XXI SITRAER
2024 | Air Transportation Symposium

EVOLUÇÃO TEMPORAL DAS CONDIÇÕES DE RESISTÊNCIA À DERRAPAGEM DE UMA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

Camila Lima Maia, Carlos Augusto Uchôa da Silva, Francisco Heber Lacerda de Oliveira
Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes (PETRAN)

*** Corresponding author e-mail address**: camilalima@det.ufc.br

PAPER ID: SIT867454

ABSTRACT

Skid resistance of airport pavements is important for safe operations, providing directional control for aircraft during landings and takeoffs. Assessed through the coefficient of friction and macrotexture, this resistance varies over time due to factors like traffic, rubber build-up, and weather conditions. This study analyzes the evolution of skid resistance on an asphalt concrete runway from 2014 to 2023, using data from National Civil Aviation Agency (ANAC). Descriptive and graphical analyses revealed divergent behavior of the coefficient of friction at different points on the runway, highlighting the need for precise assessments for maintenance. Macrotexture increased over time due to surface wear. Discrepant values suggest using the median for analysis. This study contributes to Airport Pavement Management Systems, improving operational safety by providing insights into the behavior of skid resistance over time.

Keywords: Friction coefficient. Macrotexture. Skid resistance. Runway.

ACKNOWLEGDEMENTS

The authors thank the National Civil Aviation Agency (ANAC) for providing the data used in this research and the Ceará Foundation for Support of Scientific and Technological Development (FUNCAP) for the financial assistance granted.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Maia *et al.* (2023), uma das funções dos pavimentos aeroportuários é garantir a segurança das operações de pouso e decolagem. Essa função é avaliada pela resistência à derrapagem da pista de pouso e decolagem (PPD), medida pelo coeficiente de atrito e pela macrotextura. O coeficiente de atrito reflete a força de adesão entre superfícies em contato, enquanto a macrotextura está relacionada à rugosidade superficial, influenciada pelos agregados na mistura asfáltica (ICAO, 2002; ANAC, 2023; Oliveira *et al*., 2023).

A resistência à derrapagem é importante para decisões de manutenção das PPD, garantindo o controle direcional das aeronaves, especialmente na presença de água (Maia *et al*., 2023). A resistência deteriora-se devido a alguns fatores como o desgaste mecânico, o polimento do revestimento causado pelos pneus das aeronaves e o acúmulo de borracha na pista, além do tipo de revestimento utilizado (FAA, 2007).

Monitorar essas condições ao longo do tempo é fundamental para a segurança das operações aéreas. Este estudo visa caracterizar a evolução do coeficiente de atrito e da macrotextura de uma PPD com revestimento em Concreto Asfáltico (CA) de 2014 a 2023, contribuindo para os Sistemas de Gerenciamento de Pavimentos Aeroportuários (SGPA) e a segurança das operações de pouso e decolagem, ao fornecer uma visão do comportamento da resistência à derrapagem ao longo do tempo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Bezerra Filho e Oliveira (2013) analisaram a correlação entre a macrotextura e o coeficiente de atrito em pistas de pouso e decolagem (PPD). Os resultados, no entanto, foram considerados insatisfatórios devido à variação significativa nos valores analisados. Assim, de acordo com os autores, os operadores de aeródromos devem monitorar e realizar manutenções nas pistas com base nesses parâmetros, pois a profundidade média da macrotextura e o coeficiente de atrito afetam diretamente a segurança das operações aéreas.

Oliveira *et al.* (2015) avaliaram a resistência à derrapagem de PPD de quatro aeroportos no Nordeste do Brasil. A macrotextura foi medida com o ensaio de mancha de areia. Os resultados obtidos mostraram que nenhum dos pontos ensaiados apresentou macrotextura abaixo do valor mínimo de 0,60 mm especificado pela autoridade de aviação civil brasileira. Além disso, cerca de 72% dos pontos apresentaram profundidade média de macrotextura classificada como “muito aberta”. Os autores concluíram, portanto, que os aeroportos examinados possuíam boas condições de segurança para as operações de pousos e decolagens.

Com o objetivo de avaliar a relação entre a macrotextura e o coeficiente de atrito, Brandão *et. al* (2015) analisaram a evolução desses índices ao longo do tempo para a PPD do Aeroporto Internacional de Fortaleza. Os autores observaram que o coeficiente de atrito estava dentro dos padrões exigidos pela autoridade de aviação civil e que a pista estava em boas condições de segurança. No entanto, com a elevação do índice de macrotextura e a mudança de classificação da pista, regulamentada por alterações na legislação nacional em setembro de 2012, parte da PPD não estava em conformidade com legislação. Os autores ainda destacaram que a gestão adequada da macrotextura e do coeficiente de atrito é essencial para garantir a segurança das operações aéreas.

Outro estudo foi realizado por Oliveira, Almeida e Ramos (2016), que investigaram como a resistência à derrapagem e o conforto ao rolamento afetam as operações aéreas em PPD. Os autores analisaram parâmetros de macrotextura, coeficiente de atrito e *International Roughness Index* (IRI) coletados entre 2013 e 2014 no Aeroporto Internacional de Fortaleza. Os resultados obtidos mostraram que, em alguns trechos, especialmente no segmento central, os parâmetros analisados apresentaram tendências divergentes. Ou seja, em certas áreas da PPD, a resistência à derrapagem e o conforto ao rolamento não se comportaram da mesma maneira.

Maia, Oliveira e Silva (2023) abordaram em sua pesquisa a gestão eficiente das condições de resistência à derrapagem em pistas de aeroportos. Os autores realizaram um estudo de caso utilizando dados de coeficiente de atrito e macrotextura de três PPD brasileiras, entre os anos de 2015 a 2021. Os autores observaram que os dados de coeficiente de atrito apresentaram maior homogeneidade em relação à macrotextura nas PPD avaliadas. Além disso, a mediana foi considerada uma melhor representação dos dados de resistência à derrapagem, devido à presença de valores extremos (*outliers*).

