



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR - LABOMAR
GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

EVENTOS DE RESSURGÊNCIA COSTEIRA NAS RÍAS GALEGAS (ESPANHA)

Discente: Thaysa Portela de Carvalho

Fortaleza, Ceará
2013

THAYSA PORTELA DE CARVALHO

EVENTOS DE RESSURGÊNCIA COSTEIRA NAS RÍAS GALEGAS (ESPANHA)

Monografia apresentada junto
ao curso de Oceanografia da
Universidade Federal do Ceará
como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Geraldo Ferreira

Fortaleza, Ceará

2013

Ar. 139941
Reg: 14106706

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Rui Simões de Menezes

C329e Cavalho, Thaysa Portela de.

Eventos de ressurgência costeira nas Rías Galegas (Espanha) / Thaysa Portela de Cavalho – 2013.

49 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2013.

Orientação: Profº. Dr. Antonio Geraldo Ferreira.

Co-Orientação: Dr. Jesus Torres Palenzuela

1. Sensoriamento remoto. 2. Oceanografia. 3. Satélites. I. Título.

CDD 621.367 8

THAYSA PORTELA DE CARVALHO

EVENTOS DE RESSURGÊNCIA COSTEIRA NAS RÍAS GALEGAS (ESPANHA)

Monografia apresentada junto
ao curso de Oceanografia da
Universidade Federal do Ceará
como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel.

Aprovada em: __/__/__

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antônio Geraldo Ferreira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Maria Oziléa Bezerra Menezes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Ernesto Lopez-Baeza
Universidade de Valência (UV)

Aos meus pais, Ribamar e Tâmara, e meus
irmãos André, Tércia e Thâminha.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela realização deste trabalho. Aos meus pais, que sempre me incentivaram no estudo. Aos orientadores Geraldo Ferreira, pelo seu empenho, apoio e conhecimento transmitido ao longo do curso, e Jesus Palenzuela, por conceder a oportunidade de iniciar este trabalho, durante o intercâmbio, na Espanha.

- Meus sinceros agradecimentos a todos os professores do Labomar, e em especial a prof^a Ozilea pela compreensão e orientação.

Gostaria de agradecer a todos os amigos feitos ao longo dos anos de faculdade, companheiros de classe, de projetos, de eventos e aos funcionários, que me acompanharam e de alguma forma contribuíram na conclusão desta etapa na minha vida.

Ao CNPQ/CAPES pela bolsa do programa Ciência Sem Fronteiras, chamada Nº 115/2012, sem o qual este trabalho não teria sido realizado. Sem dúvidas, essa experiência ficará marcada para sempre na minha vida, pelo enriquecimento intelectual, profissional e pessoal.

RESUMO

Neste trabalho se realiza uma caracterização da ressurgência nas diferentes épocas do ano, ao largo da plataforma costeira da Galícia, Espanha. O estudo foi feito a partir de dados de Índice de Ressurgência (IR), obtidos para dois locais na costa galega (43° N 11°W e 42° N 10° W), e de imagens de satélite da Temperatura da Superfície do Mar (AATSR/Envistat) e de Clorofila (MODIS/Aqua). Através desse conjunto de dados, considerando o período de outubro/2002 a março/2012, foi possível avaliar a variabilidade interanual da ressurgência, analisar estatisticamente as relações entre os parâmetros utilizados e caracterizar episódios de ressurgência nos meses de primavera, verão, outono e inverno. Não foi encontrada nenhuma tendência de aumento ou enfraquecimento da ressurgência para o período em questão, e embora a correlação entre os parâmetros tenha sido baixa ou inexistente, os eventos de ressurgência descritos demonstram que existe uma relação entre as variáveis, de onde se conclui que possivelmente essas conexões estejam sob influência da dinâmica de larga, média e pequena escala sobre a área.

Palavras-chave: Ocenografia física; Afloramento costeiro ; Rías Baixas;

ABSTRACT

In this work, we characterize coastal upwelling at different times of the year, off Galicia, Spain. This study considers Upwelling Index (UI) , obtained for two locations in the Galician coast ($43^{\circ} \text{ N } 11^{\circ} \text{ W}$ and $42^{\circ} \text{ N } 10^{\circ} \text{ W}$) , and satellite images of sea surface temperature (AATSR / Envistat) and Chlorophyll (MODIS / Aqua) . Through this set of data, from October 2002 to March/2012, we evaluate the interannual variability of upwelling system, and then developed statistical multi-linear regression for relationships between UI, SST and chlorophyll concentration. Our results showed no trend of increasing or weakening of upwelling for the period in question, and although the correlation between the parameters was low or nonexistent, upwelling events described here showed that parameters may be connected somehow , and possibly these connections are under the influence of large, medium and small scale circulation dynamics.

Keywords: Physical Oceanography; NW Upwelling System; Rías Baixas.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Área de Estudo	11
2. OBJETIVOS	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Temperatura da Superfície do Mar	18
3.2 Clorofila	21
3.3 Índices de Ressurgência	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Índice de Ressurgência	24
4.2 Temperatura da Superfície do Mar	28
4.3 Relações entre os parâmetros analisados (IR, TSM e Clorofila)	28
4.4 Caracterização de Eventos de Ressurgência	33
5. CONCLUSÃO	45
6. TRABALHOS FUTUROS	45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1. INTRODUÇÃO

O potencial do Sensoriamento Remoto (SR) aplicado à Oceanografia é reconhecido desde a década de 60, época na qual foram lançados os primeiros satélites ambientais. O SR dos oceanos baseia-se na medição, processamento e análise da radiação eletromagnética emitida pelo oceano, ou refletida pela superfície do mar, da radiação solar incidente ou de emissões de luz do próprio satélite direcionada ao alvo a investigar, no caso de sensores ativos. Hoje, o sensoriamento remoto é uma ferramenta indispensável para o entendimento e monitoramento da dinâmica superficial oceânica, pois permite a medição de vários parâmetros oceanográficos, tais como temperatura superficial, cor do oceano, altura do nível do mar e correntes marinhas, com uma alta variabilidade espaço-temporal de dados, inclusive em regiões praticamente inacessíveis ao homem.

Um exemplo de aplicação desta ferramenta é a dedução do ciclo sazonal de regimes de ressurgência-subsidência de águas ao largo da costa oeste da Península Ibérica (PI), associado a mudanças no gradiente de densidade meridional (PELIZ *et al.*, 2005). Como a distribuição da densidade está estreitamente relacionada à estrutura termal, pode-se então observar tais mudanças através de mapas de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), rotineiramente gerados a partir de 'imagens' de sensores remotos. A medição da TSM por sensores remotos é baseada na medição da emissão termal da radiação eletromagnética da superfície do mar, nas bandas do infravermelho termal (entre 11 e 12 μm). Os instrumentos, denominados de radiômetros, determinam o fluxo de energia radiante, $B\lambda$, dentro dos distintos intervalos do espectro eletromagnético. Assim, a temperatura de brilho (TB), ou temperatura aparente, é a temperatura de um emissor perfeito (corpo negro) necessária para produzir a mesma emitância de um corpo real, numa dada faixa de comprimento de onda (ROBINSON, 1985).

Ainda sobre a Península Ibérica, particularmente ao noroeste, a plataforma continental adjacente a costa galega, Espanha, junto com as rias associadas, possui um extraordinário interesse comercial para pescarias (GOMEZ-GESTEIRA *et al.*, 2011), devido a condições favoráveis a ocorrência de eventos de ressurgência costeira.

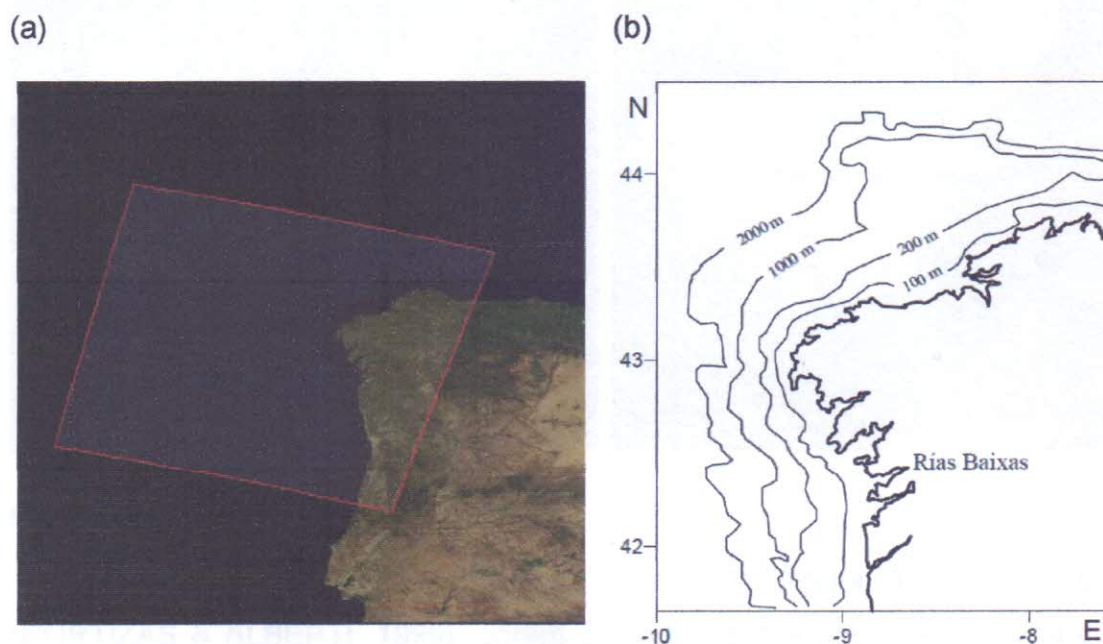
Apesar da crise espanhola na última década, segundo o Informe Anual da Economía Galega (2011), a Galícia é a principal região pesqueira da União Europeia (UE), concentrando quase 15% do total de produção pesqueira de toda a UE, no ano de 2010, superando a produção extrativa conjunta da Alemanha, Finlândia, Grécia, Irlanda e Suécia.

A razão da significativa contribuição galega ao montante da pesca europeia deve-se ao privilégio dessa região de pertencer ao 1% das áreas de ressurgências no mundo. A seguir apresenta-se uma descrição da área, foco deste estudo.

1.1 Área de Estudo

A Galícia localiza-se na porção noroeste da Península Ibérica, adjacente ao Oceano Atlântico Norte (Figura 1). A costa galega caracteriza-se morfologicamente como uma região de vales inundados, também conhecida como “rías”. A área de estudo concentra-se nas Rías Baixas Galegas (entre 42° e 43° N), as quais, segundo Nonn (1966), possuem sua configuração atual devido ao tectonismo desde o Mioceno (Mendéz & Vilas, 2005).

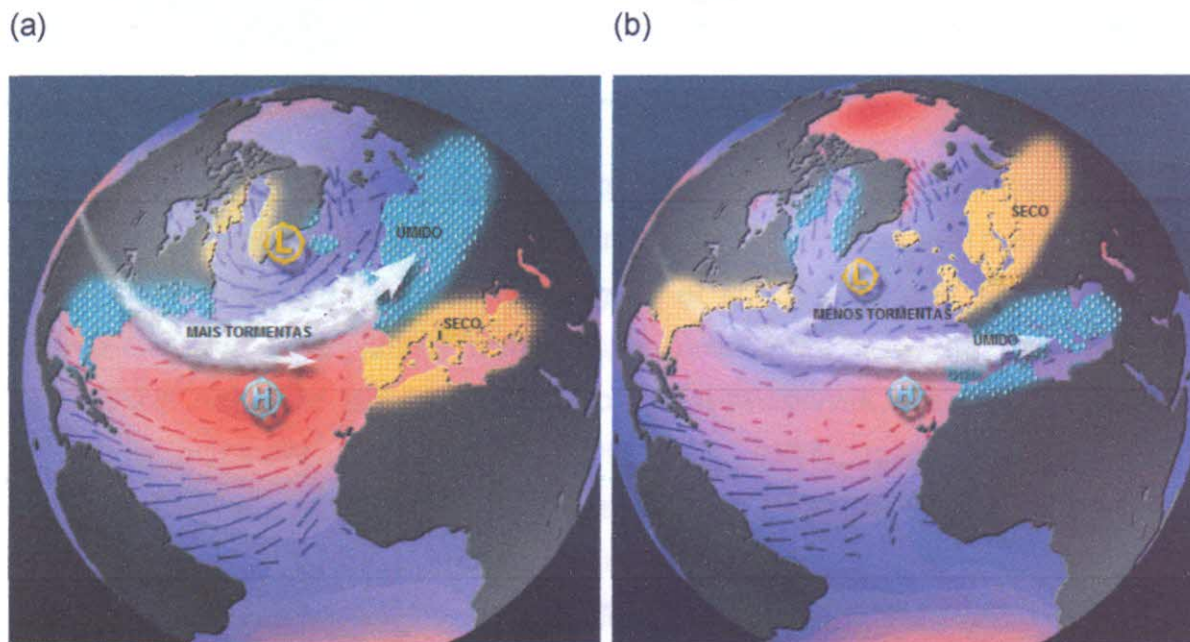
Figura 1 : Área de estudo. Em (a) imagem representativa (*software BEAM VISAT*) da passagem do satélite ENVISAT com recorte sobre a Galícia, e (b) mapa ilustrativo da costa da Galícia mostrando as Rías Baixas.



Fonte: (a) Arquivo pessoal; (b) Adaptado de Crespo et al. (2006).

A Galícia é caracterizada por um clima temperado – altamente condicionado pela evolução sazonal de dois sistemas atmosféricos: a 'Alta dos Açores' e a 'Depressão da Islândia', ou, sumariamente, Oscilação do Atlântico Norte (GAGO et al., 2011). A Oscilação do Atlântico Norte (NAO) é um índice calculado pela diferença da pressão atmosférica superficial média entre as zonas da Islândia e das Ilhas Açores (HURRELL, 1995). A posição do anticiclone dos Açores determina a passagem de frentes fria nas Rías Baixas. Em geral, existem duas situações características dependendo da posição do anticiclone dos Açores (fases positiva ou negativa, como ilustrado na figura 2). No inverno, é comum a localização do anticiclone dos Açores no Noroeste da costa africana, e de um centro de baixas pressões sobre a Islândia, induzindo ventos de componente sudoeste na costa galega. Já durante a primavera e verão o anticiclone se move em direção ao norte da Galícia provocando altas pressões com ventos de componente norte-nordeste nas costas (FERNANDÉZ, 2002).

Figura 2: O impacto das fases (a) positiva e (b) negativa da Oscilação Atlântico Norte sobre o inverno europeu.

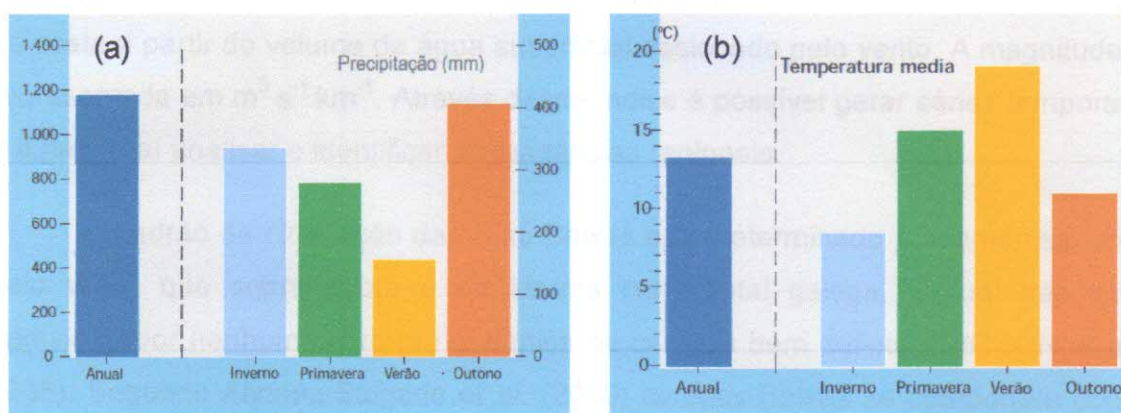


Fonte: Adaptado de IFREMER (2013).

