

Universidade Federal do Maranhão
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Oceanografia
Mestrado Acadêmico

**VARIAÇÃO SAZONAL DA CARAVELA *Physalia physalis*
(LINNAEUS, 1758) EM PRAIAS URBANAS AMAZÔNICAS**

Fabio de Almeida e Silva

São Luís - 2018

FABIO DE ALMEIDA E SILVA

**VARIAÇÃO SAZONAL DA CARAVELA *Physalia physalis*
(LINNAEUS, 1758) EM PRAIAS URBANAS AMAZÔNICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão
para obtenção do título de Mestre em Oceanografia.

Área de concentração: biodiversidade e ecologia dos
ecossistemas aquáticos.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luiz Silva Nunes

FABIO DE ALMEIDA E SILVA

**VARIAÇÃO SAZONAL DA CARAVELA *Physalia physalis* (LINNAEUS, 1758) EM
PRAIAS URBANAS AMAZÔNICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão
para obtenção do título de Mestre em Oceanografia.
Área de concentração: biodiversidade e ecologia dos
ecossistemas aquáticos.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luiz Silva Nunes

Aprovado em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jorge Luiz Silva Nunes (Orientador)
Programa de Pós-graduação em Oceanografia
Universidade Federal do Maranhão– UFMA

Prof. Dr. Nivaldo Magalhães Piorski
Departamento de Biologia
Universidade Federal do Maranhão– UFMA

Prof. Dra. Claudia Klose Parisi
Programa de Pós-graduação em Oceanografia
Universidade Federal do Maranhão– UFMA

Prof. Dr. Luís Fernando Carvalho Costa
Departamento de Biologia
Universidade Federal do Maranhão– UFMA

Mãe d'água
Rainha das ondas sereia do mar
Mãe d'água
seu canto é bonito quando tem luar

lêêêê lemanjá
lêêêê lemanjá
Rainha das ondas sereia do mar

Como é lindo o canto de lemanjá
Faz até o pescador Chorar
Quem escuta a Mãe d'água cantar
Vai com ela pro fundo do mar

Mãe d'água
Rainha das ondas sereia do mar
Mãe d'água
seu canto é bonito quando tem luar
(Umbanda)

AGRADECIMENTOS

VARIAÇÃO SAZONAL DA CARAVELA *Physalia physalis* (LINNAEUS, 1758) EM PRAIAS URBANAS AMAZÔNICAS

RESUMO

Nas praias urbanas amazônicas tem sido observado a ocorrência de aglomerações de caravelas portuguesas (*Physalia physalis*) ao longo do ano, esses organismos são mais conhecidos devido aos inúmeros casos de acidentes envolvendo seres humanos principalmente no litoral das regiões norte e nordeste do Brasil. O presente estudo teve como objetivo caracterizar a distribuição sazonal das caravelas a fim de compreender a interação dos fatores abióticos na sua aglomeração. Os dados de abundância foram obtidos com amostragens quinzenais por meio de busca ativa nas praias realizadas durante os anos de 2005, 2006, 2007, 2012, 2013, 2015 e 2016. Cada colônia de caravela teve seus dados biométricos registrados para caracterização quanto a presença de juvenis e adultos. Os dados abióticos foram obtidos a partir de uma estação meteorológica mais próxima das praias, sendo que o conjunto de dados foi analisado por meio do modelo estatístico de regressão linear para a compreensão das aglomerações nas praias. Por fim, concluímos que as colônias de caravelas estão presentes ao longo de todo o ano, sendo que a sua sazonalidade é evidentemente marcada pela ocorrência das maiores abundâncias no segundo semestre e da influência dos ventos alísios. Além disso, é verificado que parte das aglomerações é regida pelos vários eventos reprodutivos que ocorrem ao longo do ano.

Palavras-chave: aglomerações, colônias juvenis, Litoral Amazônico brasileiro.

Seasonal variations of the *Physalia physalis* (Linnaeus, 1758) in urban Amazon Beaches

In Amazonian urban beaches has been observed the occurrence of agglomerations of Portuguese man-of-war (*Physalia physalis*) throughout the year. These organisms are known due to the numerous cases of accidents involving humans, mainly on the coast of the north and northeast regions of Brazil. The present study aimed to characterize the seasonal distribution of the Portuguese man-of-war and the interactions of abiotic factors in its agglomeration. The abundance data were obtained with fortnightly samplings by means of active search in the beaches during the years of 2005, 2006, 2007, 2012, 2013, 2015 and 2016. Each colony had its biometric data recorded for characterization regarding the presence of juveniles and adults. Abiotic data were obtained from a meteorological station near the beaches, and the data set was analyzed using the statistical model of linear regression for the understanding of the agglomerations on the beaches. Finally, we conclude that the Portuguese man-of-war colonies are present throughout the year, and its seasonality is evidently marked by the occurrence of greater abundances in second half of the year, and the influence of the northeast trade winds. In addition, it is verified that part of the agglomerations is influenced by the several reproductive events that occur throughout the year.