Por fim, Oliveira *et al.* (2023) analisaram a correlação entre o *Pavement Condition Index* (PCI), a macrotextura e o coeficiente de atrito com dados obtidos em 2018 em uma PPD brasileira. Os autores observaram um comportamento distinto para os parâmetros investigados em relação à distância ao eixo da PPD. Isso significa que a correlação entre esses índices pode variar em diferentes partes da pista. Além disso, foi verificada uma baixa correlação entre as variáveis estudadas, demostrando a importância de realizar os levantamentos funcional e de resistência à derrapagem para aprimorar a manutenção dos pavimentos aeroportuários e garantir a sua segurança.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Para este estudo, foram utilizados dados de coeficiente de atrito e macrotextura de uma pista de pouso e decolagem (PPD) brasileira, obtidos de relatórios técnicos da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Os dados cobrem o período de 2014 a 2023. De um modo geral foram analisados 4 relatórios de coeficiente de atrito e 3 de macrotextura por ano, considerando as diversas condições de clima e tráfego ao longo do ano. Entre uma medição e outra ocorreram algumas manutenções periódicas de remoção do acúmulo de borracha e uma reabilitação do pavimento asfáltico em 2020.

O coeficiente de atrito foi medido com o equipamento *Grip Tester* a 65 km/h, a 3m e 6m do eixo da PPD, nos lados direito (LD) e esquerdo (LE), conforme ANAC (2023). O nível de manutenção considerado para o coeficiente de atrito é 0,53, e o valor mínimo é 0,43 (ANAC, 2023). A macrotextura foi medida com o ensaio de mancha de areia, a 3m do eixo da PPD, alternadamente para os lados direito e esquerdo, de acordo com ANAC (2023). O limite mínimo para a macrotextura é 0,60 mm (ANAC, 2023). Foram analisados 47 relatórios de coeficiente de atrito e 37 de macrotextura.

Os dados foram digitalizados e analisados no *Microsoft Excel*® (2019), com análises estatísticas descritivas e gráficas utilizando gráficos de linhas e *boxplot*. A análise do coeficiente de atrito considerou a distância do eixo da PPD e o lado de medição, além de segmentar a macrotextura por terços da pista (1°, 2° e 3° terço), avaliando o comportamento das condições de resistência à derrapagem ao longo do tempo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta uma análise descritiva do coeficiente de atrito para a PPD estudada entre os anos de 2014 a 2023.

Tabela 1 Análise Descritiva do coeficiente de atrito.

Estatística Descritiva	*2023*				*2022*			
	3m LD	*3m LE*	*6m LD*	*6m LE*	*3m LD*	*3m LE*	*6m LD*	*6m LE*
Média	0,6615	0,6961	0,6738	0,6851	0,6855	0,6989	0,6923	0,6799
Mediana	0,6700	0,7113	0,6750	0,6763	0,6783	0,7100	0,6933	0,6733
Desvio padrão	0,0603	0,0727	0,0207	0,0505	0,0590	0,0629	0,0467	0,0470
Variância da amostra	0,0036	0,0053	0,0004	0,0026	0,0035	0,0040	0,0022	0,0022
Intervalo	0,2150	0,2950	0,0750	0,1900	0,3000	0,3050	0,2000	0,2033
Mínimo	0,5250	0,5000	0,6300	0,5900	0,5700	0,4700	0,5800	0,5933
Máximo	0,7400	0,7950	0,7050	0,7800	0,8700	0,7750	0,7800	0,7967
	2021				*2020*			
Média	0,7106	0,7299	0,7532	0,7573	0,7498	0,7285	0,7398	0,7526
Mediana	0,7175	0,7310	0,7510	0,7520	0,7440	0,7250	0,7400	0,7530
Desvio padrão	0,0581	0,0534	0,0407	0,0638	0,0750	0,0881	0,0443	0,0448
Variância da amostra	0,0034	0,0028	0,0017	0,0041	0,0056	0,0078	0,0020	0,0020
Intervalo	0,2867	0,2793	0,1720	0,3440	0,2627	0,4027	0,1733	0,1400
Mínimo	0,6200	0,6240	0,6880	0,6760	0,6133	0,4533	0,6467	0,6780
Máximo	0,9067	0,9033	0,8600	1,0200	0,8760	0,8560	0,8200	0,8180
	2019				*2018*			
Média	0,6958	0,7133	0,7220	0,7367	0,6968	0,6976	0,6711	0,7111
Mediana	0,7117	0,7133	0,7067	0,7417	0,7150	0,7033	0,6600	0,7133
Desvio padrão	0,0636	0,0678	0,0562	0,0355	0,0642	0,0536	0,0400	0,0340
Variância da amostra	0,0040	0,0046	0,0032	0,0013	0,0041	0,0029	0,0016	0,0012
Intervalo	0,2300	0,2400	0,2200	0,1367	0,2233	0,1867	0,1467	0,1467
Mínimo	0,5500	0,5800	0,6300	0,6633	0,5700	0,5800	0,6167	0,6300
Máximo	0,7800	0,8200	0,8500	0,8000	0,7933	0,7667	0,7633	0,7767
	2017				*2016*			
Média	0,7860	0,8040	0,7928	0,7897	0,8113	0,8153	0,8129	0,8307
Mediana	0,7875	0,8138	0,7975	0,8038	0,8320	0,8220	0,8000	0,8320
Desvio padrão	0,0669	0,0573	0,0667	0,0573	0,0666	0,0617	0,0523	0,0622
Variância da amostra	0,0045	0,0033	0,0045	0,0033	0,0044	0,0038	0,0027	0,0039
Intervalo	0,2325	0,2250	0,3350	0,2475	0,2100	0,2260	0,1940	0,3200
Mínimo	0,6575	0,6575	0,5500	0,6500	0,6820	0,6820	0,7200	0,6100
Máximo	0,8900	0,8825	0,8850	0,8975	0,8920	0,9080	0,9140	0,9300
	2015				*2014*			
Média	0,7744	0,7803	0,7784	0,7698	0,7235	0,7302	0,7824	0,7542
Mediana	0,7673	0,7891	0,7841	0,7750	0,7225	0,7350	0,7775	0,7575
Desvio padrão	0,0380	0,0492	0,0326	0,0475	0,0521	0,0435	0,0345	0,0295
Variância da amostra	0,0014	0,0024	0,0011	0,0023	0,0027	0,0019	0,0012	0,0009
Intervalo	0,1455	0,2364	0,1288	0,2215	0,2075	0,1525	0,1325	0,1075
Mínimo	0,6900	0,6373	0,7067	0,6367	0,6000	0,6325	0,7250	0,6900
Máximo	0,8355	0,8736	0,8355	0,8582	0,8075	0,7850	0,8575	0,7975

