

Análise da correlação entre a condição de pavimentos urbanos e elementos do sistema de drenagem

M. Diniz^{1*}  R. Melo¹ 

* Autor de Contato: mariaingridydiniz@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v13i2.604>

Recebido: 09/05/2022 | Correções recebidas: 23/03/2023 | Aceito: 29/03/2023 | Publicado: 01/05/2023

RESUMO

A pesquisa em questão objetivou analisar a correlação entre o índice de condição dos pavimentos e a condição de dois elementos de drenagem superficial: bocas de lobo e sarjetas. O estudo foi realizado a partir da análise de 19 trechos, distribuídos pelo bairro de Tambaú, em João Pessoa-PB. O cálculo para a condição dos pavimentos foi realizado pelo método do PCI e a condição dos elementos de drenagem foi verificada por meio de análise subjetiva. Os resultados da pesquisa mostraram quando os elementos se enquadravam ou não nas condições ideais, e embora os elementos de drenagem sejam considerados no desempenho dos pavimentos, a avaliação estatística apresentou uma correlação fraca entre a condição dos pavimentos e os elementos de drenagem avaliados.

Palavras-chave: sistemas de infraestrutura; estatística; vias urbanas.

Citar como: Diniz, M., Melo, R. (2023), "Análise da correlação entre a condição de pavimentos urbanos e elementos do sistema de drenagem", Revista ALCONPAT, 13 (1), pp. 220 – 234, DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v13i2.604>

¹ Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

Contribuição de cada autor

Neste trabalho, o autor 1 contribuiu com a atividade de revisão de literatura, coleta de dados, redação do trabalho, discussão dos resultados e conclusões, correspondente a 60% do trabalho, o autor 2 contribuiu com a atividade da ideia original, revisão do trabalho final, opiniões nas discussões, correspondente a 40%.

Licença Creative Commons

Copyright (2023) é propriedade dos autores. Este trabalho é um artigo de acesso aberto publicado sob os termos e condições de uma Licença Internacional Creative Commons Atribuição 4.0 ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

Discussões e correções pós-publicação

Qualquer discussão, incluindo a resposta dos autores, será publicada no primeiro número do ano 2024, desde que a informação seja recebida antes do fechamento do terceiro número do ano de 2023.

Analysis of the drainage system between the condition of urban pavements and drainage elements

ABSTRACT

The research in question aimed to analyze the correlation between the pavement condition index and the condition of two surface drainage elements: storm drains and gutters. The study was carried out from the analysis of 19 stretches, distributed by the neighborhood of Tambaú, in João Pessoa-PB. The calculation for the condition of the pavements was performed by the PCI method and the condition of the drainage elements was verified by means of subjective analysis. The research results showed when the elements fit or not in the ideal conditions, and although the drainage elements are considered in the pavement performance, the statistical evaluation showed a weak correlation between the pavement condition and the evaluated drainage elements.

Keywords: infrastructure systems; statistic; urban roads.

Análisis de la correlación entre el estado de los pavimentos urbanos y los elementos del sistema de drenaje

RESUMEN

La investigación en cuestión tuvo como objetivo analizar la correlación entre el índice de condición del pavimento y la condición de dos elementos de drenaje superficial: desagües pluviales y cunetas. El estudio fue realizado a partir del análisis de 19 tramos, distribuidos por el barrio de Tambaú, en João Pessoa-PB. El cálculo del estado de los pavimentos se realizó por el método PCI y el estado de los elementos de drenaje se verificó mediante análisis subjetivo. Los resultados de la investigación mostraron cuando los elementos encajan o no en las condiciones ideales, y aunque los elementos de drenaje son considerados en el desempeño del pavimento, la evaluación estadística mostró una débil correlación entre la condición del pavimento y los elementos de drenaje evaluados.

Palabras clave: sistemas de infraestructura; estadística; caminos urbanos.

Informações legais

Revista ALCONPAT é uma publicação trimestral da Associação Latino-Americana de Controle de Qualidade, Patologia e Recuperação de Construção, Internacional, A.C., Km. 6, antiga estrada para Progresso, Merida, Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Website: www.alconpat.org

Reserva de direitos de uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos concedidos pelo Instituto Nacional de Direitos Autorais. Editor responsável: Dr. Pedro Castro Borges. Responsável pela última atualização deste número, Unidade de Informática ALCONPAT, Eng. Elizabeth Sabido Maldonado.

As opiniões expressas pelos autores não refletem necessariamente a posição do editor.

A reprodução total ou parcial do conteúdo e das imagens da publicação é realizada de acordo com o código COPE e a licença CC BY 4.0 da Revista ALCONPAT.

1. INTRODUÇÃO

Considerado como o principal modal de transporte, as rodovias apresentam grande importância no desenvolvimento do país (PIRES E MENDES, 2021), e para que as vias cumpram com a sua função de maneira adequada é necessário que estas apresentem um estado de conservação apropriado.

Um pavimento com uma estrutura que não apresenta desempenho adequado pode ocasionar consequências indesejadas. Nessa perspectiva, a drenagem de uma estrada auxilia na sua conservação, além de prevenir acidentes nas vias. Logo, um dos principais objetivos da drenagem das rodovias é proteger a infraestrutura da ação negativa das águas, como por exemplo a redução da estrutura do piso e o rompimento dos aterros (LIMA et al., 2022).