A precipitação anual ponderada da Galícia (figura 3) é de 1.180 mm (CORTIZAS & ALBERTI, 1999), porém o reparto dessa precipitação varia com as estações: no verão a contribuição é de 13 %, na primavera 24%, no inverno 28% e no outono 35% do anual acumulado. A frequência e intensidade de chuvas também

variam geograficamente, sendo a região costeira (Rías Baixas) a que apresenta os maiores índices pluviométricos, de 1,3 a 30 vezes superior em relação à precipitação diária registrada no interior da região - período de 1989-1993 (CORTIZAS & ALBERTI, 1999). Já a temperatura, além da variação sazonal e geográfica, apresenta também a componente da altitude. Segundo Cortizas & Alberti (1999) a temperatura média anual da Galícia é de 13,3°C.

Figura 3: (a) Valores médios ponderados da precipitação anual e estacional (mm) da Galícia; (b) Distribuição da temperatura em média anual e estacional da Galícia (Adaptado de Cortizas & Alberti, 1999).



Fonte: Adaptado de Cortizas & Alberti (1999).

O dipolo atmosférico citado anteriormente, Oscilação do Atlântico Norte, é apontado por vários autores como Wooster et al. (1976), Fraga (1981), Blanton et al. (1984), Tenore et al. (1984) Alvarez-Salgado et al. (1993), Pérez et al. (1995) e Gomez-Gesteira et al. (2006) como responsável pelos ciclos de ressurgência-subsidência nas Rías Baixas. Os eventos de ressurgência são mais frequentes durante a primavera e verão (BLANTON et al., 1984), quando os ventos de componente Norte, ao soprarem paralelos a costa, transportam a água superficial *offshore* – o que provoca um descenso do nível do mar em poucos centímetros. Este transporte de massa é equilibrado por um fluxo vertical de águas profundas (100-150 metros) em direção à superfície, de acordo com o modelo de Ekman (CHERESKIN & PRICE, 2001). Entretanto, Torres *et al.* (2003) afirma que nem sempre condições favoráveis de vento provocam eventos de ressurgência, e ressalta que é a persistência dos ventos o principal fator desencadeador desses eventos. Já nos meses de outono e inverno, ocorre uma mudança no sinal da componente meridional do vento, que ao soprar do Sul arrasta a camada superficial em direção

nordeste, o que produz um empilhamento de águas contra a costa e favorece a subsidência de águas superficiais.

Porém, é válido ressaltar que a ocorrência desses regimes se observa durante todo o ano. Vários trabalhos já mencionaram eventos de ressurgências fora da 'temporada' (FERNANDÉZ, 2002; ÁLVAREZ, 2003; deCASTRO, 2008; PREGO & VARELA, 2012), - ou seja, os fenômenos ocorrem em função das condições atmosféricas, não importando a época do ano.

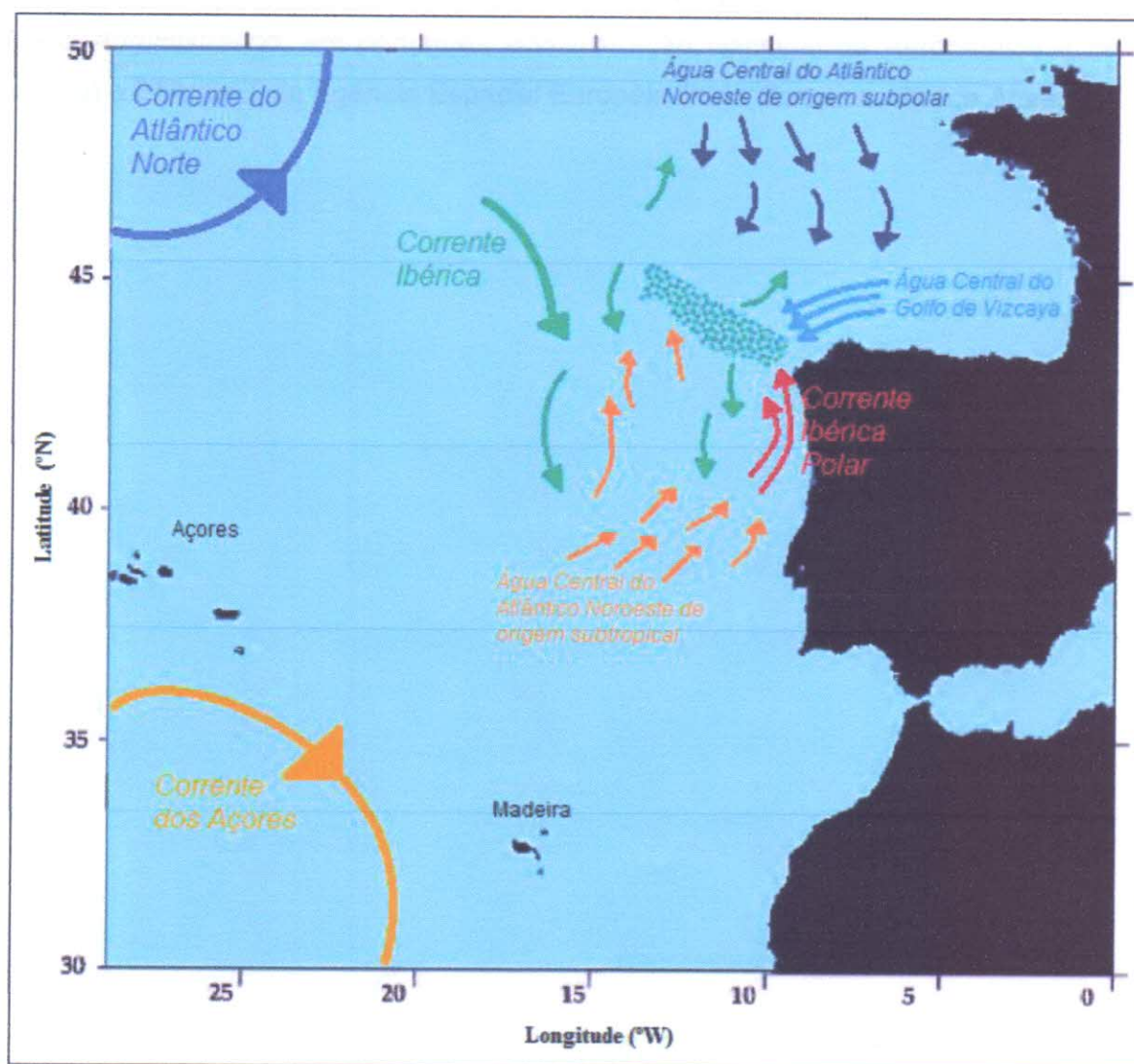
A intensidade da ressurgência pode ser quantificada através do Índice de Ressurgência (IR) (BAKUN, 1975), o qual permite inferir o caudal de água 'aflorada' na costa a partir do volume de água superficial deslocado pelo vento. A magnitude é representada em $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{km}^{-1}$. Através desse índice é possível gerar séries temporais, e a partir daí analisar e identificar as tendências regionais.

O padrão de circulação das Rias Baixas está determinado fundamentalmente pelo vento que sopra sobre a plataforma continental galega, a qual não está dominada por nenhuma corrente oceânica ou costeira bem definida (ROSÓN et al., 2008). Segundo Álvarez-Salgado et al. (2000) as Rias Baixas se comportam como extensões da plataforma e não como estuários. Durante a ressurgência as águas circulam nas rias 'como' estuários parcialmente misturados, mas são forçadas pelo vento (como sistemas de ressurgência costeira) não pelo escoamento continental (como estuários) (ALVAREZ-SALGADO et al., 2000).

Na figura 4 podemos observar as principais características oceanográficas do Atlântico Noroeste, onde se situam as Rias Baixas. Em Alvarez et al (2003) encontra-se uma descrição sumária dos resultados das medições hidrográficas de Prego (2001) na boca da Ría de Pontevedra, onde se observou um ciclo anual de quatro massas de águas diferentes, no período de outubro de 1997 a outubro de 1998. A primeira massa de água observada, de abril a setembro, corresponde a Água Central do Atlântico Noroeste (ACAN) com salinidade entre 35,67 e 35,83 e temperaturas desde 11,8 a 13,5 °C, dependendo da intensidade da ressurgência. A segunda massa de água encontrada foi durante um período de relaxação da ressurgência – quando os ventos favoráveis amenizam – com salinidade de 35,5 e temperatura de 12,5 °C. A terceira massa observada, entre os meses de outubro a

dezembro, mais quente, entre 15,5 e 17,5 °C, e salinidade de 35,4 a 35,8. A quarta massa de água foi identificada, durante o inverno, quando houve uma substituição da massa pré-existente pela água transportada pela Corrente Polar Ibérica (CPI), com salinidade e temperatura de 35,9 e 15,2 °C, respectivamente. A entrada de distintos tipos de água dentro das rias implica nos padrões bioquímicos e em relação ao fitoplâncton (Alvarez et al., 2012). Prego *et al* (2007) constatou que a água transportada pela CPI aporta às rias água mais salina e pobre em nutrientes, enquanto que a correspondente a ACAN proporciona águas mais produtivas.

Figura 4: Principais características oceanográficas da zona Noroeste do Atlântico, onde se situam as Rias Baixas (Adaptado de Rosón et al., 2008).



Fonte: Adaptado de Rosón et al. (2008).

Segundo Rosón et al. (2008) as características termohalinas das rías variam estacionalmente, já que estão influenciadas pela dinâmica ressurgência/subsidência, anteriormente descrita. Santos, Gomez-Gesteira & deCastro (2011), ao analisarem a costa oeste ibérica para, o período de 1900-2008, observaram um gradiente de TSM da ordem de 1°C a partir da costa (~9,5° W) em direção ao oceano com os menores valores próximos a costa. Quanto à produtividade primária, de acordo com Varela (1984) os valores médios de produtividade primária do fitoplâncton rondam entre 250-260 mg C m⁻² ano⁻¹.

Neste trabalho se caracterizam eventos de ressurgência/subsidência nas Rías Baixas Galegas a partir de um conjunto de valores de Índices de Ressurgência junto a dados provenientes dos satélites AQUA da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*, em português Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço) e ENVISAT da Agência Espacial Européia ESA (*European Space Agency*).

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo contribuir para uma melhor compreensão oceanográfica das Rías Baixas Galegas através da estimativa de dados de Temperatura da Superfície do Mar e Clorofila a partir do sensoriamento remoto por satélite e análise dos regimes de ressurgência/subsidência. Os objetivos específicos são:

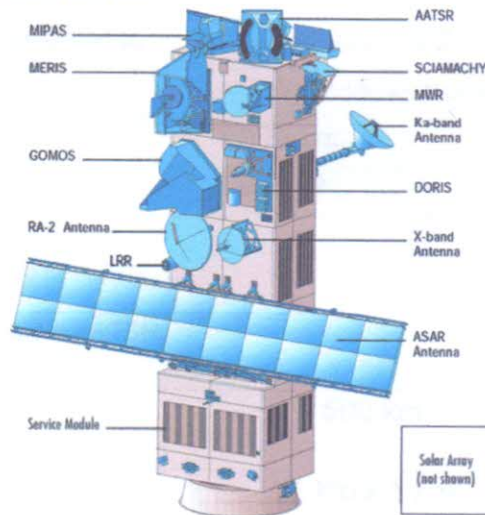
1. Avaliar a variabilidade interanual da ressurgência nas Rías Baixas durante o período outubro/2002 a março/2012.
2. Verificar a ocorrência de ressurgência a partir da resposta da TSM e clorofila em relação ao Índice de Ressurgência.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Temperatura da Superfície do Mar

As imagens de satélite selecionadas para o estudo da TSM são procedentes do sensor *Advanced Along-Track Scanning Radiometer* (AATSR) (Figura 6) a bordo do satélite ENVISAT (Figura 5).

Figura 5: Ilustração do Satélite ENVISAT.



Fonte: NASA (2013)

Figura 6: Sensor AATSR.



Fonte: Agência Espacial Européia (2013).

O sensor AATSR foi o terceiro de uma série de instrumentos, desenhado para fornecer uma longa série temporal de dados globais de temperatura da superfície marinha, a partir de sete canais espectrais centrados no infravermelho e visível, com

precisão superior a 0,5 K, resolução espacial de 1 km e resolução radiométrica de 0,1 K. O AATSR foi lançado ao espaço em março de 2002 e completou sua missão em abril de 2012. Uma visão geral sobre os estudos que reconhecem a utilidade e qualidade dos AATSR é apresentada em Llewellyn-Jones & Remedios (2012). Na tabela 1 são mostradas informações sobre o ENVISAT, e na tabela 2 sobre o AATSR.

Tabela 1: Características do Satélite ENVISAT.

Lançamento/Encerramento	1/03/2002 – 4/2012
Órbita	Polar heliossíncrona
Altitude	800 km
Inclinação	98,55°

Fonte: A autora.

Tabela 2: Características do sensor AATSR.

Faixa de varredura	500 km		
Resolução Espacial	1 km x 1 km		
Resolução Radiométrica	0.1 K		
Acurácia para TSM	Melhor que 0,5 K		
Características Espectrais	Canal (μm)	Largura da Banda (nm)	Aplicação
	0,55	20 nm	Clorofila
	0,66	20 nm	Índice de Vegetação
	0,87	20 nm	Índice de Vegetação
	1,6	0,3 μm	Correção de Nuvens
	3,7	0,3 μm	TSM
	11	1,0 μm	TSM
	12	1,0 μm	TSM

Fonte: A autora

Os valores de TSM derivados do AATSR são estimados a partir de algoritmos baseados em modelos de transferência radiativa (Corlett, GK et al., 2006) e um conjunto de perfis atmosféricos adequados, o que proporciona TSM independente de medições em superfície (Noyes et al., 2006).

