

19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br

25º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 48ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPv)

ANÁLISE DO IRI ANTES E APÓS REABILITAÇÃO DE PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

DOI: (a ser preenchido após o envio do código DOI da publicação)

*Madalena Osório Leite¹; Antonia Fabiana Marques Almeida²; Camila Lima Maia²;
Maria Izabel de Mesquita Rocha²; Francisco Heber Lacerda de Oliveira²*

RESUMO

Os pavimentos aeroportuários, sobretudo as pistas de pouso e decolagem, devem estar em condições funcionais e estruturais que garantam operações seguras e confortáveis para as aeronaves e seus ocupantes. Para assegurar essas propriedades, é necessário que sejam realizadas avaliações periódicas para a identificação de defeitos de superfície que afetem o controle direcional das aeronaves e a fadiga de seus componentes, e possam ser contemplados nos índices que reflitam as condições funcionais, como o Índice Internacional de Irregularidade (International Roughness Index - IRI). Este trabalho tem como objetivo analisar os valores de IRI obtidos da pista de pouso e decolagem de um aeroporto brasileiro, antes e após o processo de reabilitação. As informações foram coletadas a cada 200 m longitudinalmente, a 3 m e a 6 m de distância do eixo, em ambos os lados. Para análise foram consideradas as medidas estatísticas média, desvio padrão e coeficiente de variação. Também foram consideradas as médias dos terços da pista antes e após a obra. Diante dos resultados obtidos, foi verificado que após a obra de reabilitação, o IRI apresentou melhores valores se comparados com os dados obtidos antes da obra, com reduções da ordem de 47%, tornando a pista de pouso e decolagem em melhores condições funcionais. Assim, pode-se constatar que a reabilitação promoveu melhorias quanto às condições funcionais da pista estudada no que se refere ao IRI. Esses resultados reforçam a necessidade de melhorias do revestimento asfáltico para proporcionar níveis satisfatórios de segurança operacional e conforto para os pavimentos aeroportuários.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimento; Aeroporto; Segurança operacional.

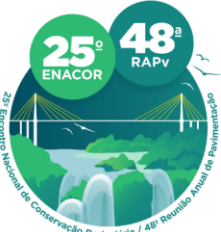
ABSTRACT

Airport pavements, especially landing and take-off runways, must be in functional and structural conditions that guarantee safe and comfortable operations for aircraft and their occupants. To ensure these properties, it is necessary to conduct periodic assessments to identify surface defects that affect the directional control of the aircraft and the fatigue of its components. These defects can be included in indices that reflect the functional conditions, such as the International Roughness Index (IRI). This paper aims to analyze the IRI values obtained from the runway of a Brazilian airport, before and after the rehabilitation process. Information was collected every 200 m longitudinally, 3 m and 6 m away from the axis, on both sides. For the analysis, the statistical measures, mean, standard deviation, and coefficient of variation were considered. The means of the runway thirds from before and after the work were also considered. In view of the results obtained, it was verified that after the rehabilitation, the IRI presented better values compared to the data obtained before the work, with reductions of the order of 47%, which made the landing and takeoff runway in better functional conditions. Thus, it can be seen that the rehabilitation promoted improvements in terms of the functional conditions of the track studied with regard to the IRI. These results reinforce the need for improvements in the asphalt coating to provide satisfactory levels of operational safety and comfort for airport pavements.

KEY WORDS: Pavement; Airport; Operational security.

¹Universidade de Fortaleza (UNIFOR), madalenaosorioleite@unifor.br.

²Departamento de Engenharia de Transportes, Bloco 703, Campus do Pici, Universidade Federal do Ceará (UFC), fabiana@det.ufc.br; camilalima@det.ufc.br; rizabelmaria@gmail.com; heber@det.ufc.br.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



INTRODUÇÃO

A infraestrutura aeroportuária tende, segundo Ramos (2015), à ocorrência de deterioração dos seus pavimentos, haja vista que está sujeita às operações de pousos e decolagens, além das intempéries e condições ambientais. Por isso, os operadores de aeródromos devem priorizar as práticas de monitoramento e de manutenção e reabilitação (M&R) dos pavimentos para garantir a segurança operacional em pistas de pouso e decolagem (PPD).

Desse modo, ANAC (2021) determina que o operador do aeródromo deve planejar e executar os serviços de M&R da PPD e das demais infraestruturas aeroportuárias, para manter a segurança operacional. O pavimento aeroportuário deve, portanto, cumprir duas funções básicas: conforto e segurança. Tais funções são verificadas por meio da avaliação da condição funcional e da aderência dos pavimentos, que abrange a análise da irregularidade longitudinal, do atrito, da macrotextura e da ocorrência de defeitos (ANAC, 2017).

Do conjunto de indicadores que tratam da qualidade funcional e de segurança dos pavimentos, destaca-se o Índice Internacional de Irregularidade (*International Roughness Index* - IRI). Esse parâmetro, bastante comum em pavimentos rodoviários, também é empregado no Brasil em PPD desde 2012, conforme exigências da ANAC (2012).