De acordo com Pinheiro, Coutinho e Ferreira (2021), o sistema de drenagem é um elemento essencial no que diz respeito ao desempenho de grande parte dos elementos que compõem uma via urbana. Ainda segundo o autor, a condução correta da água é a principal função do sistema de drenagem, sendo capaz de conservar as características das camadas de projeto do pavimento, como a base, a sub-base e o subleito, além de garantir maior durabilidade da estrada, além de evitar o acúmulo de água na superfície.

Uma maneira de certificar que o sistema de drenagem funcione corretamente é verificando o bom estado de conservação dos elementos que o compõem. Além da estrutura, a limpeza e a manutenção dos elementos também são essenciais para que o sistema cumpra com as suas funções de projeto.

Diante disso, o trabalho em questão se propôs a avaliar a correlação entre a condição dos pavimentos selecionados e a condição de dois elementos de drenagem superficial dos trechos: bocas de lobo e sarjetas. A partir da correlação, pretende-se averiguar até que ponto existe influência do estado de conservação dos elementos de drenagem na condição dos pavimentos. Por fim, os responsáveis pelo gerenciamento dos sistemas de infraestrutura podem utilizar as métricas apresentadas como auxílio para a manutenção e recuperação das estruturas avaliadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Pavimentos

Os pavimentos rodoviários apresentam grande relevância no que se refere ao desenvolvimento de um país no auxílio da realização de serviços básicos, como o transporte de mercadorias e a locomoção da população. Diante da sua importância, é necessário que as vias se apresentem em um bom estado de conservação para que assim possam oferecer seus serviços de maneira adequada e segura para os usuários (LIMA et al., 2022).

Uma maneira de verificar se os pavimentos estão em um estado aceitável de conservação é calculando o seu índice de condição. Uma dessas avaliações pode ser feita a partir do Paviment Condition Index (PCI), desenvolvido pela United States Army Corps of Engineers (USACE) em 1976. Inicialmente desenvolvido apenas para a avaliação de pavimentos aeroportuários, e posteriormente em 1979 adaptada para uma versão específica para avaliação de pavimentos rodoviários e urbanos.

De acordo com a norma ASTM D6433-2018 - Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys, é necessário selecionar uma amostra de tamanho $225 \text{ m}^2 \pm 90\text{m}^2$. A avaliação consiste em realizar o levantamento de defeitos, além da quantidade e severidade de cada um deles. A Tabela 1 apresenta os tipos de defeitos que devem ser levantados durante a aplicação do método.

Tabela 1. Defeitos de pavimento asfáltico e unidade de medida para o Método do PCI

Defeito	Forma de Medição	Defeito	Forma de Medição
Couro de Crocodilo	Área	Remendos	Área
Exsudação	Área	Agregado Polido	Área
Fissura 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
Fissura de borda	Metro Linear	Fissuras devido ao escorregamento de massas	Área
Fissuras por reflexão de juntas	Metro Linear	Inchamento	Área
Desnível entre Pavimento e o acostamento	Metro Linear	Desgaste	Área
Fissura longitudinal e transversal	Metro Linear	-	-

Fonte: ASTM (2018) - Adaptado

Para que se possa calcular o índice de condição do pavimento, é necessário obter os Valores de Dedução (VD) de acordo com o tipo, severidade e extensão do defeito, que representa a influência que o mesmo apresenta sobre a condição do pavimento, variando entre 0 e 100, em que 0 o defeito não impacta na condição do pavimento e 100, o defeito possui máxima interferência prejudicial. Os valores dos VD são obtidos com o auxílio de ábacos disponíveis na ASTM D6433-2018. Somando-se os VD é possível obter o Valor Total de Dedução (VTD) para os pavimentos analisados com o auxílio da equação 1.

$$VTD = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{mi} a(T_j, S_i, D_{ij}) \times F(t, q) \quad (1)$$

Em que:

$a(T_j, S_i, D_{ij})$: função de perda de capacidade para servir ao tráfego, cujas variáveis independentes são o tipo:

T_j : tipos de defeitos;

S_i : níveis de severidade;

D_{ij} : densidades de defeitos;

i : contador dos tipos de defeitos;

j : contador dos níveis de severidade;

p : número total de tipos de defeitos;

mi : número do nível de severidade para o i -ésimo tipo de defeito;

$F(t, q)$: fator de ajuste para reduzir o efeito do excesso de tipos de defeitos. (t) depende do número de funções (a) , e (q) é o número de valores numéricos de funções (a) maiores que 5.

De posse do VTD, é necessário corrigi-lo em função da quantidade de defeitos presentes em cada trecho, de acordo com o ábaco 20 da mesma norma. Logo, é possível encontrar o Valor da Dedução Corrigido (VDC) e, portanto, o valor do PCI resultante da Equação 2.

$$PCI = 100 - VDC \quad (2)$$

A partir do valor obtido para o PCI no trecho analisado, o pavimento é classificado de acordo com a Tabela 2, variando o seu valor de 0 (condição péssimo) a 100 (condição excelente).

Tabela 2. Classificação do PCI

Classificação	Valor do PCI
Excelente	86 – 100
Muito Bom	71 -85
Bom	56 – 70
Médio	41 – 55
Ruim	26 – 40
Muito Ruim	11 - 25
Péssimo	0 - 10

Fonte: Shahin (2005)

2.2 Drenagem dos Pavimentos Urbanos

De acordo com Corrêa e Dutra (2018), o sistema de drenagem pode ser entendido como o conjunto de elementos que objetivam garantir a integridade das estradas e os seus arredores, além de promover segurança aos usuários. Tais dispositivos direcionam a água para um local adequado, sendo devidamente planejado durante a construção ou restauração de uma via (REIS, 2016).

