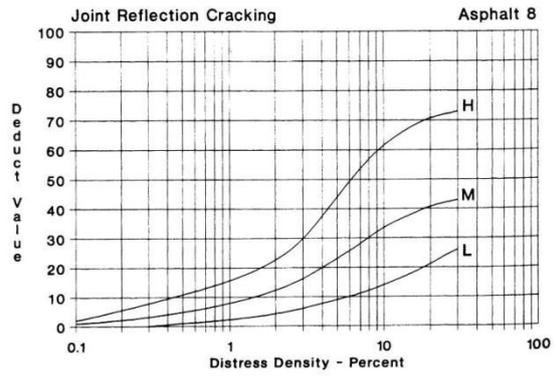
Depressão



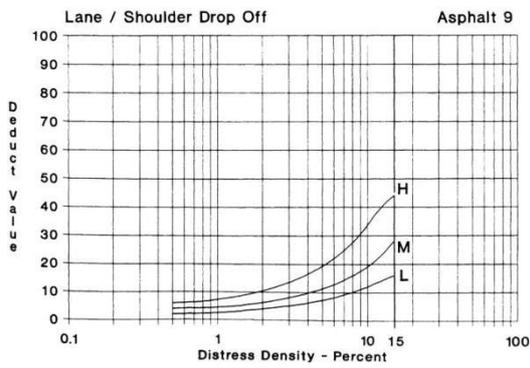
Trinca de borda



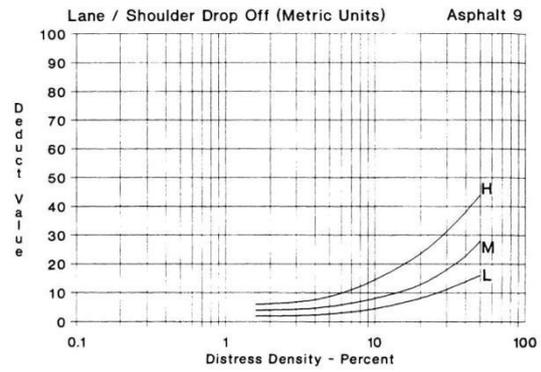
Trinca de borda (un. métrica)



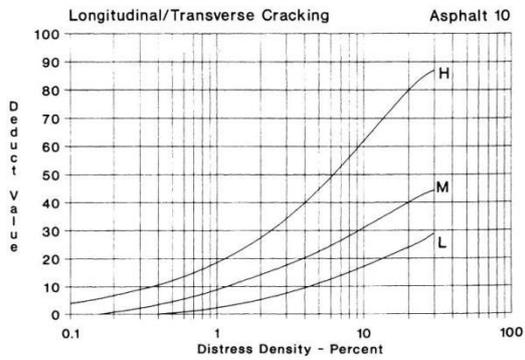
Trinca por reflexão



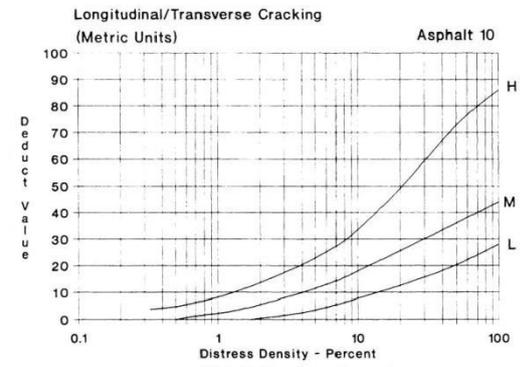
Desnível



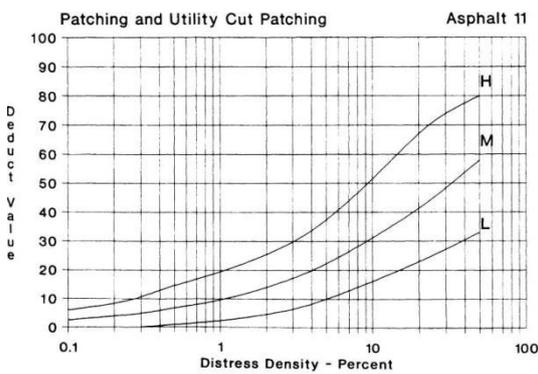
Desnível (un. métrica)



