



A INFLUÊNCIA DE PROCESSOS FÍSICOS NA ESTRUTURA DAS ASSEMBLEIAS DE ICTIOPLÂNCTON

Suene Costa CORRÊA^{1*}, José Henrique MUELBERT¹

¹ Laboratório de Ecologia do Ictioplâncton, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande/RS, Brasil. E-mail: suenecorrea@hotmail.com

*Autor correspondente

RESUMO. A estrutura das assembleias de ictioplâncton e sua relação com processos físicos de mesoescala foram estudadas ao longo da Plataforma Continental Sudeste da América do Sul (PCSAS) entre Mar del Plata (Argentina, 38°S) e Itajaí (Brasil, 27°S). Larvas de peixes foram coletadas durante o inverno 2003 e verão 2004 com arrastos verticais entre as isóbatas de 50 e 200m. Dados hidrográficos in situ e imagens de sensores remotos orbitais foram utilizados para descrever os padrões de distribuição, composição e abundância das espécies de larvas de peixes e sua relação com os regimes oceanográficos. Através de técnicas de agrupamento foi possível identificar, em ambos períodos, 3 assembleias bem definidas: assembleia de plataforma, transicional e oceânica. A assembleia de plataforma esteve presente em águas mais frias, de menor salinidade e com altas concentrações de clorofila-*a*. Já a assembleia oceânica esteve associada a águas mais quentes, com maiores salinidades e baixas concentrações de clorofila-*a*. A assembleia transicional esteve em condições intermediárias e separou a assembleia de plataforma da oceânica. A assembleia transicional apresentou o dobro de espécies em relação aos outros grupos e sua ocorrência esteve associada a regiões de frentes.

Palavras-Chave: larvas de peixes, processos de mesoescala, sensoriamento remoto, Atlântico Sudoeste.

ABSTRACT. The structure of ichthyoplankton assemblages and their relation to mesoscale physical processes were studied along the Southeast Continental Shelf of South America (SCSSA) between Mar del Plata (Argentina, 38°S) and Itajaí (Brazil, 27°S). Larvae were collected during winter 2003 and summer 2004 with vertical hauls between 50 and 200m isobaths. In situ hydrographic data and satellite remote sensing images were used to describe the distribution pattern, species composition and abundance of fish larvae and their relation to oceanographic regimes. Clustering techniques identified three well-defined assemblages in both periods: continental shelf, transitional and oceanic. The continental shelf assemblage was found in cooler and less saline waters with high chlorophyll-*a* concentrations. The oceanic assemblage was associated with warm and saline waters with low concentrations of chlorophyll-*a*. The transitional assemblage, with intermediate conditions, separated the shelf from the oceanic assemblage. Besides the transitional assemblage showed twice the number of species compared to the other groups and was associated with fronts.

Keywords: fish larvae, mesoscale processes, remote sensing data, south-western Atlantic.

INTRODUÇÃO

A Plataforma Continental Sudeste da América do Sul (PCSAS) compreende uma área com um dos maiores estoques de recursos pesqueiros do Brasil (Krug and Haimovici, 1991; Haimovici *et al.*, 1996). A PCSAS constitui um sistema hidrográfico dinâmico e complexo, com um alto grau de variação sazonal (Lima *et al.*, 1996). A extensão da plataforma nesta região permite o desenvolvimento de diferentes frentes de mesoescala (Muelbert *et al.*, 2008), as quais podem ter papel importante em eventos biológicos (Sabatés and Olivar, 1996; Sabatés *et al.*, 2001; Bjorkstedt *et al.*, 2002), seja constituindo uma barreira hidrográfica entre massas de água de diferentes origens, restringindo a dispersão de larvas, seja funcionando como um fator enriquecedor, aumentando a produção biológica (Katsuragawa *et al.*, 2006).

As frentes, assim como outros fatores físicos, como advecção e vórtices podem determinar o sucesso da sobrevivência das larvas, na medida em que as correntes oceânicas exercem influência na distribuição das larvas e de seus alimentos (Vasconcellos and Castello, 1996; Sabatés *et al.*, 2001; Gaughan, 2007; Sabatés *et al.*, 2007; Isari *et al.*, 2008). Outros estudos também apontam a importância da interação entre processos físicos e biológicos na ecologia do ictioplâncton na PCSAS (Muelbert and Sinque, 1996; Franco *et al.*, 2006).

O talude da PCSAS caracteriza-se pela presença de meandros e vórtices (Legekis and Gordon, 1982), que podem induzir processos de ressurgência e de enriquecimento da coluna d'água, influenciando na distribuição do ictioplâncton na região (Franco *et al.*, 2006).

O enfoque deste trabalho é analisar como as frentes de mesoescala estão relacionadas com a abundância, a composição específica e a distribuição das larvas de peixes, e como esses processos contribuem para a formação de assembleias de ictioplâncton.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados dois cruzeiros, um no verão e o outro no inverno, entre os paralelos 26°S e 40°S, e meridianos 46°W e 58°S, a qual compreende a região entre Itajaí (Brasil) e Mar del Plata (Argentina) (Fig. 1). O cruzeiro de inverno ocorreu no período entre 20 Agosto e 02 Setembro de 2003; e o cruzeiro de verão, entre 01 e 17 Fevereiro 2004 sobre a PCSAS.

O esquema de amostragem foi baseado em 11 transectos ao longo da plataforma posicionados a partir de 10 milhas náuticas da costa até o contato com as correntes de contorno oeste, a profundidades maiores que 1000 metros. Cada seção é referida de acordo com a cidade costeira mais próxima (Fig. 1). Os transectos foram delineados para cobrir a área de influência do Rio La Plata e Lagoa dos Patos e Mirim sobre a plataforma e sua extensão em direção ao norte, característica do inverno austral (Piola *et al.*, 2003; Möller and Piola, 2004). O

cruzeiro de verão abrangeu a mesma área do cruzeiro de inverno e também a região de ressurgência no Cabo de Santa Marta (Möller and Piola, 2004).

A amostragem biológica restringiu-se a zona de talude e incluiu a coleta de zooplâncton em um gradiente latitudinal e em um transecto costa-oceano. Diferentes tipos de rede (Heligoland, Motoda e Working Party 2) foram usadas para avaliar a distribuição do ictioplâncton e composição ao longo da costa e dos gradientes costa-oceano.

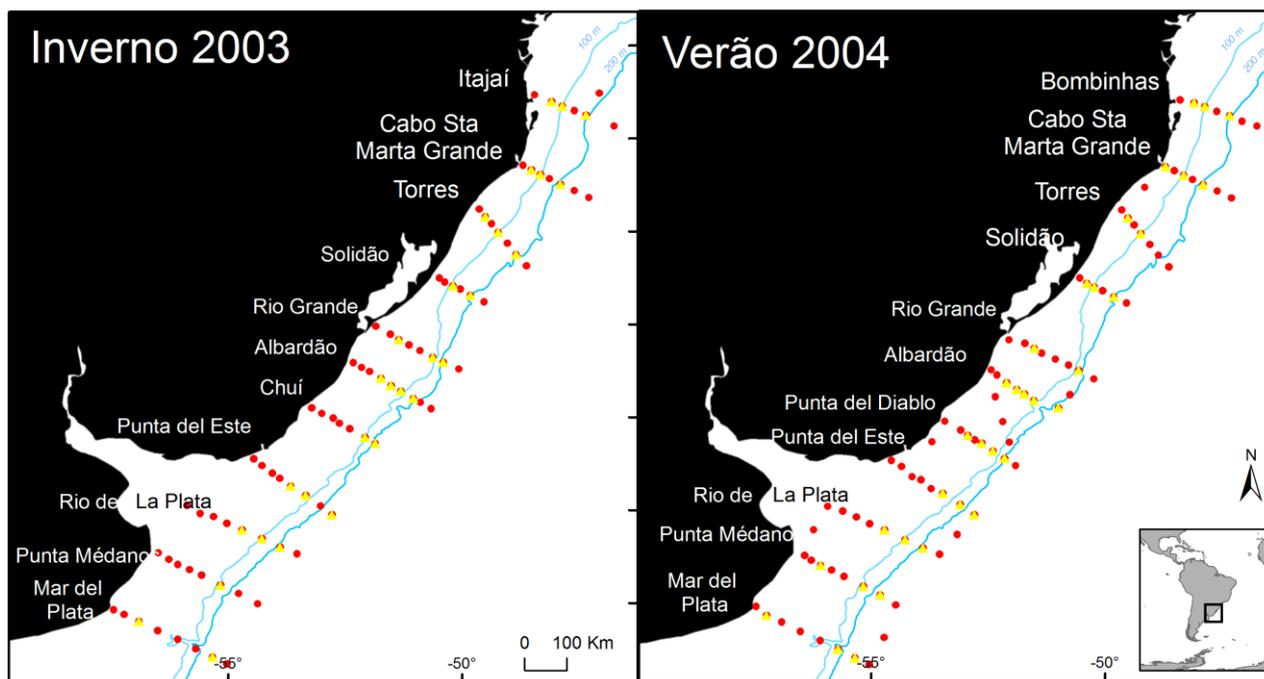


Figura 1. Área de estudo com as estações de amostragem. Os pontos amarelos representam os locais onde foram coletados parâmetros biológicos e físicos; os pontos vermelhos, apenas parâmetros físicos. Linhas azuis indicam batimetria.

DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Os dados de Sensoriamento Remoto foram obtidos a partir do ERD Live Access Server (LAS) - Ocean Watch para Dados Ambientais de Satélites disponibilizados na página da internet da investigação científica em prol da gestão e conservação dos recursos marinhos (Fisheries Service's Southwest Fisheries Science Center - SWFSC) da organização National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Os dados utilizados neste trabalho foram: Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e Concentração de Clorofila-*a* na Superfície do Mar (CSM). As variáveis estão disponíveis para download no seguinte endereço eletrônico <http://las.pfeg.noaa.gov/oceanWatch/oceanwatch.php#>. Todas as imagens são produtos a partir de médias diárias de agosto 2003 para o inverno, e fevereiro 2004 para o verão.

ANÁLISE DE DADOS

As larvas foram identificadas até o menor nível taxonômico possível. A representação de indivíduos adotada foi de abundância padronizada (ind.100m^{-3}). A partir da abundância padronizada, calculou-se a abundância relativa dos táxons e a frequência de ocorrência (F_o).

Em seguida, a Análise de Agrupamento (CLUSTER) e o Escalonamento Multidimensional (MDS) (Field *et al.*, 1982) foi realizado para inverno e verão, com base na matriz de similaridade de Bray-Curtis. Os dados de abundância padronizada de larvas foram transformados usando a função raiz quarta por melhor representarem o conjunto de dados no CLUSTER e MDS. A fim de saber o percentual de contribuição de cada espécie para a formação de cada grupo no CLUSTER foi realizada a Análise de Similaridade (SIMPER). Todas as análises foram feitas com o auxílio do programa estatístico Primer® (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research), versão 5.0.