Ao se referir ao sistema de drenagem urbana é necessário entender a sua subdivisão em macro drenagem e microdrenagem (RESPLANDES et al., 2021). De acordo com o Departamento de Engenharia Sanitária da Universidade de São Paulo (2015), a macrodrenagem pode ser definida como um curso que direciona um elevado volume de água, como rios e córregos. Já no caso da microdrenagem, pode ser considerada como a parte do sistema responsável pelo direcionamento de águas pluviais até o sistema macro. Esta é composta por elementos tais como as sarjetas, bocas de lobo, bueiros, poços de visita e galerias.

No caso dos pavimentos urbanos de uma via, é indispensável a existência de um sistema de microdrenagem para o direcionamento das águas pluviais uma vez que é necessário manter tal infraestrutura essencial nas condições ideais de funcionamento (SOUZA, 2012).

No que se refere ao acúmulo de águas, sejam superficiais ou as águas subterrâneas, pode ser um fator prejudicial às rodovias. De acordo com Lima et al. (2022), o acúmulo de água na pista de rolamento pode prejudicar severamente as condições de aderência da pista, podendo provocar acidentes.

No caso de inundações, também é possível observar prejuízos significativos aos pavimentos e conseqüentemente, à população. Além da alteração no tráfego com a visível redução na segurança, a água é capaz de infiltrar nas camadas do pavimento diminuindo a sua vida útil. A água que permanece contida nas camadas, além daquela proveniente do lençol freático, podem provocar danos como redução da capacidade de suporte da camada de subleito, além de afundamentos e até a ruptura (REIS, 2016).

3. MÉTODO DE TRABALHO

Com o intuito de cumprir com o objetivo proposto pela pesquisa, a seguinte sequência de atividades foi desenvolvida:

- i) delimitação da área de estudo;
- ii) elaboração dos formulários para coleta de dados;
- iii) levantamento de dados sobre a condição dos pavimentos;
- iv) levantamento de dados sobre a condição dos elementos de drenagem;
- v) análise da correlação entre os resultados encontrados.

Os trechos avaliados são objeto de estudo dos alunos de graduação e pós-graduação da Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Devido a disponibilidade de banco de dados sobre os trechos em questão (item 3.1) e por ser considerado um bairro turístico na cidade em que a qualidade das vias precisa se apresentar em condições ideais, resolveu-se avaliar a correlação entre as informações.

Em relação aos pavimentos, o levantamento de defeitos foi feito por análise de imagens disponível no banco de dados utilizado, com a utilização da ficha disponível na NBR 006/2003 – PRO. Para auxiliar a etapa de quantificação dos defeitos, concomitante a medição, um registro fotográfico foi feito para cada defeito para que se pudesse avaliar a severidade dos mesmos, auxiliando na posterior utilização dos ábacos do apêndice X3 da Norma ASTM D6433 – 18, durante a etapa de qualificação.

Para a obtenção de dados em relação ao sistema de drenagem urbana superficial foi realizado um levantamento dos elementos quem compunham a rede, adaptadas do estudo de Novaes et. al. (2019), a partir de um preenchimento dos formulários elaborados de modo a quantificar a existência de bocas de lobo e sarjetas, assim como a qualificação de suas respectivas condições de conservação, podendo estas serem boas, regulares ou péssimas.

3.1 Caracterização dos Trechos

Os trechos avaliados se apresentavam distribuídos pelo bairro de Tambaú, da cidade de João Pessoa – PB. Foram escolhidas vias que possuíssem concomitantemente a pavimentação do tipo flexível e sistema de drenagem superficial. A localização dos trechos é apresentada na Figura 1.

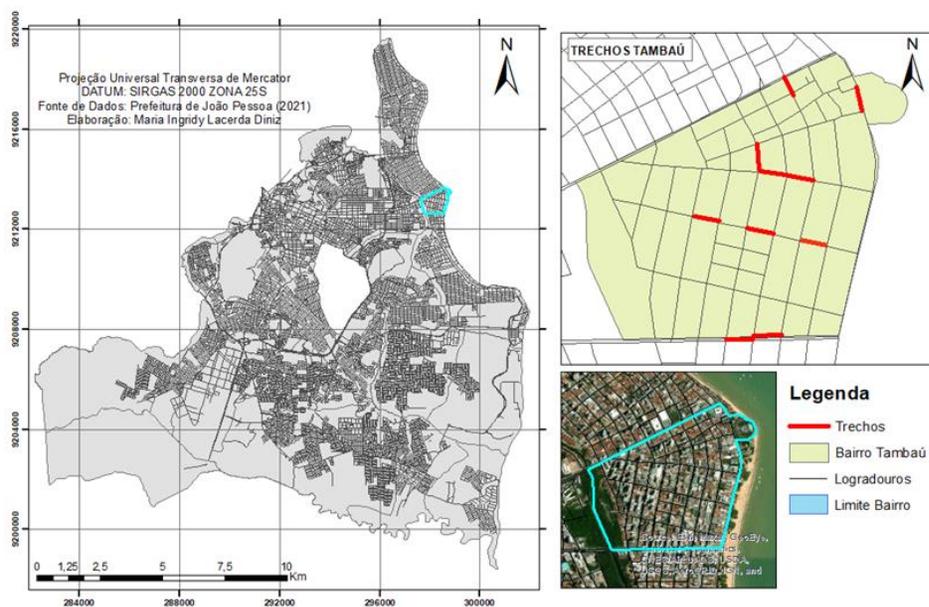


Figura 1. Localização da Área e Trechos de Estudo

As informações detalhadas acerca das localizações de cada trecho se encontram na Tabela 3. Com o intuito de manter a proporcionalidade das amostras, todas possuíam a mesma extensão de 80 metros.

