



Análise da evolução e dos impactos relativos à passagem da tempestade extratropical Xynthia na Costa do Sudoeste Francês

P. Lourenço^a, R. Silva^a

^aFaculdade de Letras da Universidade do Porto, Portugal

ARTICLE INFO

Keywords:

Xynthia storm
Extratropical storm
France
Vendée
Charante-Maritime
La Rochelle
La Faute-sur-Mer
La Aiguillon-sur-Mer

ABSTRACT

The French Southwest coast is no stranger to extreme weather events, presenting characteristics, such as an extensive and shallow continental shelf and a low-lying coastline which make it suitable for flooding when the sea level is high. Extratropical storms affecting Europe are not common but can happen if certain conditions are met and can have a destructive power if susceptible areas are not properly prepared for this. This paper aims to provide a general view and understanding of the evolution and impacts related to the passage of a storm through exposed coastal cities. For this purpose, a variety of relevant data to the theme is analyzed and further worked on to produce explanatory content about the event. A special focus is made on the villages most affected by the event in order to demonstrate by example, a variety of problems that turned this natural phenomenon into a disastrous event.

Introdução

No âmbito da unidade curricular de Oceanografia, foi proposto o estudo e respetiva análise de um evento extremo. Assim, o foco deste trabalho será a tempestade extratropical Xynthia, decorrida no Sudoeste Francês de 27 para 28 de fevereiro de 2010. Para uma compreensão do evento, foram escolhidos e posteriormente estudados uma variedade de indicadores relevantes quer, relativamente à área de estudo e ao comportamento do mar e da atmosfera. Desta forma, destacam-se a batimetria, altimetria, nível médio das águas do mar, regime mareal, ondulação, vento e rajadas e por fim a relação da humidade, pressão e ponto de orvalho.

Estas tempestades são acontecimentos raros, mas que juntamente com a formação propícia de certas condições podem levar à destruição, caso as áreas não estejam preparadas. Xynthia foi uma tempestade violenta que afetou grande parte da Europa Ocidental em fevereiro do ano de 2010, tendo provocado dezenas de mortes e desaparecidos. França foi o país mais afetado, mas também Portugal, Espanha, Bélgica, Inglaterra e Alemanha. A combinação de storm surges com ondas altas e maré alta terão criado as condições para o desastre. A tempestade terá sido gerada nas proximidades do arquipélago da Madeira, dirigindo-se de seguida para o continente europeu, atingindo desta forma a costa Sudoeste e Oeste Francesa. Perante este contexto, este trabalho encontra-se organizado, numa fase principal, na explicitação dos materiais e métodos utilizados, seguidos de uma análise da área de estudo interligando as “storm surges”. Numa segunda fase, analisados individualmente cada indicador, para entender as características de formação da tempestade. Num terceiro ponto, expomos os danos causados e por fim particularizamos unicamente o departamento mais afetado, Vendée, com destaque para La Faute-sur-mer e L’Aiguillon-sur-mer.

Materiais e métodos

Para a elaboração metodológica deste artigo, necessitamos de uma fundamentação teórica e gráfica. Sendo assim, no que concerne ao suporte teórico, este foi essencialmente debruçado em artigos científicos e notícias da tempestade. Relativamente ao suporte gráfico, recorreremos à plataforma Excel e ArcMap, para a elaboração de gráficos e tabelas, e cartografia, respetivamente (Figura 1). O tipo dos dados e a fonte são como demonstrado na tabela 1. É de realçar que os dados provenientes do Infoclimat e Tides4fishing (Tabela 1), referentes à pressão atmosférica, vento, precipitação e altura das marés foram retirados da estação meteorológica e marégrafo de La Rochelle, cidade costeira no Sudoeste de França e capital do Departa-

mento de Charentes-Maritime. Em situações em que os dados não estavam disponíveis para este local exato, estes foram recolhidos a partir do ponto disponível mais próximo, como é o caso da ondulação, retirada do SIMAR point 1074084, no site do Puertos del Estado. Com base na informação recolhida de vários artigos científicos, artigos noticiosos e nos dados recolhidos, que foram posteriormente trabalhados, elaborou-se um mapa de enquadramento, um de áreas inundadas e um mapa de maior detalhe para as cidades de La Fauche, sur-Mer e L’Aiguillon, com áreas inundáveis e área construída, sendo os dois últimos acompanhados por perfis batimétricos e topográficos auxiliares.

Tabela 1: Materiais Utilizados na realização do suporte gráfico

Dados	Tipo	Fonte
Batimetria	ASCII	EMODNET, 2020
Altimetria	Geotiff	SRTM, 2020
Variação do nível médio do mar	Texto	PSMSL, 2020
Pressão atmosférica	Imagem	Infoclimat, 2020
Vento	Imagem	Infoclimat, 2020
Altura das marés	Texto	Tides4fishing, 2020
Ondulação	Imagem	Puertos del Estado, 2020
Precipitação	Imagem	Infoclimat, 2020