RESULTADOS

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA E ABUNDÂNCIA

Um total de 58 táxons foi identificado durante o estudo, com 25 e 38 táxons ocorreram exclusivamente no inverno e verão, respectivamente, enquanto que apenas 5 táxons estiveram presentes nos dois períodos (Tab. 1 e 2).

Tabela 1. Lista de táxons de larvas de peixes identificados durante o cruzeiro de inverno 2003. Legenda: MF: Muito Frequente; F: Frequente; PF: Pouco Frequente; E: Esporádica; R: Rara; D: Dominante.

Ordem	Família	Gênero/Espécie	Ind.100m ⁻³	Frequência de ocorrência		Abundância Relativa	
				%	Classificação	%	Classificação
Osmeriformes	Bathylagidae	<i>Bathylagus</i>	51.238	15.789	PF	1.710	R
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Ceratoscopelus</i>	35.501	26.316	PF	1.185	R
		<i>Diaphus</i>	3.778	10.526	PF	0.126	R
		<i>Gonichthys</i>	1.767	5.263	E	0.059	R
		<i>Hygophum reinhardtii</i>	64.675	52.632	F	2.159	R
		<i>Notoscopelus</i>	0.667	5.263	E	0.022	R
		<i>Symbolophorus</i>	10.277	15.789	PF	0.343	R
		<i>Lampadena sp.</i>	4.699	10.526	PF	0.157	R
		<i>Lampanictus</i>	9.069	26.316	PF	0.303	R

		Lampanyctinae	0.334	5.263	E	0.011	R
		**	118.540	68.421	F	3.957	R
		<i>Myctophum</i>	1.780	10.526	PF	0.059	R
Gadiformes	Macrouridae	<i>Coryphaenoides</i> <i>sp.</i>	0.334	5.263	E	0.011	R
		**	1.651	5.263	E	0.055	R
	Merlucciidae	<i>Merluccius m.</i> <i>hubbsi</i>	19.697	47.368	F	0.657	R
	Phycidae	<i>Urophycis</i> <i>mystaceus</i>	3.127	5.263	E	0.104	R
Stomiiformes	Gonostomatidae	<i>Cyclothone</i>	6.840	10.526	PF	0.228	R
		<i>Gonostoma sp.</i>	0.334	5.263	E	0.011	R
		**	2.667	5.263	E	0.089	R
	Melanostomiidae	**	0.334	5.263	E	0.011	R
	Stomiidae	**	0.717	5.263	E	0.024	R
	Sternoptychidae	<i>Maurolicus</i> <i>muelleri</i>	1.384	10.526	PF	0.046	R
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Engraulis</i> <i>anchoita</i>	2649.763	89.474	MF	88.441	D
Aulopiformes	Paralepididae	**	4.414	21.053	PF	0.147	R
Perciformes	Sciaenidae	**	2.479	5.263	E	0.083	R
		Total	2996.06	473.68			

Tabela 2. Lista de táxons de larvas de peixes identificados durante o cruzeiro de verão 2004. Legenda: F: Frequente; PF: Pouco Frequente; E: Esporádica; R: Rara; D: Dominante; PA: Pouco Abundante.

Ordem	Família	Gênero/Espécie	Ind.100m ⁻³	Frequência		Abundância Relativa	
				%	Classificação	%	Classificação
Anguiliformes	-	***	0.850	4.167	E	0.184	R
	Ophichthidae	<i>Ophichthus</i> <i>gomesi</i>	1.068	8.333	E	0.231	R
Perciformes	Carangidae	**	36.203	8.333	E	7.822	R
		<i>Trachurus sp.</i>	13.015	8.333	E	2.812	R
	Serranidae	<i>Centropristis sp</i>	5.333	8.333	E	1.152	R

	Scombridae	<i>Auxis</i> sp	1.616	4.167	E	0.349	R
		**	1.029	4.167	E	0.222	R
	Sciaenidae	<i>Micropogonias furnieri</i>	3.223	8.333	E	0.696	R
		<i>Paralonchurus</i>	0.935	4.167	E	0.202	R
		<i>Paralonchurus brasiliensis</i>	1.616	4.167	E	0.349	R
	Stichaeidae	<i>Ophidium</i>	4.399	4.167	E	0.950	R
	Stromateidae	<i>Peprilus paru</i>	1.210	8.333	E	0.261	R
	Pomatomidae	<i>Pomatomus saltatrix</i>	1.015	4.167	E	0.219	R
	Sphyraenidae	**	1.029	4.167	E	0.222	R
	Stromateidae	**	3.917	4.167	E	0.846	R
	Trichiuridae	<i>Trichiurus lepturus</i>	24.775	16.67	PF	5.353	R
Tetraodontiformes	Balistidae	**	0.570	4.167	E	0.123	R
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Benthoosema</i>	0.935	4.167	E	0.202	R
		**	6.800	4.167	E	1.469	R
		<i>Myctophum</i>	0.961	4.167	E	0.208	R
Pleuronectiformes	Bothidae	**	3.583	4.167	E	0.774	R
		<i>Bothus ocellatus</i>	2.076	4.167	E	0.448	R
	Paralichthyidae	<i>Citharichthys</i>	0.829	4.167	E	0.179	R
	Cynoglossidae	**	0.539	4.167	E	0.116	R
		<i>Symphurus ginsburgi</i>	0.709	4.167	E	0.153	R
		<i>Symphurus</i> sp.	7.852	8.333	E	1.697	R
Gadiformes	Bregmacerotidae	<i>Bregmaceros atlanticus</i>	0.753	4.167	E	0.163	R
		<i>Bregmaceros</i> sp	4.256	4.167	E	0.920	R
		**	48.592	33.33	PF	10.499	PA
	Macrouridae	**	0.709	4.167	E	0.153	R
	Merlucciidae	<i>Merluccius hubbsi</i>	10.286	8.333	E	2.222	R
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Engraulis anchoita</i>	237.701	45.83	F	51.358	D
Stomiiformes	Sternoptychidae	<i>Maurolicus</i>	4.256	4.167	E	0.920	R

		<i>muelleri</i>					
Scorpaeniformes	Triglidae	<i>Prionotus sp</i>	3.567	8.333	E	0.771	R
	Scorpaenidae	**	6.072	16.67	PF	1.312	R
Aulopiformes	Synodontidae	**	4.133	8.333	E	0.893	R
		<i>Synodus sp</i>	3.302	4.167	E	0.714	R

Durante o inverno 2003, a abundância total exibiu altos valores nos transectos Chuí, Albardão e Itajaí. Neste período, larvas da espécie pelágica *Engraulis anchoita* Hubbs & Marini, 1935 foram dominantes e a mais frequentes. Por sua elevada abundância, cerca de 88%, as demais espécies foram consideradas raras, isto é, valores de abundância relativa inferiores a 10%. Seguindo a ordem de abundância, aparecem em destaque larvas de peixes mesopelágicos, indivíduos pertencentes a Myctophidae, *Hygophum reinhardtii* Lütken, 1892 e *Cerastocopelus* sp.. Larvas de Lampanyctnae, *Coryphaenoides* sp., Melanostomiidae, *Notoscopelus* sp. e Stomiidae foram menos abundantes (menos de 1%).

Em relação ao verão 2004, a distribuição horizontal mostrou a presença de larvas no transectos mais ao sul, Punta Médanos e Mar del Plata (ausentes no inverno). Os maiores valores de abundância ocorreram nos transectos de Punta del Este, Albardão e Rio de La Plata. A espécie mais importante, em termos de abundância e frequência, foi *E. anchoita*, com 51% de abundância relativa e 45% de frequência.

As outras famílias com maior abundância no verão foram pertencentes a Bregmacerotidae e Carangidae, com valores de 10,4% (pouco abundante) e 7% (raro) de abundância relativa, respectivamente. Entre os menos abundantes, com valores inferiores a 1%, foram registrados os indivíduos pertencentes a Cynoglossidae, Balistidae, *Symphurus ginsburgi* Menezes & Benvegnú, 1976 e Macrouridae (Tab. 2).

DISTRIBUIÇÃO DAS ASSEMBLEIAS DE LARVAS

A análise de agrupamento dos locais amostrados produziu três grupos no inverno de 2003 com 25% de similaridade e três grupos no verão 2004 com nível de similaridade de 19% (Fig. 2). Houve uma estação em 2003 (estação 79) e quatro estações em 2004 (estações 2, 7, 28, 75 e 89) que ficaram isoladas no cluster (não mostrado). Essas estações então foram consideradas outliers, por conter representantes de apenas 1 táxon cada. O MDS, excluindo as estações outliers, mostrou que os grupos de estação identificados na análise do agrupamento eram distintos.

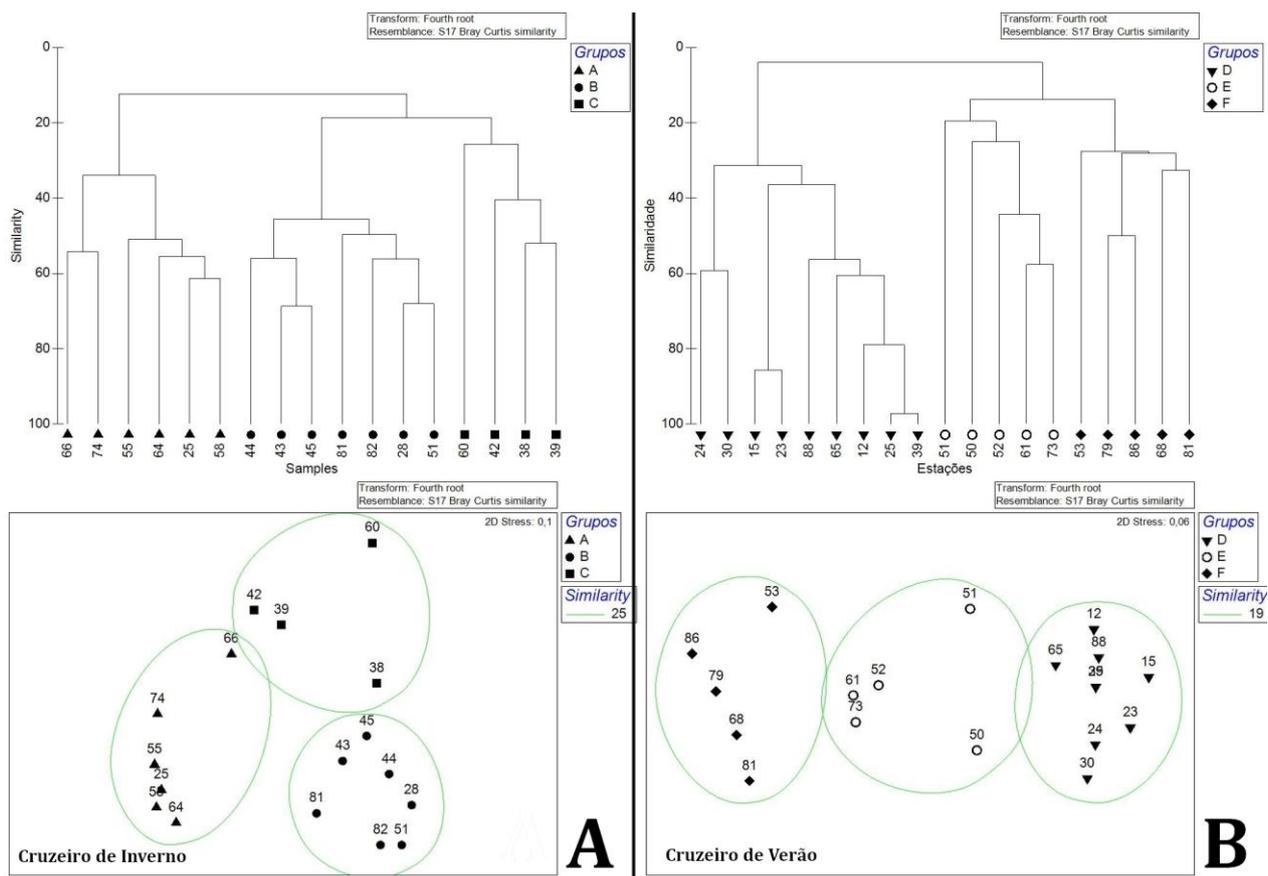


Figura 2. Dendrograma de similaridades entre os pontos amostrais e Análise de ordenação pelo método MDS, baseado em amostras coletadas durante o cruzeiro de inverno (A) e cruzeiro de verão (B).

