

31ª Reunião Anual de Pavimentação

São Paulo - SP

Outubro de 1998

**AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
EM VIAS URBANAS UTILIZANDO O MÉTODO DO PCI**

**Marcia Aps
José Tadeu Balbo
Andréa Arantes Severi**

AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EM VIAS URBANAS UTILIZANDO O MÉTODO PCI

Marcia Aps¹
José Tadeu Balbo¹
Andréa Arantes Severi¹

1. Introdução

Estudos e técnicas tem sido desenvolvidos para a avaliação superficial de pavimentos asfálticos em rodovias no âmbito de agências viárias, institutos de pesquisas e empresas do setor. Alguns desses trabalhos, após consolidados, passam a ser normalizados ou recomendados pelos órgãos competentes, estabelecendo-se assim, índices de qualidade para a caracterização de vias pavimentadas.

Observa-se que o mesmo não ocorre no âmbito municipal, excetuando-se algumas cidades estrangeiras, com relação à adoção de normas e procedimentos recomendados pelos órgãos rodoviários, bem como, a geração de procedimentos específicos para vias urbanas ou a adaptação das normas já existentes e consagradas no meio rodoviário.

Sabendo-se que uma das grandes dificuldades do órgão municipal e dos técnicos da área de pavimentação urbana é a tomada de decisões quanto às vias prioritárias que serão contempladas no programa de manutenção, para que os escassos recursos sejam o melhor possível aproveitados, este trabalho apresenta uma aplicação prática de um método de avaliação superficial de pavimentos, o PCI - *Pavement Condition Index* (ou ICP - Índice de Condição do Pavimento), como ferramenta auxiliar na hierarquização de vias.

No Brasil, a avaliação superficial de pavimentos asfálticos é usualmente realizada seguindo a norma preconizada pelo DNER [3], pelo método do IGG - Índice de Gravidade Global. Buscou-se neste trabalho, a aplicação e a avaliação de um método pouco usual no País (o PCI), confrontando os resultados obtidos, com os valores de IGG, o que permitiu observar as vantagens, desvantagens e também realizar uma comparação qualitativa dos resultados.

¹ Laboratório de Mecânica de Pavimentos
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Transportes
05508-900 Cidade Universitária - SP
Fax: (011) 818-5716
Fone: (011) 818-5306
e-mail: mecpavlab@geocities.com
<http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Lab/6031/>

A aplicação prática dos métodos, foi realizada na Cidade de Santos, litoral do Estado de São Paulo, que possui uma área de 474,00 km², sendo 434,60 km² na área continental e 39,40 km² situados na área insular. A população estimada é de 417.000 habitantes sendo 414.602 concentrados na área insular e 1498 habitantes no continente, ou seja 99,64% da população da Cidade de Santos ocupam 8,31% da área total do Município [7].

A malha viária da cidade de Santos, de acordo com levantamento realizado em 1993, pela Seção de Planejamento e Controle do Departamento de Vias Públicas, possui na área insular, excetuando-se os morros, aproximadamente, as extensões apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 Extensões das vias da Cidade de Santos - área insular (dados de 1993)

| Tipo de Pavimento | Extensão (km) |
|--------------------------|----------------------|
| Asfáltico (Zona Leste) | 358,398 |
| Asfáltico (Z. Noroeste) | 92,520 |
| Subtotal | 450,918 |
| Parelelepípedo | 65,400 |
| Sem pavimentação | 14,340 |
| Total | 530,658 |

Os resultados deste artigo são parte de uma pesquisa em andamento, de avaliação superficial de pavimentos urbanos, onde outros métodos também são abordados, além daqueles aqui discutidos, em realização pelo Laboratório de Mecânica dos Pavimentos da Universidade de São Paulo.

2. Universo dos Levantamentos

A pesquisa foi realizada na zona leste da cidade de Santos, onde foram selecionadas 10 vias, nesta análise preliminar, que após avaliadas superficialmente pelo método do IGG [3], resultaram em 19 segmentos homogêneos. O método do IGG não será descrito por ser um procedimento bastante conhecido no País.

Devido a falta de contagem de tráfego, foi utilizado para seleção das vias, o número de linhas de ônibus que circulam em cada rua, por ser o único dado disponível. Outro fator considerado na seleção das vias, foi a existência de avaliações estruturais realizadas em dezembro de 1996 com o equipamento FWD "Falling Weight Deflectometer". As vias selecionadas e suas características estão sintetizadas na Tabela 2. Após a seleção das vias e a divisão em segmento homogêneos foi aplicado o método PCI.

Tabela 2 Vias selecionadas para o programa de avaliação superficial da Cidade de Santos - características e valores de IGG

