ESG - ENVIRONMENTAL,SOCIAL AND GOVERNANCE
SINGEURB
IV Simpósio Nacional de Engenharia Urbana

Rio de Janeiro, 22 a 24 de novembro de 2023

# IMPACTO DAS INUNDAÇÕES NAS CIDADES: CASO DO MUNICÍPIO DE DUQUE DE CAXIAS

## *IMPACT OF FLOODS ON CITIES: CASE OF THE MUNICIPALITY OF DUQUE DE CAXIAS*

**SILVA, Adriana Maria da[1]; PEREIRA, Carlos Eduardo Ribeiro Fontella[2]; ALVES, Rosane Martins[3]**

[1] PEU/Poli/UFRJ – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, adrianamaria.silva@poli.ufrj.br
[2] PEU/Poli/UFRJ – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, carlosfontella@poli.ufrj.br
[3] PEU/Poli/UFRJ – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro,rosane.alves@poli.ufrj.br

**RESUMO**

A infraestrutura urbana ineficiente, aliada à favelização e à urbanização desordenada, vem gerando graves problemas para as cidades, entre eles o das cheias urbanas. A remoção da cobertura vegetal, a ocupação das margens dos rios e a realização de obras de canalização, contribuíram para o aumento da impermeabilização do solo, agravando o problema. Este artigo tem como objetivo abordar o problema das enchentes no município de Duque de Caxias (RJ) e as possíveis soluções mitigatórias. Foi adotado como metodologia, revisão bibliográfica exploratória, em consulta ao Portal de Periódicos CAPES e uso da ferramenta de busca do Google Scholar. Foram apresentadas medidas de controle de inundações que podem ser adotadas em benefício da população. Como resultado da investigação apresenta-se medidas mitigatórias e destaca-se a adoção de técnicas compensatórias de drenagem urbana sustentável associadas a ações de urbanização como sendo efetivas na minimização de enchentes.Ressalta-se a necessidade da discussão do problema ser integrada ao saneamento ambiental para que as soluções sejam eficazes e não somente paliativas.

**Palavras-chave**: Controle de Inundações, Drenagem Urbana, Duque de Caxias (RJ)

**ABSTRACT**

The inefficient urban infrastructure, combined with slums and disorderly urbanization, has been generating serious problems for cities, including urban flooding. The removal of vegetation cover, the occupation of riverbanks and the carrying out of canalization works, added to the increase of soil impermeability, aggravating the problem.This article aims to present the problem of flooding in the municipality of Duque de Caxias (RJ) and possible mitigation solutions. An exploratory bibliographical review was adopted as a methodology, in consultation with the CAPES Periodicals Portal and the Google Scholar search tool. Flood control measures were discussed and can be adopted for the benefit of the population. As a result of the investigation, mitigation measures were presented, highlighting the adoption of compensatory sustainable urban drainage techniques associated with urbanization actions as being effective in minimizing flooding. It is emphasized the need for the discussion of the problem to be integrated with environmental sanitation so that the solutions are effective and not just palliative.

***Keywords**:* Flood Control, Urban Drainage, Duque de Caxias (RJ)

## 1 INTRODUÇÃO

A ocupação e o uso desordenado do solo decorrentes do crescimento populacional descontrolado e não sustentável das cidades têm acarretado grandes alterações no ambiente natural, acarretando desvalorização das construções, (Miguez; Magalhães, 2016).

A alteração do ciclo hidrológico, a impermeabilização do solo, as ocupações irregulares causadas por processos desordenados de urbanização e a consequente remoção de cobertura vegetal do solo e das margens dos rios, aliadas às obras de canalização e da ausência de planos urbanísticos específicos, se constituem em algumas das causas de enchentes, gerando impactos nos âmbitos econômico, social e de saúde pública de um município. Neste contexto, os sistemas sustentáveis de drenagem urbana, são alternativas que podem minimizar o problema dos alagamentos promovendo o aumento da taxa de infiltração das águas pluviais no solo, controlando assim, o escoamento superficial (Almeida, 2020).

O avanço da urbanização nos países em desenvolvimento, devido às limitações orçamentárias e planejamentos ineficientes, nem sempre consegue vir acompanhado da implantação de infraestrutura adequada (Miguez, 2015).