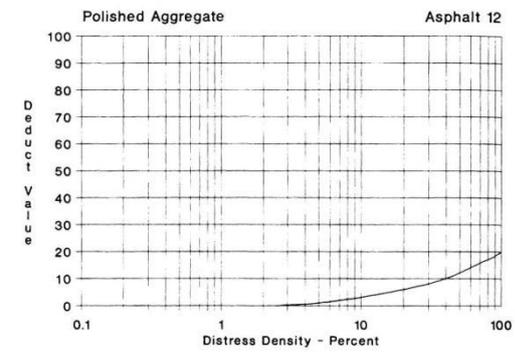
Trinca longitudinal/transversal



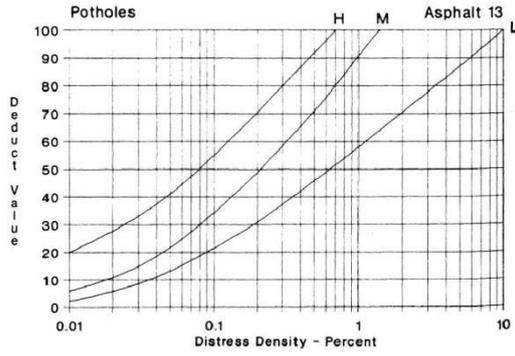
Trinca longitudinal/transversal (un. métrica)



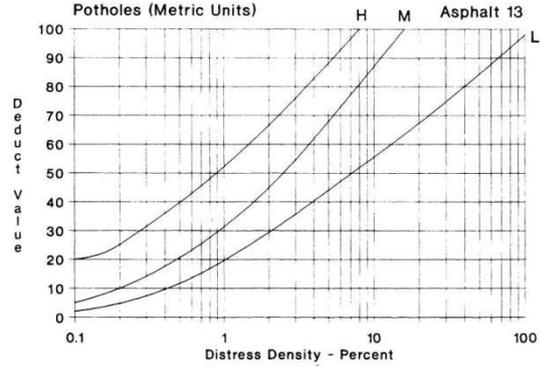
Remendo



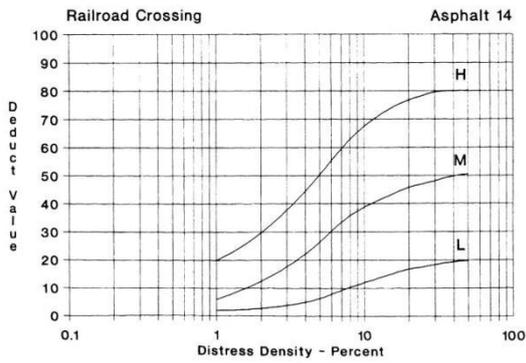
Agregado polido



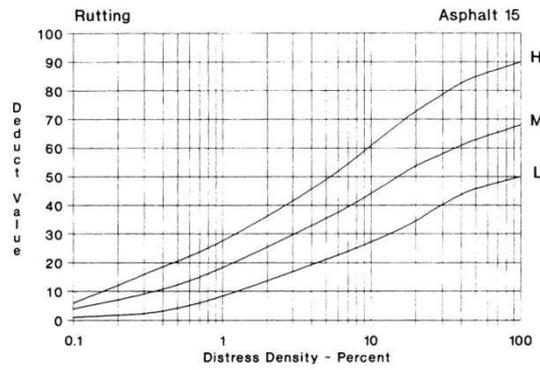
Panelas



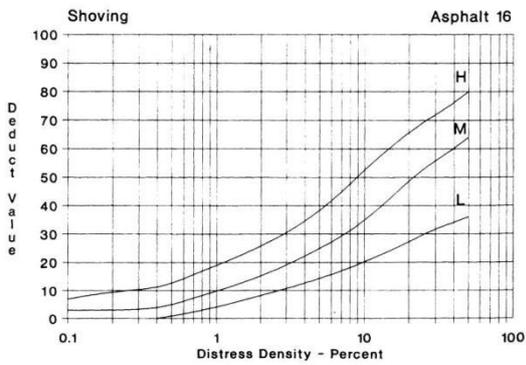
Panelas (un. métrica)