No cruzeiro de inverno 2003, os 3 grupos de estações definidas pelo agrupamento foram: (A) estações de quebra de plataforma, localizadas próximo a isóbata de 200m; (B) estações de plataforma interna, em profundidades menores que 100 m; (C) estações de plataforma externa entre as isóbatas de 100 e 200 m (Fig. 3).

As espécies mais abundantes nas estações de quebra de plataforma (grupo A) foram pertencentes a família Myctophidae. Outras espécies encontradas neste grupo foram espécies de *Bathylagus* sp. e de Macrouridae. Dentre as espécies encontradas na plataforma interna (grupo B), a *E. anchoita* foi a mais abundante, seguida por *Merluccius hubbssi* Marini, 1933. Também foi registrado nesse grupo representantes das famílias Myctophidae, Sciaenidae e Phycidae. O grupo da plataforma externa (grupo C) registrou o maior número de espécies entre os grupos do inverno, com 20 no total. A espécie mais abundante neste grupo de estações foi a *E. anchoita*, seguida por espécies de Myctophidae. Todas as espécies registradas na plataforma interna e na quebra de plataforma (cerca de 8 espécies em cada região) também estiveram presentes na plataforma externa, com exceção de espécies de Sciaenidae e *Urophycis mystaceus* Ribeiro, 1903.

Durante o cruzeiro de verão 2004, a análise de agrupamento para o verão resultou em três grupos de estações, limitadas pela frente de salinidade: (D) estações localizadas ao sul da área de estudo, abaixo do Albardão, incluindo estações da plataforma interna e externa; (F) estações localizadas ao norte do Albardão, ao longo da plataforma externa e quebra de plataforma; e (E) estações localizadas exatamente na região do Albardão (Fig. 3).

A espécie mais abundante no grupo D foi a *E. anchoita*, seguida por espécies de Carangidae e *Trachurus* sp. O grupo E apresentou o maior número de espécies, cerca de 20, sendo as espécies mais abundantes as espécies de *Trichiurus lepturus* Linnaeus, 1758, Bregmacerotidae e Pleuronectiformes. Dentre as espécies coletadas no terceiro grupo, grupo F, as espécies mais abundantes pertenceram a espécies mesopelágicas, como as das famílias Bremacerotidae e Myctophidae, e *Maurolicus muelleri* Gmelin, 1789.

Os grupos C (inverno) e E (verão) equivaleram aos grupos que formaram uma assembleia transicional. Apesar de localizados em poucos pontos de amostragem, cada grupo apresentou o dobro de espécies que os outros (dados não apresentados). A espécie representante do grupo C (inverno) foi a *H. reinhardt* com 34% de contribuição a similaridade do grupo, seguida por *Lampanictus* sp. (25%). Enquanto que a espécie representante do grupo E (verão) foi *T. lepturus* (31%), seguida por Scorpanidae (26%). A posição da assembleia transicional variou, contornando a isóbata de 100m paralelo a costa, na posição da frente de TSM no inverno (Fig. 3), enquanto no verão se concentrou na região do Albardão, perpendicular a costa, delineado pela frente de salinidade (Fig. 3).

Os grupos C e E apresentaram cerca de 20 espécies cada. No inverno, o grupo C apresentou praticamente todas as espécies dos outros grupos A e B, com exceção da Macrouridae, *Lampadena* sp. (grupo A) e Scianidade (grupo B), com um total de 11 espécies exclusivas do grupo transicional de inverno: Cyclothone, Paralepididae, *Diaphus* sp., *Myctophum* sp., *Gonichthys* sp., *M. muelleri*, *Notoscopelus* sp., *Coryphaenoides* sp., *Gonostoma* sp., Melanostomiidae. A assembleia transicional de verão (grupo E) registrou apenas 5, das 20 encontradas, comuns a pelo menos um dos outros dois grupos de verão (D e F). Sendo assim, o número de espécies exclusivas da assembleia transicional foi maior no verão, com cerca de 15 espécies.

CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS E A DISTRIBUIÇÃO DAS ASSEMBLEIAS

A variabilidade espacial na estrutura das populações de ictioplâncton foi associada com a presença de estrutura físicas nos dois cruzeiros.

Durante o inverno 2003, foi detectada uma região frontal paralela à costa, ao longo da plataforma externa. O grupo A foi localizado em áreas de maior salinidade (entre 33,4 e 35,9) e maiores temperaturas para o período (11,7 a 19,1 °C) (Fig. 3). No outro extremo, em águas

menos salinas e mais frias, o grupo B foi identificado com valores de salinidade variando em torno de 30 a 33,8 e temperatura de 10 a 13°C (excluindo as estações 81 e 82). O grupo C apresentou variações de temperatura e salinidade dentro da variação observada no grupo A, sendo diferenciado como grupo pela presença de espécies que podem se adaptar tanto em mar aberto como em regiões próximas à costa. O grupo C está distribuído ao longo da frente de temperatura. E a este grupo é associado o maior número de indivíduos e espécies no inverno.

Durante o verão 2004, verificou-se uma frente de salinidade perpendicular a costa na latitude do Albardão, localizada sobre a plataforma (Fig. 3). O grupo D foi registrado ao sul da frente, presente em águas mais frias e menos salinas (26,2 a 31), excluindo as estações 65 e 88. As duas estações ao norte pertencem ao grupo D pela presença da Anchoíta. O grupo F foi localizado ao norte da frente salina, presente em águas com valores de salinidade entre 35 e 36,3. O grupo E foi identificado na região de transição dos grupos D e F exatamente na região da frente (melhor definida em superfície pela salinidade), com características intermediárias de temperatura (23 a 24,8°C) e salinidade (33,5 a 35,4). Nele também é encontrado o maior número de espécies e número de indivíduos no verão.

BIOMASSA FITOPLANCTÔNICA E A DISTRIBUIÇÃO DAS ASSEMBLEIAS

A distribuição espacial de clorofila-*a* variou entre os dois períodos (Fig. 4). No inverno, águas com altos valores de Clorofila-*a* na Superfície do Mar (CSM) estiveram distribuídas ao longo de toda a plataforma continental da área de estudo. No verão, as águas mais ricas em clorofila-*a* possivelmente deslocam-se mais ao sul, ficando restritas a plataforma em frente a desembocadura do rio La Plata.

Através de uma análise qualitativa das imagens de CSM (Fig. 4) não foi possível fazer uma combinação entre os grupos individualizados pela análise de agrupamento com áreas de diferentes concentrações de clorofila. Entretanto, ao utilizar valores absolutos de CSM encontrados nas estações de coleta, observou-se que quanto mais distante da costa o grupo estava menor foi a CSM registrada.

Para o inverno, a assembleia da plataforma interna (grupo B) foi a que esteve localizada em áreas com maiores valores de CSM (0,87 a 7,17 mg.m⁻³). As assembleias da plataforma externa (grupo C) e de quebra de plataforma (grupo A) apresentaram valores próximos. O grupo C com valores de 1,21 a 3,9 mg.m⁻³ e o grupo A, de 0,38 a 2,62 mg.m⁻³ (Fig. 4).

Durante o cruzeiro de verão, o grupo D registrou altos valores de CSM (0,24 a 3,86 mg.m⁻³). Enquanto que os grupos E e F foram identificados em áreas com baixíssimas concentrações de CSM, mínimas de 0,32 e 0,08 mg.m⁻³, e máximas de 1,53 e 0,13 mg.m⁻³ (Fig. 4), respectivamente.

