Aceite para publicação em 25 de março de 2014

Susana Fernandes

Atividade - Dunas

Guia do Professor - Teoria

Tipo de aula:	Duração:	
Teórica	3ºCiclo	Ensino Secundário
Conteúdos: 1.Fatores que permitem a formação das dunas 2.Praia e Sistemas dunares 2.1-Morfologia dos sistemas dunares 2.1.1-Tipos de dunas 2.2-Exemplos de sistemas dunares litorais em Portugal 2.2.1-Duna de Salir do Porto 2.2.2-Dunas de São Martinho do Porto	45 minutos	45 minutos
Objetivos: Conhecer os fatores que permitem a formação das dunas. Compreender a constituição de um sistema dunar. Conhecer os processos de transporte de areia pelo vento. Distinguir dunas fósseis de ativas. Conhecer os diferentes tipos de dunas. Conhecer as características das dunas de Salir do Porto e de São Martinho do Porto.		

1.Fatores que permitem a formação das dunas

- As **dunas** são, de uma forma muito simples, **elevações de areia**.
  - No caso de dunas litorais, são sistemas temporários que fazem a **transição** entre o **ambiente marinho** e o **ambiente terrestre**.
- As **correntes** marinhas litorais existentes ao longo da costa, a **ação dos ventos** e da **ondulação marítima**, promovem o transporte de sedimentos, em ambiente subtidal. No domínio da praia submersa, podem acumular-se Bancos de Areia, que representam zonas de acumulação com sedimentos disponíveis para o transporte litoral (transversal e longitudinal).
  - Estas zonas de **acumulação sedimentar** são uma das fontes de fornecimento de areia que irá alimentar as praias. Estas se mobilizadas pelo vento, podem entrar no processo de formação das dunas.
    - Assim, acima das cotas alcançadas pela água do mar na sua dinâmica natural, a areia depois de seca ao sol é transportada para o interior pela ação do vento. Os grãos de areia rolam uns sobre os outros à superfície do solo, parando quando encontram **vegetação** ou outros **obstáculos** que possibilitem a sua acumulação formando uma pendente suave para o lado do oceano (**barlavento**) e um declive mais acentuado no lado oposto (**sotavento**) (**Figura 1**) [1].

Figura 1 - Processo de construção de um edifício dunar, com indicação dos lados barlavento e sotavento da duna.

Aceite para publicação em 25 de março de 2014

- Embora as dunas sejam mais amplamente distribuídas, são aquelas associadas às regiões costeiras, onde encontramos os maiores complexos de dunas.
- Os **obstáculos** são indispensáveis para criar condições de **adesão a barlavento** (onde o vento sopra) e de **proteção a sotavento**, permitindo assim que a areia transportada pelo vento comece a juntar-se, criando um "montinho" (**Figura 2**) [2].

Figura 2 - Inicio da deposição de areia, promovido pela ocorrência de uma zona abrigada do vento, (sotavento de um pequeno obstáculo).

- Com a continuação deste processo, esta pequena acumulação de areia começa ela própria a tornar-se um obstáculo, pelo que, se continuar a haver vento na mesma direção e areia suficiente, a continuação do processo criará uma **duna** [2].

- À medida que a duna cresce, começa também uma migração da mesma para sotavento, provocada pelos movimentos dos grãos de areia empurrados pelo vento da face exposta, caindo depois para a face protegida. É por isso que elas têm **ângulos diferentes**, mais suave na face a barlavento, mais inclinada a sotavento [2].

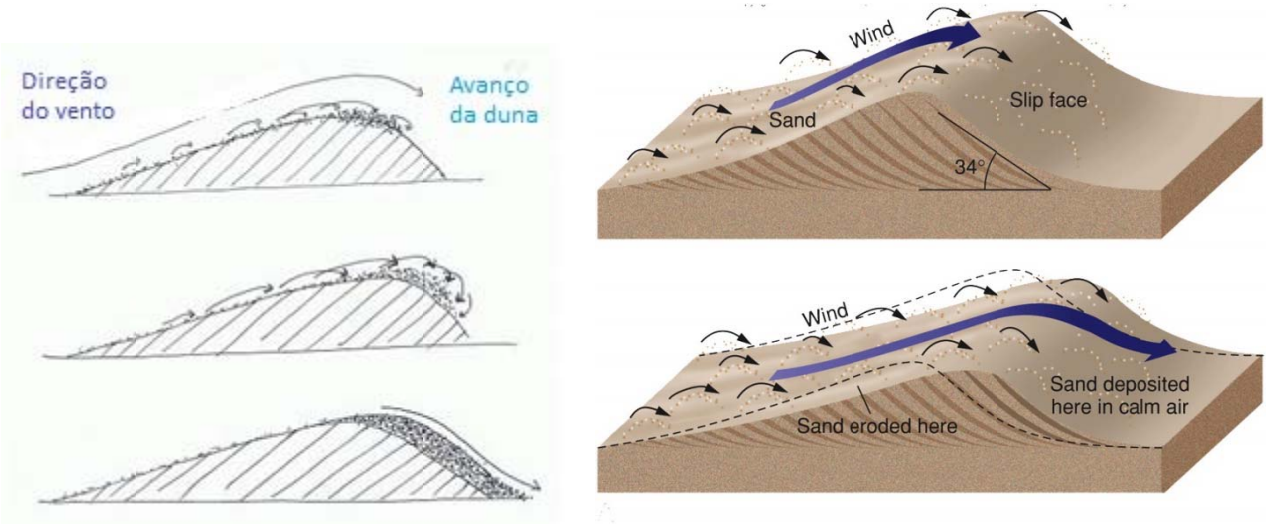


Figura 3 - Uma duna avança pelo movimento individual dos seus grãos na direção do vento predominante.

Dependendo do tamanho da partícula e da força da corrente de vento, o transporte eólico pode dar-se por diferentes tipos de mecanismo de transporte, sendo definido pela **velocidade do vento** e **tamanho dos grãos** (**Figura 4**):

- Os grãos de areia de menores dimensões são passíveis de ser transportados por **suspensão**;
- Os intermédios podem ser movimentados por **saltação**;
  - Os sedimentos maiores (geralmente, com dimensão superior a 2 mm) são movidos por **reptação** (Araújo,2006 *in* Sousa, 2010), isto é, por arrastamento. Neste tipo de transporte as partículas arenosas deslocam-se a distâncias muito curtas e são empurradas pelas partículas em **saltação**, ao chocarem contra a superfície (Sousa, 2010).

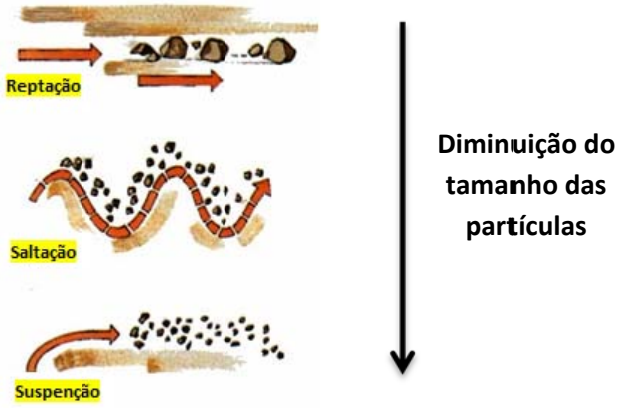


Figura 4- Tipos de transporte das partículas.