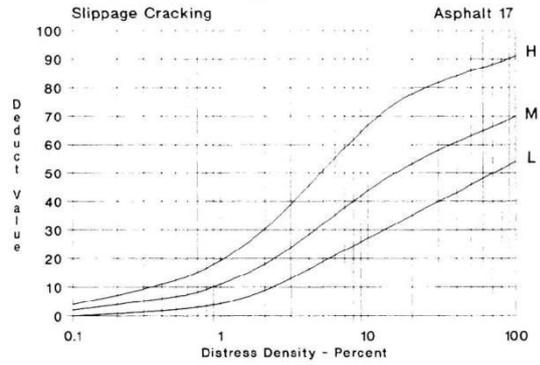
Cruzamento ferroviário



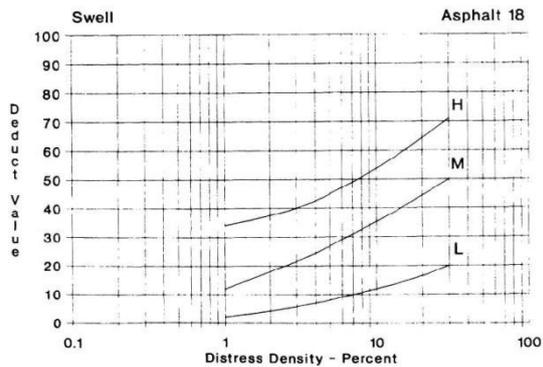
Sulco



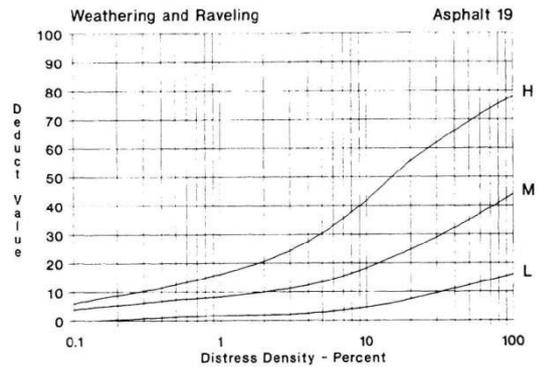
Escorregamento de massa



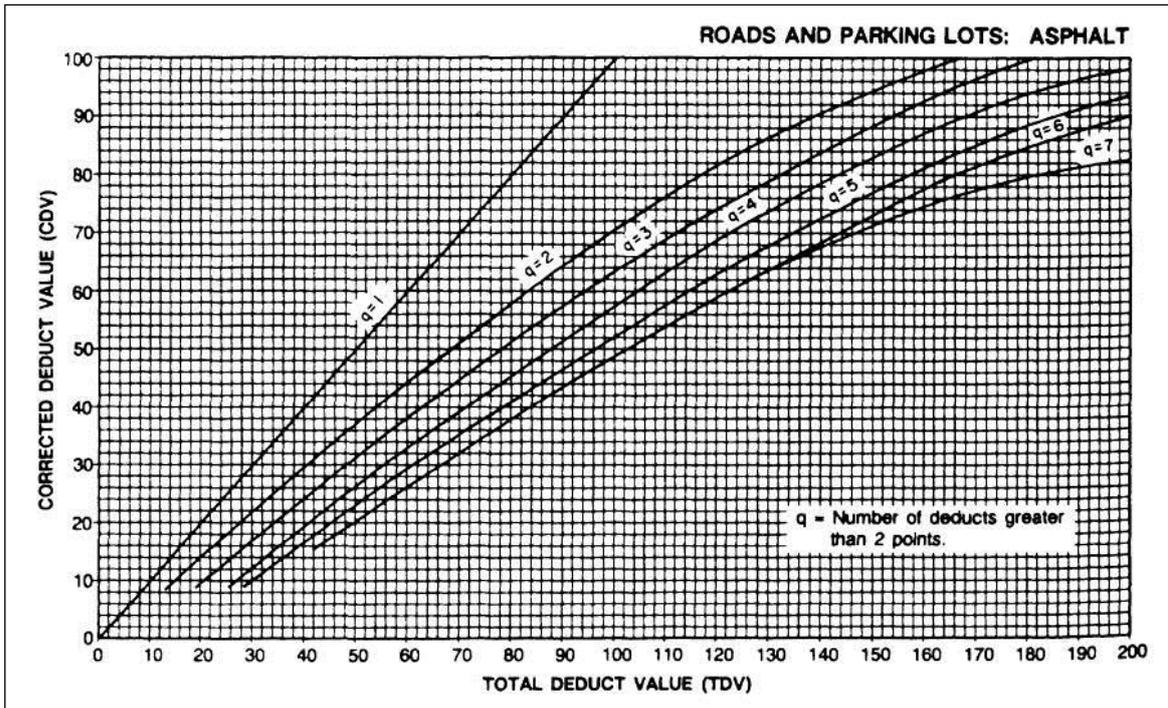
Fissura devido a escorregamento de massa



Inchamento



Desgaste



Curvas para obtenção do Valor de Dedução Corrigido (VDC), em função do Valor Total de Dedução (VTD) e do número de defeitos (q) em uma seção.

