

MELCHOR GÓMEZ PÉREZ
(ORGANIZADOR)

CONSTRUINDO O AMANHÃ:

PERSPECTIVAS CONTEMPORÂNEAS EM
ARQUITETURA E URBANISMO



EDITORA
ARTEMIS
2024

MELCHOR GÓMEZ PÉREZ
(ORGANIZADOR)

CONSTRUINDO O AMANHÃ:

PERSPECTIVAS CONTEMPORÂNEAS EM
ARQUITETURA E URBANISMO



EDITORA
ARTEMIS
2024



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Editora Chefe	Prof. ^a Dr. ^a Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^a Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^a Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizador	Dr. Melchor Gómez Pérez
Imagem da Capa	149124340/123RF
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof.^a Dr.^a Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.^a Dr.^a Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru
Prof.^a Dr.^a Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.^a Dr.^a Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^a Dr.^a Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México
Prof.^a Dr.^a Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
Prof.^a Dr.^a Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil
Prof.^a Dr.^a Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México
Prof.^a Dr.^a Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo (USP), Brasil
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil
Prof.^a Dr.^a Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México



Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca, Espanha*
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República, Uruguay*
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal, Canadá*
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*
Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg, Suécia*
Prof.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura, Peru*
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío, Chile*
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College, Estados Unidos*
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha, Espanha*
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. José Cortez Godinez, Universidad Autónoma de Baja California, México
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid, Espanha*
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia*
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yañez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*
Prof. Dr. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, *Universidad Santiago de Compostela, Espanha*
Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I, Espanha*



Prof.ª Dr.ª Maria da Luz Vale Dias – Universidade de Coimbra, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof.ª Dr.ª MªGraça Pereira, Universidade do Minho, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba*
Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.ª Dr.ª Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México
Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Peru*
Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Sílvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil
Prof.ª Dr.ª Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University, Russia*
Prof.ª Dr.ª Susana Álvarez Otero – Universidad de Oviedo, Espanha
Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal
Prof.ª Dr.ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil
Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
Prof.ª Dr.ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Colômbia*
Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León, Espanha*

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C758 Construindo o amanhã [livro eletrônico] : perspectivas contemporâneas em arquitetura e urbanismo / Organizador Melchor Gómez Pérez. – Curitiba, PR: Artemis, 2024.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilingue

ISBN 978-65-81701-17-8

DOI 10.37572/EdArt_260724178

1. Arquitetura. 2. Planejamento urbano. 3. Urbanismo. I. Gómez Pérez, Melchor.

CDD 720

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



PRÓLOGO

En este libro se recogen siete contribuciones que pretenden avanzar en lo que el título denomina “Construir el mañana: perspectivas contemporáneas sobre arquitectura y urbanismo”.

Los retos de emergencia climática, debida a las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por el consumo de combustibles fósiles, obliga a todas las áreas de las ciencias a aportar soluciones en la consecución de territorios responsables y sostenibles, libres de emisiones contaminantes. No debemos olvidar que tales emisiones provocan cuantiosos daños económicos, ambientales y de salud pública, algunos de ellos irreversibles. Además, estos daños intensifican las brechas de la desigualdad entre países y entre personas.

Arquitectura y Urbanismo son pilares fundamentales donde poder incorporar acciones de impacto positivo en los territorios donde vivimos. Para mejorar la eficiencia energética, tanto de edificios como de ciudades, son necesarias propuestas eco eficientes, que tiendan a consumos casi nulos, compensados con recursos energéticos renovables obtenidos en los propios edificios o territorios.

La utilización y el buen uso de los espacios donde habitamos, mediante una gestión integral del territorio y una necesaria escucha y cooperación con la población civil, ayudan a consolidar los necesarios cambios estructurales. Debemos cambiar la forma de consumir energía por otras más sostenibles que impliquen pasar de una sociedad que “consume” vorazmente a otra que solo “utilice” y recicle en base a una economía circular neutra en carbono.

Las propuestas que se incluyen en este libro, son variadas. Se abordan actuaciones que van desde intervenciones pasivas en edificios, incorporación de energías renovables en entornos urbanos, a formas de intervención de la sociedad en la creación de políticas y normativas para la gestión sostenible del uso del suelo, mediante la planificación urbana potenciando la resiliencia de los territorios y adaptando las ciudades a los retos migratorios. Por último, se plantean transformaciones en ciudades con entornos marítimos recuperados y adaptados a las necesidades actuales.

Estas propuestas y otras más son las que necesita una sociedad que pretenda construir un mañana digno para nuestros hijos.

Melchor Gómez Pérez
Universidad del País Vasco

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

DISPOSITIVO COMPOSITIVO E AMBIENTAL: A EXPERIMENTAÇÃO DO BRISE SOLEIL

Silvia Regina Morel Corrêa

Roni Anzolch

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2607241781

CAPÍTULO 2..... 12

EDUCATIONAL SUSTAINABILITY PROJECT APPLIED TO THE STUDY OF SMALL WIND TURBINES IN URBAN ENVIRONMENTS

Melchor Gómez Pérez

Pablo Fernández Bustamante

Ismael Etxeberria-Agiriano

Alexander Gómez Raya

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2607241782

CAPÍTULO 3..... 19

LA GESTIÓN INTEGRAL DEL TERRITORIO COMO PARTE DE UNA PROPUESTA PARA ATENDER PROBLEMÁTICAS LOCALES

Luis Francisco Pedraza Gómez

Bertha Lilia Salazar Martínez

Luis Arturo Vázquez Honorato

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2607241783

CAPÍTULO 4..... 29

RISCO DE ALUVIÕES NO FUNCHAL (FLASH FLOODS): RELATÓRIO DE COMPLEMENTOS NATURAIS E ANTROPOGÉNICOS

Paulo Alexandre de Sousa Falé

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2607241784

CAPÍTULO 5.....55

MODELO URBANO ARQUITECTÓNICO PARA LA PROPUESTA DE ALBERGUES DE MIGRANTES EN MÉXICO CON PERSPECTIVA DE GÉNERO. ANÁLISIS COMPLEJO DE LA SITUACIÓN DEL PAÍS A LA “PLAZA DE LA SOLEDAD” CENTRO HISTÓRICO DE CDMX

Sugey Rendón Valencia

José Daniel Luna Gerardo
María Guadalupe Valiñas Varela

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2607241785

CAPÍTULO 6.....74

ENTRE LA TIERRA Y EL AGUA. TRANSFORMACIÓN DEL FRENTE FLUVIAL DEL ANTIGUO MUELLE CAMARONERO. CALLE BETIS. SEVILLA

José Manuel Pérez Muñoz
José María Morillo Sánchez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2607241786

CAPÍTULO 7 84

PORTOS COMO ÂNCORA DE DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL DAS PEQUENAS E MÉDIAS CIDADES PORTUÁRIAS COM CANAIS: PORTO E CIDADE DE AVEIRO

Lídia Maria Moreira Matias

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2607241787

SOBRE O ORGANIZADOR.....107

ÍNDICE REMISSIVO 108

CAPÍTULO 4

RISCO DE ALUVIÕES NO FUNCHAL (FLASH FLOODS): RELATÓRIO DE COMPLEMENTOS NATURAIS E ANTROPOGÉNICOS

Data de submissão: 14/06/2024

Data de aceite: 28/06/2024

Paulo Alexandre de Sousa Falé

Engenheiro de Proteção Civil formado pela Universidade Lusófona do Porto (ULP, Portugal) e Mestre em Gestão de Emergência e Socorro pelo Instituto Superior de Ciências da Informação e da Administração (ISCIA, Portugal)

RESUMO: A Ilha da Madeira é conhecida por sua vulnerabilidade a desastres naturais, especialmente aluviões, devido às suas características geográficas e climáticas únicas. Estes eventos são desencadeados por precipitações intensas em áreas montanhosas, resultando em escoamentos fluviais turbulentos que carregam uma grande quantidade de detritos, aumentando o risco para a vida humana e infraestruturas urbanas. Historicamente, a ocupação desordenada do território, a falta de planeamento urbano adequado e a impermeabilização do solo têm exacerbado esses riscos. Eventos como a aluvião de 2010 evidenciam a necessidade urgente de estratégias preventivas e reativas para mitigar danos futuros. A influência do clima mediterrâneo, com verões secos e propensão a incêndios, também condiciona a capacidade

de regulação do escoamento fluvial pela vegetação. A ilha apresenta uma topografia complexa, com vales estreitos e declives acentuados, facilitando o rápido escoamento das águas pluviais para os cursos das ribeiras. A densidade de drenagem e a presença de substrato vulcânico pouco permeável contribuem para a rápida convergência do escoamento superficial, agravando os efeitos das precipitações intensas. Medidas estruturais e de planeamento urbano são essenciais para aumentar a resiliência da ilha a esses eventos, colocando especial ênfase na conservação da vegetação, na implementação de sistemas de drenagem adequados e na gestão sustentável do uso do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Ilha da Madeira. Portugal. Vulnerabilidade a desastres naturais. Aluviões. Infraestruturas urbanas. Impermeabilização do solo.