- A **vegetação** tem um papel extremamente importante na **formação e estabilização do sistema dunar**. De facto, se não há condições para a fixação das plantas, as dunas tornam-se móveis.
  - A vegetação dunar proporciona a acumulação de areia nas dunas, que servirá de stock para repor a areia erodida durante as tempestades, principalmente de Inverno (Sousa, 2010).
- Para além da vegetação, uma outra séria de fatores pode condicionar o aparecimento/mobilidade das dunas, tal como a humidade do solo, a disponibilidade de sedimentos e as correntes costeiras.

2.Praia e Sistemas Dunares

- A praia regista modificações sazonalmente (variação sazonal do perfil da praia) e ainda durante os temporais devido à variação da energia das ondas, que durante estes eventos extremos possibilitam um a maior capacidade de penetração da água do mar na linha de costa. Quando ocorre uma tempestade, as ondas podem alcançar a zona dunar e transferir as partículas arenosas aí acumuladas, depositando-as na praia submarina, alterando o perfil da praia submersa, que se eleva gradualmente (formando-se a barra de rebentação – **Figura 7 e 8**). Este perfil é o fundo da ação da onda de tempestade e é esta superfície que absorve ou dissipa, através de fricção, uma enorme quantidade de energia destruidora das ondas que poderia, de

outro modo, invadir o interior, causando estragos. Nas alturas de bom tempo, caso o sistema se encontre em equilíbrio, as partículas arenosas voltam a ser transportadas para a praia subaérea e aí ficam disponíveis para serem novamente transportadas pelo vento e acumuladas nas dunas (Sousa, 2010).

- O balanço sedimentar da praia é, pois fundamental do ponto de vista do desenvolvimento dos sistemas dunares costeiros, uma vez que determina se o sistema é **regressivo**, está em **equilíbrio** ou é **transgressivo**. No primeiro caso, o sistema dunar retrocede com uma erosão progressiva da duna embrionária/primária durante os temporais e marés vivas, não recuperando a areia nos períodos de bom tempo. No segundo caso, a areia que desaparece durante os temporais e marés vivas e é reposta nos períodos de bom tempo havendo, portanto, uma manutenção da quantidade de areia no sistema dunar. No caso de o sistema ser transgressivo ocorre um balanço sedimentar positivo, ou seja, verifica-se um fluxo contínuo de sedimentos que vai originar cordões paralelos de dunas à medida que uma nova duna se acrescenta do lado do mar, ou seja, caso haja espaço ocorre um avanço do sistema dunar para o interior (Ley *et al*., 2007, *in* Sousa, 2010).

- Os sistemas dunares são conjuntos de dunas organizados principalmente de acordo com as **condições de vento** dominante e, visto que estas raramente aparecem isoladas, constituem a forma mais comum de ocorrência das dunas.
- Nas zonas litorais, o sistema dunar forma-se com o aparecimento de uma acumulação de areia, para o lado de terra acima do domínio da Alta Praia. O edifício dunar vai aumentando e movimentando-se no sentido do vento, normalmente do litoral para o interior.

    - O afastamento assim feito da zona mais próxima do mar, pode deixar espaço para aparecimento de outras acumulações de areia nesse mesmo local, que começam a "bloquear" o vento que empurra a duna inicial. Esta diminuição do vento pode criar as condições para que uma duna inicial, mais afastada agora do mar, comece a estabilizar e a ser coberta com vegetação, fixando-se.
    - Este processo pode ir acontecendo até que todo um sistema dunar esteja fixo, quer por razões naturais, quer por intervenção humana através de plantações de espécies de vegetação fixadoras.
    - Dada a fixação das dunas mais em terra, a duna mais junto ao mar adquire o seu perfil de equilíbrio, que embora variando ao longo do ano face à proximidade da ação das ondas e marés e como tal à disponibilidade de areia na praia, mantêm-se também mais ou menos constante num dado local, permitindo assim o início da sua fixação por plantas pioneiras.
    - Neste sistema dunar assim criado, à duna mais próxima do mar chama-se a "Duna embrionária", seguindo-se a "Duna primária", a "Duna secundária" e, à zona entre elas "espaço inter-dunar" (**Figura 5**) [1].

- As dunas embrionárias e as primárias, são consideradas o "para-choque natural" do continente contra a violência das ondas, criando com elas um equilíbrio dinâmico – recebendo, armazenando e largando areia - que protege os usos do solo a sotavento e que implica sempre a sua conservação, bem como da duna secundária associada.

- Sem este sistema "amortecedor do avanço do mar" e em situações de litoral assolado por temporais, aos quais se associa a atual subida do nível médio do mar, a preservação das dunas ganha dimensões tanto estratégicas na defesa de pessoas e bens, como ecológicas de defesa de um sistema sensível às alterações que o Homem faz.

Figura 5 – Representação de um sistema dunar litoral.

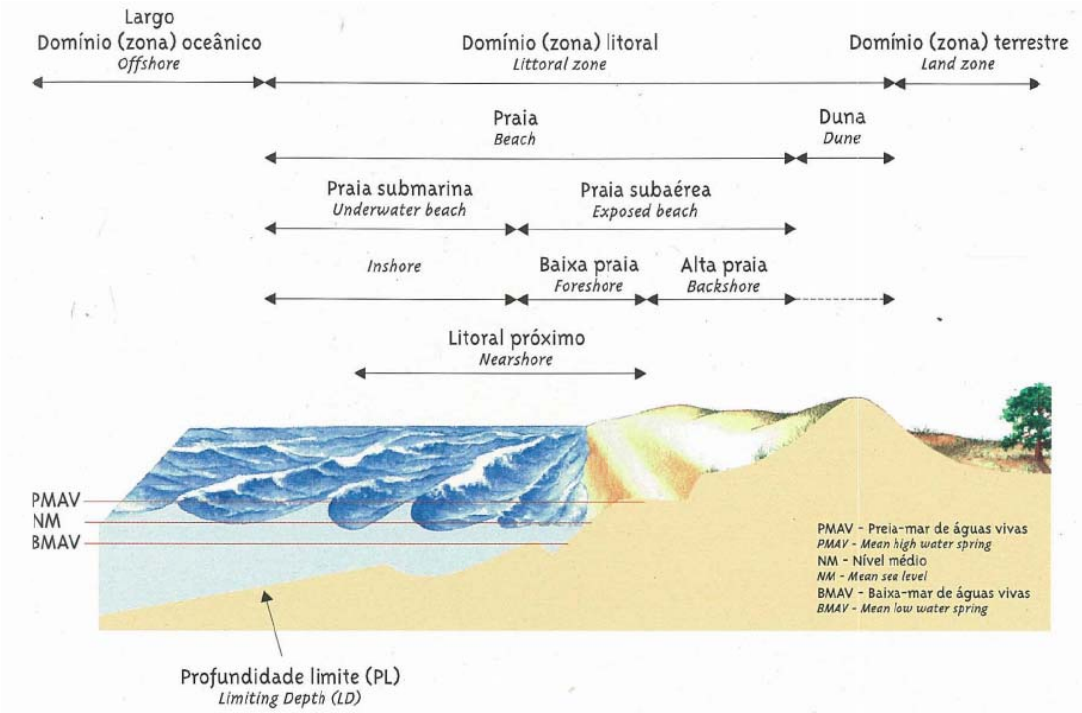


Figura 6 – Terminologia morfológica da faixa litoral (adaptado de Andrade, 1998).