**APÊNDICE A – LEVANTAMENTO DOS DEFEITOS PELO MÉTODO  
DO IGG**

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																												
RODOVIA: Rua Francisco Vicente Ferreira												OPERADOR: Paulo Vítor Anastácio Neto										FOLHA: 1						
TRECHO: Rotatória – Entrada de acesso de veículos na UFU												REVESTIMENTO TIPO: Asfáltico										ESTACA OU QUILOMETRO		ESTACA OU QUILOMETRO				
PISTA: 1												DATA: 25 / 06 / 2019										1		21				
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS											AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS								TRINCAS RODAS		Observações:
			ISOLADAS						INTERLIGADAS					PLASTICO		CONSOLID		O	P	E	EX	D	R	TRI	IRE			
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC -2		FC -3			ALP	ATP	ALC	ATC											
			1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	4	4	4	4	5									5	5	
1	SMA		X			X	X												X				X	X	0	0		
2	SMA		X		X	X																X	X	0	0			
3	SMA					X	X														X		0	0				
4	SMA				X		X												X			X	X	0	0			
5	SMA					X	X															X	X	0	0			
6	SMA					X	X															X		0	0			
7	SMA																					X	X	0	0			
8	SMA					X	X															X		0	0			
9	SMA					X	X															X		0	0			
10	SMA			X	X		X		X													X	X	0	0			
11	SMA					X	X															X		0	0			
12	SMA					X	X		X													X	X	0	0			
13	SMA						X															X		0	0			
14	SMA																					X		0	0			
15	SMA																					X		0	0			
16	SMA					X	X															X		0	0			
17	SMA			X	X	X	X															X	X	0	0			
18	SMA					X	X															X		0	0			
19	SMA			X																		X		0	0			
20	SMA					X																X		0	0			
21	SMA																					X	X	0	0			

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA: Rua Francisco Vicente Ferreira												OPERADOR: Paulo Vítor Anastácio Neto								ESTACA OU QUILOMETRO		FOLHA: 2			
TRECHO: Rotatória – Entrada de acesso de veículos na UFU												REVESTIMENTO TIPO: Asfáltico								22		30			
PISTA: 1												DATA: 25 / 06 / 2019													
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS							AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS		Observações:			
			ISOLADAS			INTERLIGADAS				PLASTICO		CONSOLID													
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC - 2		FC - 3		ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D		R	TRI	IRE
			1	1	1	1	1	1	J 2	TB 2	JE 3	TBE 3	4	4	4	4	5	5	5	6	7		8	mm	mm
22	SMA																			X	X	0	0		
23	SMA			X	X															X		0	0		
24	SMA					X	X													X	X	0	0		
25	SMA					X			X											X		0	0		
26	SMA					X									X					X	X	0	0		
27	SMA				X	X	X													X		0	0		
28	SMA					X														X	X	0	0		
29	SMA														X					X	X	0	0		
30	SMA														X			X	X	X	X	0	0		

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																														
RODOVIA: Rua Francisco Vicente Ferreira												OPERADOR: Paulo Vítor Anastácio Neto								FOLHA: 1										
TRECHO: Rotatória – Entrada de acesso de veículos na UFU												REVESTIMENTO TIPO: Asfáltico								ESTACA OU QUILOMETRO										
PISTA: 2												DATA: 25 / 06 / 2019								1		21								
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS											AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS		Observações:				
			ISOLADAS						INTERLIGADAS					PLASTICO		CONSOLID		O	P	E	EX	D	R	TRI	IRE					
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC - 2		FC - 3			ALP	ATP	ALC	ATC													
			1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	4	4	4	4	5										5	5	6	7
1	SMC																								X	X	0	0		
2	SMC																									X		0	0	
3	SMC																									X		0	0	
4	SMC																									X		0	0	
5	SMC																									X		0	0	
6	SMC																									X		0	0	
7	SMC					X	X																			X		0	0	
8	SMC			X																						X		0	0	
9	SMC																									X		0	0	
10	SMC			X		X																				X	X	0	0	
11	SMC					X																				X	X	0	0	
12	SMC							X																		X		0	0	
13	SMC																									X		0	0	
14	SMC																									X	X	0	0	
15	SMC																									X		0	0	
16	SMC		X	X		X																				X	X	0	0	
17	SMC					X																				X		0	0	
18	SMC				X		X										X									X	X	0	0	
19	SMC					X	X																			X		0	0	
20	SMC																									X	X	0	0	
21	SMC			X																						X		0	0	



