

Usos do solo afetados pela execução de uma praia artificial e suas infraestruturas complementares no Município de Machico, Madeira (Portugal)

Land use affected by the execution of an artificial beach and its complementary infrastructures in the Municipality of Machico, Madeira (Portugal)

Sérgio Lousada ^{a*}

^aFaculdade de Ciências Exatas e Engenharia (FCEE), Departamento de Engenharia Civil e Geologia (DECG), Universidade da Madeira (UMA), Funchal, Portugal. slousada@staff.uma.pt

*Autor Correspondente

Recebido: 05 junho 2021 / Recebido em formato revisado: 02 setembro 2021 / Aceito para publicação: 10 setembro 2021 / Disponível online: 18 setembro 2021

Resumo

O presente estudo tem como objetivo a criação de uma praia artificial no concelho de Machico, bem como, as infraestruturas necessárias à mesma. Localiza-se na costa Sul, mais a Leste, no concelho de Machico da Ilha da Madeira. De forma a atingir os objetivos do estudo, procedeu-se inicialmente a uma extensa revisão e pesquisa bibliográfica afeta à temática, posteriormente desenvolveu-se um estudo que contemplou a simulação e criação duma praia de areia na costa de Machico. Uma das partes do estudo contemplou a análise da cota de inundação marítima, para um período de retorno de 100 e 500 anos, bem como a sua iteração com o PDMM - instrumento básico de ordenamento do território do município de Machico. Por fim, elaborou-se relativamente a este estudo, algumas considerações finais que se entenderam importantes no decorrer do desenvolvimento do mesmo, bem como, algumas projeções para possíveis trabalhos a realizar de modo a aprofundar o estudo efetuado à temática.

Palavras-chave: altura significativa extrema escalar; cota de inundação marítima; dinâmica litoral; onda; período de retorno; SIG.

Abstract

The present study aims to create an artificial beach in the municipality of Machico and its complementary infrastructures, located on the south-eastern coast, in the municipality of Machico (Madeira Island, Portugal). In order to achieve this study's main goals, it was initially carried out an extensive review and bibliographic research. One of the parts of the study contemplated the analysis of the maritime flood level, for a return period of 100 and 500 years, as well as its iteration with the PDMM - basic instrument for planning the territory of the municipality of Machico. Furthermore, some final remarks and conclusions will be shown; besides, some future projects should be developed to expand the knowledge of this thematic field.

Keywords: beach dynamics; extreme scalar wave height; GIS; maritime flood level; return period; waves.

1 Introdução

Atualmente existe uma enorme pressão de desenvolvimento na zona costeira em todo o mundo, o que resultou no planeamento ou construção de um grande número de empreendimentos costeiros. Esta situação exige mais do que proteção das costas existentes contra os riscos naturais, como erosão costeira e inundações costeiras. Normalmente, existe a necessidade de reabilitar muitas áreas costeiras que no passado estavam sob pressão do desenvolvimento em terra, bem como por causa da erosão e degradação costeira. No entanto, em algumas regiões a elevada procura não é satisfeita apenas com a reabilitação de praias existentes [1].

Na RAM (Região Autónoma da Madeira), a grande concentração de hotéis junto ao litoral, na costa sul, teve como

consequência a redução dos espaços de livre acesso da população ao mar, uma situação que foi compensada com a construção de vários complexos balneares, casos da Ponta Gorda, Poças do Governador, Doca do Cavacas, Barreirinha, Ponta Delgada, entre outros [2].

Desde as de calhau rolado, às de areia preta, passando pelas artificiais e os vários complexos balneares com piscinas naturais, é possível encontrar praias para todos os gostos na Madeira, criando uma competição com Porto Santo, até agora a única ilha do arquipélago, com a sua praia de areia fina e amarela de nove quilómetros de extensão [2].



Figura 1. “Prainha”, Machico
Fonte: <https://www.madeiraallyear.com>.

Mas há cerca de uma década o cenário começou a mudar e uma das inovações foi a importação de areia do norte de África para construir a praia artificial na Calheta, ver Fig. 2 [2].