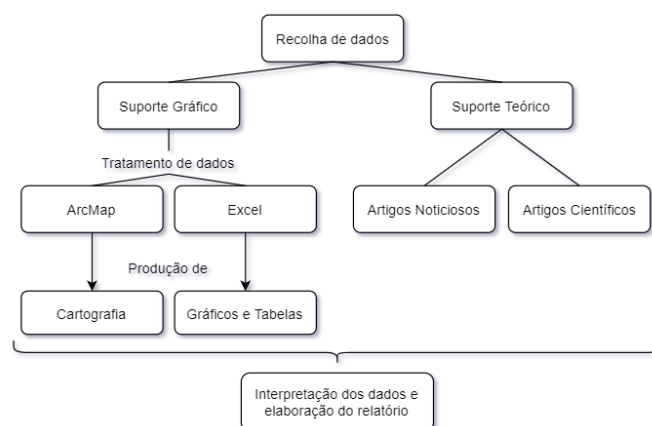


Figura 1: Esquema conceptual do trabalho

Tempestades extratropicais

As tempestades europeias são maioritariamente causadas por ciclones extratropicais que se formam devido a contrastes horizontais de temperatura entre massas de ar polares e massas de ar subtropicais. Uma vez que o contraste de temperatura destas massas é maior durante o inverno, a frequência e a intensidade das tempestades europeias são maiores próximo desta estação do ano. Ao contrário dos ciclones tropicais, que se formam devido a contrastes de temperatura verticais na atmosfera, derivam da energia da água oceânica quente e cujos ventos destes tendem a perder força quando o olho do ciclone atinge o continente mais frio, os ciclones extratropicais, devido ao gradiente de temperatura horizontal ser a sua fonte de energia, podem persistir quando o olho da tempestade atinge o continente, fazendo com que os ventos permaneçam iguais ou até que aumentem. Os ciclones extratropicais diferem, assim, dos tropicais no sentido em que têm frentes, ou seja, fronteiras distintas entre as massas a diferentes temperaturas, originando fortes ventos e precipitação intensa ao longo destas frentes. Além disto, as tempestades são direcionadas pelas correntes de jato, que, por sua vez, vêm o seu percurso condicionado pela posição do anticiclone dos Açores e do centro de baixa pressão das Islândia, sendo a posição destes importantes para o percurso que uma tempestade irá tomar em direção à Europa. Também é possível que conforme uma tempestade extratropical viaja até à costa europeia, interaja com um centro de baixa pressão, aumentando a intensidade. Os efeitos das tempestades normalmente incluem ventos fortes, precipitação intensa, storm surges e ondas altas.

Storm surges

Nas áreas costeiras, as storm surges são dos processos de maior ameaça às povoações. Estas caracterizam-se por uma subida anormal do nível da água gerado por uma tempestade, podendo causar enchentes extremas principalmente quando uma storm surge coincide com um período de maré alta. Uma storm surge é produzida por água forçada para a costa pelos ventos que sopram do mar para terra em volta do centro de baixa pressão da tempestade, à qual se junta uma subida do nível do mar de forma a compensar a baixa pressão no local. Os ventos geram também grandes ondas que acompanham o aumento do nível do mar, ultrapassando a zona de rebentação normal e atingindo áreas costeiras de baixas altitudes onde normalmente as ondas não chegam, causando assim grandes estragos. A erosão das praias é também severa durante estes fenómenos, podendo causar um recuo considerável da linha de costa.

O poder de uma storm surge é ditado por vários fatores, incluindo o tamanho e intensidade da tempestade, a geografia da linha costeira e o nível do mar, por exemplo, as baías tendem a afunilar a storm surge, elevando ainda o nível da água. Um dos fatores que pode ter impacto, relaciona-se com a largura e o declive da plataforma continental, sendo que uma plataforma de pouca profundidade pode potencialmente produzir um surge maior do que uma profunda. Podem ocorrer, também, enchentes ao longo de linhas de água próximo da costa, causadas pela interrupção do escoamento das águas para o mar. A baixa pressão no local compensada por um aumento do nível do mar é de cerca de 1m por uma descida de 100hPa.

O dano causado por tempestades e ciclones costuma se concentrar em zonas costeiras onde os ventos gerados atingem com maior força. Ao poder destrutivo de um storm surge, as ondas que o acompanham podem contribuir a destruição. Adicionalmente, as ondas juntamente com as correntes criadas pelo evento podem criar uma erosão severa afetando as praias e infraestrutura costeira, afetando a sua integridade. As storm surges podem se estender por vários quilómetros para terra a grande velocidade, invadindo casas e cortando ruas, apanhando assim populações desprevenidas e pondo-as em perigo. A prevenção do impacto destes eventos passa geralmente por avisos prévios à população e a sua evacuação para áreas de maior altitude.

Evolução da tempestade Xynthia

Na tarde de 23 de fevereiro de 2010 a *Météo France* anunciou uma depressão ativa sobre o Oceano Atlântico, situando-se a 30º de longitude a Oeste, a área de baixas pressões podia se transformar numa forte tempestade. Serviços meteorológicos em Portugal, Espanha e França iniciaram os procedimentos de alerta para as regiões ameaçadas pela tempestade. A 26 de fevereiro a depressão chega ao arquipélago das Canárias e causado danos materiais limitados. A 27 de fevereiro a tempestade, que continuou a crescer em força, chega à costa da Península Ibérica, Mar Cantábrico e ao Golfo da Biscaia. Durante a noite de 28 de fevereiro, pelas 02:00 am, a tempestade atinge a costa ocidental francesa, afetando especialmente as áreas costeiras de Vendée e Charente-Maritime. Quatro horas depois a tempestade chega a Paris, dirigindo-se depois para a Bélgica, Holanda, Alemanha e

por fim perdendo a força e dissipando-se no Sul do Mar Báltico. A tempestade ultrapassou o continente Europeu numa direção de Sudoeste para Nordeste cobrindo cerca de 1400 quilómetros num período de 24 horas.