| | | | | | | | IGG | | |
|-------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|-------------------------|------------------|-------------|-------|----------|
| Tipo De Via | Identificação do Logradouro | Extensão (m) | Largura Via (m) | Configuração da via | Nº de faixas | N. Linhas ônibus | Num. Seções | Valor | Conceito |
| 1 | Avenida | Ana Costa | 1800 | 10 | 2 vias canteiro central | 3 faixas | 10-19 | | |
| | | segmento 1 | 640 | | | | 16 | 88 | Mau |
| | | segmento 2 | 400 | | | | 10 | 37 | Regular |
| | | segmento 3 | 200 | | | | 5 | 68 | Regular |
| | | segmento 4 | 200 | | | | 5 | 44 | Regular |
| | | segmento 5 | 360 | | | | 9 | 58 | Regular |
| 2 | Avenida | Bartolomeu de Gusmão | 300 | 10 | 2 vias canteiro central | 3 faixas | 20-31 | | |
| | | segmento único | 300 | | | | 8 | 211 | Péssimo |
| 3 | Rua | Campos Mello | 1670 | 9 | via mão única | 3 faixas | 1 | | |
| | | segmento 1 | 480 | | | | 12 | 16 | Bom |
| | | segmento 2 | 680 | | | | 17 | 11 | Bom |
| | | segmento 3 | 510 | | | | 13 | 46 | Regular |
| 4 | Rua | Cóchrane, Dr. | 900 | 8 | via mão única | 2 faixas | 1 | | |
| | | segmento 1 | 600 | | | | 15 | 101 | Mau |
| | | segmento 2 | 300 | | | | 8 | 188 | Péssimo |
| 5 | Avenida | Moura Ribeiro, Dr. | 800 | 8 | 2 vias c/ canal | 2 faixas | 2-9 | | |
| | | segmento único | 800 | | | | 20 | 98 | Mau |
| | | segmento único | 800 | | | | 20 | 192 | Péssimo |
| 6 | Rua | Ricardo Pinto | 850 | 9 | via mão única | 3 faixas | - | | |
| | | segmento único FB/MDC | 850 | | | | 22 | 239 | Péssimo |
| 7 | Avenida | Saldanha da Gama, Alm | 640 | 9 | 2 vias canteiro central | 3 faixas | 20-31 | | |
| | | segmento único CC/C6 | 640 | | | | 16 | 149 | Mau |
| 8 | Avenida | Saldanha da Gama, Alm | 640 | 9 | 2 vias canteiro central | 3 faixas | 10-19 | | |
| | | segmento único | 640 | | | | 16 | 134 | Mau |
| 9 | Avenida | Vicente de Carvalho | 950 | 9 | 2 vias canteiro central | 3 faixas | 20-31 | | |
| | | segmento 1 | 360 | | | | | 142 | Mau |
| | | segmento 2 | 600 | | | | | 197 | Péssimo |
| 10 | Avenida | Wilson, Pres. | 400 | 12 | 2 vias canteiro central | 3 faixas | 20-31 | | |
| | | segmento único | 400 | | | | 10 | 103 | Mau |

3. Método do PCI

Este método de avaliação de pavimentos é originário de um estudo desenvolvido por Shain [8] do CERL "Construction Engineering Research Laboratory", e publicado em julho de 1979 por meio do documento CERL-TR-M-268, pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos ESTADOS Unidos (USACE).

O método foi primeiramente desenvolvido para pavimentos de aeroportos [9], e posteriormente ampliado para rodovias, ruas e estacionamentos, com base na

experiência adquirida, na validação de campo e informações dos engenheiros especialistas do USACE.

Segundo Shain e Khon [9], o objetivo principal do método é obter um índice numérico qualificador da Condição do Pavimento (PCI), que retrate a condição do pavimento, fornecendo um padrão para:

- classificar a integridade estrutural e a condição operacional da superfície operacional dos pavimentos;
- determinar as necessidades de manutenção;
- determinar necessidades de reabilitação e prioridades, por meio de comparação do estado de diferentes trechos de pavimento;
- prever o desempenho do pavimento mediante determinação periódica do PCI.

Esse método foi desenvolvido para pavimentos asfálticos e de concreto de cimento Portland (simples e armado) para veículos de pneus e reboques, e tendo validado somente para vias de baixa velocidade. Neste trabalho será abordada somente a avaliação de pavimentos asfálticos.

Vários são os fatores, segundo Shain [8] que afetam a condição do pavimento, como os indicados abaixo:

- **a integridade estrutural**, ou seja, quão bem o pavimento permanece íntegro sob ação do tráfego;
- **a capacidade estrutural**, denotada a carga máxima que o pavimento pode suportar sem sofrer ruptura;
- **irregularidade superficial**, que denota a qualidade operacional do pavimento ;
- **a resistência à derrapagem** e o **potencial de hidroplanagem**;
- a necessidade de **manutenção**.

O método de determinação do PCI é apresentado nas etapas a seguir:

- Realiza-se uma inspeção cuidadosa de uma área de amostra selecionada (de aproximadamente 225 m²) a fim de identificar e anotar, em planilha apropriada, os tipos, as quantidades e severidade de cada defeito (exemplo no Anexo1).

A identificação e descrição de todos os tipos de defeitos que ocorrem em pavimentos, e a definição dos níveis de severidade (baixa, média e alta) de cada tipo de defeito e o critério de medição, estão dispostos na publicação *CERL-TR-M-268* em forma de catálogo [9]. Na Tabela 3 são apresentados, resumidamente, os tipos de defeitos considerados e a forma de medição.