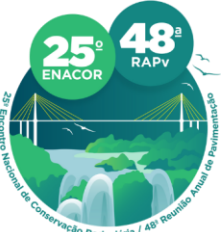
Segundo Almeida, Oliveira e Chaves (2019), nos pavimentos aeroportuários essas irregularidades também afetam as aeronaves e seus componentes, acarretando maior custo operacional às empresas aéreas. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é analisar o comportamento dos valores de IRI de uma PPD brasileira, antes e após a obra de reabilitação do revestimento asfáltico. Para isso, foi realizado um estudo dos relatórios de IRI da PPD obtidos entre fevereiro de 2020 a dezembro de 2021.

REFERENCIAL TEÓRICO

ASTM (2021) define a irregularidade longitudinal como os desvios de uma superfície, tomando como referência uma superfície verdadeiramente plana com dimensões características, que afetam a dinâmica do veículo, qualidade de condução, cargas dinâmicas e drenagem. A irregularidade longitudinal está relacionada com o desempenho funcional do pavimento, ou seja, ela mede se a superfície do pavimento fornece a serventia adequada para seus usuários em termos de qualidade de rolamento (DNIT, 2011).

FAA (2009) descreve a irregularidade longitudinal como os desvios presentes no perfil da superfície da pista que aumentam a fadiga nos componentes da aeronave, reduzindo a sua ação de frenagem, prejudicando as operações da cabine e causando um desconforto aos passageiros. Esse conceito demonstra como a presença de irregularidades no pavimento pode afetar as aeronaves durante as suas operações de pouso e decolagem.

Em pavimentos rodoviários, há uma preocupação em garantir o conforto ao rolamento e evitar o desgaste excessivo da infraestrutura, devido às irregularidades superficiais. Por outro lado, em aeroportos, embora haja um cuidado com a garantia do conforto dos passageiros, existe um enfoque maior na segurança das operações de pouso e decolagem, tendo em vista as particularidades relativas ao tráfego de diferentes aeronaves (CHEN; CHOU, 2004).



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



A existência de irregularidade longitudinal na superfície dos pavimentos aeroportuários denota, na visão de *Transport Canada* (2016), falta de suavidade. Em alguns casos, podem se tornar tão severas e extensas que interferem na segurança operacional das aeronaves e causam danos à vida útil dos componentes, além de desconforto aos passageiros.

Os pavimentos aeroportuários devem propiciar aos seus usuários um elevado nível de serviço, obedecendo às condições de operação, de segurança e de qualidade necessárias, contribuindo de forma positiva para a diminuição de riscos nos pousos e decolagens e mitigando possíveis ocorrências de acidentes e/ou incidentes de aeronaves (OLIVEIRA, 2009).

Para o DNIT (2011), a irregularidade longitudinal pode ser traduzida numericamente pelo Índice Internacional de Irregularidade (*International Roughness Index - IRI*), medido em m/km ou mm/m. Embora a Organização da Aviação Civil Internacional (*International Civil Aviation Organization - ICAO*) não recomende o IRI em pavimentos aeroportuários, o Brasil, Itália, México e África do Sul o utilizam para a avaliação funcional de PPD. No Brasil, o uso do IRI é justificado pela experiência que empresas possuem para a sua determinação (SOUSA; CARNEIRO; OLIVEIRA, 2022).

O perfil longitudinal de uma pista ou superfície é um pedaço bidimensional dela, onde podem-se traçar linhas imaginárias paralelas em seu eixo, e é por meio dele que se mede os desvios da superfície no pavimento. A irregularidade longitudinal pode ser medida em qualquer linha imaginária ao longo do perfil. A recomendação é que seja em relação às linhas dos eixos de roda dos veículos (SAYERS; KARAMIHAS, 1998). Segundo DNIT (2011), a irregularidade longitudinal pode ser medida utilizando diferentes equipamentos que determinam parâmetros específicos. O equipamento utilizado para o levantamento de dados que subsidiaram esta pesquisa foi o Perfilômetro Inercial a Laser.

Os perfilômetros são instrumentos utilizados para produzir uma quantidade suficiente de dados a fim de determinar o perfil verdadeiro do pavimento. Eles combinam uma elevação de referência, uma altura em relação a referência e uma distância longitudinal baseados nas especificações de cada tipo de instrumento (SAYERS; KARAMIHAS, 1998). Barella (2008) afirma que os perfilômetros inerciais possuem alta produtividade e podem medir centenas de quilômetros de faixas de rolamento em um dia, sem atrapalhar as operações em um aeroporto.

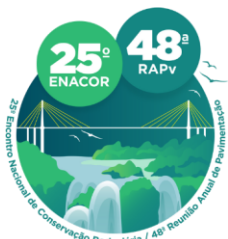
Medição de IRI

ANAC (2021) afirma que o operador do aeródromo deve monitorar a irregularidade longitudinal por meio de medições que a representem numericamente. ANAC (2020) orienta que a localização das medições de IRI na PPD deve ser realizada de acordo com o apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Localização das medições de irregularidade longitudinal (Adaptado de ANAC, 2020).