Figura 2: Parte do percurso da tempestade Xynthia e regiões afetadas (BBC News, 2010)

Área de estudo

A área de estudo situa-se na costa Sudoeste francesa, mais precisamente no departamento de Charente-Maritime, onde, juntamente com o departamento de Vendée, as consequências da passagem do ciclone Xynthia provocaram mais danos.

Charente-Maritime é um departamento do Sudoeste francês cuja capital é a cidade de La Rochelle. Esta região, costeira, é banhada a Oeste pelo Golfo da Biscaia, golfo pertencente ao Oceano Atlântico entre França e Espanha (figura 2).

A região não é estranha a eventos meteorológicos extremos, tendo experienciado várias tempestades mais intensas que a Xynthia (Figura 3), resultando várias vezes em cheias devido à falha de diques devido a tempestades combinadas com marés altas. Tempestades em 1940 e 1999 fizeram com que houvesse um reforço da infraestrutura em certas áreas, que juntamente com uma maior consciência da população dos possíveis efeitos de tais eventos, terá ajudado a mitigar os efeitos da tempestade Xynthia. A regularidade destes eventos nas regiões de Vendée e Charente-Maritime terão originado o termo “vimer” para storm surges durante marés de primavera.

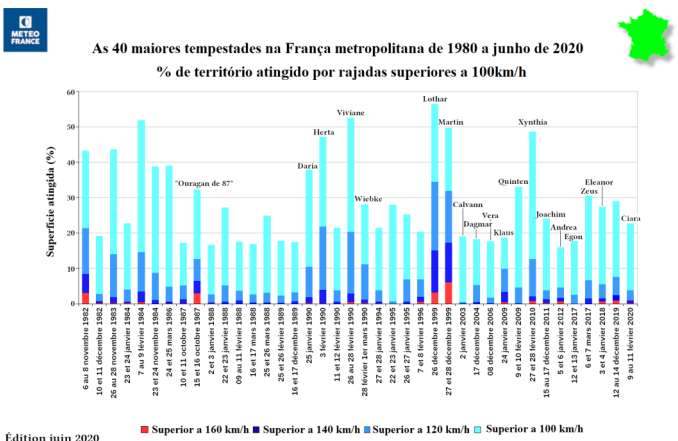


Figura 3: Historial das maiores tempestades em França (Meteo-France, 2020)

1.1 Nível médio do mar

Este é um local de forte deposição sedimentar e considerado uma zona costeira de subsidência. De facto, a variação do nível do mar em La Rochelle demonstra uma subida relativa de 1,67mm por ano (figura 4), sendo que o GPS de La Rochelle aponta para uma subsidência continental de 0,23mm (figura 5) a subida absoluta do nível do mar na região será de cerca de 1,44mm por ano.

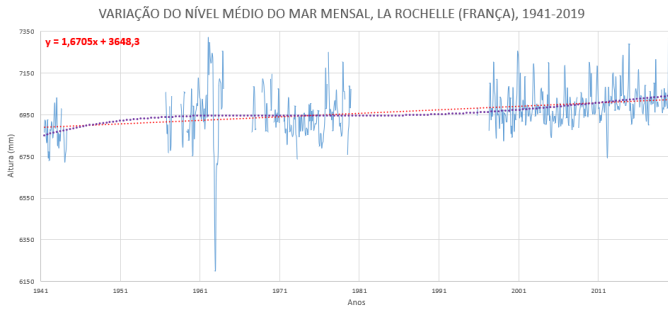


Figura 4: Variação do nível do mar em La Rochelle (elaboração própria)

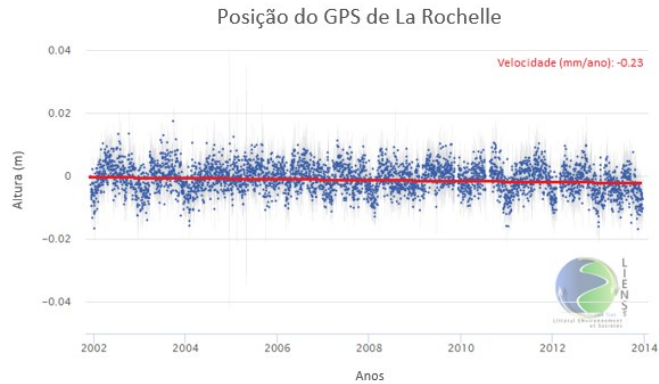


Figura 5: Posição do GPS em La Rochelle (SONEL, 2020)

1.2 Regime mareal

O regime mareal da região, demonstrado pelo marégrafo de La Rochelle (figura 6) pode classificar-se como um regime semidiurno, uma vez que num período de cerca de 24 horas dá-se 2 marés altas e 2 marés vazas e macromareal, uma vez que a amplitude das marés é maior que 4m, sendo regular variar entre os 0,5m e os 6m durante marés vivas e entre 2m e 4,5m durante marés mortas. A tempestade Xynthia, ao atingir a costa francesa a 28 de Fevereiro pelas 02:00am, chegou durante um período de maré-viva coincidindo com uma preia-mar pelas 04:15am.

