

39.^a RAPv/13.^o ENACOR

Recife/PE - BRASIL - 16 a 19 de Setembro 2008

ANÁLISE COMPARATIVA DOS VALORES DO ÍNDICE INTERNACIONAL DE IRREGULARIDADE E DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO EM RODOVIA ESTADUAL DO CEARÁ

Sérgio Armando de Sá e Benevides¹; Bruno Tiago Angelo da Silva²; Francisco Heber Lacerda de Oliveira³ & Paulo Roberto Reis Loiola⁴

RESUMO

O Índice Internacional de Irregularidade (IRI) é o parâmetro mais utilizado internacionalmente para a avaliação funcional de pavimentos. As irregularidades são decorrentes de problemas de construção ou de defeitos oriundos da ação do tráfego e do clima, principalmente das deformações permanentes do revestimento e do subleito. Em 2006 foi feito um levantamento em 72 trechos de rodovias do Estado do Ceará, obtendo-se os valores do IRI utilizando um perfilômetro inercial a laser com três sensores, assim como dos defeitos e das severidades através do Levantamento Visual Contínuo (LVC). No ano seguinte, fez-se um novo levantamento em um dos trechos e a evolução das irregularidades, dos defeitos e das severidades foram então analisadas. Manteve-se a mesma metodologia e os mesmos equipamentos usados no levantamento anterior, tanto para determinar o IRI, como para o LVC. Este trabalho objetiva comparar os resultados dos dois levantamentos e estabelecer uma correlação entre os valores do IRI e dos defeitos em intervalos de 200 m. No levantamento para a determinação dos valores do IRI foram utilizados os programas *Ciberlogger* e *Cibershell* e no LVC equipamento com um *Software* apropriado. Os resultados apresentaram uma correlação aceitável entre os valores do IRI e do LVC do trecho estudado.

PALAVRAS-CHAVE: gerência, pavimentos, irregularidades, levantamento visual contínuo.

ABSTRACT

The International Roughness Index (IRI) is the most internationally parameter used for pavements evaluating. The irregularities are due construction problems, traffic action and climate defects, and particularly the permanent deformation of coating and basement. In 2006 a survey was done in 72 roads stretches of Ceara, resulting IRI values using an inertial profilometer with three laser sensors, as well as the defects and severities by Continue Visual Survey (CVS). One year later has been made a new survey in same road stretch and irregularities evolution, defects and severities were then analysed. It maintained the same methodology and equipment used in previous surveys, both for determining the IRI and the CVS. This paper aims to compare the results of two surveys and establish a correlation between the values of IRI and the defects at intervals of 200 m. In the survey for determining the values of IRI used *Ciberlogger* and *Cibershell* programs and CVS and appropriate software equipment. The results showed an acceptable correlation between IRI and CVS values.

KEY-WORDS: management, pavements, roughness, continuous visual survey.

¹ Professor da Universidade Federal do Ceará. Departamento de Engenharia de Transportes. Bloco 703 - Campus do Pici S/N. Cep: 60455-760. Fortaleza. Ceará. E-mail: sergio@det.ufc.br

² Aluno de Mestrado da Universidade Federal do Ceará. Departamento de Engenharia de Transportes. Bloco 703 - Campus do Pici S/N. Cep: 60455-760. Fortaleza. Ceará. E-mail: tiago@det.ufc.br

³ Aluno de Mestrado da Universidade Federal do Ceará. Departamento de Engenharia de Transportes. Bloco 703 - Campus do Pici S/N. Cep: 60455-760. Fortaleza. Ceará. E-mail: heber@det.ufc.br

⁴ Aluno de Mestrado da Universidade Federal do Ceará. Departamento de Engenharia de Transportes. Bloco 703 - Campus do Pici S/N - Cep: 60455-760. Fortaleza. Ceará. E-mail: pauloiola@det.ufc.br

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A ausência de uma política consistente para a gerência de um sistema viário, do qual os pavimentos representam parcela significativa, tem contribuído para que haja desperdícios de recursos financeiros, de mão-de-obra qualificada e de equipamentos.