Código do aeródromo	Localização da medição	Quantidade Mínima
A, B ou C	A 3m do eixo da pista	Uma vez de cada lado em relação ao eixo da pista
D, E ou F	A 3m e 6m do eixo da pista	Uma vez de cada lado em relação ao eixo da pista, para cada distância da localização da medição

Para a avaliação da irregularidade longitudinal, ANAC (2020) adota o IRI como parâmetro, com o limite superior de aceitabilidade igual a 2,5 m/km, reportados a cada 200 m. Quando esse valor for



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



superior a 5,0 m/km, o operador de aeródromo deve reportar à ANAC o relatório de medições e informar quais medidas ou ações serão tomadas para a redução desse valor, pois ele é crítico.

MÉTODO DE PESQUISA

Foram analisados os dados de IRI em uma pista de pouso e decolagem (PPD) brasileira, que passou por obras de reabilitação realizadas entre outubro e dezembro de 2020. A reabilitação da PPD consistiu na recuperação e melhoria do revestimento asfáltico, prolongamentos na cabeceira 13 (PPD de orientação 13-31), acessos às pistas de taxiamento, fresagem do revestimento existente com espessura entre 4 cm e 9 cm, requalificação em concreto asfáltico modificado por polímeros e sinalização horizontal (CORREIA, 2022).

Para a determinação do IRI, foi utilizado o perfilômetro inercial a laser. Foram realizadas 4 medições de cada lado da pista para as distâncias de 3 m e 6 m em relação ao eixo da PPD, iniciando pela cabeceira dominante (13) e segregados em relação ao lado da PPD em que foram medidos, esquerdo e direito. Assim, cada trecho de 200 m apresenta 8 valores de IRI. Foram analisados 2 relatórios técnicos de IRI coletados em fevereiro de 2020 e em dezembro de 2021, pré e pós-obra de reabilitação, respectivamente.

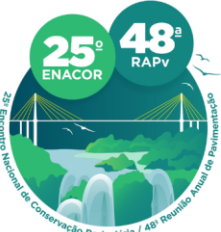
Para a compreensão dos dados dos levantamentos de IRI, foram utilizadas medidas de tendência central e de dispersão, como média, desvio padrão e coeficiente de variação (CV). Por meio dessas medidas estatísticas, foi possível realizar a comparação dos dados entre relatórios. Foi considerado o limite de IRI recomendado pela ANAC, de 2,5 m/km.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As tabelas 2 e 3 apresentam as médias e as medidas de dispersão encontradas para cada lado e trecho analisado para a medição realizada a 3 m e a 6 m do eixo da PPD, respectivamente. Em vermelho foram destacadas as médias que estão acima do limite de IRI de 2,5 m/km.

Tabela 2. Resultados da análise estatística para o IRI Pré-obra a 3 m da PPD.

Trechos (m)	Lado Esquerdo			Lado Direito		
	Média (m/km)	Desvio Padrão (m/km)	CV (%)	Média (m/km)	Desvio Padrão (m/km)	CV (%)
2400 - 2580	3,30	0,51	15,37	3,18	0,21	6,49
2200 - 2400	3,45	0,52	15,06	2,99	0,38	12,79
2000 - 2200	2,71	0,05	1,73	2,56	0,13	5,07
1800 - 2000	2,24	0,38	16,88	2,40	0,26	10,92
1600 - 1800	2,95	0,15	5,11	2,77	0,17	6,21
1400 - 1600	3,12	0,10	3,16	2,98	0,26	8,69
1200 - 1400	2,70	0,16	5,89	3,76	0,12	3,09
1000 - 1200	2,80	0,18	6,51	3,20	0,34	10,77
800 - 1000	3,14	0,13	3,99	3,18	0,28	8,67
600 - 800	2,66	0,04	1,41	3,00	0,16	5,36
400 - 600	2,51	0,36	14,17	2,37	0,20	8,63
200 - 400	2,48	0,43	17,33	2,82	0,23	8,11
0 - 200	3,50	0,42	12,08	3,59	0,28	7,79



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Pela Tabela 2, verifica-se que para o lado esquerdo o CV mínimo foi de 1,41% e o máximo foi de 17,33%; para o lado direito o CV mínimo foi de 3,09% e o máximo foi de 12,79%. Em relação ao desvio padrão, o lado esquerdo apresentou maior variação com intervalos de 0,04 m/km a 0,52 m/km em comparação com o lado direito de 0,12 m/km a 0,38 m/km. Para as médias do valor de IRI, quase 85% dos valores médios estão acima do limite máximo de 2,5 m/km para ambos os lados.

Tabela 3. Resultados da análise estatística para o IRI – Pré-obra a 6 m da PPD.