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO DO TEMA

As características naturais da Ilha da Madeira, tornam-na especialmente vulnerável aos riscos naturais. As interações registadas, do qual é exemplo o aluvião de 2010, entre fenómenos de movimentos em massa nas vertentes e as cheias rápidas, resultam no aumento da perigosidade territorial. Conforme refere Luciano Lourenço (Lourenço, 2020),

“A ocorrência de fluxos mistos turbulentos concentrados em valeiros, de entalhe pouco pronunciado nas vertentes declivosas e em canais fluviais pré-existentes são fenómenos potencialmente perigosos, típicos de bacias hidrográficas situadas em regiões montanhosas. Este fenómeno, que é localmente designado de “aluvião”, corresponde a uma mistura de processos hidrogeomorfológicos complexos, que diferem dos de uma cheia estritamente hidrológica devido à quantidade elevada de material em circulação, de natureza rochosa e orgânica”. A crescer ao escoamento de água, junta-se igualmente um acumulado de detritos variados, que vão desde pequenas partículas até blocos rochosos de grandes dimensões, sendo possível associar esta dinâmica aos designados processos torrenciais (*torrent processes*), cuja ocorrência tem sido descrita em territórios montanhosos, como por exemplo os Alpes Austríacos (Reinhold T., 2013), o Sul de Itália (Santangelo, 2011), e França (Delrieu, 2005), apenas para citar alguns exemplos.

As cheias rápidas ou aluviões, correspondem a eventos de escoamento fluvial turbulento, desencadeados por episódios de precipitação intensa e de curta duração, nalguns casos associados a antecedentes de precipitação continuada e representam uma ameaça à segurança da vida das pessoas, ao ambiente construído, às áreas urbanas, de comércio e de serviços, às vias rodoviárias e infraestruturas. A pressão sobre o território resultante da expansão urbana, da abertura de novas vias de circulação rodoviária e o crescimento do turismo, resultou na inevitável ocupação de áreas que sempre foram de elevada torrencialidade.

Infelizmente, são os acontecimentos catastróficos, como as aluviões de 20 de fevereiro de 2010 na Ilha da Madeira, que difundem a discussão pública em torno das estratégias reativas e preventivas relativas aos riscos de inundação. A comunicação social, em especial a imprensa, tem-na refletido de forma crescente ao longo dos anos, sempre que ocorrem tais eventos. As causas apontadas para a ocorrência de inundações catastróficas são múltiplas, incidindo, em especial, na ocupação desregrada do território, através de expressões como: “construção desregulada”, “desflorestação”, “desordenamento”, “derrocadas”, “erros urbanísticos”, “impermeabilização”, “interesse privados” entre outros (Ventura, Roxo, Agrela, e Esteves, 2010).

Mas as inundações catastróficas na Ilha da Madeira não são recentes. Serão estes factos reveladores duma alteração no clima do arquipélago? Ou de uma crescente impermeabilização dos solos e ocupação dos leitos de cheia?

Esta questão foi cedo respondida, nomeadamente por Paulo Dias de Almeida, em 1818, que apontava o dedo acusador às causas que estiveram na origem da aluvião de 1815: “O centro da ilha se acha todo descoberto de arvoredo, com apenas algumas árvores dispersas, e isto em lugares onde os carvoeiros não têm chegado. Se tivessem

posto em execução as Ordens e Cartas Régias relativas à conservação dos arvoredos, não teriam a cidade e as vilas sofrido os estragos da memorável aluvião de 1803. A experiência tem mostrado que a falta de arvoredos pelas margens das ribeiras e declives dos montes que sobre elas desaguam, é a causa da imensidade de rocha e terra que com as chuvas vem atulhando as mesmas ribeiras, cujo álveo, hoje está superior às ruas da cidade” (Quintal, 1999).

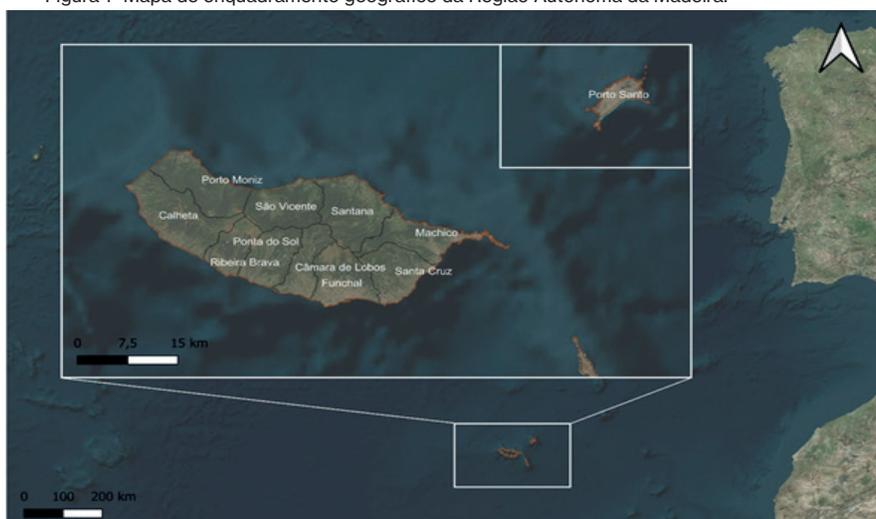
A análise das aluviões ocorridas nas últimas décadas, permite verificar que os valores de precipitação associados à ocorrência, apresentam períodos de retorno relativamente baixos. A ocorrência duma chuva diária de cerca de 200 mm nas zonas montanhosas, suscetível de originar uma aluvião, corresponde a um período de retorno de apenas 5 anos, o que demonstra que a sua probabilidade de ocorrência é relativamente alta (Lourenço, 2020).

1.2 ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO

A Região Autónoma da Madeira (RAM), com uma área total de aproximadamente 801 km², situa-se no Oceano Atlântico, a sudoeste de Portugal Continental. O arquipélago beneficia de uma posição privilegiada, ficando a 978 km de Lisboa e a 700 km da costa africana, no sector oriental do Atlântico Norte (região intraplaca), entre as latitudes 30° 01' e 33° 08' N e longitudes 15° 51' e 17° 16' W (Figura 1)(Abreu U., 2008).

O arquipélago da Madeira inclui as ilhas da Madeira (741,7 km²), Porto Santo (42,6 km²) e dois grupos de ilhas sem população permanente, as Desertas (14,1 km²) e as Selvagens (2,7 km²).

Figura 1- Mapa de enquadramento geográfico da Região Autónoma da Madeira.



Fonte dados: Carta Administrativa Oficial de Portugal, versão de 2022 (CAOP, 2022). Imagem fundo do QGIS – Google Earth.

1.3 MORFOLOGIA E CLIMA

1.3.1 Hipsometria

A ilha da Madeira encontra-se dividida ao nível da morfologia em duas zonas montanhosas: o Maciço Vulcânico Central, localizado na zona oriental da ilha; e o Maciço Ocidental, localizado na zona ocidental, separadas pelos vales de elevado pendente da ribeira de São Vicente (que drena para norte) e da Ribeira Brava (que drena para sul).

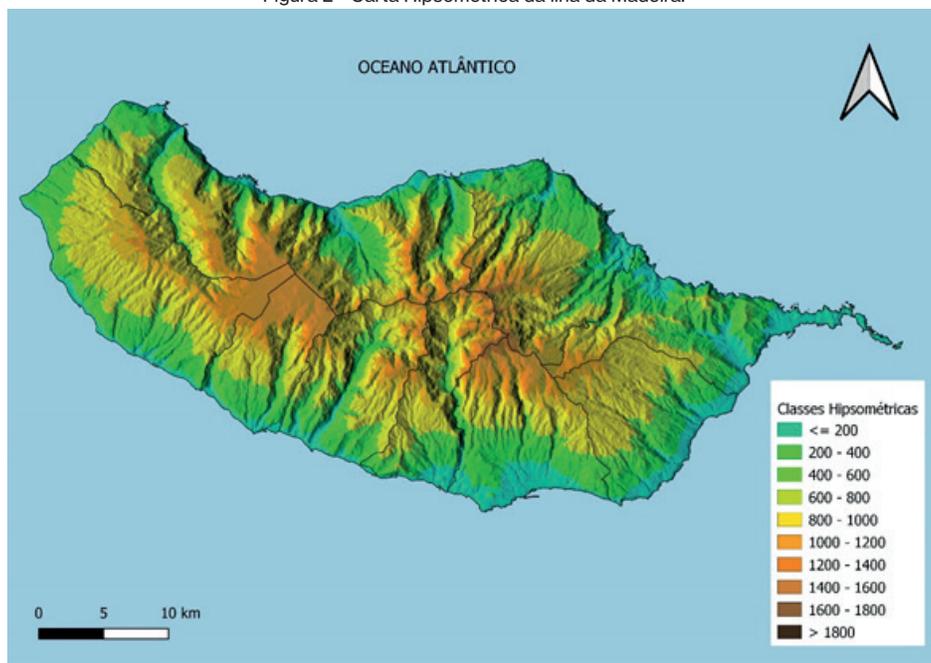
A cordilheira montanhosa central possui uma altitude média de 1200 m, sendo vários os picos que ultrapassam os 1600 m, onde se incluem o Pico Ruivo (1861 m) e o Pico do Arieiro (1810 m). A oeste dominam os planaltos com altitudes médias de 1400 m, onde sobressai o Paúl da Serra com 1620 m (SRA, 2015).