Tabela 3. Informações sobre os Trechos

Trecho	Faixa	Rua	Sentido	Limites		Extensão (m)
				Início	Final	
1	Esquerda	Rua Nossa Sra dos Navegantes	Tambaú - Manaíra	Espaço luz do ser	Mercado de Artesanato- Av Ruy Carneiro	80
2	Direita	Rua Nossa Sra dos Navegantes	Tambaú - Manaíra	Espaço luz do ser	Mercado de Artesanato - Av Ruy Carneiro	
3	Esquerda	Av. Nego	Praia	R Infante Dom Henrique	Av. Profa Maria Sales	
4	Direita	Av. Nego	Praia	R Infante Dom Henrique	Av. Profa Maria Sales	
5	Esquerda	Av. Nego	Praia	Av. Profa Maria Sales	Rua N. Sra dos Navegantes	
6	Direita	Av. Nego	Praia	Av. Profa Maria Sales	Rua N. Sra dos Navegantes	
7	Esquerda	Rua Infante Dom Henrique	Tambaú - Manaíra	Av Nego	Av. Olinda	
8	Direita	Rua Infante Dom Henrique	Tambaú - Manaíra	Av Nego	Av. Olinda	
9	Esquerda	Rua Helena Meira Lima	Centro	Av. Profa Maria Sales	Rua Infante Dom Henrique	
10	Direita	Rua Helena Meira Lima	Centro	Av. Profa Maria Sales	Rua Infante Dom Henrique	
11	Esquerda	Rua Helena Meira Lima	Centro	Rua Monteiro Lobato	Rua Silvino Lopes	
12	Direita	Rua Helena Meira Lima	Centro	Rua Monteiro Lobato	Antes da faixa de Pedestre com a Rua Silvino Lopes	
13	Esquerda	Rua Helena Meira Lima	Centro	Av. Antônio Lira	Rua Nossa Sra dos Navegantes	
14	Direita	Rua Helena Meira Lima	Centro	Av. Antônio Lira	Rua Nossa Sra dos Navegantes	
15	Esquerda	Rua Pres. Epitácio Pessoa	Bessa	Rua Nossa Sra dos Navegantes	Av. Profa Maria Sales	
16	Direita	Rua Pres. Epitácio Pessoa	Bessa	Rua Nossa Sra dos Navegantes	Av. Profa Maria Sales	
17	Esquerda	Rua Pres. Epitácio Pessoa	Bessa	Av. Manoel Cavalcante de Sousa	Av. Profa Maria Sales	
18	Direita	Rua Pres. Epitácio Pessoa	Bessa	Av. Manoel Cavalcante de Sousa	Av. Profa Maria Sales	
19	Direita	Av. Alm. Tamandaré	Bessa	Av. Olinda	Praça Sto Antônio	

3.2 Análise Estatística

Pode-se averiguar a existência da relação, assim como a intensidade, existente entre duas variáveis a partir da análise de sua correlação. Para isso, foi utilizado o coeficiente de Correlação de Pearson (r) apresentado pela equação 3 (MERGH, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2022).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2][\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2]}} \quad (3)$$

Em que:

n: número de pares de observações;

X_i: observação i da variável X;

Y_i: observação i da variável Y;

\bar{X} : média dos valores de X;

\bar{Y} : média dos valores de Y.

De acordo com Francisco & Dantas Neto (2021), é possível adotar intervalos para auxiliar na interpretação dos resultados de r, como apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Interpretação dos Valores do Coeficiente de Correlação (r)

Coeficientes de Correlações de Pearson (r)	Tipos de Correlações
r = 1	Perfeita Positiva
0,8 ≤ r < 1	Forte Positiva
0,5 ≤ r < 0,8	Moderada Positiva
0,1 ≤ r < 0,5	Fraca Positiva
0 < r < 0,1	Íntima Positiva
0	Nula
0,1 < r < 0	Íntima Negativa
-0,5 < r ≤ -0,1	Fraca Negativa
-0,8 < r ≤ -0,5	Moderada Negativa
-1 < r ≤ -0,8	Forte Negativa
r = -1	Perfeita Negativa

Fonte: Francisco & Dantas Neto (2021) Adaptado

Para a análise em questão, o valor do PCI, devido a sua metodologia de cálculo apresentar maior precisão da real quantificação do estado de condição do elemento avaliado (pavimento), será considerado com variável independente (X). As variáveis dependentes serão, portanto, as bocas de lobo (Y₁) e as sarjetas (Y₂).

Para auxiliar na análise estatística, foi realizado o teste estatístico de hipótese para averiguar a diferença entre as médias obtidas. Neste caso, serão determinadas as seguintes hipóteses:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad (4)$$

$$H_A: \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \quad (5)$$

Em que:

H₀: Hipótese nula;

H_A: Hipótese alternativa;

μ₁ e μ₂: Médias das populações 1 e 2, respectivamente (Sendo a população relacionadas aos

pavimentos e a população 2 cada um dos elementos de drenagem por vez).

