



Análise do fenômeno de cavitação: Um estudo de caso no canal de drenagem do bairro Aruana localizado na cidade de Aracaju-SE

Analysis of the cavitation phenomenon: A case study in the drainage channel of the Aruana neighborhood located in the city of Aracaju-SE

Ana Paula Cardoso Melo Barreto¹, Misael Santana Silva², Vitória Elisabeth de Oliveira Santos³ & Zacarias Caetano Vieira⁴

Resumo: Os canais de drenagem são destinados ao escoamento de águas superficiais e cursos d'água. Tendo um alto custo de construção, com o tempo apresentam patologias, sendo necessária a inspeção e manutenção. Dentre essas patologias, podemos citar o desgaste causado por cavitação. Diante do exposto, essa pesquisa objetiva realizar um levantamento visual, e posterior análise das ocorrências de desgastes por cavitação em um canal de drenagem, no bairro Aruana, cidade de Aracaju-SE. Primeiro, fez-se um levantamento visual, objetivando avaliar a situação da estrutura; em seguida, realizou-se uma análise através do registro de imagens e levantamento bibliográfico das principais causas e consequências desse fenômeno. Foi possível verificar a ocorrência de desgaste por cavitação junto aos bueiros, nas paredes laterais do canal, e de forma mais intensa, na junção das galerias de águas pluviais com o canal. Conclui-se que, em muitos pontos, a patologia encontra-se em um nível avançado, necessitando de intervenção urgente; a intervenção evita a evolução das patologias; o custo dos reparos em estágio avançado é alto, justificando a importância da realização de manutenções periódicas e correção ainda no estágio inicial; e finalmente, os problemas podem ser evitados ou atenuados na fase de projeto, com uso de materiais de melhor qualidade e com a realização de vistorias constantes na estrutura.

Palavras-chave: *Patologias; Desgaste; Manutenção.*

Abstract: Drainage channels are intended for the drainage of surface water and watercourses. Having a high construction cost, over time they present pathologies requiring inspection and maintenance. Among these pathologies, we can mention the wearing caused by cavitation. Given the above, this research aims to carry out a visual survey, and subsequent analysis, of the occurrences of wearing by cavitation in a drainage channel, in the neighborhood of Aruana, city of Aracaju-SE. First, a visual survey was achieved to assess the situation of the structure; Then, an analysis was performed through the registration of images and a bibliographic survey of the main causes and consequences of this phenomenon. It was possible to verify the occurrence of cavitation wear next to the culverts, on the side walls of the channel, and more intensely, at the junction of the rainwater galleries with the channel. It is concluded that, in many points, the pathology is at an advanced level, requiring urgent intervention; the intervention prevents the evolution of pathologies; the cost of repairs at an advanced stage is high, justifying the importance of periodic maintenance and correction at an early stage; And finally, problems can be avoided or mitigated in the design phase, with the use of better quality materials, and with constant inspections of the structure.

Keywords: *Pathologies; Wear; Maintenance.*

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 04/04/2024; aprovado em 25/10/2023.

¹ Estudante do Curso Bacharel em Engenharia Civil, Instituto Federal de Sergipe, anap_melo95@hotmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-5684-1070>;

² Estudante do Curso Bacharel em Engenharia Civil, Instituto Federal de Sergipe, misa.santana2199@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-6769-4902>;

³ Estudante do Curso Bacharel em Engenharia Civil, Instituto Federal de Sergipe, vitoria.eos00@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5502-5529>;

⁴ Professor Mestre do Instituto Federal de Sergipe, zacariascaetani@yahoo.com.br, <https://orcid.org/0000-0001-5019-0971>.

INTRODUÇÃO

A drenagem urbana é um sistema de fundamental importância para a preservação da qualidade de vida das cidades e suas populações. Além de contribuir para o desenvolvimento sustentável, possui influência direta nas mudanças climáticas e na conservação ambiental, visto que, a construção e a ampliação das cidades têm diminuído o escoamento das águas pluviais devido à impermeabilização do solo.

Um sistema de drenagem bem projetado e executado, não só traz salubridade aos habitantes, os quais ele atende, mas também aproxima as cidades do meio mais sustentável e seguro, protegendo o solo contra erosão, poluição das águas e prevenindo alagamentos e inundações, devido a sua resiliência às mudanças climáticas, colaborando para a conservação das cidades e do meio ambiente.