Figura 1. Praia artificial da Calheta
Fonte: <https://www.madeiraallyear.com>

A Calheta foi a primeira praia na Madeira a importar areia tendo sido inaugurada em 2004 e contando com dois quebra-mares em talude como forma de proteção. A Praia da Calheta é uma praia situada na freguesia da Calheta, na ilha da Madeira, em Portugal, com 100 metros de extensão. É frequentemente procurada por praticantes de canoagem e windsurf [3]. Este projeto teve um tal sucesso que foi copiado no concelho Machico, no extremo este [2]. Localizada na margem direita da foz da Ribeira de Machico, a Praia da Banda d’Além, Fig. 3 é uma praia que permite um mergulho imediato a quem se encontra no centro da cidade de Machico [4].



Figura 2. Banda d’Além beach, Machico
Fonte: <https://www.madeiraallyear.com>

Com cerca de 70 metros de comprimento, a praia detém balneários, cabines de mudança de roupa, duches, casas de banho e estacionamento para além de ser vigiada durante a época balnear [4]. Esta praia de areia amarela é uma das poucas referências do género na Ilha da Madeira e está enquadrada na emblemática baía de Machico, Fig. 4 inserida numa envolvência agradável, tornando-se por isso, num dos locais favoritos a nível regional [4].



Figura 1. Baía de Machico
Fonte: Autor

A introdução de areia do norte de África nas praias da Madeira nos últimos anos mudou a aparência da ilha, mas também alargou a oferta turística para quem busca sol e mar [2]. Este estudo na sua globalidade tem como intenção a criação de uma praia artificial no concelho de Machico, bem como, as infraestruturas necessárias à mesma, dando continuidade ao sucesso da Praia da Banda d’Além, alargando a oferta e contribuindo para o desenvolvimento económico-social do município e, conseqüentemente, da RAM.

Adicionalmente ao modelo da dinâmica da praia, foi realizada uma extensa caracterização do regime extremo marítimo de forma a retratar uma análise entre as cotas topográficas abrangidas pela cota de inundação marítima “CIM”, bem como a sua iteração com o PDMM - instrumento básico de ordenamento do território do município de Machico.

2 Metodologia

No decorrer deste estudo adota-se uma metodologia quantitativa, que é caracterizada pelo emprego da quantificação, no processo de recolha de dados, e no tratamento desses dados através de técnicas estatísticas. É frequentemente aplicada às ciências em estudos descritivos que procuram descobrir e classificar a relação entre variáveis, ideal para o estudo físico-matemático.

De início procede-se a uma recolha de informação puramente teórica a utilizar neste estudo, durante a qual se verifica quais os *softwares* de apoio necessários e quais os parâmetros físicos que contribuem com maior peso na execução de um projeto desta magnitude.

Com base no *software* de desenho, folha de cálculo selecionados e fazendo uso dos dados recolhidos, organizados e tratados, foi elaborado e desenvolvido um projeto constituído por memória descritiva, um conjunto de desenhos de projeto de execução, um caderno de encargos/condições técnicas especiais, o respetivo orçamento e plano de segurança e saúde.

Após a elaboração do dito projeto, realizam-se as observações, as análises ao conjunto de peças escritas e desenhadas, bem como a sua importância durante as fases de projeto, execução e exploração.

No final do estudo, são expostas as conclusões e recomendações intrínsecas, sendo o presente trabalho realizado com base no organigrama apresentado na Fig. 5.



Figura 2. Organograma
Fonte: Autor

3 Caso de Estudo

O Arquipélago da Madeira, parte integrante do território português, situa-se no Oceano Atlântico a 978 km a sudoeste de Lisboa. De origem vulcânica, é formado pelas ilhas da Madeira (736 km²), Porto Santo (43 km²), Desertas (14 km²) e Selvagens (4 km²). Só as duas primeiras ilhas são habitadas, constituindo as outras reservas naturais [5, 6].

A ilha da Madeira possui uma orografia bastante acidentada, sendo os pontos mais altos o Pico Ruivo (1.862 m) e o Pico do Areeiro (1.818 m). O relevo, bem como a exposição aos ventos dominantes, faz com que na ilha existam diversos microclimas o que, aliado ao exotismo da vegetação, constitui um importante fator de atração para o turismo, principal atividade da região [5, 6].

Não existem grandes variações térmicas durante todo o ano, mantendo-se o clima ameno com temperaturas médias a rondar os 22 °C (máxima) e os 16 °C (mínima) [5, 6].