No passado, na Baixada Fluminense, houve várias tentativas em melhorar as condições sanitárias, como a construção de canais, retificação de rios, represas e dragagens (Souza, 2006). No entanto, entre 1940 e 1960, devido ao rápido desenvolvimento industrial, impulsionado pela construção de ferrovias e da rodovia Washington Luiz, houve atração de investimentos, para a Refinaria de Duque de Caxias (REDUC) e a Fábrica Nacional de Motores (FNM). Isso levou a uma migração de trabalhadores para a região, resultando em um acelerado crescimento que se deu de forma desordenada (Lacerda, 2003).

Assim, sem ações de controle, esse crescimento foi aumentando, terrenos de solos encharcados, característicos da região do município, foram sendo ocupados, (Oscar Júnior, 2015, p.192).

O presente trabalho tem como objetivo abordar os impactos causados pelas precipitações nas áreas susceptíveis às inundações no município de Duque de Caxias (RJ), promovendo reflexões e identificando possíveis soluções mitigatórias.

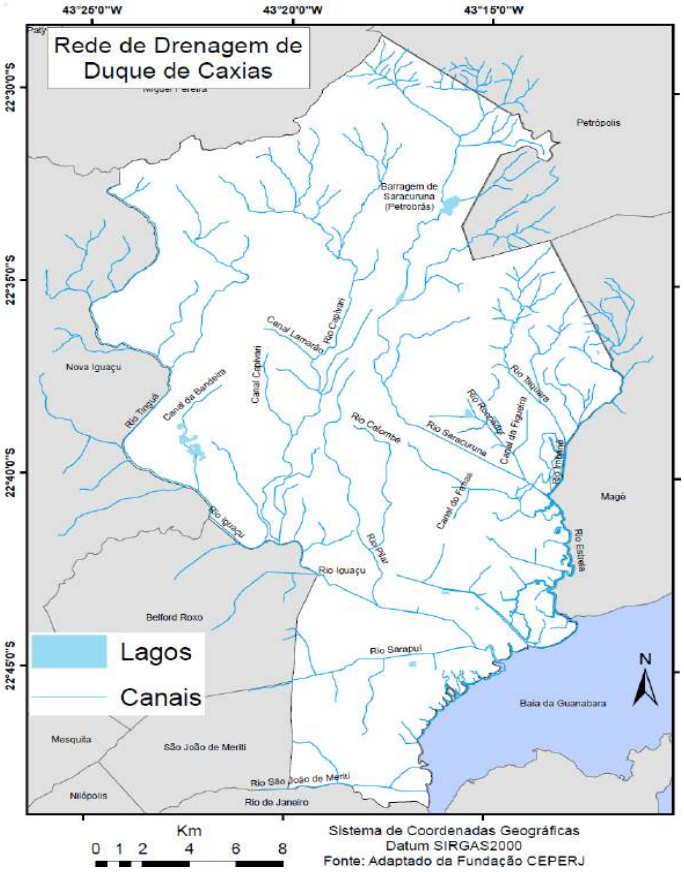
## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizada pesquisa bibliográfica exploratória, em consulta ao Portal de Periódicos da CAPES e uso da ferramenta Google Scholar, com uso de filtros, como: "enchentes", "inundações", "medidas mitigatórias"," drenagem sustentável", entre outros, foram consultados títulos, resumos, palavras-chave de artigos e trabalhos acadêmicos.

## 3 ÁREA DE ESTUDO

O município de Duque de Caxias é um dos principais integrantes da microrregião da Baixada Fluminense pertencente ao Estado do Rio de Janeiro. Entre os principais rios que atravessam o município estão o Sarapuí e o Iguaçu; a leste tem-se o rio Estrela estabelecendo os limites entre Magé e Duque de Caxias e ao sul, o rio Meriti definindo limites entre Duque de Caxias e o município do Rio de Janeiro (Figura 1).