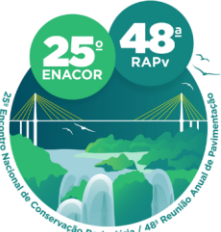
Trechos (m)	Lado Esquerdo			Lado Direito		
	Média (m/km)	Desvio Padrão (m/km)	CV (%)	Média (m/km)	Desvio Padrão (m/km)	CV (%)
2400 - 2580	3,19	0,19	6,01	3,25	0,14	4,44
2200 - 2400	2,52	0,23	9,08	2,87	0,15	5,14
2000 - 2200	2,39	0,23	9,52	2,71	0,18	6,54
1800 - 2000	2,63	0,21	8,15	2,89	0,26	9,11
1600 - 1800	3,42	0,21	6,17	3,28	0,34	10,40
1400 - 1600	3,15	0,07	2,15	2,80	0,26	9,31
1200 - 1400	2,62	0,34	13,11	2,95	0,58	19,56
1000 - 1200	2,85	0,41	14,40	2,98	0,54	18,22
800 - 1000	3,20	0,31	9,56	3,18	0,18	5,74
600 - 800	2,70	0,39	14,34	3,30	0,34	10,20
400 - 600	2,87	0,41	14,16	2,63	0,11	4,32
200 - 400	2,63	0,14	5,41	2,52	0,34	13,38
0 - 200	3,38	0,38	11,12	3,88	0,26	6,60

Os resultados da Tabela 3 indicam que para o lado esquerdo o CV mínimo foi de 2,15% e o máximo foi de 14,40%; para o lado direito o CV mínimo foi de 4,32% e o máximo foi de 19,56%. O desvio padrão apresentou maiores valores para o lado direito com valor máximo de 0,58 m/km em comparação com o lado esquerdo que apresentou valor máximo de 0,41 m/km.

Em relação aos valores de IRI médio, 92% apresentaram valor superior a 2,5 m/km no lado esquerdo; para o lado direito, 100% dos valores foram superiores a 2,5 m/km. Para o levantamento realizado a 6 m do eixo da PPD, a situação do IRI médio é mais crítica se comparada com as médias do levantamento realizado a 3 m.

Também pode-se constatar que as maiores variabilidades e os piores valores de IRI estão no lado esquerdo na análise a 3 m do eixo, e do lado direito a 6 m do eixo. As tabelas 4 e 5 apresentam as médias e as medidas de dispersão baseadas neste relatório, a 3 m e 6 m do eixo, respectivamente.

Na Tabela 4, o lado esquerdo apresentou CV mínimo de 0,62% e máximo de 13,24%; para o lado direito, o CV mínimo foi de 2,31% e o máximo foi de 17,89%. Analisando o desvio padrão, os valores variaram menos em relação ao levantamento anterior na distância de 3 m, com valores máximos de 0,22 m/km para o lado esquerdo e 0,29 m/km para o lado direito. Em relação aos valores de IRI médio, 100% ficaram abaixo do limite superior desejável de 2,5 m/km para ambos os lados.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



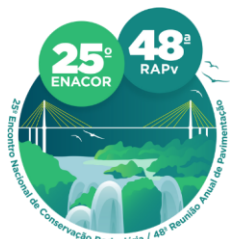
Tabela 4. Resultados da análise estatística para o IRI – Pós-obra a 3 m da PPD.

Trecho (m)	Lado Esquerdo			Lado Direito		
	Média (m/km)	Desvio Padrão (m/km)	CV (%)	Média (m/km)	Desvio Padrão (m/km)	CV (%)
2400 - 2550	1,98	0,10	5,08	2,29	0,08	3,31
2200 - 2400	1,64	0,22	13,24	1,55	0,20	13,13
2000 - 2200	1,46	0,06	4,05	1,41	0,19	13,36
1800 - 2000	1,38	0,11	7,96	1,43	0,03	2,31
1600 - 1800	1,45	0,04	2,91	1,46	0,26	17,89
1400 - 1600	1,58	0,14	8,70	1,58	0,18	11,57
1200 - 1400	1,14	0,04	3,41	1,26	0,15	11,68
1000 - 1200	1,25	0,01	0,65	1,40	0,09	6,73
800 - 1000	1,79	0,16	8,97	1,90	0,16	8,23
600 - 800	1,66	0,14	8,67	1,53	0,05	3,48
400 - 600	1,64	0,04	2,49	1,65	0,29	17,81
200 - 400	1,55	0,01	0,62	1,73	0,16	9,05
0 - 200	1,81	0,12	6,89	1,71	0,24	13,79

Por fim, pela Tabela 5, o lado esquerdo apresentou CV mínimo de 2,69% e máximo de 20,91%; para o lado direito o CV mínimo foi de 2,85% e o máximo foi de 19,85%. Em relação ao desvio padrão, assim como na Tabela 4, os valores a 6 m do eixo variaram menos após a obra de reabilitação, com valores máximos de 0,35 m/km para o lado esquerdo e de 0,36 m/km para o lado direito. Para a Tabela 5, 100% dos valores de IRI médio ficaram abaixo de 2,5 m/km para ambos os lados.