Tabela 3 Defeitos de pavimentos asfálticos e critério de medição

| Defeito | Forma de medição | Defeito | Forma de medição |
|-------------------------------------|------------------|--|------------------|
| Couro de Jacaré | área | Remendos | área |
| Exsudação | área | Agregado polido | área |
| Fissuras em blocos | área | Panelas | unidade |
| Elevações / recalques | metro linear | Cruzamento ferroviário | área |
| Corrugação | área | Afundamento de trilha de roda | área |
| Afundamento Localizado | área | Escorregamento de massa | área |
| Fissuras de borda | metro linear | Fissuras devido ao escorregamento de massa | área |
| Fissuras por reflexão de juntas | metro linear | | |
| Desnível pavimento/acostamento | metro linear | Inchamento | área |
| Fissuras longitudinal e transversal | metro linear | Desgaste | área |

- O cálculo do valor do PCI é realizado por meio da equação (1), em função dos **tipos de defeitos**, da **severidade** de cada defeito e da **densidade** dos defeitos em percentagem da área total da seção avaliada, como se segue:

$$PCI = \left[\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{mi} a(T_i, S_j, D_{ij}) F(t, q) \right] \quad (1)$$

sendo:

p = número total de tipos de defeitos para o pavimento analisado;

i = contador dos tipos de defeitos;

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

j = contador dos níveis de severidade;

a () = valor de dedução;

F (t,q) = função de ajuste para defeitos múltiplos que varia com a soma dos valores de dedução e o número de deduções;

Ti = tipos de defeitos;

Sj = níveis de severidade;

Dij = densidade.

Os defeitos identificados no campo, conforme exemplo no Anexo 1, devem ser transportados para uma planilha de cálculo para obtenção do valor do PCI. Os valores de dedução (*a*) e a função para ajuste de múltiplos defeitos (*F*), estão disponíveis graficamente sob forma de curvas [9].

- Na sequência classifica-se o resultado obtido para o PCI por meio de uma escala graduada que permite a comparação entre diferentes pavimentos, com valores variando de 0 a 100, onde o valor máximo representa um pavimento em excelente estado de conservação, como apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 Valores limites de PCI que definem as faixas de classificação

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

Um exemplo de planilha de cálculo, com o resultado do valor do PCI, é apresentado no Anexo 2. O processo deve ser repetido para todas as amostras selecionadas de um segmento de pavimento.

Este processo não é usualmente utilizado no Brasil, no meio rodoviário, porém é muito empregado em outros países, e deve ser melhor considerado em gerência de sistemas viários urbanos [1]. Mas vale ressaltar que sua aplicação já ocorre no País em sistemas de gerência de aeroportos [2].

O valor resultante do PCI é também empregado para a determinação do Índice de Prioridade, uma das melhores alternativas para gerência de pavimentos urbanos a nível de rede, de acordo com Fernandes e Bertolo [4], como na expressão matemática de Tavakoli [11] e no model de Sohail e Hudson [10].

4. Procedimentos para Avaliação

Os procedimentos básicos empregados na avaliação superficial dos pavimentos asfálticos nesta pesquisa foram os seguintes:

- a vistoria foi realizada a pé, caminhando ao lado da seção a ser avaliada;
- os tipos de defeitos observados foram registrados manualmente em planilhas apropriadas, sendo que no critério do PCI anotou-se também a severidade, extensão e quantidade de ocorrência de cada defeito;
- a avaliação foi realizada por amostragem;
- os resultados de campo foram transferidos para a planilha de cálculo, e os valores finais classificados de acordo com a escala oferecida por cada método.

Primeiramente avaliou-se cada via pelo o método do IGG e, após a execução dos cálculos e análises, dividiu-se as vias em segmentos homogêneos. De posse desses segmentos voltou-se ao campo e procedeu-se à avaliação dos mesmos trechos pelo método do PCI, sendo posteriormente realizados cálculos, tabulação de dados e análise dos resultados.

5. Resultados Obtidos

Os valores obtidos para o PCI nos segmentos homogêneos avaliados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 Resultados obtidos pelo método do PCI - Valores e Conceito

| Tipo de Via | Identificação do Logradouro | Comp. | Larg. Via | Faixa Avaliada | PCI | | | | | |
|-------------|-------------------------------|-----------------------|-----------|----------------|-------------|---------------------|-----------|----------|-----------|------------|
| | | | | | Num. Seções | Amostras Aleatórias | Valor PCI | Conceito | | |
| 1 | Avenida Ana Costa | 1800 | 10 | Faixa Central | | | | | | |
| | | segmento 1 | | | 640 | 10 | 7 | 37 | Ruim | |
| | | segmento 2 | | | 400 | 6 | 5 | 47 | Regular | |
| | | segmento 3 | | | 200 | 3 | 3 | 44 | Regular | |
| | | segmento 4 | | | 200 | 3 | 3 | 37 | Ruim | |
| | segmento 5 | 360 | 6 | 5 | 48 | Regular | | | | |
| 2 | Avenida Bartolomeu de Gusmão | 300 | 10 | 1/2 pista | | | | | | |
| | | segmento único | | | 300 | 7 | 5 | 37 | Ruim | |
| 3 | Rua Campos Mello | 1670 | 9 | Total | | | | | | |
| | | segmento 1 | | | 480 | 19 | 9 | 95 | Excelente | |
| | | segmento 2 | | | 680 | 27 | 11 | 91 | Excelente | |
| | | segmento 3 | | | 510 | 20 | 10 | 67 | Bom | |
| 4 | Rua Cóchrane, Dr. | 900 | 8 | Total | | | | | | |
| | | segmento 1 | | | 600 | 22 | 10 | 30 | Ruim | |
| | | segmento 2 | | | 300 | 12 | 8 | 36 | Ruim | |
| 5 | Avenida Moura Ribeiro, Dr. | 800 | 8 | 1/2 pista | | | | | | |
| | | segmento único | | | 800 | F. Direita | 13 | 8 | 18 | Muito Ruim |
| | | segmento único | | | 800 | F. Central | 13 | 8 | 20 | Muito Ruim |
| 6 | Rua Ricardo Pinto | 850 | 9 | Total | | | | | | |
| | | segmento único FB/MDC | | | 850 | 34 | 12 | 45 | Regular | |
| 7 | Avenida Saldanha da Gama, Alm | 640 | 9 | F. Central | | | | | | |
| | | segmento único CC/C6 | | | 640 | 9 | 6 | 32 | Ruim | |
| 8 | Avenida Saldanha da Gama, Alm | 640 | 9 | F. Central | | | | | | |
| | | segmento único | | | 640 | 9 | 6 | 37 | Ruim | |
| 9 | Avenida Vicente de Carvalho | 950 | 9 | F. Central | | | | | | |
| | | segmento 1 | | | 360 | 5 | 5 | 52 | Regular | |
| | segmento 2 | 600 | 8 | 6 | 43 | Regular | | | | |
| 10 | Avenida Wilson, Pres. | 400 | 12 | F. Direita | | | | | | |
| | | Segmento único | | | 400 | 6 | 5 | 51 | Regular | |