Nesse estudo, o caso considerado foi o de dados não emparelhados, com os desvios-padrão das populações conhecidos, resultando em duas comparações de médias. O procedimento consiste em fazer teste da média das diferenças das populações, adotando-se a ordem de 0,5 baseado no estudo de Medeiros *et al.* (2017). Logo, a análise verifica a seguinte hipótese:

$$H_0: \mu_d = 0,5 \quad (6)$$

$$H_A: \mu_d > 0,5 \quad (7)$$

Em que:

μ_d : Diferença das médias entre as populações

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condição dos Pavimentos

O levantamento dos defeitos encontrados nos pavimentos se encontra na Tabela 5. Os defeitos de trinca em bloco, elevação e recalque, corrugação, fissura por reflexão de junta, desnível pavimento/acostamento, cruzamento ferroviário, escorregamento de massa, fissura devido a escorregamento e inchamento não foram encontrados durante o levantamento, e devido a isso, não há quantificação dos defeitos supracitados na Tabela 5.

Tabela 5. Quantificação dos Defeitos dos Pavimentos

Tr.	TF	E	AL	TB	TLV	R	AP	P	TR	D
	Área [m ²]	Área [m ²]	Área [m ²]	Metro Linear	Metro Linear	Área [m ²]	Área [m ²]	Unid.	Área [m ²]	Área [m ²]
1	-	-	-	12	143	5	-	-	-	50
2	88	-	-	-	90	2	-	-	15	200
3	59	-	0,5	42	46		-	1	-	210
4	79	-		38,7	42	11,25	-	-	-	220
5	-	-	-	-	43	4,25	-	-	-	38
6	-	-	-	-	21		-	1	-	2 6
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
8	-	-	-	-	35	-	-	-	-	13
9	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	46
10	-	-	-	-	-	4,5	-	-	-	61
11	-	-	-	-	-	2	-	-	-	9
12	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	19
13	-	-	-	-	-	1	6	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36
15	-	-	-	-	49	-	-	-	-	73
16	32	-	-	-	-	-	2	-	-	54
17	-	-	-	-	6	-	-	-	-	80
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15

*Legenda: TLV: Trinca Longitudinal e Transversal, TF: Trinca por Fadiga, E: Exsudação, AL: Afundamento Localizado, TB: Trinca em borda, R: Remendo, AP: Agregado Polido, P: Panela, TR: Trilha de Roda, D: Desgaste.

A partir da avaliação do levantamento de defeitos dos trechos foi possível destacar que o defeito com maior registro foi o desgaste, apresentando-se em quase que todas locais avaliados, com exceção do Trecho 13.

Grande quantidade das trincas apresentadas pode ter sido ocasionada em função da reflexão das trincas da base de paralelepípedos. É importante destacar que não foi possível adquirir a informação com a Prefeitura sobre quais pavimentos flexíveis avaliados possuíam ou não esse tipo de base em paralelos. A observação desse fator só era possível quando a base se encontrava exposta devido a algum defeito no pavimento.

De acordo com o Bernucci *et al.* (2008), essas trincas também podem ser ocasionadas por demais como a ação da repetitivas das cargas do tráfego, a ação climática (gradientes térmicos), o possível envelhecimento do ligante e perda de flexibilidade, compactação ineficiente do revestimento, deficiência no teor de ligante asfáltico, subdimensionamento, recalques diferenciais entre outros.

Após a ponderação da área afetada como determinada pela ASTM D6433/2018, foi possível calcular a condição dos pavimentos a partir do PCI. Os valores do índice para cada trecho, bem como a respectiva classificação, se encontram na Tabela 6.

Tabela 6. Classificação da Condição dos Pavimentos pelo método do PCI

Trecho	PCI	Classificação
1	56	Bom
2	20	Muito Ruim
3	37	Ruim
4	50	Médio
5	81	Muito Ruim
6	74	Muito Bom
7	98	Excelente
8	88	Excelente
9	92	Excelente
10	89	Excelente
11	94	Excelente
12	95	Excelente
13	99	Excelente
14	94	Excelente
15	62	Bom
16	64	Bom
17	83	Muito Bom
18	80	Muito Bom
19	85	Muito Bom

4.2 Condição dos Elementos de Drenagem

Foram observadas a existência e as condições dos elementos de drenagem (bocas de logo e sarjetas), nos trechos avaliados. As informações acerca dos elementos se encontram na Tabela 7. A ausência de ambos os elementos foi encontrada nos trechos 15 e 17. Nota-se a presença concomitante dos elementos na maior parte dos trechos avaliados, com exceção do trecho 4, que não apresentava bocas de lobo na sua extensão, porém contava com a presença de sarjeta.