Figura 1: Mapa da rede de drenagem do município de Duque de Caxias no Rio de Janeiro




Fonte: Adaptado pelos autores - Prefeitura do Município de Duque de Caxias (RJ)

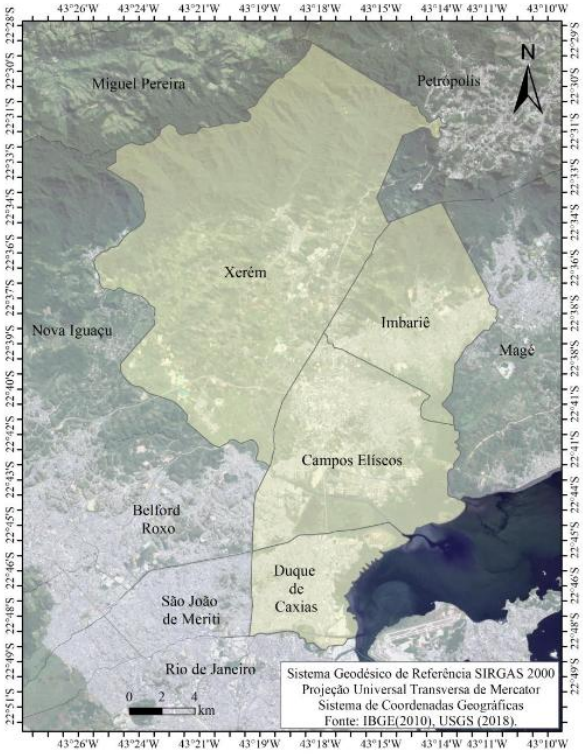
Duque de Caxias possui clima tropical e úmido, com invernos secos e chuvas abundantes no verão, localizado entre a Baia de Guanabara e o pé da Serra dos Órgãos. Topografia com elevações que chegam a 1.366 metros de altitude (Junior; Brandão, 2012).

O município possui 782.799 habitantes (IBGE, 2023), área territorial de 467,319 km² (IBGE,2022) e IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) de 0,711(IBGE, 2010).

A organização administrativa está dividida em quatro distritos: Duque de Caxias, Campos Elísios, Imbariê, Xerém. O município faz divisa com Belford Roxo, Nova Iguaçu, São João de Meriti, Magé, Petrópolis, Miguel Pereira e Rio de Janeiro (Figura 2). Suas características fisiográficas de baixada, e são susceptíveis aos desastres naturais (Neves et al., 2019).

O primeiro distrito do município desde a década de 1950 é afetado por problemas de drenagem (Oscar Júnior, 2015). A maior incidência de alagamentos, enchentes e inundações ocorre na época das chuvas durante a estação do verão devido à influência do ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul, causando grandes impactos diretos e indiretos à população (Luz Barcellos et al.,2016).

Figura 2 - Localização do Município de Duque de Caxias




Fonte: NEVES et al., 2019

A construção dos leitos das rodovias Rio-Magé e Washington Luiz, na baixada fluminense, desestruturou o sistema natural de drenagem e escoamento pluvial da região. Quando ocorria grande incidência de chuva os canais largos, como os dos rios Calombé, Pilar e Iguaçu, transbordavam e a rede secundária de canais tinha capacidade de realizar a drenagem. Porém, a construção das duas rodovias isolou grande parte da região tendo como consequência o prolongamento da inundação em muitas áreas de Duque de Caxias e Nova Iguaçu (COPPE/UFRJ, 1997).

De acordo com os dados obtidos através do Atlas Digital de Desastres (BRASIL, 2022), entre 1991 e 2021, tem-se para o município de Duque de Caxias os registros apresentados na Tabela 1.

Há relatos sobre desaparecimento de pessoas, óbitos, escolas desativadas para abrigo, entre outros transtornos (Oscar Júnior, 2014; Luz Barcellos et al., 2016; Vissirini et al., 2016).

Tabela 1 – Registros de Desastres ocorridos no Município de Duque de Caxias (1991-2021)

| | |
|---|---|
| Desabrigados/Desalojados | 13.363 pessoas |
| Total de afetados | 128.693 pessoas |
| Danos | R$ 200.800.611,38 |
| Prejuízo: | R$ 171.094.356,28 |

Fonte: http://atlasdigital.mdr.gov.br. Acessado em 14/06/2023

## 4 MEDIDAS DE CONTROLE DE ENCHENTES URBANAS

Mecanismos podem ser utilizados para controle de cheias com o propósito de reduzir os excessos de escoamento pluvial em rios urbanos (Tucci, 2007). O autor menciona sobre a relevância da adoção de medidas de controle de cheias. Medidas intensivas são utilizadas como obras de engenharia aplicadas com esta finalidade.

