

Influência meteorológica em população de *Sula leucogaster* (Aves, Sulidae) do Arquipélago de Moleques do Sul, sul do Brasil

Meteorological influence on a population of *Sula leucogaster* (Aves, Sulidae) at an Archipelago in the southern of Brazil

Daniela de Carvalho Melo^{1*}
danycmpf@gmail.com

Alvino Pedrosa Ferreira¹
alvinopf@yahoo.com.br

Mônica Camargo Campoe²
mocampoe@hotmail.com

Sergey Alex Araújo²
sergey@univali.br

Léo Lynce Valle de Lacerda²
leolynce@univali.br

Joaquim Olinto Branco^{1,2}
branco@univali.br

Resumo

O Arquipélago de Moleques do Sul apresenta grande importância para aves marinhas na costa brasileira, sendo um sítio reprodutivo de várias espécies. Para os atobás (*Sula leucogaster*), esse arquipélago representa o limite austral das colônias reprodutivas. Com o objetivo de verificar a influência de fatores ambientais no número de adultos e ninhos de *Sula leucogaster*, foram coletados dados populacionais dessa espécie para comparação com dados climáticos da região. Sete modelos de regressão múltipla foram gerados para confrontar dados de sexo, idade, número de ninhos e indivíduos, bem como mortalidade de adultos e filhotes, com dados de temperatura, umidade relativa do ar, precipitação, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e velocidade do vento. Os resultados demonstraram que o número de adultos esteve relacionado de forma positiva com a velocidade média do vento e negativa com a pressão atmosférica. A pressão também influenciou negativamente o número de filhotes, enquanto o número de ninhos foi afetado negativamente pela velocidade média do vento. A mortalidade de adultos e filhotes não pôde ser explicada pelas variáveis analisadas. As correlações encontradas neste trabalho corroboram informações presentes em literatura para outros trabalhos com aves marinhas em ilhas.

Palavras-chave: atobá, clima, ilhas.

Abstract

The Moleques do Sul Archipelago has great importance for seabirds on the Brazilian coast as it houses breeding populations of various species. This archipelago represents the southern limit for the breeding colonies of the brown boobies (*Sula leucogaster*). In order to verify the influence of environmental factors on the abundance of adults and nestling of a *Sula leucogaster* population, we collected population data of this species in the archipelago between 2002 and 2007 for comparison to climatological data of the region. We generated seven multiple regression models to confront sex, age, number of nests and specimens, as well as adult and offspring mortality, to temperature, relative humidity, precipitation, atmospheric pressure on sea level and wind speed. Results showed that adults were positively related to average wind speed and negatively related to atmospheric pressure. Pressure also negatively influenced offspring, whereas number of nests was negatively affected by average wind speed. Adult and offspring mortality could not be explained by the variables. The correlations found in this study corroborate literature information for other researches on seabird in islands.

Keywords: brown booby, climate, islands.

¹ Universidade Federal de São Carlos. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais. Rodovia Washington Luís, s/n, 13565-905, São Carlos, SP, Brasil.

² Universidade do Vale do Itajaí. Centro de Ciências Biológicas da Terra e do Mar (CTTMar). Rua Uruguai, 485, Bloco D3, Fazenda, 88302-202, Itajaí, SC, Brasil.

* Corresponding author

Introdução

As aves marinhas são conhecidas como predadoras de topo e indicadores do funcionamento e integridade do ecossistema marinho, apontando alterações em diferentes níveis tróficos (Crawford e Altwegg, 2009; Einoder, 2009). São influenciadas pela dinâmica dos oceanos, consideradas indicadores ambientais e úteis no monitoramento de flutuações climáticas, uma vez que estas alterações atuam diretamente sobre as condições do ambiente, excedendo a tolerância fisiológica das espécies e indiretamente na disponibilidade dos recursos alimentares e áreas para nidificação (Crawford e Altwegg, 2009; Einoder, 2009).

A Corrente das Malvinas atua nas regiões costeiras e oceânicas do sul e sudeste brasileiro (Silva Jr *et al.*, 1996) e juntamente com a corrente do Brasil, forma a confluência Brasil-Malvinas gerando um fenômeno de ressurgência costeira na região do Farol de Santa Marta (Acha *et al.*, 2004), próxima ao local de estudo. A influência das correntes superficiais é fundamental na produção primária e sobrevivência das populações de aves marinhas (Silva Jr *et al.*, 1996). O entendimento das respostas dessas aves às variações climáticas pode elucidar os efeitos do clima em seus diversos processos ecológicos (Reed *et al.*, 2006; Walther *et al.*, 2002).

O Arquipélago de Moleques do Sul está localizado a 12 km de Florianópolis, no sul do Brasil, onde é influen-

ciado pela Corrente das Malvinas (Walther *et al.*, 2002). É considerado o principal sítio de nidificação de aves marinhas na costa catarinense e limite austral das colônias reprodutivas do atobá, *Sula leucogaster* (BODDAERT, 1783) (Branco, 2004; Branco *et al.*, 2010). Essa espécie costuma migrar entre as regiões sul e sudeste e esporadicamente, até o litoral do Rio de Janeiro e Rio Grande do Norte (Efe *et al.*, 2006). Apesar de *S. leucogaster* realizar esses deslocamentos migratórios e ocorrer em quase toda a costa brasileira (Sick, 1997), existem informações escassas sobre as interações entre clima e a espécie. Neste trabalho foram avaliadas as possíveis relações entre o número de adultos e ninhegos de *S. leucogaster* em diferentes estágios de desenvolvimento com fatores ambientais, tais como temperatura, precipitação, umidade, velocidade do vento e pressão atmosférica.

