



Estudo da zonação vertical de comunidades de macroalgas de uma praia rochosa (Sines, Portugal)

Djamanca, Aliu nº 21651; Domingues, Nuno nº 24178, Guerreiro, Ana nº 24362; Marques, Miguel nº 23137; Olejua, Alejandro nº 23448; Veiga, Joana nº 16933

Resumo:

Introdução

Material e métodos

1. Localização e caracterização do local de estudo

O trabalho aqui descrito foi desenvolvido ao longo do período entre 25 e 27 de Abril de 2006. O local do estudo e amostragem foi a região rochosa da Praia do Queimado, a Sul de Sines, na costa Vicentina, sudoeste de Portugal. O trabalho de laboratório foi efectuado nas instalações do Laboratório de Ciências do Mar (CIEMAR) da Universidade de Évora, em Sines.

2. Descrição do método de amostragem e determinação das elevações

Fez-se coincidir o início da sessão de amostragem aproximadamente com o mínimo da baixa-mar, com base em tabelas de maré para o Porto de Sines.

A recolha das amostras foi feita ao longo de um transecto perpendicular à linha de água, orientado por um cabo marcado de metro em metro, colocado de forma a acompanhar o perfil. A amostragem consistiu em raspagens de áreas de 25x25 cm do substrato rochoso, tendo-se iniciado a recolha o mais próximo possível da linha de água (estação 0). Foram feitas raspagens de metro em metro (estações 0 a 4), de 3 em 3 m (estações 5 a 19) e a partir da 20ª até ao final do transecto em cada 5m, sempre que a presença de algas nas estações justificava a raspagem.

O perfil do transecto foi determinado através de medições da elevação, com base num método simplificado, que consistia em duas estacas graduadas de aproximadamente 1,5 m e de um tubo transparente cheio de água, estacas essas que se distavam entre si de metro em metro ao longo do transecto. A diferença de altura do nível da água entre as duas extremidades do tubo correspondia à variação vertical entre o 1º e o 2º pontos no substrato rochoso, nos quais as estacas assentavam verticalmente.

Em cada estação, foi ainda registado o tipo de inclinação (vertical, horizontal ou sub-vertical), contabilizado o nº e tipo de herbívoros presentes, a quantidade de areia existente (escala de 1 a 3) e outras informações consideradas relevantes. As amostras foram colocadas em sacos de plástico etiquetados e conservadas sob refrigeração até ao momento da sua análise.

Por razões metodológicas só foi possível proceder à identificação até à estação nº 34, pelo que este trabalho incidirá apenas no 1º troço do transecto (elevação máxima de raspagem: 252 cm, excluindo enclaves).

Foram ainda seleccionadas e recolhidas diferentes espécies de macroalgas da zona, para a realização de um herbário.

3. Identificação taxonómica das espécies

Cada amostra foi analisada em termos de riqueza específica. Para tal, procedeu-se à identificação em laboratório das espécies representadas em cada amostra, recorrendo-se a chaves dicotómicas disponíveis e ao auxílio de lupas binoculares e microscópios ópticos.

4. Tratamento de dados e determinação dos índices

O perfil do transecto foi descrito graficamente, com base no programa Excel®. Procurou-se identificar um padrão de distribuição (zonação) das diferentes espécies encontradas em função das elevações do perfil. Esta zonação foi comparada com a proposta por Ardré (1971).

(...)

Calcularam-se os Índices de Diversidade de Shannon-Wievers para os diferentes andares identificados (de acordo com Ardré, 1971 e com aqueles que se salientaram dos resultados deste trabalho), procurou-se uma relação entre a riqueza específica e a presença de herbívoros, bem como essa e a inclinação do substrato. Devido às características distintas que apresentam, as estações correspondentes a enclaves foram estudadas separadamente das restantes e comparadas entre si, em termos de riqueza específica e da elevação a que se encontravam.