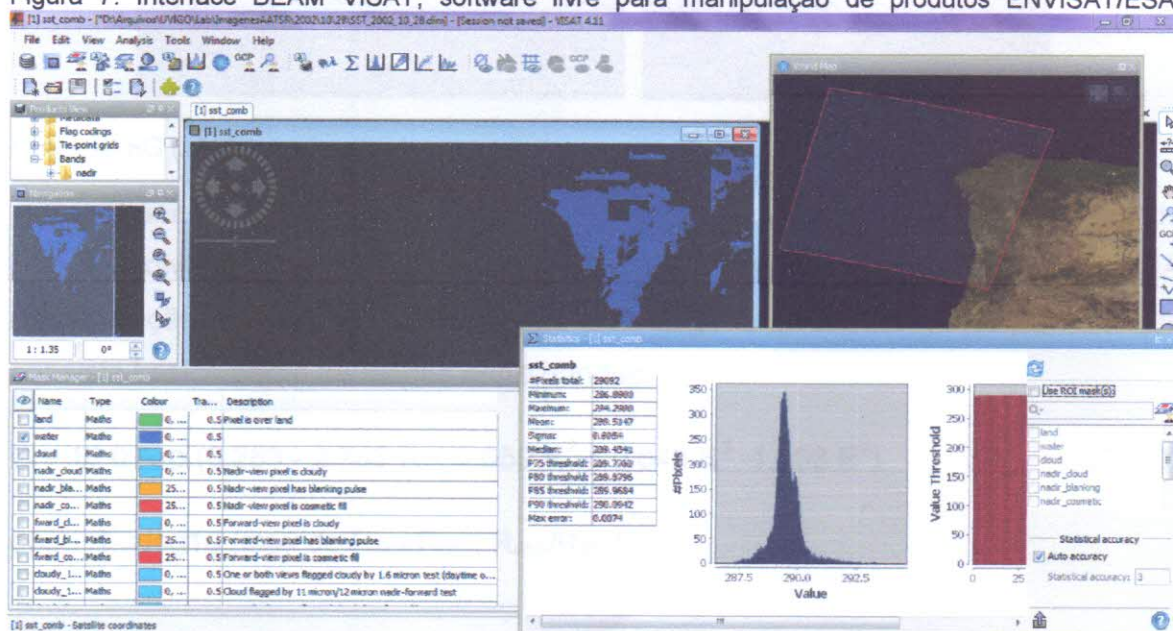
A obtenção da TSM a partir do AATSR se baseia no algoritmo *Split-window* (equação 1), que pode ser escrito como:

$$TSM = a_0 + \sum_i^n a_i T_i \quad (\text{Eq.1})$$

onde n é o número de canais utilizados, T_i é a T_B obtida no canal i , e a_0 e a_i são coeficientes de recuperação (Noyes et al., 2006).

As imagens AATSR utilizadas neste trabalho correspondem a possíveis eventos de ressurgência nas Rías Baixas. Ao todo 158 imagens distribuídas intra- anuais dentro do período entre outubro de 2002 e março de 2012 foram obtidas através do site <ftp://ats-merci-uk.eo.esa.int>, com nível 2 de processamento (ATS_NR_2P). Do total de imagens, 51 pertenciam à estação de inverno, 26 à primavera, 44 ao verão e 37 ao outono. Para a visualização, processamento e análise das imagens AATSR, utilizou-se o software BEAM VISAT (figura 7), desenvolvido pela ESA para facilitar o uso de dados adquiridos pelos sensores a bordo da plataforma ENVISAT.

Figura 7: Interface BEAM VISAT, software livre para manipulação de produtos ENVISAT/ESA.



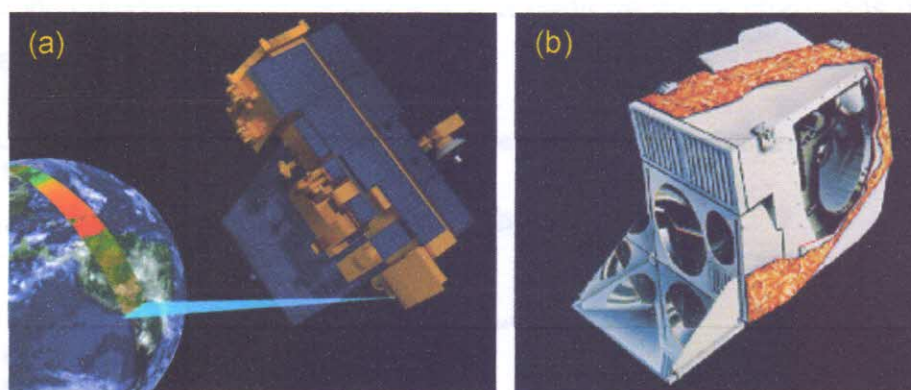
Fonte: A autora.

O programa foi usado para recortar as imagens para a área de estudo e no processamento da TSM. No BEAM, a temperatura da superfície do mar foi derivada a partir de um produto de 1 km de resolução (ATS_NR_2P), utilizando dados livres de nuvens, através dos canais 11 μm e 12 μm , para o dia.

3.2 Clorofila

Os dados de clorofila utilizados pertencem ao sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) a bordo do satélite Aqua (figura 8), lançado em maio de 2002. O satélite, de órbita polar, carrega seis instrumentos de observação da Terra, dentre eles o sensor MODIS, o principal instrumento do programa Sistema de Observação Terrestre (EOS) da agência para Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço (NASA).

Figura 8: Imagem ilustrativa do satélite AQUA (a) e sensor MODIS (b).



Fonte: NTSG (2013)

O sensor possui 36 bandas espectrais, do visível ao infravermelho, de onde derivam diversos produtos, como a fluorescência de clorofila no oceano. A concentração de clorofila é estimada pelo algoritmo OC3M (equação 2), que consiste basicamente de razões entre bandas:

$$C = 10.0 \exp (0.283 - 2.753 R + 0.659 R^2 + 0.649 R^3 - 1.403 R^4) \quad (\text{Eq. 2})$$

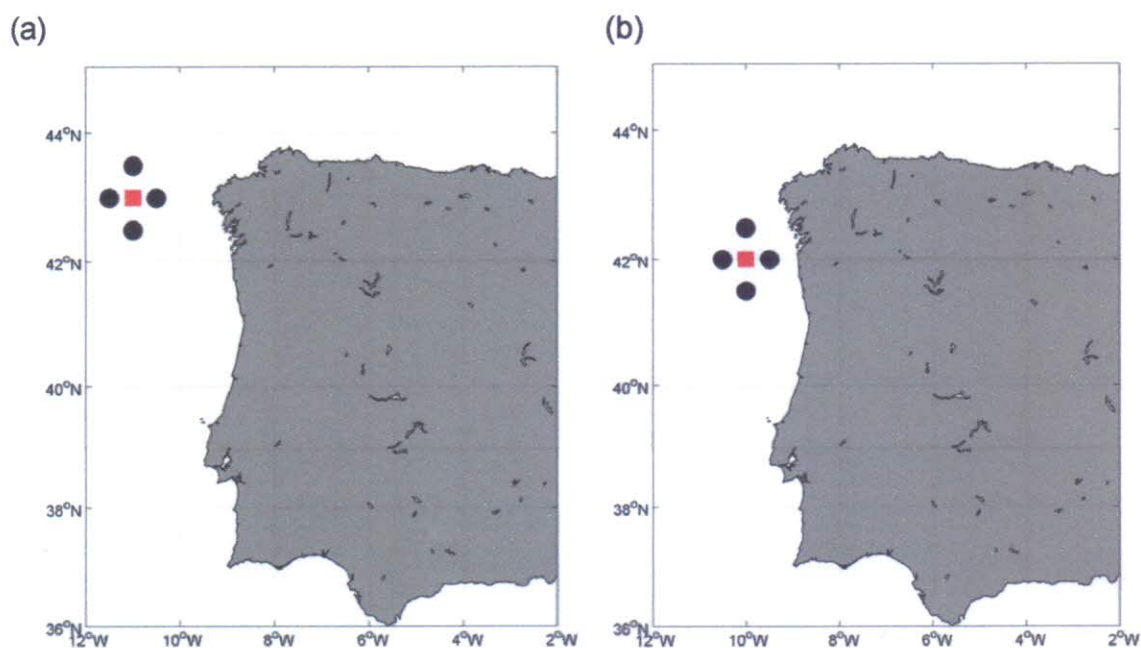
onde $R = \log_{10} (\text{máx de } R_{443}/R_{551}, R_{488}/R_{551})$

Os dados de nível 3 foram adquiridos por meio de centros de distribuição de dados provenientes de satélites da NASA: <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni/> e <http://thredds.jpl.nasa.gov/las/getUI.do>.

3.3 Índices de Ressurgência

As séries temporais de Índices de Ressurgência utilizadas neste trabalho foram obtidas através do site http://www.indicedeafloramiento.ieo.es/index_UI_es.html (IEO, 2013), disponibilizado pelo Instituto Espanhol Oceanográfico. Os índices de ressurgência costeira são calculados com base na teoria de transporte de massa de Ekman, devido à força do vento, seguindo a metodologia de Bakun (1973) e adaptado posteriormente por Lavín et al. (1991). Para este trabalho, calculou-se a média diária do IR de dois pontos de controle da costa oeste, localizados em 43° N 11° W, ponto representativo para a costa das Rías Baixas (ROSÓN et al. 2008), e 42° N 10° W, como mostrado na figura 9, e a partir de agora chamados de P1 (a) e P2 (b), respectivamente.

Figura 9: Localização dos pontos P1 (a) e P2 (b) onde o Transporte de Ekman foi considerado para o cálculo dos Índices de Ressurgências.



Fonte: Instituto Espanhol de Oceanografia (2013).

3.4 Análises dos eventos de ressurgência

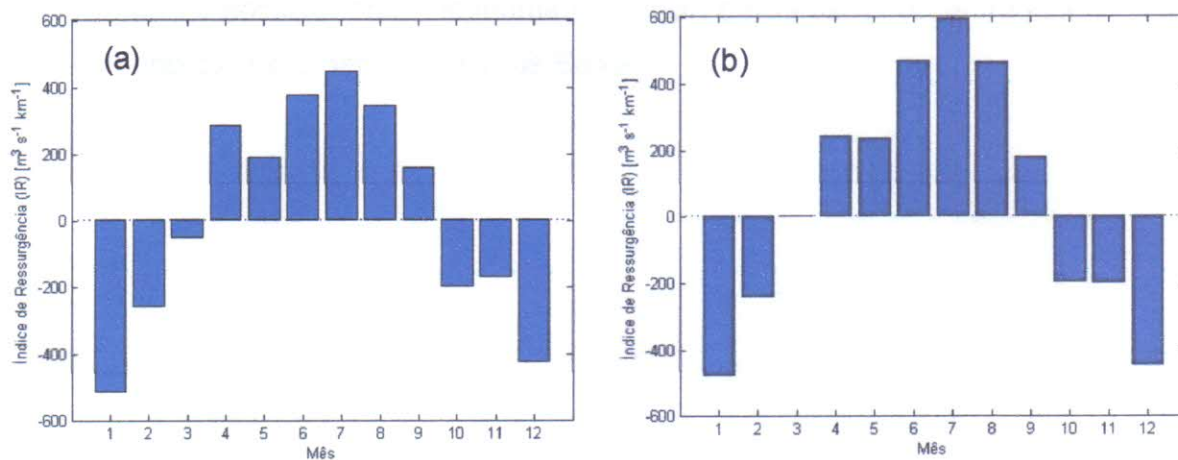
A escolha de períodos para caracterizar os eventos nas diferentes épocas do ano deu-se a partir de uma prévia observação das séries temporais correspondentes às datas das imagens de TSM (incluindo 5 dias antes). A partir disso, foram escolhidos casos onde houveram mudanças nas condições favoráveis a ressurgência, ou seja, períodos nos quais se observaram a transição de condições.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Índice de Ressurgência

A variabilidade temporal da ressurgência costeira sobre a IP tem sido alvo de estudos desde a década de 70. Desde então, caracteriza-se por uma forte sazonalidade devido a condições atmosféricas favoráveis de Abril a Setembro, e infavoráveis de Outubro a Março, como mostram as média mensais obtidas para o período de 45 anos (1967 a 2012), em P1 e P2 (figura 10). Conforme Rosón (2008), o IR positivo de abril a setembro significa que, em média, se produzem condições mais favoráveis aos eventos de ressurgência. Já no intervalo entre outubro e fevereiro, quando o índice é negativo - ou quase nulo, no caso de março -, predominam condições favoráveis à subsidência das águas. Ao comparar os dois pontos, observa-se valores mais altos de IR no ponto mais ao sul e adjacente às Rías, durante os meses de junho-julho-agosto. Entretanto, não foram observadas diferenças significativas nos regimes de subsidência nos dois pontos, exceto pelo mês de Março. De acordo com Alvarez et al. (2008), mudanças espaciais nos regimes de ressurgência devem-se à interação entre o regime macroscópico de ventos e a orografia costeira.

Figura 10: Média mensal histórica (1967-2012) do Índice de Ressurgência para os pontos P1 (a) e P2 (b).

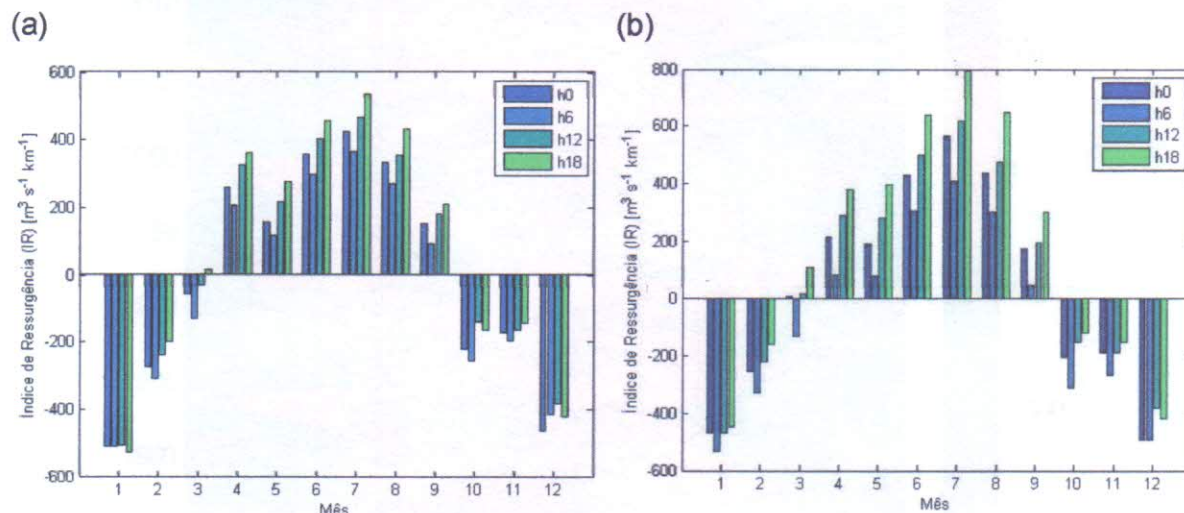


Fonte: A autora.

As flutuações mensais na ressurgência também foram plotadas em função da componente horária, já que os Índices são disponibilizados numa frequência a cada seis horas (0, 6, 12, 18 UTC), como mostrado na figura 11. É possível notar uma 'tendência' horária para os índices positivos, com os maiores picos de cada mês às

18 h UTC, e em seguida às 12 h, às 0 h e por fim às 6h. Já nos regimes de subsidência não se notaram regularidades.