Os valores do PCI e do IGG foram plotados graficamente para facilitar a interpretação dos resultados. Observando-se o Figura 1, e adotando como limite aceitável pelo usuário um pavimento que foi classificado com conceito **regular**, verifica-se que dos 19 segmentos homogêneos avaliados, 9 devem ser rejeitados pelo critério do PCI (conceito inferior a regular) e 12 pelo método do IGG, estes segmentos, não estariam aptos a atender as funções do pavimento de oferecer conforto, segurança e economia ao usuário.

Do universo avaliado, 5 segmentos apresentam resultados divergentes entre as duas classificações, enquanto os outros 14 podem ser considerados equivalentes. Para entender melhor o que ocorreu, nesses 5 casos, procedeu-se uma análise de cada caso, buscando uma resposta individual para cada situação. Foram revisadas as planilhas de campo e de cálculo e efetuada novas vistorias em alguns trechos quando necessário.

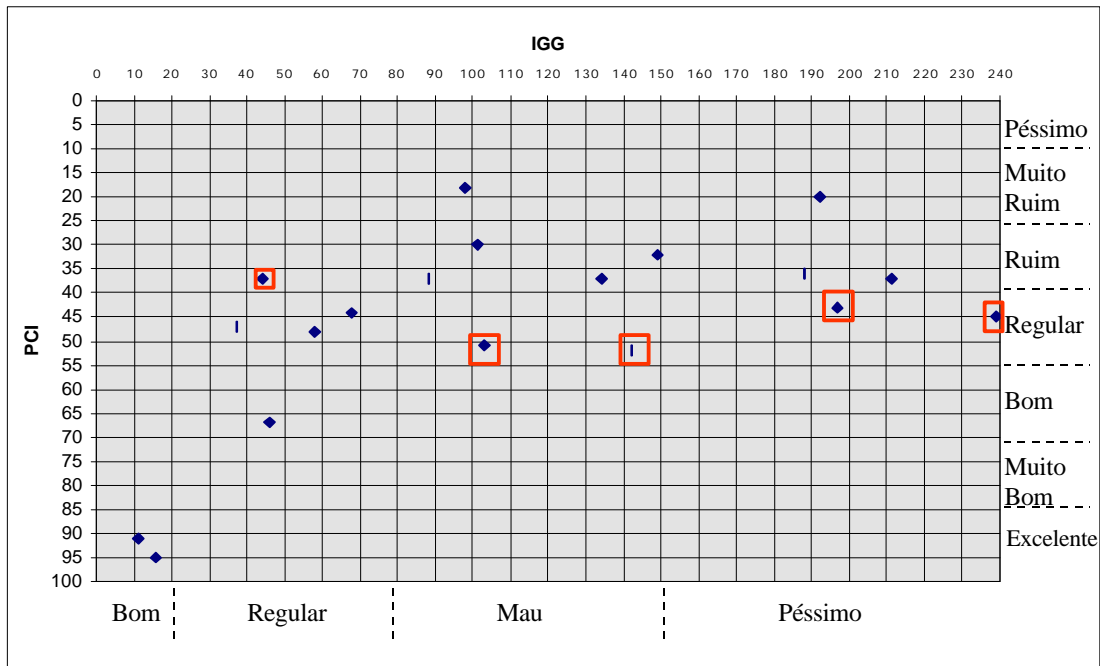


Figura 1: PCI versus IGG

- Caso 1: Avenida Ana Costa - Segmento: 4**
 Extensão: 200 m
 Largura: 3,40 m
 Área: 680 m²

IGG = 44

Conceito: **Regular**

Nº amostras = 5

Área_{1 amostra} = 20,40 m²

Área_{Total Avaliada} = 102 m²

Defeitos: trincas longitudinais curtas (FC1), couro de jacaré (FC2) e remendo.

PCI = 37

Conceito: **Ruim**

Nº amostras = 3

Área_{1 amostra} = 225, m²

Área_{Total Avaliada} = 680 m²

Defeitos: couro de jacaré, fissuras longitudinais e transversais, remendo, panela e desgaste.