Tabela 5. Resultados da análise estatística para o IRI – Pós-obra a 6 m da PPD.

Trecho (m)	Lado Esquerdo			Lado Direito		
	Média (m/km)	Desvio Padrão (m/km)	CV (%)	Média (m/km)	Desvio Padrão (m/km)	CV (%)
2400 - 2550	1,94	0,05	2,69	2,32	0,17	7,16
2200 - 2400	1,61	0,19	11,94	1,63	0,07	4,51
2000 - 2200	1,74	0,27	15,61	1,38	0,06	4,23
1800 - 2000	1,43	0,14	9,88	1,44	0,16	11,14
1600 - 1800	1,46	0,13	8,82	1,48	0,15	9,88
1400 - 1600	1,80	0,24	13,18	1,53	0,19	12,25
1200 - 1400	1,20	0,14	11,59	1,33	0,11	8,16
1000 - 1200	1,39	0,23	16,48	1,41	0,19	13,63
800 - 1000	1,75	0,27	15,55	1,81	0,36	19,85
600 - 800	1,66	0,35	20,91	1,30	0,05	3,78
400 - 600	1,70	0,31	18,23	1,54	0,13	8,16
200 - 400	1,55	0,12	7,54	1,72	0,05	2,85
0 - 200	1,63	0,12	7,14	1,86	0,28	15,23



19 a 22 de Setembro de 2023
 Foz do Iguaçu - PR
www.rapvenacor.com.br



De modo geral, observou-se que os valores mais críticos para o IRI médio foram encontrados no início e no final da PPD em ambos os lados, o que pode ser mais bem observado por meio das figuras 1, 2, 3 e 4, que mostram os valores médios para cada lado da PPD em relação ao limite estabelecido por ANAC (2020). Os gráficos confrontam os valores de pré-obra e de pós-obra para o mesmo trecho e demonstram que os valores de IRI médio diminuíram após a obra de reabilitação em 2021. Para a montagem dos gráficos foram utilizados os dados de média das tabelas 2 a 5.

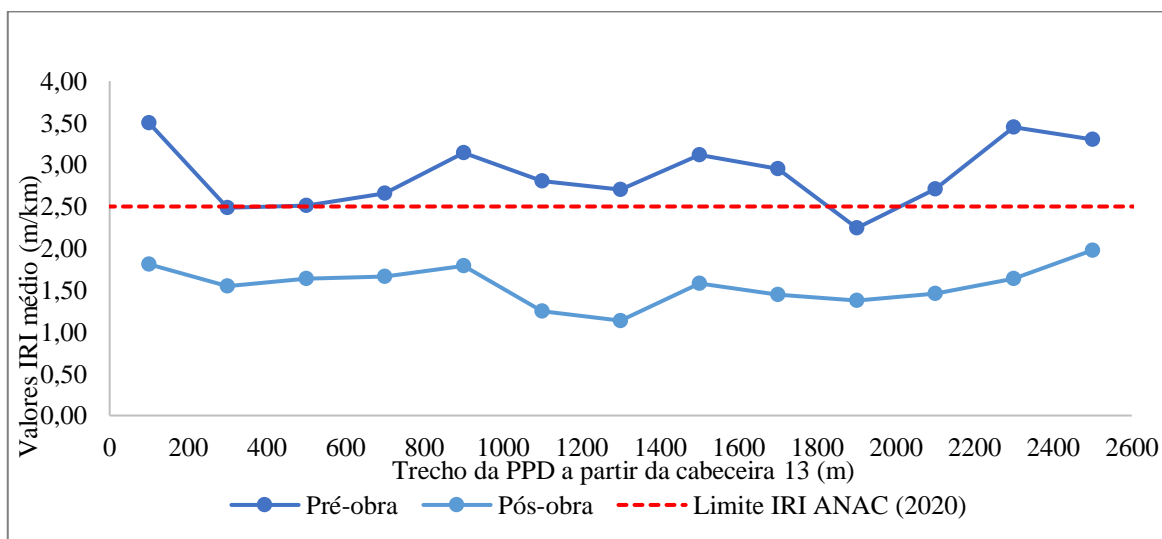


Figura 1. IRI médio pré e pós-obra – Medição a 3 m do eixo da PPD para o lado esquerdo.

Pela Figura 1, os valores médios de IRI variaram de 2,24 m/km a 3,50 m/km para o pré-obra, apresentando média geral de 2,89 m/km. Em relação aos valores médios de IRI pós-obra, eles variaram de 1,14 m/km a 1,98 m/km com média geral de 1,56 m/km, representando uma redução de 46%.

