

**Universidade de Lisboa
Faculdade de Ciências
Departamento de Biologia Animal**



**A aplicação *Google Earth* no estudo da dinâmica
costeira em sistemas litorais arenosos na costa
portuguesa**

Vera Lúcia Martins Gonçalves

Dissertação

Mestrado em Ecologia Marinha

2013

**Universidade de Lisboa
Faculdade de Ciências
Departamento de Biologia Animal**



**A aplicação *Google Earth* no estudo da dinâmica
costeira em sistemas litorais arenosos na costa
portuguesa**

Vera Lúcia Martins Gonçalves

Dissertação orientada por:

Prof. Doutor Francisco Andrade – DBA / FCUL

Mestrado em Ecologia Marinha

2013

**Aos meus pais, que me
ensinaram a amar o Mar.**

***“Quem na concha de sua mão mediu as águas
e tomou a medida dos céus a palmos?”***

Isaías 40:12

Agradecimentos

A elaboração desta dissertação foi um processo algo solitário, com muitas horas e madrugadas passadas em frente ao computador, mas não teria sido possível a sua realização sem a colaboração de algumas pessoas que me ajudaram quer pelo seu contributo directo na dissertação, quer pelo apoio ao nível pessoal e emocional nesta viagem que foi o Mestrado em Ecologia Marinha. A todas elas gostaria de deixar o meu profundo agradecimento:

Ao Prof. Doutor Francisco Andrade, que aceitou ser meu orientador, que me guiou ao longo desta dissertação, dando-me as ferramentas necessárias para a realizar, a liberdade para fazer deste trabalho o meu trabalho e por me ter ajudado a perceber que as minhas fraquezas não são unicamente minhas.

Ao Prof. Doutor César de Andrade, Prof. Doutor Francisco Taveira-Pinto, Doutora Luciana das Neves, Doutora Raquel Silva e Doutor Pedro Brito por me terem disponibilizado bibliografia especializada.

À Dra. Sandra Domingues do Serviço de Planeamento e Informação Geográfica da Câmara Municipal de Mira, por me ter facultado informações e explicações sobre o Concelho de Mira.

Ao Senhor António Viana da Cruz - Presidente da Junta de Freguesia de Antas – por me ter facultado informações relativas à restinga do Neiva.

Aos colegas de mestrado e professores do Departamento de Biologia Animal da FCUL, este mestrado sem vós não era a mesma coisa.

À equipa e gerente da loja Rituals onde trabalhei no decorrer deste mestrado, por toda a ajuda que me deram ao trocar folgas e horários comigo, o que me permitiu comparecer a saídas de campo, aulas e exames.

À Raquel, por sempre me lembrar que não tenho que carregar o mundo às costas.

À D. Jacinta, pelo seu interesse, preocupação e carinho por esta “doutora de peixes”.

Aos meus amigos “da praceta”, aquele cantinho especial que será sempre nosso, por tantas vezes me ajudarem a desanuviar a cabeça, as vossas gargalhadas são como um chocolate quente numa noite fria de inverno. Um enorme obrigado a todos vós! E um obrigado muito especial ao Sérgio e à Dália pelo vosso cuidado e amizade, porque mesmo em férias me trouxeram bibliografia e contactos de Mira.

À Marta Bento, Margarida e Tito, porque o tempo e o espaço são pormenores, e mesmo na ausência vocês estão presentes.

À Marta, a minha amiga de sempre, obrigada por estares sempre lá para mim, pela tua companhia e amizade, pelas conversas sem sentido e pelo riso e alegria contagiantes que me ajudaram a aliviar a mente no decorrer deste mestrado.

À minha família, mesmo não estando convosco tanto tempo como gostaria, estão sempre no meu coração.

Aos meus irmãos, por me darem força neste último ano, por se interessarem e me darem apoio, pela galhofa que é estar convosco, pelo mar que está sempre ligado à nossa infância e por serem as duas estrelinhas mais brilhantes no meu céu.

Aos meus pais, vocês são o meu porto seguro. Sem vocês eu não tinha chegado até aqui. Obrigada pelo apoio incondicional que me têm dado, por acreditarem em mim, por desde criança me ensinarem e transmitirem valores que nenhum dinheiro pode comprar. Tenho muito orgulho em vós e não poderia pedir melhores pais que vocês.

Ao Ricardo, por teres chegado e agitado o meu mundo, por me teres feito voltar a acreditar, por tudo aquilo que é tão nosso, por me teres ajudado tanto e de tantas formas diferentes, por seres quem és e aceites-me como sou. Sem ti esta tese não teria chegado a bom porto.

Resumo

O *Google Earth* (GE) é uma aplicação informática *freeware* que permite navegar virtualmente pelo planeta Terra. Esta aplicação reúne, para um mesmo local, imagens de diferentes datas e permite alternar entre as mesmas, efectuar marcações e medir distâncias.

Neste trabalho é testado o potencial do GE enquanto instrumento de trabalho para o estudo da dinâmica costeira. Para tal determinou-se e quantificou-se (distâncias) a evolução de sistemas dunares (avanço ou recuo) ao longo de um período de 7 anos (2003-2010), em quatro segmentos litorais arenosos na costa Oeste de Portugal: Restinga do Neiva, Esposende, Mira e Restinga de Tróia. A escolha dos locais de estudo foi determinada de acordo com a disponibilidade de datas no GE, que não é uniforme em todo o território nacional, e com o nível de qualidade de imagem das mesmas. Foram seleccionados locais de estudo que apresentassem um mínimo de três datas disponíveis com uma resolução que permitisse identificar diferentes morfologias da linha de costa.

A problemática da erosão costeira em Portugal é cada vez mais preocupante. Sistemas costeiros e núcleos urbanos litorais em todo o país estão ameaçados pelo recuo da linha de costa. Das quatro áreas de estudo analisadas, Neiva, Esposende e Mira encontram-se em erosão e Tróia encontra-se em acreção.

A aplicação *Google Earth* demonstra ser um instrumento de trabalho de elevada fiabilidade e, apesar de apresentar alguns erros associados, estes são passíveis de resolução.

Palavras-chave: Google Earth; Erosão; Dunas; Restinga; Praia.

*Este trabalho não foi escrito ao abrigo do novo Acordo Ortográfico.

Abstract

Google Earth (GE) is a freeware computer application that allows a virtual navigation throughout planet Earth. This application brings together images from different dates and allows switching between them, placing marks and distance measurements.

In this work the potential of GE as a work tool for studying coastal dynamics was tested. To do so, the evolution of dune systems (forward or backward) was determined and quantified (distances) over a period of 7 years (2003-2010), in four sandy coastal segments in the western coast of Portugal: Neiva sand spit, Esposende, Mira and Tróia sand spit. The choice of the study sites was determined by the availability of dates on the GE, which is not uniform across the country, and the level of image quality they show. The selected study sites had to show a minimum of three available dates and an image resolution that would allow the identification of different morphologies on the coastline.

The problem of coastal erosion in Portugal is increasingly worrying. Coastal systems and coastal urban centers across the country are threatened by the retreat of the shoreline. Of the four study sites analyzed Neiva, Esposende and Mira are suffering from coastal erosion while in Tróia accretion is verified.

Despite presenting a few detectable errors that can be surpassed, the *Google Earth* application proves to be a highly reliable working tool.

Keywords: Google Earth; Erosion; Dunes; Sand Spit; Beach.

Índice

Resumo.....	vi
Abstract.....	vii
1. Introdução	1
1.1 Sistemas Litorais Arenosos.....	2
1.2 Transporte Sedimentar	6
1.3 Sistemas Dunares.....	9
1.4 Google Earth	13
1.5 Objectivos do Trabalho	14
2. Locais de Estudo	15
2.1. Restinga do Neiva	16
2.2. Esposende (Ofir-Pedrinhas).....	17
2.3. Mira (Poço da Cruz-Praia de Mira)	18
2.4. Restinga de Tróia	19
3. Metodologias.....	21
3.1. Material Utilizado	21
3.2. Datas.....	21
3.3. Características das Áreas de Estudo.....	21
3.4. Detectabilidade no <i>Google Earth</i>	22
3.5. Medições	23
3.6. Desvios.....	25
4. Resultados e Discussão	27
4.1. Restinga do Neiva	28
4.2. Esposende (Ofir-Pedrinhas).....	32
4.3. Mira (Poço da Cruz-Praia de Mira)	36
4.4. Restinga de Tróia	39
4.5. Discussão Geral	44
5. Conclusões.....	48
6. Referências Bibliográficas.....	50
7. Anexos.....	54

1. Introdução

As zonas costeiras, que constituem um dos ambientes mais produtivos e de maior diversidade biológica na Terra, ocorrem no interface entre os três maiores sistemas naturais à superfície do planeta – atmosfera, oceano e superfície terrestre. Os processos que ocorrem nestes três sistemas são responsáveis por moldar a zona costeira, sendo a interacção entre esses processos a razão pela qual esta zona é extremamente dinâmica (Davidson-Arnott, 2009; Santos, Forbes e Moita, 2001).

A zona costeira pode ser definida como uma estreita faixa de território terrestre dominada pela influência do oceano, seja sob a forma de marés ou de aerossóis marinhos, e uma área marinha adjacente tendencialmente limitada pela profundidade máxima de penetração da luz solar, sendo a face marinha limitada pela profundidade de 50 m e a face terrestre, pela distancia de 100 km da linha de costa ou a altitude de 50 m, consoante a mais próxima do mar (UNEP, 2006 *in* Andrade, Cabral e Borges, 2009).

As zonas costeiras estão constantemente sujeitas a uma intensa pressão, quer de origem natural – ventos, ondas, marés, temporais – quer de origem humana – exploração de bens e recursos, construção, poluição (Coelho *et al.*, 2009). Toda a faixa costeira mundial totaliza aproximadamente 4% da área terrestre total do planeta e nela habita um terço da população mundial (UNEP, 2006).

A localização privilegiada de Portugal, no extremo sudoeste do continente europeu, confere-lhe uma faixa costeira de inquestionável beleza, diversidade morfológica e grande dinamismo, onde reside aproximadamente 75% da população portuguesa e onde se encontram os principais centros de decisão política, pólos comerciais e industriais e oportunidades de emprego, o que lhe confere uma elevada importância a nível nacional (Andrade *et al.*, 2006; Santos, Forbes e Moita, 2001).

Os ecossistemas da zona costeira sustentam diversos serviços ambientais dos quais se salientam: a produção de alimento; o acesso ao meio marinho e a qualidade deste; a biodiversidade; a produtividade; a regulação do clima; a protecção do solo e prevenção de cheias e; a cultura e lazer (Andrade, Cabral e Borges, 2009).

1.1 Sistemas Litorais Arenosos

A diversidade observada nos sistemas litorais é função de um número de factores forçadores que atuam sobre as diferentes formas litorais modelando-as. Estes factores são o vento, as ondas, as marés, as correntes, o regime hídrico continental e, cada vez mais, a acção humana (Pereira, 2008).

A variedade de que se revestem os elementos forçadores gera sistemas litorais variados, rochosos ou arenosos, que evoluem por processos e ritmos distintos (Pereira, 2008).

A linha de costa de Portugal continental tem uma extensão de cerca de 950 km e é morfologicamente muito diversa, apresentando especificidades próprias de que são exemplos os estuários, os sistemas lagunares, os sistemas insulares, as arribas, as restingas, as praias e as dunas (Santos, Forbes e Moita, 2001; Veloso-Gomes, 2007).

Para o presente trabalho destacam-se os sistemas litorais arenosos – ambientes costeiros marcados pela deposição de sedimentos não consolidados – dos quais serão abordados as praias e as restingas.

Praia

Para melhor perceber a dinâmica deste tipo de sistemas é necessário reter alguns conceitos que são abordados, de uma forma muito clara, no trabalho de Andrade (1998):

“Uma praia é uma acumulação de sedimentos não consolidados e compreende um domínio submarino e um domínio subaéreo. O domínio submarino estende-se desde a profundidade-limite inferior da zona litoral (onde as ondas já não perturbam significativamente o fundo) até à menor profundidade do perfil que se encontra permanentemente coberto pela água, mesmo durante a baixa-mar de águas vivas. O domínio subaéreo inclui a região do perfil sujeita às marés e ainda a porção geralmente emersa, mas que é ocasionalmente tocada pelo espraio durante os episódios de temporal. O domínio submarino do perfil de praia mostra geralmente uma configuração simples: um talude com declive suave, inclinado para fora, habitualmente côncavo e frequentemente perturbado na

região das pequenas profundidades por bancos de areia localizados debaixo do ponto de rebentação das ondas, os *bancos de rebentação*. Já a praia subaérea tem morfologia mais acidentada. A sua região inferior é habitualmente formada por uma rampa lisa e bastante inclinada que suporta o *espraio* e a *ressaca* produzidas por cada onda incidente, depois de rebentada e de percorrer a região de *espalho*. Este talude é designado por *face de praia* e articula-se superiormente numa *berma*. As bermas de praia são formas construídas, existem em número simples ou múltiplo no perfil de praia e prolongam-se para terra produzindo um perfil escalonado, em escadaria ascendente, que geralmente termina contra o sopé de uma arriba ou a base de uma duna frontal."

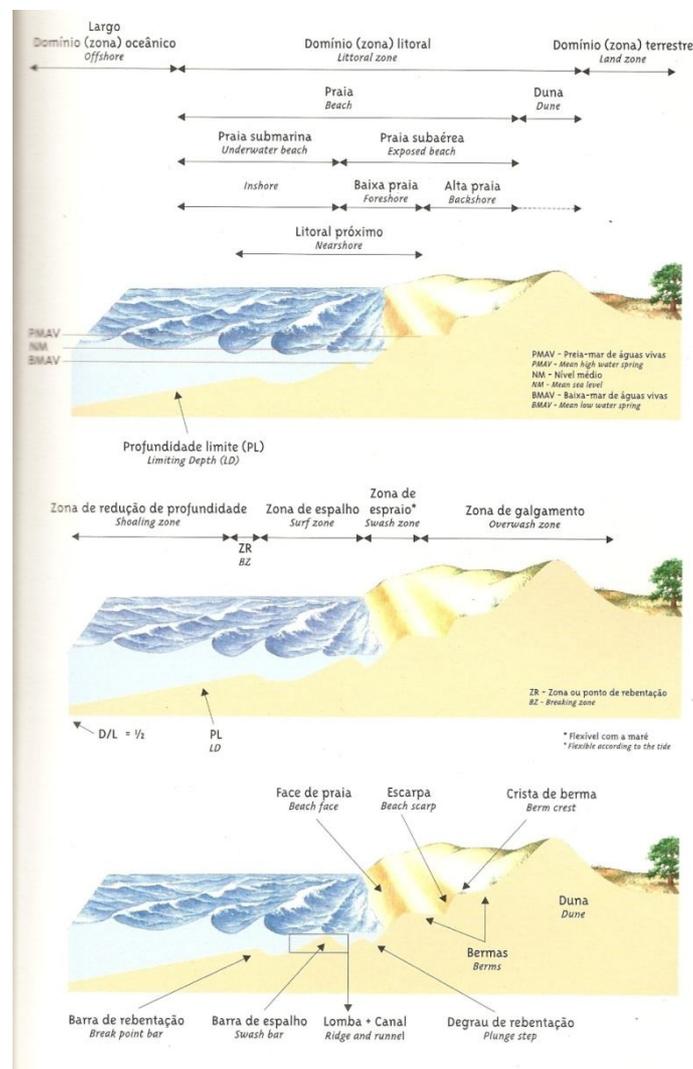


Figura 1. Terminologia morfológica e dinâmica do perfil de praia e da faixa litoral (in Andrade, 1998).

De acordo com Davis (2004), o perfil de uma praia influencia tanto a quantidade de energia das ondas que chega à praia, como a conformação da própria praia. O autor aponta dois extremos na classificação das praias:

- Praia dissipativa - caracterizada por ter um perfil suave nas zonas subtidal e intertidal, onde a energia das ondas se vai gradualmente dissipando. Tendencialmente, este tipo de praia apresenta múltiplos bancos de areia onde as ondas “quebram” e a sua energia se começa a dissipar enquanto se aproximam da costa;
- Praia reflectiva - é o extremo oposto, apresentando um perfil íngreme no qual uma significativa parte da energia das ondas é reflectida em direcção ao mar. Este tipo de praia geralmente não apresenta bancos de areia e o seu perfil é por vezes tão íngreme que quase nenhuma energia é dissipada quando as ondas se aproximam da costa.

Nas praias do tipo dissipativo é comum verificarem-se fenómenos de acreção sedimentar, enquanto às praias do tipo reflectivo correspondem frequentemente situações de erosão, sendo o factor determinante para este tipo de situações a quantidade de energia das ondas que atinge a praia.

Restinga

Uma restinga, também designada de cabedelo, corresponde a um braço de areia ou uma praia destacada da terra, a ela ligada por uma extremidade, encontrando-se a outra extremidade livre (a ponta da restinga), sendo uma estrutura capaz de oscilar, crescer ou encurtar por acção do regime hidrodinâmico dominante. A península de Tróia, no estuário do Sado, e o cabedelo da foz do Douro são exemplos bem conhecidos no litoral português (Andrade, 1998). As restingas podem ter duas origens: resultarem de acumulações de sedimentos transportados ao longo da linha de costa ou decorrerem da migração, para terra, de bancos arenosos, junto à foz dos rios, ou de cristas pré-litorais que, na faixa de rebentação, possam crescer e emergir (Pereira, 1988).

Ocupação humana

Os serviços ambientais que a zona costeira proporciona ou que nela se expressam, como a moderação climática, a acessibilidade e o transporte, a paisagem e a elevada produtividade, contribuem, de forma determinante, para a sua atractividade como área de fixação das populações (Andrade, Cabral e Borges, 2009). Por esta razão nas zonas costeiras encontram-se ocupações, usos e actividades muito importantes às escalas nacional e locais como as infra-estruturas portuárias e os transportes marítimos, o turismo e as actividades balneares e de lazer, a náutica de recreio, as pescas, a apanha, a aquacultura e a salicultura, bem como a exploração de recursos minerais e energéticos (Veloso-Gomes, 2007).

A lei do Domínio Público Hídrico interdita a posse privada e a construção de carácter definitivo numa faixa de 50 m de largura a partir da linha da maior preia-mar de águas-vivas – Domínio Público Marítimo (DPM). Apesar da limitação legal à construção sobre a linha de costa, 24% da costa portuguesa para lá deste limite está ocupada por construção, de carácter residencial e turístico (Andrade e Freitas, 2002 *in* Andrade, Cabral e Borges, 2009).

A ocupação humana da faixa litoral foi sempre acompanhada de tentativas de estabilização ou de protecção contra a agressão dos elementos do clima, em particular contra a actividade destrutiva do regime hidrodinâmico, no entanto, as obras de defesa costeira perturbam seriamente o estado natural da faixa litoral e podem ter consequências desastrosas se não forem cuidadosamente planeadas em função dos novos padrões de equilíbrio que introduzem na sua área de influência (Andrade, 1998).

1.2 Transporte Sedimentar

A costa Oeste portuguesa é altamente energética e está permanentemente exposta a ondas geradas a grandes distâncias no Atlântico, com uma orientação dominante de Noroeste (Taveira-Pinto, Silva e Barbosa, 2011), sendo que os níveis energéticos observados decrescem com a latitude (Andrade *et al.*, 2006). Apresenta um ciclo de marés semidiurno com amplitudes que vão dos 2 aos 4 m nas marés vivas equinociais e no Inverno está frequentemente sujeita aos temporais gerados no Atlântico Norte, que podem persistir até 5 dias (Coelho *et al.*, 2009; Taveira-Pinto, Silva e Barbosa, 2011).