Um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) é um conjunto de ferramentas que serve para auxiliar os tomadores de decisão na busca de estratégias viáveis, para avaliar, prover e manter os pavimentos em boas condições durante um determinado período de tempo (AASHTO, 1990).

De modo geral, cada órgão rodoviário já utiliza alguma forma de SGP. Por não haver uma padronização na organização de um sistema de gerência, um órgão ao implantá-lo, faz uma adaptação que atenda a vários fatores, dentre os quais, as necessidades, as características da malha viária e os recursos disponíveis (MARCON, 1996; YSHIBA, 2003).

Para escolher as melhores estratégias de Manutenção e Reabilitação (M&R), os tomadores de decisão utilizam as informações fornecidas pelo SGP e em seguida analisam e avaliam os resultados. As relações entre parâmetros não devem, necessariamente, resultar de uma análise matemática complexa. O essencial é que elas sejam admitidas e entendidas pela maioria dos usuários do sistema e consideradas como representativas da situação real. O SGP tem como principais metas, proporcionar um atendimento aceitável ao público de modo geral e ser apropriado à estrutura do órgão (PATERSON, 1987).

Um Sistema de Gerência assumirá sempre uma configuração e um desenvolvimento inerentes ao contexto em que se insere, seja ele rodoviário ou supra-rodoviário. Assim, de forma a atestar a presente assertiva, tendo-se, portanto, em atenção os conceitos, as características e o estado atual dos conhecimentos relativos a esta questão, deverão ser analisados também os pontos-chave a considerar no desenvolvimento e na implantação de um sistema de Gerência Rodoviária. De antemão, pode-se afirmar que um banco de dados confiável é, para qualquer sistema, o ponto principal a considerar e a desenvolver. A sua eficácia condiciona todo o sistema (BENEVIDES, 2006).

No que diz respeito à avaliação das condições de superfície desses pavimentos, duas importantes ferramentas podem ser mencionadas: o Índice Internacional de Irregularidade (IRI) e o Levantamento Visual Contínuo (LVC). O LVC consiste em uma avaliação da condição da superfície do pavimento, por um engenheiro treinado, a bordo de um veículo equipado com instrumentos adequados, conforme ilustrado na Figura 1.



Figura1. Interior de um veículo equipado para efetuar o LVC

O objetivo do LVC é a coleta de informações para verificar o grau de deterioração do pavimento; servir de base para indicar a intervenção apropriada; ser um dos fatores para análise da priorização para investimentos e fornecer subsídio para elaboração de equações de comportamento dos defeitos.

A tabela 1 apresenta os conceitos atribuídos em função dos critérios estabelecidos para cada tipo de defeito e do tráfego médio ou baixo.

Tabela 1. Conceitos atribuídos em função dos critérios estabelecidos para cada tipo de defeito

Código do Tipo de Defeito SGP	Código Conceito de Tráfego	Conceito de Defeito	Mínimo	Máximo	Conceito
Afundamento	Médio	Pouco Afundado	0	8	Bom
		Razoavelmente Afundado	8	20	Regular
		Muito Afundado	20	40	Ruim
		Excessivamente Afundado	40	100	Péssimo
	Baixo	Pouco Afundado	0	5	Bom
		Razoavelmente Afundado	5	15	Regular
		Muito Afundado	15	35	Ruim
		Excessivamente Afundado	35	100	Péssimo
Remendo	Médio	Pouco Remendado	0	6	Bom
		Razoavelmente Remendado	6	17	Regular
		Muito Remendado	17	32	Ruim
		Excessivamente Remendado	32	100	Péssimo
	Baixo	Pouco Remendado	0	5	Bom
		Razoavelmente Remendado	5	15	Regular
		Muito Remendado	15	30	Ruim
		Excessivamente Remendado	30	100	Péssimo
Trinca de Fadiga	Médio	Pouco Trincado	0	15	Bom
		Trincado	15	32	Regular
		Muito Trincado	32	60	Ruim
		Excessivamente Trincado	60	100	Péssimo
	Baixo	Pouco Trincado	0	12	Bom
		Trincado	12	30	Regular
		Muito Trincado	30	50	Ruim
		Excessivamente Trincado	50	100	Péssimo

As irregularidades longitudinais, conforme citado na literatura por diversos autores, é, atualmente, o parâmetro mais utilizado internacionalmente para a avaliação funcional de pavimentos. Elas são decorrentes de problemas de construção ou de defeitos oriundos da ação do tráfego e do clima, principalmente das deformações permanentes do revestimento e do subleito.