É possível perceber da Tabela 1 que nas medições realizadas a 3m do eixo da PPD, o ano que apresentou o maior valor de coeficiente de atrito foi 2016 (média = 0,8153 e mediana = 0,8320), e o ano que apresentou o menor valor foi 2023 (média = 0,6615 e mediana = 0,6700), tanto para a média, quanto para a mediana. Nota-se, também, um aumento nesses valores de 2014 a 2016 e um diminuição a partir de 2017, tendo um novo aumento em 2020, ano em que ocorreu uma reabilitação do revestimento asfáltico da PPD, com a substituição do concreto asfáltico existente por uma mistura

asfáltica modificada por polímero. Entre 2021 e 2023, percebe-se uma diminuição nos valores de coeficiente de atrito. Isso pode ter ocorrido por diversos fatores, como desgastes do revestimento asfáltico e acúmulo de borracha dos pneus das aeronaves, evidenciando a importância de monitorar esse parâmetro ao longo do tempo para definir as estratégias de manutenção mais viáveis.

Para as medições realizadas a 6m do eixo da PPD, observa-se, na Tabela 1, que o ano de 2016 foi o que obteve maior valor de coeficiente de atrito (média = 0,8307 e mediana = 0,8320), com o menor valor sendo obtido também em 2023 (média = 0,6738 e mediana = 0,6750). Nota-se, ainda, o mesmo aumento nos valores de coeficiente de atrito entre 2014 e 2016, com uma diminuição entre 2017 e 2019, um novo crescimento em 2020 e 2021, e uma diminuição em 2022 e 2023, mostrando um comportamento cíclico, observado também por Quariguasi *et. al* (2018). Isso pode ter ocorrido devido aos processos de manutenção e remoção do acúmulo de borracha na PPD. As figuras 1 e 2 apresentam a variação do coeficiente de atrito ao longo da PPD estudada.

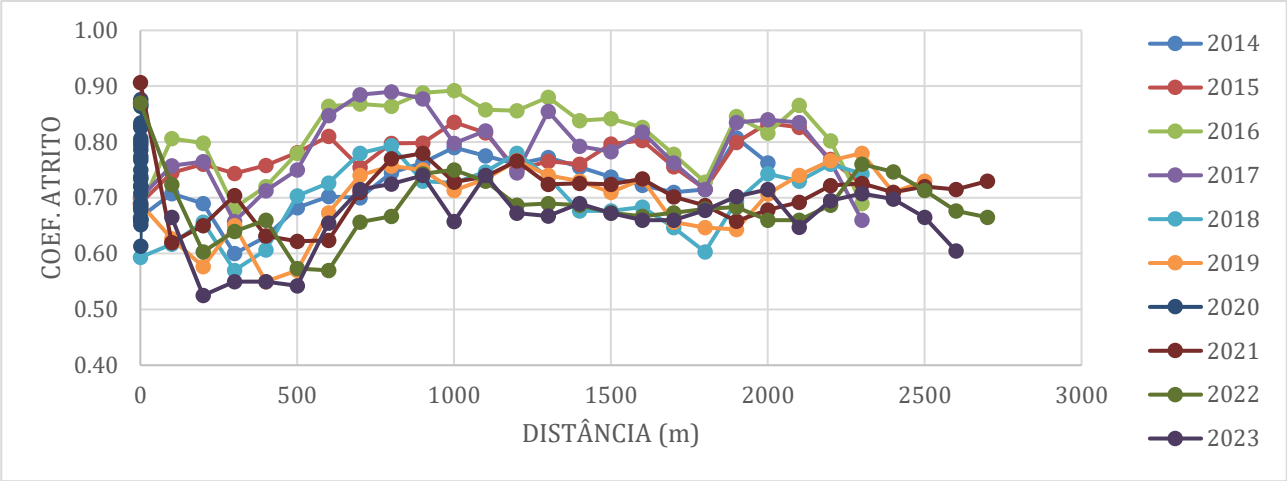


Figura 1 Coeficiente de atrito a 3m do eixo da PPD entre os anos de 2014 a 2023 para o lado direito.

Observando-se a Figura 1, verifica-se que os valores de coeficiente de atrito tendem a diminuir no 1° terço da pista. O 2° terço é o que apresenta os maiores valores de coeficiente de atrito, seguido pelo 3° terço. Isso pode ocorrer devido ao fato do 1° terço geralmente ser o mais solicitado nas operações de pouso e decolagem, causando os maiores desgastes e acúmulo de borracha no pavimento. Além disso, os valores de coeficiente de atrito se mantiveram acima do valor mínimo (0,43) especificado em ANAC (2023) em toda a extensão da PPD.

