

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

PTR 3521-Avaliação e Reabilitação de Pavimentos

Professores Liedi Bariani Bernucci e José Tadeu Balbo



Avaliação Objetiva de Pavimentos de Concreto (PRO62)

Samuel Sakanoue Leite 4637175

Thiago Silva Pinto Ferraz 8994988

São Paulo
Abril 2018

Índice

1. INTRODUÇÃO	2
2. Procedimento	2
3. ICP (Índice de condição do Pavimento)	3
4. Problemas na atual norma	5
5. Análise do estudo de caso: Avaliação e manutenção da rodovia Al-Fiush no lêmén	6
5.1. Introdução	6
5.2. Descrição da área de estudo	6
5.3 Valores de IPC nas seções da rodovia	7
6. Referências	9

1. INTRODUÇÃO

Para avaliar a severidade dos danos em pavimentos de concreto, foi elaborado a norma *PRO62 - Avaliação Objetiva de Pavimentos de Concreto* que tem como objetivo a determinação do nível de degradação deste através da sua relação com a severidade e progressão dos danos através do índice ICP (Índice de condição do pavimento) e por conseguinte um conceito a este associado, de forma a auxiliar na identificação de trechos que necessitem de manutenção . Tais são determinados por uma inspeção visual por parte de um profissional qualificado e a utilização de uma série de gráficos fornecidos em anexo na norma.

2. Procedimento

De acordo com a norma PRO62, para a classificação da condição estrutural de um determinado pavimento rígido, através de uma análise objetiva deve-se:

- **Analisar os dados obtidos na inspeção:**

Consiste no julgamento dos dados na ficha de inspeção referentes às amostras analisadas, junto com os anexos obtidos (fotos, amostras de material, etc).

- **Calcular os ICP's:**

Em seguida deve-se calcular os ICP's para as amostras coletadas e para os trechos considerados.

- **Atribuir Conceitos:**

O engenheiro responsável pela avaliação deve atribuir às amostras e aos trechos considerados um **conceito**, sendo esse desde 100 (excelente) a 0 (destruído).

- **Analisar o cadastro documental:**

Necessário levantar os dados históricos referentes à rodovia de forma a obter o maior número de dados o possível a respeito de: dados do projeto, dados de construção, dados de operação e dados de reparo e reforço.

- **Emitir o Laudo:**

Por último deve-se formular um diagnóstico ao trecho, no que se refere à condição estrutural e ao comportamento da pavimentação, sendo que em tal deve constar:

- Condição geral da estrutura avaliada e o comportamento desta (integridade, capacidade, resistência à derrapagem, etc)
- Conceito atribuído

- Estado do selante e das juntas, defeitos atípicos identificados, desgastes superficiais, assentamentos e buracos
- Prováveis causas de defeitos encontrados
- Descrição do estado de amostras com ICP <= 40
- Anexo das fichas de inspeção
- Assinatura do avaliador responsável e data

3. ICP (Índice de condição do Pavimento)

Consiste em um índice que atribui ao pavimento estudado uma condição estrutural. Vai de 100 (nenhum defeito visualmente perceptível) a 0 (pavimento destruído). É determinado através da subtração de 100 pela soma de valores deduzíveis (CVD), que depende do tipo, severidade e densidade do defeito observado, devendo ser ainda multiplicado por um fator de correção (VDC) relacionado com o número de CVD's e o quanto influem na condição estrutural do pavimento (possível obter através de um gráfico, relação entre as patologias não é linear). Segue abaixo como calcular tal:

$$ICP = 100 - \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{m_i} A(T_i, S_j, D_{ij}) F(t, q)$$

em que:

ICP = Índice de Condição do Pavimento;

A = valor deduzível, dependente do tipo do defeito (Ti), do grau de severidade (Sj) e da densidade de defeitos (Dij);

i = contador para tipos de defeitos;

j = contador para graus de severidade;

p = número total de placas defeituosas;

mi = número de graus de severidade para o tipo de defeito;

F (t,q) = uma função de ajustamento para defeitos múltiplos que varia com o valor deduzível somado (t) e o número de deduções (q).