Keywords: agglomerations, juvenile colonies, Brazilian Amazonian Coast.

APRESENTAÇÃO GERAL

O litoral amazônico possui características oceanográficas e meteorológicas marcantes quando comparadas a outras regiões costeiras do Brasil, apresentando regime de macromarés, elevada descarga fluvial levando nutrientes e matéria orgânica, elevada precipitação anual, altas temperaturas e ventos mais intensos durante período de seca. Apresenta também, feições singulares como: extensas florestas de manguezais, falésias, enseadas, campos de dunas, restingas, recifes mesofóticos, muitas ilhas, baías e muitos estuários (Pardal *et al.*, 2011 e Moura, *et al.* 2016).

Algumas características oceanográficas e climatológicas presentes no litoral amazônico se assemelham a outros locais do mundo principalmente os países de região tropical onde é notória a presença de várias espécies de animais marinhos incluindo a caravelas portuguesas. As colônias de caravelas nos últimos anos tem sido registradas constantemente em diversos locais ao redor do mundo, estando comumente relacionado aos impactos gerados por esses organismos nas atividades humanas, criando uma série de problemas de saúde pública e/ou coletiva e problemas econômicos em diversos países, como na Austrália, Chile, Espanha, França, México, Nova Zelândia, Portugal e Reino Unido (Pontin, 2009, Labadie, M. *et al.*, 2011, Miranda *et al.*, 2012, Ferrer, L. *et al.*, 2013, Pikesley, S. K. *et al.* 2014, Ferreira *et al.* 2017). Em decorrência disso, é notório o crescimento no número de estudos relacionados à sua aglomeração, abordando os diversos aspectos bioecológicos deste grupo.

No Brasil, as aglomerações das caravelas são evidenciadas devido as consequências causadas por acidentes envolvendo seres humanos do que pela causa de sua ocorrência. Onde destacam-se os trabalhos de Haddad *et al.* (2013) no litoral de São Paulo na região sudeste do Brasil e por Neves *et al.* (2007) com registros de acidentes envolvendo *P. physalis* e seres humanos no litoral Pernambucano. Nas praias urbanas de São Luís é frequente os casos de envenenamentos causados por Caravelas, destacando o estudo de Ferreira (2017) que registra elevados números de envenenamentos a seres humanos e por Luana (2017) que correlaciona os números de envenenamentos aos locais de maior abundâncias de caravelas nas mesmas praias estudadas.

A presente dissertação de mestrado aborda a distribuição sazonal de caravelas e quais são os fatores abióticos com maior influência na ocorrência desses organismos. Aplicando a metodologia de busca ativa para contagem dos organismos na linha de maré e realização de biometria anotando as dimensões de cada um.

Com os dados coletados foi possível observar que durante o segundo semestre do ano apresenta maior abundância no número de caravelas e que a presença de organismos juvenis ocorre ao longo de todo o ano, tornando evidente a existência de processo reprodutivo contínuo na região, o que se assemelha com estudos realizados em outras partes do mundo se destacando os estudos realizados por Ishii (2001) em Tóquio, Xian *et al.* (2005) na China e por Miglietta (2008) no Panamá, em que há aglomerações semelhantes nesses locais compostas por espécimes juvenis e adultos de *P. physalis*. Com base no resultado do modelo estatístico de regressão linear aplicado ao conjunto de dados, podemos verificar que somente a velocidade do vento apresentou maior significância em relação aos demais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área de estudo detalhando praias de São Marcos e Calhau, São Luís - MA.....	12
Figura 2 - Número de colônias de caravelas registradas mensalmente nas praias urbanas de São Luís – MA.	15
Figura 3 – Representação mensal do comprimento dos pneumatóforos de colônias de caravelas registradas nas praias urbanas de São Luís - MA.	16
Figura 4 – Classes de comprimento de pneumatóforos das colônias de caravelas registradas nas praias urbanas de São Luís - MA.	17
Figura 5 – Diagrama representando a direção e a velocidade do vento ao longo do período de estudo nas praias urbanas de São Luís - MA.	19
Figura 6 – Diagrama representando a sincronização do número de colônias de caravelas com a velocidade do vento ao longo do período de estudo nas praias urbanas de São Luís – MA.	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados do modelo estatístico de regressão linear simples para o número de colônias de caravelas e sua interação com os fatores ambientais.18