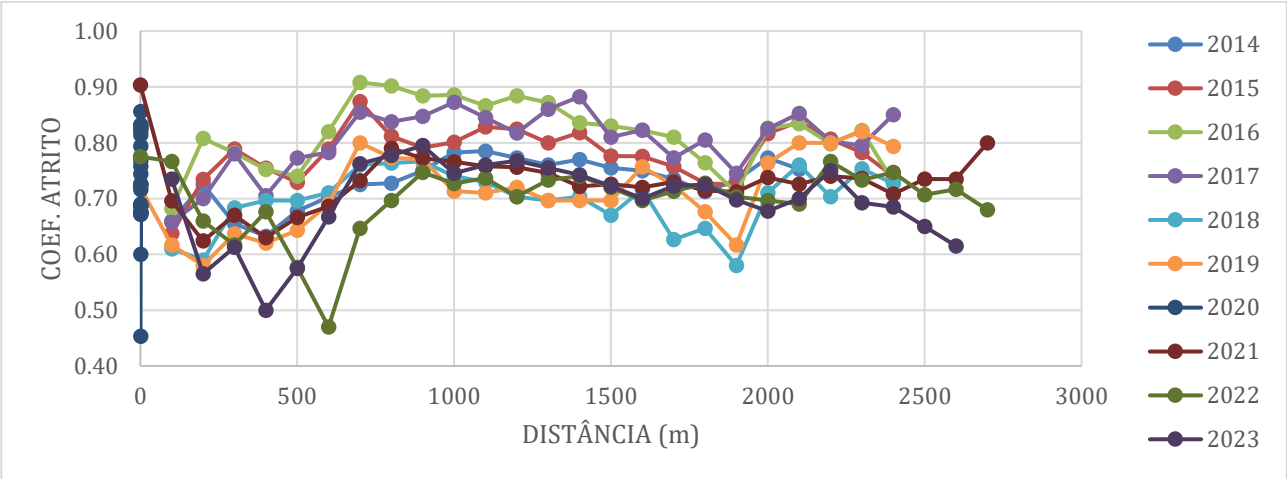


Figura 2 Coeficiente de atrito a 3m do eixo da PPD entre os anos de 2014 a 2023 para o lado esquerdo.

Na Figura 2 observa-se um comportamento semelhante, com o 2° terço da PPD apresentando os maiores valores de coeficiente de atrito, enquanto o 1° terço apresenta os menores valores. O coeficiente de atrito medido a 3m do lado esquerdo também apresentou valores acima do mínimo

especificado em ANAC (2023) em toda a PPD. As figuras 3 e 4 apresentam um *boxplot* para os dados de coeficiente de atrito a 3m do eixo da PPD.

Da Figura 3 é possível perceber que, para as medições realizadas a 3m no lado direito da PPD, ocorre a mesma tendencia de crescimento e decrescimento dos valores de coeficiente de atrito observados na análise descritiva. Além disso, nota-se também a presença de alguns *outliers* que precisariam ser tratados caso esses dados fossem usados em modelos de previsão de desempenho de pavimentos. Em relação à variação dos dados, o ano que apresentou maior variação nos valores foi 2020.

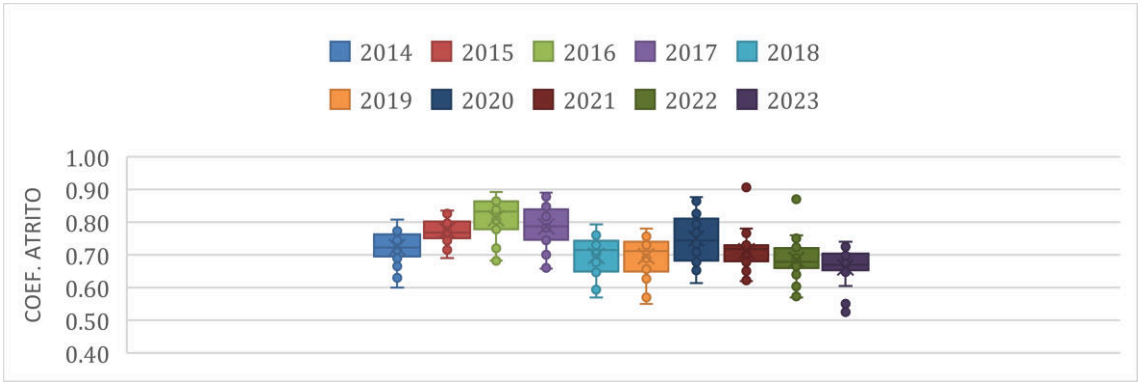


Figura 3 *Boxplot* do coeficiente de atrito a 3m do eixo da PPD entre os anos de 2014 a 2023 para o lado direito.

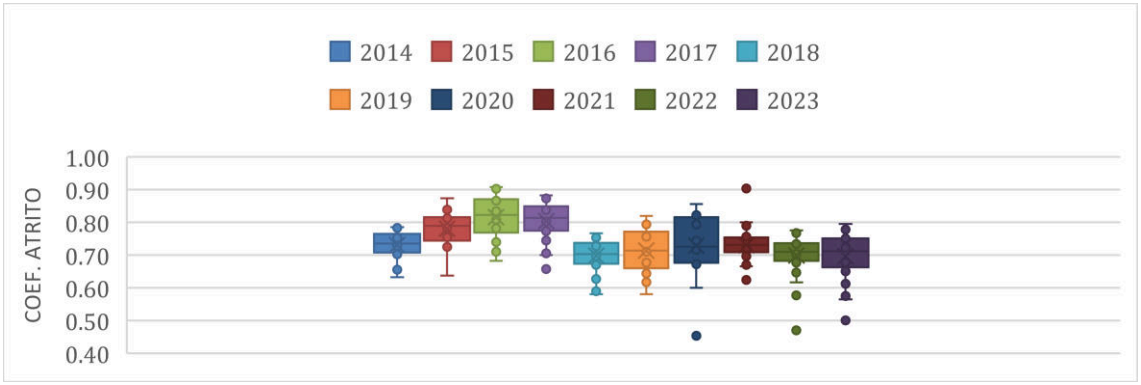


Figura 4 *Boxplot* do coeficiente de atrito a 3m do eixo da PPD entre os anos de 2014 a 2023 para o lado esquerdo.

Da Figura 4, observa-se que, nas medições realizadas a 3m do lado esquerdo da PPD, ocorreu um comportamento semelhante ao observado na análise descritiva. A maior variação nos dados também ocorreu no ano de 2020. Nota-se, ainda, a presença de alguns *outliers*. As figuras 5 e 6 mostram a variação do coeficiente de atrito para as medições realizadas a 6m do eixo da PPD.