Resultados

Através da análise dos dados foi obtido o perfil topográfico do transecto. No dia de amostragem a altura da baixa mar foi de 0,51 cm. Na figura 1 estão representados o perfil topográfico do transecto e as respectivas estações de amostragem. A altura mínima e máxima do transecto foram 51 e 351 cm respectivamente. Na figura 1 estão também indicados os diferentes andares litorais determinados segundo o limite das marés vivas e mortas: maré cheia viva (3,4 m), maré cheia morta (2,7 m), maré vazia morta (1,3 m) e maré vazia viva (0,6 m). A maior parte das raspagens foi feita no litoral inferior e no litoral médio, segundo a amplitude de marés, a elevações compreendidas entre 85 e 252 cm de elevação.

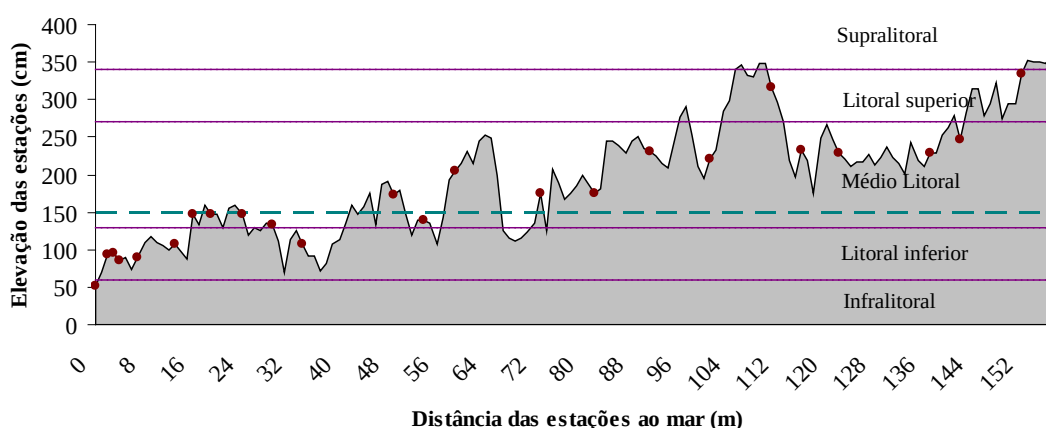


Figura 1 - Perfil topográfico do transecto 2 e respectivas estações de amostragem. As delimitações correspondem aos andares litorais segundo a amplitude de marés. A linha tracejada corresponde ao nível de zonação observado neste estudo.

Foi identificado um total de 47 espécies ao longo do transecto amostrado, em substrato rochoso descoberto e 18 espécies nas 4 estações correspondentes a enclaves. Observou-se que a divisão RodoPhyta dominou claramente na maioria das estações, expostas ao ar ou em enclaves (figura 2).

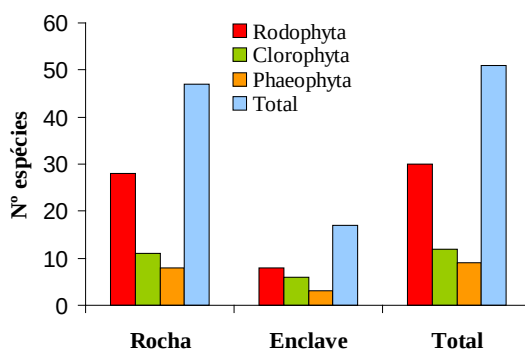


Figura 2 – Composição específica por divisão das amostras na rocha, nos enclaves e total.

A seguir tentou-se encontrar um padrão de distribuição tendo em conta a altura da estação. As estações correspondentes a enclaves foram analisadas separadamente das estações correspondentes à rocha exposta ao ar. Em relação às estações expostas ao ar, inicialmente foram tidos em conta os horizontes definidos pela amplitude das marés, mas a distribuição específica das algas não mostrou nenhuma zonação clara. Uma

Tabela 1 – Espécies encontradas e identificadas em zonas de rocha (não enclave) abaixo (litoral inferior) e acima (litoral médio) de 150 cm, estando representados a roxo os limites segundo a amplitude de maré:

* *Falkenbergia rufolanosa* é a fase tetraesporófito de *Asparagopsis armata*.