SUMÁRIO

RESUMO	vi
APRESENTAÇÃO GERAL	viii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
INTRODUÇÃO.....	13
MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
ÁREA DE ESTUDO	14
AMOSTRAGEM	16
ANÁLISE DE DADOS	17
RESULTADOS	18
DISCUSSÃO	23
REFERÊNCIAS	27
ANEXOS	31

VARIAÇÃO SAZONAL DA CARAVELA *Physalia physalis* (LINNAEUS, 1758) EM PRAIAS URBANAS AMAZÔNICAS

Seasonal variations of the *Physalia physalis* (Linnaeus, 1758) in urban Amazon Beaches

INTRODUÇÃO

Na última década, estudos científicos têm sido realizados com objetivo de ampliar o conhecimento sobre os Cnidários, observando-se um notório crescimento no número de pesquisas que abordam diversos aspectos bioecológicos deste grupo, tais como: morfologia, taxonomia, ciclo de vida, reprodução, filogenia, associações simbióticas, interações tróficas, biotecnologia, dinâmica populacional e variação espaço-temporal ^{1,2,3,4,5,6}. Contudo, um dos temas mais estudados é a descrição das aglomerações (blooms) sazonais em muitas regiões ao redor do mundo ^{7,8,9}.

As aglomerações de cnidários são fenômenos com causa relacionada a uma combinação de fatores bióticos (e.g. clorofila, copépoda, entre outros) e abióticos (e.g. temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, velocidade do vento, direção do vento, entre outras), porém, as aglomerações tornam-se cada vez mais evidentes em função da sua frequência e amplitude, decorrentes dos inúmeros impactos gerados pelas atividades humanas ^{10,11,12}.

Muitas espécies de cnidários são sensíveis aos efeitos da sazonalidade, sendo que o aumento na abundância (aglomerações) em certos períodos do ano constitui uma resposta marcante ¹³. Os diferentes aspectos do ciclo de vida destes organismos podem funcionar como um eficiente parâmetro para as respostas dos cnidários às condições ambientais, a exemplo do crescimento rápido da sua população por meio do recrutamento ^{14,15}.

As caravelas *Physalia physalis* e outros organismos pertencentes a ordem Siphonophora apresentam o seu de ciclo vida divergente das demais ordens de cnidários, pois não possuem a fase de pólipos e têm a capacidade de reproduzir-se rapidamente em condições ambientais favoráveis ¹². Essas condições favoráveis também podem estar relacionadas às variações nos ciclos naturais do ambiente ou anomalias climáticas, afetando diretamente as populações de cnidários ^{16,17,18}.

Por outro lado, as aglomerações de *P. physalis* têm gerado impactos em muitas atividades humanas de diversos países como Austrália, Brasil, Chile, Espanha, França, México, Nova Zelândia e Portugal, criando uma série de problemas de saúde pública e coletiva (e.g. envenenamentos, gastos em atendimento) e problemas econômicos (e.g. diminuição na pesca e perda de recursos com o turismo) ^{19,20,21,22,23}.

O padrão das aglomerações das caravelas infelizmente é evidenciado mais pelas consequências do que pelas suas causas. Como exemplo disso destacam-se os trabalhos de Haddad *et al.* ²⁴ na região sudeste do Brasil, realizado no litoral de São Paulo e por Neves ²⁵ em Pernambuco com registros de acidentes envolvendo *Physalia physalis* e seres humanos principalmente turista e pescadores. Nas praias urbanas de São Luís por Ferreira ²³ que registra elevados números de casos de envenenamentos a seres humanos, além dos resultados apresentados por Luana ²⁶, correlacionando locais de maior abundância de caravelas e envenenamentos nas mesmas praias estudadas.

Considerando os frequentes casos de envenenamentos causados por caravelas nas praias urbanas de São Luís, foi necessário obter informações para compreender seu comportamento sazonal e sua interação com os fatores ambientais responsáveis por suas aglomerações.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O Litoral Amazônico brasileiro possui uma extensa área, cerca de 1.500 km e apresenta como características, feições singulares, como: extensas florestas de manguezais, falésias, enseadas, campos de dunas, restingas, recifes mesofóticos, muitas ilhas, baías e muitos estuários resultantes de desembocaduras de rios caudalosos ^{27, 28}.

O presente estudo foi conduzido nas praias de São Marcos (2°29'17.70" S, 44°17'04.53" W) e Calhau (2°28'58.65" S, 44°15'15.61" W), localizadas ao norte da Ilha do Maranhão, no Golfão Maranhense (Figura 1).