Dá-se o nome de **deriva litoral** à massa sedimentar que é transportada ao longo do litoral pela incidência oblíqua das ondas durante um dado intervalo de tempo, sendo a deriva litoral o mais importante produto da mobilização sedimentar e podendo variar em termos de intensidade e de quantidade de sedimentos mobilizados ao longo do ano (Andrade, 1998). A costa Oeste portuguesa é uma das mais activas da Europa, apresentando valores excepcionalmente elevados de deriva litoral (Andrade *et al.*, 2006).

Através da deriva litoral, cada vez que uma onda atinge uma praia, uma quantidade variável de sedimentos é removida, entra em circulação e é depositada noutra local da praia no sentido para o qual se desloca a corrente de deriva – a sotamar. Na costa ocidental portuguesa a deriva litoral é tipicamente de Norte para Sul devido à orientação dominante da agitação incidente (NO). Segundo Andrade (1998), a forma através da qual este processo não consome a totalidade de reservas sedimentares num determinado local, reside no abastecimento continuado do litoral, que deve ser efectuado a uma taxa suficiente para manter activa a deriva litoral, sem que as reservas sedimentares acumuladas na praia sejam significativamente diminuídas. Isto é, considerando uma secção de uma dada praia arenosa, ela manter-se-á em equilíbrio desde que os volumes de areia que em média abandonam essa secção por unidade de tempo, sob a forma de deriva litoral, sejam igualados por entradas sedimentares de igual magnitude e no mesmo intervalo de tempo. Ainda de acordo com Andrade (1998), se as entradas de sedimentos excederem as saídas, existe um

excesso sedimentar e a praia crescerá em extensão ou em altura – **acrecção**. Se ocorrer o inverso, estamos perante um emagrecimento da praia – **erosão**.

Os rios têm sido reconhecidos como o principal meio através do qual sedimentos são transportados desde a superfície continental até ao seu local de deposição (Reading, 1996). No curso de um rio, devido à pressão exercida pela água e à sua velocidade, os materiais do leito e das margens vão sendo erodidos e extraídos progressivamente – erosão fluvial. Estes fragmentos sólidos, juntamente com aqueles provenientes de outras fontes (solo arrastado pela chuva ou transportado pelo vento por exemplo), passam a fazer parte da carga sólida do curso de água, podendo percorrer grandes distâncias. As partículas sedimentares tendem a ser depositadas em locais diferentes consoante o seu tamanho, pelo que, geralmente, as partículas de maiores dimensões depositam primeiro e as de menores dimensões são transportadas por maiores distâncias, vindo a ser depositadas mais próximo da foz ou transportados para o mar. (McLane, 1995). A deposição de sedimentos finos na foz de um rio é de extrema importância uma vez que neste ponto os sedimentos vão entrar na circulação costeira – deriva litoral – devido à capacidade de transporte das correntes longitudinais e à acção directa da ondulação e da agitação marítima (DHVFBO, 2007b).

Estima-se que em Portugal a redução do abastecimento sedimentar fluvial ascenda aos 80%, principalmente devido à extracção de areias nos sistemas fluviais e nos estuários e a construção de barragens (Taveira-Pinto, Silva e Barbosa, 2011).

Apesar da extrema importância das barragens no sector energético, a sua construção provoca a retenção de um volume de sedimentos – através de retenção nos reservatórios ou de alterações no regime hidrológico – que de outra forma abasteceria os sistemas costeiros (Taveira-Pinto, Silva e Barbosa, 2011).

Segundo o projecto *Eurosion* (2004) a erosão costeira é um problema grave, comum a todos os países costeiros da Europa e que afecta grande parte da costa portuguesa. De acordo com Veloso-Gomes (2007), nas faixas costeiras de baixa altitude de Portugal continental, que não apresentam

protecções naturais rochosas, existe uma situação generalizada de regressão ou recuo da linha de costa, verificando-se o agravamento dos fenómenos de erosão e a sua expansão para troços de costa outrora não afectados, o que se traduz em situações de migração de praias para o interior e enfraquecimentos dos volumes acumulados nas praias e dunas.

Para além da redução do fornecimento sedimentar, as principais causas apontadas para a intensificação da erosão costeira são a ocupação humana (sobre dunas, praias e arribas), a construção de quebra-mares portuários (Viana do Castelo, Aveiro, Figueira da Foz e Vila Moura), a implantação de esporões e de obras aderentes (com impactos de antecipação de fenómenos a sotamar) e a fragilização de dunas (terraplanagens, pisoteio, acessos às praias, parques de estacionamento e circulação de veículos motorizados) (Veloso-Gomes, 2007; Coelho *et al.*, 2009).

1.3 Sistemas Dunares

A importância das dunas é reconhecida internacionalmente (Veloso-Gomes, 2002). As dunas desempenham um papel central na estabilização da linha de costa através da sua capacidade de armazenamento e de trocas de material sedimentar com a praia, do fornecimento dos nutrientes necessários para o crescimento de vegetação pioneira e permitindo que ocorra a estabilização da faixa costeira nesse local (Ferraz, 2007).

As dunas são estruturas geológicas, formadas por acumulação de sedimentos de diferentes origens, podendo ser vegetadas ou não vegetadas, fixas ou móveis e de dimensão variável.

As dunas costeiras têm uma distribuição global, sendo mais comuns em costas de perfil dissipativo, e as condições necessárias para a formação de dunas resultam duma coincidente e complexa interacção entre o vento, o sedimento e a vegetação (Carter, 1988).

O sedimento, fino e seco, depositado na praia pelas ondas, é transportado pelo vento e deposita-se em qualquer obstáculo que encontre, principalmente vegetação mas também rochedos, dunas já existentes, ou até mesmo construção humana. Quando se inicia esta acumulação sedimentar ela é contínua, a não ser que as condições se alterarem, deixando por exemplo de haver sedimento disponível, ou se o factor estabilizador for destruído (Davis, 2004).

A vegetação dunar assume um papel de extrema importância na estrutura e dinâmica dos sistemas dunares. Existe de facto uma interacção recíproca entre a vegetação e a duna propriamente dita, uma vez que as plantas estabilizam e promovem as condições ambientais preferenciais ao seu desenvolvimento (Miller, Gornish e Buckley, 2010).

Algumas das plantas que colonizam estes habitats apresentam condições morfológicas, fisiológicas e reprodutivas características, que lhes permitem sobreviver a condições ambientais extremas como é o caso de grandes amplitudes térmicas, salinidade elevada, limitação de nutrientes e exposição a ventos de elevada intensidade, entre outros (Ferraz, 2007).

Classificação Dunar

Com base em critérios de dinâmica geomorfológica, os ecossistemas dunares subdividem-se em várias zonas (Sousa, 2010) (Fig. 2):

- Duna Embrionária;
- Duna Primária (duna branca);
- Espaços Interdunares;
- Duna Secundária (duna cinzenta);
- Duna Terciária (duna castanha).



Figura 2. Estrutura de um sistema dunar litoral (Adaptado de Ley *et al.*, 2007; in Sousa, 2010).

A **duna embrionária** constitui a geoforma que se observa frequentemente entre a praia e o cordão dunar frontal, correspondendo a um pequeno desnível relativamente à faixa da preia-mar. Este tipo de duna só ocorre em praias onde o fornecimento de areia é constante, ou seja, no caso de sistemas transgressivos, e constitui a primeira defesa activa da costa (Ley *et al.*, 2007, in Sousa, 2010).

A duna embrionária é o estágio mais frágil do sistema dunar, uma vez que se encontra sob a influência constante do mar, estando sujeita ao efeito directo das ondas nas marés altas e à influência salina constante. Não se trata, portanto, de um local fácil de colonizar, o que se traduz no número reduzido de espécies vegetais que aí se fixam. Os caules e folhas das plantas que colonizam esta zona interceptam os grãos de areia transportados pelo vento, dando origem a pequenos montículos que vão crescendo à medida que as plantas se desenvolvem. Quando a densidade vegetal é elevada estes montículos acabam por se unir, dando origem à duna embrionária. Uma das espécies vegetais características das dunas embrionárias é a gramínea *Elymus farctus* (feno-das-areias), que apresenta

uma grande tolerância ao sal e que forma, por vezes, povoamentos quase puros. Esta é a zona do sistema dunar em que os efeitos das actividades humanas mais se fazem sentir uma vez que corresponde à área tipicamente ocupada pela utilização balnear da praia. (Sousa, 2010).

A **duna primária** é caracterizada pela presença de vegetação adaptada à proximidade do mar, à presença de ventos fortes e ao reduzido teor em matéria orgânica dos solos (Albuquerque, 2004). É considerada duna branca por apresentar bastantes espaços de areia não cobertos com vegetação. Neste estágio dunar observa-se a presença de espécies como o *Otanthus maritimus* (cordeirinho-das-dunas) e a *Euphorbia paralias* (morganheira-das-praias), mas a planta dominante é a *Ammophila arenaria* (estorno), elemento essencial para a fixação da areia e a estabilização da duna (Sousa, 2010), sendo capaz de desenvolver-se em condições de acumulação de sedimentos e soterramento pois o seu desenvolvimento é estimulado pela deposição de sedimentos (Carter, 1988).

Esta duna nunca é imersa pela água do mar, mas é atingida pelas gotas de água transportadas pelo vento em direcção ao interior (Sousa, 2010).

A seguir à duna primária segue-se uma zona depressionária – o **espaço interdunar**. O facto desta zona se encontrar abrigada do vento devido à protecção conferida pelas dunas primárias proporciona condições favoráveis à proliferação de vegetação que, cobrindo o solo, se propaga para o interior (Ley *et al.*, 2007 *in* Sousa, 2010).

A **duna secundária** situa-se na retaguarda da duna primária onde, num ambiente menos sujeito à influência salina e abrigado do vento, se desenvolvem comunidades vegetais bastante mais complexas, verificando-se já a presença de espécies arbustivas de maior porte. A duna secundária, também denominada por duna cinzenta, diferencia-se da duna primária pela estabilidade das suas partículas arenosas, é constituída por uma sucessão de cristas e corredores interdunares, e nela se podem encontrar espécies como *Corema album* (camarinha), *Helichrysum italicum* (perpétua-das-areias) e *Armeria pungens* (cravo-das-areias) (Sousa, 2010).

A **duna terciária**, também denominada por duna castanha, apresenta claramente características ecológicas morfodinâmicas e pedológicas diferentes, tais como a ausência de movimentação das partículas arenosas, solos mais ricos e maior densidade e complexidade vertical das formações vegetais onde se observa a ocorrência de árvores, principalmente *Pinus pinaster* (pinheiro bravo) e *Pinus pinea* (pinheiro manso) (Neto, 1999; *in* Sousa 2010).

Vulnerabilidade e Impactos

Por toda a Europa, desde que há registos, 25% das dunas costeiras já desapareceram, das restantes, 55% já perderam o ser carácter natural e estima-se que 85% dos sistemas dunares europeus se encontrem ameaçados (Heslenfeld, Jungerius e Klijn, 2008).

As dunas compõem sistemas muito sensíveis cuja perenidade depende de um frágil equilíbrio e estreita interdependência entre as diversas forças que actuam no espaço litoral. Tal equilíbrio é tanto mais precário quanto mais os processos antrópicos interferirem com os processos morfodinâmicos responsáveis pela evolução morfológica das dunas (Rocha, 1996).

A vegetação dunar, que desempenha um papel crucial na estabilização e robustecimento do edifício dunar, encontra-se principalmente ameaçada por variações do nível do mar, alterações do regime de ventos, diminuição da disponibilidade sedimentar, ocorrência de temporais, pisoteio por pessoas ou veículos motorizados e construção.

Os sistemas costeiros são um património colectivo que urge preservar para as gerações futuras e a sua degradação deveria constituir motivo de preocupação, tanto para a população em geral como para as entidades decisoras, uma vez que o enfraquecimento ou a destruição dos sistemas dunares impede a sua função de delimitar o perfil de praia activa e de proteger as áreas de costa adjacentes – estuários, campos agrícolas, zonas urbanas, habitats diversos – contra a tendência generalizada de subida do nível do mar e contra a investida deste durante períodos de tempestade, que poderiam provocar situações de destruição, inundação ou intrusão salina (Coelho et al., 2009; Rocha, 1996).

1.4 Google Earth

O *Google Earth* (GE) é uma aplicação informática *freeware* que permite navegar virtualmente pelo planeta Terra. Toda a visualização é feita através de um globo virtual que apresenta uma resolução e detalhe extraordinários. Originalmente era chamado *EarthViewer 3D* e foi criado pela empresa *Keyhole Inc.*, tendo sido em Outubro de 2004 adquirido pela *Google* (fonte: <http://www.google.com/about/company/history/>).

O GE engloba características de um mapa e de um programa de informação geográfica, mas com as capacidades do motor de pesquisa *Google*, o que permite através da digitação do nome de qualquer localidade no planeta, ou das suas coordenadas, o direccionamento virtual imediato para esse mesmo local.

O GE mapeia a Terra através de sobreposição de imagens obtidas por satélite e fotografia aérea, com informação georreferenciada, como se de um puzzle esférico tridimensional se tratasse. Todas as imagens são visualizadas em cor verdadeira e o grau de resolução disponível é, na maior parte dos locais, de pelo menos 15 metros, mas existem zonas do globo onde a resolução máxima chega a ser de 0,15m (fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Google_Earth).

Todas as imagens disponibilizadas pelo GE apresentam a data em que foram captadas. Dado que esta aplicação é actualizada com alguma frequência, cada vez que existe uma nova imagem de determinado local, esta vai substituir a anterior. Desta forma o globo virtual que visualizamos está o mais actualizado possível em relação à realidade. As imagens mais antigas não são eliminadas, sendo disponibilizadas a qualquer utilizador através da opção "imagens históricas" que permite, durante a visualização de um determinado local, alternar entre a data mais recente e as mais antigas, obtendo-se assim uma *timeline*.

O GE permite ainda a sobreposição de imagens, a execução de vários tipos de marcações (marcadores, caminhos, polígonos) e a realização de medições através de uma opção de régua, em vários tipos de unidades (metros, milhas, pés, graus, etc.).

Georreferenciação

A georreferenciação diz respeito à forma como determinada localização num mapa está relacionada com uma localização à superfície terrestre (Eastman, 2006).

O processo de georreferenciação consiste no alinhamento de dados geográficos para um sistema de coordenadas conhecido e pode envolver movimentos em diferentes direcções, rotações, distorções, mudanças de escala, etc. (ESRI, 2007 *in* Ferraz, 2007), passando pela sobreposição de imagens utilizando pontos de ligação entre elas (Ferraz, 2007).

O sistema de coordenadas interno do *Google Earth* corresponde ao sistema de coordenadas geográficas (latitude/longitude) do Sistema Geodésico Mundial de 1984 – WGS84 (fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Google_Earth).

1.5 Objectivos do Trabalho

O principal objectivo desta dissertação consiste em averiguar o potencial da aplicação *Google Earth* como instrumento de trabalho na área da dinâmica de sistemas costeiros, pretendendo-se para isso estudar a evolução de sistemas dunares, em sistemas litorais arenosos na costa portuguesa, ao longo de um período de tempo. Para tal proceder-se-á à avaliação da informação disponível no GE, em termos de datas disponíveis e correspondente resolução espacial, e a análise quantitativa das variações detectáveis, em termos da posição e configuração dos limites frontais das estruturas dunares. A quantificação das variações detectáveis será feita em termos das distâncias (avanços e/ou recuos) envolvidas.

2. Locais de Estudo

Na aplicação GE procedeu-se à observação cuidada dos sistemas costeiros ao longo da costa portuguesa e, posteriormente, à selecção de cada local de estudo. Esta selecção baseou-se principalmente em três critérios: i) tratar-se de um sistema litoral arenoso; ii) apresentar no GE imagens de pelo menos três datas distintas; iii) as imagens possuírem detalhe suficiente que permitisse visualizar os sistemas dunares e as diferentes formas presentes na linha de costa. Com base nestes critérios, escolheram-se quatro locais de estudo: Restinga do Neiva (secção terminal), Esposende (troço Ofir-Pedrinhas), Mira (troço Poço da Cruz-Praia de Mira) e Restinga de Tróia (secção terminal) (Fig. 3).

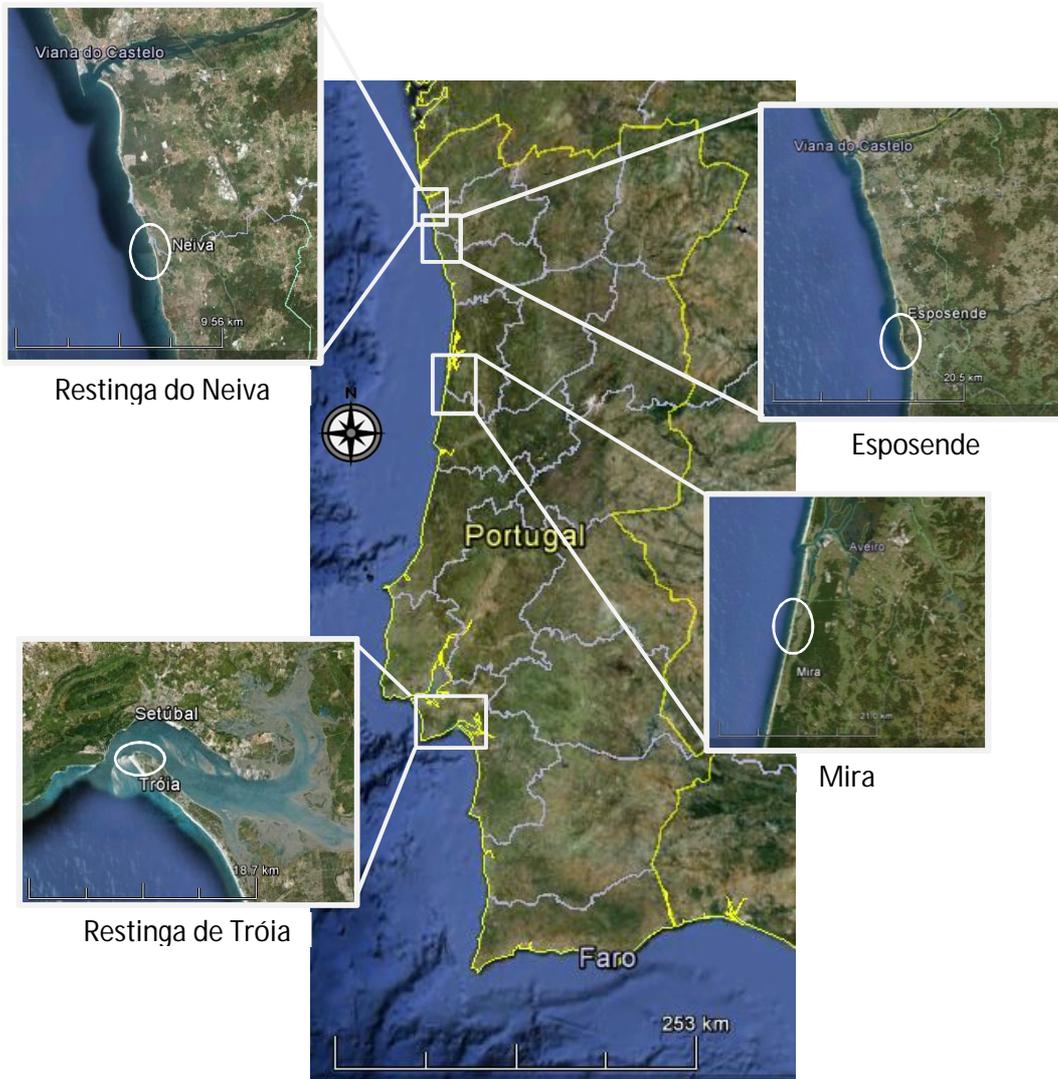


Figura 3. Locais de estudo na costa portuguesa: Restinga do Neiva, Esposende, Mira e Restinga de Tróia (fonte: Google Earth).