Para tanto, uma drenagem urbana eficaz traz benefícios econômicos, sociais e de saúde, pois reduz riscos, preserva a infraestrutura e promove um meio urbano mais seguro e saudável. Por esse motivo que seu planejamento, manutenção, conservação e investimento adequados são fundamentais para o bem-estar das cidades e seus habitantes.

O avanço da urbanização e a diminuição de áreas permeáveis nas metrópoles acarretam vários fatores que dificultam o balanço hídrico do solo, trazendo como complicações as enchentes e alagamentos. Conforme ressaltam Nunes (2015) e Tucci (2016), as mudanças têm levado esses sistemas naturais à degradação, especialmente, nas grandes cidades, onde o aumento da área efetivamente edificada em cada domicílio vem contribuindo na redução generalizada das áreas destinadas à infiltração, impedindo que o solo desempenhe suas funções hidrológicas de forma eficiente.

Já com relação às manutenções dos sistemas de canais de drenagem no Brasil e no mundo, nos últimos anos, vem sendo adotada uma política bastante controversa e desafiante para os municípios, pois é uma problemática que abarca aspectos ambientais, sociais, políticos, hidrológicos, entre outros. Silva *et al.* (2018), relata que as práticas de manutenção comumente adotadas pelos municípios brasileiros se resumem, de maneira geral, à varrição e limpeza de ruas. Desse modo, a manutenção em canais de drenagem geralmente é iniciada nos municípios quando é observado um acúmulo significativo de resíduos sólidos proporcionando alagamentos na região, ou seja, na prática, o ocorrido se dá de forma corretiva e não preventiva.

Diante disso, é de grande importância, que se leve em consideração a manutenção preventiva dos canais de drenagem para evitar gastos maiores por falta de planejamento. No entanto, temos visto que as providências só são realizadas, quando há alagamentos ou enchentes. De acordo com dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB de 2008 (IBGE, 2010a), 92,6% dos municípios brasileiros que fizeram manutenção em suas redes de drenagem adotaram apenas o método da varrição e limpeza de ruas.

É necessário que esse assunto seja tratado com mais prioridade, já que engloba a saúde pública, podendo trazer doenças, prejuízos de bens, além da inviabilidade de locomoção do local.

Através do que foi exposto, este artigo tem como objetivo principal realizar uma análise das condições em que se encontram os canais de drenagem do bairro Aruana, localizado na cidade de Aracaju-SE, fazendo menção a periodicidade e a necessidade das devidas manutenções, de acordo com os dados levantados em campo.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O fenômeno da cavitação

De acordo com Andrade (1992) a cavitação é a degradação da superfície do concreto causada pela ruptura ou implosão de bolhas de vapor de água quando a velocidade ou direção do escoamento sofre uma mudança brusca. Esse fenômeno causa desgaste e danos estruturais, aumenta a geração de ruídos e vibrações, e pode criar turbulência e agitação na água, o que reduz a capacidade de transporte de sedimentos e materiais no canal. A redução da capacidade de transporte no canal pode resultar no seu assoreamento, bem como ocasionar obstrução. Nos sistemas de bombeamento de água, a cavitação pode, por exemplo, reduzir a eficiência energética e funcional dos sistemas.

Ocorrência de cavitação em canais

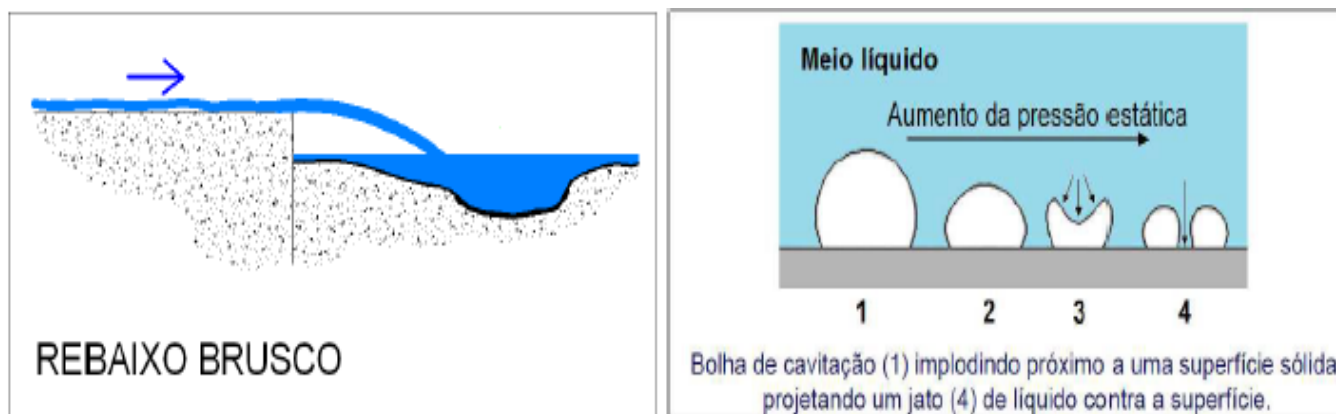
O canal de drenagem, objeto deste estudo, foi executado em concreto. No entanto, o concreto pode apresentar problemas de origem química, física, biológica e mecânica, fazendo com que perca um pouco de sua funcionalidade, podendo trazer a ruína. Souza e Ripper (1998) relatam que as causas dos problemas patológicos podem ser geradas na etapa de concepção estrutural, execução das estruturas e na fase de utilização.