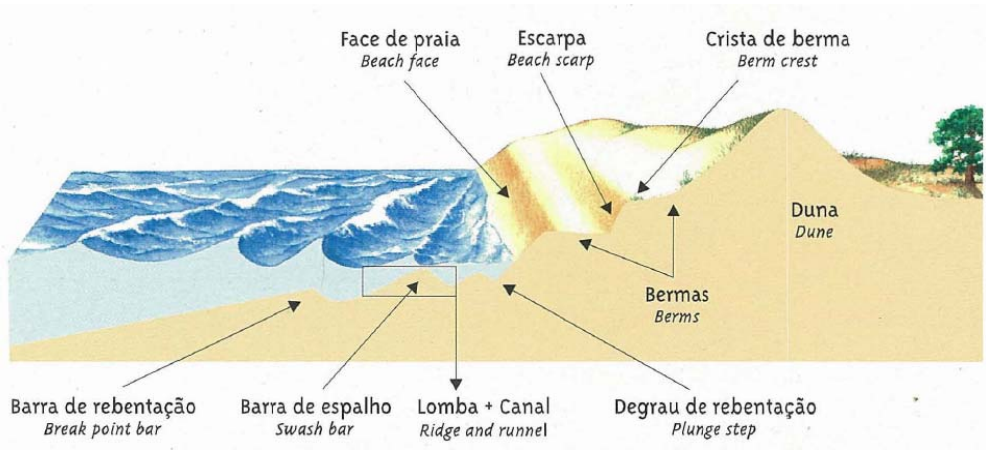


Figura 7 – Terminologia morfológica do perfil de praia (adaptado de Andrade, 1998).

2.1-Morfologia dos Sistemas Dunares

- Embora os sistemas dunares se encontrem distribuídos numa ampla variedade de regimes climáticos, por diferentes regiões no globo, é nas regiões costeiras que se encontram importantes e extensos complexos dunares (Sousa, 2010).
- A principal característica dos sistemas dunares litorais é a similaridade que partilham ao longo de todas as zonas costeiras do mundo: encontram-se regularmente sujeitos aos mesmos tipos de stress ambiental, tais como instabilidade do substrato, elevadas temperaturas, secura do solo, salsugem, ventos fortes e carência de nutrientes (Hesp, 1991; García-Mora *et al*., 1999; Costa, 2001; Gallego-Fernández *et al*., 2003, *in* Sousa, 2010).
- Os sistemas dunares costeiros constituem um elemento dinâmico da paisagem, caracterizando-se pela sua dependência direta do mar e do vento. O mar fornece o material para a formação das dunas e o vento constitui o motor de toda a dinâmica do sistema. Estes ecossistemas singulares caracterizam-se por possuírem solos não evoluídos e com perfil pouco diferenciado, de textura arenosa e com ou sem horizonte de húmus diferenciado (Duchaufour, 1975, *in* Silva, 2006, *in* Sousa, 2010).
- A velocidade (capacidade de transporte) e orientação do vento em relação à praia são importantes factores na evolução dos sistemas dunares, na medida em que contribuem para a sua génese ao promoverem a interação entre o material granular (areia) e a vegetação. A areia depositada pelas ondas na berma da praia, depois de seca, é transportada para o interior pelo vento (Sousa, 2010).

Com base nos critérios de dinâmica geomorfológica, os ecossistemas dunares subdividem-se em várias zonas (**Figura 8**):

- Zona do limite superior da maré;
- Duna embrionária (Nebkas);
- Duna primária (Duna branca);
- Duna secundária (Duna cinzenta);
- Duna estabilizada (Duna terciária, castanha, alguns autores chamam-lhe duna verde por ser a que apresenta maior densidade de vegetação);
- Entre cada crista de duna existe o Espaço interdunar (depressão dunar).

Figura 8 – Estrutura de um sistema dunar litoral (Adaptado de Ley *et al*., 2007, *in* Sousa, 2010).

Zona do Limite Superior da Maré

- O processo de formação do sistema dunar inicia-se com a colonização por plantas anuais pioneiras na zona do limite superior da maré, como *Cakile maritima* e *Salsola kali*, que atuam como uma armadilha à passagem das areias transportadas pelo vento, acumulando-as (Martins

e Freitas, 1998; Hesp, 2002a, 2002b, *in* Sousa, 2010). No entanto, estas plantas são anuais pelo que apenas acumulam a areia durante o seu período de crescimento ativo. Após o seu desaparecimento as areias são novamente movimentadas pelo vento (Ley *et al*., 2007, *in* Sousa, 2010).

Duna Embrionária

- Mais para o interior há uma menor mobilidade do substrato e um maior abrigo no que diz respeito aos ventos e à salsugem, o que permite a colonização das areias por outras espécies, nomeadamente pela gramínea *Elymus farctus* que forma, por vezes, povoamentos quase puros. Os caules das plantas desta zona intercetam os grãos de areia, dando assim origem a pequenos montículos que vão crescendo à medida que as plantas se desenvolvem, constituindo o principal precursor do crescimento do depósito sedimentar eólico. Quando a densidade vegetal é elevada estes montículos acabam por se unir, dando origem à **duna embrionária**. Caso contrário, se a densidade vegetal for baixa, os montículos ficam isolados, originando **Nebkas** (Hesp, 2002a; 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 praia-mar. Este tipo de duna só ocorre em praias onde o fornecimento de areia é constante (Ley *et al*., 2007, *in* Sousa, 2010).

Duna Primária

- A duna primária, constitui uma etapa mais evoluída do sistema, com uma flora mais rica devido à menor hostilidade do meio. Tipicamente a planta que domina é *Ammophila arenaria* (estorno), um elemento essencial para a fixação da areia e a estabilização da duna. Devido à baixa cobertura vegetal (menos de 50%), alguns autores designam esta zona do sistema dunar como **duna branca**, devido aos espaços de areia não cobertos por vegetação e às cores glaucas dominantes nas plantas (Neto, 1999, *in* Sousa, 2010). Esta duna nunca é imersa pela água do mar, mas é atingida pelas gotas de água transportadas pelo vento em direção ao interior (Sousa, 2010).

Duna Secundária

- Para lá do topo da duna primária, forma-se um ambiente mais seco e abrigado do vento, onde se desenvolvem comunidades vegetais bastante mais complexas. A duna secundária, também denominada por **duna cinzenta**, diferencia-se da duna primária pela estabilidade das suas partículas arenosas. Devido à cobertura vegetal, a areia movimenta-se apenas em pequenos corredores de deflação sem movimentação nas cristas. Estas dunas são constituídas por uma sucessão de cristas e corredores interdunares, com frequência por entre dunas parabólicas (Neto, 1999, *in* Sousa, 2010).

Duna estabilizada

- Comparada com as dunas primária e secundária anteriormente descritas, a duna terciária (também denominada por duna **castanha, terciária** ou **verde**) individualiza-se claramente pelas características ecológicas morfodinâmicas e pedológicas:
  - ausência de movimentação das partículas arenosas;
  - maior evolução pedogenética dos solos psamofílicos;

- maior densidade e complexidade vertical das formações vegetais (presença de vários estratos de vegetação, de onde sobressai a frequente presença da árvore).

- Nos locais onde a atividade antrópica destruiu a cobertura arbustiva densa e/ou arbórea típica das dunas terciárias, as partículas arenosas são remobilizadas pelo vento e o ecossistema evolui rapidamente para uma duna secundária (Neto, 1999, *in* Sousa, 2010).

Espaço Interdunar

- Entre duas cristas dunares existe uma zona depressionária, o espaço interdunar. Nesta zona, o nível freático pode por vezes atingir a superfície, formando, por isso, charcos temporários, principalmente durante a época das chuvas – interdunar húmido (Noivo & Bernardes, 1998; Silva, 2006 *in* Sousa, 2010). No entanto, se o fundo da depressão se encontrar mais alto que o nível freático e este não aflorar, o interdunar permanecerá seco – interdunar seco. No caso do interdunar húmido, geram-se condições mais favoráveis (humidade permanente e abrigo) à instalação de vegetação, podendo dar origem ao aparecimento de turfeiras interdunares.