Apesar da ampla gama de definições, a prática hoje é limitar as medidas das irregularidades, relacionando-as com o perfil longitudinal da superfície da rodovia por serem estas que causam vibrações nos veículos e desconforto aos usuários (KSAIBATI et al., 1998).

Nas últimas três décadas, vários estudos apontaram a irregularidade longitudinal como sendo o parâmetro que mais causava desconforto aos usuários. Mas desde os estudos da AASHO, CAREY e

IRICK (1960) mostraram a grande influência que tem a irregularidade longitudinal, na opinião dos motoristas, sobre a qualidade de serventia da superfície dos pavimentos.

Existe variabilidade na adoção de limites de aceitabilidade das irregularidades de um país para outro. Na Tabela 2 são apresentadas as faixas de classificação dos pavimentos quanto à irregularidade longitudinal, em IRI, em função da qualidade do rolamento proporcionado por estas vias, para diversos países, adaptada de FARIAS e SOUZA (2002).

Tabela 2. Faixas de classificação de irregularidade longitudinal, para diversos países com base no IRI (adaptada de FARIAS e SOUZA, 2002)

EUA		Brasil		Espanha		Chile		Uruguai		Honduras	
Muito Bom	0-0,95	Excelente	1,0-1,9	Excelente	0-1,5			Muito Bom	0-3,2		
Bom	0,95-1,5	Bom	1,9-2,7	Aceitável	1,5-2,5	Bom	0-3,0	Bom	3,2-3,9	Bom	0-3,0
Regular	1,5-2,7	Regular	2,7-3,5	Regular	2,5-4,0	Regular	3,0-4,0	Regular	4,0-4,6	Regular	3,5-6,0
Ruim	>2,7	Ruim	3,5-4,6	Não desejável	>4,0	Ruim	>4,0	Ruim	>4,6	Ruim	>6,0
		Péssimo	>4,6								
Fonte: AASHTO (1999)		Fonte: Pinto & Preussler (2001)		Fonte: Rio (1997)		Fonte: Patiño & Anguas (1998b)					

Verifica-se a variabilidade na adoção de limites de aceitabilidade de um país para outro. Estes limites foram estabelecidos para rodovias de primeira classe.

OBJETIVO

Comparar os resultados dos dois levantamentos (IRI e LVC) realizados no trecho da Região Metropolitana de Fortaleza e estabelecer uma correlação entre os valores do IRI e dos defeitos encontrados, em intervalos de 200 metros.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No levantamento para a determinação dos valores de IRI foram utilizados os programas *ciberlogger* e *cibershell* e para o LVC, equipamento com *software* adequado.

Após o levantamento em campo dos defeitos encontrados no trecho, alimentou-se o sistema com tabelas em formatos pré-definidos. As quantidades foram importadas na forma de extensão de cada defeito, sendo as mesmas posteriormente transformadas em percentuais padronizados, adotando-se “pesos” para cada defeito e cada severidade.

Os percentuais de cada severidade foram então somados, obtendo-se o percentual padrão dos defeitos. O Fator de Equivalência de Defeitos, que transforma vários defeitos/severidades em defeitos equivalentes foi então utilizado e os resultados foram compilados na tabela 3 a seguir.