## **APÊNDICE B - PLANILHAS DE CÁLCULO DO IGG PARA CADA PISTA**

RODOVIA: R. Francisco Vicente Ferreira						Data: 25 / 06 / 2019	Folha: 1
TRECHO: Rotatória – Entrada de acesso de veículos na UFU						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
PISTA: 1			REVESTIMENTO TIPO: ASFÁLTICO			1	30
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	20		66,67	0,2	13,33	
2	(FC – 2) J, TB	3		10	0,5	5	
3	(FC – 3) JE, TBE	0		0	0,8	0	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0		0	0,9	0	
5	O, P, E	6		20	1,0	20	
6	EX	1		3,33	0,5	1,67	
7	D	30		100	0,3	30	
8	R	15		50	0,6	30	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 0	TRI = 0	F = 0	1 A ( 0 ) 1 B ( 0 )	0	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 0	TRlv = 0	FV = 0	2 A ( 0 ) 2 B ( 0 )	0	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 60	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG			100	<b>RUIM</b>
1A) $IGI = \bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$						Operador	<b>Paulo Vitor</b>
2A) $IGI = \bar{FV}$ quando $\bar{FV} \leq 50$						Cálculo	
1B) $IGI = 40$ quando $\bar{F} > 30$						Visto	
2B) $IGI = 50$ quando $\bar{FV} > 50$							

RODOVIA: R. Francisco Vicente Ferreira						Data: 25 / 06 / 2019	Folha: 1
TRECHO: Rotatória – Entrada de acesso de veículos na UFU						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
PISTA: 2						0	30
REVESTIMENTO TIPO: ASFÁLTICO							
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	13		43,33	0,2	8,66	
2	(FC – 2) J, TB	0		0	0,5	0	
3	(FC – 3) JE, TBE	1		3,33	0,8	2,67	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0		0	0,9	0	
5	O, P, E	4		13,33	1,0	13,33	
6	EX	0		0	0,5	0	
7	D	30		100	0,3	30	
8	R	11		36,67	0,6	22	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 0	TRI = 0	F = 0	1 A ( 0 ) 1 B ( 0 )	0	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 0	TRlv = 0	FV = 0	2 A ( 0 ) 2 B ( 0 )	0	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 60	$\Sigma$ IND. GRAVID. IND. = IGG			76,7	<b>REGULAR</b>
1A) $IGI = \bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$ 2A) $IGI = \bar{FV}$ quando $\bar{FV} \leq 50$ 1B) $IGI = 40$ quando $\bar{F} > 30$ 2B) $IGI = 50$ quando $\bar{FV} > 50$						Operador	Paulo Vitor
						Cálculo	
						Visto	

**APÊNDICE C - PLANILHAS DE CÁLCULO DO PCI PARA CADA  
SEÇÃO**

<b>Via:</b> Francisco Vicente Ferreira	<b>Seção:</b> 1
<b>Data:</b> 26 / 06 / 2019	<b>Amostra nº:</b> 1
<b>Avaliador:</b> Paulo Vitor Anastácio Neto	<b>Área da amostra:</b> 225 m <sup>2</sup>

Tipos de Defeitos		
1 Couro de Jacaré	11 Remendos	<b>Esboço:</b>
2 Exsudação	12 Agregado polido	
3 Fissuras em blocos	13 Painelas	
4 Elevações ou recalques	14 Cruzamento ferroviário	
5 Corrugação	15 Afundamento de trilha de roda	
6 Afundamento Localizado	16 Escorregamento de massa	
7 Fissuras de borda	17 Fissuras devido	
8 Fissuras por reflexão de juntas	escorregamento de massa	
9 Desnível de pavimento / acostamento	18 Inchamento	
10 Fissuras longitudinal e transversal	19 Desgaste	

Tipos de Defeitos Existentes									
	10	10	11	19					
	2,2 M	3,1 B	1,5M	30 M					
	1,1 M	1 B	6,6 M	12 M					
	1,25 M	1,1 B	0,5 M	166,6 B					
	4,1 M	1,9 B	7,8 M						
	1,1 M								
	2,8 M								
	3,9 M								
	2 M								
	9 M								
	3,2 M								
	1 B								
sev e rida de	<b>B</b>								
	<b>M</b>								
	<b>A</b>								