2.1. Restinga do Neiva

O rio Neiva situa-se na região do Minho, no Norte de Portugal. A sua foz encontra a Norte a freguesia de Castelo do Neiva – concelho e distrito de Viana do Castelo – e a Sul a freguesia de Antas – concelho de Esposende, distrito de Braga. A margem Sul apresenta-se na forma de uma restinga arenosa, delimitada a Oeste pela frente marítima e a Este pelo baixo estuário do Neiva e que se prolonga num cordão dunar que abriga uma praia contínua até à foz do Cávado (IHRH, 2010b).

Toda a restinga está inserida no Parque Natural do Litoral Norte, sendo a foz do Neiva o limite Norte do mesmo (DHVFBO, 2007a).

O rio Neiva integra uma bacia hidrológica que não é muito significativa em termos de área, mas que se constitui num importante alimentador sedimentológico para as praias a Sul (DHVFBO, 2007b).

A restinga apresenta na frente marítima uma praia de face declivosa que, devido à forte erosão que tem ocorrido nos últimos anos, perdeu todo o sedimento arenoso, tornando-se numa praia de calhaus rolados de granulometria variável entre 5 e 10 cm aproximadamente. Esta praia que anteriormente era utilizada para a prática balnear, tornou-se assim imprópria para tal.

O sistema dunar presente ao longo de toda a restinga, paralelo à costa e a delimitar a praia, tem sido fortemente erodido pela acção do mar que provocou cortes frontais nas dunas, tendo as mesmas perdido área e apresentando agora uma escarpa bastante acentuada. No interior da restinga, a aproximadamente 120 metros da frente marítima, situa-se a urbanização de Fieiro-Alto, composta por 40 moradias.

2.2. Esposende (Ofir-Pedrinhas)

O litoral do concelho de Esposende, parte integrante do Parque Natural do Litoral Norte, constitui, devido à sua riqueza paisagística e natural, e à presença das suas praias, um importante pólo de atracção de turistas e visitantes (DHVFBO, 2007c).

O troço litoral Ofir-Pedrinhas apresenta-se na forma de uma praia arenosa delimitada a Oeste pelo Atlântico e a Este por um sistema dunar que revela sinais de erosão e sobre o qual se encontram edificadas algumas moradias. A Norte deste troço situa-se a restinga de Ofir, que limita a margem esquerda da barra do Rio Cávado, tratando-se de uma restinga parcialmente urbanizada, com habitações predominantemente destinadas a turismo, de onde se destacam, pela sua imponência, as Torres de Ofir: 3 torres de apartamentos de 12 andares, construídas na década de 70 em pleno sistema dunar. A Sul, o areal do troço litoral em causa, é interrompido pelo esporão de Pedrinhas que se situa poucos metros a Norte do aglomerado urbano com o mesmo nome, também este edificado sobre o sistema dunar.

A fragilidade da faixa costeira a Sul do Cávado levou à execução de obras de protecção costeira das quais se destacam:

- O esporão de Ofir - construído na década de 80 para defender moradias aí existentes, já protegidas por uma defesa frontal e paliçada (DHVFBO, 2007b);
- O esporão do Hotel - construído em 1986/87, após terem sido afectadas as fundações do complexo de apartamentos e do Hotel de Ofir (IHRH, 2010b);
- O esporão de Pedrinhas - erguido em 1986, situado 1700 m a Sul do Hotel, tendo sido parcialmente desmantelado/encurtado por colocar em risco o aglomerado urbano de Pedrinhas a Sul do esporão (IHRH, 2010b).

No troço de estudo assiste-se a um agravamento de todo o processo erosivo em curso, possivelmente antecipado pelo encurtamento parcial do esporão de Pedrinhas (IHRH, 2010b).

2.3. Mira (Poço da Cruz-Praia de Mira)

O Concelho de Mira situa-se na região Litoral Centro de Portugal, pertence ao distrito de Coimbra, situa-se entre as bacias dos rios Vouga e Mondego e é banhada a Oeste pelo Atlântico.

Trata-se de um concelho predominantemente rural, com pequenas povoações onde se mantém o contacto entre o campo e as habitações. As zonas edificadas de Mira e Praia de Mira, freguesias de médias dimensões, têm assistido ao longo dos anos a um processo de urbanização crescente, onde as casas rurais e os antigos e tradicionais palheiros de Mira têm vindo a dar lugar a urbanizações onde predominam as vivendas e os prédios de apartamentos. Toda a costa do concelho de Mira apresenta-se como uma extensa praia arenosa contínua, interrompida por alguns esporões, sendo a praia concessionada mais utilizada a Praia de Mira, situada no limite Oeste da freguesia com o mesmo nome. Durante a época estival o concelho de Mira, principalmente a freguesia de Praia de Mira, está sujeita a uma grande pressão turística, havendo um aumento populacional muito significativo durante os meses de Verão.

Todo o concelho apresenta um relevo geralmente plano, sendo a planície litoral caracterizada por uma faixa de terreno arenoso, designado por "Dunas de Mira". Toda esta área é caracterizada pela presença de grandes acumulações de areia que se estendem para o interior, onde predominam sistemas dunares de orientações e cronologias diferentes e praias sem afloramentos rochosos (Albuquerque, 2004). Aos sistemas dunares associam-se as lagunas costeiras de Barrinha de Mira e Lago do Mar, que não apresentam qualquer comunicação com o mar. Para o interior, no limite do sistema dunar, encontra-se um sistema de lagoas de água doce, do qual se destaca a Lagoa de Mira, sendo a alimentação destas lagoas feita através de águas pluviais e superficiais (Albuquerque, 2004).

De acordo com os dados do ICNB, 51% do concelho está classificado como *Sítio Rede Natura 2000 – Dunas de Mira, Gândara e Gafanhas – PTCON0055* (Directiva Habitats), e o Canal de Mira, na área de sapal do Areão de Mira a Norte do concelho, integra ainda a *Zona de Protecção Especial da Ria de Aveiro* (Directiva Aves) (Martins *et al.*, 2006). No que diz respeito ao Sítio

Natura 2000 supramencionado, o mesmo abrange quatro tipos de habitats prioritários: habitat 2270 – florestas dunares de *Pinus pinaster* e *Pinus pinea*; habitat prioritário 2190 – depressões húmidas inter-dunares: vital para a reprodução de todas as espécies de anfíbios existentes na zona, que são essenciais para a sobrevivência de inúmeras espécies de aves e mamíferos; habitat 2170 – dunas com *Salix arenaria*: além da sua singularidade, contribui para a diversificação do coberto florístico e é essencial para diversas espécies de fauna e; habitat prioritário 3170 – charcos temporários mediterrânicos: de enorme importância na manutenção da diversidade dos sistemas florestais, e na reprodução de diversas espécies animais (Cerqueira, 2005). Ocorrem ainda neste local diversos tipos de habitats associados às lagoas de origem natural, que são de grande importância na preservação de habitats ripícolas únicos, importantes locais de nidificação de aves aquáticas e essenciais à preservação da lontra (*Lutra lutra*) e do lagarto de água (*Lacerta schreiberi*) (Cerqueira, 2005).

2.4. Restinga de Tróia

A península de Tróia situa-se na costa Oeste de Portugal, na margem Sul do rio Sado e pertence à freguesia do Carvalhal, concelho de Grândola. A barra do Sado, com cerca de 2 km de largura, é estrangida, a Norte, pela serra da Arrábida e a Sul, pela própria península de Tróia (Brito, *et al.*, 2006).

Trata-se de uma restinga arenosa com uma orientação SSE-NNO composta por praias e um sistema dunar complexo. Possui aproximadamente 25 km de extensão e uma largura máxima de 1,8 km, enraíza a Sul na zona do Carvalhal e encontra-se inserida no arco litoral Tróia-Sines (Rebêlo, *et al.*, 2009; Ferraz, *et al.*, 2010). As praias na zona Norte da península de Tróia apresentam um perfil energético intermédio, que transita gradualmente para um perfil reflectivo nas praias a Sul (Gomes, 1992, *in* Ferraz, 2007).

O delta de vazante do estuário do Sado é um corpo sedimentar acentuadamente assimétrico, de forma grosseiramente triangular, instalado frente à embocadura do estuário e que enraíza no lado oceânico da

península de Tróia, sendo cortado por um canal de vazante principal onde se atingem os 45 m de profundidade (Brito *et al.*, 2006).

Devido ao desfasamento longitudinal da posição de Tróia em relação ao maciço da Arrábida, a Norte, não só o sector terminal de Tróia se encontra protegido da ondulação de NO que é difractada e refractada pelo cabo Espichel, como a modificação local da ondulação provocada pela saliência costeira do cabo Espichel é também responsável pela inversão de deriva litoral sedimentar que, contrariamente ao que é habitual na costa ocidental portuguesa, ocorre de Sul para Norte na zona do delta (Brito, 2009).

Ao largo da secção terminal da península de Tróia encontra-se o banco intertidal do Cambalhão (Fig. 4) que constitui a protecção efectiva deste troço da península em relação às situações de vento e ondulação mais comuns, de NO (IMAR, 2002).

A partir de Setúbal, o acesso à península de Tróia faz-se por "ferries", visto o acesso rodoviário encontrar-se bastante desviado para o interior do estuário, existindo para o efeito um cais no extremo Norte da península.



Figura 4. Banco de areia do Cambalhão (fonte: Google Earth).

A ocupação turística de Tróia iniciou-se nos anos 70 de uma forma intensiva, onde predominavam grandes torres de hotéis. Após várias décadas de sucessivas alterações e remodelações, que implicaram inclusive a demolição de parte das torres presentes em Tróia, a exploração turística é liderada pelo grupo Sonae, de uma forma mais responsável e sob a forma de um *resort*.

3. Metodologias

3.1. Material Utilizado

O presente trabalho foi desenvolvido com recurso a um Asus EeePc 1005 HA e um monitor externo LG M227WD de 22". Ao nível do *software* utilizado recorreu-se ao *Google Earth* versão 6.1.0.5001 e ao *software* de manipulação de imagem Gimp 2.8.0 (*freeware*).

3.2. Datas

Para cada local de estudo está disponibilizado no GE um conjunto de imagens com diferentes datas.

Verificou-se que algumas imagens apresentavam fraca qualidade devido a baixa resolução ou presença de nuvens, pelo que as mesmas foram excluídas do presente trabalho.

Da mesma forma, também foram excluídas imagens cujas datas fossem demasiado próximas, por não se observarem quaisquer diferenças entre as mesmas.

3.3. Características das Áreas de Estudo

Na aplicação GE seleccionou-se, para cada local de estudo, uma área efectiva de estudo com uma orientação dominante Norte-Sul (em anexo). Procurou-se que, sempre que possível, os limites da área de estudo correspondessem a algum acidente geológico, geográfico ou de construção humana, para facilitar posterior localização.

As características das áreas de estudo estão resumidas na tabela 1.

Tabela 1. Características das áreas de estudo.

Locais	Datas	Limite Norte	Limite Sul	Distância
Neiva	09/08/2010 13/03/2010 30/10/2006 17/09/2003	Extremo Norte da restinga	3º Passadiço de acesso à praia a partir de Norte	700 m
Esposende	09/08/2010 30/10/2006 17/09/2003	Extremidade Norte do campo de futebol	Passadiço de acesso à praia	1000 m
Mira	18/07/2010 22/03/2010 30/10/2006 14/05/2003	Esporão a Sul da praia do Poço da Cruz	850 m a Sul do limite Norte	850 m
Tróia	24/05/2010 27/06/2007 30/10/2006 27/06/2003	Extremo Norte da restinga	800 m a Sul do limite Norte	800 m

3.4. Detectabilidade no *Google Earth*

Observando as imagens disponibilizadas no GE é possível identificar e distinguir entre si estruturas de diferentes naturezas e tamanhos. O detalhe e pormenor com que as observamos dependem da resolução espacial das imagens de cada local.

Nos diferentes locais de estudo analisados verifica-se que é possível identificar e distinguir os diferentes estádios da sucessão dunar – duna embrionária, primária e secundária – bem como observar variações no crescimento dessas estruturas dunares. É também possível visualizar, quando esta existe, a crista da arriba dunar provocada por cortes ou agressões frontais no sistema dunar. Relativamente a estruturas ou contornos relevantes presentes na baixa praia, tais como linhas de maré ou limites de espraio, verifica-se que não foi possível uma identificação exacta e contínua dos mesmos, ao longo das várias datas disponíveis, para os locais de estudo analisados.

3.5. Medições

O método utilizado para alcançar o objectivo proposto prende-se com as características do GE que permitem efectuar marcações e realizar medições, ou seja, a possibilidade de marcar (com pontos ou linhas) uma mesma estrutura observável, nas várias datas disponíveis e, caso haja alterações, medir as distâncias entre essas marcações.

Considerando o tipo de estruturas detectáveis no GE, escolheram-se, como estruturas sobre as quais se podem efectuar medições entre as diferentes datas, as seguintes:

- Limite frontal dunar contínuo – em locais onde se verificam fenómenos de acreção;
- Crista da arriba dunar – em locais onde se verificam fenómenos de erosão frontal das estruturas dunares.

Desta forma, em cada área de estudo procedeu-se à sobreposição de uma imagem (PNG) constituída por linhas paralelas, de orientação O/E, espaçadas de 10 m (Fig. 5). A sobreposição da imagem desta forma deve-se à orientação dominante N/S dos sistemas costeiros estudados.

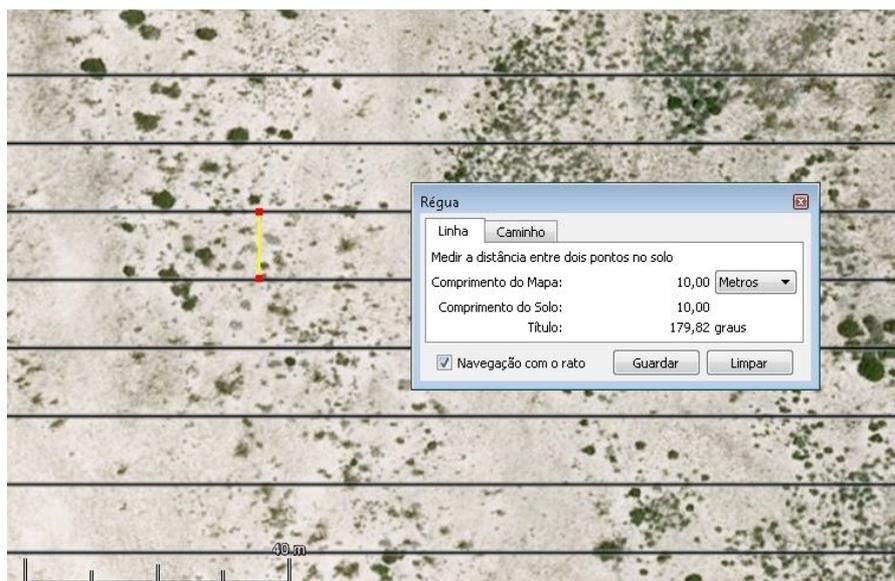


Figura 5. Sobreposição de imagem de linhas paralelas com espaçamento de 10 m.

De seguida, em cada área de estudo, na data disponível mais recente, traçou-se uma linha ao longo do limite da crista da arriba dunar (para os locais: Neiva; Esposende; Mira) e ao longo do limite frontal dunar contínuo (para Tróia). Esta linha foi designada como posição actual (PA) e foi lida através da união dos pontos de intersecção da estrutura analisada com as linhas paralelas.

Procedeu-se da mesma forma para cada uma das restantes datas, de maneira a obter-se uma linha representativa da estrutura analisada para cada data.

Realizou-se então a medição, em longitude e aos referidos intervalos de 10 m, da distância entre cada linha obtida e a PA, conseguindo-se desta forma medir o avanço ou recuo desta estrutura ao longo de um período de tempo. Todas as medições foram feitas recorrendo à opção de régua do GE e com as imagens orientadas segundo a direcção N/S.

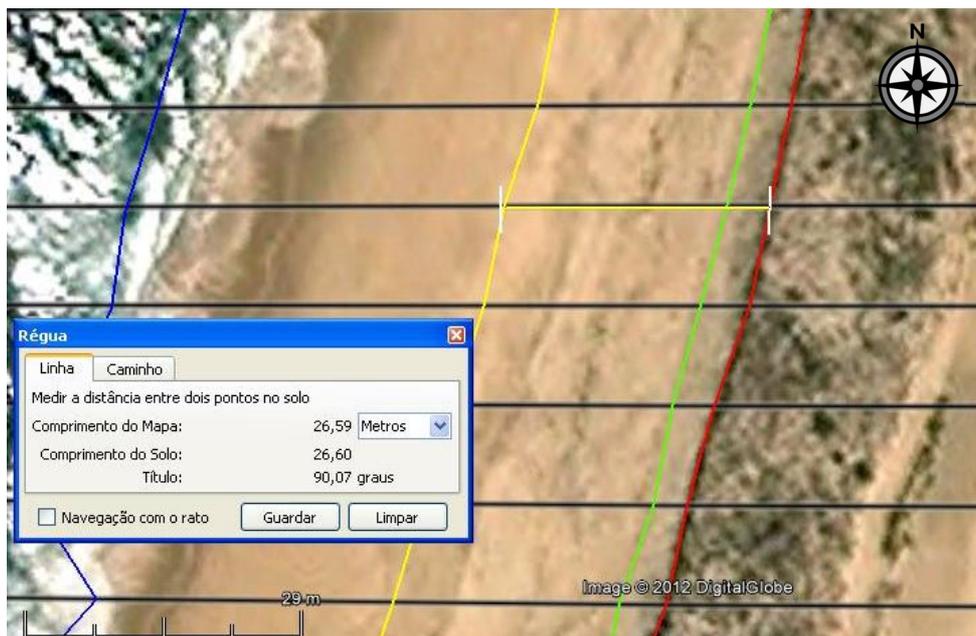


Figura 6. Exemplo de uma medição na área de estudo de Mira. A imagem observada corresponde a 18/07/2010. As linhas são representativas da crista da arriba dunar em: 18/07/2010 (a vermelho); 22/03/2006 (a verde); 30/10/2006 (a amarelo); 14/05/2003 (a azul). Distância medida de recuo entre 2006 e 2010 = 26,59 m (fonte: Google Earth).

3.6. Desvios

Durante as medições, nas áreas de estudo de Mira e Tróia, ao alternar entre imagens de diferentes datas, foram detectados desvios inerentes ao processo de georreferenciação. Estes desvios traduzem-se na visualização de uma mesma estrutura de natureza fixa (casa, árvore, arbusto) desviada na sua posição, entre cada par de datas.