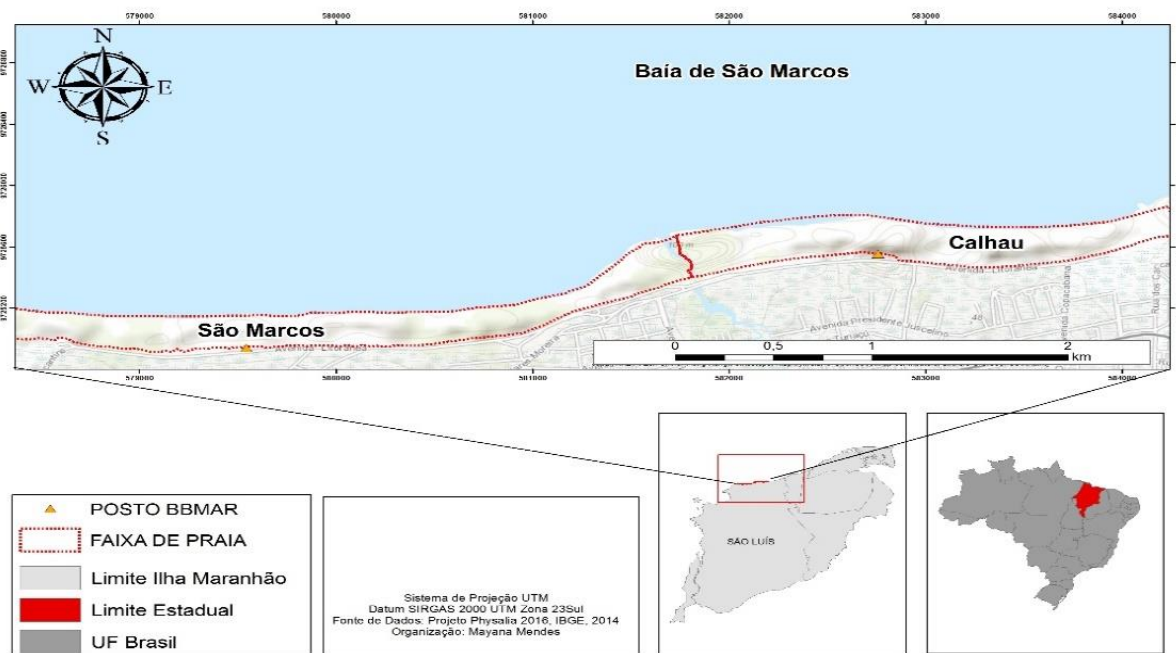


Figura 1 - Área de estudo detalhando praias de São Marcos e Calhau, São Luís - MA.

O ambiente estudado está situado em uma região com padrão climatológico do tipo Aw' na classificação climática de Köppen, e na Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)⁵⁴. O que implica nos índices pluviométricos elevados (3.000mm) e dois períodos semestrais distintos. No primeiro semestre ocorre o período de chuva caracterizado pela alta precipitação média, aproximadamente 1500mm e queda de temperaturas em torno de 20°C. A variação térmica apresenta índices mínimos de 18,1 e 22,0°C e máximos de 31,5 a 37,9°C, tendo a temperatura média entre 27,2°C^{29, 30}. Quanto à taxa de umidade relativa do ar média na região está em torno de 81%, sendo superior durante o período de julho a dezembro. O trimestre com maior umidade corresponde aos meses de março, abril e maio, enquanto o período mais seco corresponde aos meses de setembro, outubro e novembro com o valor médio em 50% de umidade³¹.

O Golfão Maranhense possui marés semi-diurnas em regime de macromarés, com amplitude média de 4,6m chegando até 7,2m. Apresentam também correntes de marés fortes (>1,2m/s), baixo período de onda (<8s), elevações baixas de onda e descargas de água doce elevadas^{32,27}.

As ondas atingem a praia de modo oblíquo, devido à direção dos ventos alísios de nordeste dominantes na região, gerando uma corrente de deriva no sentido leste para oeste³⁰.

A temperatura da água apresenta pouca variação sazonal, com amplitude de 3°C ao longo do ano. Durante o período chuvoso registrou-se maiores valores em média de 30°C e o período de seca com valores menores, registrando uma média de 27°C. O Golfão Maranhense tem uma variação sazonal em seu pH com valores oscilando entre 6,50 e 8,03, mantendo assim seu pH alcalino durante maior parte do ano ³³.

A salinidade local apresenta ampla variação sazonal entre 6 a 35 e durante o período chuvoso devido à maior descarga fluvial, apresenta o menor valor ³³. Essa variação sazonal de salinidade ao longo da zona costeira amazônica possui a variação semelhante em ambos períodos ^{34,35,36,37}.

Os valores de clorofila também são influenciados pelos períodos estacionais, sendo o período de seca com maior concentração, principalmente nos meses de setembro e novembro ³³.