Material e métodos

Área de estudo

O Arquipélago de Moleques do Sul é composto por três ilhas e está inserido no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, a maior unidade de conservação de proteção integral de Santa Catarina (Fatma, 2016), no sul do Brasil. As amostragens foram realizadas na ilha maior (27°51' S, 48°26' W) (Figura 1), com 124 m² e 100 m de

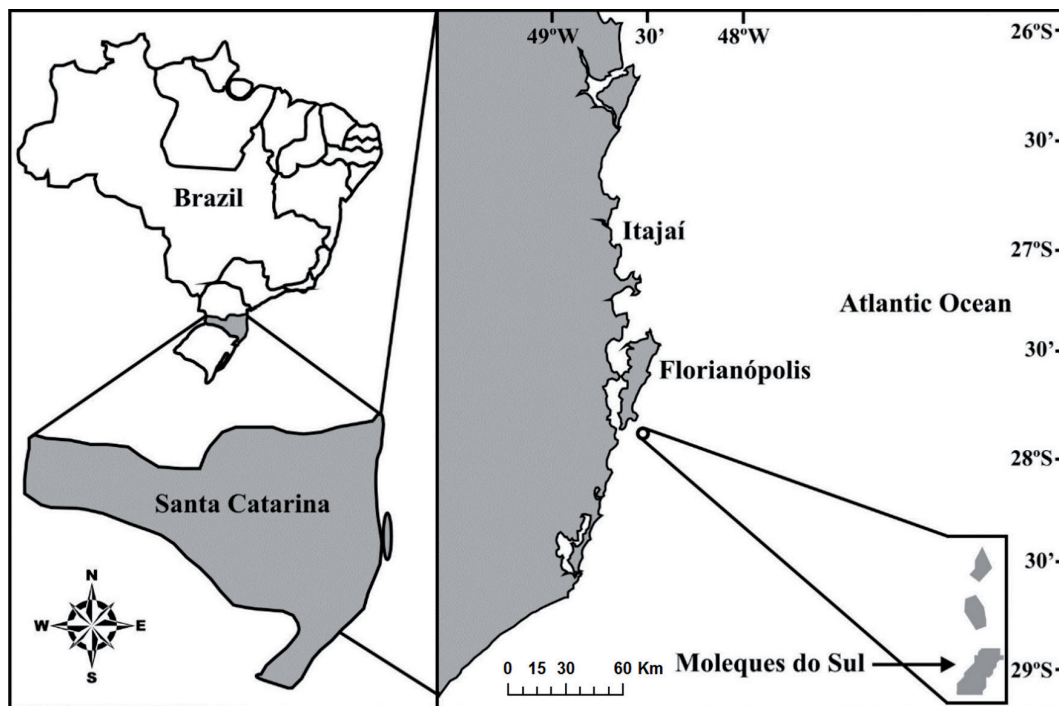


Figura 1. Localização do Arquipélago de Moleques do Sul no sul do Brasil. A seta indica a ilha onde o estudo foi realizado.
Figure 1. Location of Moleques do Sul Archipelago. The arrow indicates the island where the study was conducted.

altitude, ladeadas por paredões rochosos com o topo coberto por gramíneas, vegetação rasteira e arbustiva (Rogalski e Araújo, 2005).

Coleta de dados

Foram realizados censos visuais mensais entre janeiro de 2002 a dezembro de 2007, registrando o número de indivíduos de *S. leucogaster* adultos, machos, fêmeas, filhotes, ninhos e exemplares encontrados mortos na ilha. A contagem de adultos, independentemente da atividade no local e do dimorfismo sexual, foi feita separadamente no momento de chegada na ilha. Posteriormente realizou-se contagem direta de machos e fêmeas apenas em atividade reprodutiva. A separação dos indivíduos em três categorias distintas foi realizada com o intuito de verificar a influência das variáveis biológicas e meteorológicas separadamente.

Os dados climatológicos utilizados foram mensais, obtidos na Estação do Aeroporto Hercílio Luz, de Florianópolis, devido à proximidade com arquipélago (21,09 km). Foram usadas duas bases de dados: Banco de Dados Climatológicos do Comando da Aeronáutica – ICEA (Instituto do Controle do Espaço Aéreo) e Banco de dados da wunderground.com – Weather Underground, In. Dessas bases, foram obtidas a média das temperaturas máxima e mínima e a média mensal (°C), umidade relativa do ar média (%), média da pressão atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa), velocidade máxima e média do vento (km/h) e precipitação (mm).

Análise de dados

As relações entre as variáveis foram elucidadas em três etapas, através do índice de correlação linear de Pearson ($p < 0,05$). Inicialmente foram testadas as correlações entre as variáveis biológicas, consideradas dependentes. Após, similarmente, foram testadas as correlações entre as variáveis climáticas, consideradas independentes. Por último, foram utilizados modelos lineares regressivos múltiplos entre as variáveis independentes e cada uma das dependentes selecionadas.

Sete modelos regressivos múltiplos foram obtidos para as variáveis dependentes anteriormente mencionadas. Um exame prévio das correlações entre as possíveis variáveis independentes e as dependentes, e das colinearidades entre as variáveis independentes, foi realizado para seleção das variáveis independentes a serem incorporadas no modelo múltiplo. Deste exame foram selecionadas as variáveis climatológicas: precipitação, umidade média, temperatura média, velocidade média do vento e pressão atmosférica.

Ambos os conjuntos de variáveis foram testados quanto à normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk ao nível de 5%, tendo sido considerados normais. As análises foram efetuadas com o aplicativo Statistica v. 6 (Statsoft, 2016).

Resultados

O maior número de registros anuais de indivíduos de *S. leucogaster* ocorreu em 2005, com machos dominando as amostragens, seguidos por fêmeas e filhotes, enquanto adultos, independentemente da atividade e de ambos os sexos, e ninhos foram mais tiveram maior número de registros em 2002. Já o menor número de registros de adultos, fêmeas e ninhos ocorreu em 2004, de machos, em 2007 e de filhotes, em 2006. Em geral, o número de registros de adultos mortos foi superior ao de filhotes mortos em todos os anos, exceto em 2003 quando a mortalidade de adultos e filhotes foi similar. O maior número de registros de adultos mortos ocorreu em 2002 e 2006 e de filhotes, em 2006. O número de registros anual de filhotes mortos foi similar durante o período de estudo, exceto em 2007 quando ocorreu o menor número de registros (Tabela 1).