Como forma de detectar e quantificar o desvio associado a cada data procedeu-se de duas formas distintas para a área de estudo de Mira e a área de estudo de Tróia:

Mira

- i) Escolheu-se uma estrutura fixa que estivesse presente em todas as datas - arbusto dunar;
- ii) Na data mais recente delimitou-se essa estrutura de forma a obter um polígono de contorno sólido e sem preenchimento;
- iii) Alternou-se as imagens entre a data mais recente e cada uma das outras datas de forma a visualizar o desvio entre cada imagem;
- iv) Mediu-se a distância horizontal entre o centro do polígono e o centro da estrutura visível em cada data.

Tróia

- i) Escolheu-se uma estrutura fixa pontual que estivesse presente em todas as datas - vértice num passadiço sobre as dunas;
- ii) Na data mais recente marcou-se o vértice da estrutura;
- iii) Alternou-se as imagens entre a data mais recente e cada uma das outras datas de forma a visualizar o desvio entre cada imagem;
- iv) Mediu-se a distância horizontal entre o vértice na data mais recente e a mesma estrutura em cada uma das restantes datas.

Através destes procedimentos obteve-se um valor, em metros, do desvio detectado entre a data mais recente e cada uma das restantes datas, sendo

assim possível deduzir esse mesmo valor às medições previamente realizadas, obtendo-se assim um valor mais preciso das mesmas.

O método utilizado em Tróia é mais preciso por implicar medições a uma estrutura pontual, mas o mesmo não pode ser aplicado em Mira visto não se encontrar dentro desta área de estudo uma estrutura pontual que pudesse ser medida.

Nos restantes locais de estudo (Neiva e Esposende) também se procedeu a uma avaliação da mesma natureza, porém não se observaram desvios significativos.

4. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos nas medições foram compilados em tabelas que constam nos anexos do presente trabalho. A primeira coluna indica o número de ordem dos pontos medidos ao longo da área de estudo. A segunda coluna refere-se à data mais recente – PA – e apresenta valores de zero por representar o ponto até ao qual se efectuaram as medições. As seguintes colunas dizem respeito às restantes datas disponíveis, apresentando cada uma os valores (em metros) das distâncias medidas, de avanço ou recuo, entre cada data e a PA. Os valores positivos indicam que a estrutura analisada se encontrava nessa data numa posição avançada em relação à PA. Os valores negativos indicam que a estrutura analisada se encontrava nessa data numa posição recuada em relação à PA. Os termos avançada e recuada dizem respeito à posição da estrutura analisada estar respectivamente mais avançada ou recuada em direcção ao mar.

Os valores de desvios detectados para a área de estudo de Mira correspondem a -3,28 m (entre a PA e 22/03/2010) e -7,93 m (entre a PA e 14/05/2003).

Os valores de desvios detectados para a área de estudo de Tróia correspondem a -3,5 m (entre a PA e 27/06/2007) e -8,26 m (entre a PA e 27/06/2003).

Com base nas tabelas em questão foram construídos gráficos que representam a variação da posição das estruturas estudadas (crista da arriba dunar/limite frontal dunar contínuo) na extensão das áreas de estudo, ao longo do tempo.

4.1. Restinga do Neiva

Através do GE analisou-se a área de estudo da restinga do Neiva num conjunto de datas correspondente a um período de 7 anos (2003 e 2010). Os limites delineados em cada data podem ser observados na figura 7.



Figura 7. Área de estudo da restinga do Neiva. A imagem observada corresponde a 17/09/2003. As linhas são representativas da crista da arriba dunar nas seguintes datas: 09/08/2010 (a vermelho); 13/03/2010 (a verde); 30/10/2006 (a amarelo); 17/09/2003 (a azul) (fonte: *Google Earth*).

Através da análise gráfica observa-se que a estrutura analisada, a crista da arriba dunar, apresenta ao longo das várias datas uma evolução de contornos irregulares (Fig. 8).

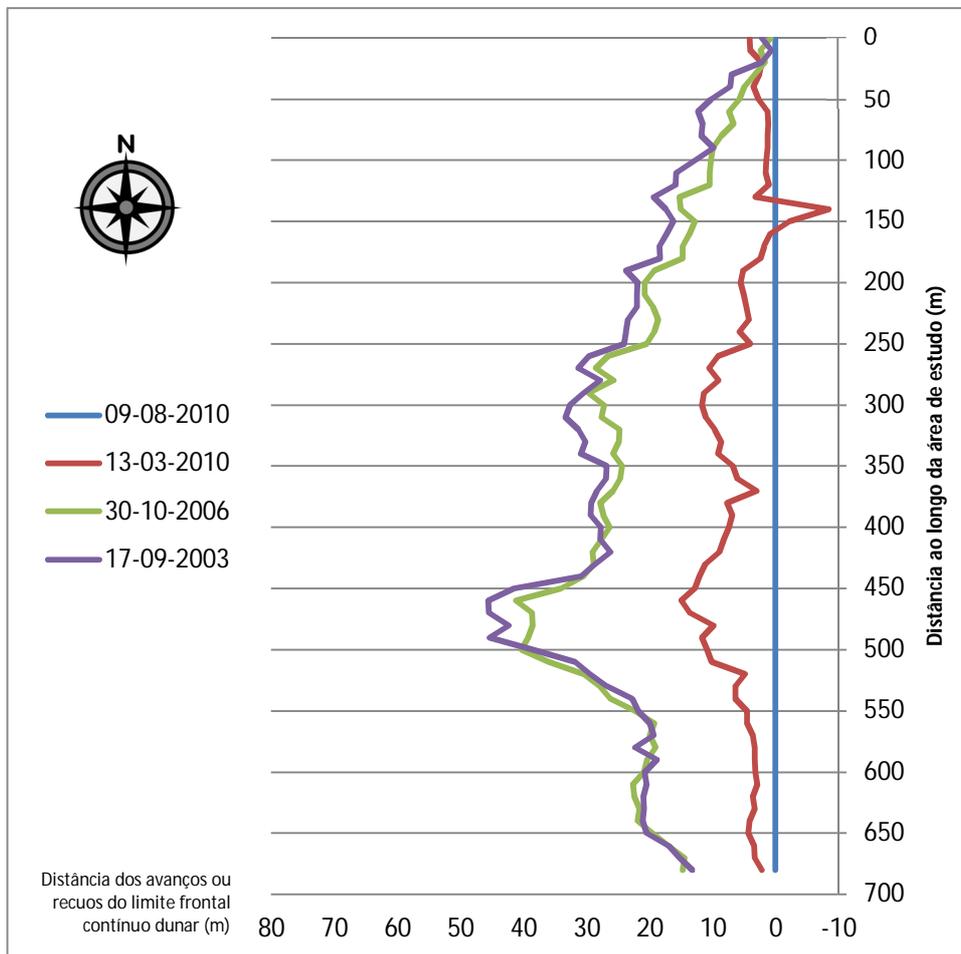


Figura 8. Representação gráfica da variação da posição da crista da arriba dunar entre 2003 e 2010 na restinga do Neiva.

Na generalidade da área de estudo verifica-se um recuo acentuado da crista da arriba dunar entre as várias datas e a posição actual. O extremo Norte da restinga é o único local onde tal não se verifica, apresentando a crista da arriba dunar, nas diferentes datas, posições muito próximas da actual.

Na restante área de estudo, entre 13/03/2010 e 09/08/2010 observa-se ao longo de toda a área de estudo um recuo da crista da arriba dunar, que varia entre 1 e 15 metros, com excepção de uma zona, entre os 140 e os 150 m da área de estudo, único local em que a estrutura analisada se apresenta mais recuada do que a PA e que, observando as imagens no GE, corresponde a uma interrupção do cordão dunar.

Entre 30/10/2006 e 09/08/2010 o recuo da crista da arriba dunar verifica-se em toda a área de estudo, variando entre os 6 e os 41 metros, estando os valores mais elevados de recuo situados entre os 450 e os 500 metros da área de estudo.

O recuo da crista da arriba dunar entre 17/09/2003 e 09/08/2010 é apenas um pouco superior ao recuo verificado na data anterior. Varia entre os 10 e os 46 metros, situando-se os valores máximos de recuo, semelhantemente, entre os 450 e os 500 metros da área de estudo.

Como é possível verificar, entre 2003 e 2006 as alterações na posição da crista da arriba dunar foram mais reduzidas. Ainda assim, entre estas duas datas observa-se um recuo constante em toda a área de estudo, que atinge no máximo valores de 7 metros.

Observa-se que, na área de estudo de Neiva, as alterações mais severas ocorreram a partir de 2006, e os valores de recuo do sistema dunar observados são bastantes significativos e até mesmo alarmantes.

Segundo Mendes (2007), na zona de Pedra Alta (Castelo do Neiva), 2 km a Norte da foz do rio Neiva, a linha de costa estava avançada em relação ao alinhamento geral da costa, originando graves problemas erosivos, com uma escarpa de erosão que se estendia para Norte e para Sul do centro dessa povoação. Como obra de defesa, nesse troço de costa, foi construído um campo de esporões e uma defesa frontal, obras estas que no entanto contribuíram para agravar o processo de erosão em zonas até à data consideradas estáveis: Foz do Neiva e praias a Sul (Fig. 9) (Mendes, 2007).

Um determinado troço de linha de costa não pode ser analisado e intervencionado de forma isolada, sem se considerarem as possíveis consequências que essa intervenção pode gerar na envolvência. A dinâmica costeira gera uma situação de dependência entre zonas costeiras adjacentes no que diz respeito por exemplo ao transporte sedimentar pois, como já foi referido, erguendo um bloqueio em determinada zona de costa provocará um défice sedimentar nas zonas adjacentes a Sul.



Figura 9. Zona envolvente à restinga do Neiva onde se observa a urbanização de Pedra Alta, a defesa frontal (seta vermelha) e o campo de esporões (setas brancas) (fonte: *Google Earth*).

4.2. Esposende (Ofir-Pedrinhas)

Relativamente à área de estudo em Esposende, no troço Ofir-Pedrinhas, foram observadas no GE imagens referentes a três datas – 09/08/2010; 30/10/2006; 17/09/2003 – correspondendo a um intervalo de tempo de 7 anos.

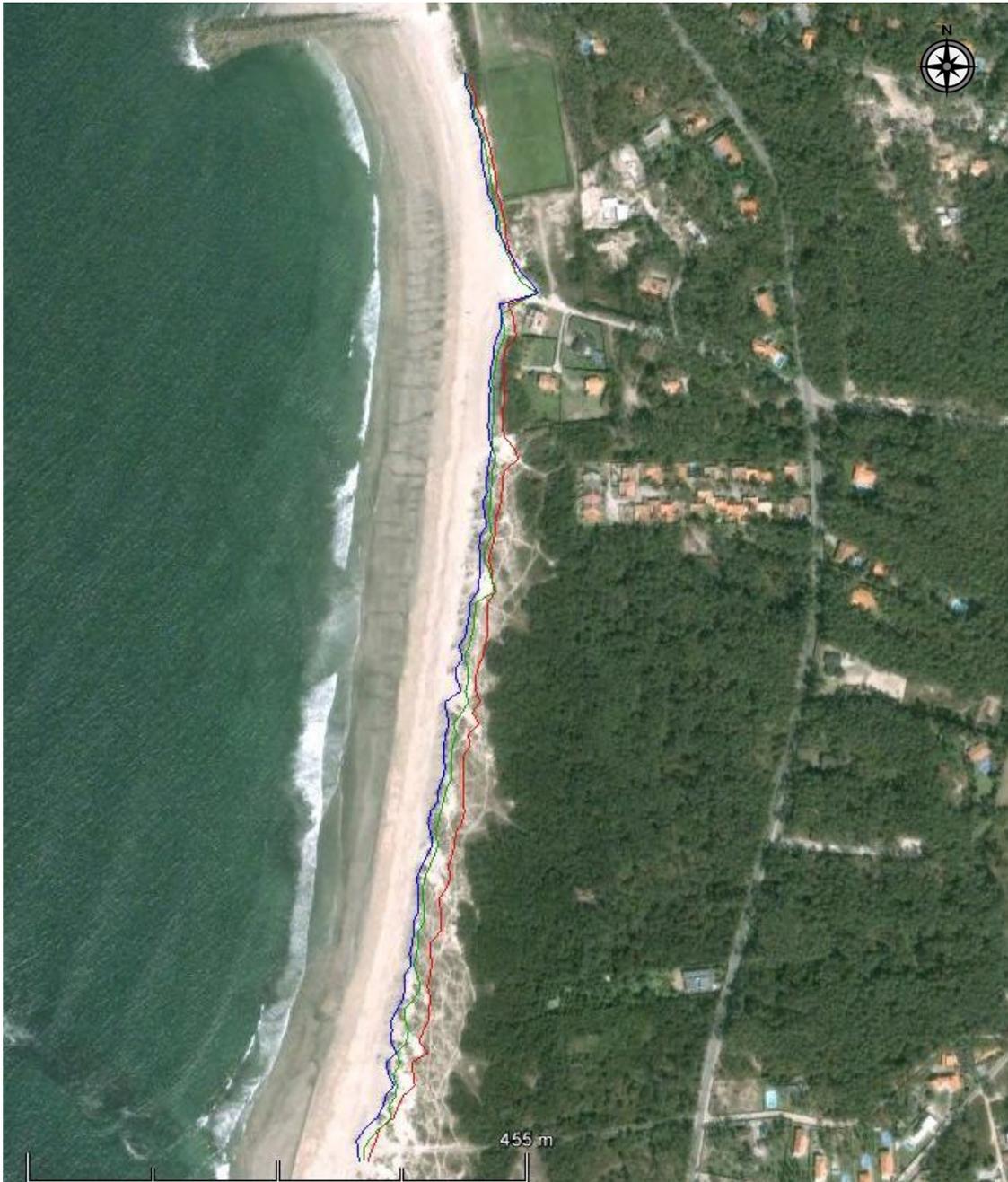


Figura 10. Área de estudo de Esposende (Ofir-pedrinhas). A imagem observada corresponde a 17/09/2003. As linhas são representativas da crista da arriba dunar nas seguintes datas: 09/08/2010 (a vermelho); 30/10/2006 (a verde); 17/09/2003 (a azul) (fonte: *Google Earth*)

A observação da representação gráfica desta área de estudo sugere uma evolução de contornos muito irregulares, onde a crista da arriba dunar exhibe um recuo notório ao longo do período de tempo estudado (Fig. 11).

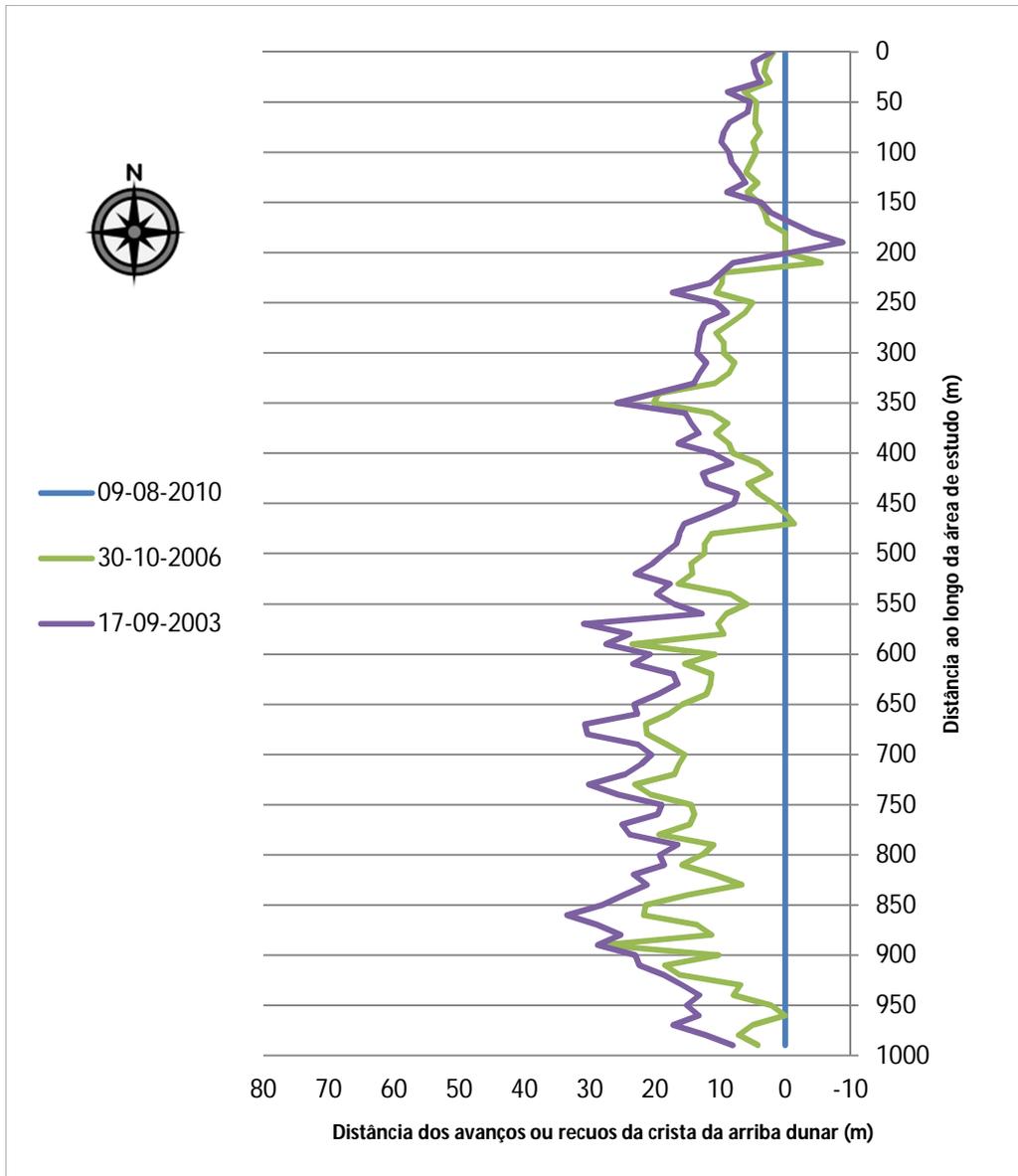


Figura 11. Representação gráfica da variação da posição da crista da arriba dunar entre 2003 e 2010 em Esposende.

Esse recuo apresenta valores máximos de 28 m entre 2006 e 2010. Já entre 2003 e 2010 os valores máximos de recuo atingem os 33 m. Entre 2003 e 2006 observa-se que o recuo da crista da arriba dunar foi relativamente uniforme ao longo de toda a área de estudo. Observando o gráfico verifica-se também que a evolução da crista da arriba dunar, ao longo do tempo e

da área de estudo, intercala zonas de maior recuo com zonas onde o recuo é menor.

Nos dois intervalos de tempo (2003/2010 e 2006/2010) observa-se uma mesma zona da área de estudo, entre os 150 e os 210 metros, onde se observa que em 2003 e 2006 a crista dunar se apresenta mais recuada do que na posição actual. Observando as imagens do GE correspondentes verifica-se que se trata de uma zona bastante irregular, com um sistema dunar muito debilitado, que se situa na proximidade de uma estrada de acesso às vivendas edificadas em pleno sistema dunar e onde o mesmo apresenta uma abertura (Fig. 12).