Figura 3.1 - Fórmula do ICP, retirado da norma PRO62

Em que o valor 'A' depende da interpretação visual por parte do avaliador, cuja relação se apresenta como uma série de ábacos fornecidos no documento, sendo necessário a atribuição da severidade do defeito analisado e um cálculo da densidade de tal para a determinação do "valor dedutível". As patologias abordadas pela norma são: alçamento de placas, fissura de canto, placa dividida (rompida), escalonamento ou degrau, desnível, fissuras lineares, grandes reparos existentes (> 0.45m²), pequenos reparos existentes (< 0.45m²), desgaste superficial (uma única curva), bombeamento de finos, quebras localizadas, passagem de nível, fissuras superficiais (rendilhado) e escamação do concreto, fissuras de retração, esborcinamento ou quebra de canto, esborcinamento de juntas e placa bailarina.

Se em um determinado trecho houverem diferentes amostras a serem analisadas, o ICP será a média aritmética dos ICP's do trechos analisados. Caso este for avaliado pelo método da amostragem (seleção de um determinado número de amostras de forma

aleatório), utiliza-se a média se todas as amostras forem selecionadas, caso contrário, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$ICP_t = \frac{N-A}{N} ICP_1 + \frac{A}{N} ICP_2$$

em que:

ICPt = ICP do trecho;

ICP1 = ICP médio das amostras aleatórias;

ICP2 = ICP médio das amostras adicionais;

N = número total de amostras do trecho;

A = número de amostras adicionais inspecionadas.

Figura 3.2 - Fórmula indicando como calcular o ICP por amostragem

O grau de severidade é determinado apenas visualmente e depende inteiramente da experiência do avaliador, devendo ser qualificada em se consistindo de uma severidade baixa, média ou alta. Tendo o grau de severidade, o tipo de problema e o seu respectivo ábaco, calcula-se a densidade do problema (%), de forma a determinar o valor dedutível na placa. Em seguida, deve-se corrigir o somatório, considerando o número de defeitos apresentados, obtendo-se o VDC, o qual deve ser subtraído de 100 de forma a se obter o ICP.

6 Curvas para a determinação de valores deduzíveis dos defeitos

6.1 Alçamento de placas

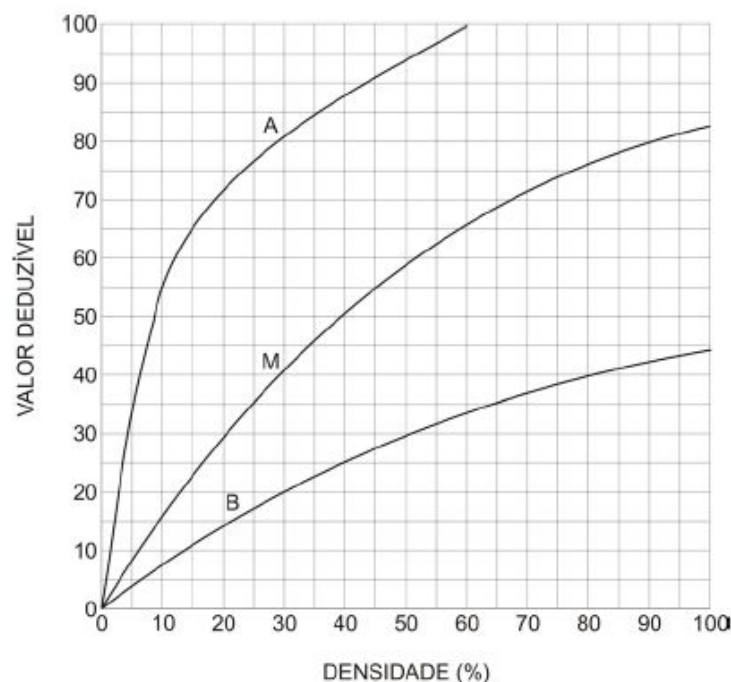
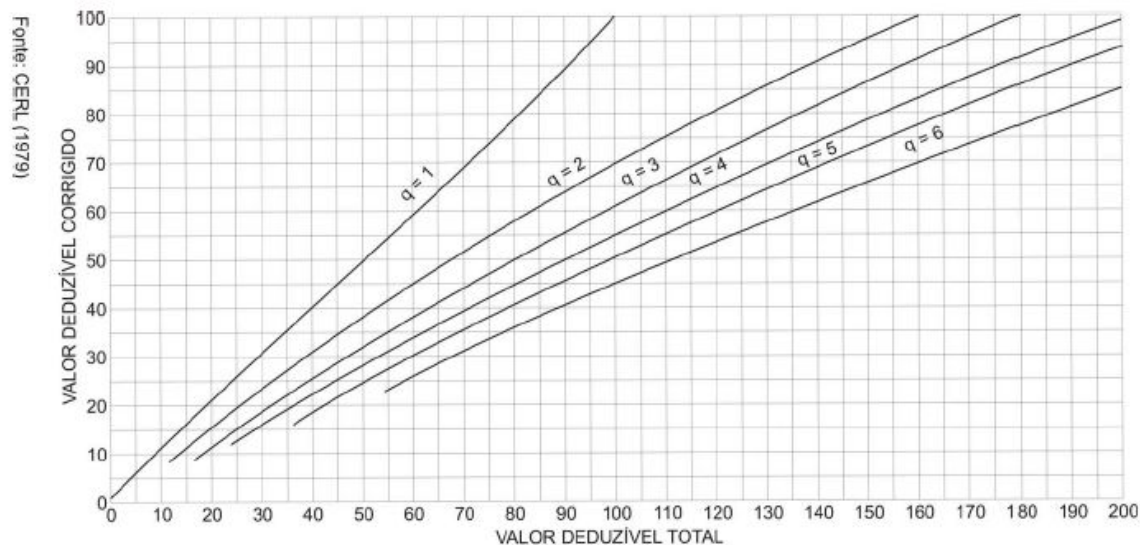