- O facto de esta zona se encontrar resguardada do vento devido à proteção conferida pelas dunas primárias, proporciona condições favoráveis à proliferação da vegetação que acaba por cobrir praticamente o solo (Ley *et al.*, 2007, *in* Sousa, 2010). O vento vindo do mar, ao soprar sobre a duna primária perde velocidade e desenvolve turbilhões de ar na zona imediatamente seguinte, ou seja, o vento ao tocar no solo gera um fenómeno de deflação que leva a acreção de areia nas paredes laterais entre as dunas primária e secundária (Hesp, 2002a, *in* Sousa, 2010) (**Figura 9**).

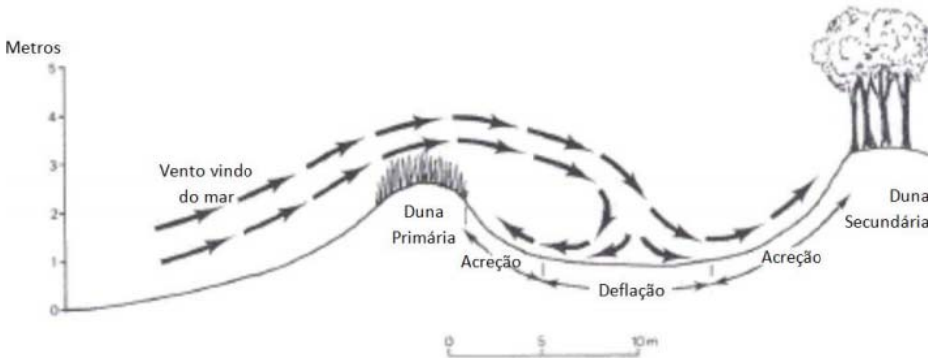


Figura 9 - Processo de deflação que pode atuar nas depressões interdunares secas (Retirado de Bird, 2001, *in* Sousa, 2010).

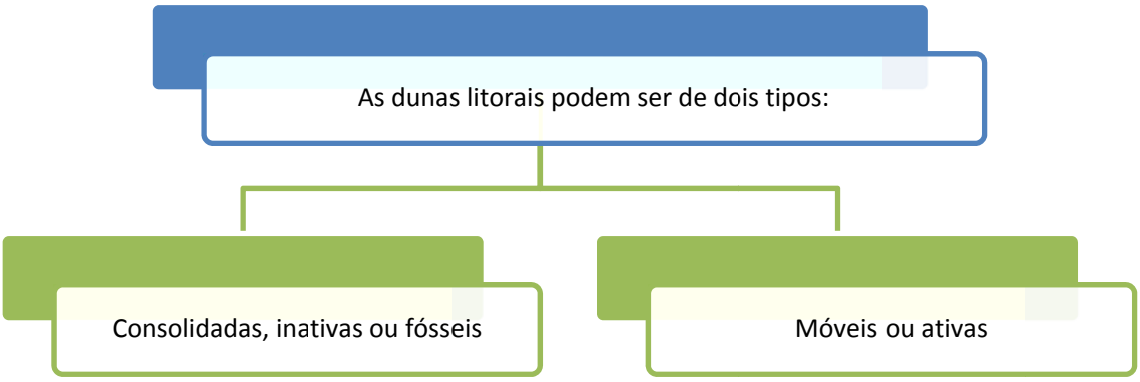


Figura 10 - Arenito no Vale Furado.

Figura 11 - Dunas de São Martinho do Porto.

- **Dunas ativas**, encontram-se inter-relacionadas com a dinâmica dos sedimentos e a ação do vento, sendo constituídos por: dunas barcanas, domos, foredunes- duna frontal, parabólicas, transversais, lineares e blowouts (Lourenço, 2012).

- **Dunas inativas (consolidadas)**, são constituídas pelas acumulações de sedimentos que perderam a sua mobilidade por se encontrarem à retaguarda das dunas móveis, sendo por isso designadas de depósitos eólicos fixos (Lourenço, 2012).
  - Foram inicialmente uma forma de acumulação de areia transportada pelo vento (duna ativa), onde é patente uma estrutura entrecruzada fina. A areia, geralmente bem calibrada e cujos grãos se apresentam boleados e de superfície baça, por processos diagenéticos vários, foi consolidada por um cimento calcário ou ferruginosos originando um arenito dunar (Moreira, 1984, *in* Pereira & Correia, 1985).
  - Corresponde a um estádio do processo de evolução da areia solta para a rocha arenito, processo que dura milhares de anos. Ao longo do tempo, a ação de um cimento calcário (proveniente da dissolução dos fragmentos de conchas que compõem a areia) ou argiloso provoca a aglutinação progressiva dos grãos de areia, originando a duna consolidada [3].

- Em Portugal, as dunas são características das zonas litorais. Contudo, em outras regiões do planeta, estas geoformas surgem nos desertos (Lourenço, 2012).

2.1.1-Tipos de dunas:

- Dunas Parabólicas (*Parabolic dunes*)
- *Blowouts*
- Dunas Tranversas/Transversais ou Frontais (*Transverse dunes*)
- Dunas Barcânicas ou Barcanas (*Barchans* ou *crescentic dune*)
- Dunas Complexas ou em Estrela (*Complex dune* ou *star dune*)
- Dunas Longitudinais ou Lineares (*Longitudinal dunes* ou *seifs*)

Dunas Parabólicas (Parabolic dunes)

- São em **forma de U**, com o lado côncavo voltado contra a direção do vento, e o lado convexo fica no sentido da direção do vento [4].
- São dunas individuais, que se formam em ambientes húmidos e com vegetação. Tanto a presença de humidade como de vegetação num determinado local, retardam o movimento da areia nesse sítio, e a crista, que se mantém seca ou sem vegetação, avança. Por este motivo, a "cauda" da duna, encontra-se posicionada contra a direção do vento [5].

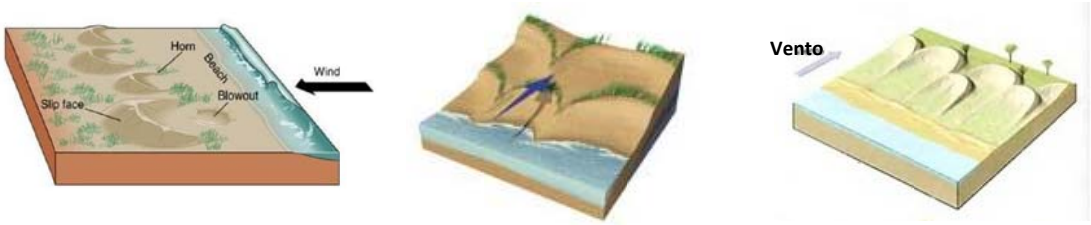


Figura A.28.12 - Dunas parabólicas.

Blowouts

- Possuem uma forma arredondada, constituindo uma bacia de deflação formada sobre um depósito de sedimento pré-existente.
- Podem estar na origem da formação de dunas parabólicas e constituem os designados "corredores de erosão", que por fragilizar o cordão dunar frontal potenciam os galgamentos oceânicos (Hesp,2002a, *in* Lourenço, 2012).

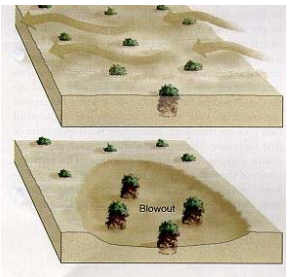


Figura A.28.13 – Blowouts.