Dentre as variáveis climáticas, a pressão atmosférica apresentou padrão semelhante de flutuação ao longo dos anos, com os menores valores ocorrendo durante os meses de verão e os mais elevados no inverno (Tabela 2). Acompanhando os sistemas de baixa pressão, ocorreram os maiores índices de precipitação, temperaturas e intensida-

Tabela 1. Número de indivíduos registrados por categoria e de ninhos de *S. leucogaster*, por ano de amostragem, no período de 2002 a 2007, no Arquipélago Moleques do Sul, SC. A categoria 'adultos' inclui todos os indivíduos adultos, independentemente de atividade e do sexo. As categorias 'machos' e 'fêmeas' são relativas apenas aos indivíduos em atividade reprodutiva.

Table 1. Number of specimens registered by category and nests of *S. leucogaster* per sampling year, between 2002 and 2007, at Moleques do Sul Archipelago, southern Brazil. The 'adult' category takes into account every individual dwelling in the Archipelago. 'Males' and 'females' refer to reproductive individuals only.

Anos	Adultos	Machos	Fêmeas	Ninhos	Filhotes	Adultos mortos	Filhotes mortos
2002	6749	1418	1319	916	916	21	4
2003	4401	1553	1494	786	771	5	5
2004	4311	1518	1411	457	758	13	6
2005	6010	1952	1858	845	1380	10	6
2006	4876	1816	1800	858	659	21	9
2007	5770	1674	1690	805	993	6	3

Tabela 2. Normais climatológicas no entorno do Arquipélago Moleques do Sul, Santa Catarina, Brasil, no período de 2002 a 2007.
Table 2. Climatological values in the surroundings of the Moleques do Sul Archipelago, southern Brazil, between 2002 and 2007.

Variáveis	Anos					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Temperatura média (°C)	21,12	21,03	20,73	21,45	21,13	21,10
Média das mínimas (°C)	19,00	18,56	18,59	19,13	18,63	18,84
Média das máximas (°C)	24,19	24,51	23,65	24,60	24,37	24,35
Velocidade média do vento (km/h)	9,33	8,21	10,26	10,11	10,35	10,51
Média das máximas (km/h)	19,75	19,83	19,50	20,50	21,33	21,33
Umidade relativa média do ar (%)	84,31	77,75	80,39	81,59	81,73	84,29
Média das mínimas (%)	64,05	58,42	57,51	56,00	56,68	59,82
Média das máximas (%)	96,92	92,99	94,81	96,46	96,40	98,38
Pressão atmosférica (hpa)	1.015,65	1.016,27	1.016,74	1.016,22	1.015,83	1.015,85
Precipitação média (mm)	130,57	90,81	131,91	146,90	104,68	101,00

Tabela 3. Correlações entre as variáveis biológicas de população de *S. leucogaster* de Moleques do Sul, Santa Catarina, sul do Brasil, e sua significância ao nível de 5% (*) e 1% (**). A categoria 'adultos' inclui todos os indivíduos adultos, independentemente de atividade e do sexo. As categorias 'machos' e 'fêmeas' são relativas apenas aos indivíduos em atividade reprodutiva.

Table 3. Correlations between biological variables for a population of *S. leucogaster* at Moleques do Sul Archipelago, southern Brazil, and their significance level on 5% (*) and 1% (**). The 'adult' category takes into account every individual dwelling in the Archipelago. 'Males' and 'females' refer to reproductive individuals only.

Variáveis	Adulto	Filhotes	Ninho	Macho	Fêmea	Adultos mortos
Adultos	-	-	-	-	-	-
Filhotes	0,27	-	-	-	-	-
Ninhos	0,36	-0,14	-	-	-	-
Machos	0,45	0,23	0,25	-	-	-
Fêmeas	0,47	0,19	0,27	0,97	-	-
Adultos mortos	-0,17	-0,20	-0,12	-0,13	-0,09	-
Filhotes mortos	-0,01	-0,05	0,13	0,08	0,13	0,41

de de vento. A precipitação foi a variável que mais oscilou durante as amostragens, mantendo baixos índices pluviométricos no inverno e elevados no verão, com maior valor médio em 2005 (Tabela 2). A média da velocidade máxima do vento foi praticamente constante durante o período de estudo, em torno dos 20 km/h. No caso da umidade relativa do ar média, essa constância também foi observada (Tabela 2).

Embora os eventos climáticos modifiquem algumas características da circulação atmosférica, é possível observar um padrão na ocorrência das variáveis físicas estudadas, com valores de correlação significativos. Das 71 combinações, dez casos (14%) foram explicados pelo modelo (Tabela 3). O número de registros de ninhos, filhotes, machos e fêmeas esteve positivamente relacionado com o número de adultos de forma geral, independentemente da atividade e do sexo. Os filhotes apresentaram maior relação com os machos ($p = 0,003$) e os ninhos com as fêmeas ($p = 0,004$). Os adultos mortos estiveram fortemente correlacionados com o número de filhotes mortos ($p = 0,0001$), ou seja, quanto mais elevada a quantidade de adultos mortos, maior a de filhotes mortos (Tabela 3).

As variáveis físicas (independentes) que caracterizaram o Arquipélago de Moleques do Sul durante os seis anos de estudo estiveram correlacionadas em 17 (24%) dos 71 casos possíveis (Tabela 4), sendo que quanto maior a pressão atmosférica, menores as temperaturas. A precipitação esteve fortemente relacionada com as temperaturas média ($p = 0,002$) e mínima ($p = 0,001$), bem como com a umidade relativa do ar mínima média ($p = 0,030$) e com a velocidade média máxima do vento ($p = 0,012$) (Tabela 4). A pressão atmosférica apresentou relação inversa com a precipitação, onde quanto maior a pressão menor a precipitação. As umidades relativas mínima, máxima e média do ar apresentaram correlação entre si, estando relacionadas com a velocidade média máxima do vento, porém de modo negativo ($p = -0,037$). A velocidade média do vento indica que quanto maior seu valor, menor a média da temperatura máxima ($p = -0,008$) (Tabela 4).

Os resultados dos modelos regressivos múltiplos estão apresentados na Tabela 5, onde foram significativos para adultos, filhotes e ninhos e não significativos para machos, fêmeas, adultos mortos e filhotes mortos. Em contrapartida, os filhotes e ninhos mostraram alta significância e coeficientes de determinação acima de 30%.