AMOSTRAGEM

Os dados deste estudo foram obtidos por meio de amostragens quinzenais, seguindo o método de busca ativa desenvolvido pelo próprio grupo de pesquisa (Projeto Physalia) para a contagem de colônias de caravelas localizadas na linha de maré (ANEXO 1). Essas coletas foram realizadas durante os anos de 2005, 2006, 2007, 2012, 2013, 2015 e 2016.

O protocolo de coleta padronizado foi usado para as anotações de dados biométricos de cada colônia encontrada ao longo de todo o trecho percorrido em uma extensão de 7,0 km. Medidas de largura e comprimento do pneumatóforo (vesícula gasosa flutuadora da colônia de caravela) foram realizadas com auxílio de paquímetro milimetrado para determinação posterior do estágio de maturação e/ou fase do ciclo de vida. Cabe ressaltar que a quantidade de colônias foi anotada em sua totalidade, enquanto que a biometria foi feita em até 80 colônias em cada amostragem. As condições ambientais também foram anotadas na planilha padrão a fim de identificar as interações abióticas com as colônias.

Dados climatológicos (e. g. velocidade média do vento, direção do vento, temperatura e umidade relativa do ar) foram obtidos a partir da estação 82280 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada em São Luís.

ANÁLISE DE DADOS

Dados sobre as aglomerações e tamanho das caravelas foram organizados em número de colônias registradas na praia e em valores do comprimento do pneumatóforo, sendo realizadas análises gráficas descritivas do número de colônias de caravelas em cada mês e ano em que a amostragem foi realizada. Já os dados de comprimento do pneumatóforo com dados do período de amostragem (meses e anos) foram ilustradas em um gráfico de bolhas, representando a relação da frequência dos comprimentos encontrados nas colônias com o tamanho das bolhas, elaborado no programa computacional Statistica 10³⁸. Foi construído um histograma contendo todas as classes de comprimento dos pneumatóforos amostrados para a verificação de qual estágio do ciclo de vida que os indivíduos amostrados se encontravam.

Uma matriz conjugada com o número de colônias e os componentes ambientais foi construída para compreender os detalhes da interação ecológica das aglomerações de caravelas. Para isso, inicialmente foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk com o propósito de verificar a normalidade do conjunto de dados formado pelos números de colônias e fatores abióticos composto por variáveis quantitativas e com mais de uma variável independente para a realização de uma posterior análise de variância no programa R³⁹. Entretanto, para correlacionar as aglomerações com as variáveis ambientais foram aplicados dados dos números de encalhes de colônias e dos parâmetros abióticos (*e.g.* direção do vento, velocidade média do vento, umidade relativa, pressão atmosférica e temperatura média do ar) através do Modelo de Regressão Linear³⁹. Este tipo de análise estatística tem como propósito descrever as diferentes correlações entre duas variáveis, assim, aplicou-se o número de colônias com cada uma das variáveis ambientais e temporais (meses e ano), ocorrendo a indicação do grau de associação das variáveis testadas através do valor do coeficiente de determinação (r). Neste caso, o grau de associação é considerado positivo quando o valor de $r > 0$ ou negativo quando o valor de $r < 0$ ⁴⁰.

Por fim, foi gerada a rosa dos ventos reunindo os dados de velocidade e direção do vento usando o programa WRPLOT View 8⁴¹ e um gráfico linear para a comparação da relação entre a velocidade do vento e o número de colônias encontradas durante os anos amostrados.

RESULTADOS

Um total de 2.720 colônias de caravelas foi registrado em praias urbanas de São Luís durante todo o período de estudo, sendo possível registrar a presença das colônias em todos os meses do ano. Também é notória a identificação de um período de transição entre dois picos anuais no mês de junho, o pico maior ocorre no período seco (segundo semestre), enquanto que o menor pico acontece no período chuvoso (primeiro semestre) (Figura 2).