Tabela 7. Quantificação e Qualificação dos Elementos de Drenagem

Trecho	Quantificação dos Elementos		Qualificação dos Elementos					
			Boca de lobo			Sarjeta		
	Boca de Lobo	Sarjeta	Bom	Regular	Péssimo	Bom	Regular	Péssimo
1	3	sim	x	-	-	-	-	x
2	2	sim	-	x	-	-	x	-
3	1	sim	x	-	-	-	x	-
4	0	sim	-	-	-	-	x	-
5	1	sim	x	-	-	-	x	-
6	1	sim	x	-	-	-	x	-
7	2	sim	-	-	x	-	x	-
8	2	sim	--	x	-	-	x	-
9	1	sim	x	-	-	x	-	-
10	1	sim	x	-	-	x	-	-
11	1	sim	x	-	-	x	-	-
12	1	sim	x	-	-	x	-	-
13	1	sim	-	x	-	x	-	-
14	1	sim	x	-	-	x	-	-
15	0	não	-	-	-	-	-	-
16	1	sim	x	-	-	-	x	-
17	0	não	-	-	-	-	-	-
18	1	sim	-	-	x	-	x	-
19	1	sim	x	-	-	-	x	-

De acordo com a tabela 7, os trechos 1, 2, 7 e 8 apresentavam mais de uma boca de lobo para serem avaliadas. Neste caso, apenas uma marcação foi feita na coluna de qualificação dos elementos, já que todas as bocas de lobo de um mesmo trecho apresentavam a mesma condição, como por exemplo os trechos 2 e 8, que possuíam duas bocas de lobo cada, e ambas as peças se apresentaram em estado regular.

Foi possível verificar que a maioria das bocas de lobo dos trechos, somando um total de 57,9%, se enquadravam na categoria de bom estado de conservação.

Em relação a condição das sarjetas, apenas o trecho 1 apresentou as condições Péssimas. Logo, mesmo que o trecho tenha apresentado 3 bocas de lobo, a condição da sarjeta possivelmente impede o direcionamento da água para as mesmas, o que interfere no funcionamento do sistema. Já os demais trechos apresentavam as sarjetas em condições regulares (52,6%) ou boas (31,6%).

4.3 Correlação entre a Condição dos Pavimentos e Elementos de Drenagem

A tabela 8 apresenta a comparação entre os índices encontrados para a condição de cada elemento avaliado. Para permitir a comparação entre os dados, adaptado de Silva, Diniz e Melo (2020), os valores de PCI foram divididos por 25 (vinte e cinco) e convertidos para a mesma escala da condição das sarjetas e bocas de lobo, ou seja, valores entre 0 e 4.

Tabela 8. Comparação entre os índices de condição dos elementos avaliados

Trecho	Valores			Classificação da Condição		
	PCI (Pavimentos)	Bocas de lobo	Sarjeta	PCI (Pavimentos)	Bocas de lobo	Sarjeta
1	2,24	3	1	Bom	Bom	Péssimo
2	0,8	2	2	Muito Ruim	Regular	Regular
3	1,48	3	2	Ruim	Bom	Regular
4	2	0	2	Médio	Não Existe	Regular
5	3,24	3	2	Muito Ruim	Bom	Regular
6	2,96	3	2	Muito Bom	Bom	Regular
7	3,92	1	2	Excelente	Péssimo	Regular
8	3,52	2	2	Excelente	Regular	Regular
9	3,68	3	3	Excelente	Bom	Bom
10	3,56	3	3	Excelente	Bom	Bom
11	3,76	3	3	Excelente	Bom	Bom
12	3,8	3	3	Excelente	Bom	Bom
13	3,96	2	3	Excelente	Regular	Bom
14	3,76	3	3	Excelente	Bom	Bom
15	2,48	0	0	Bom	Não Existe	Não Existe
16	2,56	3	2	Bom	Bom	Regular
17	3,32	0	0	Muito Bom	Não Existe	Não Existe
18	3,2	1	2	Muito Bom	Péssimo	Regular
19	3,4	3	2	Muito Bom	Bom	Regular

A partir da tabela 5, observa-se que em 5 trechos (9, 10, 11, 12 e 14) a condição de todos os elementos avaliados foi máxima, sendo “excelente” para os pavimentos e “bom” para as bocas de lobo e sarjetas. No entanto, mesmo que a melhor avaliação de pavimentos também tenha sido alcançada nos trechos 7, 8 e 13, a condição dos elementos de drenagem não atingiram a mesma classificação, variando entre “regular” e “péssimo”.

É preciso destacar a situação apresentada pelos trechos 15 e 17, que, mesmo com nenhum dos elementos de drenagem avaliados na pesquisa presente nas vias, o pavimento se apresentou em condições aceitáveis para os usuários, com a segunda melhor classificação na escala previamente apresentada na Tabela 2. Esse resultado entra em conflito com o senso em que se sugere que para um bom funcionamento das vias é necessário o direcionamento adequado da água presente na superfície dos pavimentos.

A tabela 9 apresenta os valores de média, desvio padrão e variância dos resultados encontrados para cada elemento avaliado. O desvio padrão foi considerado do tipo amostral (n-1).

Tabela 9. Média e Desvio Padrão dos Índices de Condição dos Elementos

Elemento	Média (μ)	Desvio Padrão Amostral (σ)	Variância (σ^2)
Pavimentos (PCI)	3,03	0,89	0,79
Bocas de Lobo	2,16	1,17	1,37
Sarjetas	2,05	0,91	0,82

É possível observar que para os três elementos avaliados (Tabela 9), o desvio padrão se apresentou elevado, indicando elevada dispersão entre os valores coletados em campo.

Também foi feita a comparação entre os elementos a partir da diferença entre as médias dos resultados de cada avaliação para verificar a hipótese nula previamente determinada apresentada na Tabela 10.