Se faz necessário o acompanhamento das modificações nas coberturas verdes nas áreas urbanizadas, de modo a entender a lógica de ocupação do solo (BRASIL, 2017).

As enchentes podem ser controladas a partir de mecanismos que reduzam o excesso de escoamento pluvial e/ou amorteçam as ondas de cheias em rios urbanos, utilizando-se das chamadas medidas de controle de enchentes, as medidas estruturais, do tipo extensivas e intensivas, e as não estruturais. (Tucci, 2001). O autor define as medidas estruturais extensivas como as que visam modificar os processos de chuva-vazão na bacia hidrográfica ou zona urbanizada. As medidas estruturais intensivas são as mais utilizadas e mais comumente implementadas. Dependendo da função podem ser de: (i) aceleração do escoamento–diques e canalizações; (ii) retardamento do escoamento – reservatórios e bacias de amortecimento; (iii) desvio do escoamento – canais de desvio (Tucci, 2015, Canholi, 2015).

Algumas delas estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 –Tecnologias para controle de enchentes e inundações

| Tecnologias | Descrição |
|---|---|
| Diques | Muros inclinados ou verticais construídos em concreto ou terra localizados a certa distância do rio para proteção, das áreas ribeirinhas, das inundações urbanas. |
| Canalizações | Alterações da morfologia de córregos ou rios pelo aumento da velocidade ou com o aumento da área transversal da calha. |
| Reservatórios | Os reservatórios retêm parte do volume de escoamento superficial, reduzindo a vazão no rio de tal maneira que não se produzam inundações. Após a retenção a vazão é escoada de forma controlada para o rio. |
| Restauração de rios urbanos | Restauração das condições naturais dos córregos e rios urbanos, incluindo: recuperação do leito maior, preservação da sinuosidade, implementação da rugosidade nas canalizações, para redução das velocidades de escoamento e restauração da mata ciliar, e medidas de saneamento dos fundos de vale. |
| Pavimentos Permeáveis | Pavimentos que infiltram as águas pluviais até os coletores subterrâneos e tratam essas águas a partir de um filtro de areia-brita. Podem ser utilizados em ruas e estradas de tráfego leve ou pesado e em estacionamentos. |
| Jardins filtrantes | Jardins que incluem filtros de areia-brita-cascalho, geralmente, usam plantas nativas para evitar o uso de fertilizantes químicos. Podem realizar fitorremediação ou incluir vegetação decomposta para facilitar o tratamento biológico |
| Sistemas de captação | Sistemas que coletam e armazenam as águas pluviais para redução da velocidade da descarga no sistema de drenagem urbana. |

Fonte: Tucci (2001), University of Arkansas Community Design Center, Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) Canholi (2015). Adaptado pelos autores

Com o objetivo de minimizar as consequências decorrentes das inundações foram desenvolvidos instrumentos como o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Iguaçu-Sarapuí e o Plano Municipal para Redução de Risco de Desastre de Inundação, porém a população de Duque de Caxias permanece afetada pelas precipitações mais intensas (Vissirini et al., 2016).

As regiões de assentamentos irregulares localizadas na bacia do Rio Sarapuí, no Município de Duque de Caxias (Figura 1), sofrem constantemente consequências das enchentes, por estarem assentadas em cotas baixas, concentram população pobre, sem saneamento básico, com ocupação de áreas marginais aos cursos d'água, com carência de infraestrutura. As consequências das inundações vão desde a perda de bens materiais até a perda de vidas. (Rodriguez et al., 2017).

## 5 DISCUSSÃO

A ausência de investimentos em drenagem e a ocupação desordenada do espaço urbano sem planejamento, sem fiscalização e regulamentação, coloca a população em situação de vulnerabilidade diante dos desastres naturais como enchentes e inundações.

Avaria nas edificações e nas infraestruturas urbanas, prejuízos comerciais, desvalorização das construções, degradação ambiental, perdas das moradias e bens materiais, proliferação de doenças, empobrecimento da população local, desemprego, são consequências dos impactos sociais e econômicos decorrentes deste tipo de desastre natural.