Tabela 4. Correlações entre as variáveis climatológicas no entorno do Arquipélago Moleques do Sul, Santa Catarina, Brasil, e sua significância ao nível de 5% (*) e 1% (**). Tmédia: Pressão: Pressão atmosférica; Tmáx: Média da temperatura máxima; Temperatura média do ar; Tmín: Média da temperatura mínima; Umáx: Média da umidade relativa do ar máxima; Uméd: Umidade relativa do ar média; Umín: Média da umidade relativa do ar mínima; Vmáx: Média da Velocidade Máxima do Vento; Vmed: Velocidade média do vento.

Table 4. Correlations between climatological variables in the surroundings of the Moleques do Sul Archipelago, southern Brazil, and their significance level on 5% (*) and 1% (**). Pressão: Atmospheric pressure; Tmáx: Average maximum temperature; Tmédia: Average air temperature; Tmín: Average minimum temperature; Umáx: Average maximum relative air humidity; Uméd: Average relative air humidity; Umín: Average Minimum relative air humidity; Vmáx: Average Maximum Wind Speed; Vmed: Average wind speed.

Variável	Tmédia (°C)	Tmáx (°C)	Tmín (°C)	Pressão (hpa)	Uméd (%)	Umáx (%)	Umín (%)	Vméd (km/h)
Tmédia (°C)	-	-	-	-	-	-	-	-
Tmáx (°C)	0,98**	-	-	-	-	-	-	-
Tmín (°C)	0,99**	0,95**	-	-	-	-	-	-
Pressão (hpa)	-0,90**	-0,85**	-0,90**	-	-	-	-	-
Uméd (%)	-0,15	-0,22	-0,07	0,12	-	-	-	-
Umáx (%)	-0,12	-0,10	-0,11	0,17	0,75**	-	-	-
Umín (%)	0,12	0,07	0,17	-0,10	0,56**	0,36*	-	-
Vméd (km/h)	-0,22	-0,31*	-0,18	0,09	0,13	0,03	-0,22	-
Vmáx (km/h)	0,06	0,04	0,07	-0,10	-0,01	0,07	0,03	0,14

Tabela 5. Significância (p) e coeficiente de determinação (R^2) dos modelos de regressão linear múltipla gerados para as variáveis dependentes da população de *S. leucogaster* de Moleques do Sul, Santa Catarina, Brasil. A categoria 'adultos' inclui todos os indivíduos adultos, independentemente de atividade e do sexo. As categorias 'machos' e 'fêmeas' são relativas apenas aos indivíduos em atividade reprodutiva.

Table 5. Significance (p) and coefficient of determination (R^2) of multiple linear regression models generated for the dependent variables of the population of *S. leucogaster* at Moleques do Sul Archipelago, southern Brazil. The 'adult' category takes into account every individual dwelling in the Archipelago. 'Males' and 'females' refer to reproductive individuals only.

Variáveis dependentes	p	R^2
Adultos	0,0055	0,1455
Machos	0,0930	0,0719
Fêmeas	0,1437	0,0534
Filhotes	<0,0001	0,4091
Ninhos	<0,0001	0,3257
Adultos Mortos	0,1376	0,0553
Filhotes Mortos	0,6985	0,0320

Quando examinada a influência das variáveis independentes no número de adultos, foram significativas a pressão atmosférica ($p = 0,0178$), com correlação semiparcial negativa de 0,27, e a velocidade média do vento ($p = 0,0471$), com correlação semiparcial positiva de 0,23. Ambas as variáveis apresentaram tolerância adequada para permanecerem no modelo (0,76 e 0,98, respectivamente) (Figura 2). Para o número de filhotes, somente a pressão apresentou significância ($p = 0,0013$), com correlação semiparcial negativa de -0,32 e tolerância de 0,81 (Figura 3). Para o número de ninhos, somente a velocidade média do vento apresentou significância ($p = 0,0011$), com correlação semiparcial negativa de -0,32 e tolerância de 0,82 (Figura 4).

Discussão

Flutuações nos valores de variáveis biológicas, como observadas na população de *S. leucogaster*, como resposta a variáveis abióticas são comuns, visto que os organismos e o ambiente estão inter-relacionados (Chen, 2013; Qian 2010). A variação nos eventos climatológicos (por exemplo, El Niño/La Niña), processos oceanográficos, disponibilidade de alimento e diversos fatores ambientais podem exceder a tolerância fisiológica de uma espécie, gerando