Ainda ao nível da morfologia, para além dos vários picos já atrás mencionados, que ocorrem no Maciço Central, merece ainda destaque a zona do planalto do Paul da Serra. Esta zona planáltica, localiza-se no Maciço Ocidental e corresponde a área de aproximadamente 24 km², com cotas que variam entre os 1300 e 1500 metros e exposição ligeira a sudoeste. O seu ponto mais elevado é o Pico Ruivo do Paul, quarto pico mais alto da ilha (1640 metros).

De acordo com Carvalho e Brandão (Carvalho, 1991), cerca de 23% da área emersa apresenta altitudes superiores a 1.000m e, acima da cota dos 500m, contabiliza um total percentual de 64%.

Relativamente à linha de costa, a ilha da Madeira é constituída predominantemente por arribas altas, as quais surgem com especial frequência na zona norte (Figura 2). No entanto, a arriba mais alta da ilha, o Cabo Girão, ocorre a oeste do Funchal, atingindo uma altitude de 580 metros. A linha de arribas é interrompida nos concelhos do Funchal e de Machico onde ocorrem algumas zonas de praia. Para além destes locais, as restantes zonas costeiras de cotas mais baixas encontram-se maioritariamente associadas a cursos de água (Ribeiro, 2009).

Figura 2 - Carta Hipsométrica da ilha da Madeira.



Fonte dos dados: Modelo Digital Terreno (MDT), (Nextgis, 2023).
Carta Administrativa Oficial de Portugal, versão de 2022 (CAOP, 2022).

1.3.2 Declives

A Madeira caracteriza-se pela distribuição por toda a ilha, de declives bastante acentuados, com especial relevo para as zonas circundantes às áreas montanhosas, consequência dos seus vales profundos e bastante encaixados (Figura 3), assumindo uma grande prevalência no setor norte da ilha, tendo sido possível constatar que apenas 3,9% (28,6 km²) da área total apresenta declives inferiores a 5°, situados maioritariamente no planalto do Paúl da Serra e na cidade do Funchal, que corresponde à classe de declive com menor representatividade em toda a ilha. Por outro lado, a classe de declive entre os 30° e os 50°, ocupa a maior área (257,4 km², cerca de 35%). Acima dos 50° de declive apresenta-se uma área considerável de 61,9 km² correspondendo a 8,3% da área total da ilha (SRA, 2015).

Figura 3 - Carta de Declives da ilha da Madeira.



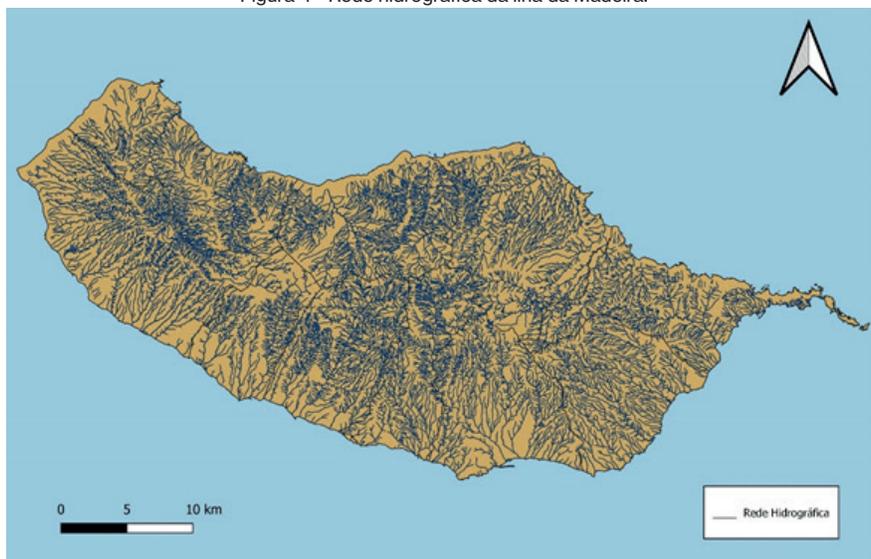
Fonte dados: Modelo Digital de Elevação (MDE), EOSDIS Earthdata (Earthdata, 2023).
Carta Administrativa Oficial de Portugal, versão de 2022 (CAOP, 2022).

1.3.3 Hidrografia

No Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Arquipélago da Madeira (PGRH 2016 - 2021), ao nível da rede hidrográfica, a ilha da Madeira (Figura 4) é composta por ribeiras que têm as suas nascentes na cordilheira montanhosa central, que se desenvolvem em vales profundos e estreitos com declives acentuados. As principais ribeiras, apresentam quase na sua totalidade, desníveis superiores a 1200 m e raramente ultrapassam os 20 km de extensão. Os seus leitos, são compostos na sua generalidade, por sedimentos rochosos, onde muito raramente se pode observar deposição de sedimentos finos, dado o gradiente associado (PRAM, 2016).

Como resultado das suas características específicas, designadamente o facto de serem compostas por pequenas bacias hidrográficas, que atingem no máximo 52 km² (Ribeira da Janela) e declives muito acentuados, apresentam tempos de concentração muito curtos e um regime de escoamento intermitente e torrencial (Christofolletti, 1969). A ilha da Madeira é particularmente propícia à ocorrência de cheias repentinas, a que se associam elevados caudais de ponta de cheia, como resultado das elevadas intensidades da precipitação que ocorrem no arquipélago (PRAM, 2016).

Figura 4 - Rede hidrográfica da ilha da Madeira.



Fonte dos dados: data.nextgis (Nextgis, 2023).

Carta Administrativa Oficial de Portugal, versão de 2022 (CAOP, 2022).

1.3.4 Clima

O clima do arquipélago da Madeira, situado geograficamente numa região subtropical, encontra-se classificado e/ou corresponde ao grupo climático Mediterrânico (Ferreira, 1955), apresentando um clima ameno ao longo de todo o ano, com exceção das áreas mais elevadas, onde são registadas as temperaturas mais baixas e os valores de precipitação mais elevados, que diminuem à medida que se avança para o litoral (Sepúlveda, 2011).

O efeito moderador da sua posição oceânica, tem no arquipélago um papel fundamental, para a reduzida amplitude térmica.

O clima é principalmente condicionado pela intensidade e localização do anticiclone dos Açores, onde o relevo, a configuração e a orientação da ilha desempenham igualmente papéis importantes para o padrão climático, notando-se a distinção existente entre a vertente Norte, mais exposta à circulação geral do ar (proveniente do Anticiclone dos Açores), e a homóloga orientada a Sul, mais abrigada devido ao fator relevo (Ferreira, 1955).

Durante os meses de inverno, é frequente a ilha da Madeira ser atingida por sistemas depressionários provenientes de norte que atravessam o Atlântico e que podem dar origem a precipitações intensas. Nos meses de verão predominam os ventos provenientes do quadrante norte que estão associados ao ramo leste do anticiclone dos Açores (Madeira, 2023). Merecem ainda atenção os contrastes climáticos que resultam

diretamente de alguns elementos do relevo, nomeadamente a altitude e os acentuados declives na ilha da Madeira (Ferreira, 1955), que favorecem a ocorrência de precipitação orográfica, tornando algumas áreas bastante húmidas e permitindo a existência de recursos hídricos significativos. O relevo, além do efeito da altitude, também induz diferenciação climática local, consequência da configuração alongada da Madeira e da sua orientação segundo a direção E-O, perpendicular à direção dominante do vento. Estes condicionamentos produzem temperaturas do ar e precipitações distintas à mesma cota em encostas com diferente exposição aos ventos dominantes (Brum da Silveira, 2010).

1.3.5 Temperatura

A análise das características meteorológicas da Região Autónoma da Madeira, concretizada com recurso aos registos das estações meteorológicas do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), para o período de 2001-2021, demonstra que a média anual da temperatura mínima varia entre os 6°C nas áreas de maior altitude, e 13°C nas zonas costeiras. Nos meses de verão, a temperatura média atinge os 19 °C nas regiões montanhosas e os 23°C nas áreas costeiras (Madeira D. R., 2023).