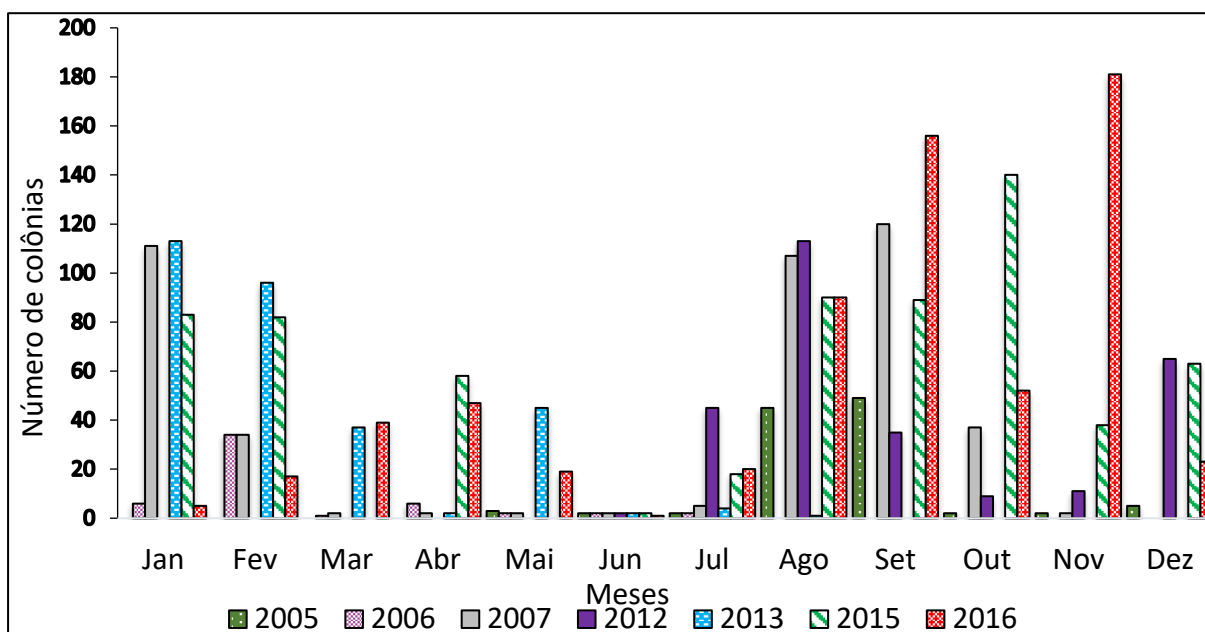


Figura 2 - Número de colônias de caravelas registradas mensalmente nas praias urbanas de São Luís - MA.

As ilustrações do gráfico de bolhas representam a distribuição mensal das colônias de caravela em cada ano amostrado, enfatizando o comprimento do pneumatóforo. Contudo, as colônias com medidas de comprimentos iguais são representadas com círculos de diferentes tamanhos que correspondem a quantidade de colônias que possuem a mesma dimensão, conforme a legenda dos gráficos. Portanto, é comum observar colônias de variados tamanhos ao longo de todo o ano, mas com predominância de colônias menores no período seco (Figura 3).

Considerando o comprimento das colônias de todas as amostras é possível observar que a classe de tamanho com maior frequência corresponde às colônias consideradas juvenis, correspondendo cerca de 40% das colônias registradas no presente estudo. Assim, é possível observar que a presença das caravelas pode estar associada ao evento reprodutivo (Figura 4).