Dunas Tranversas/Transversais ou Frontais (Transverse dunes)

- São dunas assimétricas, alongadas, cuja crista se desenvolve transversalmente à direção do vento. Estas dunas podem transformar-se em barcanas e são frequentes em locais onde haja muitos sedimentos, pouca vegetação e onde a direção do vento tende a ser constante (Sousa, 2010, *in* Lourenço, 2012).

Figura A.28.14 - Dunas tranversas.

Dunas Barcânicas ou Barcanas (Barchans ou crescentic dune)

- Possuem o formato da lua crescente, formam-se em regiões secas e com baixa disponibilidade de sedimentos, a vegetação é ausente e as suas "caudas" alongam-se no sentido do vento. São geralmente pequenas e de rápida propagação (Sousa, 2010, *in* Lourenço, 2012).

Figura 15 - Dunas barcanas.

Dunas Complexas ou em Estrela (complex dune ou star dune)

- Possuem simetria radial, são montes de areia em forma de estrelas piramidais com slip faces em três ou mais braços que irradiam do alto do centro do monte. Tendem a acumular-se em áreas com regimes de ventos multidirecionais. Crescem para cima, em vez de crescerem lateralmente. Ocorrem nos desertos e podem atingir até 500 metros de altura [5].

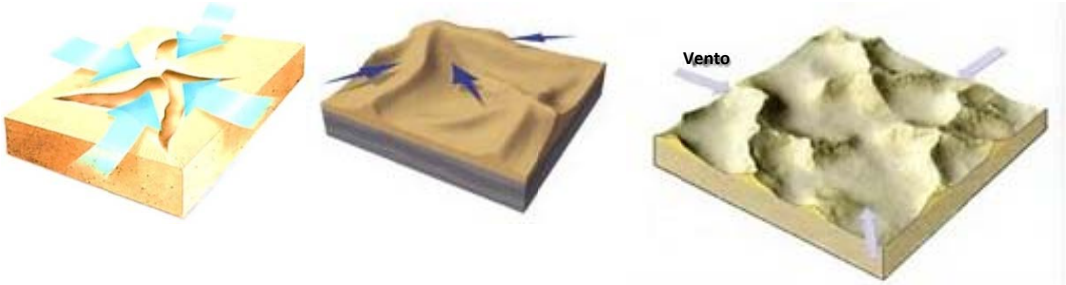


Figura 16 - Dunas em estrela.

Dunas Longitudinais ou Lineares (Longitudinal dunes ou seifs)

- São dunas simétricas, paralelas à resultante das direções do vento (Lourenço, 2012). A sua altura varia entre 300 m a 300 km de comprimento. São separadas por superfícies planas e extensas áreas interdunares [5].

Figura 17- Dunas longitudinais.

Aceite para publicação em 25 de março de 2014

2.2-Exemplos de dunas litorais em Portugal

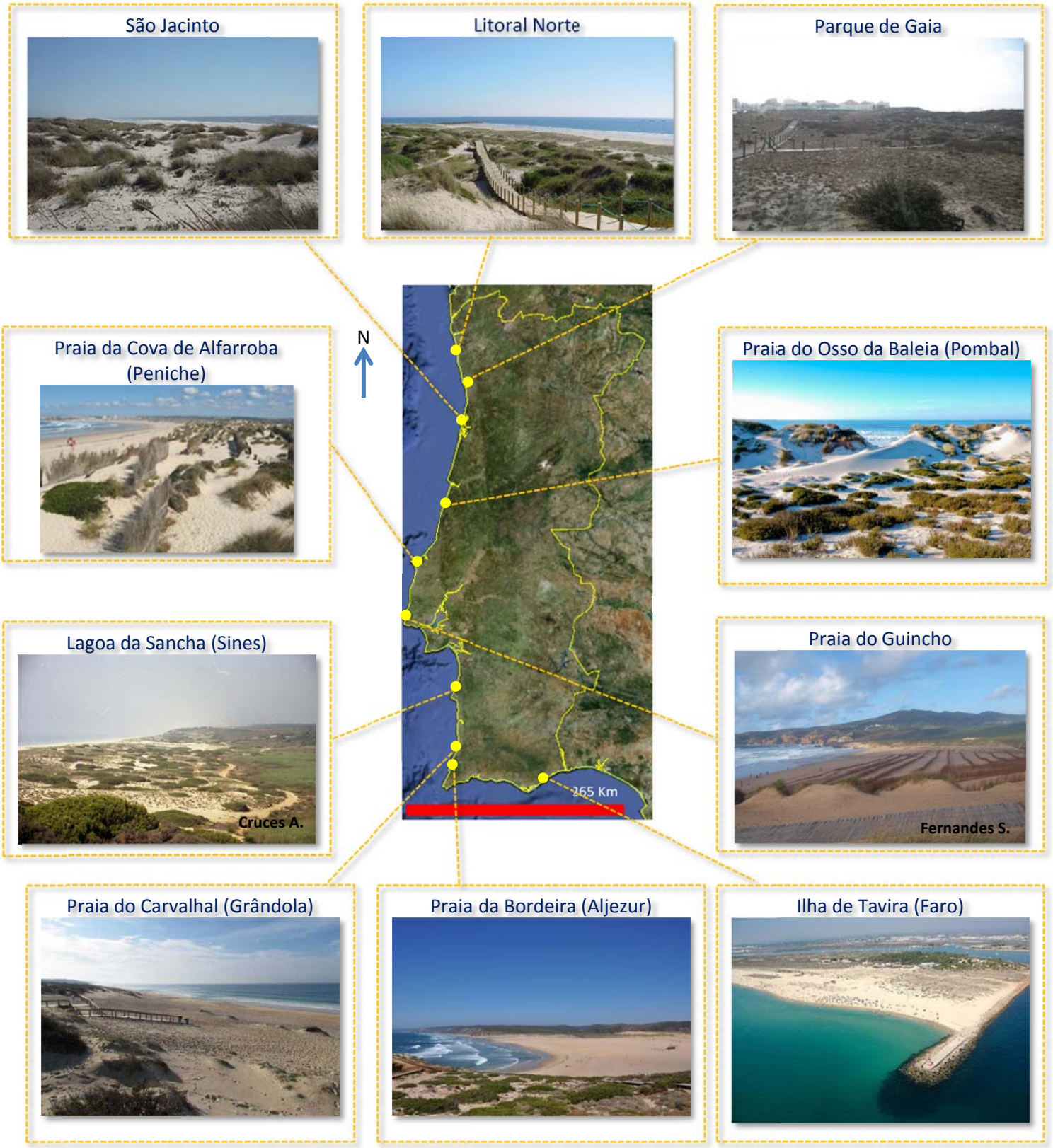


Figura 18 - Localização de dunas litorais em Portugal.

2.2.1-Duna de Salir do Porto

- A **duna de Salir** sobressai na paisagem dunar de São Martinho do Porto, com uma **altitude** de aproximadamente 50 metros e 200 metros de **comprimento**. É considerada uma **duna trepadora** (*climbing dune*), desenvolvendo-se no lado barlavento das camadas de margas e calcários da Dagorda que funcionam assim como obstáculo, promovendo a subida e acumulação/deposição das areias.
  Pode afirmar-se que os grãos de areia "trepam" o relevo/obstáculo.
  - Esta duna, pode ter iniciado a sua formação como duna transversal, com crista paralela ao litoral da Baia de São Martinho. O seu progressivo movimento para oeste, fê-la aproximar-se da base da vertente da Serra do Bouro, que serviu de rampa para a subida da areia. Este tipo de modelo é também defendido por Costas *et al*. (2012), para a formação das dunas do topo de arriba na zona da Costa da Caparica. Neste caso a base da arriba acomodou um depósito de areias que deminuiu o declive a possibilitou a prossegressão da sua migração, para o interior (para Este), subindo a arriba como duna trepadora.