Tabela 3. Porcentagem padrão de defeitos do trecho em levantamentos realizados nos anos de 2006 e 2007 através do Levantamento Visual Contínuo

Defeito	Severidade	Levantamento 2006			Levantamento 2007		
		Extensão (m)	Fator de Equivalência dos Defeitos	% Padrão de Defeitos	Extensão (m)	Fator de Equivalência dos Defeitos	% Padrão de Defeitos
Trinca de Fadiga	0	520	0	0	194	0	0,00
Trinca de Fadiga	1	50	0,05	0,18	69	0,05	0,25
Trinca de Fadiga	2	403	0,5	14,39	492	0,5	17,57
Trinca de Fadiga	3	427	1	30,50	645	1	46,07
Remendo	0	658	0	0	770	0	0,00
Remendo	1	15	0	0	35	0	0,00
Remendo	2	480	0,4	13,71	414	0,4	11,83
Remendo	3	247	1	17,64	181	1	12,93
Afundamento	0	1179	0	0	1213	0	0,00
Afundamento	1	0	0,05	0	1	0,05	0,00
Afundamento	2	93	0,3	1,99	55	0,3	1,18
Afundamento	3	128	1	9,14	131	1	9,36

Para o levantamento realizado em 2006, verifica-se a predominância de trincas de fadiga de alta severidade no trecho. O percentual padrão da trinca de fadiga é o somatório dos percentuais das severidades 1, 2 e 3, ou seja, neste caso, $0,18\% + 14,39\% + 30,50\% = 45,07\%$.

Mantendo o mesmo cálculo, analisando o defeito remendo, o percentual padrão encontrado foi de $31,36\%$ e para afundamento $11,14\%$.

Para levantamento realizado em 2007, encontrou-se, também, predominância de trincas de fadiga de alta severidade no trecho. O percentual padrão deste defeito foi de $63,89\%$. O defeito remendo apresentou percentual padrão de $24,76\%$ e afundamento $10,54\%$.

Efetuosos os cálculos, verificaram-se na tabela 1, os conceitos atribuídos para o trecho em função dos critérios estabelecidos para cada tipo de defeito e do tráfego, preponderando o pior conceito. Como o trecho 085ECE0030D em análise possui baixo volume de tráfego, a análise do ano de 2006 resultou em conceito Ruim para trinca de fadiga, Péssimo para Remendo e Regular para afundamento, preponderando, então, o conceito Péssimo. Já a análise efetuada em 2007 apresentou conceito Péssimo para trinca de fadiga, Ruim para Remendo e Regular para afundamento, preponderando, também, o conceito Péssimo.

As figuras 2, 3 e 4 apresentam a evolução dos defeitos trinca de fadiga, remendo e afundamento, respectivamente, em extensões de 200 em 200 metros do trecho. Pode-se observar, na figura 2, que o defeito trinca de fadiga possui maior variação entre os intervalos de tempo. Em contrapartida, a figura 3 mostra uma pouca evolução do remendo e praticamente nenhuma evolução do afundamento.

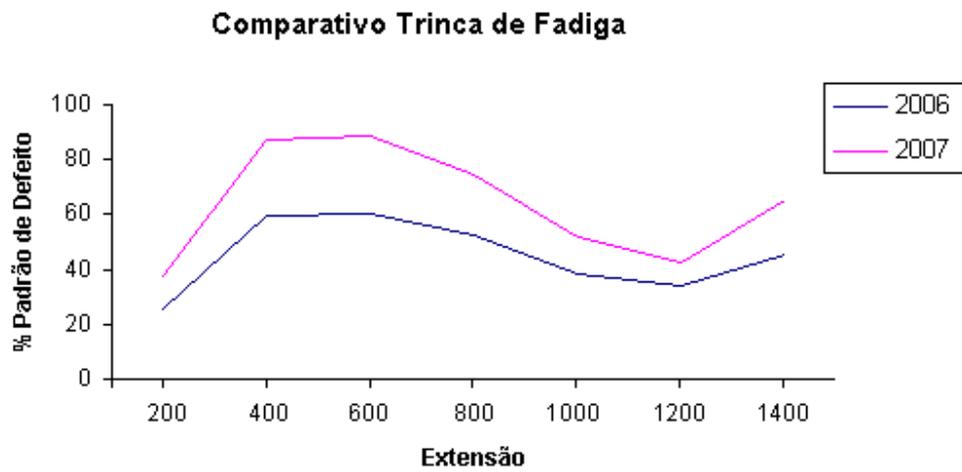


Figura 2. Evolução da Trinca de Fadiga, de 200 em 200 metros, nos anos de 2006 e 2007