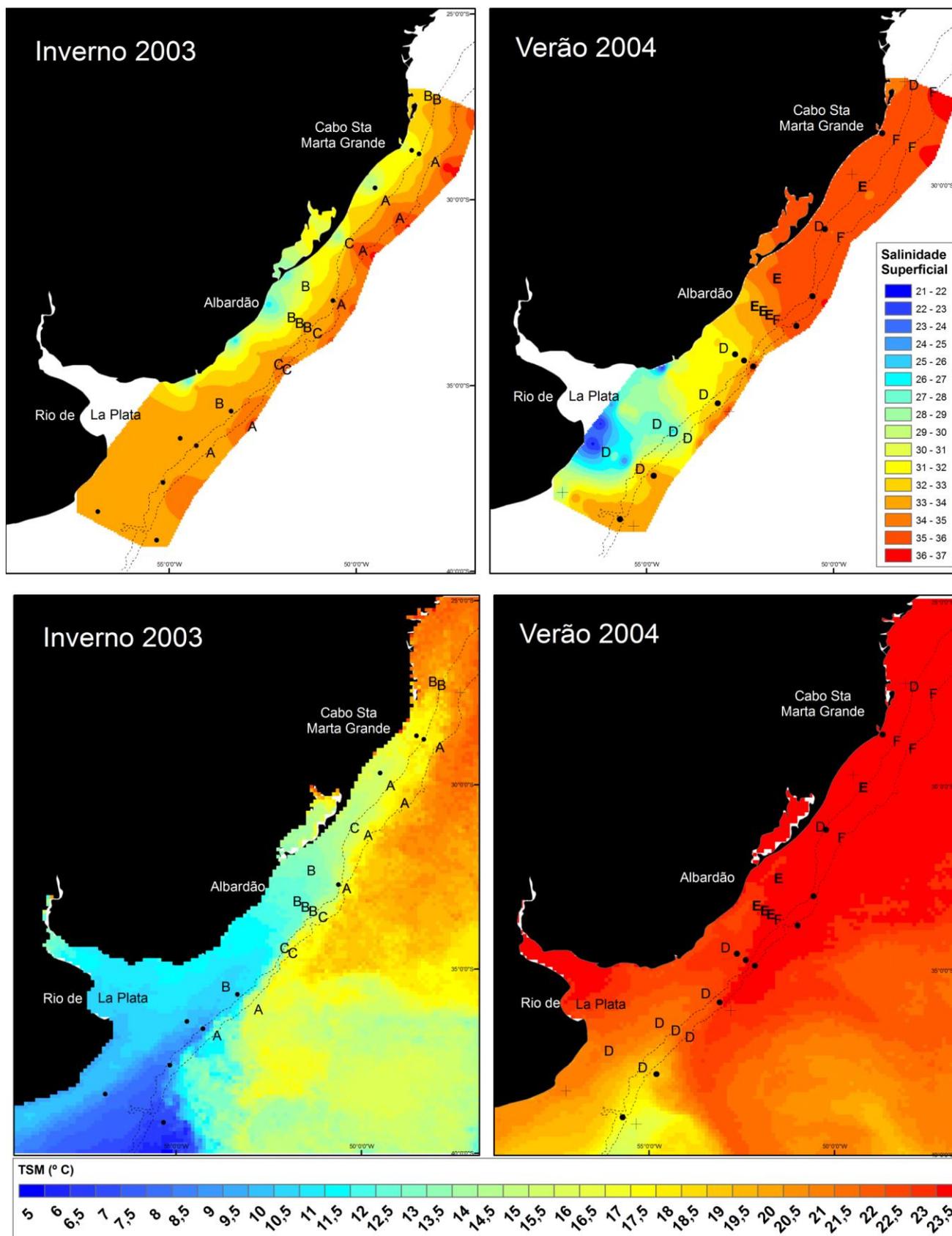


Figura 3. Distribuição Geográfica dos agrupamentos de larvas e variáveis físicas, salinidade, temperatura da superfície do mar (TSM) para o inverno 2003 (painéis da esquerda) e verão 2004 (painéis da direita).

DISCUSSÃO

COMPOSIÇÃO ESPECÍFICA E A DISTRIBUIÇÃO DAS LARVAS DE PEIXES

Dentre as espécies identificadas neste estudo, *E. anchoita* figurou como a espécie mais abundante e frequente em ambos períodos. A espécie pelágica *E. anchoita* é considerada a mais importante encontrada ao longo da plataforma continental do oceano Atlântico sudoeste (Castello and Castello, 2003). No verão apresentou menor abundância, assim como observado em Vasconcelos and Castello (1996) e em Vasconcellos *et al.* (1998). Durante o inverno, larvas de *E. anchoita* ocorrem somente ao norte de Punta del Este, o que pode ser explicado pelo fato que nesta área existam condições favoráveis para alimentação e desenvolvimento, com maior disponibilidade de nutrientes (Lima and Castello, 1995). Essas condições serviriam para atrair “estoques” adultos posicionados mais ao sul (35-34°S) (Lima and Castello, 1995).

No verão, esse cenário muda, quando a ocorrência *E. anchoita* concentrou-se principalmente em frente a desembocadura do rio de La Plata. O posicionamento destas larvas, mais ao sul, é atribuído ao retorno dos adultos de *E. anchoita* para essa região no final da primavera (Lima and Castello, 1995). Além disso, nessa região há uma convergência dos fluxos das correntes (Fig. 4), o que poderia favorecer a concentração das larvas entre a região de Punta del Este e Mar del Plata. Este cenário corrobora o já observado em Busoli (2001), que sugere que o deságue continental é importante para a formação de uma zona de retenção de ictioplâncton nessa região. Vaz *et al.* (2007) também afirmam que a circulação baroclínica induzida pela descarga do rio de La Plata e da Lagoa dos Patos é um eficiente mecanismo para retenção de organismos através da formação de células de recirculação e correntes de menor intensidade, próximo a desembocadura do estuário.

Entre as espécies que foram encontradas em ambos períodos, mas em menor abundância quando comparada a *E. anchoita*, temos espécies de Macrouridae, *M. hubssi* e Myctophidae.

Os macrurídeos foram registrados apenas em uma única estação em cada período, na latitude do Cabo de Santa Marta Grande. Indivíduos dessa espécie pertencem a grupos que ocorrem em abundância e frequência extremamente baixas na região Sul do Brasil, geralmente coletados além da isóbata de 100m (Katsuragawa *et al.*, 2006). No inverno, ainda foi registrado uma espécie de macrurídeo, também em estação isolada (Albardão), *Coryphaenoides sp.* (Dourado), que desde 2006 não havia registro dela na região Sul do Brasil (Katsuragawa *et al.*, 2006).

A espécie *M. hubssi* é a única representante de Merlucciidae que ocorre na plataforma continental do sul do Brasil (Katsuragawa *et al.*, 2006). Esta família não costuma ser abundante no plâncton do sul do Brasil, mas apresenta grande valor comercial (Katsuragawa *et al.*, 2006). A penetração de águas frias sobre a plataforma continental durante o inverno e a presença de águas de menor salinidade constituem ambiente propício para essa espécie (Pereira, 1983)

Os mictofídeos apresentaram uma ampla distribuição no inverno ao longo de toda plataforma continental desde Chuí até Itajaí, sobretudo com as maiores concentrações presentes em áreas mais profundas. Por outro lado, no verão, eles foram registrados apenas em uma única estação, em Torres. Em geral, no sul do Brasil, os mictofídeos estão presentes o ano todo e podem até dominar o ictioplâncton em algumas ocasiões (Katsuragawa *et al.*, 2006). Durante o inverno, das 5 espécies mais abundantes e mais frequentes registradas, 2 pertencem a família Myctophidae: *H. reinhardt* e *Cerastocopelus* sp.

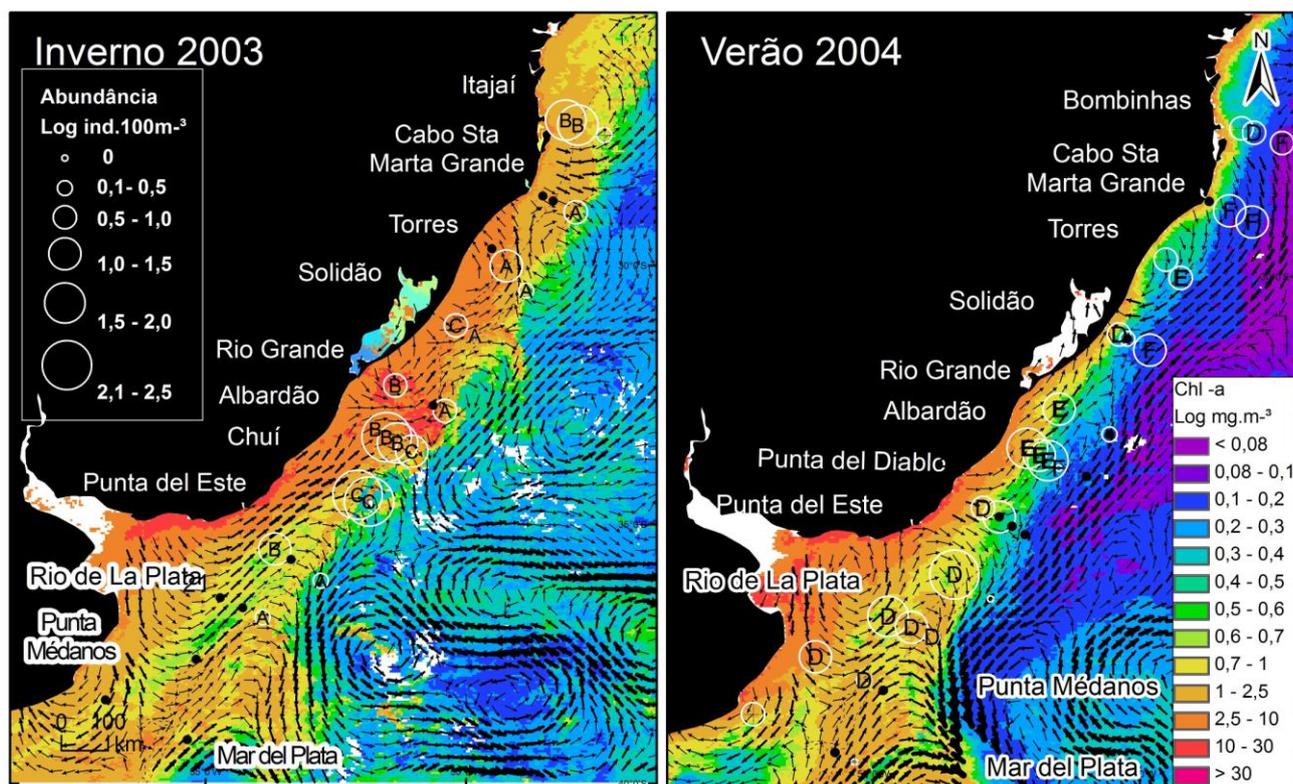


Figura 4. Associação da circulação, clorofila-a e abundância total de larvas para o período de inverno 2003 e verão 2004.

O padrão de distribuição espacial das larvas de peixes foi caracterizado por um gradiente costa-oceano de composição de espécies e abundância. Em ambos os períodos, foi identificada uma assembleia de plataforma separada da assembleia oceânica por uma assembleia transicional. O grupo (A) do inverno é correspondente ao grupo (F) do verão. Ambos constituíram os grupos com estações em quebra de plataforma, presentes em águas de maior salinidade e mais quentes, dominado por larvas de espécies mesopelágicas. Por fazer parte da dieta de atuns e afins, este grupo constitui um elo importante na cadeia trófica oceânica (Katsuragawa *et al.*, 2006).

O grupo A (inverno) continha espécies de Myctophidae, *Cerastocopelus* sp., *Symbolophorus* sp., *Lampadena* sp., *H. reinhardt*, *Lampanictus* sp., *Bathylagus* sp., sendo

Myctophidae com 96% de contribuição para o grupo. É comum encontrar ovos e principalmente larvas de Myctophidae, juntamente com outras famílias mesopelágicas, no ictioplâncton nas costas sudeste e sul do Brasil (Kasuragawa *et al.*, 2006).

O grupo F (verão) apresentou espécies de Bregmacerotidae, Myctophidae, *M. muelleri* e Synodontidae como as mais abundantes. Bregmacerotidae representou 91% de contribuição para o grupo F. Essa família já havia sido descrita para a costa sudeste do Brasil (Kasuragawa *et al.*, 1993; Matsuura *et al.*, 1993; Itagaki, 1999). Na costa sul do Brasil, podem representar até cerca de 44% das larvas identificadas na plataforma continental.

O grupo B (inverno) e o grupo D (verão) constituídos em sua maioria por estações de plataforma interna, ocuparam águas com menor salinidade e mais frias. A espécie indicadora foi a *E. anchoita* em ambos períodos, com 83% de similaridade do grupo no inverno e 94% no verão, corroborado em estudos anteriores (Matsuura *et al.*, 1992; Vasconcellos and Castello, 1996; Kasuragawa *et al.*, 2006). Outro ponto importante foi que os grupos B e D estiveram associados a grandes concentrações de clorofila, resultado da influência da descarga hídrica da Lagoa dos Patos e Rio de La Plata (Pereira, 1983; Piola *et al.*, 2008; Romero, 2008).