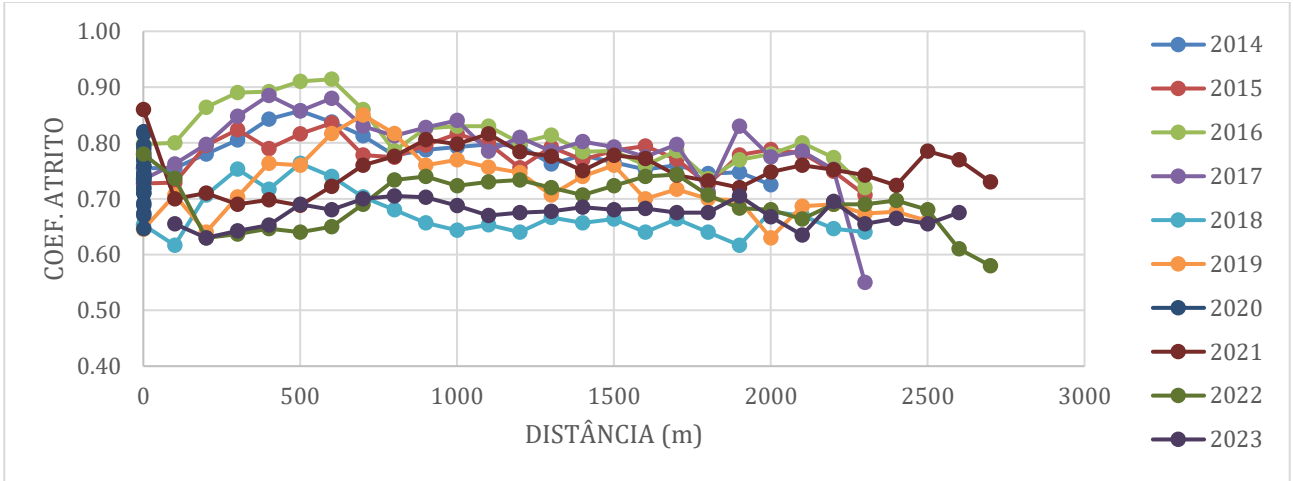


Figura 5 Coeficiente de atrito a 6m do eixo da PPD entre os anos de 2014 a 2023 para o lado direito.

Nas medições realizadas a 6m do eixo da PPD, no lado direito (Figura 5), nota-se uma tendência contrária ao que aconteceu com as medições a 3m, uma vez que o 1° terço da pista apresenta os maiores valores de coeficiente de atrito. Isso pode ter ocorrido devido a maior quantidade de aeronaves de médio e pequeno porte nessa PPD e menor quantidade de aeronaves de porte grande. Ainda, os valores de coeficiente de atrito se mantiveram acima do nível mínimo de manutenção (0,53), conforme ANAC (2023), em toda a PPD.

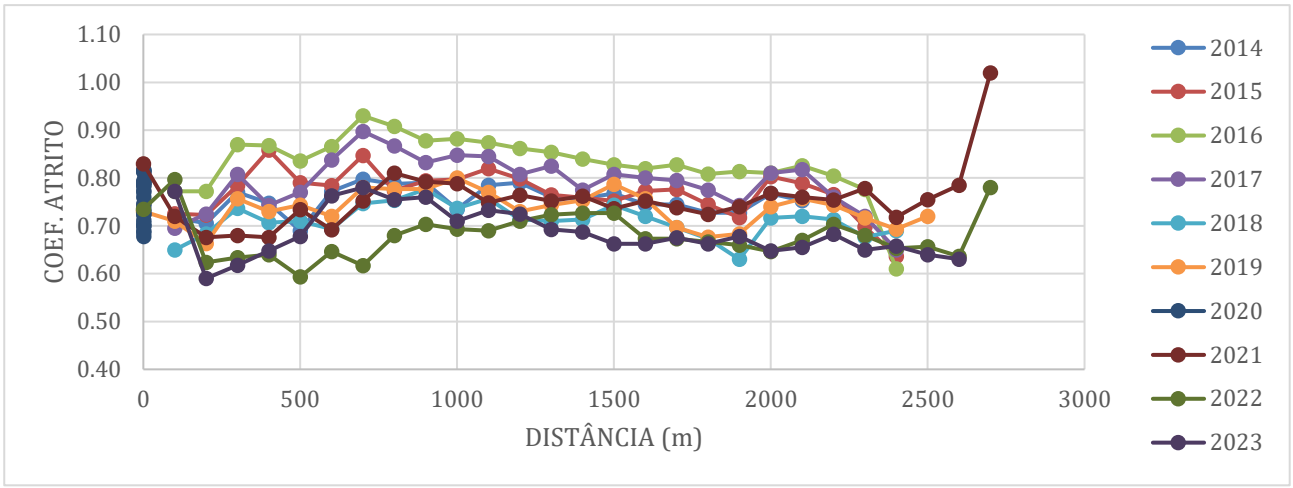


Figura 6 Coeficiente de atrito a 6m do eixo da PPD entre os anos de 2014 a 2023 para o lado esquerdo.

Nas medições realizadas a 6m do eixo da PPD, no lado esquerdo, o comportamento foi semelhante (Figura 6). No entanto, observa-se também valores altos de coeficiente de atrito ao final da PPD nos anos de 2021 e 2022. Esses valores podem ser considerados *outliers*. O coeficiente de atrito também se manteve acima do limite de manutenção definido em ANAC (2023) em toda a PPD. As figuras 7 e 8 apresentam um *boxplot* para o coeficiente de atrito medido a 6m do eixo da PPD.