Tabela 10. Diferença das Médias e Análise da Hipótese Nula

Análise	Diferença das Médias (μ_d)	Hipótese Nula (H_0)
Pavimentos x Bocas de Lobo	0,88	Rejeita-se
Pavimentos x Sarjetas	0,98	Rejeita-se

É possível verificar na Tabela 10 a rejeição da hipótese nula em ambas as análises realizadas, já que a diferença entre os elementos avaliados se apresentou acima de 0,5. Logo, os valores encontrados não podem ser considerados aceitáveis para a correlação entre os elementos.

Ainda com o intuito de avaliar o nível de correlação, foi realizada a análise separadamente para cada elemento de drenagem combinadas com índice de condição de pavimentos, ou seja, foi verificada a correlação entre a condição dos pavimentos e das bocas de lobo e, em seguida, a correlação entre os pavimentos e das sarjetas. Os resultados encontrados se apresentam na Tabela 11.

Tabela 11. Coeficientes de Correlação e de Determinação de Pearson

Combinação	Coeficiente de Correlação (r)	Coeficiente de Determinação (r²)
Pavimentos x Bocas de Lobo	0,14	0,02
Pavimentos x Sarjetas	0,39	0,15

A partir da Tabela 11 é possível verificar que ambas as correlações se apresentaram dentro do intervalo de $0,1 \leq r \leq 0,5$, sendo assim consideradas como fracas e positivas. No entanto, é necessário destacar que a comparação com a interpretação de Francisco e Dantas Neto (2021) é considerada arbitrária, já que os valores não levam em consideração o contexto do estudo.

Embora os resultados não apresentem comportamento claro de uma equação de 3º grau, na tentativa de melhorar o valor de r², foi realizada uma regressão polinomial de grau 3 para ambas as análises. A partir da Figura 2 é possível observar a dispersão entre a condição dos pavimentos relacionado à condição das bocas de lobo (Figura 2-A) e sarjetas (Figura 2-B), respectivamente.

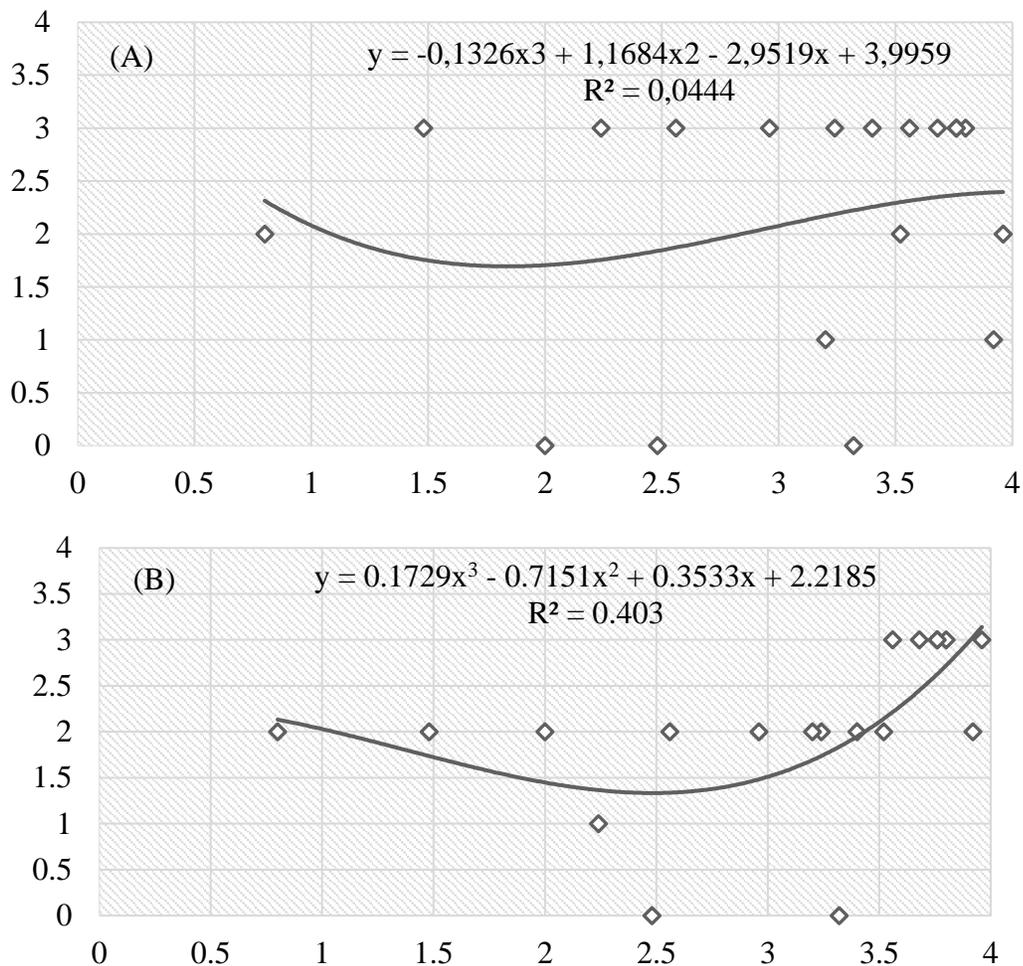


Figura 2. Regressão Polinomial: A) Pavimentos x Bocas de lobo, B) Pavimentos x Sarjetas