4

Através da análise da tabela observa-se que espécies como *Corallina elongata*, *Falkenbergia rufolanosa*, *Ulva rigida*, *Halopteris scoparia* e *Osmundea hybrida* são observadas ao longo de todo o transecto, em zonas de rocha exposta ao ar. No andar inferior do litoral encontraram-se exemplares de *Dictyota dichotoma*, *Mesophyllum lichenoides*, *Cystoseira tamarascifolia*, *Osmundea pinnatifida*, *Jania rubens* e *Asparagopsis armata*. No litoral médio identificou-se como espécies mais representativas *Enteromorpha muscoides*, *Fucus spiralis* e *Gelidium pusillum*.

Pretendeu-se também com este estudo comparar a zonação descrita por Ardré em 1971 e a obtida neste trabalho. As espécies observadas neste estudo concordantes e discordantes às referidas por Ardré encontram-se representadas na tabela 2.

Tabela 2 – Comparação de espécies encontradas em cada andar da zonação vertical neste estudo e segundo Ardré (1971):

De acordo		Em desacordo
Litoral Inferior	Litoral Médio	Litoral Médio*
<i>Dictyota dichotoma</i>	<i>Fucus spiralis</i>	<i>Corallina elongata</i>
<i>Ceramium echinotum</i>	<i>Gymnogongrus crenulatus</i>	<i>Ceramium ciliatum</i>
<i>Pterosiphonia complanata</i>		<i>Plocamium cartilagineum</i>
		<i>Ulva rigida</i>

* Espécies que segundo Ardré pertenciam unicamente ao litoral inferior.

Encontraram-se então espécies em comum, havendo algumas como *Corallina elongata* e *Ulva rigida* (as mais representativas), que se encontraram ao longo de praticamente todo o transecto até aproximadamente aos 2,30m, que Ardré identificou como sendo unicamente do litoral inferior, isto é, até aos 1,30m de elevação.

O índice de diversidade específica e equitabilidade de Shannon-Wiener foi calculado para as estações, tanto nos horizontes definidos pela amplitude de marés como nos horizontes superior e inferior a 150 cm. Os resultados encontram-se representados na tabela 3, tendo sido observada uma diversidade específica maior (3,8) nas estações inferiores a 150 cm e uma diversidade específica menor (2,5) nas estações superiores. Tendo em conta a zonação segundo amplitude de marés, a diversidade específica do litoral médio (3,3) foi maior do que no litoral inferior (2,4).

Tabela 3 - Índice de diversidade e equitabilidade de Shannon-Wiener para o litoral inferior e litoral médio segundo a zonação por amplitude de marés e a zonação observada neste estudo:

	Diversidade específica das estações segundo amplitude de marés		Diversidade específica Segundo a zonação observada	
	Litoral inferior	Litoral médio	< 150 cm	> 150 cm
Número de espécies	28	41	41	21
Diversidade (H)	2,4	3,3	3,8	2,5
Equitabilidade (E)	0,7	0,9	1,0	0,8

Relativamente às amostras que incluíam enclaves, encontram-se representados na tabela 4 as espécies identificadas, em função da elevação.

Tabela 4 — Espécies encontradas e identificadas em zonas de enclave:

Espécie	Estação			
	13	19	14	27
<i>Corallina elongata</i>				
<i>Dictyota dichotoma</i>				
<i>Mesophyllum lichenoides</i>				
<i>Ceramium ciliatum</i>				
<i>Falkenbergia rufolanosa</i> *				
<i>Ulva rigida</i>				
<i>Enteromorpha muscoides</i>				
<i>Sphacelaria cirrosa</i>				
<i>Halopteris scoparia</i>				
<i>Gelidium pusillum</i>				
<i>Codium intertextum</i>				
<i>Polysiphonia elongata</i>				
<i>Laurencia obtusa</i>				
<i>Herposiphonia secunda</i>				
<i>Codium tomentosum</i>				
<i>Oscillatoria</i> sp. (Cyanophyta)				
<i>Monostroma obscura</i>				
<i>Sargassum vulgare</i>				
Inclinação	h	h	h	sv
Elevação (cm)	107	112	158	347

Litoral inferior
 Litoral médio
 Supralitoral
 Rodophyta
 Phaeophyta
 Clorophyta
 Cyanophyta

Verifica-se uma redução geral no número de espécies, à medida que a elevação da depressão aumenta. As espécies *Mesophyllum lichenoides*, *Monostroma obscura*, *Sargassum vulgare* e *Oscillatoria* sp. (cianobactéria) foram encontradas unicamente no litoral médio e as espécies *Ceramium ciliatum* e *Enteromorpha muscoides* unicamente no enclave do litoral superior. De salientar ainda que *M. obscura* *Oscillatoria* sp, *P. Elongata* e *L. Obtusa* foram espécies exclusivamente detectadas nos enclaves.