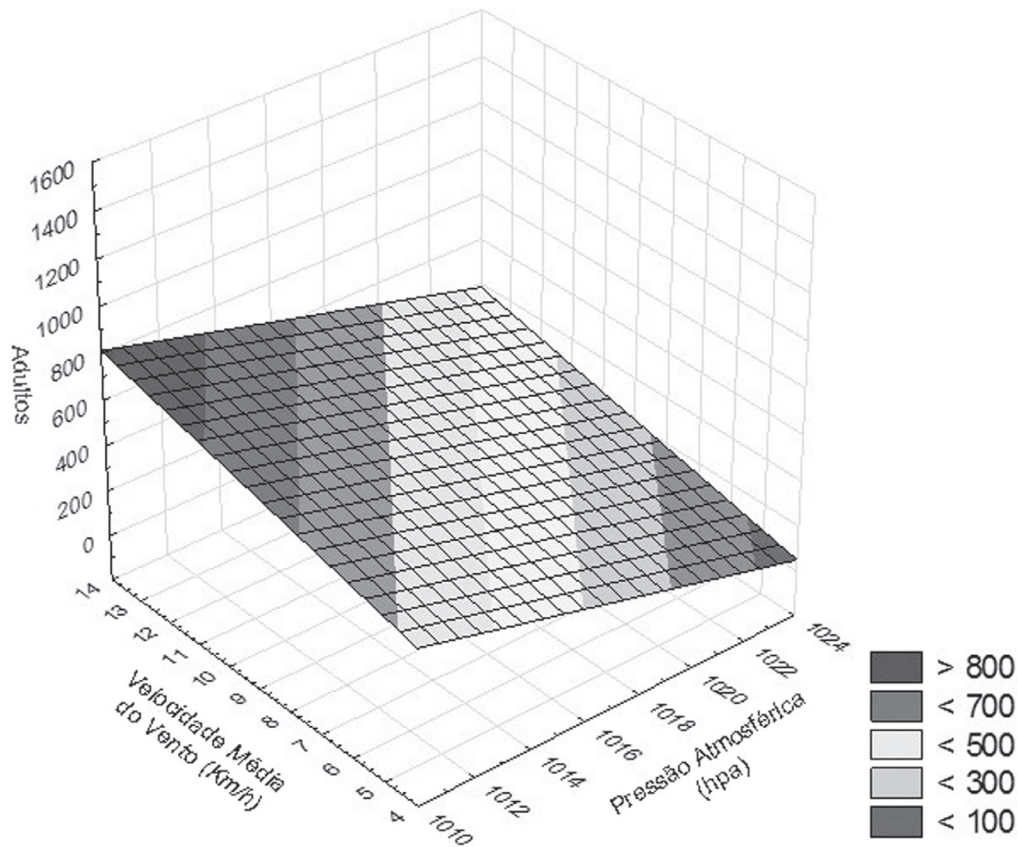


Figura 2. Correlação entre o número de adultos e variáveis climáticas (pressão atmosférica e velocidade média do vento) para a população de *S. leucogaster* de Moleques do Sul, Santa Catarina, sul do Brasil.

Figure 2. Correlation between number of adults and climatic factors (atmospheric pressure and average wind speed) for the population of *S. leucogaster* at Moleques do Sul Archipelago, southern Brazil.

respostas biológicas como redução da capacidade reprodutiva, dificuldade de forrageio, mudança de rotas migratórias, entre outros (Ainley *et al.*, 2005; Chambers *et al.*, 2009). Embora durante o período de estudo tenha ocorrido transição de um evento de El Niño, de intensidade moderada (2002-2003) para fraca (2004-2006) (INPE/CPTEC, 2016), o curto período de tempo abrangido impossibilita uma relação concisa entre características biológicas da espécie e tais eventos climatológicos. A população encontrada no arquipélago é considerada estável a partir de pesquisas desenvolvidas por seis anos por Branco *et al.* (2010, 2013). Em estudos com duração de 10 a 24 anos na Austrália (King *et al.*, 1992; Chambers *et al.*, 2009), redução no sucesso reprodutivo, reprodução tardia e inibição do crescimento de ovos de aves marinhas foram associados com eventos de El Niño.

Os valores obtidos para as variáveis climatológicas corroboram padrões esperados para a região sul do Brasil (Monteiro e Furtado 1995; Nimer 1989; Wrege *et al.*, 2011). A alternância entre os sistemas de alta e baixa

pressão nas estações do ano ditam o regime climático da região, já que o clima é controlado pela posição e intensidade da alta subtropical do Atlântico Sul (Cavalcanti *et al.*, 2009; Nimer 1989). Além disso, a variação em fatores climáticos específicos, como a temperatura média do ar, está bastante ligada à latitude, à longitude e ao relevo, devido à relação inversa entre altitude e temperatura, não tão importante para um sítio pontual como um arquipélago (Fritzsons *et al.*, 2016; Wrege *et al.*, 2011). O conhecimento desses valores e sua relação com eventos do ciclo de vida da espécie podem auxiliar a explicar a estabilidade da sua população no arquipélago (Branco *et al.*, 2010, 2013). Esse é o caso da Corrente das Malvinas, que através de sua confluência Brasil-Malvinas, é responsável por uma grande ressurgência de nutrientes. Tal fenômeno propicia energia para a teia alimentar nas áreas de alimentação onde a espécie forrageia, gerando abundância de disponibilidade de recursos (Silva Jr *et al.*, 1996; Acha *et al.*, 2004). Portanto, tais correntes oceânicas influenciam positivamente na manutenção da população na região.