Figura 12 - Abertura no cordão dunar na área de estudo Esposende – Ofir-Pedrinhas (fonte: *Google Earth*)

Todo o trecho litoral onde se insere a área de estudo analisada é considerado como zona em situação de risco elevado de erosão e onde o único uso da faixa costeira considerado compatível é a actividade balnear (IHRH, 2010b).

O trecho a Sul do esporão do Hotel – onde se encontra a área de estudo – deve ser encarado actualmente como um caso crítico em todo este litoral pois o que resta da duna, enquanto barreira entre o mar e os terrenos anexos da unidade hoteleira adjacente, dificilmente irá resistir por muitos mais anos (IHRH, 2010b). Mesmo assegurando a manutenção do que resta da duna, o futuro próximo não pode ser encarado com tranquilidade pois a linha de costa que se conseguiu “controlar” durante as duas últimas décadas está na posição limite em relação à segurança das moradias

edificadas em pleno sistema dunar, não se podendo garantir para o futuro a estabilidade da arriba de erosão, a qual "encostam" aquelas construções (IHRH, 2010b).

A construção sobre as dunas é extremamente debilitante para os sistemas dunares uma vez que, para além da destruição óbvia do local de edificação, está-se a criar um obstáculo à livre circulação (eólica) de sedimentos, a impedir a propagação natural das espécies vegetais dunares, a impedir o recuo (se necessário) do sistema dunar e a promover situações de degradação e pisoteio.

Para além da responsabilidade atribuída à construção edificada no sistema dunar, pelo impacto que tem causado num sistema tão dinâmico, é de salientar a grande perda sedimentar a que este troço de costa tem estado sujeito e que tem sido provocado, quer por obras de engenharia costeira a Norte – que provocam um bloqueio ao transporte natural de sedimentos – quer pela crescente artificialização de bacias hidrográficas – albufeiras e barragens – que retêm os sedimentos a montante.

4.3. Mira (Poço da Cruz-Praia de Mira)

O conjunto de imagens observadas correspondente á área de estudo de Mira reúne datas que dizem respeito a um período de tempo de 7 anos (2003 e 2010) e cujos limites dunares marcados no GE podem ser observados na figura 13.

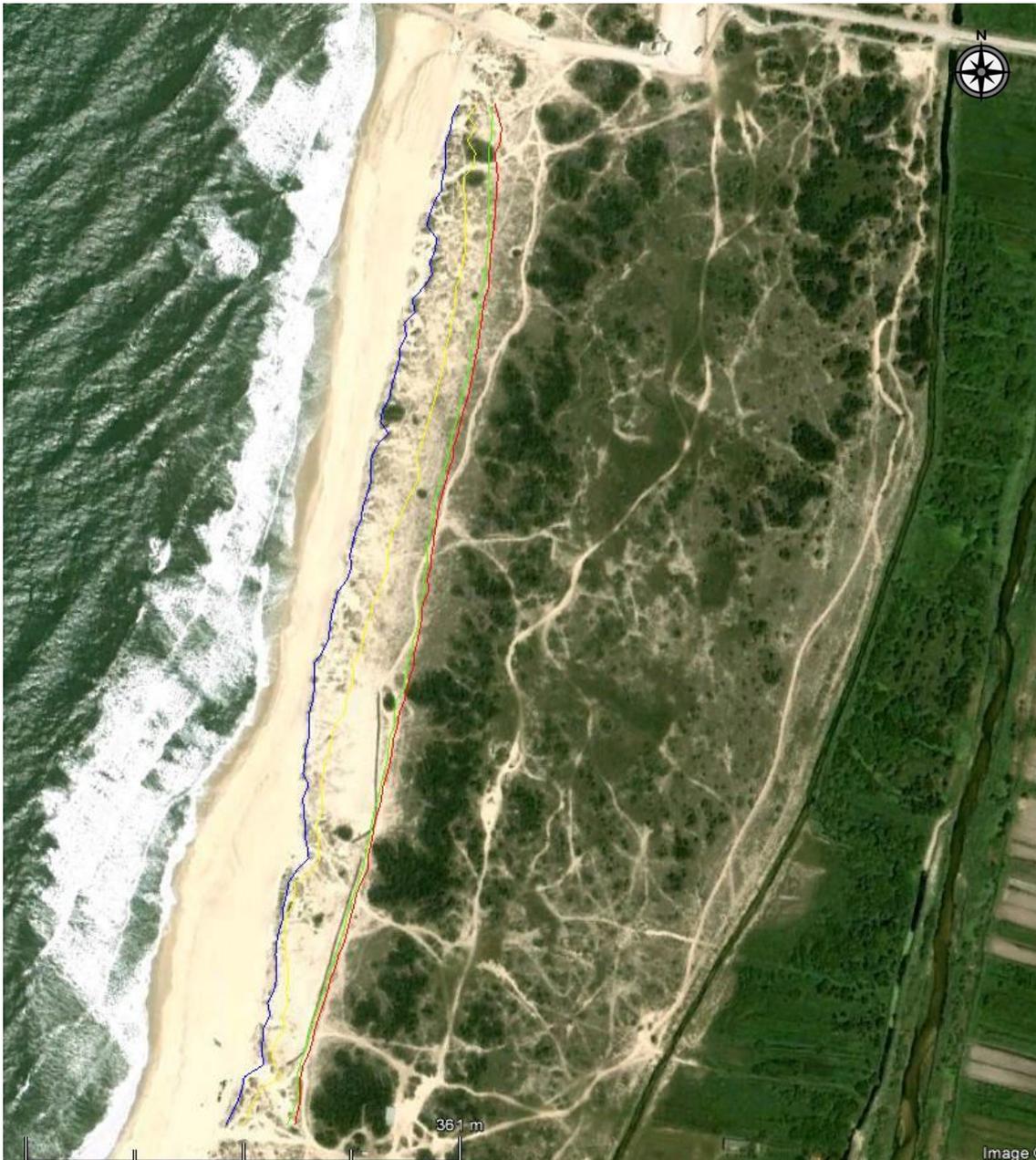


Figura 13. Área de estudo de Mira (Poço da Cruz-Praia de Mira). A imagem observada corresponde a 14/05/2003. As linhas são representativas da crista da arriba dunar nas seguintes datas: 18/07/2010 (a vermelho); 22/03/2010 (a verde); 30/10/2006 (a amarelo); 14/05/2003 (a azul) (fonte: *Google Earth*).

Observando a figura gráfica correspondente à área de estudo em Mira, verifica-se que se trata de uma linha de costa cuja evolução do sistema dunar se apresenta de uma forma acidentada e recortada em toda a sua extensão (Fig. 14).

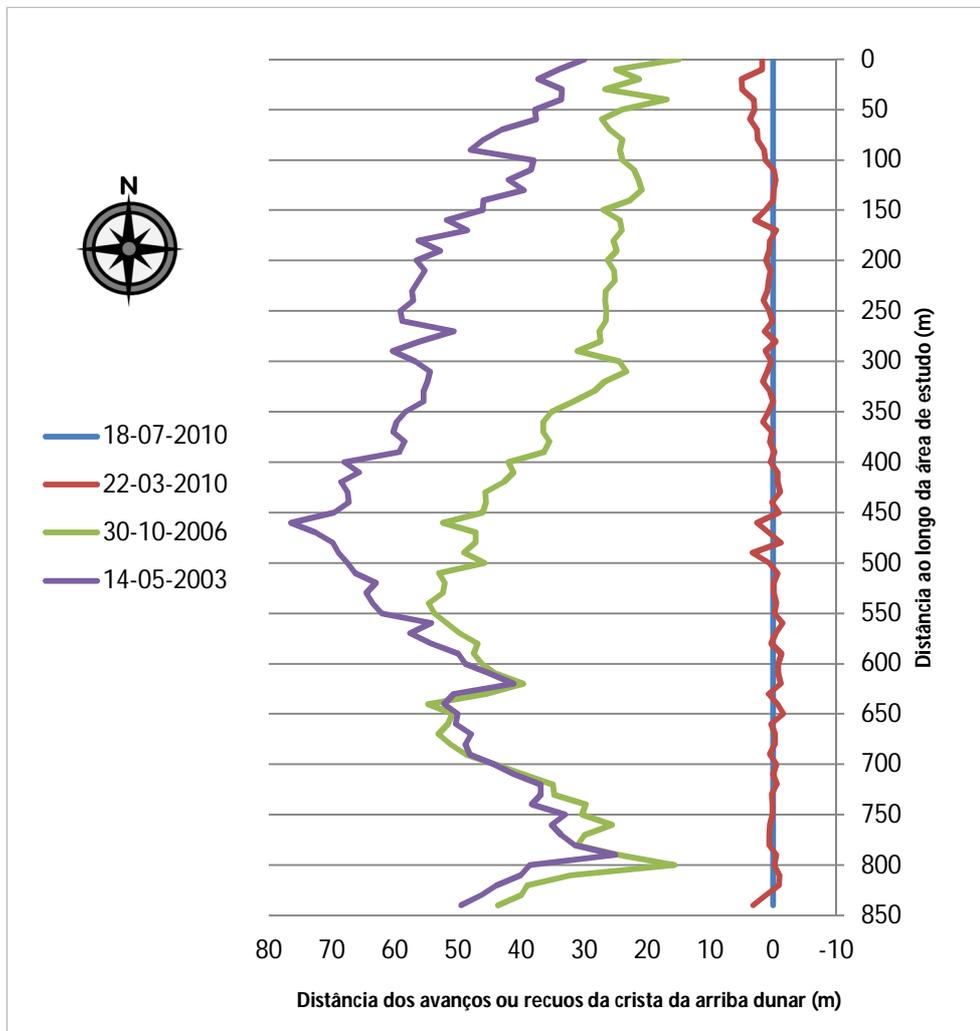


Figura 14. Representação gráfica da variação da posição da crista da arriba dunar entre 2003 e 2010 em Mira (Poço da Cruz-Praia de Mira).

Entre as datas de 18/07/2010 e 22/03/2010 não se observam alterações significativas da posição da crista da arriba dunar, verificando-se apenas algumas zonas de recuo desta estrutura entre essas duas datas nos primeiros 100 m da área de estudo. Esses primeiros 100 metros da área de estudo têm imediatamente a Norte o esporão que delimita a praia do Poço da Cruz, e como referido no trabalho de Veloso-Gomes (2007), as obras de defesa costeira tendem a intensificar problemas de erosão a Sul dos

mesmos, pelo que esta poderá ser a razão de, mesmo num espaço de tempo tão curto, se observar um recuo da crista dunar neste local.

Entre 2006 e a PA observa-se, ao longo de toda a área de estudo, um recuo acentuado da crista da arriba dunar, que varia entre os 14,9 e os 54,7 m. Fazendo a comparação entre 2003 e a PA o recuo da crista da arriba dunar é ainda mais acentuado, variando entre 25 e 76,5 m.

Os valores obtidos nas medições, para um intervalo de 7 anos, são bastantes preocupantes e vêm confirmar que esta é uma zona de alto risco, no que diz respeito à erosão costeira, como referido no trabalho de Veloso-Gomes *et al.* (2002). Neste trabalho, os autores abordam a situação de alto risco na costa NO portuguesa entre o rio Douro e o Cabo Mondego e afirmam que este trecho de costa é uma zona de severo hidrodinamismo, onde a erosão está a progredir com grande intensidade.

A área de estudo em Mira está situada no troço de costa Vagueira – Praia de Mira, que é abordado no trabalho supracitado. É referido pelos autores que é previsível que a linha de costa neste troço recue até ao ponto de abrir novos braços para a Ria de Aveiro, uma vez que um dos canais da Ria se estende até à zona da praia de Mira, e apontam que tal só ainda não aconteceu devido aos trabalhos de reforço da linha de costa realizados, tais como os enchimentos de praia.

Ao longo da área de estudo o recuo da linha de costa não é preocupante do ponto de vista habitacional, uma vez que não existe edificado sobre o sistema dunar, como se verifica em outros troços da costa portuguesa. Acontece porém que os terrenos agrícolas adjacentes se encontram a um nível mais baixo do que o nível médio da praia e estão unicamente protegidos pelo sistema dunar que se apresenta muito vulnerável (Veloso-Gomes *et al.*, 2002). Assim sendo, a continuação do processo de erosão a que esta zona tem sido sujeita, levará à destruição de vários hectares de terrenos agrícolas, bem como à salinização dos habitats de grande valor ecológico, que fazem parte do *Sítio Rede Natura 2000 – Dunas de Mira, Gândara e Gafanhas – PTCON0055*.

4.4. Restinga de Tróia

Ao contrário dos anteriores locais de estudo, Tróia evidencia em toda a área de estudo um crescimento do sistema dunar, reflectido no avanço do limite frontal dunar ao longo do tempo (Fig.15).

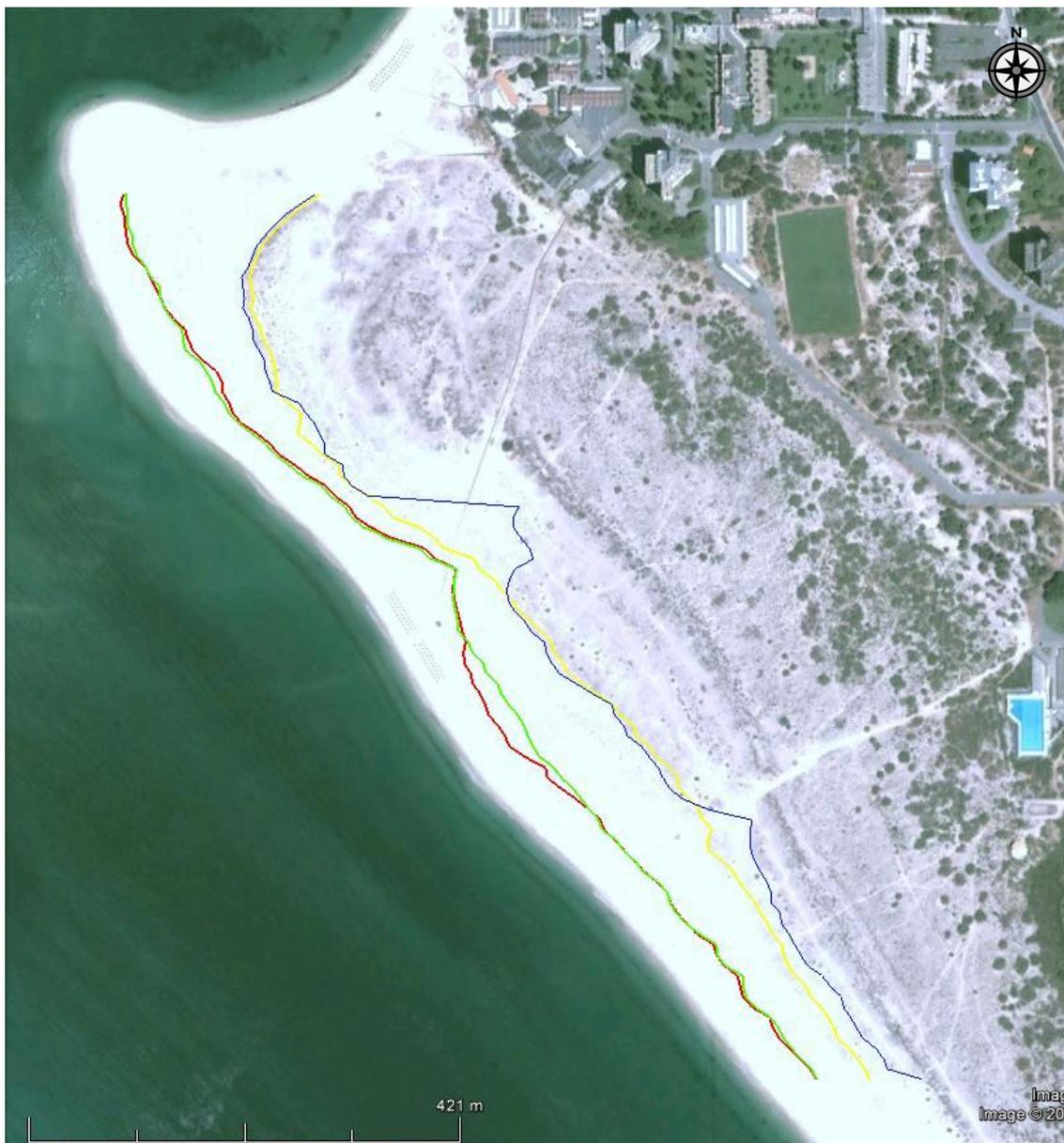


Figura 15. Área de estudo da restinga de Tróia. A imagem observada corresponde a 27/06/2003. As linhas são representativas da crista da arriba dunar nas seguintes datas: 24/05/2010 (a vermelho); 27/06/2007 (a verde); 30/10/2006 (a amarelo); 27/06/2003 (a azul) (fonte: *Google Earth*).

Como se pode observar no gráfico das leituras realizadas a Tróia, as principais alterações ocorreram entre 2003 e 2010, existindo zonas em que as alterações mais significativas decorreram entre 2006 e 2007 (Fig.16). Já entre 2007 e 2010, no geral a posição do limite frontal dunar manteve-se estável, observando-se algumas alterações pouco significativas do mesmo, e verificando-se apenas uma zona onde ocorreu um avanço mais apreciável do mesmo limite.

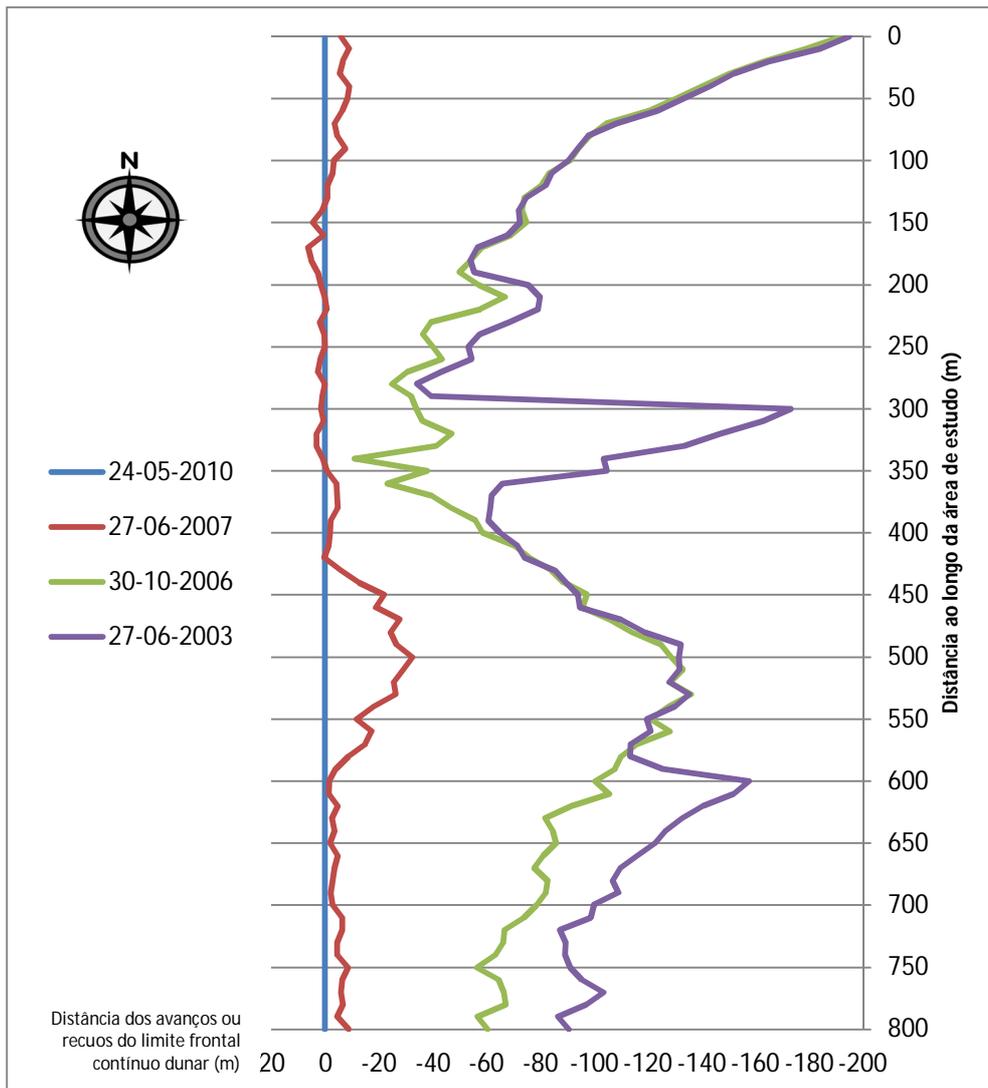


Figura 16. Representação gráfica da variação da posição do limite frontal dunar contínuo entre 2003 e 2010 em Tróia.