A temperatura da água do mar, devido à influência da corrente quente do Golfo, mantém-se nos 22 °C no verão, arrefecendo gradualmente até atingir os 17 °C no fim do inverno [5, 6].



Figura 6. Geomorfologia da Ilha da Madeira e Porto Santo caracterizada com o mapa de relevo (isolinhas + mapa de sombra), ribeiras principais e batimétricas com os limites e áreas oficiais dos concelhos (Autor: L.C.Antunes).

O caso de estudo localiza-se na costa Sul, mais a Leste, no concelho de Machico da Ilha da Madeira, com as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 32°42'58.15"N, Longitude: 16° 45'51.90"W (Fig. 7, 8).



Figura 7. Proposta de nova praia e infraestruturas associadas
Fonte: Autor



Figura 8. Local a intervir
Fonte: Autor

A praia de Machico (Sul) é uma praia com mistura de areia preta e pedras de basalto (Fig. 9). Tem águas límpidas e mar calmo com uma estrutura de atracação (pontão) que permite o acesso ao mar ou costa. Dispõe a referida costa de vários serviços de restauração e afins.



Figura 9. Detalhe da praia
Fonte: Autor

Este estudo, sendo meramente um projeto hipotético, visa a criação duma praia de areia artificial, bem como o dimensionamento dos esporões de abrigo para promover a retenção da areia e atenuar a ondulação incidente no local (caso de estudo). Uma hipótese para a alimentação desta praia consiste no aproveitamento da areia dragada no porto do Funchal. Para tal será necessário efetuar uma comparação entre o perfil de Garau e o perfil real da praia, com medições *in situ*.

Adicionalmente, e como um dos grandes objetivos deste estudo será também calculada a cota de inundação marítima, para um período de retorno de 100 e 500 anos.

De modo a modelar e projetar esta análise, será feita uma caracterização do regime marítimo extremo [7, 8].

Como dados de partida foram fornecidos os levantamentos topográficos e hidrográficos do local, bem como, os dados da ondulação (modelo Wave Watch III no ponto 32,0°N 17,0°W, obtidos em www.sonel.org. – a série histórica é mais larga (1952 a 2012), com dados a cada 6 horas), conforme ilustrado na Fig. 10.

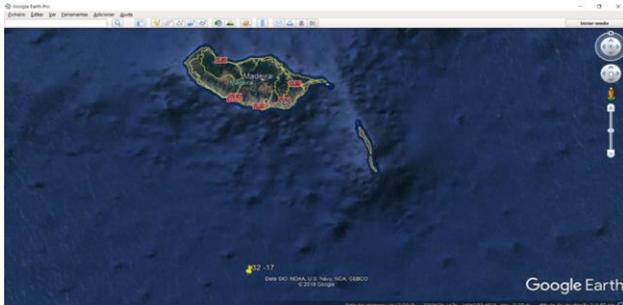


Figura 3. Localização da boia utilizada em relação à costa
 Fonte: Autor

4 Clima Marítimo

Pré-requisitos:

- Escolher um ponto na costa no qual se supõe que se vai projetar a Obra Marítima, para o qual se vai calcular o Clima Marítimo em Águas Profundas;
- Escolher o tipo de Obra Marítima que se pretende projetar, para poder calcular a Vida Útil (L) e o Risco (R) que representa o temporal de cálculo.

Foram seguidos os sete passos indicados na Fig. 11, para a obtenção do Clima Marítimo em Águas Profundas do ponto da costa escolhido.

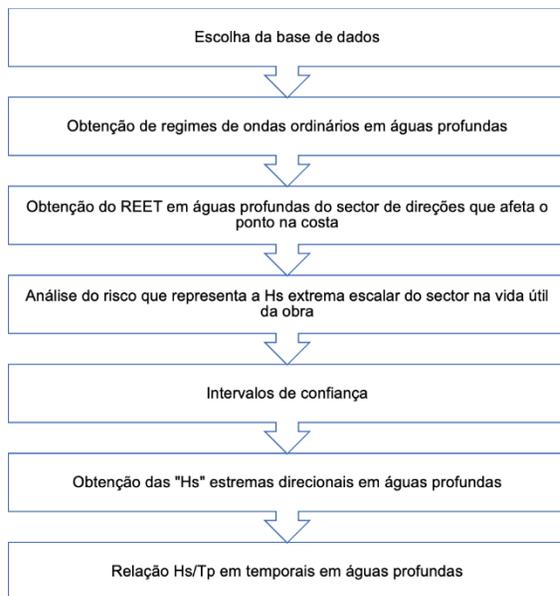


Figura 4. Metodologia de cálculo
 Fonte: Autor

O ponto da costa escolhido situa-se no concelho de Machico - Praia de Machico (Sul) com coordenadas 32°42'59.23"N; 16°45'52.02"W. Na Fig. 12 apresenta-se a zona onde será desenvolvido o projeto (hipotética obra marítima), neste caso, uma praia artificial, sobre a qual se realizará o estudo.