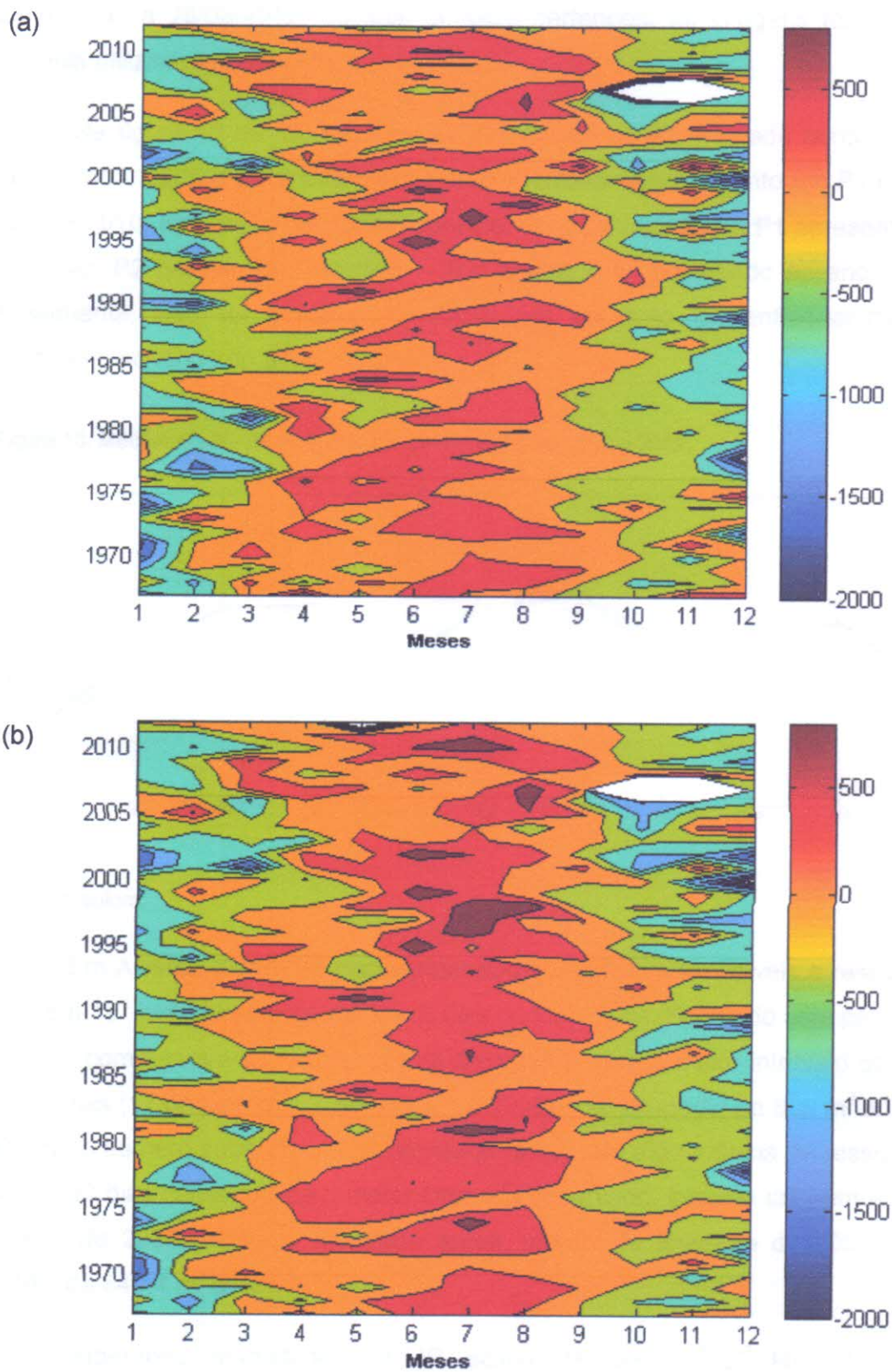
Figura 11: Frequência horária média do IR em P1 (a) e P2 (b).



Fonte: A autora.

Na figura 12 se observa a distribuição interanual do índice de ressurgência ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$) para os pontos analisados, no período de 45 anos. Como esperado, o sinal mais forte da ressurgência aparece entre meados do fim março a início de setembro, e o sinal da ressurgência não se restringe a esse período, podendo ser observado em todas as épocas do ano (PREGO & VARELA, 2012). Igual Ramos (2013), não foi possível notar nenhuma tendência de aumento ou enfraquecimento do fenômeno da ressurgência nas Rías Baixas.

Figura 12: Diagrama de Hovmoller da variabilidade interanual e intranual da ressurgência em P1 (a) e P2 (b).

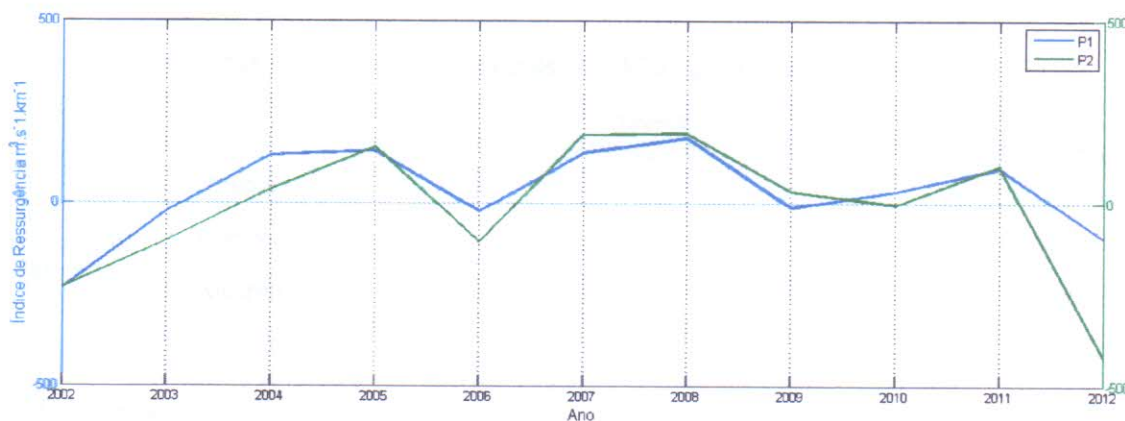


Fonte: A autora.

A análise da ressurgência, propriamente, levou em consideração o período de 28/10/2002 a 28/03/2012, do qual também pertencem as imagens térmicas e de clorofila utilizadas neste estudo.

Na figura 13 se mostram as médias anuais de IR em cada ponto. Os anos 2002, 2003, 2006 e 2012 foram anos com anomalia negativa tanto em P1 e P2. Em 2009 e 2010, em mostraram sinais opostos: enquanto em 2009, P1 apresentou sinal negativo, P2 permaneceu positivo – já o contrário foi observado no ano seguinte. Novamente, não foi possível identificar um aumento ou enfraquecimento do fenômeno ao longo do últimos 10 anos.

Figura 13: Médias anuais da ressurgência em P1 e P2, de 2002 a 2012.



Fonte: A autora.

Em Alvarez (2010) se consideram como condições favoráveis a ressurgência $IR > 16 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-1}$ durante no mínimo 4 dias consecutivos. Seguindo este perspectiva, em P1, computaram-se 160 intervalos favoráveis, com o maior intervalo observado de 50 dias (17 de janeiro a 7 de março de 2005) com IR médio de $800 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-1}$. Já em P2, o número subiu para 168 intervalos favoráveis a ocorrência de ressurgência, sendo 37 dias consecutivos o maior intervalo observado, iniciado também em 17 de janeiro de 2005, contudo, finalizado antes, em 22 de fevereiro de 2005, com IR médio de $849,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-1}$.

Considerando magnitudes de IR acima de $600 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-1}$ como forte ressurgência (Alvarez 2013), mais da metade dos intervalos favoráveis a

ressurgência, citados no parágrafo anterior, obedecem a esta classificação, sendo 51,8% dos casos em P1 e 52,3 % em P2.

4.2 Temperatura da Superfície do Mar

Foram geradas 158 imagens da Temperatura da Superfície do mar, das quais se extraíram as estatísticas quanto aos valores máximos, mínimos e médios observados. A partir destes valores, fez-se a média para cada estação (tabela 3). Observou-se que as médias das temperaturas não apresentaram uma componente sazonal muito marcada, como no padrão da ressurgência. Nota-se, no entanto, que o verão apresentou a menor temperatura média, o que possivelmente se deve ao aumento da ressurgência costeira nesse período devido ao forçamento local do vento.

Tabela 3: Resultado das médias das temperaturas do AATSR para as estações do ano.

		Inverno (21/12 a 20/3)	Primavera (21/3 a 20/6)	Verão (21/6 a 20/9)	Outono (21/9 a 20/12)
Médias da Temperatura (em °C)	Média	15,5	15,5	14,9	15,9
	Máximo	17,8	17,9	16,6	18,4
	Mínimo	13	12,9	12,9	13,4
	Diferença	4,7	4,9	3,6	4,9

Fonte: A autora.

4.3 Relações entre os parâmetros analisados (IR, TSM e Clorofila)

Estudos prévios feitos nas Península Ibérica confirmam a relação entre o IR e a TSM observada por satélites (PELIZ et al., 2005), no qual condições favoráveis/desfavoráveis de IR acarretam numa diminuição/aumento da TSM. No entanto, apenas Santos (2011) tentou correlacionar ambos parâmetros, de onde concluiu que possivelmente, existe uma interação não-linear entre mudanças na TSM e padrões atmosféricos, embora sejam necessários novos estudos a fim de elucidar tal mecanismo implícito.

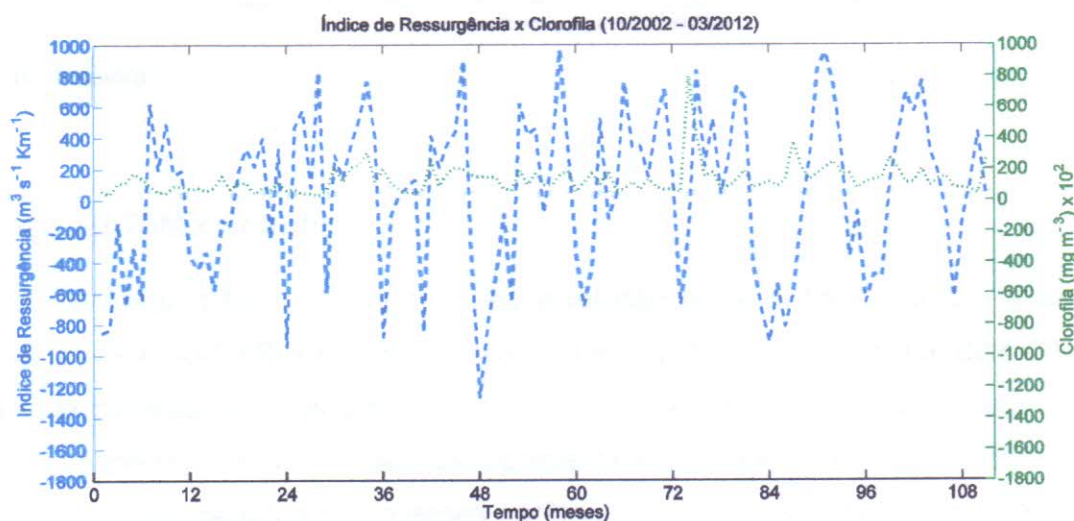
Para os demais parâmetros, foram feitas análises estatísticas a fim de investigar as relações entre os mesmos.

4.3.1 Análise Estatística

4.3.1.1 IR x Clorofila

A relação IR x Clorofila é mostrada na figura 14, para o período analisado. A linha azul representa o IR, e, a linha verde a clorofila multiplicada por 100, a fim de examinar melhor a conexão entre os parâmetros. É possível perceber, sob um olhar atento, que existe ligação entre o IR e a clorofila em determinados períodos, enquanto em outros se nota sinal contrário.

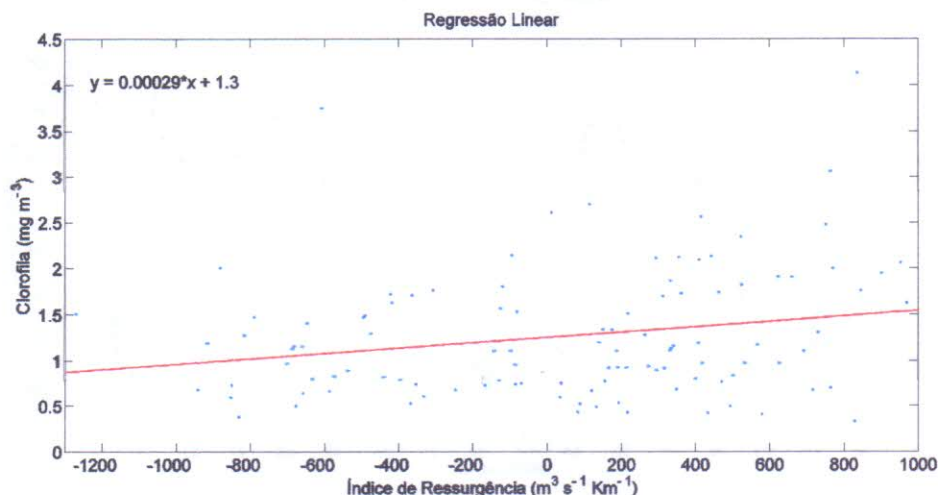
Figura 14: Relação entre o IR e a clorofila vezes 100, no período de outubro de 2002 a março de 2012.



Fonte: A autora.

O modelo de regressão linear obtido para correlacionar a concentração de clorofila com o índice de ressurgência (figura 15) foi $clorofila = 0.00029 * ir + 1.3$, onde *ir* significa índice de ressurgência. O índice de correlação obtido foi de $R^2 = 0,22$, considerado sem significância estatística. Isto indica que outros parâmetros, além do índice de ressurgência, influenciam a concentração de clorofila na superfície do mar, como a descarga de nutrientes pelos rios.

Figura 15: Modelo de regressão linear entre o IR e clorofila.

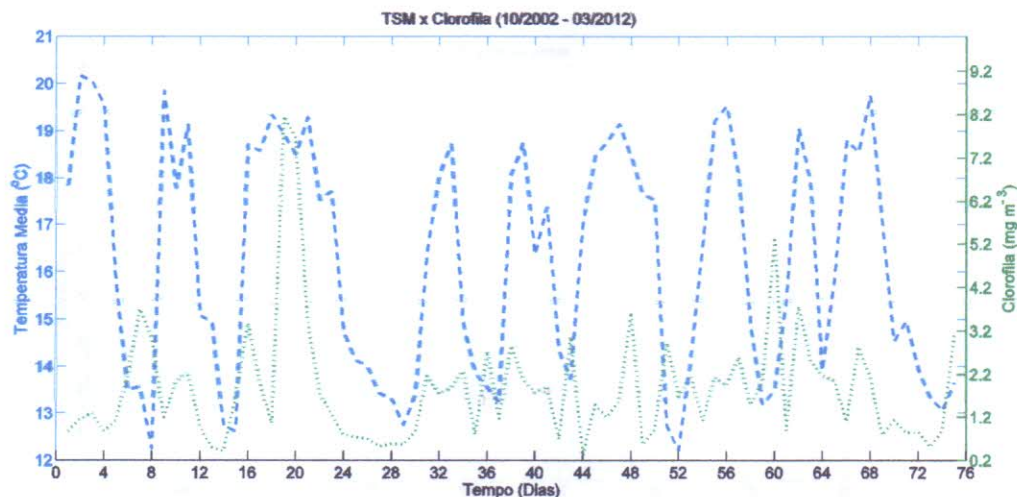


Fonte: A autora.

4.3.1.2 TSM x Clorofila

Ao analisar a figura 16 verificou-se a relação entre a TSM média e a clorofila medidas pelo AATSR e MODIS, respectivamente. Com exceção dos dias 20, 21 e 48, que correspondem aos dias 18 e 21 de Agosto de 2005 e 30 de setembro de 2008, respectivamente, os demais apresentaram sinais opostos, apontando para uma correlação negativa entre esses parâmetros biofísicos, de maneira que quando a temperatura à superfície diminui, indicando afloramento de águas mais frias da sub-superfície ricas em nutrientes para a superfície, favorece o incremento da produtividade primária fitoplanctônica. Por outro lado, quando a TSM aumenta, indicando a subsidência das águas, ou mesmo a advecção do calor na superfície, há uma diminuição da atividade fitoplanctônica. Em concordância com Tarela (2001), apesar da alta dispersão dos dados, a relação entre a TSM e a clorofila se mantém constante.