Cálculo do PCI			
Tipo do defeito	Densidade	Severidade	Valor dedução
10	3,6	B	8
10	13,6	M	36
11	7,3	M	27
19	74	B	13
19	18,7	M	24
<b>Total de Dedução (TDV)</b>			108
<b>Valor de Dedução Corrigido (CDV)</b>			57

**PCI = 100 - CDV**  
**PCI = 100 - 57**  
**PCI = 43**

**Condições do pavimento:**  
  
 REGULAR

<b>Via:</b> Francisco Vicente Ferreira	<b>Seção:</b> 2
<b>Data:</b> 26 / 06 / 2019	<b>Amostra nº:</b> 2
<b>Avaliador:</b> Paulo Vitor Anastácio Neto	<b>Área da amostra:</b> 225 m <sup>2</sup>

Tipos de Defeitos		Esboço:
1 Couro de Jacaré 2 Exsudação 3 Fissuras em blocos 4 Elevações ou recalques 5 Corrugação 6 Afundamento Localizado 7 Fissuras de borda 8 Fissuras por reflexão de juntas 9 Desnível de pavimento / acostamento 10 Fissuras longitudinal e transversal	11 Remendos 12 Agregado polido 13 Painelas 14 Cruzamento ferroviário 15 Afundamento de trilha de roda 16 Escorregamento de massa 17 Fissuras devido escorregamento de massa 18 Inchamento 19 Desgaste	

Tipos de Defeitos Existentes									
		10	10	13	19				
		8,3 M	4 M	0,1 A	225 B				
		3,4 M	2,6 M						
		2,4 M	9 M						
		1,7 M	2,4 M						
		1,9 M	2,1 M						
		1,7 M	1 M						
		2,7 M	2 M						
		3,5 M	3,5 M						
		5,4 M	2,5 B						
		5 M							
		2,8 M							
severidade	<b>B</b>	2,5			225				
	<b>M</b>	66,4							
	<b>A</b>			0,1					

Cálculo do PCI				PCI = 100 - CDV PCI = 100 - 62 PCI = 38  <b>Condições do pavimento:</b>  RUIM
Tipo do defeito	Densidade	Severidade	Valor dedução	
10	1,1	B	4	
10	29,51	M	44	
13	0,04	A	38	
19	100	B	16	
<b>Total de Dedução (TDV)</b>			98	
<b>Valor de Dedução Corrigido (CDV)</b>			62	

<b>Via:</b> Francisco Vicente Ferreira	<b>Seção:</b> 3
<b>Data:</b> 26 / 06 / 2019	<b>Amostra nº:</b> 3
<b>Avaliador:</b> Paulo Vitor Anastácio Neto	<b>Área da amostra:</b> 225 m <sup>2</sup>

Tipos de Defeitos		
1 Couro de Jacaré 2 Exsudação 3 Fissuras em blocos 4 Elevações ou recalques 5 Corrugação 6 Afundamento Localizado 7 Fissuras de borda 8 Fissuras por reflexão de juntas 9 Desnível de pavimento / acostamento 10 Fissuras longitudinal e transversal	11 Remendos 12 Agregado polido 13 Painelas 14 Cruzamento ferroviário 15 Afundamento de trilha de roda 16 Escorregamento de massa 17 Fissuras devido escorregamento de massa 18 Inchamento 19 Desgaste	<b>Esboço:</b>

Tipos de Defeitos Existentes									
		10	11	13	19				
		5 M	1,12 M	0,06 M	14 M				
		3,7 M	3,84 M		13,5 M				
		10 M	2,04 M		172,98 B				
		2,6 M	8,64 M						
		2 M	5,76 M						
			3,12 M						
sev	<b>B</b>				172,98				
e	<b>M</b>	23,3	24,52	0,06	27,5				
rida	<b>A</b>								
de									

Cálculo do PCI			
Tipo do defeito	Densidade	Severidade	Valor dedução
10	10,4	M	32
11	10,9	M	35
13	0,03	M	15
19	76,9	B	14
19	12,2	M	21
<b>Total de Dedução (TDV)</b>			117
<b>Valor de Dedução Corrigido (CDV)</b>			62