É urgente a necessidade de soluções integradas e harmônicas, acompanhadas de fiscalização. Técnicas compensatórias de drenagem urbana sustentável como telhados verdes ou jardins de chuva, instalação de pavimentos permeáveis, implementação de áreas de recreação inundáveis funcionando como reservatórios de detenção alternativos, construção de cisternas, sistemas de tratamento de águas pluviais, são ações que contribuem na mitigação dos impactos negativos causados pelas intervenções urbanas no ciclo hidrológico natural, assim como na redução do risco de enchentes.

Em associação a essas técnicas deve-se adotar instrumentos de planejamento urbano voltados para controle e mitigação das inundações, como realização de dragagens periódicas, construção de diques próximos dos rios para proteção das áreas ribeirinhas, uso de canalizações para escoamento das águas pluviais,

A adoção de áreas de recreação inundáveis funcionando como reservatórios acumuladores de águas pluviais, é uma técnica associada às ações de urbanização, que tem se mostrado efetiva em contribuir com a minimização dos impactos causados pelas enchentes, principalmente em regiões de favelização com pouca infraestrutura, como as do município em questão (VERÓL, 2011).

## 6 CONCLUSÕES

O crescimento urbano desordenado causando a impermeabilização do solo, aliado a falta de planejamento urbano e à insuficiência de investimentos públicos em sistemas de infraestrutura de drenagem, estão entre os fatores que contribuem com o agravamento das cheias, no município de Duque de Caxias (RJ).

O controle de cheias urbanas é uma questão complexa e longe de ser resolvida. Várias são as técnicas utilizadas para mitigar o problema. Técnicas associadas a

ações de urbanização estão sendo efetivas e cada vez mais utilizadas principalmente em áreas com pouca infraestrutura como áreas favelizadas tão carentes de espaços públicos mais favoráveis ao convívio social.

A adoção de Técnicas compensatórias de drenagem urbana sustentável são instrumentos primordiais para a mitigação e controle de problemas decorrentes das enchentes e inundações. Entretanto, a discussão do problema precisa ser integrada ao saneamento ambiental para que as soluções sejam eficazes e não somente paliativas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Isis De Castro. **Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana: Uma Proposta para a Bacia Hidrográfica do Córrego São Pedro, Em Juiz De Fora – MG**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) -Universidade Federal de Juiz de Fora, JUIZ DE FORA – MG, 2020. Disponível em: https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2020/10/TFC2-Isis-deCastroAlmeida1.pdf. Acesso em: 10 de agosto de 2023.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. **Atlas Digital de Desastres no Brasil**. Brasília: MDR, 2022, Disponível em: <http://atlasdigital.mdr.gov.br/>. Acesso em: 17 ago. 2023.

BRASIL, Lei n° 2.881 de 28 de dezembro de 2017, **Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Município de Duque de Caxias**. Disponível em:<https://www.cmdc.rj.gov.br/?p=19543>. Acesso em: 14 jun. 2023.

Câmara Municipal de Duque de Caxias. **Emancipação da Cidade de Duque de Caxias**. Disponível em: <http://www.cmdc.rj.gov.br/>. Acesso em: 20 jun. 2023.

Canholi, A. P. **Drenagem Urbana para o Controle de Enchentes**. Oficina de Textos, São Paulo - SP, 2015

COPPE/UFRJ, **Tormentas Cariocas – Seminário Prevenção e Controle dos Efeitos dos Temporais no Rio de Janeiro**, 1997, Disponível em: <https://www.coppe.ufrj.br/sites/default/files/tormentas_cariocas.pdf>, Acesso em: 17 jun. 2023.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demo_x0002_gráfico 2010: Características da população e dos domicílios: resultados do universo.**

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico de 2022, Tabelas – Prévia da população dos Municípios com base nos dados do censo demográfico de 2022.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html?edicao=35938&t=resultados>, Acesso em: 06 ago. 2023.

IBGE, **Instituto Brasileiro de geografia e Estatística**, Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/duque-de-caxias/panorama>, Acesso em: 13 jul. 2023.

JÚNIOR, A. C. O.; BRANDÃO, A. M. P. **O Ritmo da Pluviosidade em Duque de Caxias (RJ): A variabilidade climática enquanto insumo na tomada de decisões e nas políticas públicas**. Revista GEONORTE, Edição Especial, V.2, N.4, p.994 – 1008, 2012.