Figura 12. Proposta de nova praia e infraestruturas associadas - Ponto na costa – Machico
 Fonte: Autor

A informação utilizada na determinação do clima marítimo que afeta o ponto na costa corresponde à base de dados da SONEL (base de dados GOW – IH Cantabria de Santander - www.sonel.org), separador “Waves”. O ponto na costa está distanciado aproximadamente de 82.5 km da boia selecionada situada a Su-sudoeste da ilha da Madeira (32°00'00.00"N; -17°00'00.00"W).

No caso específico, e para o ponto na costa escolhido, as direções a considerar compreendem os sectores **SSW-S-SSE-SE-ESE** da Rosa dos Ventos, conforme se apresenta na Fig. 13.



Figura 13. Ponto na Costa – Estudo de Direções
 Fonte: Autor

Para obter o Regime Extremo Escalar de Temporais (REET) há que, em primeiro lugar, obter a altura de onda significant directional máxima anual ($h_{s,máx}$ - metros) e o período de pico (tp - segundos).

Na Fig. 14 apresenta-se o gráfico sobre os eixos cartesianos - Seleção do Período de Retorno (T_r) vs. Altura de onda extrema escalar (H_s) - para a nossa amostra de 59 anos (1952-2011) (base de dados escolhida, *SONEL* (www.sonel.org), separador “Waves”, nomeadamente a

boia situada a Su-sudoeste da ilha da Madeira (32°00'00.00"N; -17°00'00.00"W), através da F.D.D. Gumbel juntamente com as bandas de confiança para o percentil $\pm 90\%$.

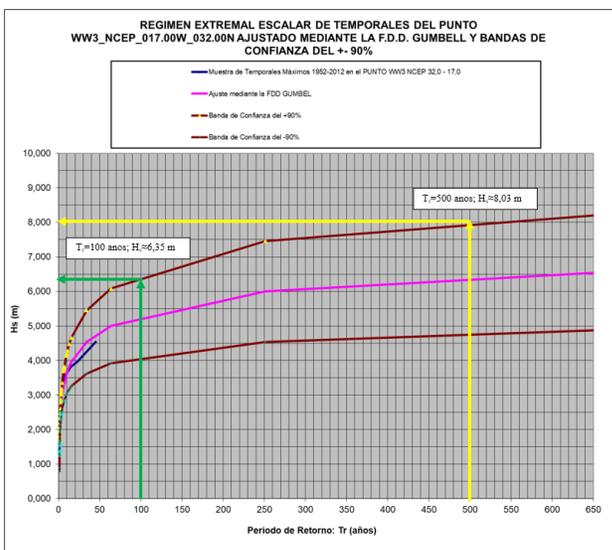


Figura 14. Regime Extremo Escalar de Temporais ajustado mediante a F.D.D. Gumbel juntamente com as bandas de confiança para o percentil $\pm 90\%$

Fonte: Autor

Depois de executada a tarefa anterior temos o seguinte:

- F.D.D. Gumbel (assíntota I) temos uma H_s extrema escalar para a banda de confiança, percentil +90% cujo valor é $H_{see} = 6,35$ m, para $T_r = 100$ anos;
- F.D.D. Gumbel (assíntota I) temos uma H_s extrema escalar para a banda de confiança, percentil +90% cujo valor é $H_{see} = 8,03$ m, para $T_r = 500$ anos.

Em seguida o foco centra-se no cálculo da cota de inundação da praia de Machico (Sul) - concelho de Machico, da costa sul da Madeira (Portugal). Juntamente com o desenvolvido e informa o prévia, pretende-se obter uma visão abrangente da dinâmica local de forma a esquematizar o desempenho da mesma.