Nos primeiros 150 metros da área de estudo, que correspondem à extremidade Norte da restinga, observa-se um crescimento bastante acentuado do sistema dunar, chegando a atingir 195 metros entre 2003 e 2010. Acontece que o crescimento mais considerável nesta zona aconteceu

num espaço de tempo relativamente curto, entre Outubro de 2006 e Junho de 2007, tendo atingido os 186 metros. É possível que durante este período de tempo, durante o Inverno, o mar não tenha inundado os pequenos aglomerados de vegetação e as dunas embrionárias que estavam em formação nesta zona e desta forma na Primavera seguinte tenha ocorrido um grande crescimento da vegetação dunar. É de referir que, através da observação das imagens do GE, se verifica que não foi apenas o sistema dunar que cresceu mas também a restinga propriamente dita, como se pode observar na figura 17.

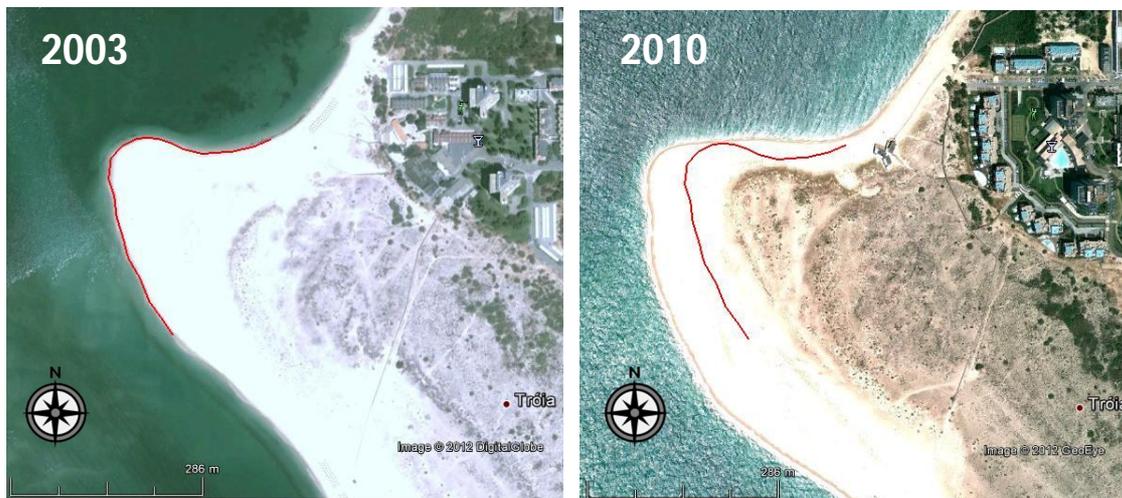


Figura 17. Crescimento do sector terminal da restinga de Tróia entre 27-06-2003 e 24-05-2010; a vermelho, contorno da restinga a 27-06-2003 (fonte: Google Earth).

Na zona da área de estudo correspondente aos 150 m – 290 m, o avanço do limite frontal dunar varia entre os 34 e os 80 metros entre 2003 e 2010, entre os 25 e os 73 metros entre 2006 e 2010 e atinge um máximo de 6,5 metros entre 2007 e 2010, tendo neste mesmo período de tempo ocorrido pequenos recuos pontuais pouco significativos (0,5 m), que estão próximos do limite de detecção.

No local correspondente aos 300 metros da área de estudo, em 2003, observa-se no gráfico um valor pontual bastante discrepante em relação aos restantes valores, ou seja, neste ponto a estrutura dunar encontrava-se em 2003 bastante recuada em relação à posição actual. Observando as imagens do GE para esta data verifica-se que este recuo corresponde a uma clareira onde confluíam vários trilhos de acesso à praia através do sistema dunar. Verifica-se também que nesta data, já se observa a existência de um

passadiço de madeira, construído para promover melhores acessos à praia, recuperar esta zona e evitar a degradação do sistema dunar. De 2003 até à posição actual ocorreu uma grande recuperação da vegetação dunar neste local, tendo ocorrido o fecho quase total da clareira, o que deu origem a uma frente dunar mais densa e mais estável (Fig. 18).

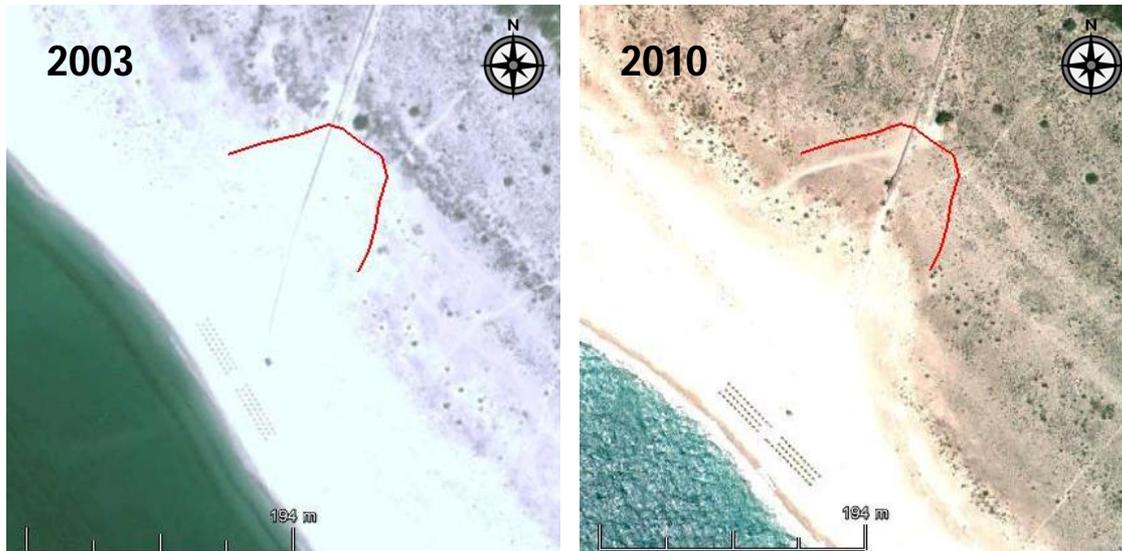


Figura 18. Recuperação da vegetação dunar num troço da área de estudo de Tróia entre 27-06-2003 e 24-05-2010; a vermelho contorno da estrutura em 27-06-2003 (fonte: Google Earth).

Entre os 420 e os 600 metros da área de estudo, entre 2007 e 2010 observa-se a única zona entre estas duas datas onde ocorreu um avanço mais apreciável do limite frontal dunar. Nesta zona já se observa em 2007 a presença de vegetação dunar com contornos semelhantes ao limite frontal dunar existente em 2010, mas ainda apenas na sua forma mais embrionária, com vários espaços entre pequenas estruturas dunares que posteriormente terão crescido e coalescido tendo, após a sua união, originado o limite frontal dunar observado em 2010.

Já aos 600 metros da área de estudo volta a registar-se, em 2003, uma zona de acesso à praia a partir das dunas, onde se observa uma clareira na embocadura de um trilho bastante marcado no sistema dunar. É possível no GE medir a largura deste trilho e constata-se que em 2003 chega a atingir 5 a 6 metros de largura. Entre 2003 e 2010 observa-se que ocorreu crescimento dunar nesta zona, o que terá proporcionado uma diminuição bastante acentuada da clareira e, apesar de ainda existir o trilho de acesso à praia pelas dunas, o mesmo diminuiu a sua largura para cerca de metade.

Entre os 650 e os 800 metros, na parte terminal da área de estudo, verifica-se um avanço mais homogéneo do limite frontal dunar que, entre 2003 e 2010, varia entre 86 e 120 metros. Este avanço varia entre 20 e 37 metros entre 2003 e 2006, entre 48 e 84 metros entre 2006 e 2007 e entre 2 e 9 metros entre 2007 e 2010.

Apesar da linha de costa da península de Tróia apresentar uma orientação NO/SE, todas as medições foram efectuadas na direcção O/E. Como tal, os valores obtidos nas medições podem ser considerados sobrestimados, quando comparados com qualquer medição efectuada segundo o eixo NO/SE. Procedeu-se desta forma devido à necessidade de cumprir com o critério estabelecido em que todas as medições estariam orientadas perpendicularmente à orientação dominante da costa portuguesa (N/S). Ainda assim, os valores obtidos nas medições entre cada data são suficientemente distintos entre si para permitir tirar conclusões sobre os mesmos com elevada segurança.

Desta forma, as observações e medições efectuadas que permitem afirmar que ocorreu um avanço e crescimento do sistema dunar de Tróia, bem como um crescimento da restinga propriamente dita, estão em concordância com o trabalho de Rebêlo (2009) que afirma que a frente oceânica da península de Tróia, principalmente o sector Norte, encontra-se em acreção, tornando-a num dos poucos locais em Portugal onde a costa está a progredir em vez de recuar.

Relativamente às zonas de clareiras observadas junto ao término de trilhos nas dunas, de acordo com a nomenclatura utilizada por Ferraz (2007) são consideradas *blowouts* – estruturas dunares que ocorrem normalmente devido a pequenos rompimentos do cordão dunar por acção de eventos tempestivos, pisoteio ou outro tipo de acções antrópicas que levem à destruição da vegetação dunar. Estes rompimentos originam corredores eólicos, nos quais ocorre aceleração do vento, o que provoca o aumento da capacidade de transporte e origina estruturas desprovidas de vegetação em forma de anfiteatro (Ferraz, 2007).

As imagens observadas no GE permitem reconhecer com alguma segurança que, neste local de estudo, os *blowouts* foram criados por situações de pisoteio visto que o acesso à praia era efectuado através de trilhos que atravessavam o sistema dunar e que rompiam o limite frontal dunar.

4.5. Discussão Geral

Cada vez mais a detecção remota providencia ferramentas cruciais na recolha de informações necessárias para definir prioridades de conservação e para desenvolver e implementar planos de conservação (Horning *et al.*, 2010). O *Google Earth* é uma aplicação informática reconhecida internacionalmente, com potencial para também ela ser uma ferramenta de trabalho crucial, mas que tem tido pouca utilização na área das ciências.

Esta aplicação informática é gratuita e no decorrer deste trabalho a sua utilização revelou-se fácil e intuitiva e não requereu qualquer formação prévia.

O facto da visualização das imagens ser feita de forma contínua ao longo de todo o globo e com controlo da escala de visualização é um ponto bastante positivo, pois permite uma visão mais integrada da área de estudo que está a ser analisada, sendo possível, por exemplo, verificar se existe algum fenómeno exterior à área de estudo que esteja a influenciar a mesma.

Houve alguns factores que impossibilitaram o uso de todas as datas disponíveis nas áreas de estudo, nomeadamente a presença de nuvens e a baixa resolução de algumas imagens. Estes factores não são passíveis de ultrapassar pelo que, na realização de trabalhos que exijam maior detalhe, as datas cujas imagens apresentem estas condições não poderão ser utilizadas.

Existem também alguns locais em Portugal que apresentam poucas datas disponíveis no GE. Isto fez com que no presente trabalho não se utilizassem outros locais de estudo de grande interesse na costa portuguesa – como por exemplo a Ria Formosa.

Em Portugal, as imagens disponibilizadas pelo *Google Earth* não permitem observar um intervalo temporal muito alargado. Nas áreas de estudo analisadas o intervalo de tempo estudado foi de 7 anos, e no geral, em Portugal, não se consegue obter um intervalo de tempo muito superior. No entanto, em algumas zonas dos Estados Unidos, o *Google Earth*

georreferenciou e incorporou imagens de fotografia aérea que remontam à década de 40, o que demonstra o potencial desta aplicação.

A costa Ocidental portuguesa tem uma orientação N-S, que corresponde também a orientação da maioria dos sistemas costeiros. Por esta razão, todas as leituras foram efectuadas em longitude, pois permite quantificar avanços e recuos ocorridos na linha de costa. A sobreposição das linhas paralelas sobre as áreas de estudo atribui rigor ao processo de medição, uma vez que permite intervalos iguais entre medições.

A restinga de Tróia, por sua vez, apresenta uma orientação SSE-NNO, no entanto, também neste local todas as leituras foram feitas em longitude, com a área de estudo orientada para Norte. A razão da aplicação do mesmo método numa zona com orientação geográfica diferente prende-se com a necessidade de estabelecer um protocolo bem definido de leitura para toda a costa Oeste portuguesa o que, para além do rigor inerente associado, permite posterior replicabilidade.

No local de estudo de Esposende, a área efectiva de estudo seleccionada não englobou o troço imediatamente a Norte da mesma, que se trata de uma zona de grande interesse marcada pela presença das Torres de Ofir. Isto deveu-se ao facto do sistema dunar na zona imediatamente à frente das torres se encontrar de tal maneira degradado que não tornava possível, através do GE, a medição dos limites do mesmo.

Pela mesma razão, no local de estudo de Mira não foi analisada a área concessionada da Praia de Mira, uma vez que se trata de uma zona urbanizada onde já não existe grande parte do sistema dunar característico da zona.

O tipo de gráfico construído permite uma relação mais directa a cada área de estudo analisada, bem como a identificação ao longo da área de estudo dos fenómenos detectados e a intensidade dos mesmos.

No decorrer deste trabalho surgiram alguns problemas associados ao GE, um dos quais está associado à georreferenciação. Em dois locais (Mira e Tróia), ao alternar entre datas observou-se que, por vezes, uma mesma

estrutura fixa aparecia desviada da sua posição entre duas datas. Este problema revelou-se de fácil identificação e passível de ser resolvido, tendo-se utilizado dois procedimentos diferentes para a resolução do mesmo. Já em Neiva e Esposende não se observaram desvios consideráveis.

Outro problema associado ao *Google Earth* está relacionado com o rigor das datas disponíveis. Aquando da selecção dos locais de estudo, houve um local que não pode ser equacionado – a praia das Furnas na margem Sul do rio Mira. Este local apresentava uma imagem de 30 de Outubro de 2006 que se concluiu não estar correctamente datada visto que, em toda a extensão da praia, bem como na margem Norte do rio Mira (praia de Vila Nova de Milfontes), se encontravam centenas de chapéus-de-sol, ou seja, esta imagem teria de ser correspondente a um período intenso de turismo (época alta - meses de Julho e Agosto). Este tipo de erro não aparenta ser frequente, mas não pode ser desprezado pelo que foi realizada uma observação minuciosa das restantes áreas de estudo, de forma a despistar erros semelhantes. *A posteriori*, na hipótese de alguma data utilizada neste trabalho apresentar este tipo de erro, não tendo o mesmo sido detectado, tal não implicaria uma grande alteração nos resultados apresentados devido ao intervalo temporal observado entre as várias datas, à excepção de Mira e Tróia em que se observam 2 conjuntos de datas separadas por um intervalo de tempo de 4 e 8 meses respectivamente.

O método utilizado no decorrer deste trabalho implica que, na representação gráfica, o limite da estrutura analisada na data mais recente seja representado sobre a forma de linha recta. Esta forma não corresponde claramente à realidade, mas é uma consequência do método utilizado no qual, a data mais recente corresponde à linha de referência com a qual são comparados os limites das estruturas observados nas restantes datas.

Considera-se possível a utilização de outro método de trabalho que permitiria visualizar o limite da estrutura dunar na data mais recente sob a forma de uma linha de contornos mais aproximados da realidade. Tal seria possível através da utilização de uma linha de referência de orientação N-S criada para o efeito e colocada numa posição de retaguarda em relação aos sistemas dunares estudados e presente ao longo de toda a área de estudo. Neste caso, para cada data, seriam medidas as distâncias entre a posição

do limite dunar e a linha de referência. Este método, no entanto, não permitiria o mesmo tipo de representação gráfica utilizado no presente trabalho, pois não seria possível uma leitura directa dos valores de avanços ou recuos analisados em relação à data mais recente. Este método seria também mais difícil de replicar uma vez que a replicação da colocação de uma linha de referência necessitaria de um conjunto de coordenadas fixas.

5. Conclusões

São vários os trabalhos que apontam para a problemática cada vez mais preocupante da erosão na costa portuguesa (Coelho, et al., 2009; EuroSION, 2004; Santos, Forbes e Moita, 2001; Veloso-Gomes, 2007).

As principais razões apontadas para este problema são o défice sedimentar, a subida do nível médio do mar, a urbanização das zonas costeiras e a destruição dos sistemas dunares.

Das quatro áreas de estudo analisadas, Neiva, Esposende e Mira encontram-se em erosão e Tróia encontra-se em acreção.

Na restinga do Neiva, as principais preocupações com o recuo da linha de costa será a colocação em risco, a médio/longo prazo, da urbanização de vivendas situada na retaguarda de uma estreita zona de pinhal adjacente ao sistema dunar, o risco de salinização do baixo estuário do Neiva e dos campos agrícolas adjacentes.

Na área estudada em Esposende já se encontram em risco várias vivendas construídas sobre o sistema dunar e prevê-se que, se nos próximos anos o nível de erosão se mantiver igual ao analisado neste trabalho, essas vivendas terão como futuro a demolição.

Na zona estudada em Mira o recuo da linha de costa não coloca em risco habitações, mas a destruição parcial do cordão dunar poderá provocar a inundação de vários hectares de campos agrícolas, bem como a salinização do sistema lagunar a Sul e a abertura de novos canais na Ria de Aveiro.

A restinga de Tróia é considerada uma das poucas zonas costeiras de Portugal em acreção. Esta situação deve-se ao desfasamento longitudinal da posição de Tróia em relação ao maciço da Arrábida, a Norte, o que lhe confere protecção contra a agitação dominante de NO e características muito próprias como um sentido de deriva litoral S-N.

Conclui-se que a aplicação *Google Earth* é um instrumento de trabalho de elevada fiabilidade, que apresenta uma grande facilidade de utilização, não impondo qualquer formação prévia para a sua utilização.

Ao nível dos desvios de georreferenciação encontrados durante a sua utilização, consideram-se de fácil detecção e possíveis de corrigir, como demonstrado no presente trabalho.