- O **núcleo da duna** é constituído em parte por um **arenito vermelho**, vestígio de uma duna mais antiga ou duna fóssil. As areias que constituem este arenito são provenientes de uma antiga praia existente a oeste, quando o nível medio da água do mar se encontrava mais abaixo, há cerca de 80-100 mil anos. Os ventos dominantes de oeste fizeram os sedimentos transpor o morro de Salir onde se depositaram, dando origem a um sistema de dunas de grandes dimensões. Posteriormente terá ocorrido a consolidação das areias por um cimento ferruginoso, cuja análise indica que terá ocorrido num ambiente de clima mais quente do que o atual. Ao núcleo fóssil da duna sobrepõem-se recentes areias soltas transportadas pelo vento a partir das praias, das margens do rio Tornada e das dunas de São Martinho do Porto (Santos *et al*., 2010).

Figura 19 - Duna de Salir do Porto.

Aceite para publicação em 25 de março de 2014

2.2.2-Dunas de São Martinho do Porto

- O sistema dunar de São Martinho do Porto **engloba dois cordões dunares** semi-circulares, separados por uma faixa de aluviões onde ocorre, num canal artificial a Vala Real dos Medros.

- O **cordão dunar interior** (paralelo ao exterior) (**Figura 21**), apresenta maior espessura na direção do enfiamento da barra da baía e está confinado pelo traçado da rede hidrográfica (a oeste a Vala Real dos Medros, a este e a sul a Ribeira da Amieira e a sudoeste o rio Tornada. As cristas deste cordão, são menos desenvolvidas e mais baixas, com 7 a 11 m de altitude. Em alguns locais encontra-se estabilizada por pinheiros bravos (*Pinus pinaster*), e noutros, em erosão, causada pela ação antrópica.

- O **cordão dunar exterior** (**Figura 20 e 21**) inicia-se na praia alta, que nem sempre existe e estende-se até à foz do rio Tornada e ao caminho-de-ferro, numa área de cerca de 5 hectares. As cristas do cordão dunar exterior estão orientadas para SSE (Su-Sudeste), na trajetória dos ventos de NNW (Nor-Noroeste), com forma parabólica e 10 a 15 m de altitude. O cordão estreita junto à povoação de São Martinho, devido ao abrigo da arriba do Facho, aumentando progressivamente de largura para sul, onde se identificam cristas paralelas, separadas por corredores de deflação (Henriques *et al*., 2005).

Figura 20 - Ampliação das dunas embrionária e primária, presentes no cordão dunar exterior de São Martinho do Porto.

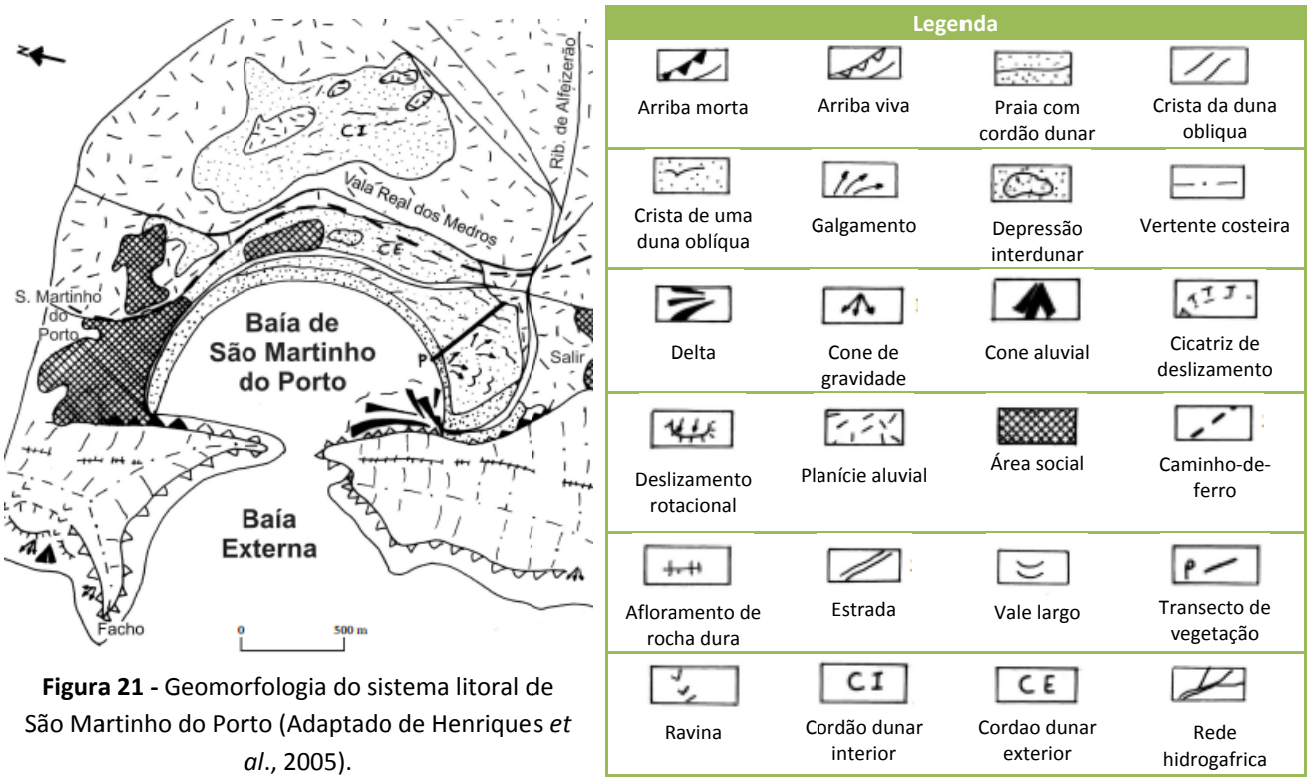


Figura 21 - Geomorfologia do sistema litoral de São Martinho do Porto (Adaptado de Henriques *et al*., 2005).

- No cordão exterior, a observação do coberto vegetal permitiu distinguir uma sucessão geoecológica pouco estruturada: *nebka* incipiente; duna branca (1ºcrista, corredor de deflação, 2º crista); duna cinzenta interrompida por corredores de deflação e domas; duna verde (**Figura 22**).

- As *nebklas* (dunas embrionárias), só existentes no Verão, são colonizadas por espécies tolerantes ao sal (halopsamófilas) com fraca taxa de cobertura. Predominam as *Calystegia soldanella, Medicago marina, Elymus boreali-atlanticus e Eryngium maritimum.* A ausência de *Cakile maritima* poderá dever-se à exiguidade da largura do sector superior da praia.

- A duna branca (primária, instável ou viva) é modelada em várias cristas, com altitude variável (entre 1-10 m), separadas por corredores estreitos e sinuosos. Apresenta-se revestida por tufos descontínuos de vegetação compostos maioritariamente por *Eryngium maritimum, Ammophila australis, Lotus creticus e Pancratium maritimum.* No setor interno desta duna sucedem-se várias cristas parabólicas degradadas, sulcadas por corredores multidirecionais e desprovidas de vegetação. É comum a 2º crista apresentar taxa de cobertura vegetal superior, dominando as espécies *Artemisia maritima, Crucianella maritima, Malcomia littorea* e, por vezes, *Vulpia alopecurus e Cyperus capitatus,* bem adaptadas a setores muito expostos ao vento, salinidade e escassez de matéria orgânica.