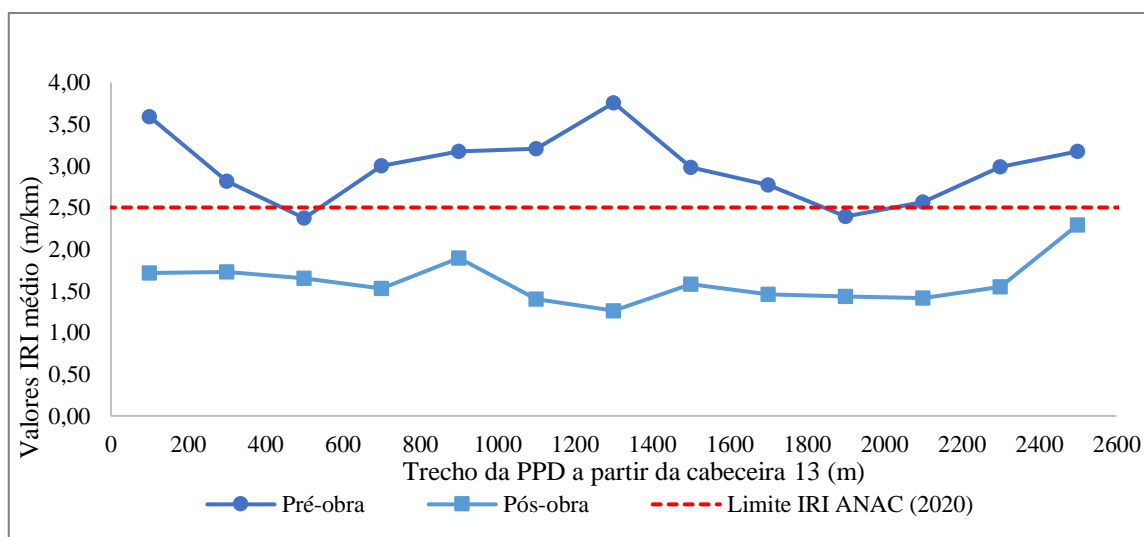
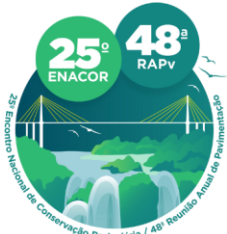


Figura 2. IRI médio pré e pós-obra – Medição a 3 m do eixo da PPD para o lado direito.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Na Figura 2, foi analisado o lado direito com medição a 3 m do eixo da PPD. Observa-se que os valores médios de IRI variaram de 2,37 m/km a 3,76 m/km para o pré-obra, apresentando média geral de 2,98 m/km. Em relação aos valores médios de IRI pós-obra, eles variaram de 1,26 m/km a 2,29 m/km com média geral de 1,61 m/km, também representando uma redução de 46%.

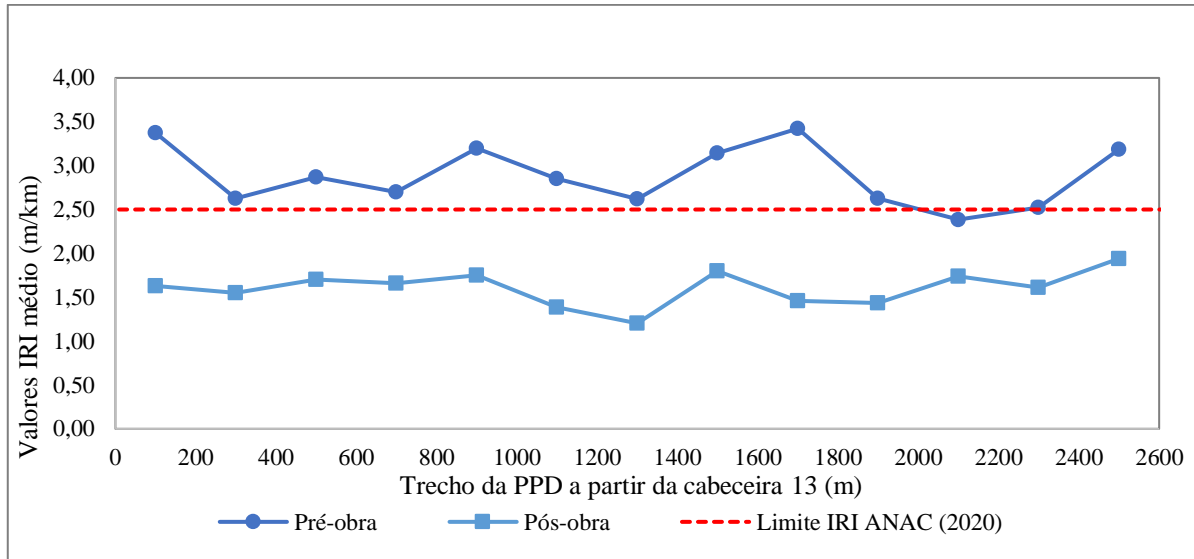


Figura 3. IRI médio pré e pós-obra – Medição a 6 m do eixo da PPD para o lado esquerdo.