Em relação ao erro de datação encontrado, considera-se como erro raro, mas que alerta para o cuidado necessário na interpretação das imagens a diferentes níveis.

No geral, a utilização da aplicação *Google Earth* como instrumento de trabalho é possível e positiva, tanto como ferramenta principal ou ferramenta auxiliar, podendo ser considerada de grande utilidade em diversos tipos de trabalho como:

- Estudos da evolução/recuperação de sistemas dunares;
- Estudos da influência de obras de engenharia costeira na dinâmica costeira;
- Estudos do impacto da construção na linha de costa;
- Delimitações de áreas de parques naturais/áreas protegidas/zonas de protecção especial;
- Determinação de zonas de elevada sensibilidade à erosão;
- Estudos de evolução de diversos tipos de coberto vegetal;
- Estudos de perda de habitats de diversos tipos.

Após a observação dos resultados conclui-se que o método utilizado neste trabalho poderia ter sido aplicado de uma forma mais extensa. Áreas de estudo mais abrangentes permitiriam obter resultados mais informativos no que diz respeito à distribuição dos fenómenos detectados ao longo da costa, nomeadamente se são constantes, intercalados ou ocasionais.

Seria importante a continuação deste tipo de trabalho, nomeadamente em áreas de estudo mais abrangentes e noutros locais da costa.

6. Referências Bibliográficas

- Albuquerque, H., 2004. Turismo Sustentável nas Zonas Costeiras: o Caso das Praias de Mira. Aveiro, Portugal: Universidade de Aveiro. Dissertação de Mestrado. 160p. (Não publicada)
- Andrade, C., 1998. *Dinâmica, Erosão e Conservação das Zonas de Praia*. Lisboa: Parque EXPO 98, S.A. 88 p.
- Andrade, C.; Pires, H.; Silva, P.; Taborda, R., e Freitas, M.C., 2006. Zonas Costeiras. In: Santos, F.D. e Miranda, P. (editores), *Alterações Climáticas em Portugal Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação - Projecto SIAM II*. Lisboa, Portugal: Gradiva, pp 169-208.
- Andrade, F., Cabral, H., e Borges, M.F., 2009. Ambientes Costeiros. In: Pereira, H.; Domingos, T.; Vicente L., e Proença, V. (editores), *Ecosistemas e Bem-Estar Humano. Avaliação para Portugal do Millenium Ecosystem Assessment*. Lisboa, Portugal: Escolar Editora, pp. 413-435.
- Brito, P.O., 2009. Impactos da elevação do nível médio do mar em ambientes costeiros – o caso do estuário do Sado. Lisboa, Portugal: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Tese de Doutoramento. 344 p. (Não publicada).
- Brito, P.O.; Andrade, C.; Terrinha, P.G.; Rebelo, L.P.; Monteiro, J.H., e Freitas, M.C., 2006. Variação da morfologia e volumetria do delta de vazante do estuário do Sado. *5º Simpósio sobre a Margem Ibérica Atlântica* (Aveiro, Portugal).
- Carter, R.W.G., 1988. *Coastal environments: An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines*. London: Academic Press. 617 p.
- Cerqueira, L., 2005. Distribuição e ecologia alimentar da Lontra (*Lutra lutra*) em dois sistemas costeiros em Portugal. Minho, Portugal: Universidade do Minho. Dissertação de Mestrado. 88 p. (Não publicada).
- Coelho, C.; Silva, R.; Veloso-Gomes, F., e Taveira-Pinto, F., 2009. Potential effects of climate change on northwest Portuguese coastal zones. *ICES Journal of Marine Science*, 66: 1497–1507.
- Davidson-Arnott, R.G.D., 2009. *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. Cambridge: Cambridge University Press. 456 p.

- Davis, R., e FitzGerald, D., 2004. *Beaches and Coasts*. UK: Blackwell Publishing. 419 p.
- DHVFBO Consultores, S.A., 2007a. Plano De Ordenamento E Gestão Do Parque Natural Do Litoral Norte: Fase 1 - Caracterização, Parte I - Descrição, Volume I - Enquadramento.
- DHVFBO Consultores, S.A., 2007b. Plano De Ordenamento E Gestão Do Parque Natural Do Litoral Norte: Fase 1 - Caracterização, Parte I - Descrição, Volume II - Caracterização Física.
- DHVFBO Consultores, S.A., 2007c. Plano De Ordenamento E Gestão Do Parque Natural Do Litoral Norte: Fase 3 - Proposta de Ordenamento, Volume III – Relatório.
- Eastman, J.R., 2006. *IDRISI Andes: Guide to GIS and Image Processing*. USA: Clark Labs. 327 p.
- EuroSION, 2004. Living with Coastal Erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability. www.euroSION.org (acedido a 27 de Novembro de 2012)
- Ferraz, M., 2007. Identificação e Caracterização das Dunas e Campos Dunares da Parte Norte da Península de Tróia. Lisboa, Portugal: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Dissertação de Mestrado. 167 p. (Não publicada).
- Ferraz, M.; Rebêlo, L.; Brito, P., e Costas, S., 2010. Evolução da parte norte da península de Tróia. *VIII Congresso Nacional de Geologia*, 12 (3). 4 p.
- Gomes, N.M.N., 1992. Dinâmica Dunar no Arco Litoral Tróia-Sines (Portugal). Lisboa, Portugal: Universidade de Lisboa. Dissertação de Mestrado. 121p.
- Heslenfeld, P., Jungerius, P.D., e Klijn, J.A., 2008. European Coastal Dunes: Ecological Values, Threats, Opportunities and Policy Development. *In: Martínez, M.L., e Psuty, N.P. (Editores), Coastal Dunes – Ecology and Conservation*. USA: Springer (171), pp. 335-351.
- Horning, N.; Robinson, J.; Sterling, E.; Turner, W., e Spector, S., 2010. *Remote Sensing for Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques (Techniques in Ecology and Conservation)*. USA: Oxford University Press. 448 p.

- IMAR, 2002. Estudo de Impacte Ambiental da Marina e novo Cais dos “ferries” do Troiaresort - Avaliação Ambiental Estratégica. 115 p.
- Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos , 2010. Estudo de vulnerabilidades e riscos às acções directas e indirectas do mar, 1ª Fase - Volume 2: Programa de observação e de manutenção das estruturas de defesa costeira de frentes edificadas em risco. POLIS Litoral Norte.
- Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos , 2010a. Estudo de vulnerabilidades e riscos às acções directas e indirectas do mar, 1ª Fase - Volume 3: Estudos de operações de alimentação artificial de praias e dunas com areias provenientes de fontes da plataforma continental e das operações de dragagem nas zonas portuárias. POLIS Litoral Norte.
- Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos , 2010b. Estudo de vulnerabilidades e riscos às acções directas e indirectas do mar, 1ª Fase - Volume 5: Plano de intervenções estruturais de defesa costeira e de controlo de inundações quando e se as mesmas se justificarem de uma forma inequívoca. POLIS Litoral Norte.
- Ley, C., Gallego-Fernández, J. B., Vidal, C., 2007. *Manual de Restauración de Dunas Costeras*. Santander, Espanha: Ministério do Ambiente. 251 p.
- Martins, A.; Raposo, J.M.; Pimentel, M.H.; Silveira, S.; Sousa, A.C., e Raimundo, S.M., 2006. *Bases para um Plano de Requalificação das Lagoas do Litoral da Região Centro*. Coimbra, Portugal: Divisão do Litoral e da Conservação da Natureza - CCDR Centro.
- McLane, M., 1995. *Sedimentology*. Oxford:Oxford University Press. 51 p.
- Mendes, J.F.G., 2007. Plano Regional de Ordenamento do Território do Norte – PROT-Norte - Fase I: Estudos Complementares de Caracterização Territorial e Diagnóstico Regional. Relatório Final.
- Miller, T.E., Gornish, E.S., e Buckley, H.L., 2010. Climate and coastal dune vegetation: disturbance, recovery, and succession. *Plant Ecology* (206), 97–104.
- Neto, C. S., 1999. A Flora e a Vegetação da Faixa Litoral entre Tróia e Sines. Lisboa, Portugal: Universidade de Lisboa. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física. 461 p. (Não publicada).
- Pereira, A.R., 1988. Aspectos do relevo de Portugal. Litorais ocidental e meridional da Península de Setúbal. *Finisterra*, XXIII (46), 335-349.

- Pereira, A.R., 2008. Sistemas litorais: Dinâmicas e Ordenamento. *Finisterra*, XLIII (86), 5-29.
- Reading, H.G., 1996. *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. Blackwell Science. 37 p.
- Rebêlo, L.P., Ferraz, M., Brito, P.O., 2009. Tróia Península Evolution: The Dune Morphology Record. *Journal of Coastal Research*, SI 56, 352-355.
- Rocha, A., 1996. Dinâmica de um blowout existente na faixa costeira localizada entre os rios Lima e Neiva. *Cad. Vianenses*, 21, 125-132.
- Santos, F.D., Forbes, K., Moita, R. (editores), 2001. *Mudança Climática em Portugal. Cenários, Impactes e Medidas de Adaptação – SIAM. Sumário Executivo e Conclusões*. Lisboa: Gradiva. 24 p.
- Sousa, C., 2010. Vulnerabilidade dos Sistemas Dunares da Praia do Meco. Lisboa, Portugal: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. (Não publicada).
- Taveira-Pinto, F., Silva, R. e Barbosa J.P., 2011. Coastal Erosion Along the Portuguese Northwest Coast Due to Changing Sediment Discharges from Rivers and Climate Change. *In: Schernewski, G., Hofstede, J. e Neumann, T. (editors), Global Change and Baltic Coastal Zones*. Alemanha: Springer, pp. 135-151.
- UNEP, 2006. *Marine and coastal ecosystems and human wellbeing: A synthesis report based on the findings of the Millennium Ecosystem Assessment*. Nairobi: UNEP. 76 p.
- Veloso-Gomes, F., 2007. A Gestão da Zona Costeira Portuguesa. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 7(2):83-95.
- Veloso-Gomes, F.; Taveira-Pinto, F.; Barbosa, J.P.; das Neves, L., e Coelho, C., 2002. High Risk Situation in the NW Portuguese Coast: Douro River – Cape Mondego. *Littoral 2002, The Changing Coast*, 411-421.

Sítios de internet consultados:

<http://www.google.com/about/company/history/> (acedido a 13/11/2012)

http://en.wikipedia.org/wiki/Google_Earth (acedido a 13/11/2012)

Outras fontes:

ESRI, ArcGIS Desktop Help, 2007.

7. Anexos

7.1 Áreas de Estudo

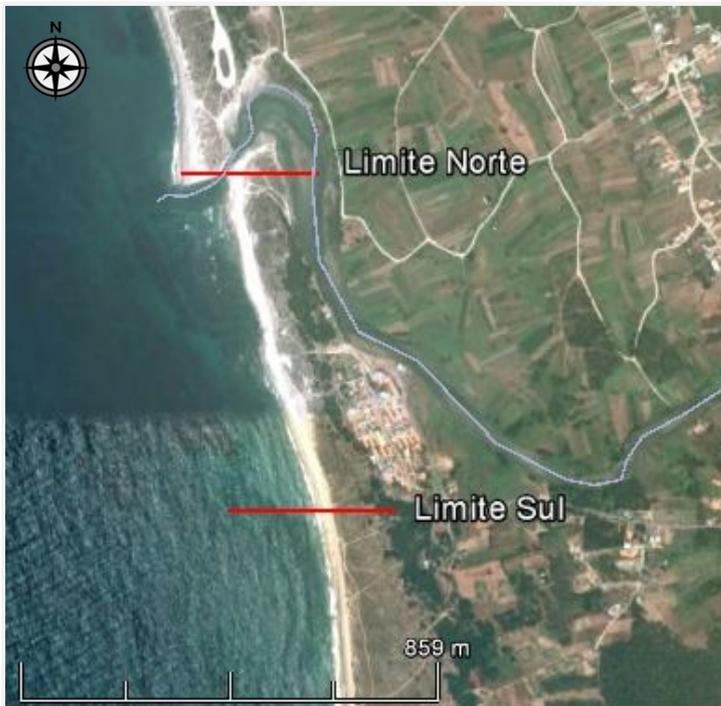


Figura 19. Área de Estudo: restinga do rio Neiva (fonte: *Google Earth*).

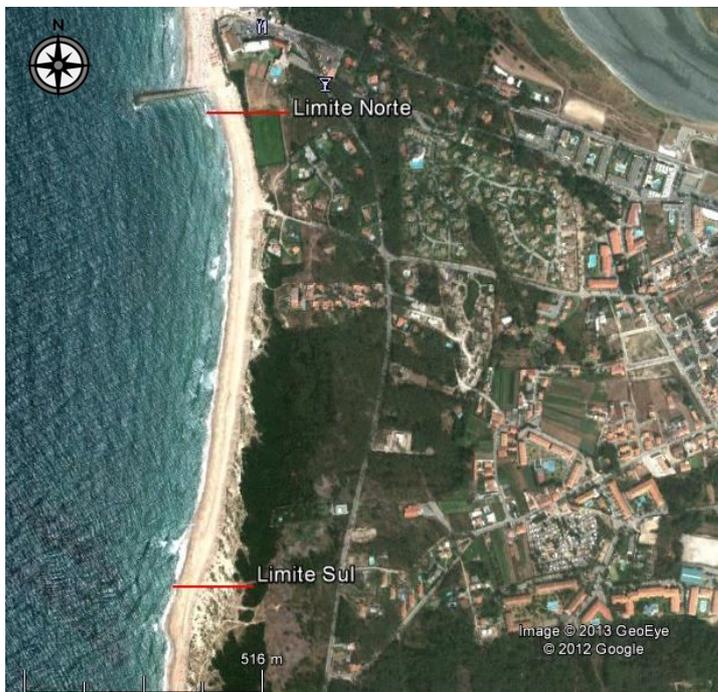


Figura 20. Área de Estudo: Esposende (Ofir-Pedrinhas) (fonte: *Google Earth*).

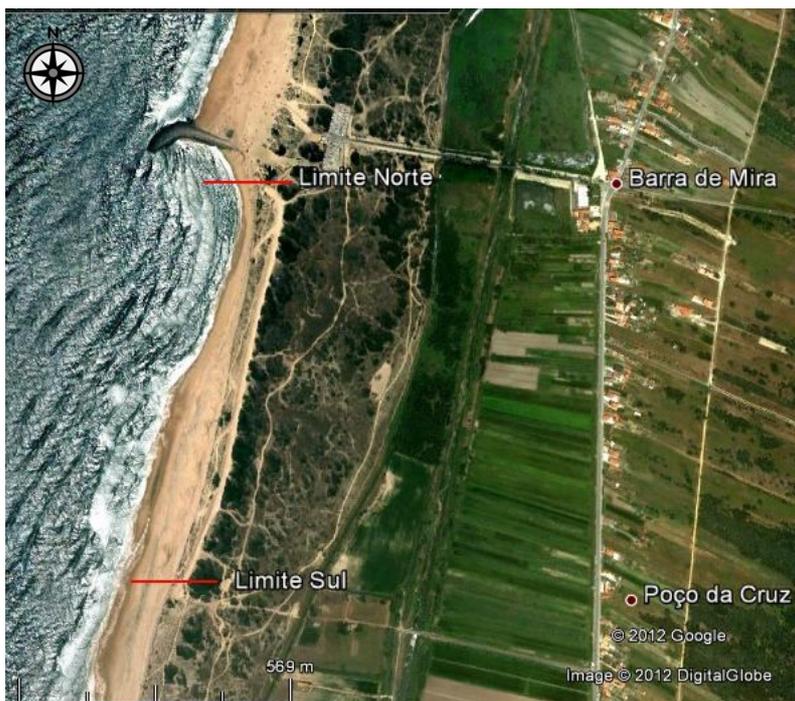


Figura 21. Área de Estudo: Mira (Poço da Cruz-Praia de Mira) (fonte: *Google Earth*).

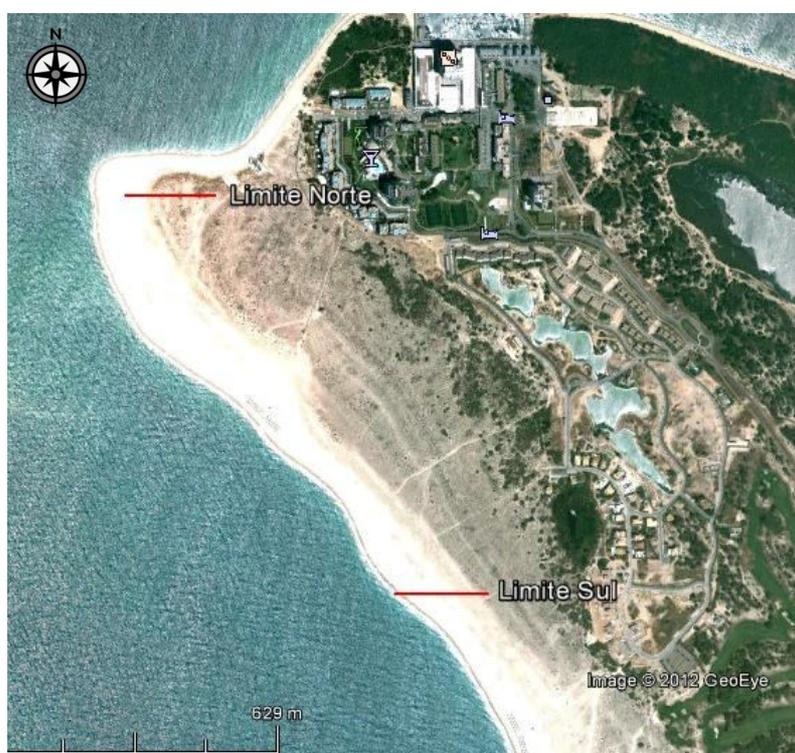


Figura 22. Área de Estudo: restinga de Tróia (fonte: *Google Earth*).

7.2 Medições efectuadas

Tabela 2. Medições relativas ao local de estudo: Restinga do Neiva. 1ª coluna: número de ordem dos pontos medidos; 2ª coluna: data mais recente (PA) - apresenta valores de zero por representar o ponto ao qual se efectuaram as medições; 3ª, 4ª e 5ª colunas: restantes datas disponíveis – observa-se os valores (em metros) das distâncias medidas, de avanço ou recuo, entre cada data e a PA. Valores positivos indicam avanços (em direcção ao mar) em relação à PA; Valores negativos indicam recuos (em direcção ao mar) em relação à PA.