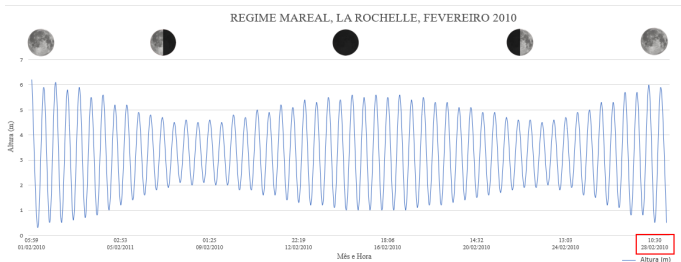


Figura 6: Regime Mareal em La Rochelle (elaboração própria)

1.3 Batimetria e Altimetria

O perfil batimétrico representado na Figura 8 demonstra que a planície abissal do Golfo da Biscaia situa-se entre os 5000m e os 4000m de profundidade, sendo por volta destes, que se encontra uma subida abrupta de elevação, representando o talude abissal, que se prolonga até cerca dos 200m de profundidade, onde o relevo submarino volta a aplanar para formar a plataforma continental, esta estendendo-se por cerca de 150km, sendo consideravelmente extensa, de pouca inclinação e profundidade, até à linha de costa. Depois desta, a plataforma litoral continua com um traçado plano, próximo do nível do mar, entre os 0 e os 50m, até várias dezenas de quilómetros para o interior. Esta característica são a regra para grande parte do litoral Sudoeste francês, destacando-se uma quantidade considerável de áreas abaixo do nível do mar, entre os -400m e 0m. As características batimétricas e altimétricas, nomeadamente uma plataforma continental extensa e de pouca profundidade e áreas costeiras perto ou mesmo abaixo do nível do mar fazem com que certas áreas do litoral Sudoeste francês sejam naturalmente propícias a inundações.

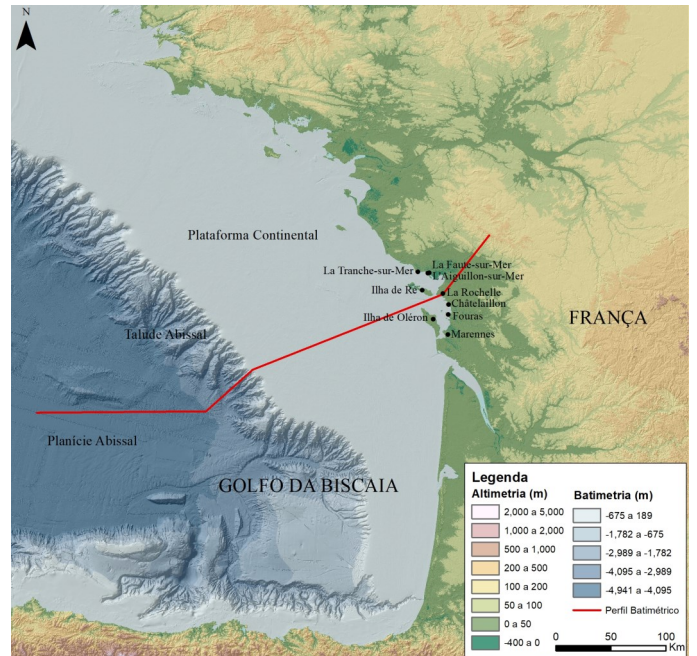


Figura 7: Enquadramento da batimetria e altimetria da área de estudo (elaboração própria)

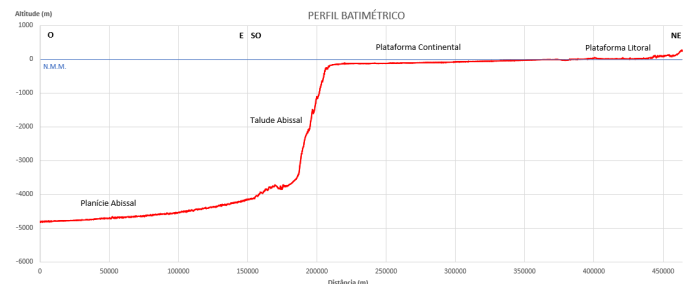


Figura 8: Perfil batimétrico da área de estudo (elaboração própria)

Dados relativos à passagem da tempestade

A passagem de uma tempestade por um local caracteriza-se por um conjunto de indicadores que a evidenciam, nomeadamente uma queda da pressão atmosférica, devido à aproximação do centro de baixa pressão, ventos e rajadas elevados devido à movimentação intensa do ar em volta do mesmo centro, uma ondulação com altura exagerada devido à influência dos ventos fortes, e potenciais alterações na humidade, temperatura e ponto de orvalho.

1.4. Pressão Atmosférica e Precipitação

A figura 9 representa a variação da pressão atmosférica e da precipitação em La Rochelle, de 24 de fevereiro a 1 de Março de 2010. Verifica-se que a pressão atmosférica a 24 de fevereiro manteve-se em volta dos 1000 hPa, diminuindo e atingindo cerca de 990 hPa durante 25 de fevereiro. A pressão volta a aumentar dia 26 de fevereiro para valores próximos dos 1010 hPa, seguindo-se de uma descida abrupta e contínua ao longo do dia até cerca das 00:00 da 28 de fevereiro, hora pela qual a tempestade terá atingido o litoral francês. Neste período, a pressão atmosférica registada chegou aos 975 hPa, voltando a subir conforme a tempestade progride para o interior do país, retomando valores perto dos 1010 hPa. Esta descida de pressão terá sido compensada com uma subida do nível do mar. Verifica-se que a precipitação concentrou-se nos períodos em que a pressão desce, podendo este fator contribuir para o efeito das enchentes principalmente do tipo fluvial.