Tendo em conta os horizontes observados acima e abaixo de 150 cm, foi analisada a relação entre a riqueza específica, altura da estação e a presença de herbívoros, relação apresentada na figura 3.

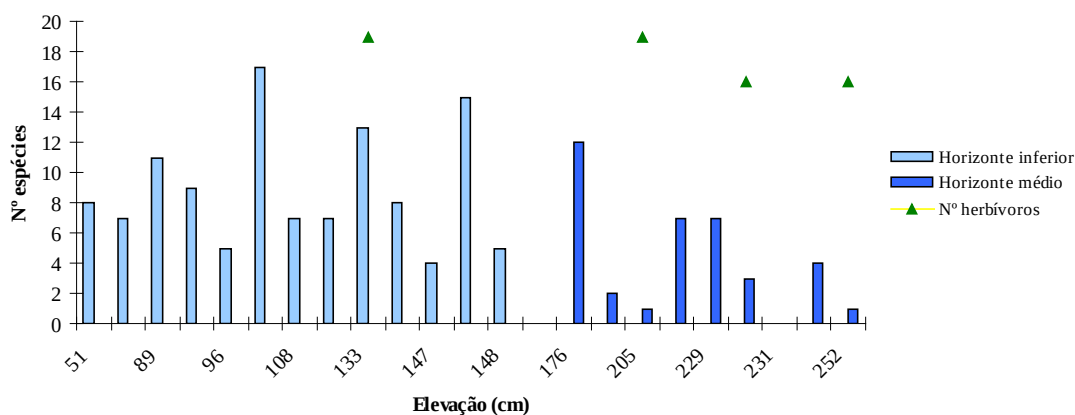


Figura 3 — Representação do número de espécies por elevação (excluindo enclaves) e do efeito da herbivoria no mesmo.

Observou-se que o número de espécies no andar inferior foi maior do que no andar superior. O contrario sucedeu ao número de herbívoros, uma vez que este foi maior no andar superior do que no andar inferior, correspondendo estas às estações com menor riqueza específica. Não foi observada uma relação clara entre a riqueza específica e a elevação, uma vez que a riqueza específica apresentou grandes variações perante pequenas diferenças de elevação, não sendo possível observar algum padrão. No entanto as estações com maior riqueza (estações 5,7,8) específica foram amostradas no andar inferior.

Discussão

- **Dificuldade em encontrar padrão de distribuição e limites de zonas**
- **Critérios seguidos para proceder à separação do transecto amostrado em 2 grandes zonas – espécies características**

Os resultados obtidos neste trabalho, permitem sugerir uma separação do transecto em duas grandes zonas, baseada num padrão de abundância de espécies, em termos de elevação e que é particularmente conspícuo na tabela 1, ou seja, uma zona inferior (< 150 cm) e uma zona superior (>150 cm). Esta zonação parece ser bastante mais clara do que aquela baseada na amplitude de maré. De notar que a fronteira proposta para estes dois andares corresponde a uma diferença de 26cm, entre as estações a 148 cm e a 174cm, intervalo vertical dentro do qual não se procedeu a amostragem, dada a brusquidão com que o perfil variou e que poderá ser suficiente para uma distinção clara no conjunto de espécies abaixo e acima desse intervalo de elevação.