Não foram observados na avaliação do IGG os defeitos “panelas” (ao todo 6 pequenas de severidade baixa agrupadas em uma mesma área) e desgaste (22 m de ocorrência consecutiva); isso pode ser facilmente explicado. O método do IGG divide o segmento em estacas de 40 em 40 m, e em cada estaca avalia os 3 m anteriores e posteriores totalizando uma área de 6m de extensão pela largura da faixa, e ambos os defeitos

(panela e desgaste) ficaram fora da área avaliada. Já o PCI, neste caso, avaliou a área total da seção, todas as amostras, por elas terem resultado em número igual ou inferior a 5 (condição do método). Isso ocorre, porque a área da amostra é fixada em 225 m² e quando a largura da seção é pequena, obtém-se grandes comprimentos, resultando poucas unidades. Neste caso, o PCI refletiu melhor a situação existente.

- **Caso 2:** Rua Ricardo Pinto - Segmento: único
Extensão: 850 m
Largura: 9,00 m
Área: 7650 m²

IGG = **239**

Conceito: **Péssimo**

Nº amostras = **22**

Área_{1 amostra} = **54 m²**

Área_{Total Avaliada} = **1188 m²**

Defeitos: trincas longitudinais longas (FC1), couro de jacaré (FC2), couro de jacaré com erosão (FC3), afundamento plástico, painelas, desgaste e remendo.

PCI = **45**

Conceito: **Regular**

Nº amostras = **12**

Área_{1 amostra} = **225 m²**

Área_{Total Avaliada} = **2700 m²**

Defeitos: couro de jacaré, remendo, afundamento localizado, panela e desgaste.

Neste exemplo, analisando o resultado do PCI, observa-se que quando um segmento possui maior largura, o comprimento de cada amostra é proporcionalmente menor (área fixada em 225 m²) e resulta em maior número. Do total de 34 seções, 12 foram selecionadas aleatoriamente e classificadas com o resultado mais favorável do que a via apresenta, pois alguns defeitos importantes ficaram fora dessas amostras. As amostras avaliadas pelo IGG obtiveram conceito mais apropriado à situação real.

- **Caso 3:** - Av. Vicente de Carvalho: Segmento: 1
Extensão: 360,00 m
Largura: 3,00 m
Área: 1080,00 m²

IGG = **142**

Conceito: **Mau**

Nº amostras = **9**

Área_{1 amostra} = **18m²**

Área_{Total Avaliada} = **162 m²**

Defeitos: trincas longitudinais longas (FC2), couro de jacaré com erosão (FC3), afundamento plástico, desgaste e remendo.

PCI = **52** após correção **48**

Conceito: **Regular**

Nº amostras = **5**

Área_{1 amostra} = **225 m²**

Área_{Total Avaliada} = **1125 m²**

Defeitos: couro de jacaré, remendo, fissuras longitudinais e transversais, afundamento localizado, panela e desgaste.

Esse segmento, mesmo após as correções efetuadas, permaneceu com classificação diferenciada. Observamos que mesmo em casos em que houve coerência de resultados, o IGG, normalmente, reflete uma tendência mais pessimista, e isto talvez, seja devido à sua classificação trabalhar com apenas quatro conceitos (Bom, Regular, Mau e Péssimo) contra os sete do PCI (Excelente, Muito Bom, Bom, Regular, Ruim, Muito Ruim e Péssimo).

Dois dos casos citados, após nova vistoria de campo, sofreram alteração nos resultados finais. A comparação dos novos valores foram consideradas aceitáveis. Essas diferenças ocorreram devido a erros cometidos pelo avaliador. Os segmentos corrigidos são:

- **Caso 4:** Avenida Vicente de Carvalho - Segmento: 2

IGG = **197**
 Conceito: **Péssimo**

PCI = **40**
 Conceito: **Ruim**

- **Caso 5:** Avenida Presidente Wilson - Segmento: único

IGG = **103**
 Conceito: **Mau**

PCI = **39**
 Conceito: **Ruim**

Esses erros, de acordo com Marcon [6], são inerentes ao ser humano, como a tendência de avaliar muito alto ou baixo, hesitação em fazer julgamentos nos extremos e tender a avaliar o valor próximo da média, avaliação contaminada por uma impressão geral da via, pressuposições lógicas na mente do avaliador e a proximidade física de defeitos, entre outros.

Com o resultado final, após correções de valores, foi construída a matriz de ocorrência de defeitos apresentada na Figura 2.

| | | PCI | | | | | | |
|---|-----------------|-----------------------|----------------------|----------------|--------------------|-----------------|-----------------------|-------------------|
| | | Excelente 100 a 86 | Muito Bom 85 a 71 | Bom 70 a 56 | Regular 55 a 41 | Ruim 40 a 26 | Muito Ruim 25 a 11 | Péssimo 10 a 0 |
| G | I Bom 0-20 | 2 | | | | | | |
| | Regular 20-80 | | | 1 | 3 | 1 | | |
| | Mau 80-150 | | | | 1 | 5 | 1 | |
| | Péssimo 150-500 | | | | 1 | 3 | 1 | |

Figura 2 Matriz de ocorrência de defeitos

6. PCI como Indicador Estrutural

Sabe-se que uma das grandes dificuldades de decisão a ser tomada diante de um pavimento que não possua memória "*as built*" é a avaliação das propriedades de engenharia das camadas estruturais. Estas camadas são formadas por diversos tipos de materiais e diferentes espessuras que no conjunto retratam a resistência do pavimento a suportar as cargas impostas pelo tráfego e pela ação do meio ambiente

[13]. Sendo essa a realidade da cidade de Santos, avaliou-se a capacidade estrutural dos pavimentos por meio do equipamento de ensaio não – destrutivo FWD.