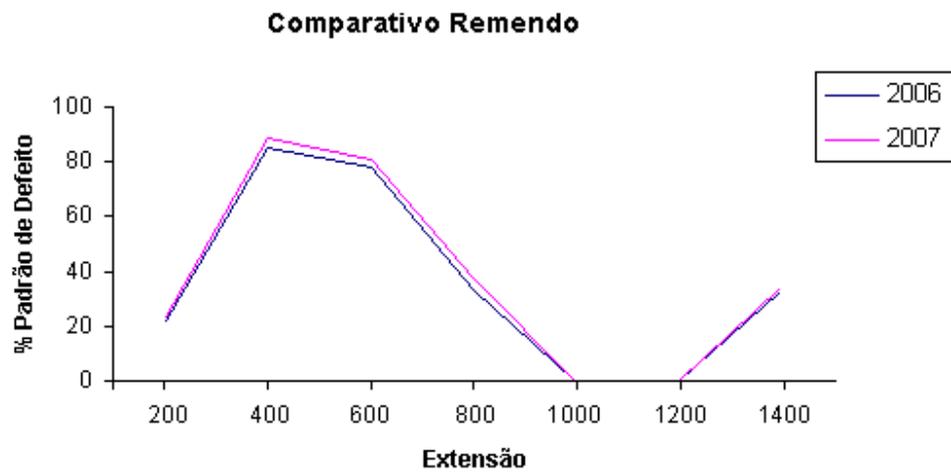


Figura 3. Evolução do Remendo, de 200 em 200 metros, nos anos de 2006 e 2007

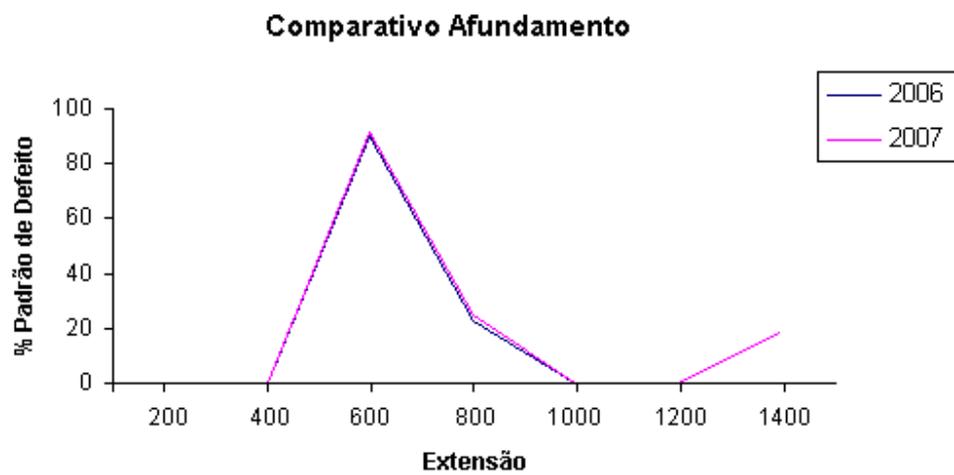


Figura 4. Evolução do Afundamento, de 200 em 200 metros, nos anos de 2006 e 2007

Com relação aos valores de IRI, o trecho apresentou em 2006 um valor médio de 4,76, caracterizando um pavimento de péssima qualidade, de acordo com a Tabela 2. Este mesmo trecho sofreu análise no ano de 2007 e se mostrou com um valor de IRI de 5,36. As evoluções destes valores, a cada 200 metros, são apresentadas na figura 5, sobrepondo-se os resultados das duas análises realizadas.