A cota de inunda o marítima "CIM", designa o nível do mar atingido em situa es excecionais. Depende dos seguintes fatores: características da ondula o ou do temporal incidente (H_s, T_p), inclina o da praia e da existência ou não de defensas costeiras.

  possível distinguir vários níveis de inunda es marítimas dependendo da sua origem: a marítima simples, a pluvial simples e a combina o pluvial-marítima.

Posteriormente, processou-se para o caso de estudo, uma análise comparativa em duas dimensões da área e cotas topográficas abrangidas pela cota de inunda o marítima "CIM", bem como a sua itera o com o PDMM - instrumento básico de ordenamento do território do

município de Machico. Posto isto, com o recurso aos *softwares Microsoft Excel e AutoCad*, foi possível desenvolver esta análise, assim e com a ordem seguidamente descrita iremos apresentar o seguinte:

- H_{sedir} para a gama de dire es que afetam a obra, que multiplicado pelo Coeficiente de direccionalidade, C_d , da respetiva dire o, origina o valor máximo de $H_{see} = 3,42$ m;
- F.D.D. Gumbel (assíntota I) temos uma H_s extrema escalar para a banda de confiança, percentil +90% cujo valor   $H_{see} = 6,35$ m, para $T_r = 100$ anos;
- F.D.D. Gumbel (assíntota I) temos uma H_s extrema escalar para a banda de confiança, percentil +90% cujo valor   $H_{see} = 8,03$ m, para $T_r = 500$ anos.

No que se relaciona e consultando o PDMM e a sua resolu o seremos remetidos para:

- Artigo 29.  - Identifica o dos espaços - Em fun o do uso dominante existente ou proposto, consideram-se as seguintes classes e subclasses de espaços, identificados na planta de ordenamento:
 - a) Espaços naturais - Espaços naturais de uso recreativo (praias);
- Artigo 31.  - Identifica o das unidades operativas de planeamento e gestão - Sem prejuízo de se elaborarem planos municipais de hierarquia inferior para a totalidade do espaço de produ o de solo urbano do concelho, as UOPG identificadas no presente Plano e que se consideram de interven o prioritária são as seguintes:
 - a) U1 - zona antiga/histórica de Machico;
 - b) U2 - zona de equipamento de Machico;
 - c) U13 - frente mar de Machico.

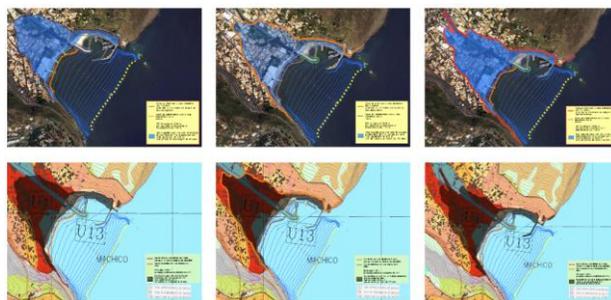


Figura 15. Compara o da Cota de inunda o marítima "CIM" para uma H_s (Real, $T_r = 100$ anos e $T_r = 500$ anos)

Fonte: Autor

Depois de analisado o PDMM, e em fun o incremento do valor de H_{see} , identificaram-se os usos de solo e sua categoriza o, observando-se um aumento destes em fun o do valor de H_{see} , conforme se apresenta na Fig. 15.

5 Conclusões

O principal foco deste estudo   a "cria o de uma praia artificial no concelho de Machico, bem como, as

infraestruturas necessárias à mesma (Machico – Ilha da Madeira)”, para tal um dos principais objetivos a ser discretizado corresponde à análise dos usos de solo afetados pelo foco principal do referido estudo, o que implica o cálculo da cota de inundação marítima “CIM”.

Da análise bibliográfica adquiriram-se conhecimentos ao nível das metodologias de execução relativas as diferentes alternativas para desenvolver um projeto completo de uma praia artificial, especificamente o da solução considerada.

Tendo em consideração a grande abrangência da temática deste estudo e a morosidade associada ao mesmo, foi possível atingir os objetivos previamente enunciados de forma satisfatória, complementando o conhecimento adquirido ao longo de todo o percurso académico com informação científica e análise experimental (utilização de diferentes *softwares*).