- A duna cinzenta (secundária), penestabilizidada, está presente nas zonas mais abrigadas e estáveis, confinada a algumas cristas com 10-15 m de altitude, colonizadas por *Helichrysum picardii, Ononis natrix, Armeria welwitschii, Seseli tortuosum, entre outras com menor taxa de cobertura.*

- A duna verde, fixa ou estabilizada, restringe-se às zonas mais protegidas da erosão, alternando com setores de duna cinzenta. Distingue-se pela presença de *Anagallis microphylla, Corynephorus maritimus* e alguns exemplares de *Pinus pinaster.* De salientar que o cordão interior é quase exclusivamente coberto por duna verde, com povoamento denso de *Pinus pinaster* que exclui a possibilidade de outras espécies, excetuando *Corema album* (Henriques *et al*., 2005).

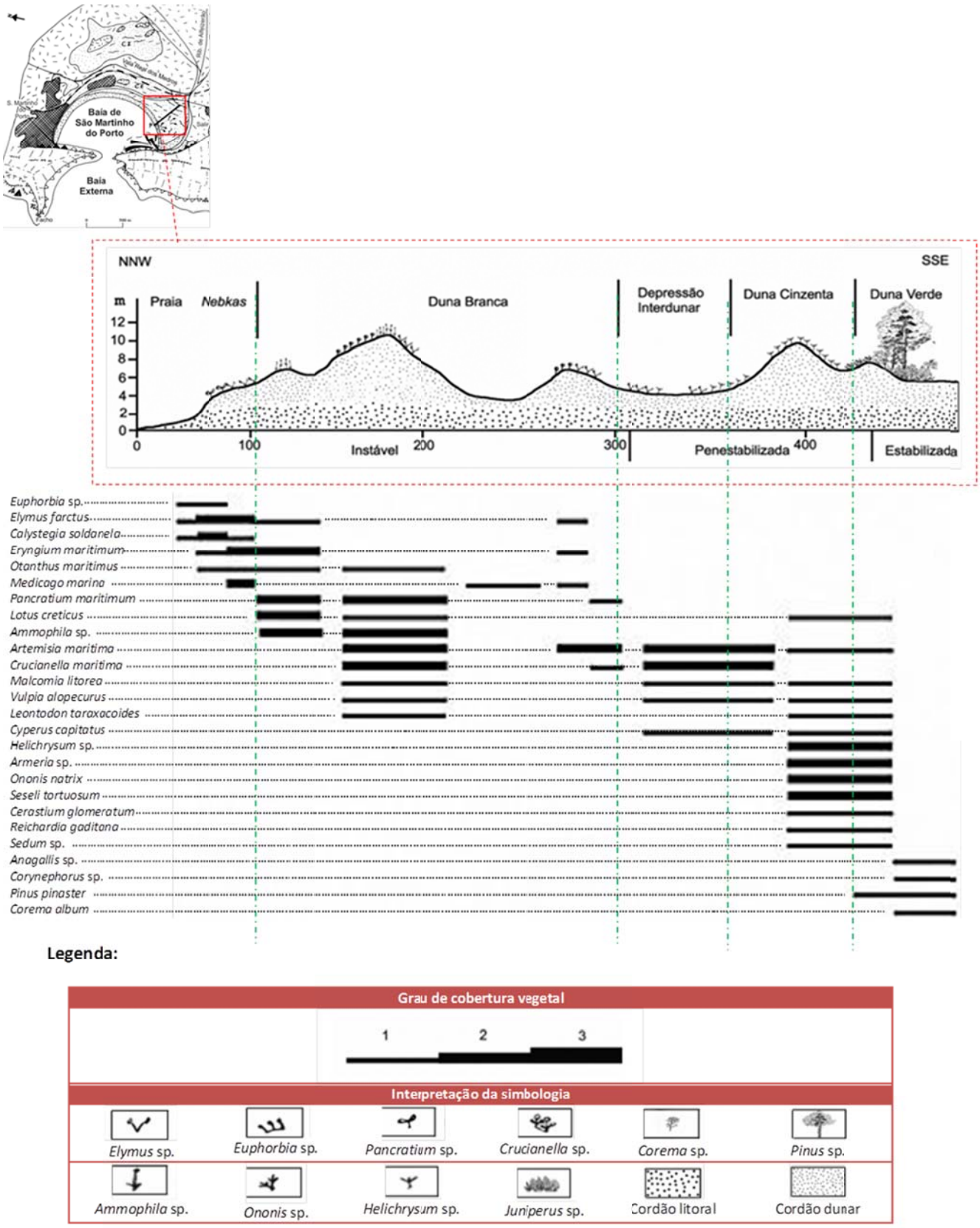


Figura 22 - Morfologia e cobertura vegetal do sistema dunar de São Martinho do Porto (Adaptado de Henriques *et al.*, 2005).

Aceite para publicação em 25 de março de 2014

Flora das dunas

Euphorbia sp.

Corema album

Calystegia soldanella

Eryngium maritimum

Otanthus maritimus

Medicago maritimus

Pancratium maritimum

Ammophila sp.

Artemisia maritima

Crucianella maritima

Malcomia littorea

Helichrysum sp.

Ononis natrix

Sedum sp.

Anagallis sp.

Figura 23 - Flora presente nas dunas.

Fontes bibliográficas

Andrade, C. (1998). *Dinâmica, erosão e conservação de zonas de praia*. Expo' 98 pp.88.

Henriques, V., Gonçalves, I., Silva, M., Lourenço, P., Silva, L. & Lamas, A. (2005). *Aspetos geográficos e históricos*. Associação de Defesa do Ambiente de São Martinho do Porto. Edições Colibri.

Costas, S., Sonia, J., Trigo, R. M., Goble, R. & Rebêlo, L. (2012). *Sand invasion along the Portuguese coast forced by westerly shifts during cold climate events*. Quaternary Science Reviews 42, 15-28.

Lourenço, C. (2012). Dinâmica da Duna Frontal em Função das Intervenções Humanas. Dissertação de Mestrado apresentada ao Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro. Disponível online em: http://ria.ua.pt/bitstream/10773/9808/1/disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf.

Pereira, A. R. & Correia, E. B. (1985) - *Dunas consolidadas em Portugal. Análise da bibliografia e algumas reflexões*. Linha de Ação de Geografia Física, Centro de Estudos Geográficos, 22: 86p. Disponível online em: http://www.ceg.ul.pt/cardune/trabalhos/CEG_22.pdf.

Santos, C., Cordeiro, T.T., Feteiro, A.J.A., Louro, D. C., Marques, J.M., Neto, J.C.A. & Santos, I.L. (2010). *A nascente e a duna de Salir: Pérolas da Baía de São Martinho do Porto. http://mesozoico.wordpress.com. Instituto Educativo do Juncal. (disponível em:http://mesozoico.wordpress.com/2010/05/13/a-nascente-e-a-duna-de-salir-perolas-da-baia-de-sao-martinho-do-porto/)*

Sousa, C. V. (2010) - *Vulnerabilidade dos Sistemas Dunares da Praia do Meco*. Dissertação de Mestrado, apresentada ao Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, pág. 7-17. Disponível online em: http://run.unl.pt/bitstream/10362/5406/1/Sousa_2010.pdf.