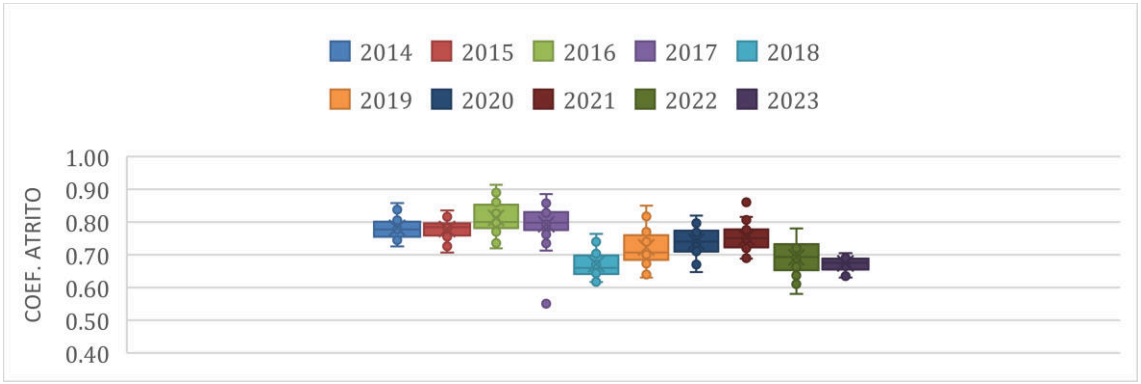


Figura 7 *Boxplot* do coeficiente de atrito a 6m do eixo da PPD entre os anos de 2014 a 2023 para o lado direito.

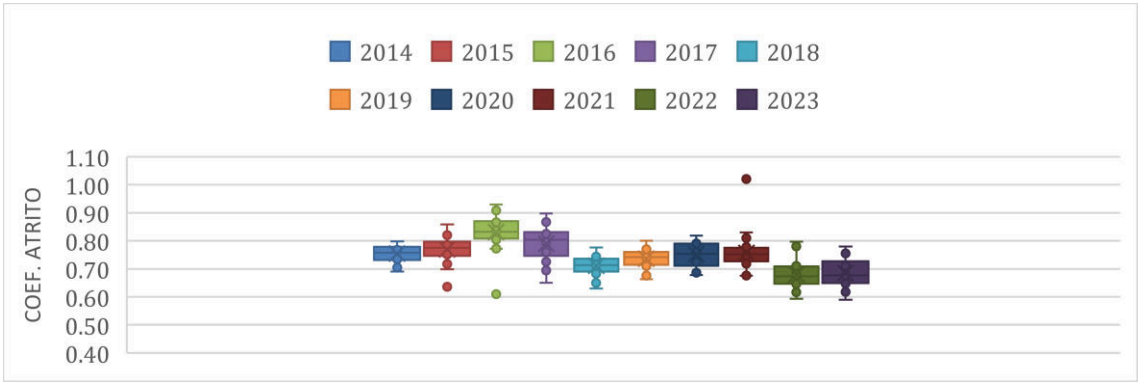


Figura 8 *Boxplot* do coeficiente de atrito a 6m do eixo da PPD entre os anos de 2014 a 2023 para o lado esquerdo.

Observando-se as figuras 7 e 8, nota-se o mesmo comportamento visto anteriormente na análise descritiva. Além disso, é possível perceber a presença de alguns *outliers*. No lado direito, o ano que apresentou maior variação nos dados foi 2022, enquanto no lado esquerdo foi 2017. A Tabela 2 apresenta uma análise descritiva dos valores de macrotextura da PPD estudada.

Tabela 2 Análise Descritiva da macrotextura.

Análise Descritiva	*2014*	*2015*	*2016*	*2017*	*2018*	*2019*	*2020*	*2021*	*2022*	*2023*
					Toda a PPD					
Média	0,81	0,94	0,95	0,93	1,05	1,23	1,26	0,80	0,86	0,95
Mediana	0,79	0,93	0,94	0,94	1,08	1,21	1,33	0,80	0,89	0,91
Desvio padrão	0,10	0,12	0,11	0,14	0,18	0,26	0,21	0,09	0,20	0,16
Variância da amostra	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,07	0,04	0,01	0,04	0,03
Intervalo	0,39	0,60	0,52	0,61	0,78	0,11	0,95	0,34	0,83	0,56
Mínimo	0,68	0,75	0,72	0,67	0,66	0,66	0,79	0,69	0,49	0,72
Máximo	1,07	1,35	1,23	1,28	1,44	1,76	1,74	1,03	1,32	1,27
					1° terço					
Média	0,81	0,97	1,00	0,98	1,06	1,18	1,25	0,81	0,89	1,04
Mediana	0,78	0,97	0,99	0,99	1,05	1,13	1,22	0,84	0,91	1,04
Desvio padrão	0,12	0,16	0,13	0,15	0,17	0,28	0,27	0,10	0,26	0,12
Variância da amostra	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,08	0,07	0,01	0,07	0,02
Intervalo	0,39	0,60	0,41	0,49	0,59	0,20	0,95	0,30	0,83	0,35
Mínimo	0,68	0,75	0,83	0,79	0,85	0,66	0,79	0,69	0,49	0,89
Máximo	1,07	1,35	1,23	1,28	1,44	1,65	1,74	0,99	1,32	1,24
					2° terço					
Média	0,86	0,96	0,98	0,98	1,15	1,39	1,36	0,80	0,92	0,95
Mediana	0,87	0,97	0,98	0,96	1,16	1,40	1,37	0,80	0,91	0,91
Desvio padrão	0,07	0,08	0,07	0,05	0,06	0,25	0,08	0,11	0,13	0,19
Variância da amostra	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01	0,01	0,02	0,04
Intervalo	0,21	0,22	0,21	0,15	0,16	0,19	0,25	0,34	0,47	0,53
Mínimo	0,76	0,86	0,91	0,92	1,07	1,02	1,19	0,70	0,72	0,75
Máximo	0,97	1,09	1,12	1,07	1,23	1,76	1,45	1,03	1,19	1,27
					3° terço					
Média	0,76	0,86	0,85	0,79	0,89	1,12	1,17	0,81	0,76	0,86
Mediana	0,74	0,87	0,88	0,79	0,85	1,16	1,14	0,79	0,71	0,84
Desvio padrão	0,08	0,07	0,08	0,10	0,19	0,16	0,22	0,08	0,15	0,12
Variância da amostra	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,03	0,05	0,01	0,02	0,01
Intervalo	0,20	0,23	0,22	0,31	0,55	0,15	0,67	0,22	0,40	0,40
Mínimo	0,68	0,76	0,72	0,67	0,66	0,81	0,82	0,73	0,56	0,72
Máximo	0,88	0,99	0,94	0,98	1,21	1,29	1,49	0,94	0,96	1,12