A temperatura média no Funchal para o período de referência é de 20,2°C. Quanto à temperatura máxima que há registo, é de 35,3°C, e é referente ao mês de agosto. A ilha apresenta uma temperatura média anual de 18,4°C. Os dados climáticos para o período de referência 2000-2021 indicam um aumento da temperatura média anual na ilha da Madeira. Nas regiões montanhosas, nomeadamente na estação meteorológica do Chão do Areeiro, a temperatura média anual é de 10,3°C e no Funchal (Observatório Meteorológico) de 20,2°C. A estação meteorológica que regista a temperatura média anual mais elevada no arquipélago é a do Lugar de Baixo (Ponta do Sol) com 20,7°C.

1.3.6 Precipitação

A média da precipitação acumulada anualmente na ilha da Madeira, de acordo com a normal climatológica (1961 – 1990), atinge um máximo próximo dos 3000 mm nas regiões montanhosas, e um mínimo no Funchal de 641 mm (DRE, 2023).

A assimetria N-S da distribuição da precipitação acumulada, torna-se menos acentuada no inverno, comparando com a escala anual, embora continue seja uma das características significativas da distribuição espacial de precipitação. Os valores anuais médios da precipitação aumentam com a altitude sendo, em regra, superiores na encosta norte, em comparação com a encosta sul, para a mesma altitude.

Em termos médios, segundo a normal climatológica, as maiores precipitações anuais ocorrem na Bica da Cana e no Areeiro com um máximo próximo de 3000 mm/ano, enquanto as menores ocorrem no Funchal com cerca de 650 mm (Madeira, 2023).

Nos meses de verão, observam-se valores a rondar os 150 mm de precipitação nas zonas altas (exceto Areeiro) e valores ligeiramente inferiores a 50 mm na costa sul da ilha.

O facto de chover mais a norte da ilha da Madeira durante o verão está claramente associado ao rumo dominante do vento nesta estação (quadrante norte) e ao facto de a precipitação ser essencialmente orográfica. A ilha da Madeira apresenta em média 61 dias com precipitação significativa (> 1 mm) e cerca de 20 dias com precipitação elevada (> 10 mm) (DRE, 2023).

De salientar que para o período de referência 2000-2021, os valores da precipitação acumulada na ilha da Madeira têm diminuído relativamente à normal climatológica. Na Bica da Cana e Chão do Areeiro a precipitação anual acumulada diminuiu para cerca de 2148 mm e 1825 mm, respetivamente (Madeira, 2023). No Funchal a tendência de diminuição é igualmente confirmada, registando uma média anual de 589 mm (DRE, 2023)

2 OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente trabalho de investigação, tem como objetivo geral a análise dos fenómenos e especificidades, associados à ocorrência das aluviões no Funchal, bem como as medidas desenvolvidas para o incremento da resiliência e diminuição da vulnerabilidade.

Pretende-se igualmente, associar os conceitos internacionais de aplicação de medidas estruturais de proteção e defensivas que podem ser planeadas à escala da bacia hidrográfica, nos diferentes setores.

A relevância crescente (científica, técnica, mediática, política e da sociedade em geral), do impacte da ocorrência das aluviões no Funchal, determina a necessidade de acompanhar e monitorar as estratégias de atuação, nomeadamente a os mecanismos de precaução e medidas de prevenção, capazes de minimizar perdas e danos económicos e sociais, à escala local.

3 METODOLOGIA

A afinidade com o tema, resultante do interesse e atividade profissional, facilitou e orientou a recolha de informação. Neste contexto, poder-se-ia dizer que o trabalho de campo começou muito antes da respetiva redação, através do estudo dos conceitos associados à atividade das aluviões na Região Autónoma da Madeira. Assim, para o desenvolvimento dos trabalhos de execução associados à elaboração do presente

trabalho, “Risco de Aluviões no Funchal (Flash Floods)”, recorrer-se-á a uma base metodológica organizada em diversas etapas, composta por uma estrutura complexa de procedimentos, suportados por uma sistemática pesquisa bibliográfica que assegure a fundamentação e validação dos pressupostos e conclusões apresentadas.

4 RESULTADOS

4.1 ENQUADRAMENTO GERAL DAS CATÁSTROFES NATURAIS NA MADEIRA

Conforme refere Lourenço (Lourenço, 2020), “a Ilha da Madeira é um território demasiado suscetível a uma mistura de processos hidrogeomorfológicos complexos. A dinâmica de vertentes, associada à ocorrência de desabamentos rochosos, deslizamentos e escoadas detríticas, tem forte influência no fornecimento de carga sólida à rede hidrográfica e no subsequente aumento da magnitude das cheias rápidas de carácter torrencial”.

“Existe um conjunto de fatores agravantes das cheias que são intrínsecos às próprias características do território. O relevo vigoroso favorece a impulsão vertical das massas de ar tropical marítimo, normalmente incidentes de SW, que estão na origem de eventos chuvosos notáveis. De um modo geral, as bacias hidrográficas exibem diferenças de altitude elevadas (superiores a 1200 m), o que no contexto de vales com vertentes declivosas e de cursos de água com perfis longitudinais de inclinação acentuada, potencia a velocidade dos escoamentos de cheia” (Lourenço, 2020).

Ao nível do terreno, a presença de um substrato vulcânico muito alterado e, por isso, pouco permeável e a densidade de drenagem elevada promovem a rápida convergência do escoamento superficial para os canais fluviais. Por outro lado, a predominância de vales encaixados de fundo estreito, promove maior interação entre os movimentos de vertente e a dinâmica fluvial.

As características físicas das bacias hidrográficas da Ilha da Madeira, em termos morfométricos (geometria, rede de drenagem e relevo), são determinantes para explicar o seu regime hidrológico, salientando-se a pequena dimensão das 126 bacias hidrográficas (94% são < 25 km²), de forma, regra geral, alongada, com cursos de água principais de comprimentos curtos (< 21 km) e tempo de concentração das bacias sempre inferior a 5 horas (Lourenço, 2020).

A presença de coberto vegetal nos sectores superiores das bacias hidrográficas exerce funções naturais fundamentais a vários níveis. O povoamento vegetal contribui para o reforço do ciclo hidrológico, incluindo a captação de água dos nevoeiros, para a regularização do escoamento fluvial e para o controlo dos processos erosivos e proteção dos solos.

No entanto, o clima mediterrâneo, marcado por verões quentes e secos, favorece a ocorrência de incêndios, que ciclicamente desde a colonização da Ilha (1419), perturbam o equilíbrio dos ecossistemas naturais, condicionando, por vezes, o sucesso dos programas de reflorestação, que, só por si, já enfrentam problemas devido à dificuldade de regeneração nos primeiros anos das plantações.

De igual forma a ocupação humana na Ilha da Madeira tem contrastes espaciais vinculados, com maior concentração populacional e urbana no litoral sueste, marcado por uma vertente relativamente suave, em comparação com o relevo acidentado e arribas escarpadas da maior parte do resto da Ilha e por um mar menos agressivo do que na costa norte (Daveau, 1995).

Embora a malha urbana ocupe, no geral, parte reduzida das bacias hidrográficas, as alterações que impõem são suficientemente intensas para modificar algumas das características hidrológicas do território. Segundo Drew (1983), o comportamento das linhas de água existentes dentro da área edificada poderá ser profundamente alterado não só devido à impermeabilização de parte da bacia, mas também pela natureza do sistema de drenagem artificial instalado, muitas vezes insuficiente e/ou inadequado, em cidades que contam com uma densificação significativa. Como também são minimizados os processos de retardamento do escoamento devido à infiltração, relacionado com a redução de espaços verdes, o escoamento superficial aumenta fazendo movimentar materiais das vertentes. Esta movimentação de água e de carga sólida em direção ao leito, leva a que situações de cheia natural se transformem rapidamente em inundações que tomam muitas vezes dimensões catastróficas (Lourenço, 2020).

Quanto a eventos históricos, em termos de vítimas mortais, a maior catástrofe natural ocorrida na Ilha da Madeira terá sido a aluvião de outubro de 1803, na qual terão morrido entre 700 e 1000 pessoas (Quintal, 1999). Contudo, em termos económicos, os custos dos danos provocados pela aluvião de fevereiro de 2010, com 48 vítimas mortais, não têm comparação com os de qualquer outra cheia anterior, cifrando-se em 1,4 bilhões euros.