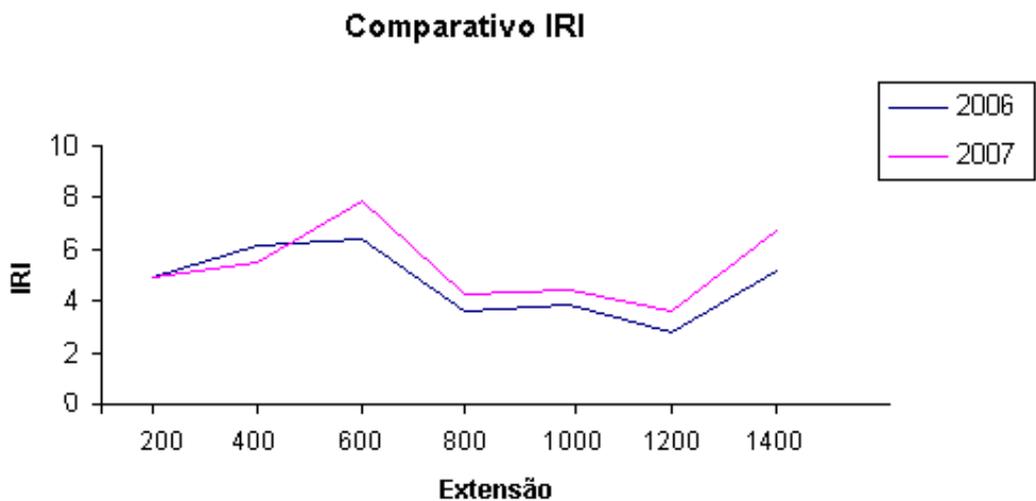


Figura 5. Comparativo de IRI's levantados em 2006 e 2007

Com domínio dos valores de IRI a cada 200 metros, bem como a porcentagem padrão de cada defeito nestes mesmos pontos da rodovia, pôde-se realizar a análise comparativa destes dados e suas linhas de tendência mostrando a consistência de modelos que correlacionem defeitos com irregularidades. As figuras 6, 7 e 8 mostram as correlações de IRI com trinca de fadiga, remendo e afundamento, respectivamente, para o ano de 2006.