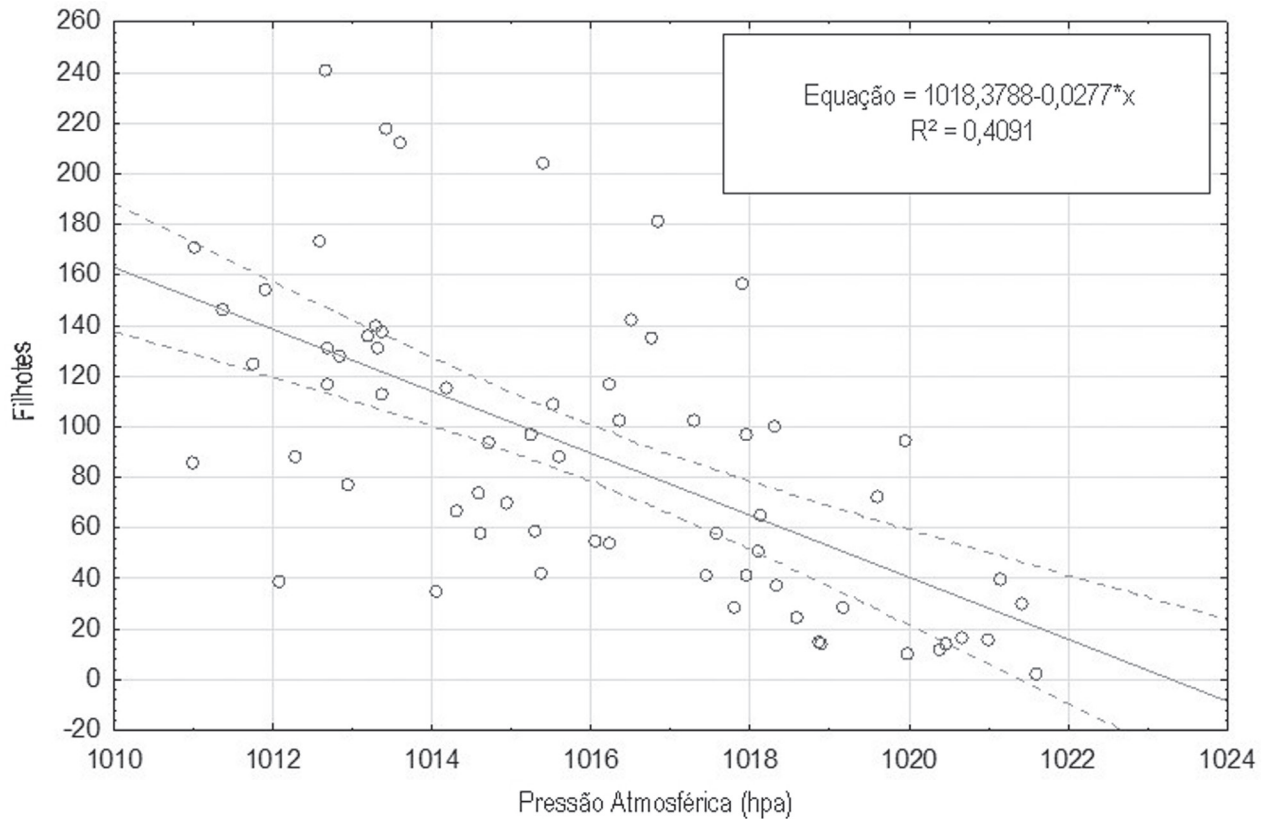


Figura 3. Correlação entre o número de filhotes e pressão atmosférica para a população de *S. leucogaster* de Moleques do Sul, Santa Catarina, sul do Brasil.

Figure 3. Correlation between offspring and atmospheric pressure for the population of *S. leucogaster* at Moleques do Sul Archipelago, southern Brazil.

As correlações encontradas entre os adultos, ninhos e filhotes de *S. leucogaster*, no presente estudo, corroboram resultados de uma pesquisa realizada na Ilha dos Currais, onde as fêmeas despendem mais tempo incubando do que os machos, e esses passam mais tempo junto dos filhotes (Martins e Dias, 2003). Além disso, outra forte correlação encontrada entre adultos e filhotes pode derivar do fato de os filhotes serem dependentes do cuidado parental até cerca do sexto mês de vida. As estratégias para alcançar sucesso reprodutivo variam entre os sexos, com os machos buscando investir em número de cópulas, enquanto as fêmeas se dedicam a uma maior fidelidade ao sítio reprodutivo (Branco *et al.*, 2010). Uma pequena redução na taxa de sobrevivência dos adultos, geralmente causa um impacto elevado na colônia (Hunt, 2001), pois o cuidado parental é a garantia de sobrevivência dos filhotes, onde as fêmeas asseguram a maior oferta de alimento (Martins e Dias, 2003). Por vezes, é possível que ocorra o abandono de indivíduos devido a possíveis fases de baixa disponibilidade de alimento ou condições ambientais desfavoráveis (Branco *et al.*, 2013), o que pode estar relacionado à correlação entre adultos e filhotes mortos.

As associações encontradas através da autocorrelação entre as variáveis climatológicas estão de acordo com o estudo de Monteiro e Furtado (1995), onde as maiores pressões estão associadas com massas de ar polares, ocasionando baixas temperaturas inverniais. A relação inversa entre a pressão atmosférica e a precipitação indica que a instabilidade do tempo está relacionada com os sistemas de baixa pressão atmosférica (Cavalcanti *et al.*, 2009; Fritzsos *et al.*, 2016; Wrege *et al.*, 2011).

Provavelmente, a dinâmica populacional dos atobás pode estar associada ao sistema de alta pressão, pois quanto menor a pressão, maior a abundância de adultos e filhotes. Além disso, é no primeiro inverno de vida que ocorre a maior mortalidade de aves marinhas devido à menor habilidade em captura de presas (Hunt, 2001). Já a precipitação causada por sistemas de baixa pressão não influenciou aspectos biológicos por ter oscilado bastante durante a amostragem, apesar desta ser uma das variáveis que mais influenciam no meio ambiente (Minuzzi e Lopes, 2014). É provável que esta oscilação represente valores toleráveis pela espécie, que seria influenciada apenas diante de eventos de maior intensidade.