4.2 EPISÓDIOS DE ALUVIÕES NO PASSADO

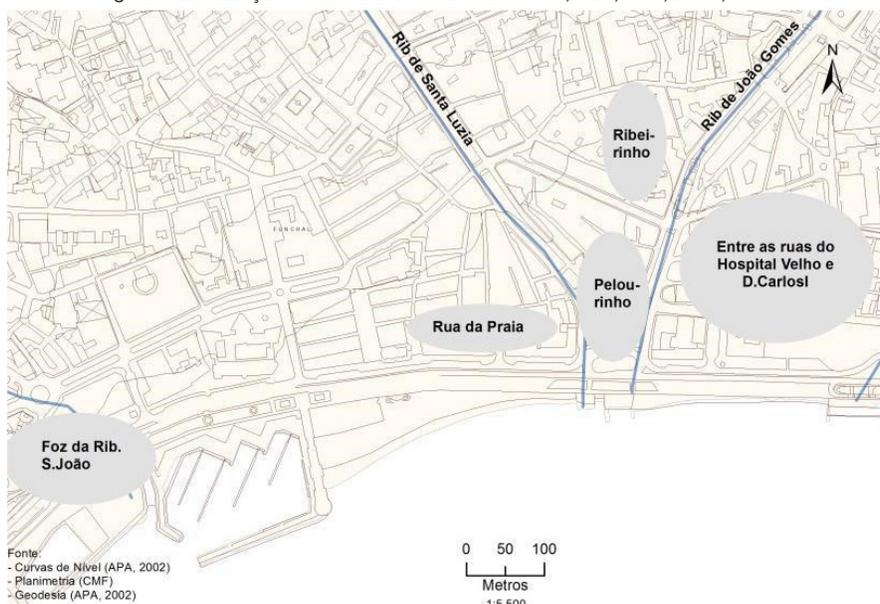
Conforme descrito por Luísa Góis (Góis, 2014), as descrições feitas ao longo do tempo, do decorrer dos acontecimentos durante uma aluvião, é nota frequente a manifestação de surpresa perante a rapidez com que os acontecimentos se desenrolam e os seus efeitos, muitas vezes fatais (Góis, 2014).

Nas primeiras descrições das aluviões (Figura 5) são as áreas na margem direita da ribeira de João Gomes e a margem esquerda da ribeira de Santa Luzia as mais afetadas.

As enormes chuvas que precedem o aumento do caudal são referidas em quase todos os relatos. De salientar que, antes do século XIX, apesar das ribeiras já apresentarem muros de proteção, embora os mesmos deveriam ter baixa altura e sem segurança (Góis, 2014) e as diversas ruas estariam a um desnível menor em relação ao leito das ribeiras, logo mais acessíveis ao fluxo transbordado.

O registo da maior aluvião da Madeira é de 10 de outubro de 1803. Os acontecimentos, foram descritos da seguinte forma: “(...) teve lugar um pavoroso cataclysmo que começou por descarregar, desde a manhã da véspera, sobre toda a ilha e especialmente sobre as faldas em que assenta o Funchal, grossos cordões d’água sem interrupção. (...) a trovoadra fuzilava e ribombava como estrepito de canhões; e o vento, um vento rijo e impetuoso, sibilava pelas gretas das portas das casas dos moradores do bairro inundado, que já se achavam presos nas suas habitações (...) os leitos quintuplicaram de largura com a aluvião e as casarias tinham derruido” (Góis, 2014).

Figura 5- Localização das áreas inundadas em A - 1611, 1724, 1765; B-183; C- 1815.



Fontes: Diário de Notícias da Madeira e Jornal da Madeira, Silva e Menezes (1985), Quintal (1999) e Góis (2014).

As descrições revelam consistência nas características deste fenómeno que se repetem evento após evento: a concentração de precipitações elevadas e a resposta quase imediata do caudal das ribeiras. Mais que o valor total, é a grande concentração das chuvas num período curto a principal responsável pelos enormes caudais associados a consequências mais graves (Quintal, 1999). Este autor demonstra que, por vezes, basta

uma pequena diferença de concentração para as consequências serem agravadas. Por exemplo, em 1989 a precipitação máxima foi de 34,4 l/m² (em 60 minutos) e os efeitos foram muito ténues enquanto em 1990 foi de 38 l/m² (em 40 minutos) e as consequências foram muito mais graves (Góis, 2014).

Mas, foi a aluvião de 1993 (Figura 6) que mais próximo esteve ao grau de destruição registado em 2010. Assim descreve o periódico Tribuna da Madeira: “Chuvas torrenciais ocorridas durante a noite provocaram o deslizamento de terras e as ribeiras, estranguladas por habitações e entupidas por entulho, não conseguiram reter as águas em fúria dentro das suas margens. O caudal de águas lamacentas arrastou para a morte oito pessoas e provocou danos materiais de milhões de contos. Cerca de 100 habitações foram destruídas e largas centenas de funchalenses ficaram desalojados. As escolas tiveram de encerrar e 220 automóveis foram destruídos.”.

Figura 6 - Funchal Notícias (29-10-2016).



Fonte: <https://filipepassos83.blogspot.com/2010/09/memorias-aluviao-de-1993.html>

As consequências, embora variando no grau de severidade, resultam quase sempre em inundações da baixa da cidade, acompanhadas de destruição de infraestruturas (edifícios, ruas, pontes, muros) e na perda de vidas humanas.

Os espaços recorrentemente inundados são, a secção terminal das bacias hidrográficas das três ribeiras (São João, Santa Luzia e João Gomes), conforme Figura 7, correspondentes a artérias como a Rua das Fontes, da Praia, dos Tanoeiros, do Anadia, de Santa Maria e do Hospital Velho e a avenida do Mar, em quase toda a sua extensão (Góis, 2014).

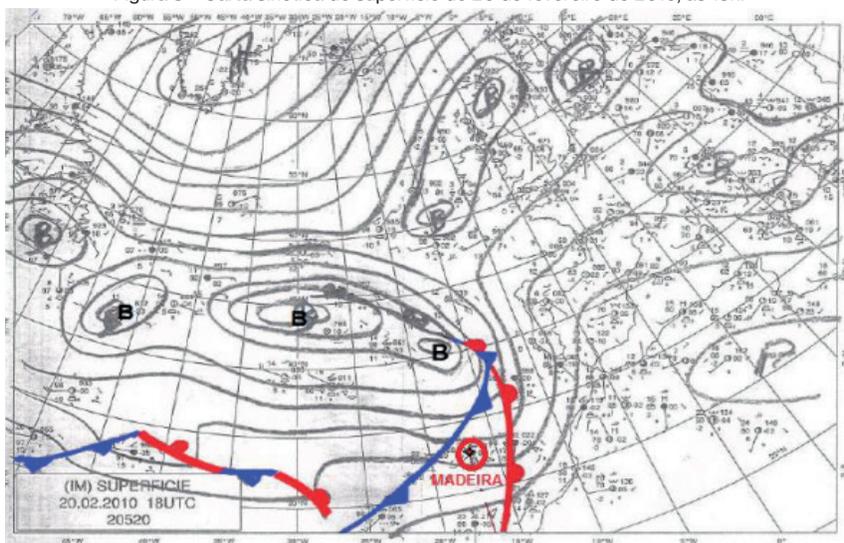
Figura 7 - Ribeira de Santa Luzia (20 de fevereiro de 2010).



Fonte: Jornal da Madeira (18-02-2020).

As descrições dos estados de tempo observados, aquando da ocorrência das aluviões são consistentes com a ocorrência de depressões muito cavadas (associadas ou não a sistemas frontais), conforme representado na (Figura 8) e que ao estacionarem na região, pelo menos alguns dias, geram valores extremos de precipitação. Na zona subtropical do Atlântico oriental conjugam-se fatores dinâmicos e geográficos favoráveis que, segundo (Ferreira, 1985) citada por (Rebello, 2005), seriam: a presença de ar quente e húmido nas baixas camadas e os conjuntos montanhosos.

Figura 8 – Carta sinótica de superfície de 20 de fevereiro de 2010, às 18h.



Fonte: Instituto Português do Mar e da Atmosfera.

Segundo o Boletim do Instituto de Meteorologia (2010) o estado de tempo para a Madeira a 20 de fevereiro de 2010 foi “(...) condicionado predominantemente por depressões às quais por vezes estiveram associadas superfícies frontais, (...) o céu esteve em geral muito nublado e ocorreram períodos de chuva (...) particularmente forte a violenta (> 50 mm/h).”

Esta descrição do estado de tempo é muito semelhante àquelas descritas para eventos passados, ao que concluímos que, apesar de ser de maior magnitude, a aluvião de 2010 resulta de situações meteorológicas que assolam a ilha periodicamente (Góis, 2014).

5 DISCUSSÃO

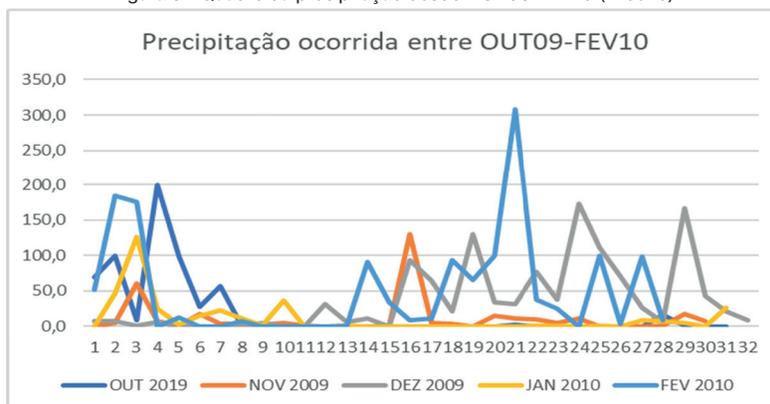
5.1 FATORES DESENCADEANTES DA ALUVIÃO DE 20 DE FEVEREIRO

As inundações rápidas resultam, geralmente, de uma conjugação de vários fatores naturais (características geográficas, climáticas e hidrogeológicas) e de ocupação do solo. Segundo Rebelo (Rebelo, 2005), a importância de conhecer estes fatores, analisando situações ocorridas no passado, é um passo fundamental para poder reduzir a vulnerabilidade (Góis, 2014).