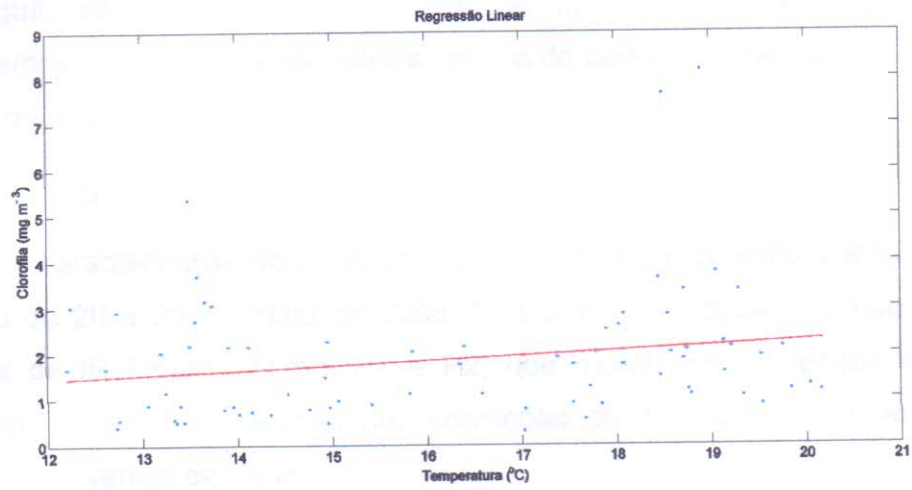
Figura 16: Relação entre a TSM e a clorofila no período de outubro de 2002 a março de 2012.



Fonte: A autora.

Uma vez verificada a existência de um padrão entre a TSM e a clorofila, buscou-se um modelo de regressão linear do tipo $clorofila = a TSM + b$. O modelo encontrado (ver figura 17) foi: $clorofila = 0,11 TSM + 0,17$, porém o coeficiente de determinação obtido não foi significativo ($R^2 = 0,18$). Assim como no caso do índice de ressurgência, o baixo R^2 obtido para a TSM indica que outros parâmetros, além da TSM, influenciam a concentração de clorofila na superfície do mar, como a própria variação sazonal da TSM (TARELA, 2000), descarga dos rios (RAMOS *et al.*, 2013), circulação de larga escala e ondas de instabilidade baroclínica (BARTON, 1993) da área em estudo. Ressalta-se, porém, que Tarela (2000), considerando o Sistema de Ressurgência Ibérico, afirmou ser possível estimar a clorofila a partir, unicamente, da TSM medida por satélite, levando em conta a época do ano e a zona geográfica, apesar da alta dispersão dos dados. Em função desses resultados, verifica-se que a inclusão de outros parâmetros biofísicos, com possibilidade de geração de um modelo de regressão linear múltipla, deve ser perseguido.

Figura 17: Modelo de regressão linear entre a TSM e a Clorofila.



Fonte: A autora.

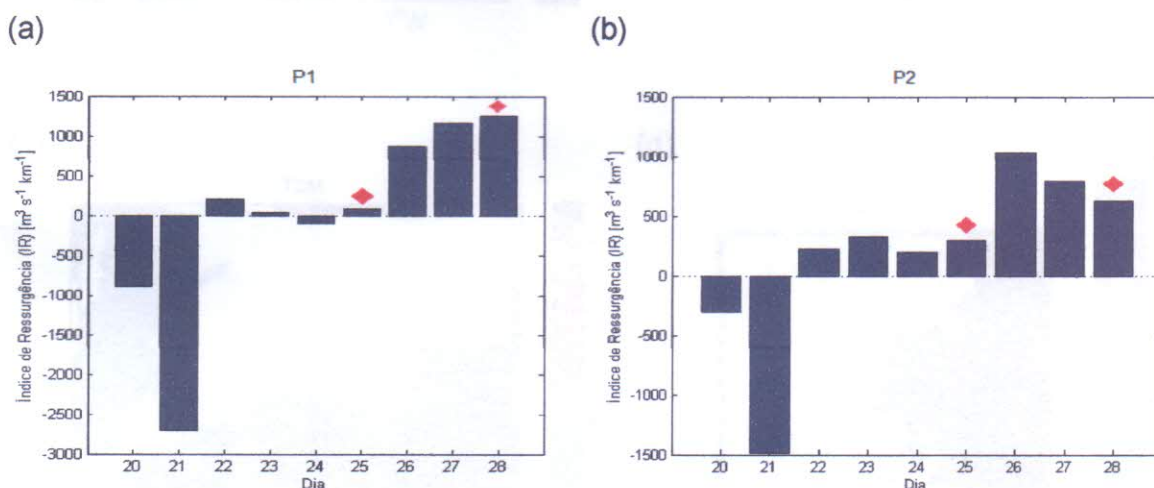
4.4 Caracterização de Eventos de Ressurgência

A seguir, são descritos casos onde se observaram diferentes condições favoráveis/desfavoráveis à ressurgência, dentro do período analisado, nas diferentes estações do ano.

4.4.1 Primavera

Para caracterização de um evento de ressurgência na primavera foi escolhido o período de 20 a 28 de maio de 2006. Primeiramente, observaram-se as séries temporais de IR (figura 18) em P1 e P2, que mostraram diferenças no padrão atmosférico, com muita variação nas condições do IR em P1, enquanto em P2 predominaram ventos de norte.

Figura 18: Série temporal do IR, em P1 (a) e P2 (b), referente ao período de 20 a 28 de maio de 2006. As marcações indicam os dias com as imagens orbitais.

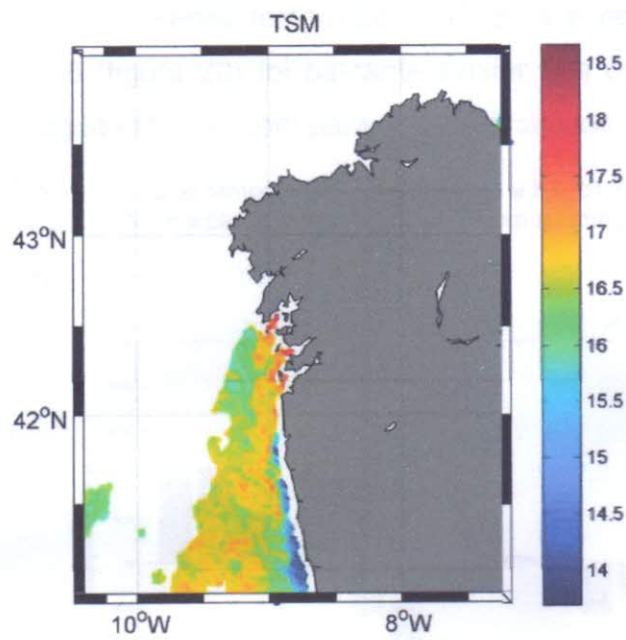


Fonte: A autora.

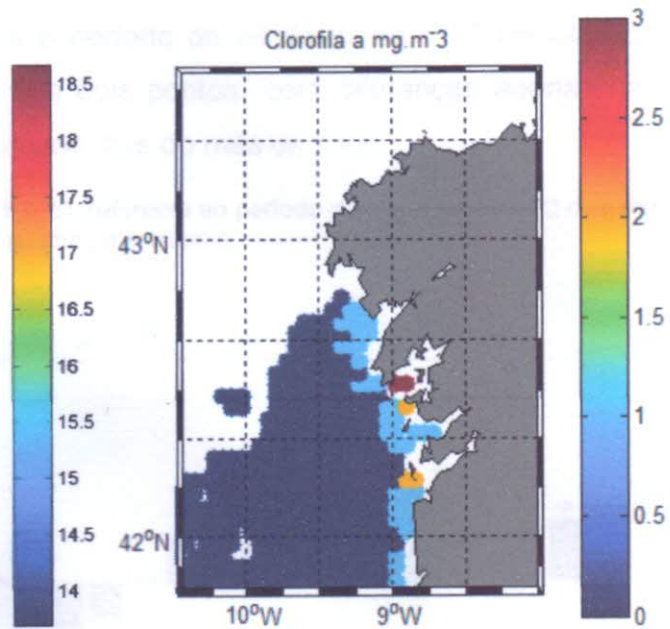
Na primeira imagem de TSM, referente ao dia 25 de maio, a temperatura no interior das Rías Baixas estava mais quente em relação à costa adjacente (figura 19 a), o que poderia indicar a subsidência de águas. Nestas circunstâncias, segundo Ospina-Alvarez et al. (2010), a descarga dos rios se torna a principal fonte de nutrientes, e conseqüentemente o fitoplâncton se limita às zonas mais internas das rías, tal como mostra o mapa da clorofila (figura 19 b) com concentrações de até $3 \text{ mg} \cdot \text{m}^3$. Na imagem seguinte, dia 28, a temperatura média caiu $2,6 \text{ }^\circ\text{C}$ (figura 19 c) e revelou concentrações de clorofila relevantes (figura 19 d), apontando um possível episódio de ressurgência.

Figura 19: Mapas de TSM e clorofila, nos dias 25 (a; b) e 28 (c; d) de maio de 2006.

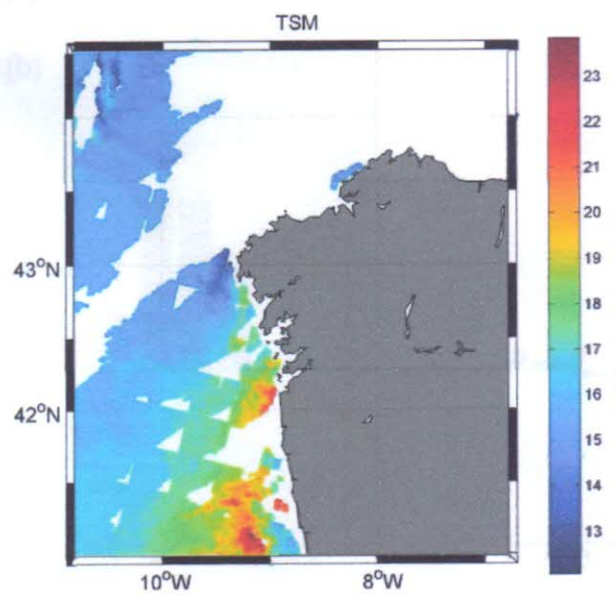
(a)



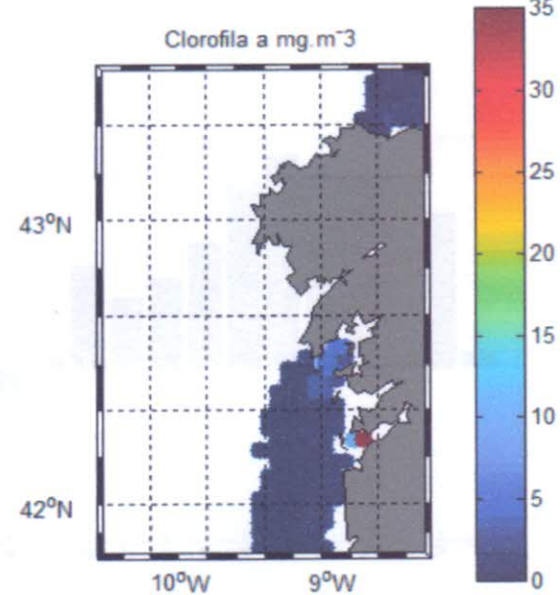
(b)



(c)



(d)



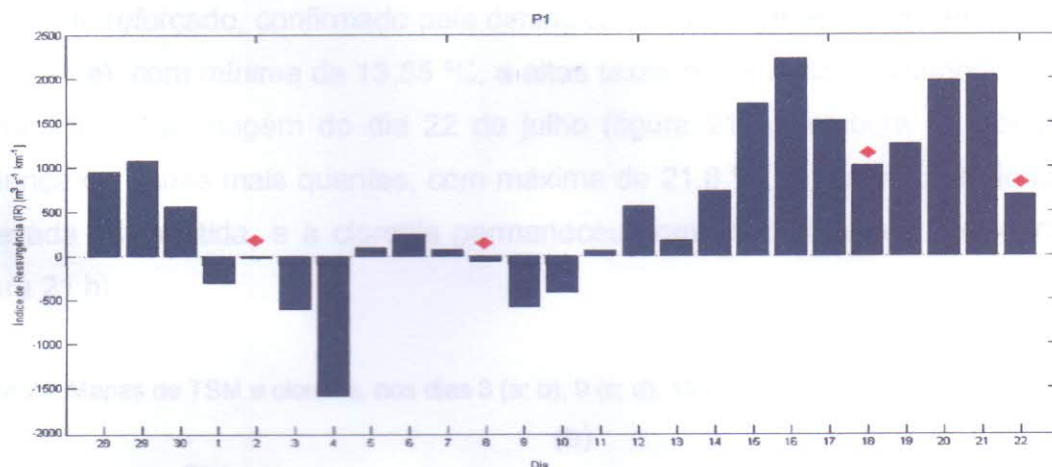
Fonte: A autora.

4.4.2 Verão

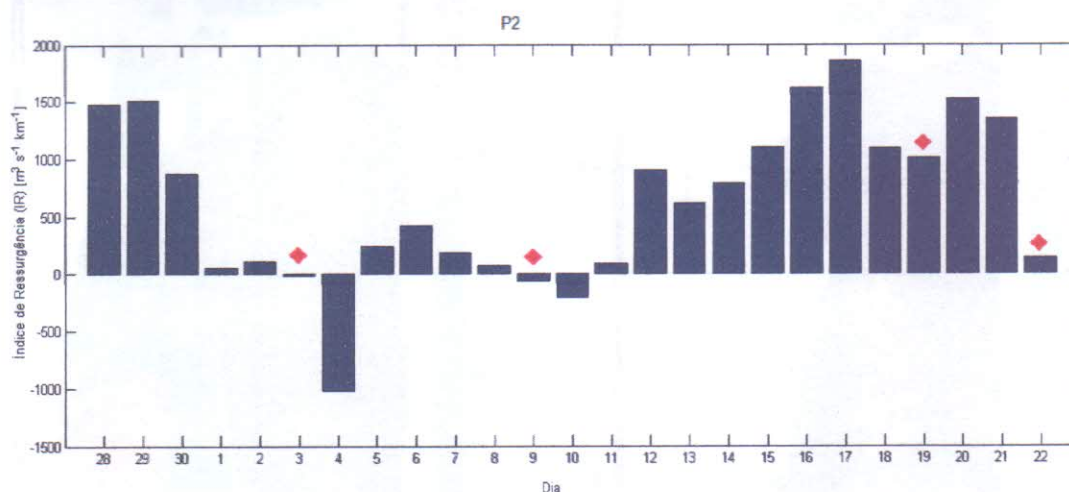
As séries temporais do IR para o período de 28 de junho a 22 de julho de 2008 (figura 20) foi bastante similar nos dois pontos, com diferenças apenas nas magnitudes e exceto para os dois primeiros dias do mês de julho.

Figura 20: Série temporal do IR, em P1 (a) e P2 (b), referente ao período de 28 de junho a 22 de julho de 2008. As marcações indicam os dias com as imagens orbitais.