Para o levantamento realizado a 6 m da PPD no lado esquerdo (Figura 3) os valores médios de IRI variaram de 2,39 m/km a 3,42 m/km para o pré-obra e de 1,20 m/km a 1,94 m/km para o pós-obra, com médias gerais de 2,89 m/km e 1,60 m/km, respectivamente, uma redução de 45%. Mesmo no trecho compreendido entre 2.000 m e 2.200 m, que o valor antes da obra era inferior ao limite, houve redução de cerca de 27%.

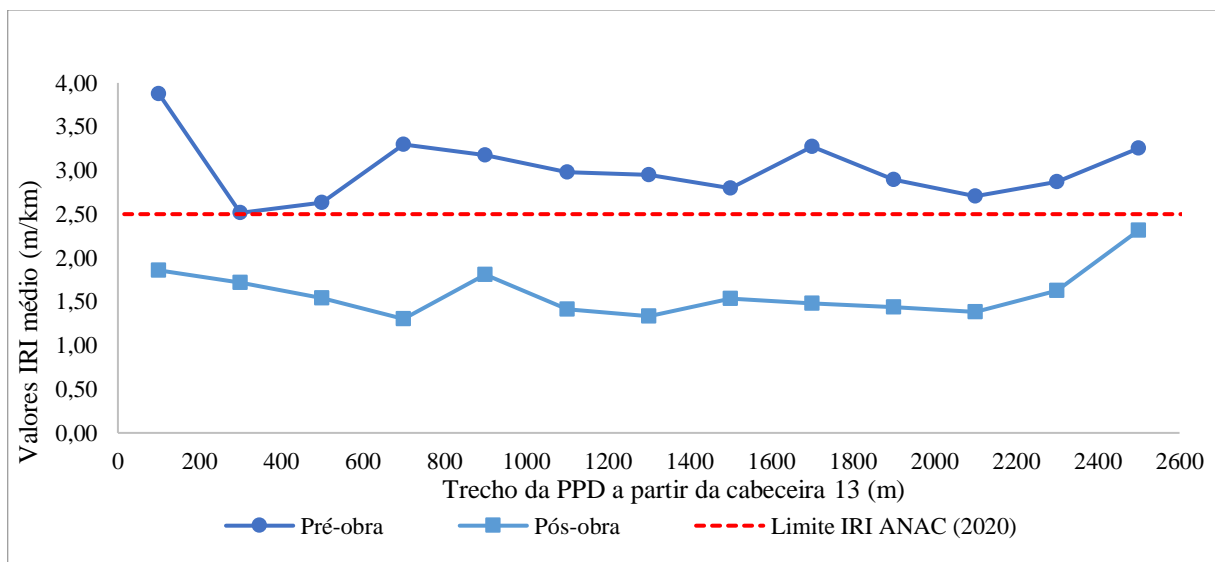
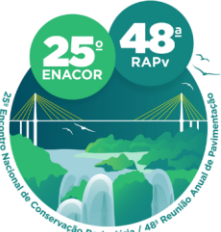


Figura 4. IRI médio pré e pós-obra – Medição a 6 m do eixo da PPD para o lado direito.

De acordo com a análise da Figura 4, os valores médios de IRI variaram de 2,52 m/km a 3,88 m/km para o pré-obra, com média geral de 3,02 m/km, e de 1,30 m/km a 2,32 m/km para o pós-obra, com



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



média geral de 1,60 m/km, reduzindo seu valor em 47%, a maior em relação às situações dos gráficos anteriores. No geral, todos os valores médios de IRI pós-obra apresentaram melhores valores se comparados aos valores encontrados antes da reabilitação.

Baseado nas médias encontradas das figuras 1 e 2, que apresentaram os dados levantados a 3 m do eixo da PPD, o lado esquerdo é o melhor lado em termos de irregularidade longitudinal, pois apresentou o menor valor médio geral para o IRI de 1,56 m/km contra 1,61 m/km para o lado direito. Em relação às figuras 3 e 4, para os dados levantados a 6 m do eixo da PPD, ambos os lados (esquerdo e direito) apresentaram média geral de IRI de 1,60 m/km.

A Tabela 6 apresenta um resumo dos valores de IRI obtidos. Na comparação dos resultados, em relação ao limite de 2,5 m/km de ANAC (2020), para a pista dividida em três trechos, nos três terços, todos os valores de IRI se apresentaram maiores que o limite, nos levantamentos realizados pré-obra de reabilitação, a 3 m e a 6 m do eixo. Ao considerar a pista completa, o estudo do IRI pré-obra indica valores médios de 2,93 m/km e 2,95 m/km, para os levantamentos de 3 m e de 6 m do eixo, respectivamente.

Tabela 6. Resultados da análise estatística para o IRI – Terços da Pista.