5.2 ENQUADRAMENTO METEOROLÓGICO

A 20 de fevereiro de 2010 a precipitação iniciou-se pelas 5:00 h, tendo-se acentuado a partir das 8:00 h e manteve uma intensidade elevada até às 13:00 h, de seguida, perdeu intensidade e terminou por volta das 17:00 h. O evento chuvoso teve uma duração de 12 horas, com intensidades elevadas durante 6 horas consecutivas, conforme é possível verificar na Figura 9.

Figura 9 - Quadro da precipitação desde NOV09-FEV10 (Areeiro).



Fonte: IPMA Funchal.

Pelas 9:30 h a Ribeira de João Gomes, no Funchal, já estava totalmente assoreada e as ruas adjacentes começavam a ficar inundadas (Figura 10). O episódio de precipitação intensa de 20 fevereiro de 2010 aconteceu no contexto de um inverno muito chuvoso, caracterizado por precipitações abundantes, a partir de meados de dezembro de 2009, e por dois episódios de precipitação intensa, o primeiro a 22 de dezembro de 2009 e o segundo a 2 de fevereiro de 2010, conforme é possível constatar no quadro de precipitação da Figura 9.

Figura 10 - Troço urbano da Ribeira de João Gomes no Funchal.



Fonte: XIII Encontro Nacional de Riscos – Madeira Região Resiliente. Aprender com o Passado.

No dia antecedente à grande catástrofe (19 de fevereiro de 2010), a precipitação diária acumulada desde o início do ano hidrológico era já significativamente elevada: 3154 mm na estação meteorológica do Areeiro. Fevereiro desse ano foi particularmente chuvoso no Areeiro, com um registo de 1415 mm.

5.3 FATORES AGRAVANTES DE TOPOGRAFIA E MALHA URBANA

Para a análise das agravantes de topografia e malha urbana, vamos recorrer à análise exemplificativa do concelho do Funchal, designadamente as bacias das ribeiras de João Gomes e Santa Luzia.

O núcleo mais antigo do Funchal encontra-se “em terreno baixo e plano”, mas, “por falta de espaço começou a se desenvolver em altura” e, na sua maioria, as ruas “não são mais do que ladeiras íngremes (...) em declives inverosímeis” (Góis, 2014). Mas são as características da malha urbana, a posição relativa dos eixos, dos nós e dos obstáculos, que

facilitam, ou dificultam, o avanço das águas. Por seu turno, são os pontos de transbordo, isto é, as roturas na linha de água, que determinam as artérias invadidas pela corrente de água e acumulação de detritos (Góis, 2014).

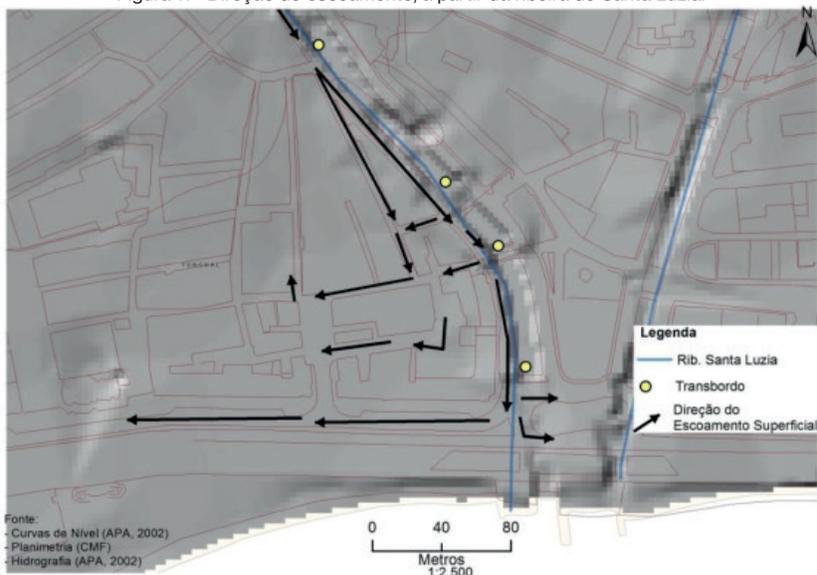
Neste sentido, a análise à dinâmica das inundações nas ruas da cidade, pretende caracterizar a direção do escoamento na malha urbana, onde podemos identificar a dinâmica das inundações da ribeira de Santa Luzia, com um escoamento predominantemente para oeste e da bacia da ribeira de João Gomes que extravasa os limites da bacia hidrográfica.

5.4 INUNDAÇÕES A PARTIR DA RIBEIRA DE SANTA LUZIA

O transvasamento da ribeira de Santa Luzia mais afastada do centro da cidade, foi a cerca de 4 km da foz, junto à ponte (Figura 11), onde a ribeira ficou parcialmente obstruída por deposição de material sólido. Mas, foi sobretudo na secção terminal, completamente artificializada, junto às pequenas pontes, onde o leito ficou preenchido por material sólido que o galgamento da ribeira provocou maiores inundações (Góis, 2014).

Através do registo fotográfico da aluvião (Figura 12), é possível igualmente constatar que os transbordos ocorreram, essencialmente, nas secções onde os muros apresentam menor altura e onde o declive é menor e a perda de velocidade do caudal provocou maior deposição de sedimentos.

Figura 11 - Direção do escoamento, a partir da ribeira de Santa Luzia.



Fonte: LMPF Góis (2014) - As inundações no Funchal: contributos para o Ordenamento do Território.

Figura 12 - Inundação da ribeira de Santa Luzia para a rua dos Tanoeiros.



Fonte: www.madeiraarchipelago.com

5.5 INUNDAÇÕES A PARTIR DA RIBEIRA DE JOÃO GOMES

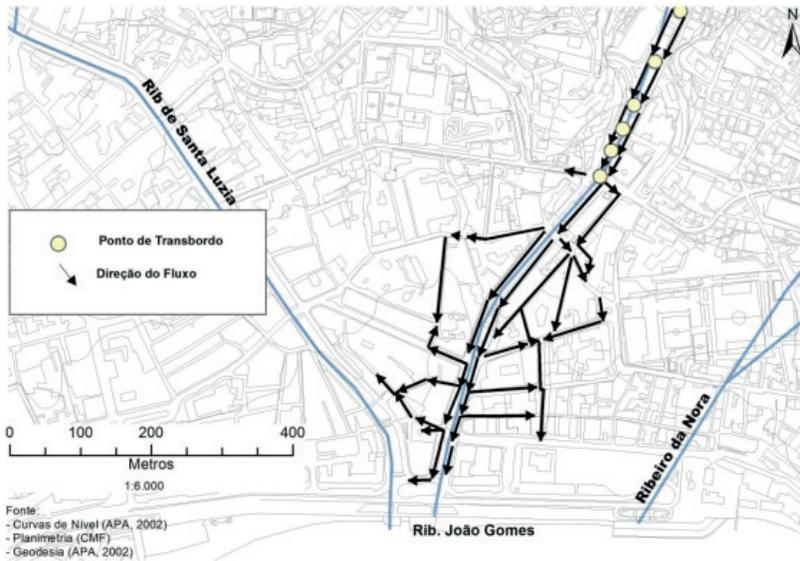
As inundações na bacia hidrográfica da ribeira de João Gomes foram mais complexas que as das outras ribeiras, pois tiveram origem em mais do que um canal e envolveram uma maior quantidade de eixos urbanos na sua dinâmica. A análise será realizada apenas ao canal principal da ribeira de João Gomes (Figura 13 e Figura 14).

No dia 20 de fevereiro, mesmo antes de entrar no núcleo central da cidade, a cerca de 1 km da foz, a ribeira apresentava já um preenchimento quase máximo da sua capacidade.

O transbordo, contudo, iniciou-se um pouco mais para jusante, logo junto ao quartel dos Bombeiros Voluntários Madeirenses (BVM), o que compromete a resposta, pois rapidamente os meios de socorro poderão ficar inoperacionais e os bombeiros confinados ao quartel.

Desta secção até à ponte do Campo da Barca o escoamento das águas foi feito pelas estradas paralelas à ribeira por não existirem transversais com desníveis significativos.

Figura 13 – Direções do fluxo na malha urbana, a partir dos transbordos na ribeira de João Gomes.



Fonte: LMPF Góis (2014) - As inundações no Funchal: contributos para o Ordenamento do Território.

Figura 14 - Transbordos na ribeira de João Gomes.