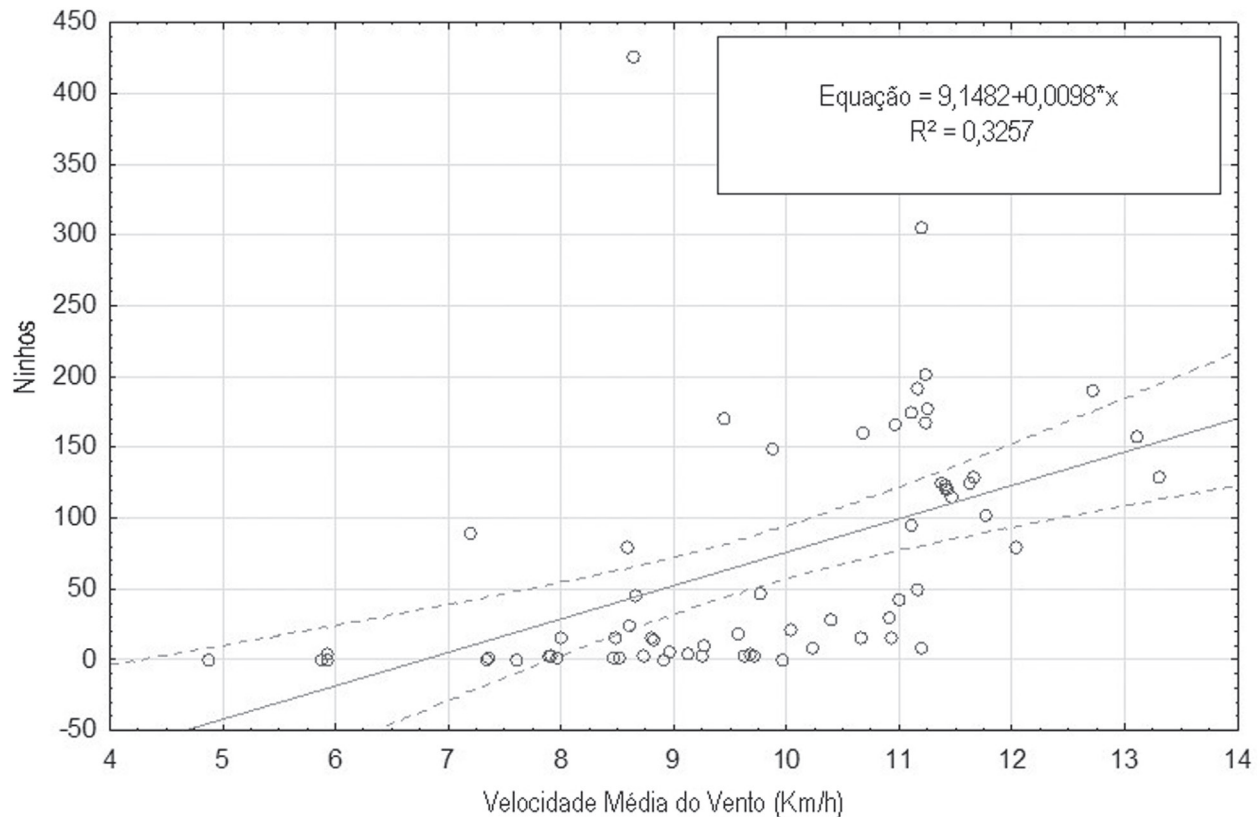


Figura 4. Correlação entre número de ninhos e velocidade média do vento para população de *S. leucogaster* de Moleques do Sul, Santa Catarina, sul do Brasil.

Figure 4. Correlation between number of nests and average wind speed for the population of *S. leucogaster* at Moleques do Sul Archipelago, southern Brazil.

A velocidade do vento é uma variável importante na sobrevivência de *S. leucogaster* no Arquipélago de Moleques do Sul. Os indivíduos buscam tirar o melhor proveito dos efeitos que o vento produz, minimizando o gasto energético (Liechti, 2006). A estratégia de forrageio dos atobás, voo planado, consiste em movimentos de “pairar” no ar, buscando visualizar as presas potenciais (Nelson, 1980; Sick, 1997). Ventos de intensidade moderada auxiliam nesse tipo de voo (Liechti, 2006), otimizando, portanto, o forrageio. Ventos de intensidade forte (14 km/h) dificultam a visualização dos peixes e os amenos (4 km/h) impossibilitam o ato de pairar no ar (Liechti, 2006; Hunt, 2001). Tal fato é consistente com os resultados encontrados para a população de atobás de Moleques do Sul, onde os maiores números de indivíduos registrados correspondem a períodos de ventos moderados (8 km/h) segundo a escala de Beaufort. Entretanto, a maior concentração de ninhos na época de ventos mais amenos sugere aporte eficiente de alimento aos filhotes, menor risco de deslocamento desses e de ovos para fora dos ninhos (Schreiber e Burger, 2002).

Nenhum dos parâmetros meteorológicos utilizado no modelo de regressão apresentou importância significativa para explicar o número de adultos e filhotes mortos. Entretanto, presume-se que a disponibilidade de alimentos, cuidado parental e abandono de parte da população reprodutiva durante o período (Branco *et al.*, 2013), assim como competição intra e inter-específica e/ou doenças, representam variáveis que podem ter contribuído com a mortalidade.

Conclusão

Independentemente do grau de intensidade, todas as variáveis climatológicas utilizadas no trabalho influenciaram aspectos populacionais de *S. leucogaster* nas Ilhas Moleques do Sul, com exceção da precipitação. Embora esta última seja uma variável que pode ter considerável importância em regiões mais suscetíveis às pancadas de chuva, a população de atobás do Arquipélago Moleques do Sul tolera diferentes elementos climáticos de acordo com a faixa etária entre os indivíduos. A partir de dados disponíveis na literatura foi possível a compreensão de que,

em muitos casos, o insucesso na população de aves marinhas está intimamente ligado à produtividade oceânica, a qual, por sua vez, é controlada pela circulação atmosférica. A influência da corrente das Malvinas, de alta produtividade, juntamente com o marco de ser o limite austral para a reprodução de *S. leucogaster*, demonstra a importância do Arquipélago de Moleques do Sul para a conservação das populações da espécie. Recomenda-se para futuros trabalhos a adição de variáveis oceanográficas, a fim de melhorar a compreensão dos fatores ambientais no sucesso populacional das aves marinhas.

Agradecimentos

A CAPES pela bolsa de doutorado concedida a Daniela Carvalho Melo; Alvino Pedrosa Ferreira, ao CNPq pela bolsa de produtividade a Joaquim Olinto Branco e aos revisores anônimos deste periódico pelas contribuições.