Outras espécies encontradas no grupo B (inverno) foram *M. hubbsi* (segunda mais abundante), e em baixas densidades, indivíduos de Myctophidae, *H. reinhardt*, *Lampadena sp.*, *U. mystaceus*, Sciaenidae e *Cerastocopelus sp.* A composição do grupo D (verão) foi diferente tendo como principais espécies, além de *E. anchoita*, representantes de Carangidae, *Trachurus sp.*, *M. hubbsi*, e, em menor abundância, Stromatridae, *Synodus sp.*, *Prionothus sp.*, *Centropristis sp.* Na costa do sul do Brasil, há apenas o registro da ocorrência de ovos e larvas de Carangidae (Sinque and Muelbert, 1997). As espécies de *Trachurus sp.*, também pertencentes a Carangidae, tem importância para a ciência pesqueira, por serem pelágicas de pequeno porte e integrarem os grandes sistemas oceânicos mundiais (Kasuragawa *et al.*, 2006).

Em síntese, três tipos de assembleia foram identificados no inverno e verão: os grupos A (inverno) e F (verão) correspondem a assembleia oceânica, C (inverno) e E (verão) a assembleia transicional e B (inverno) e D (verão) a assembleia de plataforma. Marcon (2003) definiu quatro assembleias para a região: costeira, de plataforma, transicional e oceânica. No presente trabalho, não foi possível identificar uma assembleia costeira devido a amostragem de parâmetros biológicos ter sido concentrada em estações localizadas ao longo da plataforma externa.

Assim como no presente estudo, a assembleia de plataforma identificada por Marcon (2003) também apresentou como espécie principal *E. anchoita*, e na assembleia oceânica, o principal táxon também foi Myctophidae. Uma variação deste para o trabalho de Marcon foi a predominância de Bregmacerotidae na assembleia oceânica de verão (grupo F). Houve variação

quanto as principais espécies das assembleias transicionais observadas no inverno (*H. renherdti*), verão (*T. lepturus*) e no trabalho de Marcon (*B. cantori*).

PROCESSOS DE MESOESCALA E AS ASSEMBLEIAS DE LARVAS

A distribuição espacial das assembleias apresentou forte variação e tornou evidente a presença de efeitos de mesoescala que alteram os padrões normais de distribuição, principalmente durante o inverno e verão (Marcon, 2003). Durante os dois cruzeiros, as maiores variações entre as assembleias larvais foram observadas nos locais que apresentaram gradientes de temperatura e de salinidade. As mudanças na posição das frentes de TSM e salinidade estiveram associadas com importantes mudanças na distribuição e abundância de larvas.

A influência das frentes foi particularmente pronunciada na posição da assembleia transicional, tanto no inverno quanto no verão. Durante o inverno, a posição da frente de TSM é paralela à costa e sua posição é contornada pela assembleia transicional de inverno (grupo C) (Fig. 2).

Com o deslocamento das frentes no verão, ocasionado por variação no padrão de circulação (Piola *et al.*, 2008), a frente de temperatura em superfície desloca-se mais ao sul que a frente de salinidade que fica perpendicular a costa. A posição da assembleia transicional de verão (grupo E) ocupou exatamente a posição da frente salina, na região do Albardão (Fig. 2).

Um aumento gradual da abundância e do número de espécies (Fig. 5) foi observado a medida que se aproxima da posição das frentes. Apesar do número inferior de estações onde a assembleia transicional ocorre, em ambos os períodos, o número de espécies chegou a ser o dobro do encontrado nos outros grupos.

É conhecido que as frentes não são barreiras absolutas para organismos, e a região de contato entre massas de águas diferentes é bem dinâmica (Govoni *et al.*, 1989; Perry *et al.*, 1993). Tanto que se verificou a presença de espécies encontradas na assembleia transicional também nos outros grupos. A assembleia do lado oceânico da frente foi composta praticamente por larvas mesopelágicas, mas que também são encontradas na frente e no lado costeiro da frente. Segundo Sabatez and Olivar (1996), frentes não atuam como uma barreira para separar a distribuição de adultos de espécies mesopelágicas e de plataforma.

Durante o verão, a frente desloca-se ao sul, perpendicular a costa, e juntamente com ela a assembleia de plataforma. Ao norte da frente de verão foi encontrado a assembleia oceânica. Assim como no inverno, a frente constituiu uma região em que há grande diversidade e separou os dois grupos plataforma e oceânico. Essa divisão parece ser resultante de um gradiente de temperatura e salinidade.

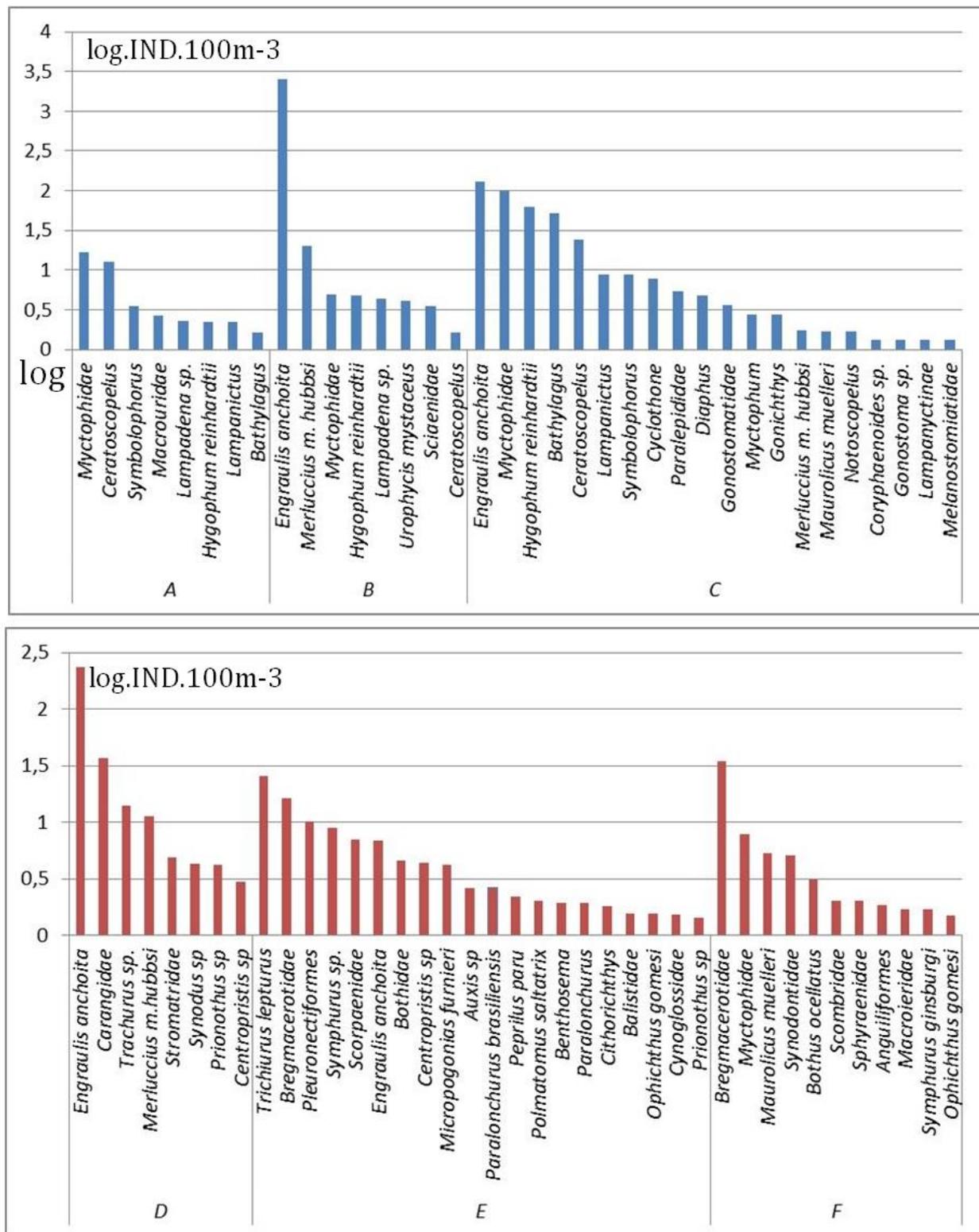


Figura 5. Abundância média (log.IND.100m-3) para os grupos de inverno e verão.

Durante o inverno, notou-se que no lado costeiro da frente, os valores de abundância da assembleia de plataforma superiores em comparação ao lado oceânico da frente. A

princípio, a frente parece limitar a distribuição dos organismos, e manteve a assembleia de plataforma de inverno em profundidades inferiores a 100m.

Através de perfis de distribuição latitudinal (Fig. 6 a Fig.11) nota-se que essas variáveis foram fundamentais para distribuição dos grupos. As regiões de descontinuidades de TSM e salinidade separaram grupos associados a águas mais quentes (assembleias oceânicas de inverno e verão) e grupos associados a águas mais frias (assembleias de plataforma de inverno e verão). No inverno, essa divisão seguiu um gradiente costa-oceano devido a posição da frente ser paralela a costa. Durante o verão, a região frontal é perpendicular à costa e a disposição das assembleias seguiu um gradiente norte-sul. O período do verão apresentou uma ampla distribuição das assembleias ao longo de toda a plataforma, mas com uma divisão: ao sul da frente de salinidade encontrou-se a assembleia de plataforma e, ao norte, a assembleia oceânica.