A partir das deflexões obtidas nas avaliações estruturais com o FWD, que tem por objetivo simular o efeito da passagem da carga de uma roda em movimento sobre o pavimento, calculou-se a média das deflexões máximas (Df_1), o seu desvio padrão e o número estrutural corrigido (SNC) para cada um dos segmentos homogêneos como apresentado na Tabela 6. O SNC foi obtido por meio da equação desenvolvida por Pitta [12].

Tabela 6 Resultados das deflexões obtidas com o FWD

| Tipo de Via | Identificação do Logradouro | Deflexão Máxima (média em 0,01 mm) | Desvio Padrões | SNC |
|-------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------|------|
| 1 Avenida | Ana Costa | | | |
| | segmento 1 | 104,7 | 22,2 | 2,88 |
| | segmento 2 | 77,7 | 21,8 | 3,24 |
| | segmento 3 | 48,6 | 13,0 | 4,46 |
| | segmento 4 | 33,6 | 10,2 | 5,80 |
| 2 Avenida | segmento 5 | 81,9 | 43,7 | 3,50 |
| | Bartolomeu de Gusmão | | | |
| 3 Rua | segmento único | 33,8 | 12,9 | 4,76 |
| | Campos Mello | | | |
| | segmento 1 | 70,0 | 20,1 | 3,51 |
| 4 Rua | segmento 2 | 76,9 | 29,8 | 3,31 |
| | segmento 3 | 98,6 | 29,0 | 2,72 |
| | Cóchrane, Dr. | | | |
| 5 Avenida | segmento 1 | 62,7 | 26,0 | 4,26 |
| | segmento 2 | 66,2 | 26,0 | 3,8 |
| 6 Rua | Moura Ribeiro, Dr. | | | |
| | segmento único | 73,4 | 28,7 | 3,71 |
| 7 Avenida | segmento único | 73,4 | 28,7 | 3,71 |
| | Ricardo Pinto | | | |
| 8 Avenida | segmento único FB/MDC | 61,5 | 13,4 | 3,88 |
| | Saldanha da Gama, Alm | | | |
| 9 Avenida | segmento único CC/C6 | 54,4 | 11,3 | 4,3 |
| | Saldanha da Gama, Alm | | | |
| 10 Avenida | segmento único | 78,9 | 39,1 | 3,38 |
| | Vicente de Carvalho | | | |
| | segmento 1 | 31,6 | 9,8 | 4,33 |
| 10 Avenida | segmento 2 | 47,5 | 18,3 | 5,54 |
| | Wilson, Pres. | | | |
| | Segmento único | 37,9 | 11,8 | 5,92 |

A figura 3 apresenta uma confrontação dos valores obtidos de SNC da Tabela 6 com os resultados de PCI que, conforme se extrai dos objetivos de sua formulação, seria também um indicador da integridade estrutural do pavimento.

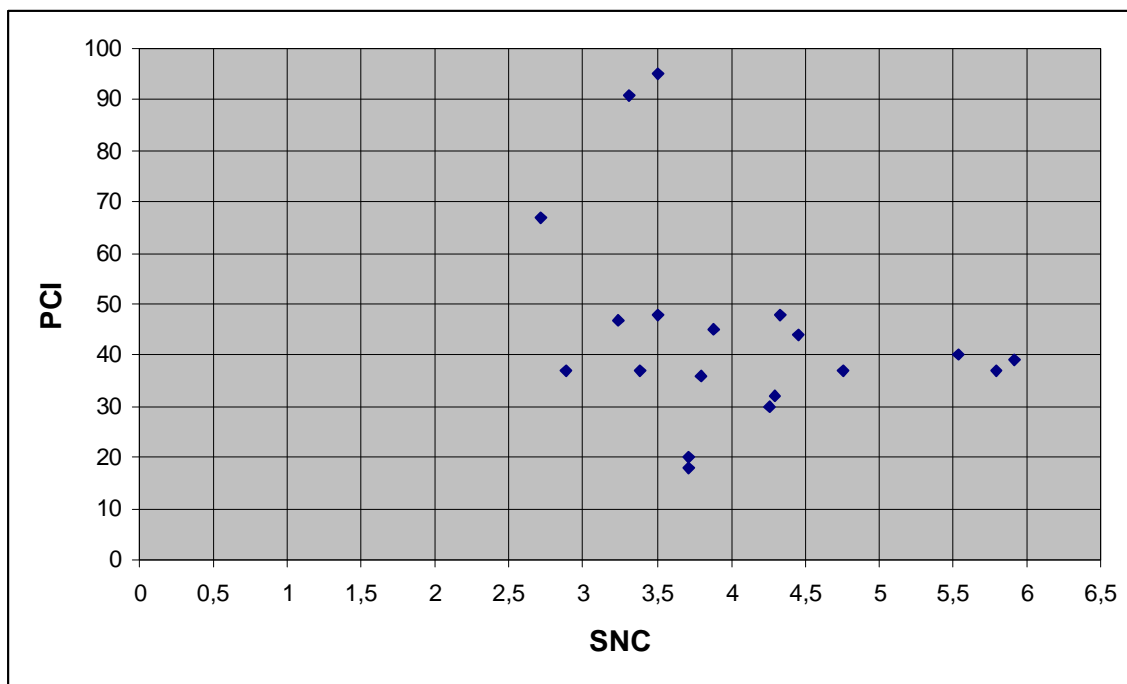


Figura 3 PCI *versus* SNC

Esperava-se que quanto mais alto fossem os valores de PCI, mais elevados seriam os valores de SNC, o que não ocorreu, vindo a corroborar as suspeitas de Balbo [1] de que o PCI, por sua própria formulação, trataria-se de um índice mais representativo de condições funcionais de pavimentos que um indicador estrutural.