Percebe-se, pela Tabela 2, que os valores tanto de média quanto de mediana para a macrotextura aumentaram entre os anos de 2014 a 2020. Isso pode ter ocorrido devido ao próprio uso da PPD ao longo do tempo, que, ao ser submetida as ações do clima e do tráfego das aeronaves sofreu um degaste do revestimento asfáltico, tornando a textura superficial mais aberta e rugosa, o que aumenta os valores de macrotextura. No ano de 2020 a PPD passou por um processo de reabilitação, com a remoção do revestimento asfáltico existente e substituição por um novo revestimento asfáltico modificado por polímero. Observa-se que, em 2021, houve uma diminuição nos valores de macrotextura. Isso pode ter ocorrido devido a obra de reabilitação, com o revestimento novo sem ter sofrido ainda com os degastes devido as ações do clima e do tráfego das aeronaves. Nos anos de 2022 e 2023 os valores de macrotextura voltaram a aumentar. O mesmo comportamento pode ser observado

para os três terços da PPD, com o 2° terço apresentando, em geral, os maiores valores de macrotextura. A Figura 9 apresenta a variação dos valores de macrotextura ao longo da PPD.

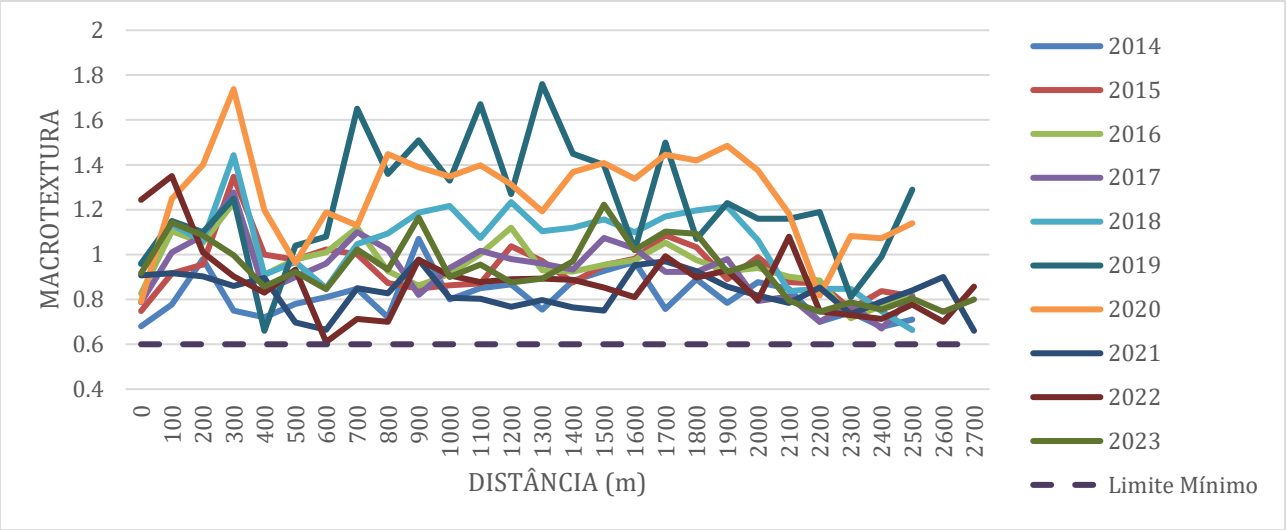


Figura 9 Macrotextura da PPD entre os anos 2014 a 2023.

A partir da Figura 9 é possível perceber a mesma tendência em relação aos terços da PPD observada na análise descritiva. Os anos que apresentaram os maiores valores de macrotextura foram 2019 e 2020. ANAC (2023) estabelece como limite mínimo para a macrotextura o valor de 0,60mm. Nota-se na Figura 9 que para todos os anos analisados a macrotextura manteve-se acima do valor mínimo especificado pela ANAC ao longo de toda a PPD, estando em condições de segurança operacional adequadas. A Figura 10 apresenta o *boxplot* para os valores de macrotextura.

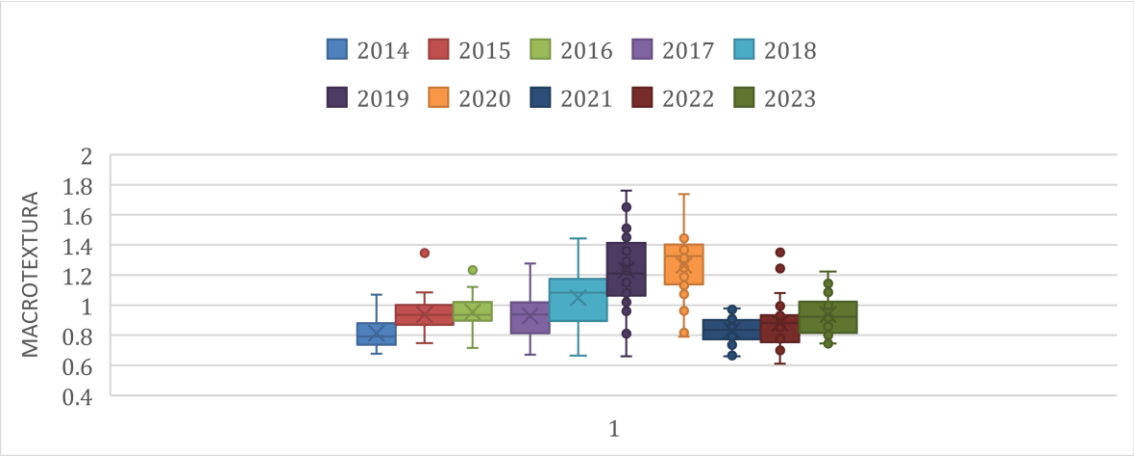


Figura 10 *Boxplot* da macrotextura da PPD entre os anos 2014 a 2023.