O concreto fragilizado, isto é, apresentando fissuras ou sem ter tido uma boa execução, aumenta as chances da ocorrência de cavitação, principalmente, em obras como os canais de drenagem. Essas estruturas têm como material principal o concreto, sendo os elementos mais graúdos, um dos principais motivos para ocorrência do fenômeno. Segundo Liu e McDonald (1981), o escoamento laminar de água, normalmente não danifica o concreto, mas a erosão provocada por partículas grossas, como areia ou brita, pode ser tão severa quanto a cavitação, que tende a aumentar com a perda da camada superficial do concreto, que normalmente é mais resistente que as camadas inferiores. Dessa forma, muitos canais de drenagem tendem a deteriorar-se.

Lima (2019) relata que as mais comuns fontes de cavitação em estruturas hidráulicas são irregularidades na superfície do fluxo. Segundo esse mesmo autor, uma vez formado o dano pelo processo da cavitação, é assumido que a área danificada se torna uma fonte de cavitação, o que cria outra área de dano à jusante, pois a área é maior que a irregularidade que o causou, o processo continua para produzir áreas cada vez maiores de danos.

A cavitação, geralmente, ocorre em locais de água corrente, gerando uma degradação da superfície do concreto causada pelo estouro das bolhas formadas quando a velocidade ou direção do escoamento sofre uma mudança brusca, tal como no rebaixo brusco da figura abaixo, causando erosões (Gonçalves, 2017).

FIGURA 01: Mecanismo do desgaste superficial por cavitação.



FONTE: Gonçalves (2017).

Ações para evitar e/ou atenuar a ocorrência de cavitação em canais de drenagem

Dentre as ações para evitar a ocorrência de cavitação e recuperar as estruturas afetadas por esse fenômeno, Gonçalves (2017) cita:

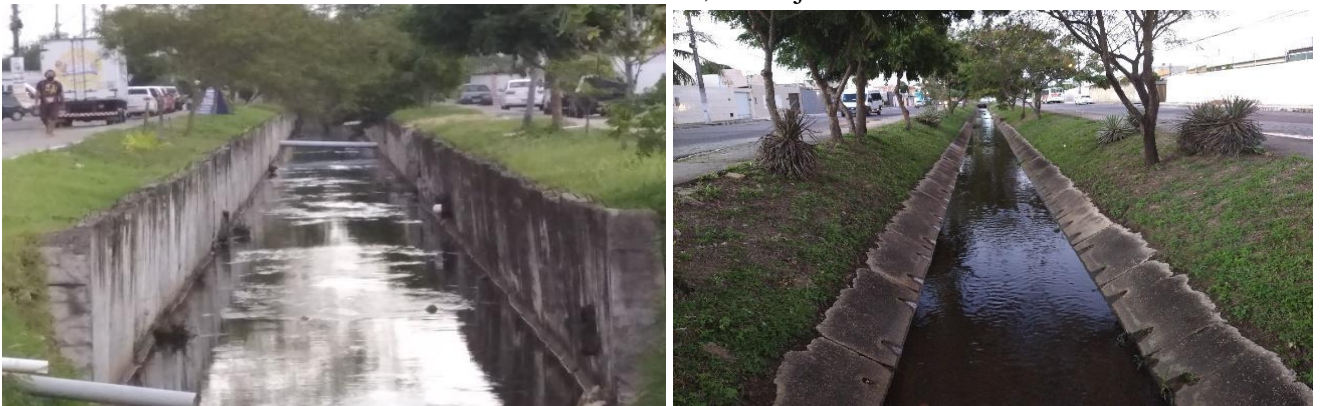
“a substituição do concreto erodido por um concreto mais resistente – visto que o simples preenchimento do local erodido com qualquer concreto não garante o bom desempenho em longo prazo; o projeto hidráulico deve ser ausente de curvaturas abruptas e rebaixos bruscos, e o acabamento da superfície do concreto deve ser muito resistente, liso, alinhado, sem defeitos como saliências e depressões; as propriedades dos materiais que melhor definem a resistência à cavitação são a resistência à tração, ao impacto, à compressão e ao cisalhamento; os agregados devem ser de no máximo 38 mm de diâmetro, duros, densos e com excelente ligação entre a pasta e os agregados; e por fim, uma outra alternativa seria a utilização de concretos com fibras (exceto fibras metálicas)”.