**PCI = 100 - CDV**  
**PCI = 100 - 62**  
**PCI = 38**

**Condições do pavimento:**  
  
 RUIM

<b>Via:</b> Francisco Vicente Ferreira	<b>Seção:</b> 4
<b>Data:</b> 26 / 06 / 2019	<b>Amostra nº:</b> 4
<b>Avaliador:</b> Paulo Vitor Anastácio Neto	<b>Área da amostra:</b> 225 m <sup>2</sup>

Tipos de Defeitos		
1 Couro de Jacaré 2 Exsudação 3 Fissuras em blocos 4 Elevações ou recalques 5 Corrugação 6 Afundamento Localizado 7 Fissuras de borda 8 Fissuras por reflexão de juntas 9 Desnível de pavimento / acostamento 10 Fissuras longitudinal e transversal	11 Remendos 12 Agregado polido 13 Painelas 14 Cruzamento ferroviário 15 Afundamento de trilha de roda 16 Escorregamento de massa 17 Fissuras devido escorregamento de massa 18 Inchamento 19 Desgaste	<b>Esboço:</b>

Tipos de Defeitos Existentes									
		10	11	19					
		2,6 M	10,35 M	208,89 B					
		3 M	5,76 B						
		3,9 M							
<b>severidade</b>	<b>B</b>		5,76	208,89					
	<b>M</b>	9,5	10,35						
	<b>A</b>								

Cálculo do PCI				
Tipo do defeito	Densidade	Severidade	Valor dedução	
10	4,2	M	21	<b>PCI = 100 - CDV</b> <b>PCI = 100 - 36</b> <b>PCI = 64</b>  <b>Condições do pavimento:</b>  BOM
11	2,56	B	7	
11	4,6	M	22	
19	92,8	B	15	
<b>Total de Dedução (TDV)</b>			65	
<b>Valor de Dedução Corrigido (CDV)</b>			36	

<b>Via:</b> Francisco Vicente Ferreira	<b>Seção:</b> 5
<b>Data:</b> 26 / 06 / 2019	<b>Amostra nº:</b> 5
<b>Avaliador:</b> Paulo Vitor Anastácio Neto	<b>Área da amostra:</b> 225 m <sup>2</sup>

Tipos de Defeitos		
1 Couro de Jacaré 2 Exsudação 3 Fissuras em blocos 4 Elevações ou recalques 5 Corrugação 6 Afundamento Localizado 7 Fissuras de borda 8 Fissuras por reflexão de juntas 9 Desnível de pavimento / acostamento 10 Fissuras longitudinal e transversal	11 Remendos 12 Agregado polido 13 Painelas 14 Cruzamento ferroviário 15 Afundamento de trilha de roda 16 Escorregamento de massa 17 Fissuras devido escorregamento de massa 18 Inchamento 19 Desgaste	<b>Esboço:</b>

Tipos de Defeitos Existentes									
		10	11	19					
		3,3 M	5,4 M	206,8 B					
		2,6 M	12,8 M						
		1,2 M							
		4,1 M							
		2,1 M							
		2,6 M							
		3,4 M							
<b>severidade</b>	<b>B</b>			206,8					
	<b>M</b>	19,3	18,2						
	<b>A</b>								

Cálculo do PCI				
Tipo do defeito	Densidade	Severidade	Valor dedução	
10	8,6	M	29	<b>PCI = 100 - CDV</b> <b>PCI = 100 - 46</b> <b>PCI = 54</b>
11	8,1	M	28	
19	91,9	B	15	
				<b>Condições do pavimento:</b>  BOM
<b>Total de Dedução (TDV)</b>			72	
<b>Valor de Dedução Corrigido (CDV)</b>			46	

<b>Via:</b> Francisco Vicente Ferreira	<b>Seção:</b> 6
<b>Data:</b> 26 / 06 / 2019	<b>Amostra nº:</b> 6
<b>Avaliador:</b> Paulo Vitor Anastácio Neto	<b>Área da amostra:</b> 225 m <sup>2</sup>

Tipos de Defeitos		
1 Couro de Jacaré 2 Exsudação 3 Fissuras em blocos 4 Elevações ou recalques 5 Corrugação 6 Afundamento Localizado 7 Fissuras de borda 8 Fissuras por reflexão de juntas 9 Desnível de pavimento / acostamento 10 Fissuras longitudinal e transversal	11 Remendos 12 Agregado polido 13 Painelas 14 Cruzamento ferroviário 15 Afundamento de trilha de roda 16 Escorregamento de massa 17 Fissuras devido escorregamento de massa 18 Inchamento 19 Desgaste	<b>Esboço:</b>