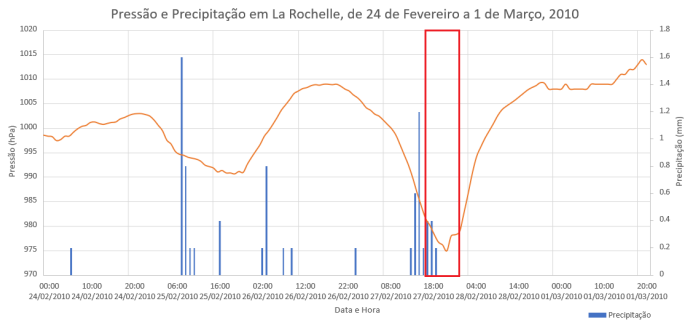


Figura 9: Variação da pressão e precipitação em La Rochelle (elaboração própria)

1.5. Vento e Rajadas

A figura 10 representa a variação da velocidade média do vento e a velocidade das rajadas em La Rochelle, de 24 de fevereiro a 1 de março de 2010. Observa-se que dia 24 de fevereiro registou-se velocidades médias do vento entre cerca de 15 a 35 km/h e rajadas entre os 25 e os 70 km/h. Dia 25 de fevereiro observa-se um aumento da intensidade do vento, sendo a variação entre os 10 e os 50 km/h para a velocidade média do vento e rajadas entre os 30 e os 90 km/h. Durante 26 de fevereiro há uma diminuição da velocidade dos ventos e rajadas e os mínimos registados dão-se durante a manhã do dia 27, havendo depois um progressivo aumento das velocidades até cerca das 00:00 do dia 28, registando-se os máximos de 80 km/h para a velocidade do vento e rajadas de perto dos 140 km/h. Conforme a tempestade se afasta do local, as velocidades registadas diminuem progressivamente para valores normais. Os ventos fortes característicos das tempestades geram ondas de grande dimensão que acompanham o aumento do nível do mar resultante da água empurrada para costa também pela ação do vento.

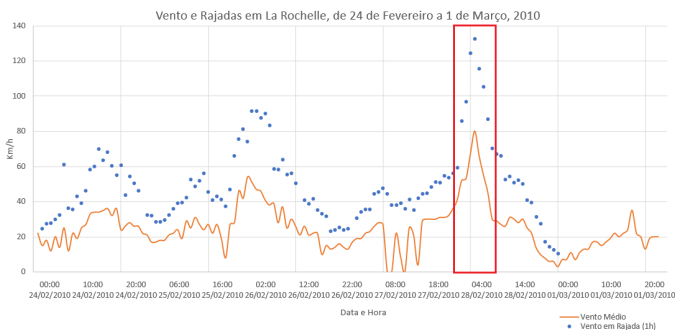


Figura 10: Variação do vento e rajadas em La Rochelle (elaboração própria)

1.6. Ondulação

Na figura 11 temos a variação da altura de onda significativa na ilha de Oléron durante os meses de Janeiro e Junho de 2010. Vemos que a altura de onda apresenta variações demarcadas, com subidas de vários metros, nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março e Abril, mas não nos meses de Maio e Junho. Desde o início do ano os máximos registados foram aumentado progressivamente, de um máximo de comprimento de onda de 3.68 m em janeiro para 8.18 m em fevereiro (tabela 2), tendo este máximo acontecido no final do mês, no período da aproximação da tempestade a este local. Este aumento da altura das ondas, conjugado com o aumento do nível do mar resulta numa rebentação das ondas a altitudes maiores às de rebentação normais, podendo, se atingirem altura suficiente, ultrapassar proteções naturais como dunas ou artificiais como diques e barragens, resultando em danos significativos por ação física na infraestrutura e na própria linha de costa. Se a área depois da barreira física, natural ou artificial, for de baixas altitudes, dá-se condições para inundações.

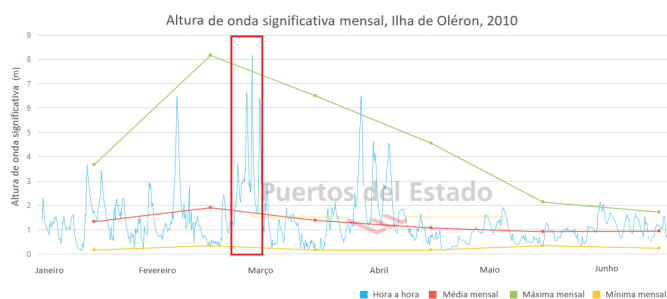


Figura 11: Variação da altura de onda significativa mensal (Puertos del Estado, 2020)

Tabela 2: Materiais Utilizados na realização do suporte gráfico.