Fonte: <https://thisismadeiraisland.com/the-images-of-a-natural-disaster-that-shocked-portugal-and-the-world/>

5.6 PREVENÇÃO E MITIGAÇÃO

De acordo com a doutrina em vigor, podem ser implementadas três tipos de medidas mitigadoras: medidas de conservação, medidas de correção e medidas de restauração, devidamente inseridas num estruturado ordenamento do território.

No caso das aluviões na Madeira realça-se o Estudo de Avaliação do Risco de Aluvião - Fase 1 (Almeida et al., 2010) que apresenta os Princípios Orientadores de Mitigação do Risco de Aluvião, enquanto documento científico de extremo valor que, se devidamente interpretado, deve contribuir para promover boas práticas na execução das medidas e ações planeadas. Este estudo foi elaborado por uma equipa multidisciplinar e nele foram trabalhados e aprofundados vários temas sobre as cheias rápidas na ilha da Madeira, designadamente as precipitações intensas, produção e transporte de material sólido, caracterização do evento de 20 de fevereiro de 2010, finalizando com a avaliação do risco e apresentação de medidas de proteção (Almeida et al., 2010).

Ao suporte científico atrás referido, juntou-se um novo enquadramento legal que, em bom rigor, é esclarecedor quanto à importância que atualmente é dada, nas sociedades modernas, à temática dos riscos naturais, sobretudo, no contexto de uma dinâmica global de alterações climáticas de consequências imprevisíveis.

Em termos legais, a Diretiva n.º 2007/60/CE, de 23 de outubro, estabeleceu o quadro para a avaliação e gestão dos riscos de inundações, a fim de reduzir as consequências associadas às inundações na comunidade prejudiciais para a saúde humana, o ambiente, o património cultural e as atividades económicas.

Em 2010, aquela Diretiva foi transposta para o direito nacional, através do Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro, definindo que o estado deve proceder à elaboração dos seguintes instrumentos: cartas de zonas inundáveis em áreas de risco; cartas de risco de inundações e planos de gestão de riscos de inundações. O Plano de Gestão de Riscos de Inundações da Região Autónoma da Madeira 2016-2021 (PGRIRAM), foi aprovado pela Resolução do Governo Regional n.º 805/2017, publicada no JORAM I Série n.º 187, de 27 de outubro de 2017.

5.7 MEDIDAS ESTRUTURAIIS

As medidas estruturais de proteção e defensivas devem ser planeadas à escala da bacia hidrográfica. No sector inferior das bacias, regra geral, coincidente com áreas urbanas, o objetivo consiste em diminuir a vulnerabilidade física das áreas expostas. No sector intermédio e superior das bacias, as medidas têm a finalidade de reduzir a probabilidade de formação de aluviões. No sector de montanha, os programas de povoamento florestal são de crucial importância para reduzir e retardar a escorrência torrencial e a produção de material sólido.

Nas medidas estruturais incluem-se diferentes tipos de obras de regularização dos caudais de cheia, designadamente (Luciano, 2020):

- a) barragens de correção torrencial;
- b) barreiras de retenção de material sólido, para controlo da formação de escoadas detriticas e do transporte do caudal sólido, que devem ser preferencialmente construídas nos cursos de água tributários inseridos nos sectores superior e intermédio das bacias hidrográficas,
- c) obras de canalização de troços fluviais urbanos, para otimizar as condições de funcionamento hidrológico e hidráulico.

A estruturação de corredores fluviais ecológicos é outra medida que, em bom rigor, deve figurar no grupo das intervenções estruturais, na medida em que contribui para formar barreiras laterais de proteção fluvial.

a. As barragens de correção torrencial

São estruturas transversais de estabilização dos leitos e talvegues e da base das vertentes. As barragens de correção torrencial devem ser preferencialmente construídas no sector de cabeceira das bacias hidrográficas, quer nos cursos de água principais, quer em pequenos cursos de água de montanha de escoamento turbulento e em zonas de ravinamento, sobretudo para correção dos efeitos da ação erosiva resultantes da passagem de escoadas detriticas nas vertentes e das correntes fluviais, que conduzem ao entalhe e aprofundamento de valeiros e de leitos fluviais respetivamente (Figura 15).

Figura 15 - Barragens de correção torrencial nas serras do Funchal (B).



Fonte: XIII Encontro Nacional de Riscos – Madeira Região Resiliente. Aprender com o Passado.

5.8 BARREIRAS DE RETENÇÃO DE MATERIAL SÓLIDO

No que se refere especificamente à questão das barreiras de retenção de material sólido, na sequência da aluvião de 2010, foram construídas 4 barreiras de retenção (Figura 16) em cada uma das três ribeiras principais do Funchal, o que no conjunto perfaz um total de 12 estruturas. Estas estruturas têm contribuído para diminuir em muito a perigosidade do fenómeno das aluviões e por conseguinte a exposição ao risco na parte urbana do Concelho.

As barreiras hidráulicas construídas nas ribeiras do Funchal cumprem o duplo objetivo de, por um lado, reduzir o volume e a dimensão do material sólido mobilizado até aos troços terminais dos cursos de água e, por outro, minimizar os efeitos da ação hidráulica resultante da passagem dos caudais de cheia nos troços urbanos regularizados.

Em iguais circunstâncias biofísicas, a capacidade total de acumulação de material atualmente instalada nestas três ribeiras permitiria reter, a montante da cidade, cerca de 64% do material que ficou depositado nos canais fluviais e nas ruas da baixa do Funchal durante a aluvião de 20 de fevereiro de 2010, o qual atingiu o volume máximo de 390 000 m³.

Figura 16 - Estrutura de retenção de material sólido existente na Ribeira de São João, no Funchal, na qual se observa uma situação de enchimento parcial da bacia de acumulação, na sequência de um evento de precipitação intensa ocorrido em dezembro de 2016.



Fonte: XIII Encontro Nacional de Riscos – Madeira Região Resiliente. Aprender com o Passado.

5.9 A CANALIZAÇÃO FLUVIAL

As intervenções de canalização fluvial são importantes porque visam reduzir a frequência das inundações e otimizar as condições hidráulicas de escoamento, mas não

devem servir para alimentar uma percepção de risco inexistente. Por vezes, estas obras transmitem um falso sentido de aumento de segurança, porém, convém ter presente que as margens fluviais continuam a fazer parte do curso de água e, por essa razão, devem permanecer livres de ocupações construtivas de carácter fixo e indismontável, por razões de segurança de pessoas e bens (Luciano, 2020).

Os travessões hidráulicos implantados no leito fluvial devem ser desenhados com uma secção de vazão rebaixada na parte central do leito, para onde o escoamento ordinário é redirecionado (Figura 17). Esta solução evita a excessiva exposição das fundações das muralhas laterais à ação de erosão dos escoamentos normais e de cheia.

Figura 17 - Pormenor construtivo de travessões hidráulicos implantados nos troços urbanos das ribeiras do Funchal.



Fonte: XIII Encontro Nacional de Riscos – Madeira Região Resiliente. Aprender com o Passado.

5.10 PREPARAÇÃO

No que respeita à preparação para a resposta é importante constatar que o 20 de fevereiro de 2010 possibilitou igualmente um novo caminho para todos, no que respeita à resposta a catástrofes, ou seja, uma população mais preocupada com a sua vivência cidadina e os aspetos da segurança; a Proteção Civil mais preocupada para a necessidade de existência de plano global de resposta da Região, o PREPCRAM; e também as instituições de saúde sentiram-se mais sensibilizadas para adquirir conhecimentos na área da resposta a catástrofe.

Os conceitos e modelos de resposta em catástrofe, têm sido fomentados, treinados e interiorizados pela generalidade dos agentes de Proteção Civil, o que permitiu incrementar os padrões de capacitação dos diversos intervenientes (Figura 18).

Figura 18 – Formação resposta em catástrofe (MRMI#MRO – 2017).



Fonte: Arquivo pessoal (Paulo Falé).

6 CONCLUSÃO

Na análise realizada ao longo do presente trabalho, em especial aos episódios de aluviões do passado, é possível constatar que em iguais circunstâncias de precipitação a cidade do Funchal tem sido, ao longo da sua história, fustigada por inundações rápidas com consequências catastróficas.

A posição geográfica da ilha e, em especial, as suas características morfológicas e hidrográficas propiciam uma resposta rápida às precipitações intensas. A cidade, instalada junto à foz de três ribeiras e na base da “concha” morfológica formada pelas respetivas bacias, continua exposta a este tipo de eventos.

No modelo de resposta pública à ocorrência de catástrofes naturais relacionados com as aluviões na Madeira, é fundamental existir uma visão estratégica, de gestão integrada do risco, que requer coordenação e vigilância constante, integração de medidas estruturais e não estruturais e monitorização da estratégia ao longo do tempo, num processo cíclico de publicação, aplicação, monitorização e revisão do plano.