Tipos de Defeitos Existentes									
	10	11	19						
	4,4 M	5,04 M	20,9 M						
	15 M		199,06 B						
severidade	<b>B</b>			199,06					
	<b>M</b>	19,4	5,04	20,9					
	<b>A</b>								

Cálculo do PCI				
Tipo do defeito	Densidade	Severidade	Valor dedução	
10	8,6	M	29	<b>PCI = 100 - CDV</b> <b>PCI = 100 - 50</b> <b>PCI = 50</b>  <b>Condições do pavimento:</b>  REGULAR
11	2,2	M	15	
19	88,5	B	15	
19	9,3	M	28	
<b>Total de Dedução (TDV)</b>			87	
<b>Valor de Dedução Corrigido (CDV)</b>			50	

<b>Via:</b> Francisco Vicente Ferreira	<b>Seção:</b> 7
<b>Data:</b> 26 / 06 / 2019	<b>Amostra nº:</b> 7
<b>Avaliador:</b> Paulo Vitor Anastácio Neto	<b>Área da amostra:</b> 225 m <sup>2</sup>

Tipos de Defeitos		
1 Couro de Jacaré 2 Exsudação 3 Fissuras em blocos 4 Elevações ou recalques 5 Corrugação 6 Afundamento Localizado 7 Fissuras de borda 8 Fissuras por reflexão de juntas 9 Desnível de pavimento / acostamento 10 Fissuras longitudinal e transversal	11 Remendos 12 Agregado polido 13 Painelas 14 Cruzamento ferroviário 15 Afundamento de trilha de roda 16 Escorregamento de massa 17 Fissuras devido escorregamento de massa 18 Inchamento 19 Desgaste	<b>Esboço:</b>

Tipos de Defeitos Existentes									
		10	11	19					
		2,9 M	1,96 M	214,62 B					
		1,8 M	4,92 B						
		2,8 M	3,5 M						
		2,4 M							
		2,9 M							
		2,9 M							
		2,9 M							
		2,6 M							
		1,7 M							
<b>sev e ridade</b>	<b>B</b>		8,42	214,62					
	<b>M</b>	22,9	1,96						
	<b>A</b>								

Cálculo do PCI				
Tipo do defeito	Densidade	Severidade	Valor dedução	
10	10,2	M	31	<b>PCI = 100 - CDV</b> <b>PCI = 100 - 35</b> <b>PCI = 65</b>  <b>Condições do pavimento:</b>  BOM
11	3,7	B	8	
11	0,9	M	9	
19	95,4	B	15	
<b>Total de Dedução (TDV)</b>			63	
<b>Valor de Dedução Corrigido (CDV)</b>			35	

<b>Via:</b> Francisco Vicente Ferreira	<b>Seção:</b> 8
<b>Data:</b> 26 / 06 / 2019	<b>Amostra nº:</b> 8
<b>Avaliador:</b> Paulo Vitor Anastácio Neto	<b>Área da amostra:</b> 225 m <sup>2</sup>

Tipos de Defeitos		
1 Couro de Jacaré 2 Exsudação 3 Fissuras em blocos 4 Elevações ou recalques 5 Corrugação 6 Afundamento Localizado 7 Fissuras de borda 8 Fissuras por reflexão de juntas 9 Desnível de pavimento / acostamento 10 Fissuras longitudinal e transversal	11 Remendos 12 Agregado polido 13 Painelas 14 Cruzamento ferroviário 15 Afundamento de trilha de roda 16 Escorregamento de massa 17 Fissuras devido escorregamento de massa 18 Inchamento 19 Desgaste	<b>Esboço:</b>

Tipos de Defeitos Existentes										
		10	11	19						
		6 M	2,66 B	191,49 B						
		8 M	9,01 B							
		3,7 M	21,84 B							
		2,3 M								
		1,4 M								
		3,6 M								
		1,8 M								
severidade	<b>B</b>	1,8	33,51	191,49						
	<b>M</b>	25								
	<b>A</b>									

Cálculo do PCI				
Tipo do defeito	Densidade	Severidade	Valor dedução	
10	0,8	B	2	<b>PCI = 100 - CDV</b> <b>PCI = 100 - 45</b> <b>PCI = 55</b>
10	11,1	M	34	
11	14,9	B	22	
19	85,1	B	14	
				<b>Condições do pavimento:</b>  REGULAR
<b>Total de Dedução (TDV)</b>			70	
<b>Valor de Dedução Corrigido (CDV)</b>			45	