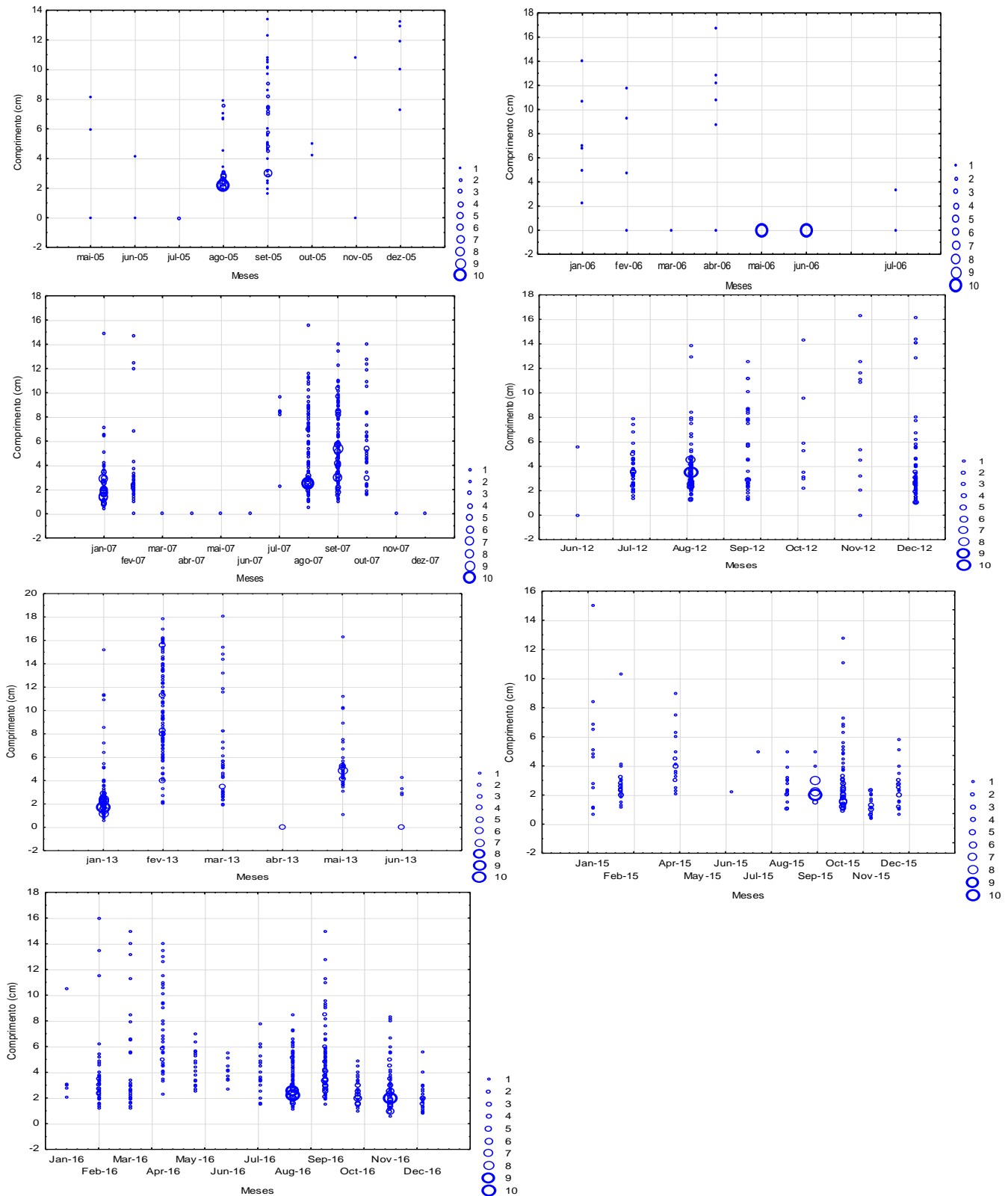


Figura 3 – Representação mensal do comprimento dos pneumatóforos de colônias de caravelas registradas nas praias urbanas de São Luís - MA.

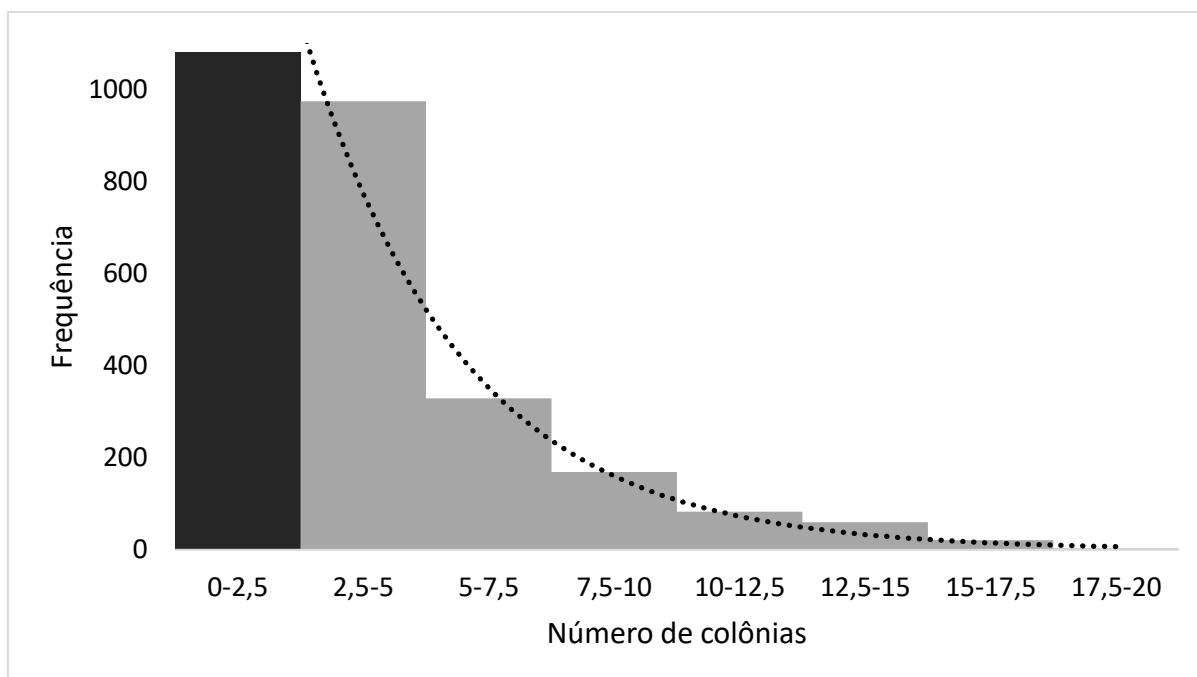


Figura 4 – Classes de comprimento de pneumatóforos das colônias de caravelas registradas nas praias urbanas de São Luís - MA.