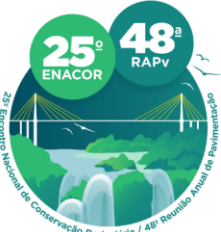
IRI médio pré e pós-obra (m/km)				
Trecho	IRI pré-obra		IRI pós-obra	
	3 m	6 m	3 m	6 m
3º terço	2,85	2,81	1,64	1,69
2º terço	3,06	3,04	1,48	1,52
1º terço	2,87	2,99	1,66	1,62
Média	2,93	2,95	1,60	1,60

Ainda de acordo com a Tabela 6, nos levantamentos realizados pós-obra de reabilitação, divididos pelos terços da pista, todos os valores de IRI se apresentaram abaixo do valor limite recomendado por ANAC. Os valores médios para o IRI pós-obra, da pista completa, para os dois levantamentos, a 3 m e a 6 m do eixo, foram de 1,60 m/km.

CONCLUSÕES

Com a utilização dos relatórios técnicos resultantes dos levantamentos realizados para a pista de pouso e decolagem (PPD) estudada, foi possível avaliar a condição funcional quanto à irregularidade longitudinal medida pelo *International Roughness Index* (IRI), antes e depois do seu processo de reabilitação. A análise dos valores permitiu validar os dados apresentados nos relatórios, por meio de medidas estatísticas, e identificar quais seções da PPD atendem ao requisito mínimo do IRI estabelecido pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

Para a PPD estudada, verificou-se que após a obra de reabilitação os valores de IRI melhoraram quando comparados àqueles obtidos antes da obra. Portanto, é possível concluir que a reabilitação da PPD ofereceu níveis satisfatórios de segurança operacional no que diz respeito à condição funcional dada pelo IRI, uma vez que atendeu ao limite determinado pela autoridade de aviação civil do Brasil. A reabilitação realizada foi bem-sucedida em proporcionar as condições necessárias para as operações de pouso e decolagem.



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo apoio financeiro concedido para realização desta pesquisa e à Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária da Agência Nacional de Aviação Civil (SIA/ANAC) pela disponibilização dos dados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. C.; OLIVEIRA, F. H. L.; CHAVES, J. W. R. (2019). Análise da alteração no valor limite do IRI na qualidade funcional de pistas de pouso e decolagem de aeroportos brasileiros. *Revista Tecnologia*. 40(1), 1-11. DOI: 10.5020/23180730.2019.8633.
- ANAC. (2012). Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Nº 153. Agência Nacional de Aviação Civil. Secretaria de Aviação Civil. Brasília, DF.
- ANAC (2017). Manual de Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Aeroportuários – SGPA. Agência Nacional de Aviação Civil. 61 p. Brasília, DF.
- ANAC (2020). IS Nº 153.205-001 – Revisão B. Monitoramento da irregularidade longitudinal, atrito e macrotextura do pavimento da pista pouso e decolagem. Instrução Suplementar. Agência Nacional de Aviação Civil. 23 p. Brasília, DF.
- ANAC (2021). Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Nº 153, de 15 de março de 2021. Agência Nacional de Aviação Civil. Secretaria de Aviação Civil. Brasília, DF.
- ASTM (2021). ASTM E1926-08: Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements. American Society for Testing and Materials. 16p. DOI: 10.1520/E1926-08R21.
- BARELLA, R. M. (2008). Contribuição para a Avaliação da Irregularidade Longitudinal de Pavimentos com Perfilômetros Inerciais. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- CHEN, Y.; CHOU, C. (2004). Assessment of aircraft's vertical responses to develop the roughness evaluation index for airport pavement. FAA Worldwide Airport Technology Transfer Conference, Atlantic City.
- CORREIA, C. L. (2022). Análise de obra de reabilitação de pavimentos aeroportuários: um estudo de orçamento, planejamento e controle de obras. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, CE.
- DNIT. (2011). Manual de Gerência de Pavimentos. Publicação IPR-745. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, RJ.
- FAA (2009). Guidelines and Procedures for Measuring Airfield Pavement Roughness. Advisory Circular – AC 150/5380-9. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation. Washington, D.C.
- OLIVEIRA, F. H. L. (2009). Proposição de estratégias de manutenção de pavimentos aeroportuários baseadas na macrotextura e no atrito: estudo de caso do Aeroporto Internacional de Fortaleza. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.
- RAMOS, F. R. Q. (2015) Aplicação de SMA (Stone Matrix Asphalt) em pavimentos aeroportuários: estudo de caso do Aeroporto de Aracaju – SE. 174 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Escola de Minas, Núcleo de Geotecnia, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, MG.
- SAYERS, M.W.; KARAMIHAS, S. M. (1998). *The Little Book of Profiling: Basic Information about Measuring and Interpreting Road Profiles*. Universidade do Michigan. Michigan.
- SOUSA, E. S.; CARNEIRO, R. S.; OLIVEIRA, F. H. L. (2022). Verificação da relação IRI e BBI na avaliação da irregularidade longitudinal de pavimentos aeroportuários. *Transportes (Rio de Janeiro)*. 30(1), 2590. DOI: 10.14295/transportes.v30i1.2590.
- TRANSPORT CANADA (2016). Measurement and evaluation of runway roughness. Civil Aviation, Standards. Advisory Circular (AC) N.º 302-023. Disponível em: <https://tc.canada.ca/sites/default/files/migrated/ac_302_023_issue_02.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2023.