Com o desenvolvimento deste estudo processou-se uma análise comparativa em duas dimensões da área e cotas topográficas abrangidas pela cota de inundação marítima “CIM”, bem como a sua iteração com o PDMM - instrumento básico de ordenamento do território do município de Machico - este processo, demonstrou que a criação de um projeto para uma obra marítima (praia artificial), está devidamente conectado ao planeamento e ordenamento territorial e urbano, bem como aos usos do solo descritos no referido PDMM. Esta simulação fazendo uso dos Sistemas de Informação Geográfica “SIG” auxilia na tomada de decisão, na medida e quando estamos munidos de dados oceanográficos e topográficos de qualidade, podem permitir verificar o comportamento da cota de inundação marítima “CIM”, auxiliando no planeamento e ordenamento territorial e urbano [9].

Distinguem-se dois níveis de risco de inundação marítima simples:

1. O gerado pela atuação simultânea de:
 - a) Maré meteorológica + astronómica + temporal extremo - Seja a tempestade SEA (gerada por ciclones ou temporais) como seja o *SWELL* (gerado por borrascas) causando inundações marítimas, ou por impacto;
 - b) Maré astronómica + meteorológica + ondas largas - Neste caso, o maior risco de inundação, apresenta-se quando ocorrem simultaneamente a maré astronómica e a meteorológica.
2. A Inundação gerada por eventos extremos no mar: *tsunamis* tectónicos, vulcânicos ou de impacto. Estes, são resultado de qualquer combinação de maré e são de tal magnitude que não é economicamente viável projetar qualquer infraestrutura minimizadora dos seus danos.

A obtenção do valor da cota de inundação marítima “CIM” corresponde a um processo de cálculo extenso, lento e trabalhoso, com a utilização de diferentes *softwares*. No entanto, mostra que um aumento no valor de H_{see} corresponde a uma maior área de terra afetada,

portanto, uma maior área em relação aos diferentes usos do solo será afetada.

Com este trabalho indicam-se alguns aspetos a melhorar, caso se pretenda continuar a desenvolver um estudo semelhante:

- O principal aspeto a referir é a continuação e otimização da monitorização efetuada ao longo da costa na RAM, por forma a obter uma caracterização mais precisa da mesma, a diversos níveis, ondulação, geologia, batimetria, topografia, etc;
- Otimizar as folhas de cálculo desenvolvidas ao longo da realização deste estudo;
- Modelação e interação entre as alturas de onda e as estruturas portuárias, por forma a minimizar os erros efetuados ao longo destes anos (passado recente);
- Análise da influência do nível da maré no escoamento em canais de água artificiais, relação direta com o risco de cheias a jusante, e sua interligação com a análise da dinâmica costeira (contabilização do transporte sólido efetivo).

Referências bibliográficas

- [1] K. Mangor. General guidelines for good quality artificial beaches and Lagoons, and case stories. The College of Information Sciences and Technology, 2007. pp. 147-166.
- [2] Lusa, “Madeira com praias para todos os gostos,” 22 fevereiro 2020. [Online]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Praia_de_Machico..
- [3] RH Turismo, “«Jardim inaugura praia artificial com areia de Marrocos»,” 5 dezembro 2010. [Online]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Praia_da_Calheta.
- [4] Câmara Municipal de Machico, “Praias,” 29 02 2020. [Online]. Disponível em: <https://www.visitmachico.com/pt/sentir/natureza-mar/praias>.
- [5] Lousada, S. A. N. & Gonçalves, R.. Metodologias de Determinação de Alturas de Onda. Dimensionamento de Obras Marítimas. Portugal: Novas Edições Acadêmicas. 2019.
- [6] Gonçalves, R. S., Lousada, S.A., Castanho, R. A.. Determinação de Alturas de Onda para Dimensionamento de Obras Marítimas. Article of Congress Book – I CIPSOT, 2017.
- [7] Lousada, S.A.N. Underwater Work. Londres: Ed. IntechOpen. 2021.
- [8] Gonçalves, R. S., Camacho, R. F., Lousada, S., Castanho R. A.. Modeling of maritime agitation for the design of maritime infrastructures: the case study of madeira archipelago. Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento, Curitiba, v. 7, n. 1, 2018, pp. 29-50. DOI: 10.3895/rbpd.v7n1.7136.
- [9] Silva, G. V.. Cota de Inundação e Recorrência para a Enseada do Itapocoró e Praia de Morro dos Conventos, Santa Catarina, Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.