Mês	Altura Máxima (m)	Período de Pico (s)	Direção Média (0=Norte; 90= Este)	Dia	Hora
Janeiro	3.68	11.59	258	13	03:00
Fevereiro	8.18	13.24	253	26	03:00
Março	6.49	13.80	258	27	06:00
Abril	4.54	12.49	257	3	18:00
Maio	2.12	7.77	263	30	03:00
Junho	1.71	12.23	273	1	21:00
Julho	3.04	12.68	266	15	03:00
Julho	3.04	12.84	267	15	04:00
Agosto	2.62	9.95	255	27	15:00
Setembro	2.90	7.16	279	8	03:00
Outubro	3.22	15.35	258	31	23:00
Novembro	6.09	17.23	261	9	09:00
Dezembro	3.76	8.65	275	17	03:00

1.7. Humidade, Temperatura e Ponto de Orvalho

A figura 12 representa a humidade, temperatura e ponto de orvalho em La Rochelle, do dia 24 de fevereiro a 1 de março de 2010. Assim, verifica-se que a variação de temperatura foi entre os 9°C e os 12°C no dia 24, entre 9°C e 14°C no dia 25 e entre os 7°C e os 12°C no dia 26. Ao longo do dia 27, a temperatura aumentou progressivamente atingindo pelas 00:00 do dia 28 de fevereiro, dia da tempestade, a temperatura mais alta, cerca de 15°C, seguido de uma diminuição abrupta para os 9°C. A Humidade apresenta subidas e descidas ao longo de todos os dias, variando entre os 70% a 90%, sendo que no período da chegada da tempestade houve uma descida para valores mínimos de cerca de 1°C. Com o passar da tempestade, a humidade volta para os 87%, retomando a variação entre os valores anteriores ao evento. No que concerne ao ponto de orvalho, este ao longo de todo o gráfico acompanha, mesmo que num nível mais baixo, a variável da temperatura, começando com 8°C no dia 24 de fevereiro e 9°C no dia 28 de fevereiro, tendo acompanhado a subida e descida da temperatura durante a passagem da tempestade pelo local.

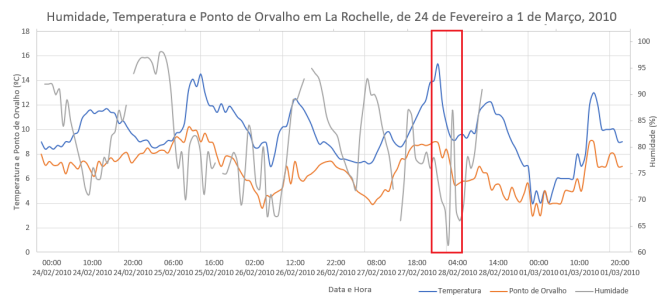


Figura 12: Variação da humidade, temperatura e ponto de orvalho (elaboração própria)

Danos causados pela tempestade

Como se pode ver no mapa da figura 13, as áreas inundadas, representadas a azul localizam-se próximo da linha de costa, ao longo do cursos de água e a baixas altitudes, entre os 0m e os 50m e abaixo do nível médio do mar, demonstrando que ocorreram cheias marítimas e fluviais. Das áreas afetadas, destacam-se, devido aos danos causados, as povoações de La Tranche-sur-Mer, La Faute-sur-Mer, L'Aiguillon-sur-Mer, Charron, La Rochelle, Châtelailion-Plage, Fouras, Marennas, e as ilhas de Ré e Oléron, afetando os departamentos de Vendée e Charante-Maritime, produzindo estragos como são exemplo os da figura 13.

O ciclone extratropical Xynthia provocou elevados danos na Europa Ocidental, desde Espanha, Portugal e o mais afetado de todos, o Oeste da França, onde mais de um milhão de casas ficaram sem energia, a queda de árvores levou à danificação de veículos, telhados de habitações e ao desabamento de partes estruturais de estradas. Tudo isto deveu-se ao rompimento de barragens durante a tempestade, causado essencialmente por falha de várias infraestruturas, como diques e dunas, que desta forma foram incapazes de travar a devastação, levando à formação de grandes inundações em diversas comunas francesas. Os danos foram de 2.5 bilhões de euros e a destruição de serviços essenciais. As cidades de La Faute-sur-mer, l'Aiguillon-sur-mer, pertencentes ao departamento de Vendée foram as mais afetadas em diversos aspetos.

É ainda de realçar o facto da legislação referente à construção de habitações não ter sido cumprida, na medida em que as zonas habitacionais nas áreas mais afetadas foram consequência de construção em áreas identificadas como de alto risco onde a construção seria proibida devido à serem altamente propícias a inundações, encontrando-se muitas delas a baixo do nível médio das águas do mar. A tempestade apanhou assim, a população da zona costeira do Oeste de França de forma repentina e inesperada, dado que esta ocorreu durante a noite, impossibilitando a sua percepção e saída das casas e na qual os meios de comunicação do risco/ameaças falharam os



Figura 13: Mapa das áreas inundadas na área de estudo (elaboração própria)

avisos à probabilidade de inundar mais de quarenta regiões, o que relevou uma má falha de comunicação. A zona onde a tempestade foi mais devastadora, La Faute-sur-mer, os ventos registaram um pico de velocidades (160 km/h (99 mph)). A tempestade originou a morte de cerca de 47 pessoas das quais, 29 em La Faute-sur-mer, que pertenciam essencialmente ao grupo vulnerável dos idosos e crianças, cerca de 22 tinham mais de 60 anos.