7. Conclusões

Em 84% dos segmentos, avaliados pelos dois métodos (IGG e PCI), o diagnóstico foi igual ou muito próximo. Nos outros 16% dos casos, embora com conceitos diferentes, não houve antagonismo maior. Notou-se uma tendência de avaliação mais conservadora no caso método do IGG.

Verificou-se que a largura da faixa avaliada pode influir no resultado final, pois larguras pequenas resultam em segmentos com área menor a ser avaliada pelo IGG e menor número de amostras do PCI; neste último método significa que, proporcionalmente, haverá mais amostras avaliadas por seção.

Ambos os procedimentos estão sujeitos a deixar de avaliar defeitos importantes, seja devido ao espaçamento constante do método IGG ou a aleatoriedade da escolha de amostras método do PCI.

Sugere-se o uso do IGG quando necessita-se de uma avaliação mais imediata e em grandes extensões, como para a alimentação de dados de um sistema de gerência a nível de rede. A aplicação do PCI em trechos menores, poderá ser também útil em permitir ao projetista quantificar o volume de tapa-buracos, as extensões de remendos localizados, pequenas áreas que necessitem de fresagem, dentre outros.

Verificou-se que, no contexto das presentes análises, o PCI está mais afeto à condição funcional do pavimento do que à sua condição estrutural.

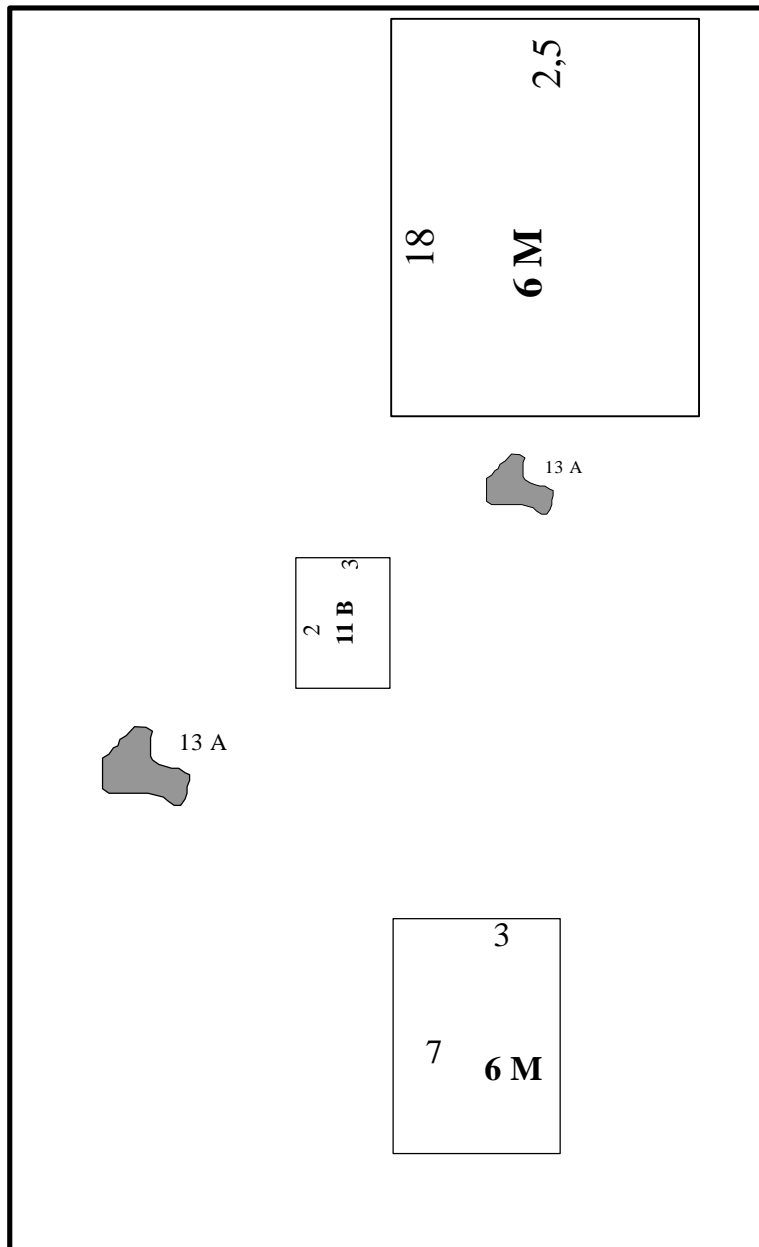
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Balbo, J. T.; **“Pavimentos Asfálticos - Patologias e Manutenção”**. Editora Plêiade, São Paulo, 1997, 103 p.
- [2] Cardoso, S.H.; Marcello, J.R.; Rocha, G.M.P.; Moreira, M.J.; Pestana, M.R.R.; **“A Fase Atual da Implantação do Sistema de Gerência de Pavimentos em Aeroportos Brasileiros”**. Anais da 28ª Reunião Anual de Pavimentação, vol. 2, Belo Horizonte, 1994.
- [3] DNER - Departamento Nacional de Estradas De Rodagem; **“Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos”**. DNER-PRO 008/94, Ministério dos Transportes, 1994, 10p.
- [4] Fernandes Jr., J.L.; Bertollo, S.M.; **“Considerações sobre a Gerência de Pavimentos Urbanos em Nível de Rede”**. 9º Congresso Ibero-Latino Americano del Asfalto, Tomo 2, Assunción, 1997.
- [5] Marcon, A.F.; Cardoso, S. H.; Aps, M.; **“Considerações sobre Métodos de Avaliação de Superfície de Pavimentos”**. Anais da 29ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPV, vol.4, Cuiabá, 1995.
- [6] Marcon, A.F.; **“Contribuição ao Desenvolvimento de um Sistema de Gerência de Pavimentos para a Malha Rodoviária Estadual de Santa Catarina”**; Tese (Doutorado), Instituto Tecnológico da Aeronáutica, São José dos Campos, 1996.
- [7] P.M.S.- Prefeitura Municipal de Santos. **“Sumário de Dados”**. nº 3, 1994.
- [8] Shain, M. Y. **“Pavement Management for Airports, Roads and parking Lots”**. Chapman & Hall, New York, 1994, 450 p.
- [9] Shain, M. Y, Kohn, D. S.; **“ Development of a Pavement Condition Rating Procedure for Roads, Streets and Parking Lot”**. CERL-TR-M-268, U.S.Army,1979, vol. 1 e 2.
- [10] Sohail, F. and Hudson, W. R.; **“Network - Level Implementation of URMS: A Graphical Urban Roadway Management System”**. Transportation Research Record nº 1524, Washington, DC, 1996.
- [11] Tavakoli, A; Lapin, M.S. and Figueroa, J.L.; **“PMSC: Pavement Management System for Small Communities”**. Journal of Transportation Engineering, vol. 118, nº 2, New York, 1992.
- [12] Pitta, D.M.; **“Contribuição à Retroanálise das Superfícies Deformadas em Pavimentos Asfálticos Típicos da Região Sul do Brasil”**. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- [13] Cardoso, S.H. **“Avaliação Estrutural Não - Destrutiva de Pavimentos de Aeroportos – A Experiência Brasileira”**. Seminário sobre Manutenção de Aeroportos, São Paulo, 1992.