LACERDA, S. J. S. **A Emancipação Política do Município de Duque de Caxias**. Editora Associação dos Amigos do Instituto Histórico. Revista Pilares da História, n.3, pp.28-36, 2003.

LUZ BARCELLOS, P. da C; SILVA, F. P. da; VISSIRINI, C. A. M; TERRA, J. M; DUTRA, M. R. F; AMARAL, I. C. F. do. **Diagnóstico Meteorológico dos Desastres Naturais Ocorridos nos Últimos 20 Anos na Cidade de Duque de Caxias**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 31, n. 3, 319-329, 2016.

**Mapa da bacia hidrográfica do município de Duque de Caxias no Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://estudosregionaisbaixadabg.blogspot.com/2013/01/mapa-das-bacias-hidrograficas.html>. Acesso em: 02 jul. 2023.

MIGUEZ, M. G.; MAGALHÃES, L. P. C. (2016). Parte I - **Diagnóstico Plano Metropolitano - Saneamento e Resiliência Ambiental.** CÂMARA METROPOLITANA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. 2016.

MIGUEZ, M. G.;VERÓL,A.P.,REZENDE, O.M. **Drenagem Urbana do Projeto Tradicional à Sustentabilidade**, Elsevier Editora LTDA, 2015, Disponível em: <https://www.amazon.com.br/dp/B016APOX9C?ref_=k4w_embed_details_rh&tag=saraivalivrosnew-20&linkCode=kpd>. Acesso em: 17 jun. 2023.

NEVES,L. V.; DEUS, L. A. B. de ; JUNIOR, A. C. da S. O.; FERNANDRES, M. do C. **Mudanças de Uso e Cobertura da Terra e Áreas Suscetíveis à Inundação – Estudo de Caso do Município de Duque de Caxias/RJ,** Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo-USP, 2019, www.revistas.usp.br/rdg, DOI: 10.11606/rdg.v37i0.149051.Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/149051/154439>, Acesso em: 17 jun. 2023.

OSCAR JÚNIOR, A. C. da S. **Ordenamento Territorial e Riscos Ambientais de Natureza Atmosférica no Município de Duque de Caxias (RJ).** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio de Janeiro, BR-RJ, 2014.

OSCAR JÚNIOR, A. C. da S. **Extremos Atmosféricos e Desastres Hidrometeorológicos em Duque de Caxias (RJ)**. Revista Brasileira de Climatologia. ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica). Ano 11 – Vol. 17 – JUL/DEZ 2015.

RODRIGUEZ, D. A; LOPES, L. G; CARRIELLO, F; SIQUEIRA JÚNIOR, J. L; PINTO, G. L; TOMASELLA, J; CHOU, S. C. **Previsões de Cheias Extremas nos Horizontes Sazonais E de Curto e Médio Prazos na Bacia do Rio Madeira: Estudo de Caso da Enchente de 30 de Março de 2014 em Porto Velho**. Revista Brasileira de Cartografia (2017), Nº 69/4, Edição Desastres Naturais e Impactos Ambientais: 827-836. Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, ISSN: 1808-0936.

SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO. Prefeitura do Munícipio de Duque de Caxias, **Atlas escolar do município de Duque de Caxias (RJ)**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/341522474_Atlas_escolar_do_municipio_de_Duque_de_Caxias_RJ>, Acesso em: 06 ago. 2023.

SOUZA, M. S. **Os Impactos das Políticas Agrárias e de Saneamento na Baixada Fluminense**. Revista Pilares da História, n.6, pp.17-25, 2006.

TUCCI, C.E.M. **Controle de Enchentes em: Hidrologia - Ciência e Aplicação**, 2ª edição, editora UFRGS, ABRH, Porto Alegre - RS, 2001.

VISSIRINI, F; OHNUMA JUNIOR, A. A; AREAS, I; FERRELI, T. **Plano Municipal de Redução de Risco de Desastres de Inundação para Duque de Caxias – Rio de Janeiro**. International Conference on Urban Risks, Lisbon 30 June - 2 July, 2016.

VERÓL, Aline Pires; MIGUEZ, M. G. ; Amaral, V.M. . **Controle de Cheias em Vila Fraternidade (Duque De Caxias/Rj) Simulação Matemática de Cenários de Projeto [IX-078]**. In: 26 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, Porto Alegre.