Na Figura 10 é possível perceber a presença de alguns *outliers*. Como foram observados muitos *outliers* tanto nos valores de coeficiente de atrito quanto de macrotextura, uma análise desses parâmetros por meio da sua média pode não ser representativa. Adotar a mediana para analisar os parâmetros de resistência à derrapagem pode ser uma abordagem mais adequada, como observaram Maia, Oliveira e Silva (2023). Além disso, nota-se o mesmo comportamento observado anteriormente, com os maiores valores de macrotextura sendo obtidos nos anos de 2019 e 2020. No entanto, nesses anos também foram observadas as maiores dispersões nos resultados.

5. CONCLUSÕES

Este estudo teve o objetivo realizar uma caracterização da evolução temporal das condições de resistência à derrapagem de uma pista de pouso e decolagem (PPD) com revestimento em Concreto

Asfáltico. Para os valores de coeficiente de atrito, observou-se um comportamento divergente em relação as medições realizadas a 3m e a 6m do eixo da PPD e, também, ao longo da PPD, mostrando a importância de avaliar periodicamente esse parâmetro para definir os processos de manutenção e remoção do acúmulo de borracha, a fim de garantir a segurança dos pousos e decolagens. A macrotextura apresentou uma tendência de aumento ao longo do tempo, sendo afetada pelo desgaste do revestimento asfáltico, evidenciando, mais uma vez, a necessidade de acompanhar corretamente os parâmetros de resistência à derrapagem em PPD para garantir a segurança. Os valores de macrotextura também variaram em relação aos terços da PPD em que foram medidos. Foram observados, ainda, a presença de *outliers* nos valores de coeficiente de atrito e macrotextura, significando que, ao invés da média, a mediana pode ser uma abordagem mais adequada para a análise desses parâmetros, uma vez que a mediana não é afetada por valores extremos, sendo mais representativa. Por fim, espera-se, com esse estudo, contribuir para os Sistemas de Gerência de Pavimentos Aeroportuários (SGPA), sobretudo para a segurança das operações aeroportuárias, ao fornecer uma visão do comportamento das condições de resistência à derrapagem ao longo do tempo.

6. REFERÊNCIAS

ANAC (2023). *Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Nº 153*, de 17 de abril de 2023. Agência Nacional de Aviação Civil. Secretaria de Aviação Civil. Brasília, DF, 2023.

Bezerra Filho, C. I. F., Oliveira, F. H. L. de. (2013). *Análise da correlação entre a macrotextura e o coeficiente de atrito em pavimentos aeroportuários*. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 27., 2013, Belém. Anais. Belém, 2013. p. 1-11.

Brandão, P. C., Vasconcelos Filho, R. K. de A., Oliveira, F. H. L. de, & Aguiar, M. F. P. de. (2015). *Diagnóstico das condições de macrotextura e coeficiente de atrito no Aeroporto Internacional de Fortaleza*. Conexões - Ciência E Tecnologia, 9(1). https://doi.org/10.21439/conexoes.v9i1.656.

FAA (2007). Federal Aviation Administration - AC 150/5320-12. *Measurement, Construction & Maintenance of Skid Resistant Airport Pavement Surface*. 2007.

ICAO (2002). Manual de servicios de aeropuertos. Parte 2. *Estado de la superficie de los pavimentos*. Cuarta edición. Organización de Aviación Civil Internacional. Lima, Peru. 2002.

Maia, C. L., Rocha, M. I. de. M., Almeida, A. F. M., Leite, M. O., Oliveira, F. H. L. de. (2023). *Análise da resistência à derrapagem de pista de pouso e decolagem pré e pós-obra de reabilitação*. Anais...25° Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR). 48° Reunião Anual de Pavimentação (RAPv). Foz do Iguaçu, Paraná, 2023.

Maia, A. de O., Oliveira, F. H. L. de, & Silva, C. A. U. da. (2023). *Um método de apoio à gestão para análise das condições de aderência em pavimentos aeroportuários*. Conexões - Ciência E Tecnologia, 17, e022016. https://doi.org/10.21439/conexoes.v17i0.2905.

Oliveira, V. C., Maia, C. L., Sousa, J. L. C. de., Castelo Branco, V. T. F., Oliveira, F. H. L. de. (2023). *Análise da correlação entre parâmetros funcional e de aderência pneu-pavimento em pista de pouso e decolagem*. Anais...25° Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR). 48° Reunião Anual de Pavimentação (RAPv). Foz do Iguaçu, Paraná, 2023.

Oliveira, F. H. L. de.; Almeida, L. C. de; Ramos, S. P. (2016). *Estudo do comportamento da aderência e do conforto ao rolamento em pistas de pouso e decolagem*. TRANSPORTES, [S. l.], v. 24, n. 2, p. 27–33, 2016. DOI: 10.14295/transportes.v24i2.1059. Disponível em: https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/1059. Acesso em: 1 jun. 2024.

Oliveira, F. H. L. de., Ramos, S. P., Almeida, L. C. de, Aguiar, M. F. P. de. (2015). *Análise da profundidade da macrotextura por ensaio de mancha de areia e coeficiente de atrito dos pavimentos aeroportuários*. XVII Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte – Concepción, 2015.

Quariguasi, J. B. F.; Almeida, L. C.; Oliveira, F. H. L. de (2018). *Análise da aderência pneu-pavimento aeroportuário em revestimento de camada porosa de atrito*. Anais do 32° Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes da ANPET. Gramado, Rio Grande do Sul, 2018.