Anexo 1: Exemplo de uma planilha de inspeção de campo pelo método PCI.

| | |
|----------------------------------|--|
| Via: Bartolomeu de Gusmão | Seção: 01 |
| Data: | Amostra nº: 01 |
| Avaliador: Marcia | Área da amostra: 225 m ² |

| Tipos de Defeitos | | | |
|--|--------------|---|---------|
| 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 | | |

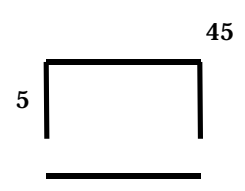


PANELAS

| 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 2: Exemplo de uma planilha de cálculo do valor do PCI.

| | |
|----------------------------------|--|
| Via: Bartolomeu de Gusmão | Seção: 01 |
| Data: | Amostra nº: 01 |
| Avaliador: Marcia | Área da amostra: 225 m ² |

| Tipos de Defeitos | | |
|--|--|---|
| 1 Couro de Jacaré | 11 Remendos | Esboço:  |
| 2 Exsudação | 12 Agregado polido | |
| 3 Fissuras em blocos | 13 Painelas | |
| 4 Elevações 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 escorregamento de massa | |
| 8 Fissuras por reflexão de juntas | 18 Inchamento | |
| 9 Desnível de pavimento/acostamento | 19 Desgaste | |
| 10 Fissuras longitudinal e transversal | | |

| Tipos de Defeitos Existentes | | | | | | | | | |
|------------------------------|------------|----------|-----|-----|--|--|--|--|--|
| | | 6 | 11 | 13 | | | | | |
| | | 21 M | 6 B | 1 A | | | | | |
| | | 45 M | | 1 M | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | severidade | B | | 6 | | | | | |
| | M | 66 | | 1 | | | | | |
| | A | | | 1 | | | | | |

| Cálculo do PCI | | | | |
|---|-----------|------------|---------------|--|
| Tipo do defeito | Densidade | Severidade | Valor dedução | |
| 6 | 29,33 | M | 51 | PCI = 100 - CDV 100 - 69 PCI = 31 |
| 11 | 2,67 | B | 6 | |
| 13 | 0,44 | M | 20 | |
| 13 | 0,44 | A | 40 | |
| | | | | Condições do pavimento: Ruim |
| | | | | |
| | | | | |
| Total de Dedução (TDV) | | | 117 | |
| Valor de Dedução Corrigido (CDV) | | | 67 | |

Observação: desconsiderando o defeito 11, que tem pouco peso na condição do pavimento (valor de dedução = 6), o valor total de dedução passa para 111 e o número de defeitos para 3, o que resulta um valor de dedução corrigido de 69, superior aos 67 anteriores. Deve-se utilizar o maior.