A mortalidade foi relevante, sendo causada em parte pelo facto das habitações serem predominantemente constituídas por apenas um piso, por outro lado, o número de mortes não se intensificou mais devido ao facto das zonas afetadas serem de habitação secundária e não principal e de ter ocorrido durante o inverno. A vila de Charron, também foi violentamente atingida, originando 3 vítimas mortais, 1 idoso e duas crianças. É ainda de realçar a grande destruição de casas e infraestruturas essenciais, que se deveu pelo trasbordo dos diques e os solos mais altos, que são mais propícios à devastação. Relativamente à Ilha do Ré, esta registou 2 mortes perto das barragens de conexão entre as duas ilhas (Ilha d'Oléron). A Ilha do Ré, encontra-se localizada poucos metros acima do nível do mar e as inundações em grande parte da ilha, foram consequência de uma falha numa parede de inundação, juntamente com pelo menos 5 diques, que também não conseguiram impedir a passagem das águas, principalmente a sotavento da ilha. A elevada ondulação, de cerca de 7 metros alicerçada a todas as falhas referidas anteriormente intensificou o processo. Já na Ilha d'Oléron, as ondas extremas contribuíram para o colapso também de uma parede de inundação com mais de 3 metros, onde o galgamento erodiu a areia dentro da própria parede. A ilha registou a morte de 5 pessoas. Por último, a vila de La Rochelle, foi maioritariamente afetada a sul, em Aytré, onde esta registou 3 vítimas mortais. Assim, as dunas existentes estavam de tal forma baixas, que a diferença entre a linha das dunas e o nível médio da maré viva elevada pela onda da tempestade era inferior a 1 metro, inundando as casas atrás da linha das dunas. Desta forma, em vários locais, a água ficou retida entre as dunas mesmo após o evento, dificultando os processos de resposta à emergência. A combinação da diques e barragens antigos e sem manutenção, a população idosa, a construção de habitações em zona de risco e o evento ter ocorrido durante a noite terão sido os fatores chave para a perda de vidas resultantes da tempestade.

O caso de La Faute-sur-Mer e L'Aiguillon-sur-Mer

O departamento de Vendée, foi, como visto anteriormente, o mais afetado em França pelo evento extremo, havendo graves consequências nas duas cidades do estuário do rio Lay, La Faute-sur-mer e L'Aiguillon-sur-mer. O número de óbitos estima-se que poderia ter sido ainda maior caso o evento tivesse ocorrido durante o Verão, quando a ocupação seria 10 vezes maior uma vez que prevalecem principalmente casas de férias.

Como se verifica por toda esta área costeira francesa (figura 13), a altitude é relativamente baixa, situando-se muito perto do nível médio do mar.

O mapa da figura 14, mostra os limites da área construída relativa às duas cidades e a área identificável como inundável, verifica-se que estas se sobrepõe numa extensão considerável, ou seja, não houve restrições à construção em áreas de risco e, portanto, as construções aqui situadas encontravam-se especialmente vulneráveis a qualquer evento que eleve o nível das águas. O perfil topográfico transversal ao rio Lay (figuras 14 e 15), atravessa as povoações de La Faute-sur-Mer e L'Aiguillon-sur-Mer. Neste, foi representado o nível médio do mar, a maré máxima viva de acordo com os dados recolhidos do marégrafo de La Rochele (figura 6) e a altura máxima das ondas registada em fevereiro de 2010 (tabela 2).

O perfil demonstra uma plataforma pouco profunda, tendo um máximo de 5m por toda a extensão do perfil, com uma fraca inclinação até à linha de costa, seguido por uma elevação relativa à formação da duna, havendo depois uma descida de elevação onde se encontra a cidade de Faute-sur-Mer, seguido por outra depressão, que chega abaixo do nível do mar, onde corre o Rio Lay. A cidade de L'Aiguillon-sur-Mer encontra-se na elevação depois do rio, seguindo-se de uma perda progressiva de altitude até entre os 0m e cerca de 2,5m. Através do perfil constata-se que as cidades, principalmente La Faute-sur-Mer, se encontra localizada na proteção da duna, sendo esta a barreira física que impede o avanço do mar durante o regime de marés mais altas. Sobrepondo-se a informação da maré alta e da altura máxima das ondas, vemos que o nível do mar poderá potencialmente ultrapassar a altitude de certos setores de ambas as cidades e até, ultrapassar por completo a barreira formada pelas dunas nos seus setores mais deprimidos. Uma subida do nível do mar e a rebentação das ondas diretamente na duna, pode provocar uma erosão intensa da mesma, de facto, o setor mais a norte da duna, de menor altitude, terá quebrado originando uma passagem por onde o mar entrou (figura 16).



Figura 14: Área inundável e construída em La Faute-sur Mer e L'Aiguillon-sur-Mer (elaboração própria)

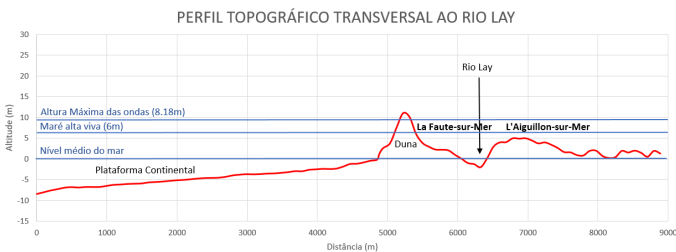


Figura 15: Perfil topográfico transversal ao rio Lay (elaboração própria)



Figura 16: Fotografia aérea mostrando a abertura na duna (Kolen B., 2010)

Conclusão

A tempestade Xynthia foi um dos eventos naturais mais mortíferos e destrutivos que ocorreu em França. Como característico de eventos da mesma natureza, a tempestade conforme se aproximou da costa francesa, originou uma queda de pressão, ventos e rajadas fortes, ondulação de elevada altura e intensificação da precipitação.

Ocorreu no dia 28 de fevereiro, num período de maré-viva coincidindo com uma preia-mar.