Fontes de informação complementares

[1] http://www.cmia-viana-castelo.pt/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=351&Itemid=92

[2] http://naturlink.sapo.pt/Natureza-e-Ambiente/Interessante/content/Dunas--O-que-sao-como-se-formam-qual-o-seu-valor-e-sensibilidade?bl=1&viewall=true#Go_1

[3] http://www.icnf.pt/ICNPortal/vPT2007-AP-SintraCascais/O+Parque/Valores+Naturais/Geologia+Hidrologia+e+Clima/o+litoral.htm?res=1440x900

[4] http://dc204.4shared.com/doc/NMz82TSy/preview.html

[5] http://www.geocaching.com/seek/cache_details.aspx?guid=b074c5b1-cc6a-4cb1-a02b-ffe4dcfbdbfb

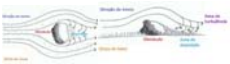
Créditos das imagens

Figura 1

(Adaptado)

Fonte: http://www.madrimasd.org/blogs/universo/wp-content/blogs.dir/42/files/1283/dunas-formacion-esquema-fuente-biogeo2.jpg, acedido em 2013-02-20.

Figura 2

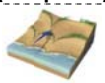


(Adaptado)

Figura 3

(Adaptado)

Fonte: http://naturlink.sapo.pt/Natureza-e-Ambiente/Interessante/content/Dunas--O-que-sao-como-se-formam-qual-o-seu-valor-e-sensibilidade?bl=1&viewall=true#Go_1, acedido em 2013-02-20.

(Adaptado)	**Fonte:**http://img.geocaching.com/cache/5820726b-26f4-49a3-af8f-f5d7c6b6287f.jpg?rnd=0.1645581, acedido em2013-02-20.
Figura 4 (Adaptado)	**Fonte**: http://html.rincondelvago.com/000792471.jpg, acedido em 2013-02-20.
Figura 5 (Adaptado)	**Fonte**:http://www.parquebiologico.pt/userdata/site-downloads/folhetoParqueDunas2007.pdf, acedido em 2013-02-20.
Figura 12 (Adaptado)	**Fonte:**http://dc204.4shared.com/doc/NMz82TSy/preview.html, acedido em 2013-02-20.
 (Adaptado)	**Fonte**:http://www.geocaching.com/seek/cache_details.aspx?guid=b074c5b1-cc6a-4cb1-a02b-ffe4dcfbdbfb, acedido em 2013-02-20.
(Adaptado)	**Fonte**:http://www.madrimasd.org/blogs/universo/wp-content/blogs.dir/42/files/1283/tipos_de_dunas-fuente-geociencia-org.jpg, acedido em 2013-02-20.
Figura 13 (Adaptado)	**Fonte**:http://courses.missouristate.edu/emantei/creative/GndwGlaWnd/blowout.jpg, acedido em 2013-02-20.
Figura 14 (Adaptado)	**Fonte:**http://dc204.4shared.com/doc/NMz82TSy/preview.html, acedido em 2013-02-20.
(Adaptado)	**Fonte:**http://www.geocaching.com/seek/cache_details.aspx?guid=b074c5b1-cc6a-4cb1-a02b-ffe4dcfbdbfb, acedido em 2013-02-20.
(Adaptado)	**Fonte:**http://www.madrimasd.org/blogs/universo/wp-content/blogs.dir/42/files/1283/tipos_de_dunas-fuente-geociencia-org.jpg, acedido em 2013-02-20.
Figura 15 (Adaptado)	**Fonte:** http://dc204.4shared.com/doc/NMz82TSy/preview.html, acedido em 2013-02-20.
(Adaptado)	**Fonte**:http://www.geocaching.com/seek/cache_details.aspx?guid=b074c5b1-cc6a-4cb1-a02b-ffe4dcfbdbfb, acedido em 2013-02-20.
(Adaptado)	**Fonte:**http://www.madrimasd.org/blogs/universo/wp-content/blogs.dir/42/files/1283/tipos_de_dunas-fuente-geociencia-org.jpg, acedido em 2013-02-20.
Figura 16 (Adaptado)	**Fonte:**http://www.environmentalatlas.ae/images/geographicInheritance/static/3.4.3.jpg, acedido em 2013-02-20.
(Adaptado)	**Fonte:**http://www.geocaching.com/seek/cache_details.aspx?guid=b074c5b1-cc6a-4cb1-a02b-ffe4dcfbdbfb, acedido em 2013-02-20.
(Adaptado)	**Fonte:**http://www.madrimasd.org/blogs/universo/wp-content/blogs.dir/42/files/1283/tipos_de_dunas-fuente-geociencia-org.jpg, acedido em 2013-02-20.

Aceite para publicação em 25 de março de 2014

Figura 17 **(Adaptado)**	**Fonte:** http://dc204.4shared.com/doc/NMz82TSy/preview.html, acedido em 2013-02-20.
(Adaptado)	**Fonte:**http://www.geocaching.com/seek/cache_details.aspx?guid=b074c5b1-cc6a-4cb1-a02b-ffe4dcfbdbfb, acedido em 2013-02-20.
(Adaptado)	**Fonte:**http://www.madrimasd.org/blogs/universo/wp-content/blogs.dir/42/files/1283/tipos_de_dunas-fuente-geociencia-org.jpg, acedido em 2013-02-20.
Figura 18 **(Adaptado)**	**Fonte:**http://3.bp.blogspot.com/_GBwPob-xR-s/TEoUYUfxvUI/AAAAAAAABl4/Me52A_UOjXs/s1600/P1040847.JPG, acedido em 2013-02-20.
(Adaptado)	**Fonte**:http://c7.quickcachr.fotos.sapo.pt/i/Nc7136806/14645743_qQbb9.jpeg, acedido em 2013-02-20.
(Adaptado)	**Fonte**:http://img140.imageshack.us/img140/1052/img0317sg7.jpg, acedido em 2013-02-20.
(Adaptado)	**Fonte**:http://www.cm-peniche.pt/_DI/NEWS/2301_3622_PraiaDunasCovadeAlfarroba.jpg, acedido em 2013-02-20.
(Adaptado)	**Fonte**:http://www.rt-leiriafatima.pt/FileControl/Site/Image/2131praia_osso_baleia.jpg, acedido em 2013-02-20.
(Adaptado)	**Fonte**:http://umolharsobreomundo.blogs.sapo.pt/519666.html, acedido em 2013-02-20.
(Adaptado)	**Fonte**: http://www.turismodoalgarve.pt/galeria/5/low_Praia_Bordeira_Aljezur_h.jpg, acedido em 2013-02-20.
(Adaptado)	**Fonte**: http://2.bp.blogspot.com/-pGhTnWtTCi4/TVuz-O2Av4I/AAAAAAAAAEk/L8KW3kjakw8/s400/ilha-de-tavira.jpg, acedido em 2013-02-20.
Figura 23 **(Adaptado)** **(Adaptado)**	**Fonte:**http://www.cmia-viana-castelo.pt/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=69&Itemid=165, acedido em 13-02-2013.
(Adaptado)	**Fonte:** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/76/Corema_album_berries.jpg, acedido em 2013-3-12.
(Adaptado)	**Fonte:** http://img.fotocommunity.com/images/Blueten-Kleinpflanzen/Wildpflanzen/Strand-Beifuss-Artemisia-maritima-a23641152.jpg, acedido em 2013-3-12.
(Adaptado)	**Fonte:**http://lh5.ggpht.com/luirig/R5r1TZTdORI/AAAAAAAACDU/s2EYKQFw07c/s800/sedum_sediforme_5.jpg, acedido em 2013-3-12.