(a)



(b)

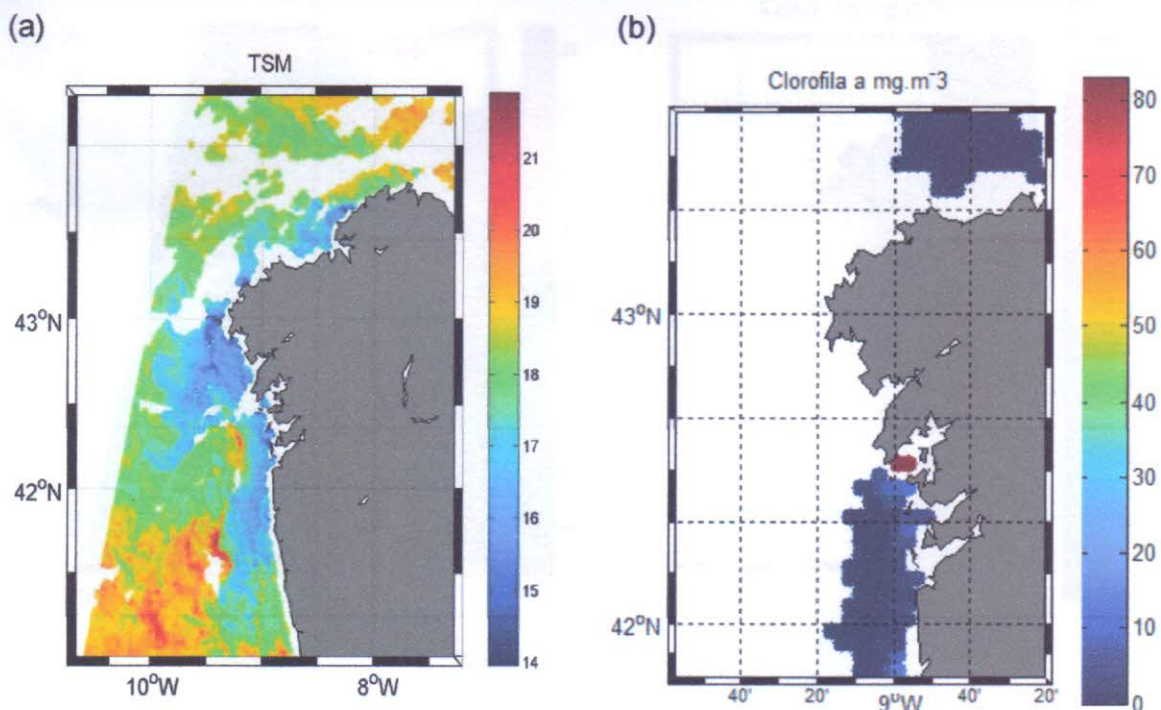


Fonte: A autora.

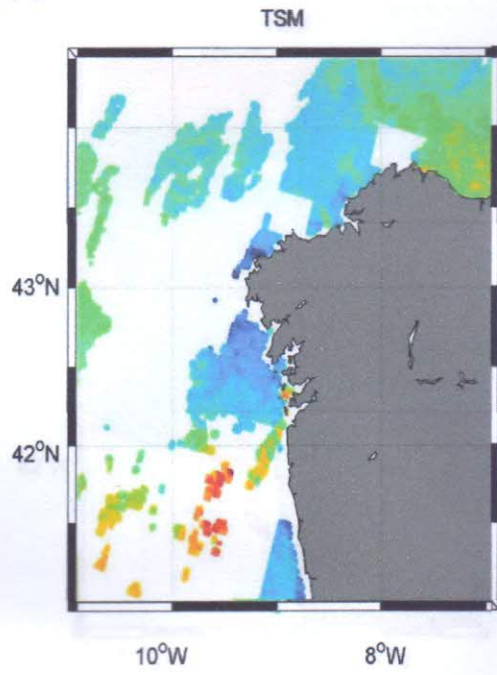
Na primeira imagem térmica (figura 21 a), do dia 3 de julho de 2008, observou-se um sistema de ressurgência costeira, o qual se confirma com o aparecimento de águas mais frias próximo à costa, com temperatura mínima, nas Rías Baixas, de 13,95 °C. Ao lado (figura 21 b), exibe-se a concentração de clorofila

nessa data, com valores relevantes. No dia 9, possivelmente em resposta à importante condição de subsidência do dia 4 (figura 20), que segundo Rosón (2008), contribui para uma forte diminuição na concentração de nutrientes nas Rías, a temperatura mínima registrou um aumento para 15,93 °C (figura 21 c), e como esperado, não foi detectado concentração de clorofila a próximo às Rías Baixas (figura 21 d). A partir do dia 15 de julho o IR apresentou magnitudes $> 1000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-1}$, e conseqüentemente, no dia 19 o sistema de ressurgência apareceu novamente reforçado, confirmado pela diminuição nas temperaturas próximo a costa (figura 21 e), com mínima de 13,55 °C, e altas taxas de clorofila no interior das Rías (figura 21 f). Na imagem do dia 22 de julho (figura 21 g), embora se observe a presença de águas mais quentes, com máxima de 21,8 °C, a mínima anteriormente observada foi mantida, e a clorofila permaneceu com concentrações consideráveis (figura 21 h).

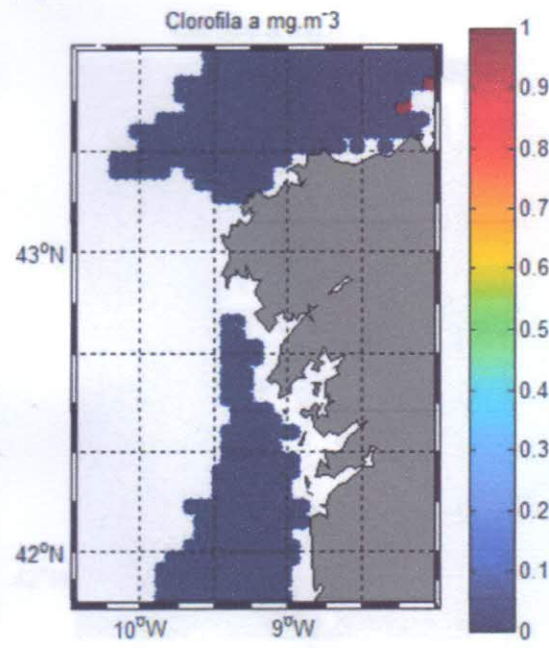
Figura 21: Mapas de TSM e clorofila, nos dias 3 (a; b), 9 (c; d), 19 (e; f) e 22 de julho de 2008.



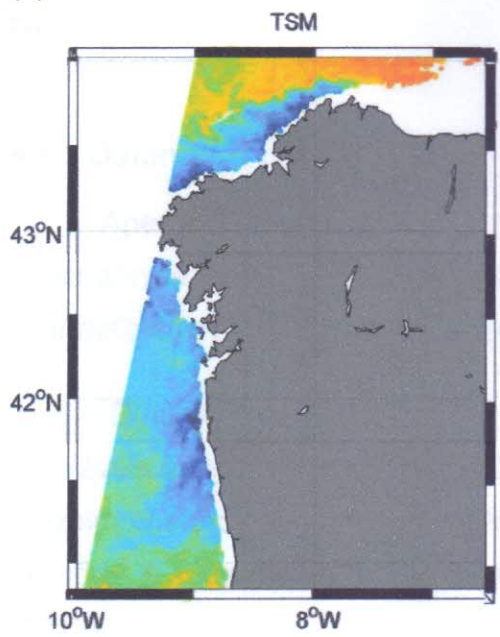
(c)



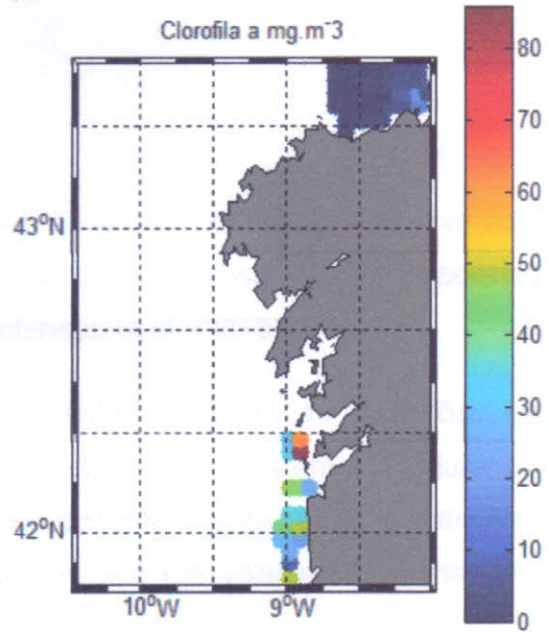
(d)

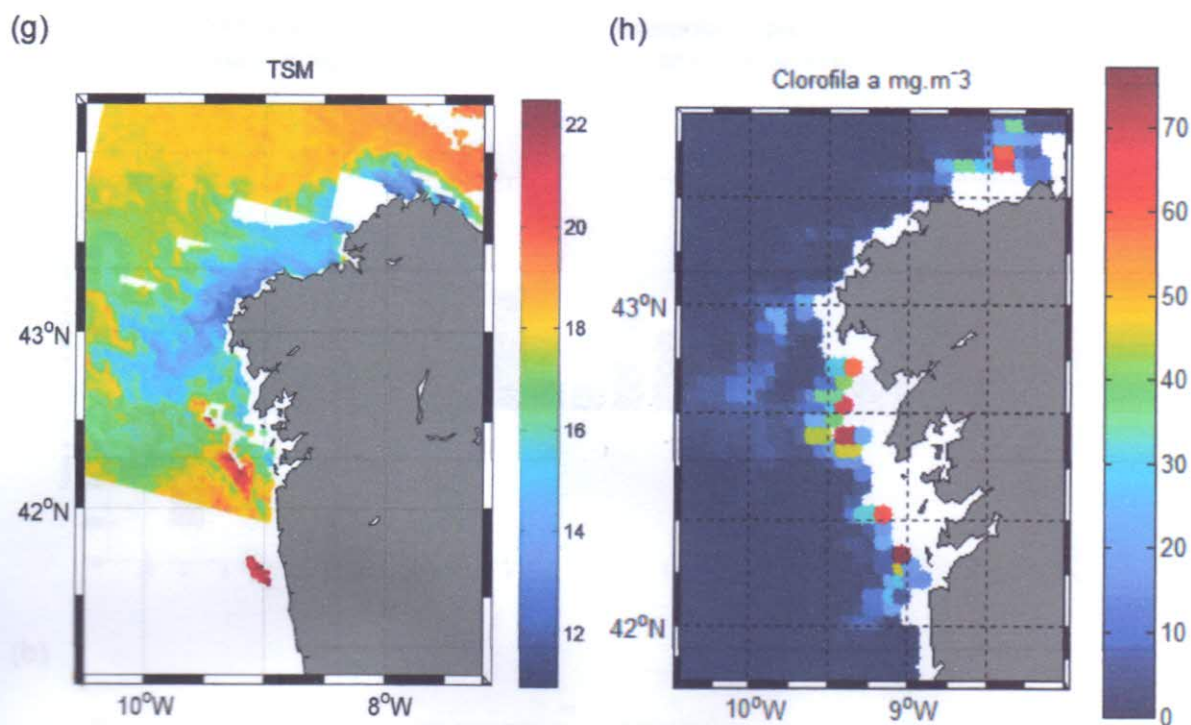


(e)



(f)





Fonte: A autora.

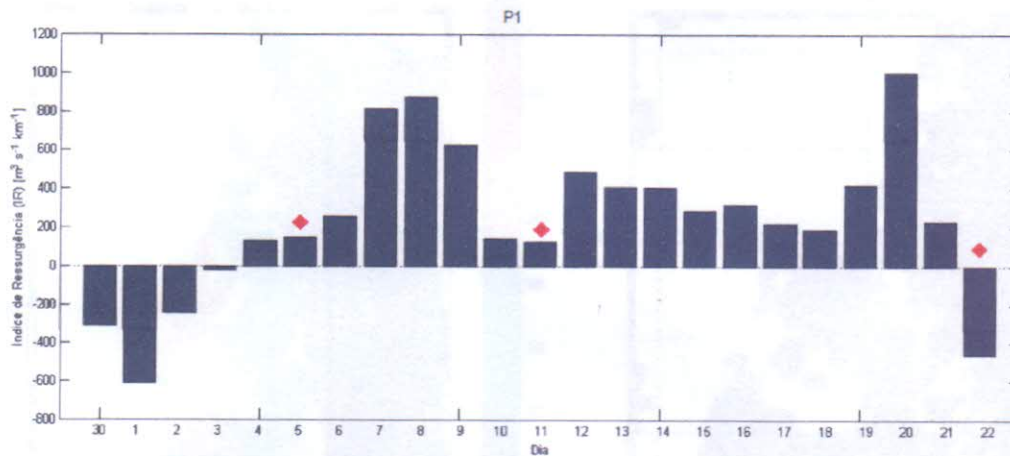
4.4.3 Outono

Apesar de reconhecido que durante o outono podem ocorrer eventos de ressurgência, poucos estudos relataram ocorrências nesse período, podendo-se citar deCastro (2006; 2008) e Villacieros-Robineau et al. (2013).

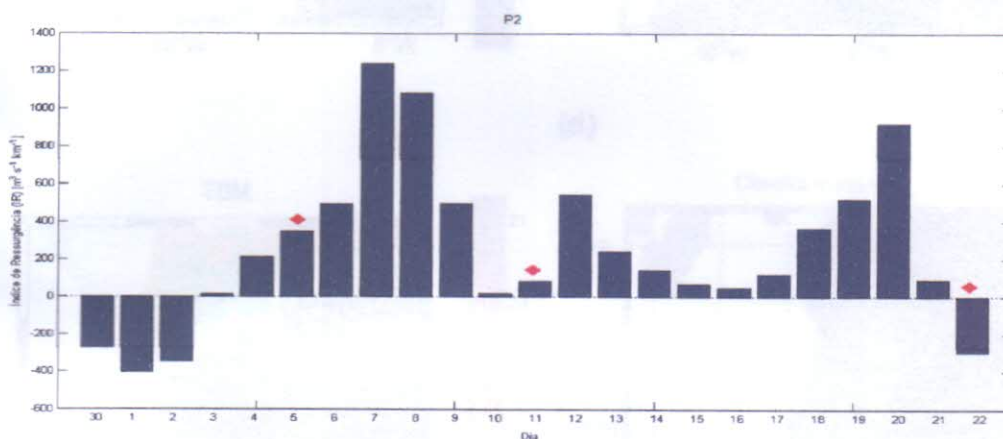
Durante a maior parte do mês de outubro de 2011 as condições foram favoráveis à ressurgência (figura 22), diferente do mesmo mês em 2004 durante um cruzeiro oceanográfico na Ría de Vigo, que apresentou muita variação entre ventos de norte e sul e passagem de frentes frias, relatado em Villacieros-Robineau et al. (2013).

Figura 22: Série temporal do IR, em P1 (a) e P2 (b), referente ao período de 30 de setembro a 22 de outubro de 2011. As marcações ♦ indicam os dias com as imagens orbitais.

(a)



(b)

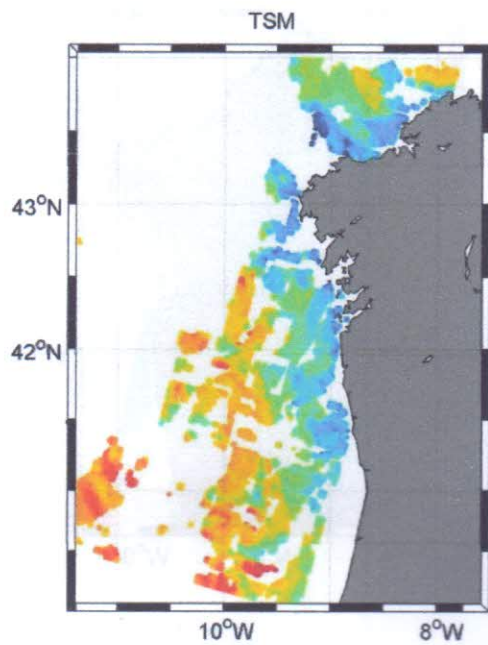


Fonte: A autora.