METODOLOGIA

Área de Estudo

Para realização deste trabalho foi adotado o canal de drenagem urbana localizado no bairro Aruana, cidade de Aracaju, Sergipe, com aproximadamente 2,1 km de extensão, composto por um trecho de seção retangular (600 m) e outro trecho de seção trapezoidal (1.500 m).

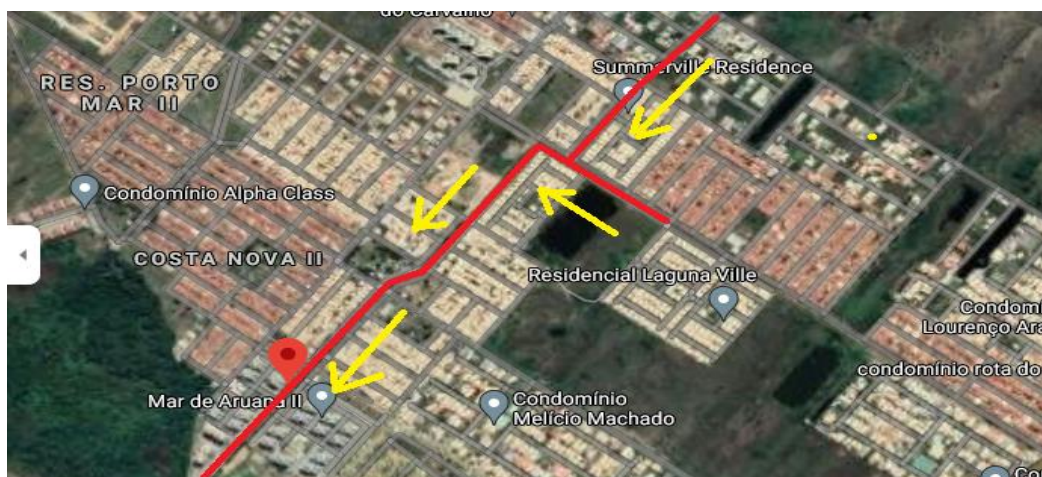
FIGURA 02: Trecho retangular (esquerda) e trecho trapezoidal (direita) do canal de drenagem urbana no bairro Aruana, Aracaju-SE.



FONTE: Dados dos autores (2023).

O canal tem um trecho na Rua Y e outro trecho na Rua Adalberto Fonseca, que convergem e desaguam no trecho do canal na Rua Praia de Aruana, (todos os três trechos com seções trapezoidais), e esse deságua no trecho de canal situado na Rua Eliza Correia Oliveira (seção retangular). As águas coletadas por esse canal são desaguadas em uma extensa área de vegetação não urbanizada.

FIGURA 03: Trechos do canal de drenagem do bairro Aruana, Aracaju-SE.



FONTE: www.google.com/maps (2023).

Após a inspeção no local, que foi realizada no dia 14/07/2021, fez-se um levantamento visual das ocorrências de desgaste por cavitação com registro de imagens, objetivando avaliar a situação da estrutura.

Em seguida, foi feita uma revisão bibliográfica que se buscou indicar as possíveis causas desse fenômeno e, por fim, elencar as ações que podem ser adotadas, objetivando evitar ou atenuar a ocorrência desse fenômeno.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, serão apresentados alguns pontos do canal que são afetados pelo desgaste por cavitação.

FIGURA 04: Desgaste por erosão e cavitação em pontos junto aos bueiros.



FONTE: Dados da pesquisa (2023).

Analisando a Figura 04, observou-se que as regiões de saída dos bueiros são pontos susceptíveis a esse tipo de ocorrência, pois criam diferenças de pressão em virtude da alteração do fluxo da água, favorecendo o aparecimento de bolhas e causando danos por cavitação. Os efeitos patológicos, relacionados em estruturas de drenagem, da cavitação, sempre ocorrem à jusante da fonte que o provocou (Aguiar; Batista, 2011).