Gráfico 3.1 - Gráfico presente na norma para alçamento de placas



NOTA: q = número de valores dedutíveis superiores a 5, considerando o maior valor para cada tipo de defeito.

Gráfico 3.2 - Gráfico presente na norma para cálculo do VDC

Por último, após obtido o valor do VDC, este deve ser subtraído de 100 de forma a se obter o ICP e um conceito a ele associado, sendo que a escala de variação é tal que se para valores entre 0 e 10, considera-se que a condição deste é “destruído”, entre 10 e 25 que a sua condição é “muito ruim”, entre 25 e 40 “ruim”, entre 40 e 55 é “razoável”, entre 55 e 70 “bom”, entre 70 e 85 “muito bom” e de 85 a 100 “excelente”. Nota-se que apesar de especificar como o deve ser realizado o cálculo dos índices envolvidos, não é especificado a partir de qual conceito deve ser realizado manutenção preventiva, cabendo ao técnico responsável a decisão. Além disso a norma deixa explícito que caso o engenheiro responsável não concorde com o conceito obtido, ele pode propor um novo conceito, sendo esse devidamente justificado e prevalecendo o valor obtido pela análise sob este.

4. Problemas na atual norma

De forma a melhor entender os problemas presentes na atual norma, esta foi comparada com o estudo americano à qual esta se baseou, e à um estudo de caso no lêmén que utilizou o mesmo método para a determinação das condições de um trecho de estrada de aproximadamente 10,84Km .

O primeiro, e possivelmente mais grave, problema identificado, consiste no fato de que todos os gráficos relacionando a densidade da patologia ao valor dedutível são iguais aos gráficos do documento *Development of a pavement condition rating procedure for roads, street, and parking lots* (SHAHIN, M. Y., KOHN, S. D. Champaign, Ill: CERL ,1979. 2v.), ou seja, foi considerado que o comportamento dos problemas em pavimentos rígidos no Brasil é igual ao comportamento observado das placas estudadas nos Estados Unidos.

Sabendo que as condições ambientais são diferentes entre os dois, seria necessário que fossem feitos estudos de forma a averiguar se os presentes resultados são suficientemente representativos, uma vez que o ICP leva em consideração a condição estrutural e desempenho operacional do pavimento. Nota-se também que problemas como hidroplanagem e resistência à derrapagem não foram originalmente considerados uma vez que o experimento original mediu o ICP em instalações militares, onde o tráfego costuma ser de baixa velocidade e portanto os efeitos de tais são pouco significativos. Entretanto, a norma que pode ser aplicada para analisar vias em que os veículos trafegam em alta velocidade, esses problemas deveriam ser considerados.