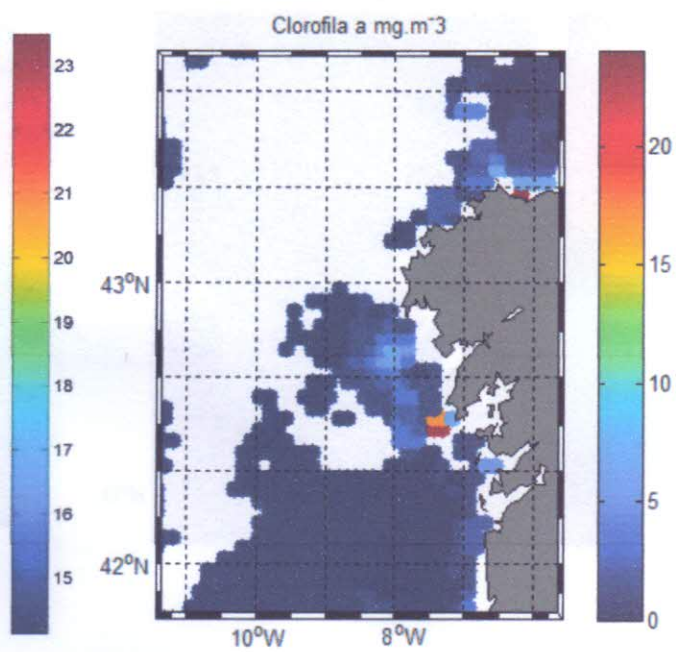
Na imagem de TSM do dia 5 (figura 23 a) se detectaram águas mais frias próximas à costa e concentrações de clorofila acima de $20 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (figura 23 b), que indicam um episódio de ressurgência. Em seguida, no dia 11, embora não seja possível observar a TSM da área das Rías (figura 23 c), acredita-se que estava similar à área mais ao sul, que apresenta temperatura inferiores próximo a costa, em virtude da ressurgência, responsável pela significativa concentração de clorofila detectada (figura 23d). Por fim, no dia 22 o sinal da TSM mostrou a persistência de águas frias próximo às Rías (figura 23 e) e registrou um acréscimo na concentração da clorofila (figura 23 f).

Figura 23: Mapas de TSM e clorofila, nos dias 5 (a; b), 11 (c; d) e 22 (e; f) de outubro de 2011.

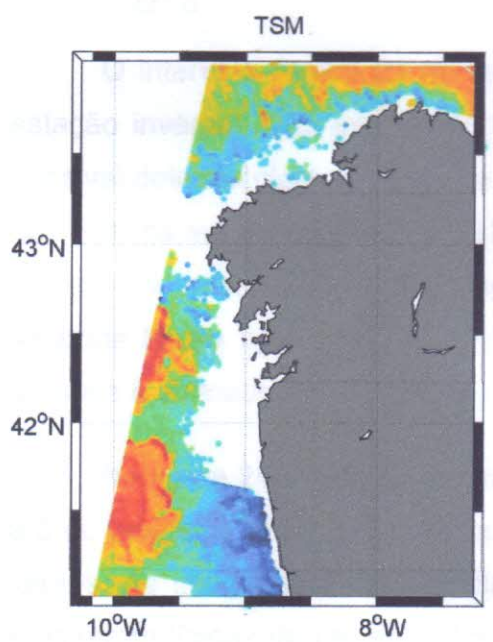
(a)



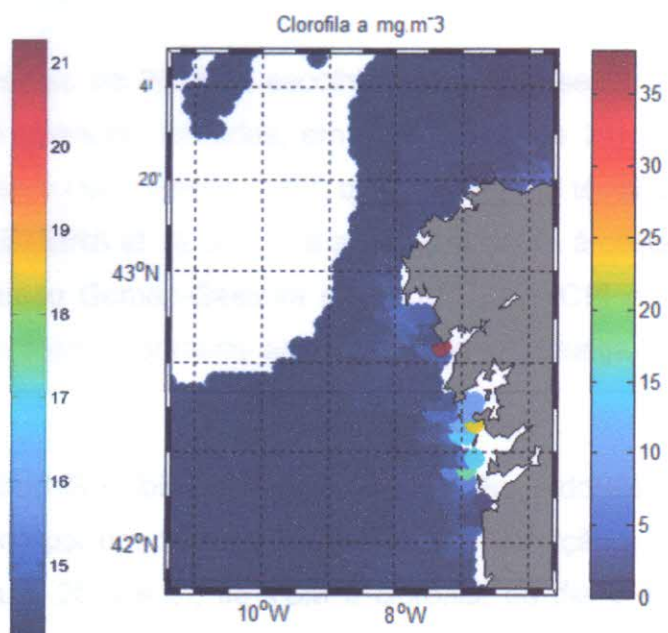
(b)

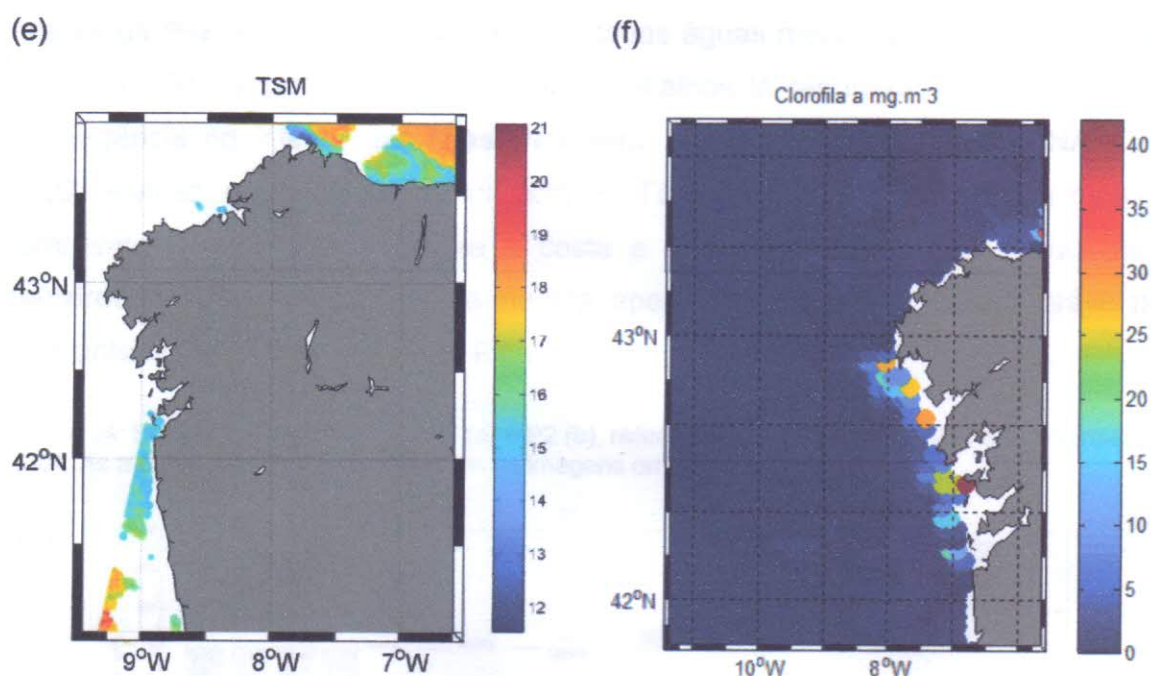


(c)



(d)





Fonte: A autora.

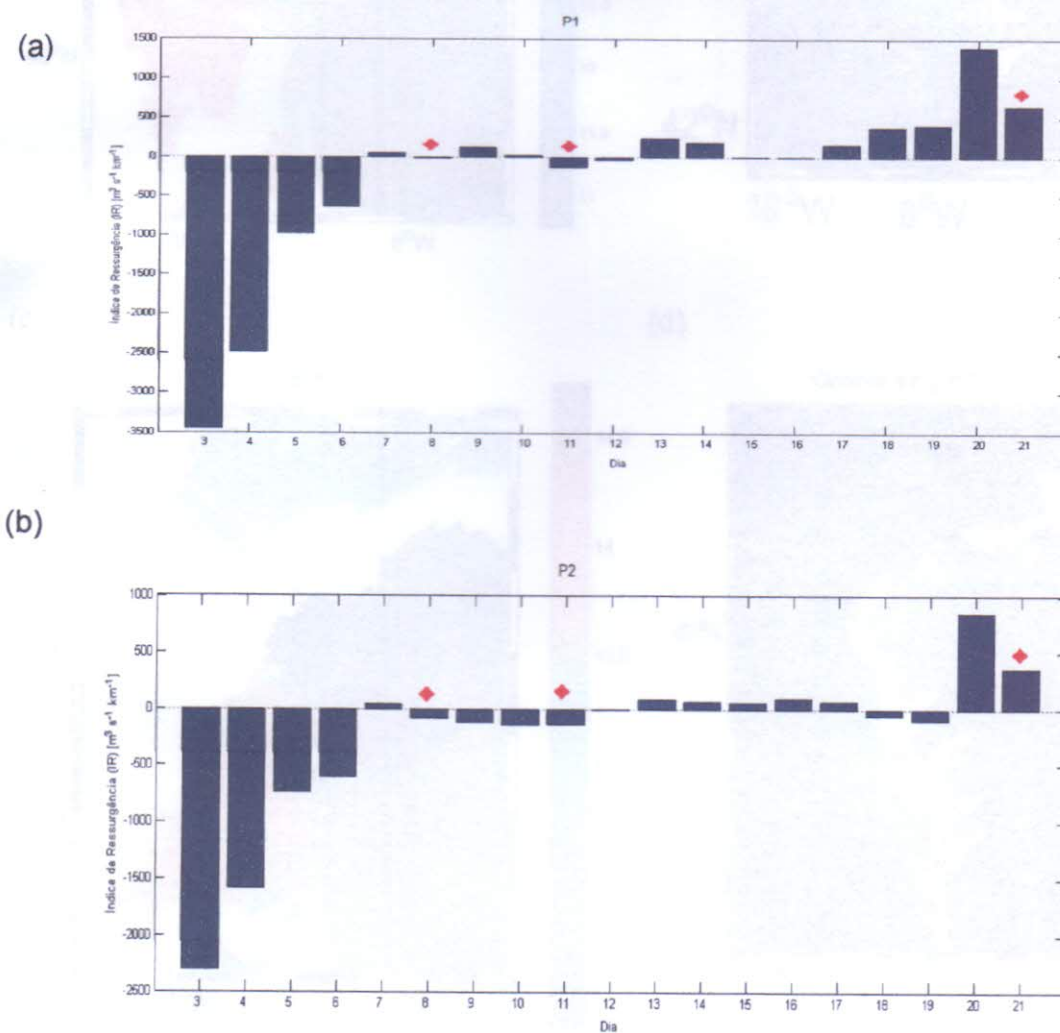
4.4.4 Inverno

O intervalo de 3 a 21 de fevereiro de 2004 foi escolhido para representar a estação invernal. Das três imagens térmicas utilizadas, em duas (dias 8 e 21) foi possível detectar claramente a Corrente Polar Ibérica (CPI), que possui sinal térmico de 15 °C na superfície (GOMEZ-GESTEIRA et. al. 2011), e aparece paralela à costa durante os meses de inverno. Segundo Gomez-Gesteira et. Al. (2011), a CPI é a segunda feição física oceanográfica mais importante ao longo da costa galega (a primeira é a ressurgência costeira).

Na figura 24, a série temporal do IR exibiu condições de subsidência do dia 3 a 6 de fevereiro, em P1 e P2, seguido por um período de relaxação e transição dos ventos. As imagens de satélite (figura 25 a e b), de TSM e clorofila, do dia 8 se mostraram típicas de um episódio de ressurgência, com a presença de águas mais frias e concentrações de clorofila na costa galega, no entanto a série temporal do IR se mostrou desfavorável (figura 24). Porém deve-se levar em conta que a TSM também é altamente influenciada por outros fenômenos, como a descarga de água doce na zona costeira e circulação de larga escala (GOMEZ-GESTEIRA et al. 2008). No dia 11, considerando o IR em P1, é possível que tenha ocorrido ressurgência no

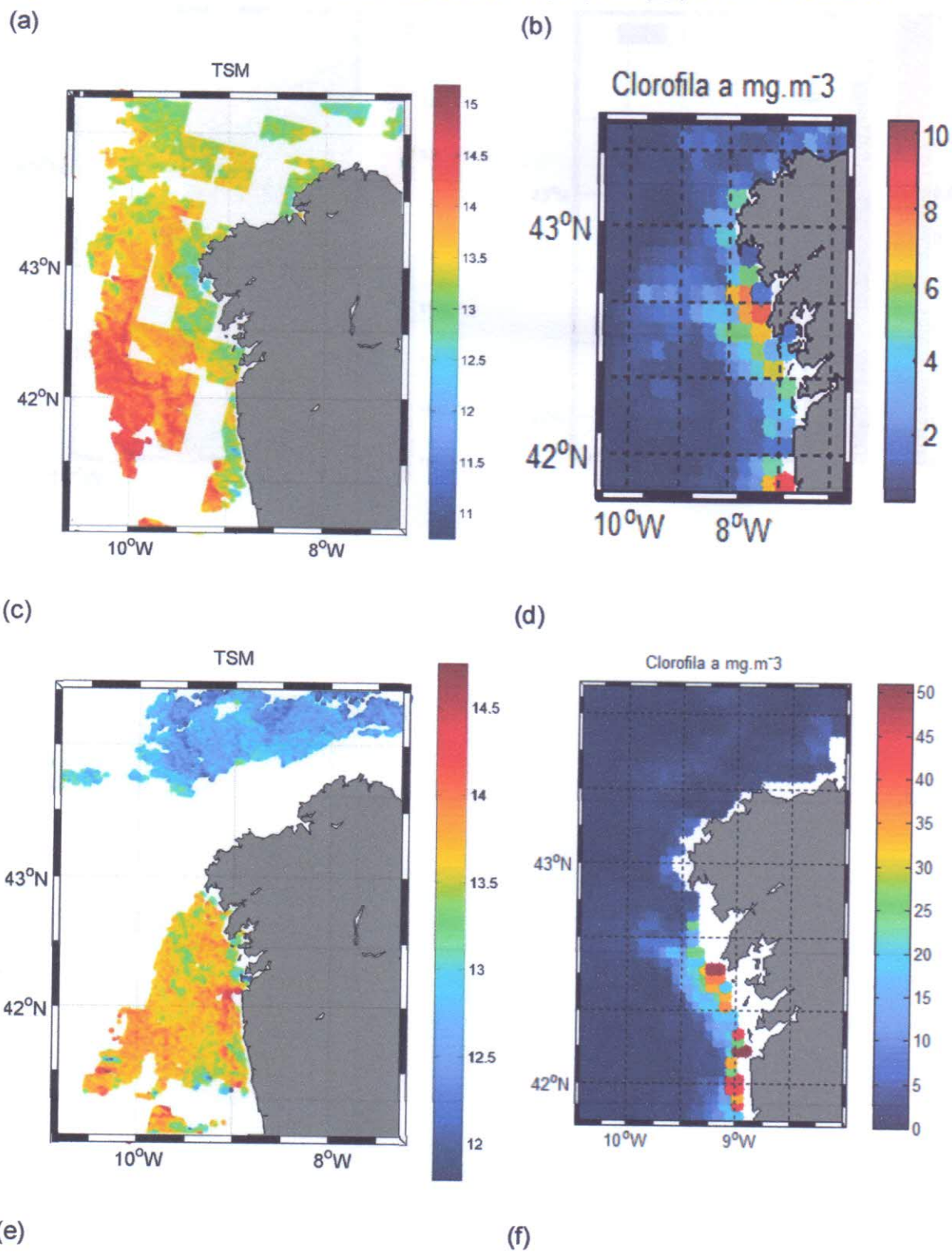
interior da Ría de Vigo, onde foram detectadas águas mais frias (figura 25 c) e alta concentração de clorofila (25 d). Alguns trabalhos já reportaram a ocorrência de ressurgência no interior das Rías (Nogueira, Pérez & Rios, 1997; FERNANDÉZ, 2002; Álvarez et. al. 2003). A imagem de TSM do dia 21 (figura 25 e) mostrou temperaturas mais cálidas sobre a costa e a imagem de clorofila (figura 25 f) registrou baixas concentrações da mesma, apesar de que o IR ter sido favorável nos dias antecedentes, considerando P1.