Referências

- ACHA, E.M.; MIANZAN, H.W.; GUERRERO, R.A.; FAVERO, M.; BAVA, J. 2004. Marine fronts at the continental shelves of Austral South America. Physical and ecological process. *Journal of Marine Systems*, **44**(2004):83-105. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2003.09.005>
- AINLEY, D.G.; SPEAR, L.B.; TYNAN, C.T.; BARTH, J.A.; PIERCE, S.D.; FORD, R.G.; COWLES, T.J. 2005. Physical and biological variables affecting seabirds distributions during the upwelling season of the northern California Current. *Deep-Sea Research*, **52**(1-2):123-143. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2004.08.016>
- BRANCO, J.O. 2004. *Aves Marinhas e Insulares Brasileiras, bioecologia e conservação*. Itajaí, UNIVALI, 266 p.
- BRANCO, J.O.; FRACASSO, H.A.A.; EFE, M.A.; JÚNIOR, J.J.B.; MANOEL, F.C.; EVANGELISTA, C.L. 2010. O atobá-pardo *Sula leucogaster* (Pelecaniformes: Sulidae) no Arquipélago Moleques do Sul, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Ornithologia*, **18**(3):222-227. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032013000400004>
- BRANCO, J.O.; FRACASSO, H.A.A.; MORAES-ORNELLAS, V.S.M. 2013. Reprodução e tendências demográficas do atobá-pardo (*Sula leucogaster*) no Arquipélago de Moleques do Sul, Santa Catarina, Brasil. *Biota Neotropica* **13**(4):1-7.
- CAVALCANTI, I.F.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J.; SILVA DIAS, M.A.F. 2009. *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo, Oficina de Textos, 463 p.
- CHAMBERS, L.E.; CONGDON, B.C.; DUNLOP, N.; DANN, P.; DEVNEY, C. 2009. Seabirds and Climate Change. In: E.S. POLOZANSKA; A.J. HOBDA; A.J. RICHARDSON (ed.), *A Marine Climate Change Impacts and Adaptation Report Card for Australia*. Gold Coast, NCCARF Publication, p. 1-18.
- CHEN, Y. 2013. Global environment- and space-richness ranking relationships: The effects of interaction and high-order terms of explanatory variables. *Open Journal of Ecology*, **3**(6):389-394. <https://doi.org/10.4236/oje.2013.36044>
- CRAWFORD, R.J.M.; ALTEWEGG, R. 2009. Seabirds and climate change in southern African – some considerations. In: D.M. HAREBOTLE; A.J.F.K. CRAIG; M.D. ANDERSON; H. RAKOTOMANANA; M. MUCHAI (ed.), *Proceedings of the 12th Pan-African Ornithological Congress*. Cape Town, Animal Demography Unit, p. 1-5.
- EFE, M.A.; OLIVEIRA, A.C.; KANEGAE, M.F.; ALVES, V.S.; ROSÁRIO, L.A.; SCHERER-NETO, P. 2006. Análise dos dados de recuperação de *Sula* spp. (Pelecaniformes, Sulidae) ocorridas no Brasil entre 1981 e 2000. *Ornithologia*, **1**(2):125-133.
- EINODER, L.D. 2009. A review of the use of seabirds as indicators in fisheries and ecosystem. *Fisheries Research*, **95**(1):6-13. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2008.09.024>
- FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; WREGE, M. S. 2016. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no Estado de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, **18**:80-92. <https://doi.org/10.5380/abclima.v18i0.39471>
- FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE, FATMA. 2016. Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. Disponível em: <http://www.fatma.sc.gov.br/conteudo/parque-estadual-da-serra-do-tabuleiro>. Acesso em: 21/05/2016.
- HUNT, G.L. 2001. Seabird Population Dynamics. In: J.H. STEELE; S.A. THORPE; K.K. TUREKAIN (ed.), *Encyclopedia of Ocean Sciences*. London, Academic Press, p. 2660-2663. <https://doi.org/10.1006/rwos.2001.0234>
- INPE/CPTEC. 2016. El niño e La niña. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Accessed on: April 21st, 2016. Acesso em: 21/05/2016.
- KING, B.R.; HICKS, J.T.; CORNELIUS, J. 1992. Population changes, breeding cycles and breeding success over six years in a seabird colony at Michaelmas Cay, Queensland. *Emu*, **92**:1-10. <https://doi.org/10.1071/MU9920001>
- LIECHTI, F. 2006. Birds: blowin' by the wind? *Journal of Ornithology*, **147**(2):202-211. <https://doi.org/10.1007/s10336-006-0061-9>
- MARTINS, F.C.; DIAS, M.M. 2003. Cuidado Parental de *Sula leucogaster* (Boddaert) (Aves, Pelecaniformes, Sulidae) nas Ilhas dos Currais, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **20**(4):583-589. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752003000400004>
- MINUZZI, R.B.; LOPEZ, F.Z. 2014. Variabilidade de índices de chuva nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. *Bioscience Journal*, **30**(3):697-706.
- MONTEIRO, M.A.; FURTADO, S.M.A. 1995. O Clima do trecho de Florianópolis-Porto Alegre: Uma abordagem dinâmica. Florianópolis, *GEOSUL*, **19**:117-133.
- NELSON, J.B. 1980. *Seabirds – their biology and ecology*. London, The Hamlyn Publishing Group, 224 p.
- NIMER, E. 1989. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro, IBGE, 421 p.
- QIAN, H. 2010. Environment—richness relationships for mammals, birds, reptiles, and amphibians at global and regional scales. *Ecological Research*, **25**(3):629-637. <https://doi.org/10.1007/s11284-010-0695-1>
- REED, T.E.; WANLESS, S.; HARRIS, M.P.; FREDERIKSEN, M.; KRUIK, L.E.B.; CUNNINGHAM, E.J.A. 2006. Responding to environmental change: plastic responses vary little in a synchronous breeder. *Proceedings of the Royal Society, Biological Sciences*, **273**(1602):2713-2719. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3631>
- ROGALSKI, L.D.; ARAÚJO, A.C. 2005. Florula da Ilha de Moleques do Sul, Santa Catarina, Brasil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, **9**(1):45-48. <https://doi.org/10.14210/bjast.v9n1.p45-48>
- SCHREIBER, E.A.; BURGER, J. 2002. *Biology of marine birds*. Boca Raton, CRC Press, 740 p.
- SICK, H. 1997. *Ornithologia Brasileira*. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 912 p.
- SILVA-JUNIOR, C.L.; KAMPEL, M.; ARAUJO, C.E.S.; STECH, J.L. 1996. Observação da penetração do ramo costeiro da Corrente das Malvinas na costa Sul-Sudeste do Brasil a partir de imagens AVHRR. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, VIII, Salvador, 1996. *Anais...* INPE, p. 789-793.
- STATSOFT. 2016. Easy-to-use predictive analytics software brings the analytics to the data. Disponível em: www.statsoft.com. Acesso em: 21/05/2016.
- WALTHER, G.R.; POST, E.; CONVEY, P.; MENZEL, A.; PARMESAN, C.; BEEBEE, T.J.C.; FROMENTIN, J.M.; HOEGH-GULDBERG, O.; BAIRLEIN, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*, **416**:389-395. <https://doi.org/10.1038/416389a>
- WREGE, M.S.; STEINMETZ, S.; REISSER JR, C.; ALMEIDA, I.R. 2011. *Atlas Climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul*. Pelotas/Colombo, Embrapa Clima Temperado/Embrapa Florestas, 336 p.

Submitted on April 21, 2016
Accepted on December 31, 2016