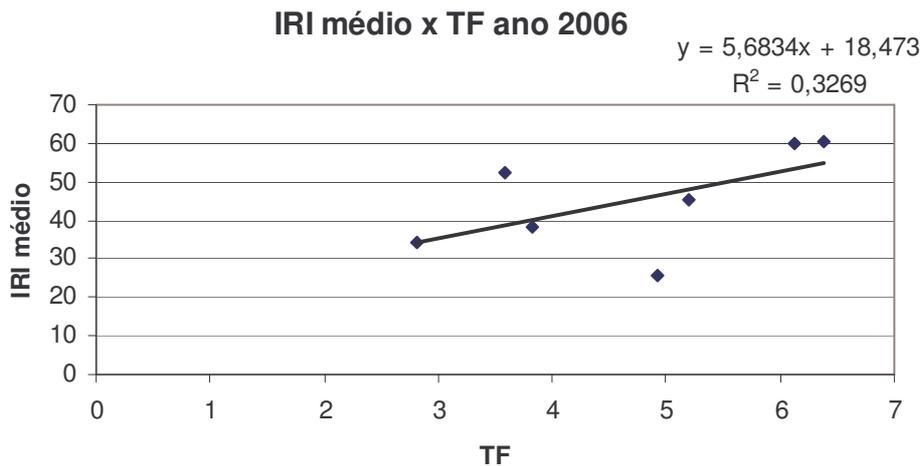


Figura 6. Comparativo entre IRI's médios e trinca de fadiga em 2006

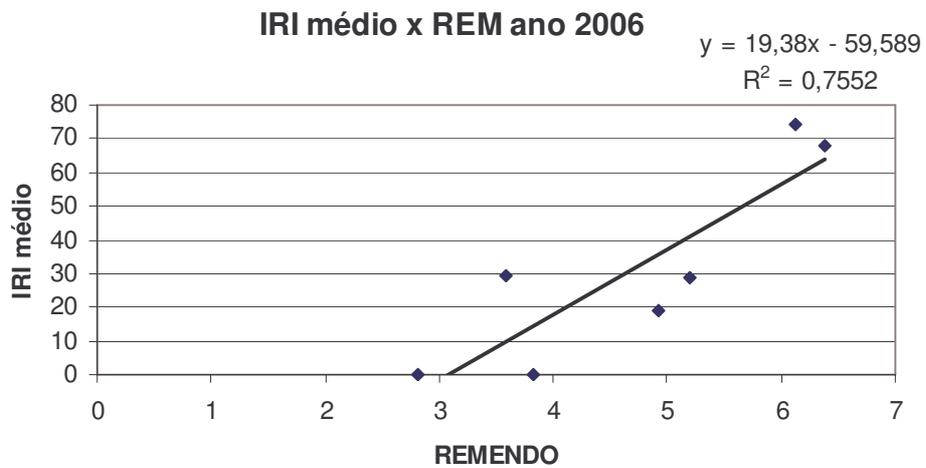


Figura 7. Comparativo entre IRI's médios e remendo em 2006

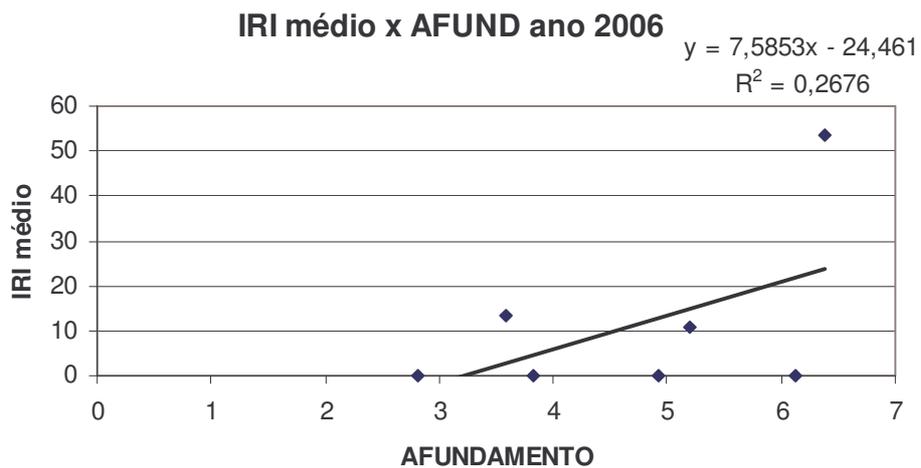


Figura 8. Comparativo entre IRI's médios e afundamento em 2006

Os gráficos mostram que a melhor correlação encontrada para IRI x Defeito foi com o remendo. A menor correlação apresentada foi para o afundamento.

A mesma análise foi feita para os valores encontrados no ano de 2007, considerando apenas trinca de fadiga e remendo. Os resultados são mostrados nas figuras 9 e 10 a seguir. Verifica-se que a melhor correlação encontrada neste levantamento foi do IRI com o defeito remendo.