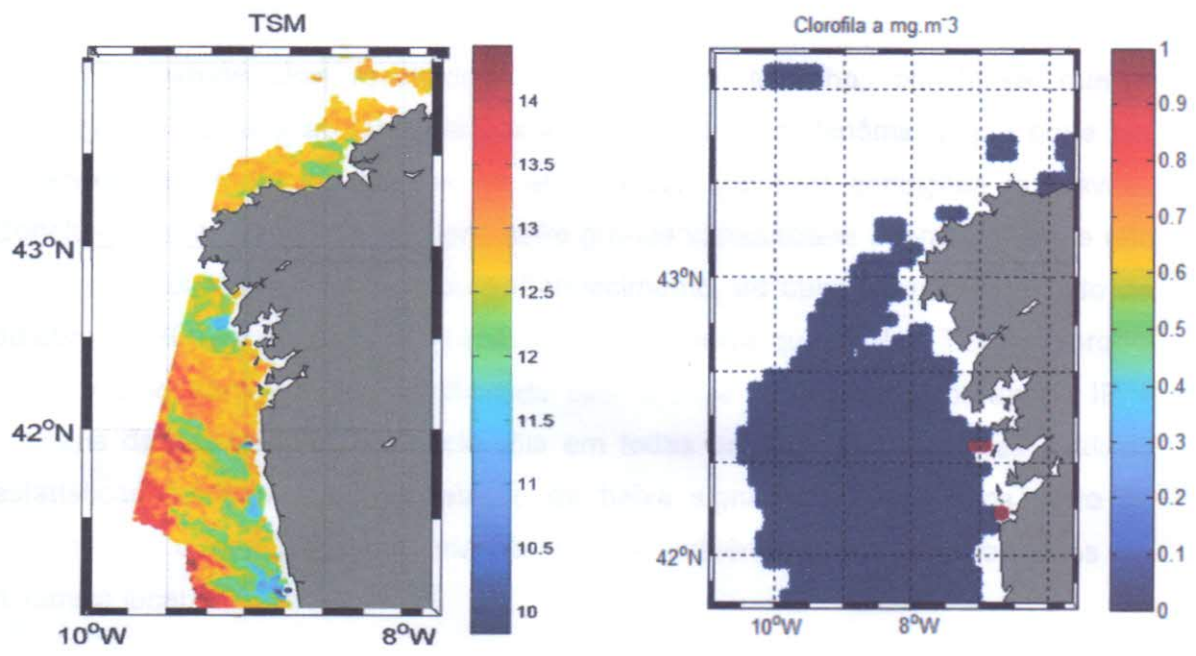
Figura 24: Série temporal do IR, em P1 (a) e P2 (b), referente ao período de 3 a 21 de fevereiro de 2004. As marcações indicam os dias com as imagens orbitais.



Fonte: A autora.

Figura 25: Mapas de TSM e clorofila, nos dias 8 (a; b), 11 (c; d) e 21 (e; f) de fevereiro de 2004.





5. CONCLUSÃO

Em virtude dos resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que a ressurgência costeira ao largo da costa da Galícia é um fenômeno que pode ser observado em todas as épocas do ano, desde que haja condições favoráveis. Conclui-se também que o fenômeno sofre grande variabilidade interanual e que não apresenta indícios de aumento ou enfraquecimento, ao observarmos o período de outubro de 2002 a março de 2012. E embora se saiba que o IR, a TSM e clorofila estão relacionados entre si, confirmado pela análise de séries temporais de IR e imagens de satélite de TSM e clorofila em todas as épocas do ano, as análises estatísticas resultaram em correlação de baixa significância estatística entre os parâmetros, o que possivelmente se deve à influência de outras forçantes na dinâmica local.

6. TRABALHOS FUTUROS

Uma vez que os resultados dos modelos de regressão apresentaram baixa significância estatística e em função das discussões realizadas, sugere-se realizar a pesquisa incorporando outras variáveis biofísicas ao estudo (por exemplo: vento e pressão ao nível do mar), gerando um modelo de regressão linear múltipla.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA ESPACIAL EUROPEIA. Disponível em: <https://earth.esa.int/instruments/images/AATSR_EM.jpg>. Acesso em: 6 de junho de 2013.

IFREMER. Disponível em: <www.ifremer.fr>. Acesso em: 15 de outubro de 2013.

INSTITUTO ESPANHOL DE OCEANOGRAFIA. Visor de Datos. Disponível em <<http://www.indicedeafloramiento.ieo.es/>>. Acesso em: 15 de maio de 2013.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). Disponível em: <<http://mtp.jpl.nasa.gov>>. Acesso em 20 de novembro de 2013.

NUMERICAL TERRADYNAMIC SIMULATION GROUP (NTSG). Disponível em: <<http://www.ntsg.umt.edu/>>. Acesso em 19 de dezembro de 2013.

ÁLVAREZ, I., deCASTRO, M., PREGO, R., GOMEZ-GESTEIRA, M. Hydrographic characterization of a winter-upwelling event in the Ria of Pontevedra (NW Spain). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 56, p. 869–876, 2003.

ALVAREZ, I PREGO, R., deCASTRO, M., VARELA, M . Revisión de los eventos de afloramiento en Galicia: eventos fuera de temporada en las rías (1967-2009). *Ciencias marinas*, v. 38, n. 1b, 2012 .

ÁLVAREZ-SALGADO, X. A., et al., Y. Hydrographic variability off the Rias Baixas (NW, Spain) during the upwelling season. *Journal of Geophysical Research*, v. 98, p. 447-455, 1993.

ÁLVAREZ-SALGADO, X. A., GAGO, J., MÍGUEZ, B. M., GILCOTO, M. PÉREZ, F. F. Surface Waters of the NW Iberian Margin : Upwelling on the Shelf versus Outwelling of Upwelled Waters from the Rías Baixas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v.51, p. 821-837, 2000.

BAKUN, A. Coastal upwelling indices, west coast of North America, 1946-71. U.S.Dep. Commer., NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF-671, ,1973.

BAKUN, A. Daily and weekly upwelling indices, west coast of North America, 1967-73. NOAA Tech. Rep., 114p. 1975.

BLANTON, J. O. Coastal upwelling of the Rias Bajas, Galicia, northwest Spain: Hydrographic studies. *Rapports et Proces-verbaux des Réunions*, v.183, p. 179–190, 1984.

CHERESKIN, T. K.; PRICE, J. S. Ekman transport and pumping. *Encyclopedia of Ocean Sciences*. v.2, p. 809-815, 2001.

CORTIZAS, M. A.; ALBERTI, P. A. Atlas Climático de Galicia. Santiago de Compostela: Conselleria de Medio Ambiente, Xunta de Galicia, 1999. 250 p.

CRESPO, B.G. FIGUEIRAS, F.G., PORRAS, P., TEIXEIRA, I.G.. Downwelling and dominance of autochthonous dinoflagellates in the NW Iberian margin: The example of the Ría de Vigo. *Harmful Algae*. Vigo, p. 770-781. 2006.

deCASTRO et al. Hydrographic and atmospheric analysis of an autumnal upwelling event in the Ria of Vigo (NW Iberian Peninsula). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v.68, p.529–537, 2006.

deCASTRO, M. GOMEZ-GESTEIRA, M., ALVAREZ, I., LORENZO, M., CABANAS, J.M., PREGO, R., CRESPO, A.J.C. Characterization of fall–winter upwelling recurrence along the Galician western coast (NW Spain) from 2000 to 2005: Dependence on atmospheric forcing. *Journal of Marine Systems*, v. 72, p. 145-158, 2008.

FERNANDÉZ, M. I. A.; Caracterización de un periodo de afloramiento invernal en la ría de Pontevedra. 84 f. Tese (Licenciatura) - Curso de Ciências do Mar, Departamento de Física Aplicada, Universidad de Vigo, Vigo, 2002.

FRAGA, F. Upwelling off the Galician Coast, Northwest Spain. *Coastal Upwelling*. (Ed. F.A. Richardson) Am. Geoph. Union, Washington, p. 176- 182, 1981.

GAGO, J., CABANAS, J. M., CASAS, G., MIRANDA, A.. Thermohaline measurements in the continental shelf zone of the NW Iberian Peninsula, 1994–2006. *Climate Research*, v. 48, n. 2, p. 219-229, 30 ago. 2011.

GOMEZ-GESTEIRA, M.. Ekman transport along the Galician coast (NW, Spain) calculated from forecasted winds. *Journal of Geophysical Research*, v. 111, p. C10005, 2006.

GOMEZ-GESTEIRA, M. et al. Coastal processes in northwestern Iberia, Spain. *Continental Shelf Research*, Tt, v. 31, n. 5, p.367-375, 2011.

HURRELL, J.W. Decadal trends in the North-Atlantic Oscillation—regional temperatures and precipitation. *Science*. v. 269, p.676–679, 1995.

LAVÍN, A., DÍAS DEL RIO, G., CASAS, G., CABANAS, J.M., 1991, Afloramiento en El Noroeste de la Peñínsula Ibérica. Indices de afloramiento para el punto 438N, 118W, Periodo 1966-1989, Informes Técnicos del Instituto Español de Oceanografía. p. 40, 1991.

LLEWELLYN-JONES, D.; REMEDIOS, J. The Advanced Along Track Scanning Radiometer (AATSR) and its predecessors ATSR-1 and ATSR-2: An introduction to the special issue. *Remote Sensing of Environment*, v. 116, p. 1-3, 2012.

MÉNDEZ, G.; VILAS, F. Geological antecedents of the Rias Baixas (Galicia, northwest Iberian Peninsula). *Journal of Marine Systems*, v. 54, n. 1-4, p. 195-207, fev. 2005.

NOGUEIRA, E., PÉREZ, F. F. & RIOS, A. F. Seasonal patterns and long-term trends in an estuarine upwelling ecosystem (ria of Vigo, Spain). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 44, p. 285-300, 1997.

NONN, H. Les régions côtières de la Galice (Espagne). Étude géomorphologique. *Annales de Géographie, Faculté de Lettres de l' Université de Strausborg*, 591p., 1966.

OSPINA-ALVAREZ, N., PREGO, R., ALVAREZ, I., deCASTRO, M., ALVAREZ-OSSORIO M.T., PAZOS Y., CAMPOS, M.J., BERNADEZ P., GARCIA-SOTO, C., GOMEZ-GESTEIRA, M., VARELA, M. Oceanographical patterns during a summer upwelling-downwelling event in the Northern Galician Rias: Comparison with the whole Ria system (NW of Iberian Peninsula). *Continental Shelf Research*, v. 30, n. 12, p. 1362-1372, 2010.

PELIZ, A. DUBERT, J., SANTOS, A.M.P., OLIVEIRA, P.B., Le CANN, B. Winter upper ocean circulation in the Western Iberian Basin—Fronts, Eddies and Poleward Flows: an overview. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. p. 621-646. 2005.

PÉREZ, F. F. RIOS, A.F., KING, B.A., POLLARD, R.T.,. Decadal changes on the θ -S relationship of the Eastern North Atlantic Central Water. *Deep- Sea Research*, v.42, p. 1849-1864, 1995.

PREGO, R. deCASTRO, M., GOMEZ-GESTEIRA, M., TABOADA, J. J., MONTERO, P., PEREZ-VILLAR, V., DALE, A. Micro-scale hydrography of the Pontevedra Ria NW Spain. *Journal of Geophysical Research*, v.1069, p. 19845–19857, 2001.

PREGO, R., GUZMAN-ZUNIGA, D., VARELA, M., deCASTRO, M., GOMEZ-GESTEIRA, M. Consequences of Winter upwelling events on biogeochemical and phytoplankton patterns in a western Galician ria (NW Iberian peninsula). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, p. 409–422, 2007.

PREGO, R.; VARELA, M. Galicia upwelling revisited: out-of-season events in the rias (1967–2009) Revisión de los eventos de afloramiento en Galicia: eventos fuera de temporada en las rías (1967–2009). *Ciencias Marinas*. v. 38, p. 143-159, 2012.

RAMOS, A. M., PIRES, A. C., SOUSA, P. M., TRIGO, R.M. The use of circulation weather types to predict upwelling activity along the western Iberian Peninsula coast. *Continental Shelf Research*, v. 69, p. 38-51, 2013.

ROBINSON, I. S. *Satellite Oceanography: An Introduction for Oceanographers and Remote Sensing Scientists*. Chichester: Ellis Horwood, 1985. 455 p.

ROSÓN, G., CABANAS, J. M., PEREZ, F.F. Hidrografía y dinámica de la Ría de Vigo: Un sistema de afloramientos. In: Eds González-Garcés, A. Vilas, F, Álvarez-Salgado, X.A. (org.), *La Ría de Vigo. Una aproximación integral al ecosistema marino de la Ría de Vigo*. Instituto de Estudios Vigueses. 417 p., 2008

SANTOS, F.; GOMEZ GESTEIRA, M.; DECASTRO, M., Coastal and oceanic SST variability along the western Iberian Peninsula, *Continental Shelf Research*, v. 31, n. 19-20, p. 2012-2017, 2011.

TARELA, A. Desarrollo de herramientas software para el estudio comparativo de imágenes de temperatura superficial y de concentración de clorofila en aguas del afloramiento ibérico. *Revista de Teledetección*. n.15. p.1-12. 2000.

TARELA, A. Caracterización del Afloramiento Ibérico mediante el desarrollo de herramientas software para el análisis comparativo de imágenes SST y Clorofila. *Teledetección, Medio Ambiente y Cambio Global*. p.587-590. 2001

TORRES, R., BARTON, E.D, MILLER, P., FANJUL, E. Spatial patterns of wind and sea surface temperature in the Galician upwelling region. *Journal of Geophysical Research*. v.108, n.C4, 2003.

VILLACIEROS-ROBINEAU, N..HERRERA, J.L., CASTRO, C.G., PIEDRACOBIA, S., ROSON, G.. Hydrodynamic characterization of the bottom boundary layer in a coastal upwelling system (Ría de Vigo, NW Spain). *Continental Shelf Research*, v. 68, p. 67-79, out. 2013.

WOOSTER, W. S. BAKUN, A., McLAIN, D.R. The seasonal upwelling cycle along the eastern boundary of the north Atlantic. *Journal of Marine Research*, v. 34, p. 131 – 141, 1976.