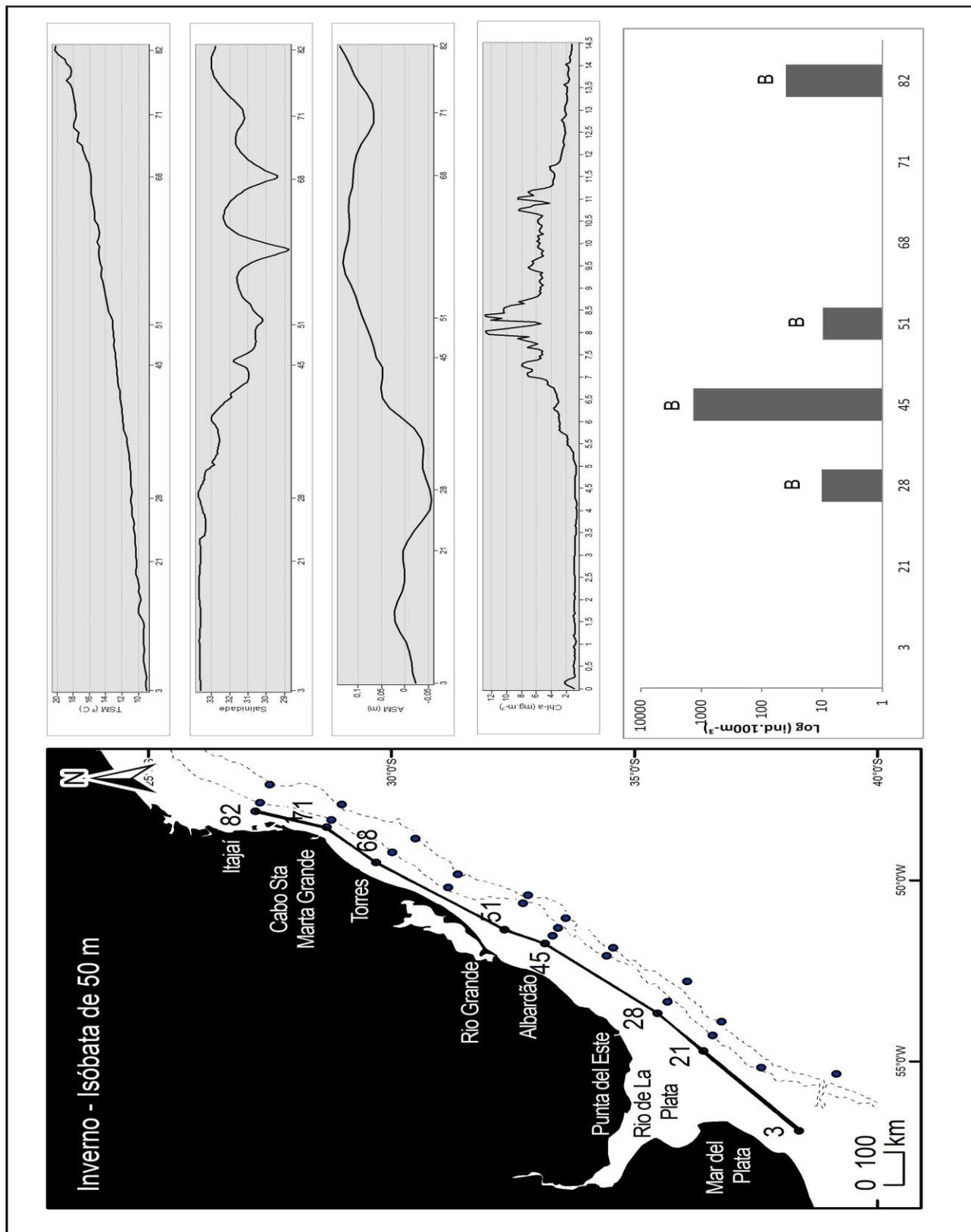


Figura 6. Distribuição latitudinal de temperatura da superfície do mar (TSM), salinidade da superfície do mar (SSM), anomalia da superfície do mar (ASM) e abundância de larvas (ind.100m⁻³) ao longo da isóбата de 50m no inverno 2003. A, B e C representam os grupos de larvas de inverno.

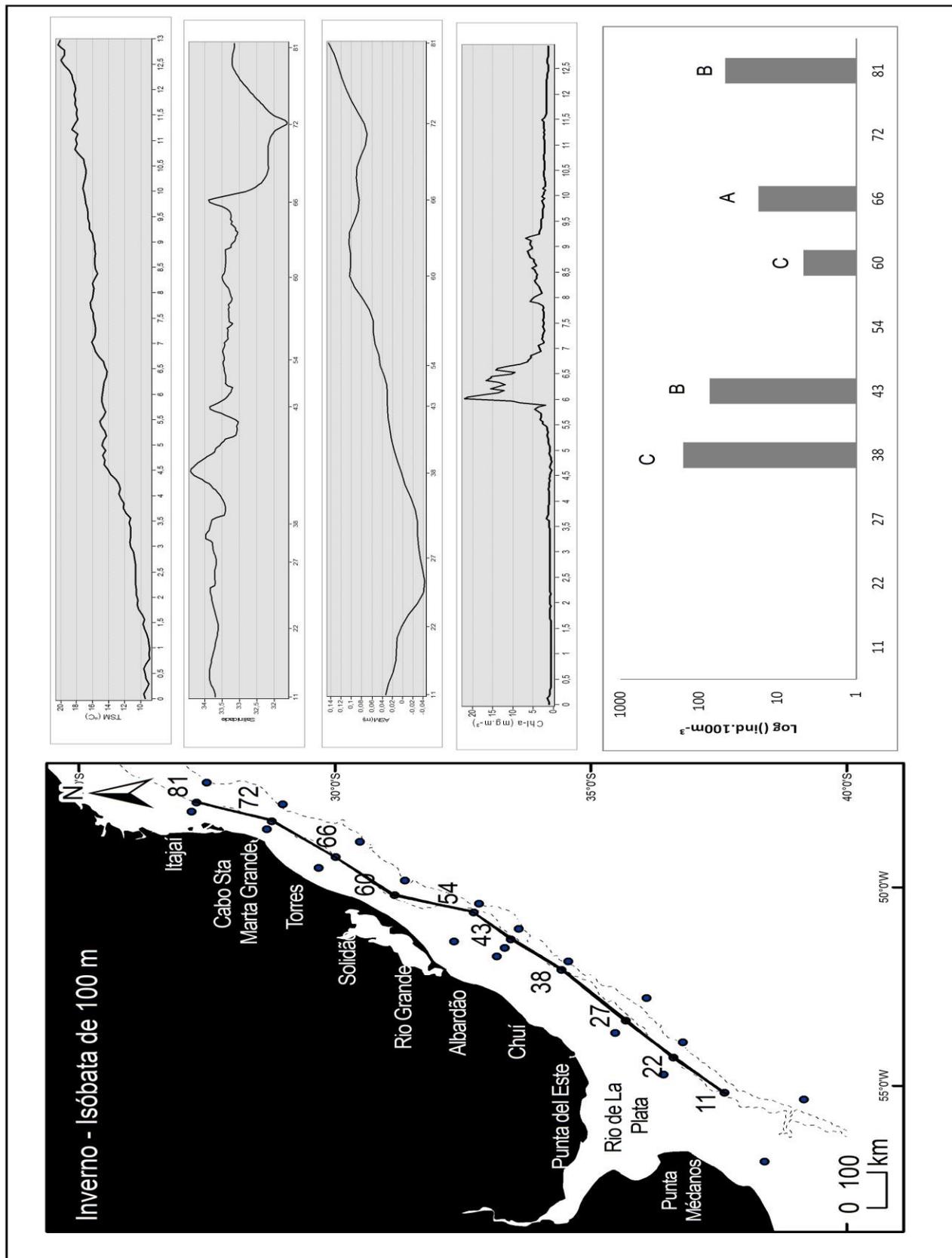


Figura 7. Distribuição latitudinal de temperatura da superfície do mar (TSM), salinidade da superfície do mar (SSM), anomalia da superfície do mar (ASM) e abundância de larvas (ind.100m⁻³) ao longo da isóbata de 100m no inverno 2003. A, B e C representam os grupos de larvas de inverno.

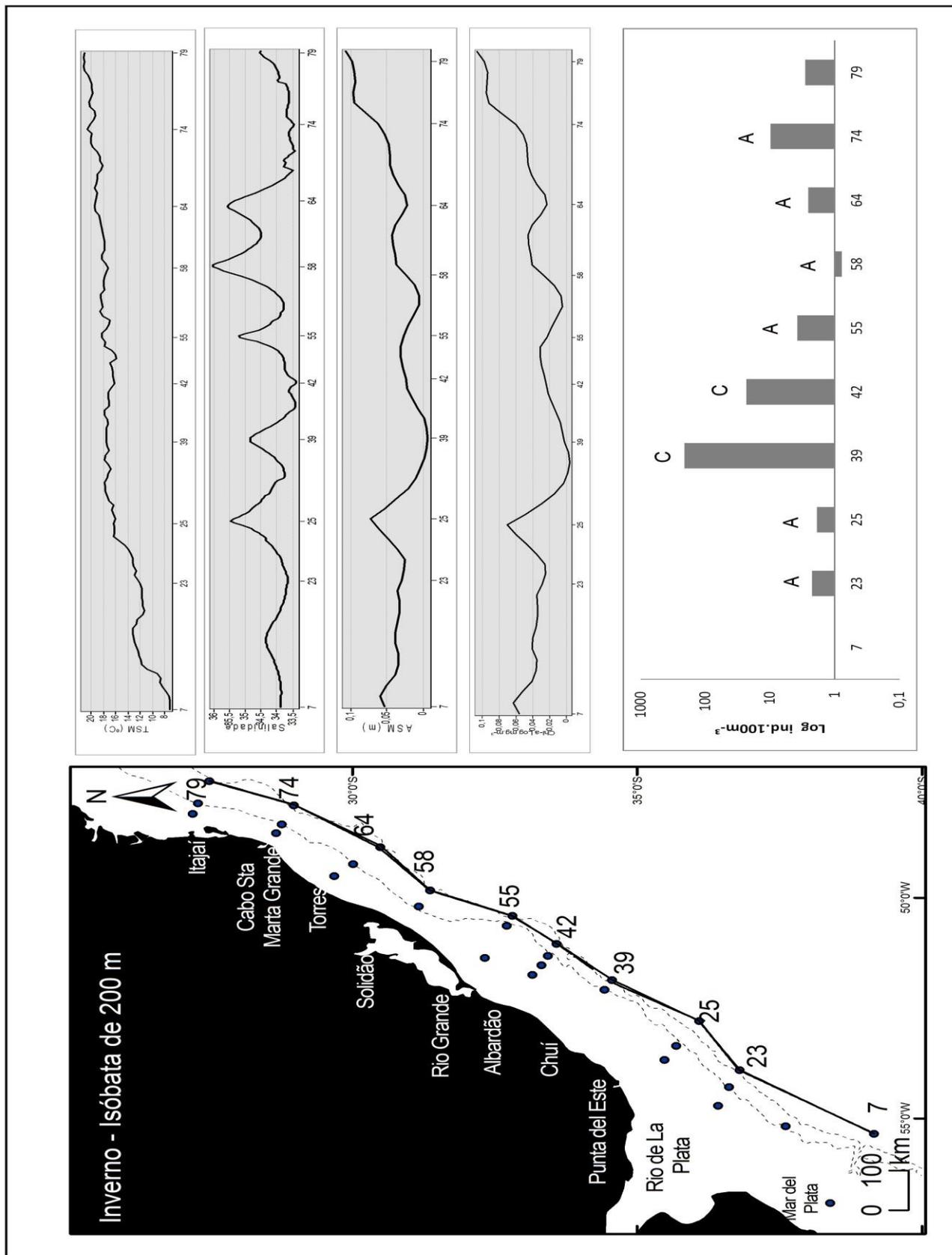


Figura 8. Distribuição latitudinal de temperatura da superfície do mar (TSM), salinidade da superfície do mar (SSM), anomalia da superfície do mar (ASM) e abundância de larvas (ind.100m⁻³) ao longo da isóbata de 200m no inverno 2003. A, B e C representam os grupos de larvas de inverno.