FIGURA 05: Desgaste por erosão e cavitação na ligação das galerias de águas pluviais com o canal de drenagem urbana.



FONTE: Dados da pesquisa (2023).

Observa-se na Figura 05, que os pontos onde ocorrem as ligações das galerias de águas pluviais com o canal, podem ser considerados pontos críticos para a ocorrência de erosão e cavitação. Esses pontos apresentam como características a alteração brusca da velocidade e direção do escoamento, sendo essas situações citadas por Andrade (1992) como causadoras da cavitação.

FIGURA 6: Desgaste por erosão e cavitação nas paredes laterais do canal.



FONTE: Dados da pesquisa (2023).

Na Figura 06, são apresentados trechos com severos desgastes por erosão e cavitação nas paredes laterais do canal causadas pelo fluxo da água. Essa ação da água, juntamente com outras ocorrências, como a erosão do solo que serve de base para a placa de concreto, levou em alguns trechos, a quebra dessa estrutura. Conforme relata Guabiroba (2012), geralmente, uma patologia é a porta de entrada para o

desenvolvimento de outras patologias; sendo o processo retroalimentado, levando à estrutura a deterioração acentuada ou até mesmo à ruína.

CONCLUSÕES

Após a realização do levantamento visual, e posterior a análise das ocorrências de desgaste por cavitação no canal de drenagem no bairro Aruana, na cidade de Aracaju-SE, conclui-se que:

- a) Alguns trechos do canal, principalmente, na junção das galerias pluviais com o canal, a problemática encontra-se em um nível de extensão muito alto, o que pode comprometer a estrutura, sendo urgente a necessidade de intervenção na mesma;
- b) O melhor momento para realizar intervenções no canal seria esse, quando as ocorrências estão em estágio inicial, pois, com o passar do tempo às patologias evoluem chegando a níveis de extensão mais altos, e, conseqüentemente, podem ocasionar custos maiores, além do risco de colapso da estrutura;
- c) O estágio em que alguns pontos erodidos do canal se apresentam, indicam uma falha ou falta de manutenção, situação que se mantida, pode acabar comprometendo a estrutura a longo prazo.

REFERÊNCIAS

- [1] AGUIAR, J. E.; BAPTISTA, M, P.; Erosões nas estruturas de concreto das galerias de águas pluviais urbanas. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, 2011. Vol. 4, Nº 1. p70-90. ISSN 1983-4195.
- [2] ANDRADE, M. del C.; Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras. Tradução e adaptação de Antônio Carmona e Paulo Helene. 1. ed. São Paulo: Pini, 1992. 104 p. ISBN 85-7266-011-9.
- [3] CASCUDO, O. O.; controle da corrosão de armaduras em concreto. Inspeção e técnicas eletroquímicas. 1. ed. São Paulo: Pini. 1997.
- [4] GONÇALVES, G. S.; Patologia e Recuperação de Estruturas. 2017. Notas de Aula. Disponível em: <https://meumaterialsite.wordpress.com/2017/01/31/25/>. Acesso em: 28 out. 2023.
- [5] GUABIROBA; R. T.; Patologias em canais de drenagem em concreto – Estudo de caso de BH. 2012. 62 p. Monografia (em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia da UFMG, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Pós-Graduação em Construção Civil.
- [6] IBGE (2010a).; Censo Demográfico, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em: 31 ago. 2023.

- [7] IPEA; Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade, 2023. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/231-controle-de-enchentes>. Acesso em: 23 out. 2023.
- [8] LIMA, D. da S. de.; Avaliação dos Índices de Cavitação a Jusante de Comportas Segmento Invertida em Conduitos Retangulares. 2019. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.
- [9] LIU, T. C.; MCDONALD, J. E.; Abrasion-erosion resistance of fiber-reinforced concrete. *Cement, Concrete and Aggregates*. v. 3, n. 2, p. 93-100. 1981.
- [10] NUNES, L. H.; Urbanização e desastres naturais, abrangência América do Sul. São Paulo: Oficina de Textos, 2015, 112 p.
- [11] SILVA, A. C.; SILVA JUNIOR, M. A. B.; SILVA, S. R.; CABRAL, J. J. S. P.; Medidas para a reabilitação da microdrenagem no entorno da Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE). In: XII [1] ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS, Maceió, 2018. Anais...
- [12] SOUZA, V.; RIPPER, T.; Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. 1. ed. São Paulo: Pini, 1998.
- [13] TUCCI, C. E. M.; Inundações urbanas. Coleção Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 11. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2016. 389 p.