Também foi possível perceber que a norma não apresenta uma forma de determinar o número de amostras a serem retiradas, referindo-se apenas à *“um número mínimo necessário de amostras inspecionadas (n), para avaliação da necessidade de inspeção”* que independe das características da via (comprimento analisado, tamanho das placas, etc). Vale ressaltar também, que o documento não especifica como calcular a densidade dos problemas no pavimento.

Além disso a norma exige que um engenheiro responsável atribua os conceitos ao pavimento, sem entretanto definir como determinar os graus de severidade. Somado ao fato da norma constatar que *“O avaliador, após analisar todas as informações fornecidas pela inspeção visual e pelo cadastro documental da rodovia, poderá discordar do conceito atribuído ao trecho, em função do ICP calculado. Por ser uma avaliação objetiva, prevalecerá o conceito com base no cálculo. Nesse caso o avaliador fará constar no laudo da avaliação sugestão para alteração do conceito, devidamente consubstanciada.”* tal pode levar a considerações equivocadas se o avaliador não for suficientemente qualificado, e levando em consideração que os gráficos de severidade para um mesmo defeito são significativamente diferentes.

5. Análise do estudo de caso: Avaliação e manutenção da rodovia Al-Fiush no Iêmen

5.1. Introdução

O Índice de Condição de Pavimento (ICP) é um método simples, conveniente e de baixo custo para monitorar as condições de superfícies de estradas, permitindo uma avaliação das necessidades de manutenção e reabilitação da via. Desta forma, considerando-se a limitação de fundos disponíveis para manutenção de rodovias no país, foi feito um estudo de avaliação para a estrada Al-Fiush, que liga a cidade de Aden, capital econômica do Iêmen, à outras grandes cidades da região norte do país.

O estudo foi baseado no procedimento PAVER descrito no *Technical Manual TM 5-623, Pavement Maintenance Management*, que, sendo este baseado no ICP, busca otimizar os benefícios aos usuários da via ao mesmo tempo que minimizam os custos para a agência responsável pela gestão da rodovia

5.2. Descrição da área de estudo

O trecho analisado da rodovia Al-Fiush, que interliga a capital comercial do Iêmen com outras grandes cidades ao norte do país possui as seguintes características:

- 10,84 km de extensão
- Duas faixas, sendo uma em cada sentido
- Tráfego diário no sentido norte de 8704 veículos, sendo 58% de pesados
- Tráfego diário no sentido sul de 8494 veículos, sendo 45% de pesados

5.3 Valores de IPC nas seções da rodovia

O tamanho dos segmentos em que será dividida a rodovia para a determinação do IPC será 7m de largura, cobrindo ambas as faixas, e 30,5m de comprimento. Desta forma, o número de segmentos foi dado por:

$$N = \frac{\text{Comprimento do trecho}}{\text{Comprimento do segmento}} = \frac{10.800}{30,5} = 355 \text{ amostras}$$