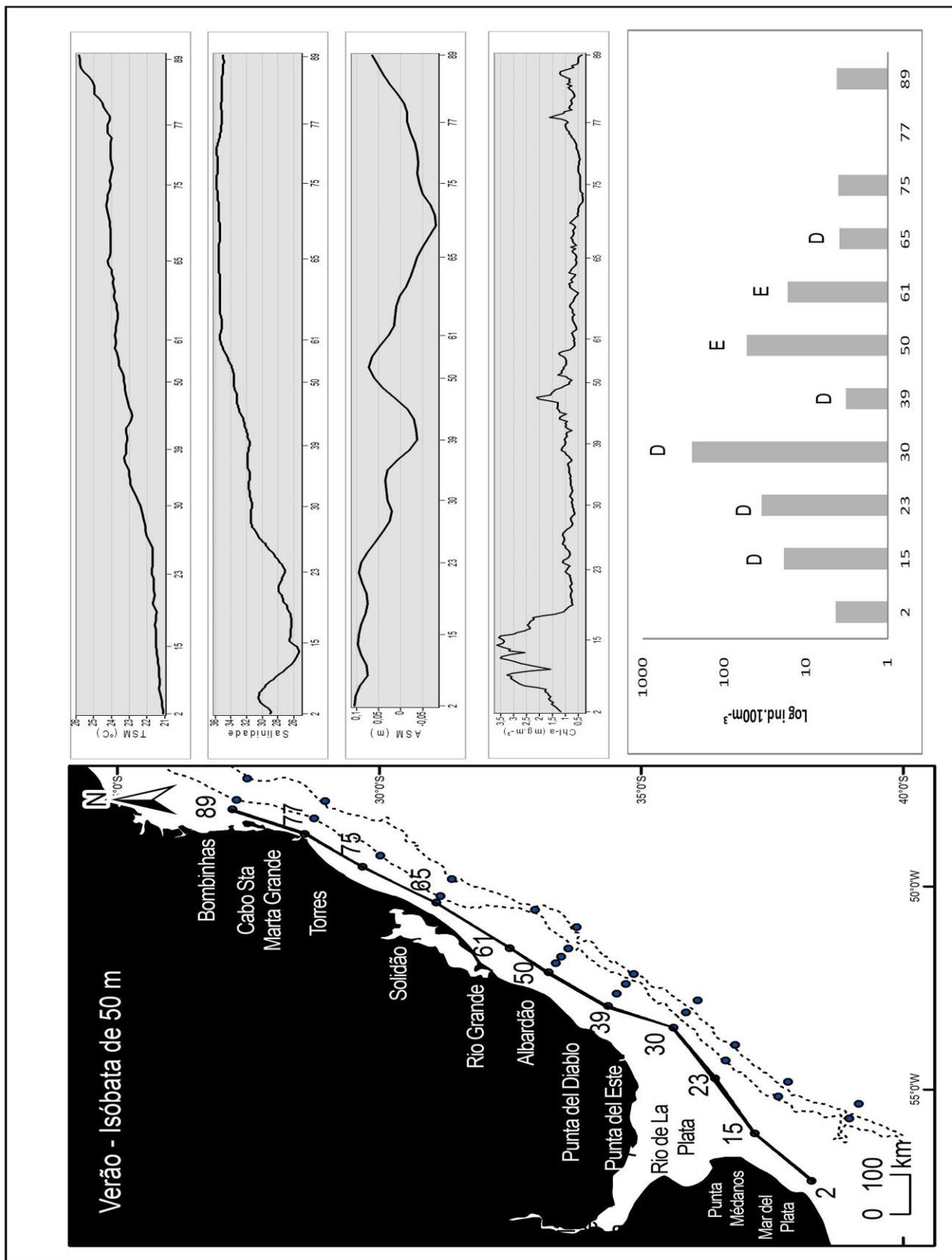


Figura 9. Distribuição latitudinal de temperatura da superfície do mar (TSM), salinidade da superfície do mar (SSM), anomalia da superfície do mar (ASM) e abundância de larvas (ind.100m⁻³) ao longo da isóbata de 50m no verão 2004. D, E e F representam os grupos de larvas de verão.

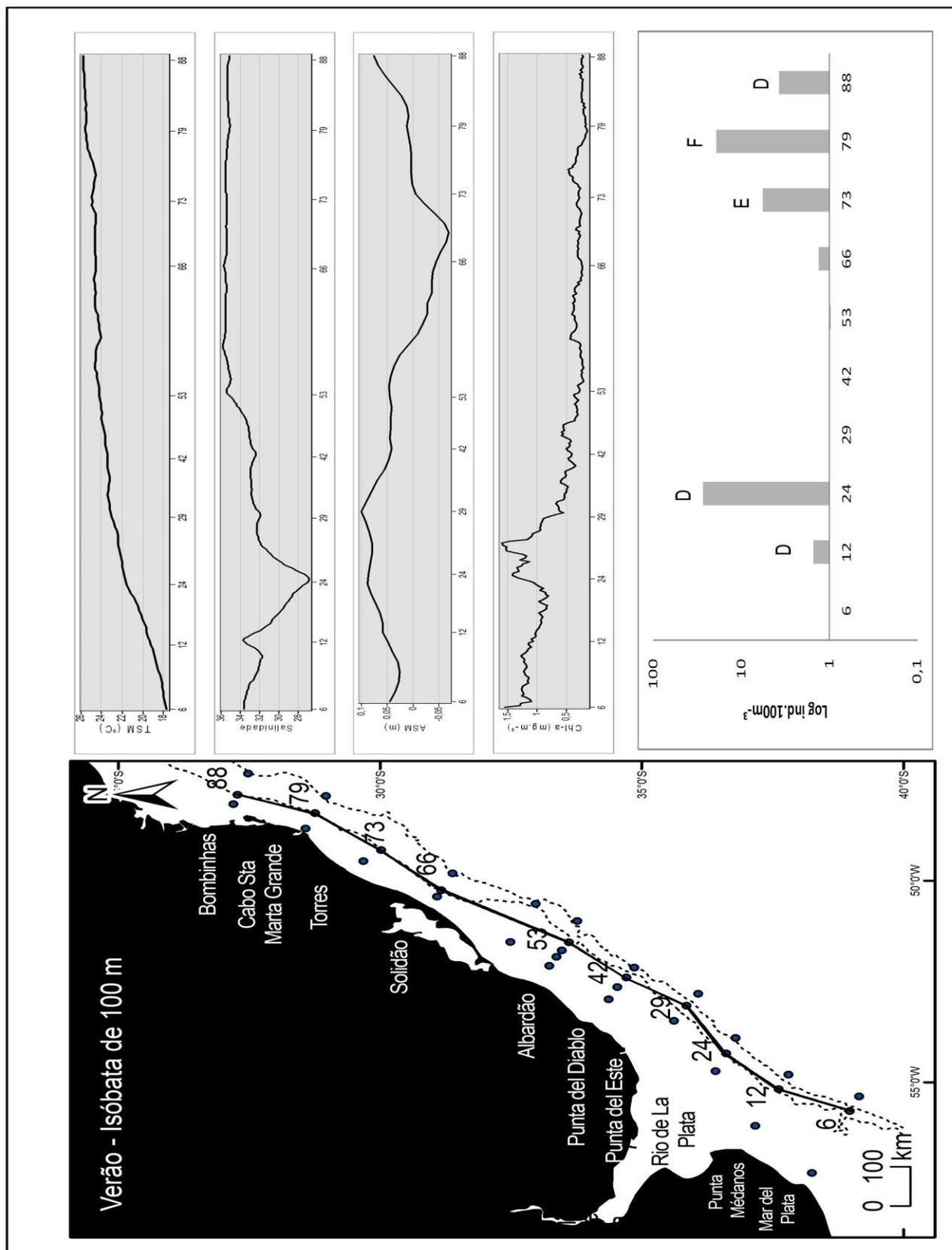


Figura 10. Distribuição latitudinal de temperatura da superfície do mar (TSM), salinidade da superfície do mar (SSM), anomalia da superfície do mar (ASM) e abundância de larvas (ind.100m⁻³) ao longo da isóbata de 100m no verão 2004. D, E e F representam os grupos de larvas de verão.

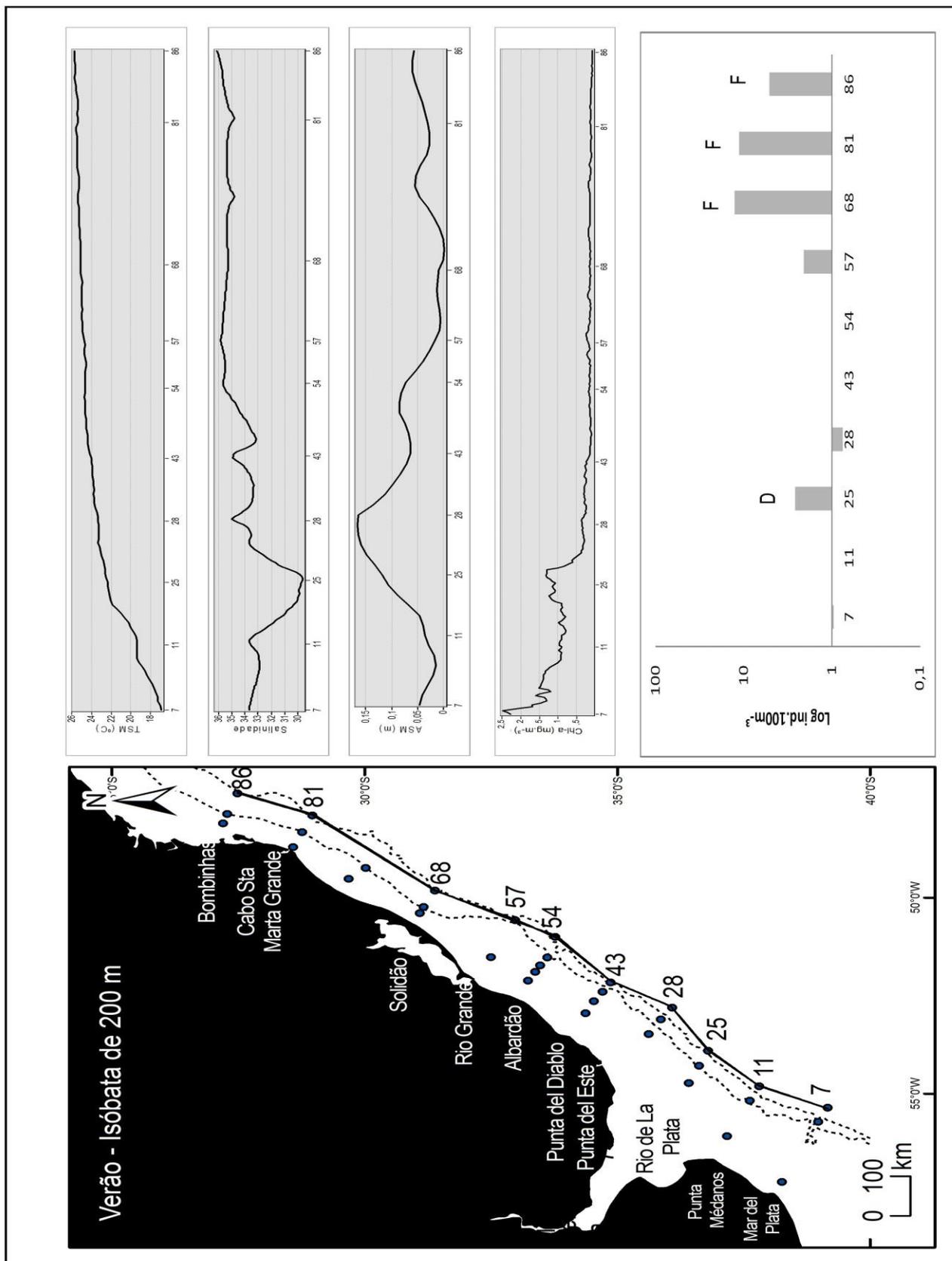


Figura 11. Distribuição latitudinal de temperatura da superfície do mar (TSM), salinidade da superfície do mar (SSM), anomalia da superfície do mar (ASM) e abundância de larvas (ind.100m⁻³) ao longo da isóbata de 200m no verão 2004. D, E e F representam os grupos de larvas de verão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desse trabalho mostram que as larvas de espécies de peixes identificadas foram distintas entre os dois períodos, e apenas 4 espécies ocorreram em ambos os períodos. Tanto no inverno quanto no verão, 3 assembleias foram determinadas: de plataforma, transicional e oceânica. A principal espécie, *E. anchoita*, destacou-se sobretudo pela elevada abundância sendo representativa do grupo de plataforma. A estrutura da assembleia ictioplânctônica na PCSAS é influenciada pela presença dos processos físicos de mesoescala.