A partir da análise dos resultados é possível verificar que para a primeira verificação (Figura 2-A) a dispersão dos dados se apresenta com acurácia baixa, em que a tentativa de ajuste polinomial da curva não se mostrou adequado, apresentando o valor de $r^2 < 0,1$, considerado baixo. Já no segundo caso (Figura 2-B), os resultados apresentaram melhor acurácia quando comparados com a primeira análise. No caso do ajuste da curva, o resultado apresentou comportamento medianamente satisfatório, alcançando um $r^2 = 0,4$.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do levantamento bibliográfico os elementos de drenagem se apresentaram como critérios primordiais para o bom desempenho dos pavimentos, e, embora a avaliação estatística tenha apresentado uma correlação fraca entre a condição dos pavimentos e os elementos de drenagem avaliados, é necessário destacar o nível de complexidade dos elementos das vias urbanas, como por exemplo a presença de demais sistemas de infraestrutura (distribuição de água, coleta de esgoto, energia, gás, etc) que podem influenciar na condição dos pavimentos, além de demais elementos como classificação da via quanto a utilização, frequência de manutenção corretiva, existência de manutenção preventiva, dentre outros.

Com relação à condição da infraestrutura analisada, os dados coletados e avaliados apresentam um panorama abrangente de avaliação da situação, já que para cada elemento foram encontrados todos os tipos de condições existentes nos formulários de avaliação, desde sistemas considerados em

boas condições até aqueles classificados com a pior condição. Logo, essa representação holística dos sistemas de infraestrutura pôde fornecer as combinações de situações para exemplificar a necessidade e a importância do acompanhamento da condição dos elementos.

O apontamento da severidade, abrangência e extensão se mostrou adequado para o contexto do trabalho, porém para que se torne ainda mais coerente com a realidade registrada, recomenda-se o cálculo da condição dos pavimentos por outros métodos, como por exemplo Distress Manifestation Index Network Level (DMINL, 2010) e Urban Pavement Condition Index (UPCI, 2015), além do levantamento da condição de demais elementos presentes na via que possam influenciar na condição dos pavimentos.

Embora não fosse objetivo da pesquisa sugerir propostas de manutenção para os elementos avaliados, a classificação dos níveis de severidade juntamente a integração dos dados dos elementos, apresentou-se como um instrumento viável para o planejamento e apontamento de prioridades de intervenção nas vias, assim como avaliações de aceitabilidade do estado de funcionalidade e serventia dos elementos, podendo assim estabelecer metas para possíveis intervenções de manutenção por parte dos órgãos responsáveis.

6. REFERÊNCIAS

- ASTM International. (2018), *ASTM D6433-18, Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surve*. DOI: <https://doi.org/10.1520/D6433-18>
- Bernucci, L. B., et al. (2008), “*Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros.*” 1ºed. Programa Asfalto nas Universidades, Petrobras Distribuidora S.A.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. (2003). *NORMA 006/2003 – PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento*. Rio de Janeiro: DNIT.
- Francisco, M. R. P., Dantas Neto, J. (2021), *A282 Água: uso racional e sustentável*. 113 f.: il. color. Campina Grande: EPTEC.
- Lima, W. A. S., Sousa, J. P., Matos, O. S., Silva, F. G. S., Oliveira, M. M., Pacheco, G. V. (2022), *Sistemas de drenagem: a importância para a infraestrutura do transporte rodoviário brasileiro*. *Brazilian Road Transport Infrastructure*, v.8, n.3, p. 17813-17831. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n3-153>
- Medeiros, R. S., Albuquerque, T. P., Morais, L. M. B., Araújo, L. G. C., Melo, R. A. (2018), “*Avaliação Das Condições De Conservação De Pavimentos, Drenagem E Calçadas Em Vias Da Cidade De João Pessoa.*” 32º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET, p. 1297–1308.
- Mergh, L. S. (2019), “*Análise de Indicadores da Gestão de Produção em Obras Corporativas*”, Dissertação de Mestrado em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Novaes, M. P., Carvalho, M. B., Silva, D. C., Rodrigues, H. S., Amorim, M. C. C. (2019), *Avaliação das condições de infraestrutura em drenagem pluvial urbana no município de Curaçá-BA*. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 5, n. 11, p. 25043-25048. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n11-178>
- Oliveira, T. S., Anjos, J. S., Ribeiro, S. E., Oliveira, D. M. (2022), *Análise Descritiva e de Correlação dos Indicadores de Desempenho: Custo, Prazo E Ritmo*. *Revista de Engenharia e Tecnologia*. V. 14, Nº. 1, 2022. ISSN 2176-7270
- Pires, J. C. M., Mendes, A. T. (2021), *Manifestações patológicas em pavimentação asfáltica: estudo de caso na TO-050, no trecho do anel viário em Porto Nacional/TO*. *Engineering Sciences*, v.9, n.1, p.28-39. <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2021.001.0004>

Resplandes, I. S., Toledo, F. R. S., Resplandes, H. D. de A., Santos, W. S., Borges, K., Carvalho, C. M. (2021). *Ausência de sistemas de drenagem urbana nos pavimentos de Santana do Araguaia-PA e seus impactos*. The Journal of Engineering and Exact Sciences, 7(1), 12111–01. <https://doi.org/10.18540/jcecvl7iss1pp12111-01-09e>

Silva, A. N. A., Diniz, M. I L., Melo., R. A. (2020). “*Avaliação das condições do pavimento em vias urbanas na cidade de João pessoa/PB: uma comparação entre índices*” in: 34º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes da ANPET. Anais do 34º ANPET - Infraestruturas.