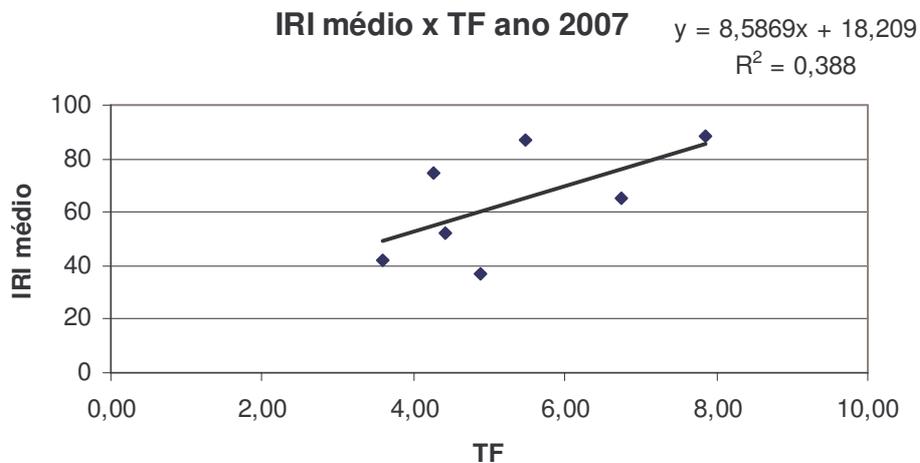


Figura 9. Comparativo entre IRI's médios e trinca de fadiga em 2007

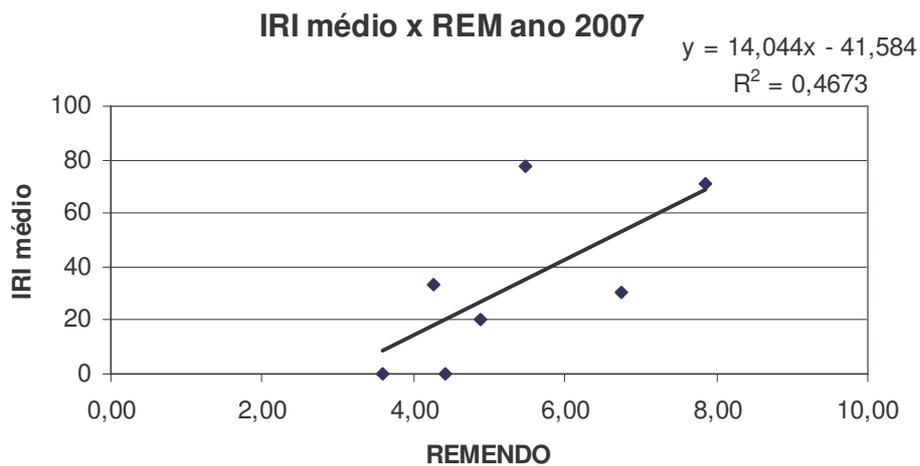


Figura 10. Comparativo entre IRI's médios e remendo em 2007

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na análise dos gráficos, apresentados nos levantamentos, foi constatado que são baixos os valores dos coeficientes de determinação (R^2) no modelo entre o IRI e o afundamento (AFUND), não devendo este modelo ser usado como avaliação de desempenho. Verificou-se também que há uma boa correlação nos modelos entre o IRI e a trinca de fadiga (TF) e entre o IRI e o remendo (REM).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS "Guide for Design Management Systems". Washington DC. 1990.

BENEVIDES, S. A. S. "**Modelos de desempenho de Pavimentos Asfálticos Para Um Sistema de Gestão de Rodovias Estaduais do Ceará**". Tese de D.Sc., COPPE, Rio de Janeiro, 357 p. 2006.

CAREY JR., W.N. e IRICK, P.E. "**The Pavement Serviceability Performance Concept**". In: *Highway Research Board – Buletin 250*, p.40-58. 1960.

FARIAS, M. M. & SOUZA, R. O., "**Irregularidade Longitudinal e sua Influência na Avaliação Funcional de Pavimentos**". In: *VII Encontro Nacional de Conservação Rodoviária*, Vitória, ES. CD – Rom. 2002.

KSAIBATI, K., McNAMARA, R. & ARMAGHANI, J. "**A Comparison of Roughness Measurement from Laser and Ultrasonic Road Profilers**". In: *Research Report FL/DOT/SMO/98-425*, STATE OF FLORIDA. 1998.

MARCON, A.F. "**Contribuição ao Desempenho de um Sistema de Gerência de Pavimentos para a Malha Rodoviária Estadual de Santa Catarina**", Tese de D.Sc., ITA, São José dos Campos, SP, Brasil. 1996.

PATERSON, W.D.O. "**Road Deterioration and Maintenance Effects Models for Planning and Management**". *The World Bank, Baltimore*, The Johns Hopkins University Press. 1987

YSHIBA, J. K., "**Modelos de Desempenho de Pavimentos: Estudo de Rodovias do Estado do Paraná**". Tese de D.Sc., EESC, São Paulo. 2003.