A distribuição das assembleias ao longo da plataforma continental foi regida pelos gradientes de temperatura e salinidade. A partir desses gradientes, foi possível detectar regiões frontais que determinaram a posição exata da assembleia transicional que apresentou alta diversidade de espécies. A assembleia de plataforma foi registrada em áreas com alto teor de clorofila-*a*, com menores valores de salinidade e menores TSM, influência direta do aporte continental oriundo da pluma do rio de La Plata e da Lagoa dos Patos. A assembleia oceânica manteve sua distribuição ao longo da quebra de plataforma, tanto no inverno quanto no verão, sendo encontrada em águas mais quentes, altos valores de salinidade e baixos teores de clorofila-*a*.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia em Oceanografia Física, Química e Geológica – Instituto Oceanográfico- Universidade Federal do Rio Grande (FURG) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo apoio financeiro ao longo deste trabalho. Esse estudo utilizou dados do Projeto PLATA, financiando pelo Instituto Inter-Americano para Pesquisas em Mudanças Globais (IAI) através do auxílio CRN061 e CRN 2076, que são apoiados pela US National Science Foundation (NSF auxílio GEO-0452325).

REFERÊNCIAS

- Bjorkstedt, E.P., Rosenfeld, L.K., Grantham, B.A., Shkedy, Y. and Roughgarden, J. (2002), Distributions of larval rockfishes *Sebastes* ssp. across nearshore fronts in a coastal upwelling region, *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 242, pp. 215-228.
- Busoli, R.O. (2001), *Transporte e Retenção de Ovos e Larvas de Engraulis anchoita na Plataforma Continental do Sul do Brasil*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 77 p. + 2 apêndices.
- Castello, L. and Castello, J.P. (2003), Anchovy stocks (*Engraulis anchoita*) and larval growth in the SW Atlantic, *Fisheries Research*, Vol. 59, pp. 409-421.

- Field, J.G., Clarke, K.R. and Warwick, R.M. (1982), A practical strategy for analyzing multispecies distributions patterns, *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 8, pp. 37-52.
- Franco, B.C., Muelbert, J.H. and Mata, M.M. (2006), Mesoscale physical processes and the distribution and the composition of ichthyoplankton on the southern Brazilian shelf break, *Fisheries Oceanography*, Vol. 15, No. 1, pp. 37-43.
- Gaughan, D.J. (2007), Potential mechanisms of the influence of the Leeuwin Current eddy system on teleost recruitment to the Western Australian continental shelf, *Deep-Sea Research II*, Vol. 54, pp. 1129-1140.
- Govoni, J.J., Hoss, D.E. and Colby, D.R. (1989), The spatial distribution of larval fishes about the Mississippi River Plume, *Limnology and Oceanography*, Vol. 34, pp. 178 - 187.
- Haimovici, M., Martins, A.S. and Vieira, P.C., (1996), Distribuição e abundância de peixes teleósteos demersais sobre a plataforma continental sul do Brasil, *Revista Brasileira de Biologia*, Vol. 56, No. 1, pp. 27-50.
- Isari, S., Fragopoulou, N. and Somarakis, S. (2008), Interannual variability in horizontal patterns of larval fish assemblages in the northeastern Aegean Sea (eastern Mediterranean) during early summer, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 79, pp. 607-619.
- Itagaki, M.K. (1999), *Composição, Abundância e Distribuição de Larvas de Peixes Marinhos e sua relação com os fatores hidrográficos na Costa Sudeste do Brasil*, Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 208 p.
- Katsuragawa, M., Matsuura, Y., Suzuki, K., Dias, I.F. and Spach, H.L. (1993), O Ictioplâncton ao largo de Ubatuba, SP: Composição, Distribuição e Ocorrência Sazonal (1985-1988), *Publicação Especial Instituto Oceanográfico, São Paulo*, No.10, pp. 85 - 121.
- Katsuragawa, M., Muelbert, J.H. and Dias, J.F. (2006), O ictioplâncton na região entre o cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS), in Rossi-Wongtschowski C. and Madureira, L. (org.), *O ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil*, EDUSP, Brasil, Cap. 6, pp. 359-443.
- Krug, L.C. and Haimovici, M. (1991), Análise da pesca da enchova, *Pomatomus saltatrix* no Sul do Brasil, *Atlântica*, Vol. 13, pp. 119-129.
- Legesckis, R. and Gordon, A.L. (1982), Satellite observations of the Brazil and Falkland currents - 1975 to 1976 and 1978, *Deep-Sea Research*, Vol. 29, No. 3A, pp. 375-401.
- Lima, I.D. and Castello, J.P. (1995), Distribution and Abundance of South-west Atlantic Anchovy Spawners (*Engraulis anchoita*) in Relation to Oceanographic Processes in the Southern Brazilian Shelf, *Fisheries Oceanography*, Vol. 4, No. 1, pp. 1-16.

- Lima, I.D., Garcia, C.A.E. and Möller, O.O. (1996), Ocean surface processes on the southern Brazilian shelf: characterization and seasonal variability, *Continental Shelf Research*, Vol. 16, No. 10, pp. 1307-1317.
- Marcon, E.H. (2003), *As assembleias de larvas de peixes da plataforma continental do sul do Brasil e sua variação sazonal e interanual*, Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul.
- Matsuura, Y., Spach, H.L. and Katsuragawa, M. (1993), Distribution and Abundance of Two Species of Coldlet (Teleostei, Bregmacerotidae) Larvae from the South-eastern Brazilian Bight, *Fisheries Oceanography*, Vol. 2, No. 2, pp. 82-90.
- Matsuura, Y., Spach, H.L. and Katsuragawa, M. (1992), Comparison of Spawning Patterns of the Brazilian Sardine (*Sardinella brasiliensis*) and Anchoita (*Engraulis anchoita*) in Ubatuba Region, Southern Brazil during 1985 through 1988, *Boletim Instituto Oceanografico*, Vol. 40, pp. 369-378.
- Möller, O.O.Jr. and Piola, A.R. (2004), Summer Cruise report.
- Muelbert, J.H. and Sinque, C. (1996), Distribution of bluefish (*Pomatomus saltatrix*) larvae in the southern Brazilian continental shelf, *Marine Freshwater Research*, Vol.47, pp. 311-314.
- Muelbert, J.H., Acha, M., Mianzan, H., Guerrero, R., Reta, R., Braga, E.S., Garcia, V.M.T., Berasategui, A., Gomez-Erache, M. and Ramirez, F. (2008), Biological, physical and chemical properties at the Subtropical Shelf Front Zone in the SW Atlantic Continental Shelf, *Continental Shelf Research*, Vol.28, pp.1662-1673.
- Perry, R.I., Harding, G.C., Loder, J.W., Tremblay, H.J., Sinclair, M.M. and Drinkwater, K.F. (1993), Zooplankton distribution at the Georges Bank frontal system: retention or dispersion?, *Continental Shelf Research*, Vol. 13, pp. 357-383.
- Pereira, L.E. (1983), *Morfometria, Caracteres Merísticos, Osteologia e Alimentação dos Estágios Larvais e Distribuição de ovos e larvas de Merluza, Merluccius hubbsi (Gadiformes: Merlucciidae), na Plataforma Continental do Rio Grande do Sul*, Dissertação de Mestrado, Rio Grande, Universidade Federal do Rio Grande, 105 p.
- Piola, A.R., Muelbert, J.H. and Möller Jr, O.O. (2003), *The PLATA Winter Cruise 2003*, Cruise Report, 20 p.
- Piola, A.R., Möller Jr., O.O., Guerrero, R.A. and Campos, E.J.D. (2008), Variability of the subtropical shelf front off eastern South America: Winter 2003 and summer 2004, *Continental Shelf Research*, Vol 28, No. 13, pp. 1639-1648.

- Romero, S. (2008), *Estimaciones satelitales de clorofila y los frentes oceánicos del atlántico sudoccidental*, Tese de Doutorado, Universidade de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de La Atmósfera y los Océanos.
- Sabatés, A. and Olivar, M.P. (1996), Variation of larval fish distributions associated with variability in the location of a shelf-slope front, *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 135, pp. 11-20.
- Sabatés, A., Salat, J. and Pilar Olivar, M. (2001), Advection of Continental water as a export mechanism for anchovy, *Engraulis encrasicolus*, larvae, *Scientia Marina*, Vol. 65, Suppl. 1, pp. 77-87.
- Sabatés, A., Olivar, M.P., Salat, J., Palomera, I. and Alemany, F. (2007), Physical and biological processes controlling the distribution of fish larvae in the NW Mediterranean, *Progress in Oceanography*, Vol. 74, pp. 355-376.
- Sinque, C. and Muelbert, J.H., (1997), Ichthyoplankton. In: Seeliger U. Odebrecht C., Castello, J.P. (eds), *Subtropical Convergence environments: the coast and sea in the southwestern Atlantic*, Springer, Berlin Heidelberg New York, pp. 51-56.
- Vasconcellos, M.C. and Castello, M.P. (1996), Distribución de larvas de anchoíta (*Engraulis anchoita*) y el ambiente oceanográfico en el sur de Brasil, *Atlântica*, Vol. 18, pp. 77-100.
- Vaz, A.C., Parada, C.E., Palma, E.D., Muelbert, J.H. and Campos, E.J.D. (2007), Modelling transport and retention of *Engraulis anchoita* Hubbs and Marini, 1935 (Clupeiformes, Engraulidae) early life stages along the Central Southwestern Atlantic Continental Shelf, *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, Vol. 2, pp. 179-190.