Para evitar as cheias e reduzir os seus efeitos catastróficos podem ser adotadas diferentes opções de gestão, nomeadamente: a de resposta ao evento extraordinário em fase de emergência; a de recuperação, em fase de reconstrução das áreas destruídas; a de mitigação das vulnerabilidades do território (reforço da capacidade de construção), e de prevenção (base legais, planeamento do uso do solo) e de preparação, em fase de pré-impacto. Em territórios de elevada suscetibilidade às cheias rápidas, como o da

Madeira, as obras de hidráulica fluvial são determinantes para melhorar as condições de escoamento fluvial e para atenuar a produção de material sólido e aumentar a retenção da fração mais perigosa do material sólido das aluviões, a montante de zonas sensíveis ou vulneráveis.

Porém, estas obras de maior visibilidade pública, realizadas no âmbito das medidas de prevenção estruturais, não devem servir para alimentar a percepção de risco inexistente, dado que os fenómenos associados às cheias torrenciais são complexos e, conseqüentemente, não são totalmente controlados, apenas podem ser mitigados, sendo de vital importância, o permanente acompanhamento das características e a densidade de toda a rede hidrográfica, mantendo o processo de monitorização do fenómeno das aluviões e as condições de funcionamento dos cursos de água.

Na análise à vulnerabilidade é possível constatar que a maior exposição corresponde ao sector urbano onde estão localizados a maioria dos equipamentos e do tecido económico (Figura 11 e Figura 13). São áreas de fraco declive, mas onde um pequeno desnível poderá provocar um aumento de velocidade da aluvião.

Para a população residente, em especial a mais idosa, o maior perigo encontra-se na velocidade da água. As áreas de maior exposição desta população, assim como da população em geral, são muitos dos sectores da zona de Santa Maria e o de jusante da bacia hidrográfica de São João, que correspondem às áreas de maior suscetibilidade social (literacia e desemprego) e física (edifícios anteriores a 1970), menor resiliência (reduzida em toda a área em estudo), o que contribui para a elevada vulnerabilidade a estes sectores.

Conforme refere Lourenço (Lourenço, 2020), convirá ter presente que as sociedades que não forem capazes de se lembrarem do passado estarão fatalmente condenadas a repeti-lo.

BIBLIOGRAFIA

1. Abreu, U. (2008). Riscos Naturais no Ordenamento do Território: Aplicação ao Município de Câmara de Lobos – Construção de um sistema de gestão ambiental em ambiente de SIG's. Tese de Mestrado em Geociências. p. 22.
2. Almeida et al. (2010). Estudo de avaliação de risco de aluviões na ilha da Madeira, Relatório Final.
3. Bertoni, L. N. (1985). Conservação do Solo. Livrocetes.
4. Brum da Silveira, “. a. (2010). Carta Geológica da ilha da Madeira. Funchal, Região Autónoma da Madeira.
5. Cabral. (1995). Neotectónica de Portugal Continental. Lisboa: Memórias do Instituto Geológico e Mineiro nº35.

6. Cerdà, A. L. (2005). Long-term erosional responses after fire in the Central Spanish Pyrenees 1.
7. Delrieu, G. e. (2005). The catastrophic flash-flood event of 8–9 September 2002 in the Gard region, France. A first Case study for the Cévennes-Vivarais Mediterranean Hydrometeorological Observatory, J. Hydrometeorol.
8. Ferreira, D. B. (1985). Lesdepressions convectives du Bassin Atlantique sub-tropical oriental.
9. Góis, L. (2014). As inundações no Funchal: contributos para o Ordenamento do Território.
10. Lourenço, L. (2020). Efeitos da erosão acelerada em vertentes. Riscos Naturais e Protecção do Ambiente, p. 17.
11. Luciano, et. al. (2020). Madeira Região Resiliente. Aprender com o Passado.
12. Luís Carlos Hernani et al. (2002). Erosão e o seu impacto. Rio de Janeiro: J.R.R.
13. Pereira, E. (1988). Soco hercínico da zona centro ibérica - evolução geodinâmica. Lisboa: Geonovas, volume 10.
14. Quintal, R. (1999). Aluviões da Madeira. Séculos XIX e XX.
15. Reinhold T., S. W. (2013). Mountain torrents: Quantifying vulnerability and assessing uncertainties.
16. Ribeiro, M. L. (2009). Uma visita ao Arquipélago da Madeira. Principais locais Geo-turísticos.
17. Santangelo, N. S. (2011). Flood susceptibility assessment in a highly urbanized alluvial fan.
18. Sepúlveda, S. M. (2011). Avaliação da Precipitação Extrema na Ilha da Madeira. Avaliação da Precipitação Extrema na Ilha da Madeira.
19. SRA. (2015). Plano Regional de Ordenamento Florestal da Região Autónoma da Madeira. Funchal: Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais.
20. Varela, J. R. (2010). Inundações em meio urbano. As dificuldades de implementação da legislação em vigor.

SOBRE O ORGANIZADOR

Melchor Gómez Pérez- Doctor Ingeniero industrial. Profesor en el departamento de Ingeniería Eléctrica en la Universidad del País Vasco UPV/EHU. Imparto docencia en la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz y en la Facultad de Farmacia del Campus de Alava. Tesis doctoral sobre integración de energías renovables en el sistema eléctrico. Actualmente centrado en las necesidades y repercusiones que origina un nuevo modelo energético basado en la energía eléctrica, sin combustibles fósiles, en la sostenibilidad de los territorios y en las implicaciones sociales que esto implica. Estancias de investigación sobre metodología de aprendizaje en la Western Michigan University en EEUU y en Westminster University de Londres, sobre el papel de las energías renovables en Energy Research Institute (ERI), University of Leeds (2012) y en Aberystwyth University, Reino Unido (2011). Entre los artículos publicados destacar los de ámbito de la ingeniería en la revista Renewable Energy & Power Quality Journal y en la IEEE Xplore Digital Library. En el ámbito social en las revistas Opción, Areas y Alimara. Entre los capítulos de libro publicados, destacar: Un capítulo de libro publicado en tres idiomas y otros publicados en editoriales de Aranzadi S.A.U. Thomson Reuters, McGraw-Hill Interamerican, Tirant Humanidades y Gedisa S.A. He participado varios proyectos de investigación, los más recientes: Análisis, identificación y potenciación de las dimensiones asociadas a la sostenibilidad: una propuesta interdisciplinar y el premiado por el Consejo Económico y Social del Gobierno de España, Convocatoria XX. Miembro de la Cátedra UNESCO “Ciudadanía democrática y libertad cultural” de la Universidad de la Rioja (España). Organizador de los tres congresos sobre divulgación y encuentro de vehículos eléctricos y coordinador del proyecto bianual “Instalación de mini aerogeneradores en entornos urbanos” de la convocatoria Campus Bizia lab (CBL) de la Universidad de País Vasco (UPV/EHU).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1113-9468>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Albergues 55, 56, 59, 61, 63, 64, 65, 70, 71, 72

Aluviões 29, 30, 31, 37, 38, 39, 42, 48, 50, 52, 53, 54

Arquitectura 11, 19, 28, 55, 56, 69, 74, 81, 82, 83

Aveiro 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106

B

Betis 74, 75, 76, 77, 79, 81

Brise-soleil 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11

C

Camaronero 74, 75, 76, 79, 80, 81, 82

Cidades médias 84

Cidades portuárias 84, 85, 88, 89, 90, 91, 93, 94, 96, 97, 104

D

Desempenho climático 1

E

Energy transition 13

G

Género 55, 56, 62, 63, 72, 73

Gestión 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 72, 104

I

Ilha da Madeira 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 48, 53, 54

Impermeabilização do solo 29

Infraestruturas urbanas 29

L

Lugar 6, 36, 55, 58, 62, 63, 65, 67, 74, 77, 78, 79, 81, 83

M

Migración 55, 56, 57, 58, 61, 62, 70, 72, 73

Muelle 74, 75, 76, 79, 80, 81, 82

P

Participación ciudadana 19, 20, 22, 23, 24, 25, 27, 72

Planeación 19, 20, 22, 25, 26, 27, 28, 72

Porto de Aveiro 84, 86, 91, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106

Portugal 29, 31, 33, 34, 35, 47, 53, 84, 97, 99, 100, 101, 106

Projeto arquitetônico 1

Proteção solar 1, 2

S

SDGs 13

Self-consumption 13, 14, 15, 17

Sevilla 74, 75, 76, 83

Small wind turbines 12, 13, 17

T

Territorio 19, 20, 21, 22, 24, 28, 29, 30, 38, 39, 45, 47, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 61, 62, 70, 74, 83, 86, 88, 89, 93, 95, 96, 97, 104

TFG 12, 13, 14, 15, 16, 17

TFM 12, 13, 16, 17

U

Urbanismo táctico 56, 72

V

Vulnerabilidade a desastres naturais 29

W

Waterfront 74, 75, 77, 78, 82, 83, 88, 93, 94, 99, 106