As características batimétricas e altimétricas do litoral Sudoeste francês tornam-no propício a inundações.

A descida abrupta e contínua dos valores da pressão ao longo do dia 27 até à hora da tempestade foi acompanhada por uma subida do nível do mar. Também a precipitação teve uma influência, intensificando-se conforme a descida gradual dos valores de pressão, isto poderá ter gerado enchentes de caráter fluvial.

O vento intensificou-se bastante, que terá gerado ondas de grande dimensão e também empurrado a água para a costa.

A ondulação tal como enunciado anteriormente intensificou-se promovendo uma ação destruidora de diversos diques e barreiras físicas da linha da costa. A temperatura, humidade e ponto de orvalho verificam também elas oscilações.

A tempestade causou essencialmente inundações nas zonas mais baixas e localizadas perto da costa, sendo distinguidas cheias de caráter fluvial e marítimo. Os danos causados por essas cheias foram notórios, não só na quantidade de casas e infraestruturas destruídas, bem como dos danos avaliados em 2,5 bilhões de euros. Vendée foi claramente o departamento mais afetado, realçando uma conjugação elevada de todos os fatores de formação da tempestade. A população foi também ela gravemente afetada, tendo sido registados cerca de 47 mortes.

O caso de La Faut-sur-Mer e L'Aiguillon-sur-Mer, tendo sido o local mais afetado, é exemplo do impacto da tempestade nas povoações costeiras do Sudoeste de França. A análise do evento neste local em particular, aponta para uma variedade de problemas que tornaram o fenómeno natural num evento desastroso, tendo o processo de urbanização em áreas de risco sido o maior fator de exposição. A análise topográfica, juntamente com a informação trabalhada referente ao nível das águas do mar e da ondulação ocorridos durante o evento, demonstram a vulnerabilidade da área devido a esta se encontrar num regime macromareal e ser de baixa altitude, onde uma alteração introduzida no nível da água pode resultar em inundações.

Eventos naturais deste tipo, nomeadamente tempestades extratropicais com incidência na Europa são raros mas podem acontecer se certas condições se verificarem e tendo um poder destrutivo as áreas suscetíveis devem estar devidamente preparadas para isso. Esta preparação deve ser constituída por uma sensibilização à população e às autoridades, um planeamento devido, impedindo a construção em áreas de risco, um sistema de alerta rápido e eficaz, que tenha em conta a população mais idosa e uma manutenção regular da infraestrutura como diques e barragens que impeça, diminua ou mitigue os impactos de eventos desta natureza.

Bibliografia

Bird, Eric CF. Coastal geomorphology: an introduction. John Wiley & Sons, 2011.

Malmquist, D. L. (ed.), 1999. "European Windstorms and the North Atlantic Oscillation: Impacts, Characteristics, and Predictability." RPI Series No. 2, Risk Prediction Initiative/Bermuda Biological Station for Research, Hamilton, Bermuda, 21 pp.

McMurdie L., Houze R. (2006). Atmospheric Science || Weather Systems. 313–373. doi:10.1016/B978-0-12-732951-2.50013-2

Kolen, B., Slomp, R., Van Balen, W., Terpstra, T., Bottema, M., & Nieuwehuis, S. (2010). Learning from French experiences with storm Xynthia; damages after a flood. ISBN 978-90-77051-77-1.

Genovese, E., Przulski, V., & Hallegatte, S. (2012, May). Disaster risk management and territorial governance: Lessons from Xynthia storm in France. In FIG 2012.

Haidu, I., Furtuna, P. R., & Lebaut, S. (2019). Detection of old scattered windthrow using low cost resources. The case of Storm Xynthia in the Vosges Mountains, 28 February 2010. Open Geosciences, 11(1), 492-504.

BBC News (28 de fevereiro de 2010). Obtido de At least 50 dead in western Europe storms: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/8540762.stm>

La Nouvelle République fr (28 de fevereiro de 2020). Obtido de Tempête Xynthia, 10 ans après: "On s'est battu jusqu'au bout": https://www.lanouvellerepublique.fr/deux-sevres/tempete-xynthia-10-ans-apres-on-s-est-battu-jusqu-au-bout?fbclid=IwAR3qslidwX_vU6uQ7uH7hrV5f-8vcCdXA2pBRZM_zdaDRWBInFY1cTLdxzA

Météo France. Obtido de Tempêtes remarquables en France (junho de 2020): <http://tempetes.meteo.fr/spip.php?article195>

EMODnet. Obtido de Bathymetry Viewing and Download service: <https://portal.emodnet-bathymetry.eu>

Infoclimat. Obtido de Station météorologique de La Rochelle Aérodrome (25 de fevereiro de 2010): <https://www.infoclimat.fr/observations-meteo/archives/26/fevrier/2010/la-rochelle-aerodrome/07316.html?graphiques>

Tides4fishing. Obtido de TIDES AND SOLUNAR CHARTS (fevereiro de 2010): <https://tides4fishing.com/fr/poitou-charentes/la-rochelle>

Puerto del Estado. Obtido de Boyas y mareógrafos: <http://www.puertos.es/en-us/oceanografia/Pages/portus.aspx>

PSMSL. Obtido de PSMSL Data Explorer, Marégrafo La Rochelle-La Palli- ce: <https://www.psmsl.org/data/obtaining/map.html>

SONEL. Obtido de GPS La Rochelle: <https://www.sonel.org/spip.php?page=gps&idStation=934>