Os índices de diversidade aplicados a esta zonação, salientam a diferença entre estes dois andares em termos de ocorrências de espécies em função da elevação e é claro que o andar inferior apresenta uma maior riqueza específica e diversidade. No entanto, ao analisar a riqueza específica em função da elevação (figura 3), a relação entre estas duas variáveis não é tão clara, embora se verifique uma tendência geral para a redução no número de espécies à medida que a elevação aumenta e, de um modo geral, aumentando o tempo de emersão. Os picos excepcionais que se salientam dessa figura, poderão corresponder a variações topográficas de pequena escala, factor que se deve ter em conta em costas rochosas e irregulares, tal como salientam Araújo *et al* (2005), quando se referem a outros trabalhos publicados. Estes autores, cujo estudo incidiu sobre as comunidades intertidais da costa ocidental do norte de Portugal, também não conseguiram encontrar um padrão consistente de distribuição de organismos ao longo das estações, em termos de variação vertical. Embora refiram que Archambault & Bourget (1996 *in* Araújo *et al*, 2005), ao estudar a proporção de variabilidade justificada pela escala espacial, tenham verificado que variações na abundância seriam explicadas por variações de pequena escala (<20 cm) enquanto que diferenças na riqueza específica seriam justificadas por variações de grande escala, dão exemplos de outros trabalhos onde a heterogeneidade e complexidade do substrato têm uma forte influência na estruturação das espécies. Segundo Bourget *et al*. (1994 *in* Araújo *et al*, 2005), este factor é particularmente determinante nas fases iniciais do desenvolvimento das comunidades epibentónicas, para além de que a complexidade estrutural do perfil possa reduzir o stress ambiental que estas comunidades sofrem durante a baixa mar (Thompson *et al.*, 1996 *in* Araújo *et al*, 2005), como pequenos enclaves, reentrâncias, zonas **sombreadas**, etc, permitindo o estabelecimento de um conjunto mais diverso de espécies.

Skene (2004) apresenta dados biofísicos que demonstram, por exemplo, que as espécies de algas que surgem em níveis mais elevados da costa apresentam taxas e eficiência fotossintéticas e de respiração maiores, tendo também características de fluorescência diferentes, ou seja, um conjunto de mecanismos fisiológicos diferentes que lhes permite resistir e recuperar melhor da dessecação. Desta forma, a distribuição vertical parece estar fortemente ligada à capacidade de determinadas espécies suportarem as condições ambientais de um determinado ponto do intertidal. Há um conjunto de *taxa* que parece ser característico de elevações superiores, nomeadamente *Fucus spiralis*. Esta espécie é considerada como caracterizadora de **andares superiores** na maioria da bibliografia consultada (e.g. Ardré, 1971; Araújo *et al*, 2005; Neto, 2000). De acordo com Ardré (1971), está particularmente associada ao Horizonte médio, em costas protegidas e o trabalho de Araújo *et al* (2005) demonstra que *F. Spiralis* é frequente entre as classes 1-2 e 3-4m de elevação mas de rara ocorrência nas costas expostas a elevado hidrodinamismo.

- **Interacções biológicas como competição /herbivoria**

(Araújo *et al*, 2005) Biological interactions are also responsible for the development of mosaics of

communities at small-spatial scales (Kaehler and Williams, 1997; Johnson *et al.*, 1998; Leonard, 1999;

Benedetti-Cecchi *et al.*, 2000b; Williams *et al.*, 2000).

- Herbívoros: provavelmente géneros *Gibulla* (burriés) ou *Littorina* (gastrópodes); *Patella* (lapas); *Paracentrotus lividus* (ouriços). Parece existir relação inversa entre abundância de predadores e de spp de macroalgas;
- (Granado & Caballero, 2001) Herbivoria tem papel na estruturação específica das comunidades, embora ainda não esteja claro quais e em que grau os factores subjacentes à preferência dos herbívoros – se em termos nutricionais, se por exclusão de algumas espécies devido a estratégias de defesa (ex: metabolitos secundários, nomeadamente o género *Asparagopsis*). Estes autores contabilizaram a taxa de herbivoria de *Littorina* sobre um conjunto de spp, algumas das quais que foram identificadas no presente trabalho (*Fucus spiralis*, *Asparagopsis armata*, *Enteromorpha muscoides*, *Ulva rigida*, *Cystoseira* sp) – *Enteromorpha* e *U. Rigida* foram as preferidas de *Littorina*, em concordância com inúmeros outros estudos que salientam a preferência de diversos herbívoros sobre estas spp. Os autores sugerem que existam outros factores, que não a rigidez ou a qualidade nutricional, que controlam a preferência sobre as presas, mesmo quando estas são abundantes num dado habitat. O género *Laurencia* é normalmente evitado por muitos herbívoros generalistas.