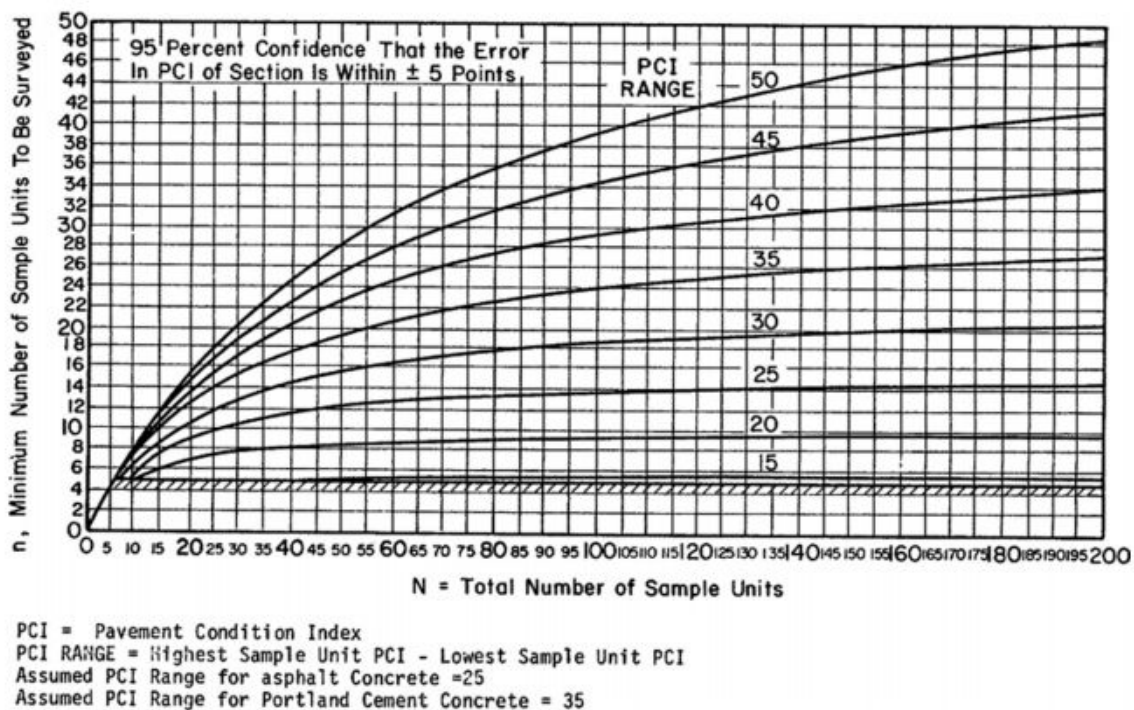


Gráfico 5.1 - Gráfico usado para a determinação do ICP do pavimento

Do gráfico, assumindo um $PCI\ Range = 25$, obtém-se $n=15$ amostras, e o espaçamento i das unidades a serem selecionadas é dado por:

$$i = \frac{N}{n} = \frac{355}{15} = 23$$

Numerando-se todas as amostras, são inspecionadas começando pela seção 2 as que possuem número múltiplo de $23 + 2$.

O resultado é dado na seguinte tabela:

No.	Sample No.	Sample unit area, m ² (ft ²)	PCI	Rating
1	2	213.5 (2,300)	80	Very good
2	25	213.5 (2,300)	100	Excellent
3	48	213.5 (2,300)	91	Excellent
4	71	213.5 (2,300)	78	Very good
5	94	213.5 (2,300)	90	Excellent
6	117	213.5 (2,300)	88	Excellent
7	140	213.5 (2,300)	73	Very good
8	163	213.5 (2,300)	81	Very good
9	186	213.5 (2,300)	78	Very good
10	209	213.5 (2,300)	70	Very good
11	232	213.5 (2,300)	65	Good
12	255	213.5 (2,300)	62	Good
13	278	213.5 (2,300)	67	Good
14	301	213.5 (2,300)	92	Excellent
15	324	213.5 (2,300)	90	Excellent
Average PCI of sections			80.3	Very good

Tabela 5.1: Valores de IPC (PCI) das seções da rodovia

Foram ainda recolhidas amostras adicionais indicadas na tabela:

Sample No.	PCI	Sample No.	PCI	Sample No.	PCI
1	27	105	81	217	26
17	82	128	81	220	51
30	46	158	32	230	60
84	73	173	87	237	67
87	88	199	17	Average PCI	59.5

Tabela 5.2: Valores adicionais de IPC (PCI) das seções da rodovia

Observa-se pela tabela índices de condição do pavimento muito bons e após a inclusão de novas amostras obtém-se o valor do IPC por meio da expressão:

$$IPC_f = \frac{(N-A)}{N} IPC_1 + \frac{A}{N} IPC_2$$

$$IPC_f = \frac{(355-16)}{355} 80,3 + \frac{16}{355} 59,5 = 79,4, \text{ avaliado como muito bom.}$$

Baseando-se na classificação obtida, sugere-se que se mantenha a atual política de manutenção da rodovia AI-Fiush.

6. Referências

http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/procedimento-pro/dnit063_2004_pro.pdf

Último acesso em 03/06/2018 às 22:51

<https://hrcak.srce.hr/file/258966>

Último acesso em 03/06/2018 às 22:51

SHAHIN, M. Y., KOHN, S. D. *Development of a pavement condition rating procedure for roads, street, and parking lots* Champaign, Ill: CERL ,1979. 2v.