Pontos	Datas			
	09-08-2010	13-03-2010	30-10-2006	17-09-2003
1	0	4,11	0,78	2,16
2	0	4,01	2,34	0,61
3	0	2,16	1,71	2,21
4	0	2,60	3,31	7,01
5	0	3,47	4,97	7,14
6	0	2,64	5,74	10,20
7	0	1,21	7,35	12,26
8	0	1,13	6,69	11,60
9	0	1,21	8,59	11,75
10	0	1,22	9,95	9,82
11	0	1,43	10,29	12,73
12	0	1,58	10,41	15,74
13	0	1,06	10,45	15,81
14	0	3,23	15,25	19,29
15	0	-8,41	15,01	17,42
16	0	-2,26	12,82	16,17
17	0	0,75	13,64	17,16
18	0	1,81	14,76	18,45
19	0	2,41	14,73	18,32
20	0	5,18	19,18	23,75
21	0	5,55	20,78	21,90
22	0	5,03	20,72	21,95
23	0	4,59	19,48	22,01
24	0	4,20	18,64	23,38
25	0	5,77	19,18	23,70
26	0	3,98	20,49	24,08
27	0	9,08	26,55	29,55
28	0	10,51	28,49	31,32
29	0	9,01	25,71	27,76
30	0	11,34	29,67	30,51
31	0	11,64	27,17	32,63
32	0	11,05	27,58	33,29
33	0	9,65	24,71	31,26
34	0	8,58	24,84	30,12
35	0	9,11	25,76	30,86
36	0	6,78	24,31	26,83
37	0	6,10	24,60	26,84
38	0	3,02	25,72	28,32
39	0	7,68	27,76	29,21
40	0	6,88	27,31	29,30
41	0	7,42	26,24	27,74
42	0	8,24	27,64	27,80
43	0	8,87	29,01	26,15
44	0	11,13	28,81	28,60
45	0	12,12	30,43	30,83

46	0	12,75	34,02	41,50
47	0	14,95	41,17	45,56
48	0	13,62	38,61	45,48
49	0	9,84	38,49	42,28
50	0	11,63	39,20	45,39
51	0	10,90	40,26	38,42
52	0	10,15	35,93	31,81
53	0	4,79	30,46	29,47
54	0	6,37	27,93	26,79
55	0	6,38	26,14	22,70
56	0	4,48	22,30	21,77
57	0	4,56	19,22	19,98
58	0	3,63	19,96	19,36
59	0	3,31	19,06	22,34
60	0	3,32	20,39	18,81
61	0	3,16	20,83	20,75
62	0	2,92	22,64	20,45
63	0	3,56	22,35	20,97
64	0	3,32	21,60	20,85
65	0	4,12	21,90	21,08
66	0	4,36	19,53	20,45
67	0	3,41	17,01	16,98
68	0	3,25	14,47	15,20
69	0	2,14	14,77	13,20

Tabela 3. Medições relativas ao local de estudo: Esposende (Ofir-Pedrinhas). 1ª coluna: número de ordem dos pontos medidos; 2ª coluna: data mais recente (PA) - apresenta valores de zero por representar o ponto ao qual se efectuaram as medições; 3ª e 4ª colunas: restantes datas disponíveis – observa-se os valores (em metros) das distâncias medidas, de avanço ou recuo, entre cada data e a PA. Valores positivos indicam avanços (em direcção ao mar) em relação à PA; Valores negativos indicam recuos (em direcção ao mar) em relação à PA.

Pontos	Datas		
	09-08-2010	30-10-2006	17-09-2003
1	0	1,81	2,10
2	0	2,89	4,94
3	0	3,23	4,50
4	0	2,33	3,73
5	0	6,25	8,81
6	0	4,46	5,42
7	0	4,50	5,82
8	0	4,62	8,53
9	0	3,80	9,41
10	0	4,88	9,86
11	0	4,40	8,62
12	0	5,19	8,27
13	0	5,99	7,11
14	0	4,26	6,07
15	0	5,76	8,94
16	0	4,02	3,72
17	0	3,16	2,31
18	0	2,67	-0,86
19	0	0,00	-4,23
20	0	0,00	-8,79
21	0	0,00	-0,82
22	0	-5,51	7,94

23	0	9,59	9,77
24	0	9,70	11,52
25	0	10,63	17,29
26	0	5,01	10,59
27	0	6,21	8,94
28	0	8,37	12,37
29	0	10,65	13,10
30	0	9,44	13,30
31	0	9,43	13,52
32	0	7,81	12,08
33	0	8,61	13,12
34	0	10,77	13,94
35	0	19,37	20,01
36	0	20,11	25,81
37	0	11,28	15,36
38	0	8,85	14,40
39	0	10,59	13,28
40	0	8,69	16,41
41	0	8,01	11,05
42	0	4,18	8,23
43	0	2,30	12,64
44	0	5,66	11,95
45	0	4,04	7,41
46	0	1,84	7,84
47	0	0,00	11,43
48	0	-1,38	15,45
49	0	11,31	16,19
50	0	12,38	16,65
51	0	12,41	18,55
52	0	14,41	20,31
53	0	14,22	22,95
54	0	16,35	17,64
55	0	8,43	19,72
56	0	5,87	17,00
57	0	9,07	12,81
58	0	10,34	30,90
59	0	9,42	23,81
60	0	23,48	27,49
61	0	10,81	20,67
62	0	15,42	23,34
63	0	11,34	17,21
64	0	11,52	16,50
65	0	12,03	19,47
66	0	15,84	23,20
67	0	17,85	22,65
68	0	21,35	30,69
69	0	21,21	30,31
70	0	18,26	22,61
71	0	15,46	20,56
72	0	16,31	22,09
73	0	17,01	24,53
74	0	23,05	30,11
75	0	20,58	25,66
76	0	14,41	18,94
77	0	13,93	19,57
78	0	14,62	25,03
79	0	19,35	23,87
80	0	10,96	16,50
81	0	12,66	19,19
82	0	15,76	18,52

83	0	10,89	23,27
84	0	6,68	21,20
85	0	14,93	24,73
86	0	21,43	28,11
87	0	21,72	33,43
88	0	13,54	28,90
89	0	11,26	25,23
90	0	28,09	28,79
91	0	10,24	23,01
92	0	18,42	22,33
93	0	16,20	18,61
94	0	6,88	15,82
95	0	7,97	13,17
96	0	2,15	15,16
97	0	0,00	13,24
98	0	4,98	17,21
99	0	7,15	12,20
100	0	4,22	8,08

Tabela 4. Medições relativas ao local de estudo: Mira (Poço da Cruz-Praia de Mira). 1ª coluna: número de ordem dos pontos medidos; 2ª coluna: data mais recente (PA) - apresenta valores de zero por representar o ponto ao qual se efectuaram as medições; 3ª, 4ª e 5ª colunas: restantes datas disponíveis – observa-se os valores (em metros) das distâncias medidas, de avanço ou recuo, entre cada data e a PA. Valores positivos indicam avanços (em direcção ao mar) em relação à PA; Valores negativos indicam recuos (em direcção ao mar) em relação à PA.

Pontos	Datas			
	18-07-2010	22-03-2010	30-10-2006	14-05-2003
1	0	1,72	14,91	29,99
2	0	1,78	24,91	34,00
3	0	5,06	21,22	37,27
4	0	4,93	26,63	33,50
5	0	3,06	16,88	33,67
6	0	3,02	24,04	37,82
7	0	3,73	27,15	37,63
8	0	2,54	25,94	43,05
9	0	2,43	23,92	45,95
10	0	1,48	24,33	48,06
11	0	1,24	23,94	38,04
12	0	-0,13	22,07	38,41
13	0	-0,38	21,41	41,96
14	0	-0,12	20,89	39,58
15	0	0,06	22,68	45,97
16	0	1,27	27,01	46,10
17	0	2,84	24,34	51,81
18	0	-0,49	24,07	48,52
19	0	0,50	25,34	56,33
20	0	0,62	24,83	52,82
21	0	1,18	26,24	56,65
22	0	0,40	25,20	55,25
23	0	0,74	25,11	56,28
24	0	0,97	26,55	57,33
25	0	1,54	26,69	57,09
26	0	0,65	26,45	59,14
27	0	0,10	26,61	58,89
28	0	1,36	27,64	50,70

29	0	-0,35	27,40	56,12
30	0	1,25	31,08	60,41
31	0	0,34	24,40	56,79
32	0	0,92	23,34	54,51
33	0	1,63	26,74	54,85
34	0	0,50	28,37	55,48
35	0	0,04	31,54	55,52
36	0	0,74	35,13	58,37
37	0	1,68	36,46	59,76
38	0	0,25	36,52	60,31
39	0	0,53	35,45	58,47
40	0	-0,15	36,25	59,29
41	0	0,40	41,99	68,01
42	0	-0,70	41,16	65,68
43	0	-0,65	42,74	68,52
44	0	-1,13	45,69	67,52
45	0	0,20	45,57	67,36
46	0	-0,94	46,05	69,73
47	0	2,54	52,46	76,49
48	0	0,71	47,19	72,61
49	0	-1,22	47,25	69,88
50	0	3,31	49,08	68,97
51	0	0,59	45,81	67,52
52	0	-0,73	53,02	66,30
53	0	-0,05	52,15	63,00
54	0	-0,04	52,42	64,58
55	0	-0,49	54,62	63,59
56	0	-0,21	53,72	62,08
57	0	-1,53	51,85	54,26
58	0	-0,42	49,75	57,65
59	0	0,35	46,89	54,38
60	0	-1,27	47,50	49,98
61	0	-0,84	46,16	48,88
62	0	-0,83	44,05	44,96
63	0	-1,16	39,61	41,16
64	0	0,72	45,61	50,66
65	0	-0,72	54,73	52,24
66	0	-1,59	50,84	50,04
67	0	0,30	51,60	50,41
68	0	-0,33	53,14	47,95
69	0	-0,28	51,21	48,81
70	0	0,50	48,70	48,16
71	0	-0,47	44,25	44,36
72	0	0,06	39,62	41,16
73	0	-0,62	34,97	36,85
74	0	0,21	34,78	36,89
75	0	0,16	29,76	38,28
76	0	0,11	30,34	32,99
77	0	0,49	25,51	35,13
78	0	0,61	29,95	33,59
79	0	0,66	31,11	31,47
80	0	-0,45	24,54	25,01
81	0	-0,23	15,65	38,59
82	0	-0,96	32,07	40,02
83	0	-0,89	39,03	43,93
84	0	1,12	39,99	46,30
85	0	3,21	43,67	49,41

Tabela 5. Medições relativas ao local de estudo: Restinga de Tróia. 1ª coluna: número de ordem dos pontos medidos; 2ª coluna: data mais recente (PA) - apresenta valores de zero por representar o ponto ao qual se efectuaram as medições; 3ª, 4ª e 5ª colunas: restantes datas disponíveis – observa-se os valores (em metros) das distâncias medidas, de avanço ou recuo, entre cada data e a PA. Valores positivos indicam avanços (em direcção ao mar) em relação à PA; Valores negativos indicam recuos (em direcção ao mar) em relação à PA.

Pontos	Datas			
	24-05-2010	27-06-2007	30-10-2006	27-06-2003
1	0	-5,94	-192,25	-194,81
2	0	-9,09	-178,91	-183,93
3	0	-6,65	-163,18	-164,82
4	0	-5,44	-150,56	-151,96
5	0	-9,02	-140,31	-143,07
6	0	-8,23	-130,79	-133,18
7	0	-6,44	-120,54	-123,62
8	0	-3,5	-104,58	-108,46
9	0	-4,43	-98,62	-97,91
10	0	-7,58	-94,34	-93,96
11	0	-3,21	-91	-90,33
12	0	-2,86	-83,14	-84,07
13	0	-0,85	-80,28	-82,09
14	0	-0,77	-74,09	-74,84
15	0	1,08	-73,13	-71,87
16	0	4,74	-74,8	-72,53
17	0	0,58	-69,09	-67,92
18	0	6,46	-58,37	-56,71
19	0	5,24	-54,29	-54,08
20	0	2,81	-49,9	-55,4
21	0	1,66	-57,08	-75,5
22	0	0,23	-66,91	-79,78
23	0	-0,49	-57,84	-79,12
24	0	2,09	-39,31	-68,58
25	0	0,28	-36,3	-57,71
26	0	0,17	-40,03	-53,19
27	0	1,87	-43,56	-54,44
28	0	2,8	-30,49	-43,13
29	0	0,15	-24,81	-34,18
30	0	1,16	-32,07	-39,36
31	0	1,59	-33,81	-173,26
32	0	0,58	-36,3	-162,86
33	0	3,16	-47,08	-146,96
34	0	3,15	-41,28	-133,51
35	0	0,84	-10,79	-103,51
36	0	-0,56	-37,96	-104,83
37	0	-4,29	-23,02	-65,94
38	0	-4,36	-39,62	-61,98
39	0	-4,57	-46,88	-61,33
40	0	-1,98	-56	-60,67
41	0	-1,92	-58,49	-64,95
42	0	-1,35	-70,31	-71,54
43	0	0,38	-76,12	-74,18
44	0	-5,94	-84,21	-85,39
45	0	-12,67	-88,77	-89,34
46	0	-21,91	-97,28	-93,95
47	0	-18,9	-95,62	-94,62
48	0	-27,64	-105,99	-110,1
49	0	-24,34	-114,08	-119

50	0	-26,35	-124,86	-132,19
51	0	-32,44	-128,8	-131,53
52	0	-29,21	-132,95	-131,86
53	0	-25,49	-128,18	-127,9
54	0	-26,28	-136,06	-135,48
55	0	-17,97	-127,77	-130,21
56	0	-11,59	-121,13	-119,66
57	0	-17,4	-128,2	-120,98
58	0	-15,03	-115,91	-113,73
59	0	-8,73	-110,24	-113,4
60	0	-3,93	-107,79	-125,6
61	0	-1,63	-100,42	-157,57
62	0	-1,35	-105,65	-151,96
63	0	-4,58	-91,52	-140,43
64	0	-2,43	-81,66	-132,85
65	0	-3,5	-84,75	-126,58
66	0	-1,85	-85,91	-122,63
67	0	-4,57	-81,07	-116,04
68	0	-3,5	-77,79	-109,77
69	0	-2,79	-82,62	-106,81
70	0	-2,15	-82,04	-109,12
71	0	-2,75	-78,56	-99,89
72	0	-6,39	-73,92	-98,9
73	0	-6,32	-66,76	-87,36
74	0	-4,39	-66,18	-89,52
75	0	-4,46	-63,27	-89,25
76	0	-8,44	-56,31	-91,15
77	0	-6,25	-64,43	-95,48
78	0	-5,78	-66,56	-103,61
79	0	-6,65	-67,14	-97,11
80	0	-4,44	-56,69	-86,54
81	0	-8,81	-60,37	-90,61

7.3 Determinação do desvio em Mira (Poço da Cruz-Praia de Mira)



Figura 23. Determinação do Desvio em Mira: 1 - Escolha de uma estrutura visível em todas as datas – sistema dunar; 2 - Delimitação da estrutura na data mais recente; 3 - Na timeline do Google Earth alternância entre a imagem da data mais recente e cada uma das outras datas; 4 - Medição da distância horizontal entre o centro do polígono e o centro da estrutura visível entre 18-07-2010 e 22-03-2010; 5 - Medição da distância horizontal entre o centro do polígono e o centro da estrutura visível entre 18-07-2010 e 30-10-2006 (sem desvio considerável); 6 - Medição da distância horizontal entre o centro do polígono e o centro da estrutura visível entre 18-07-2010 e 14-05-2003 (fonte: *Google Earth*).

7.4 Determinação do Desvio na restinga de Tróia

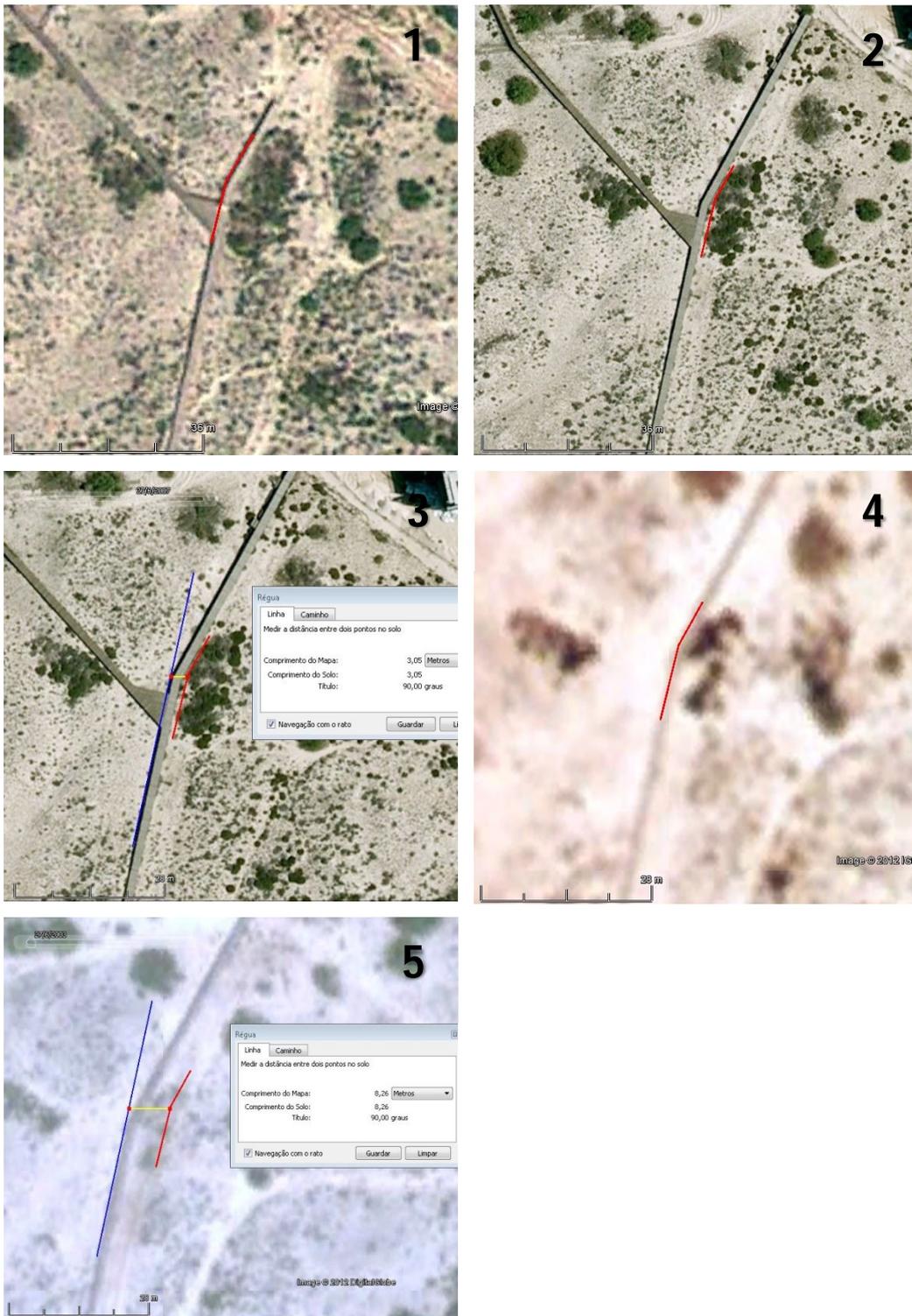


Figura 24. Determinação do Desvio em Tróia: 1 - Escolha e marcação de um ponto de uma estrutura fixa que estivesse presente em todas as datas - vértice num passadiço sobre as dunas; 2 - Alternância das imagens entre a data mais recente e cada uma das outras datas de forma a visualizar o desvio entre cada imagem; 3 - Medição da distância horizontal entre o vértice da estrutura e ele próprio entre 24-05-2010 e 27-06-2007; 4 - Medição da distância horizontal entre o vértice da estrutura e ele próprio entre 24-05-2010 e 30-10-2006 (sem desvio considerável); 5 - Medição da distância horizontal entre o vértice da estrutura e ele próprio entre 24-05-2010 e 27-06-2003 (fonte: *Google Earth*).