(Trussell *et al*, 2004) In this study, Lubchenco experimentally showed that herbivorous snail (*Littorina littorea*) grazing exerted strong control on the diversity and succession of tide pool algal communities. In the absence of green crabs (predadores de moluscos), preferential snail grazing on ephemeral species is largely unchecked and the algal community becomes dominated by tougher, less palatable, perennial species.

Corallina enlogata These plants are also well able to resist grazing, and the compact mat formed retains water providing a suitable habitat including space for settlement and protection (Stewart,

- 1989)

- **Fustigação das ondas – Exposição versus Protecção**

(Araújo *et al.*, 2005) In very exposed systems, the degree of exposure may thus be the most important factor affecting communities, disabling the identification of clear distribution patterns in relation to shore height or to small-scale spatial variability. (...)In this study, the strongest relation between the distribution patterns of organisms and height on the shore was encountered in moderately exposed and sheltered shores. Several authors mention the grade of exposure as an important factor regulating the assemblages' composition (Underwood, 1981; Hawkins, 1983; Menge *et al.*, 1993). Menge *et al.* (1993) refer that processes maintaining macrophyte mosaics in the low littoral zones differ from wave-exposed to wave-sheltered sites.

- Condições mais *stressantes* nos enclaves a maiores elevações leva a menor nº de espécies e à presença das mais resistentes (ex.: *Enteromorpha* sp.): maior variação da T°C, salinidade e pH
- Representam refúgios à dessecação
- Maiores variações de T°C e salinidade
- Alterações na Concentração de O₂ à medida que a T°C aumenta

- **Identificadas 2 grandes zonas, embora existam espécies que ocorram em ambas e as suas fronteiras não sejam totalmente claras;**

(Araújo *et al.*, 2005) Moreover, the grade of exposure to waves can also explain the vertical patterns observed in the sheltered places. In these habitats, wave action is unable to reach high shore levels which may limit the vertical extent of the colonized shore area. Thus, organisms occurring at mid and higher levels overlap their distribution due to limitations on vertical space.

- Diferença nas spp entre o médio litoral inferior e superior: Examples include the work of Boaventura *et al.* (2002), who reported on significant differences between the upper and the lower

parts of the midshore zone (Araújo *et al.*, 2005)

Height in relation to chart datum seems to be the most important factor affecting globally the communities' structure.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- André F., 1971: **Contribution a l'étude des algues marines du Portugal**. *Bulletin du Centre d'Études et de Recherches Scientifiques*. Biarritz. 574 pp.
- Boaventura D, Ré P, Cancela da Fonseca L, Hawkins S.J., 2002: **Intertidal rocky shore communities of the continental portuguese coast: analysis of distribution patterns**. *Marine Ecology* **23**: 69-90.
- Choi TS & Kim KY., 2004: **Spatial pattern of intertidal macroalgal assemblages associated with tidal levels**. *Hydrobiologia* **512**: 49-56.
- Neto A.I., 2000: **Ecology and dynamics of two intertidal algal communities on the littoral of the island of São Miguel (Azores)**. *Hydrobiologia* **432**: 135-147.

Referências Bibliográficas

Graham, L. E.; Wilcox, C. W. (2000)
Algae, 1ª Edição, Prentice-Hall, Inc.,
EUA, 640 pp.

Lobban, C. S.; Harrison, P. J. (1994)
Seaweed ecology and physiology, 1ª
Edição, Cambridge University Press,
EUA, 366 pp.

Raven, P. H.; Evert, R. F.; Eichhorn, S.
E. (2003) *Biology of Plants*, 6ª Edição,
W. H. Freeman and Company/Worth
Publishers, Nova Iorque, 944 pp.

Round, F. E. (1985) *The ecology of
algae*, 1ª Edição, Cambridge University
Press, Cambridge, 653 pp.