No modelo estatístico de regressão linear (Tabela 1) aplicado entre as variáveis de número de colônias, tempo (meses e ano) e fatores ambientais foi possível identificar que o número de colônias que foram dependentes as variáveis abióticas (precipitação e estação de seca/chuva), portanto foi mantida apenas as variáveis que apresentaram correlação: ano, direção do vento, velocidade do vento, pressão atmosférica, umidade relativa do ar e temperatura média do ar.

Os resultados do modelo estatístico o mês de setembro demonstrou-se significativo ($p=0.0311$) e o mês de agosto com tendência a significância ($p=0.0766$). Por outro lado, os anos de 2015($p=0.0583$) e 2016 ($p=0.0999$) também tiveram valores estatisticamente com tendência a ser significativo em relação ao número de ocorrência das colônias. Ainda, entre os fatores abióticos a variável que apresentou tendência a ser mais significativamente diferente foi a velocidade do vento ($p= 0.0835$). Desta forma, o resultado apresentado pelo modelo estatístico mostra que o número de colônias de caravelas aumenta no segundo semestre em função do aumento da velocidade do vento, portanto demonstrando notoriamente variação sazonal.

	Coeficiente	Erro padrão	Valor T	Probabilidade
(Intercept)	-6,56E+03	6,42E+04	-0.102	0.9191
Mês AGO	5,01E+04	2,75E+04	1.823	0.0766 •
Mês DEZ	-9,68E+02	3,03E+04	-0.032	0.9747
Mês FEV	2,61E+04	2,72E+04	0.957	0.3450
Mês JAN	3,72E+04	2,94E+04	1.263	0.2146
Mês JUL	-5,01E+02	2,60E+04	-0.019	0.9847
Mês JUN	-2,67E+04	2,96E+04	-0.902	0.3730
Mês MAI	-2,34E+03	2,79E+04	-0.084	0.9338
Mês MAR	-9,85E+03	2,56E+04	-0.385	0.7025
Mês NOV	3,07E+04	3,04E+04	1.007	0.3206
Mês OUT	1,08E+04	3,15E+04	0.342	0.7343
Mês SET	6,46E+04	2,88E+04	2.244	0.0311 *
Ano 2006	6,96E+03	2,38E+04	0.292	0.7716
Ano 2007	2,86E+04	2,56E+04	1.119	0.2707
Ano 2012	3,38E+04	2,78E+04	1.214	0.2327
Ano 2013	3,40E+04	2,57E+04	1.323	0.1941
Ano 2015	6,03E+04	3,09E+04	1.956	0.0583 •
Ano 2016	5,40E+04	3,20E+04	1.689	0.0999 •
Direção Vento Calma	-3,77E+03	4,24E+04	-0.089	0.9296
Direção Vento Este -Nordeste	-2,58E+04	6,12E+04	-0.421	0.6762
Direção Vento Leste	-7,35E+03	4,04E+04	-0.182	0.8565
Direção Vento Nordeste	-9,48E+03	3,98E+04	-0.238	0.8130
Direção Vento Norte	-5,17E+04	4,85E+04	-1.067	0.2929
Direção Vento Sudeste	5,52E+04	5,89E+04	0.938	0.3546
Velocidade do Vento	1,29E-02	7,25E-03	1.780	0.0835 •
Umidade Relativa	1,78E-04	2,99E-04	0.596	0.5550
Pressão Atmosférica	3,08E-04	5,47E-04	0.563	0.5772
Temperatura média	-9,98E-04	1,11E-03	-0.902	0.3733

Legendas: ** indica valor altamente significante ($P < 0.001$), * indica valor significante ($P < 0.05$), • indica tendência a significância ($P < 0,1$).

Tabela 1 – Resultados do modelo estatístico de Regressão Linear Simples para o número de colônias de caravelas e sua interação com os fatores ambientais.

Os ventos apresentaram maior frequência no sentido norte-nordeste, representando 70% do total de registros da direção do vento. Por outro lado, quanto à velocidade dos ventos, cerca de 7,6% dos registros foram ventos classificados segundo a escala de Beaufort como calmos com velocidade inferior a 2,10 m/s e os

ventos com maior velocidade inferior a 5,70 m/s representaram 12,9% da amostragem (Figura 5). Deste modo, os ventos alísios constituem-se em uma característica marcante da área estudada, pois apresentam um padrão demarcado ao longo de todo o ano, com a velocidade do vento aumenta no segundo semestre de julho a dezembro, enquanto a direção do vento é praticamente constante.

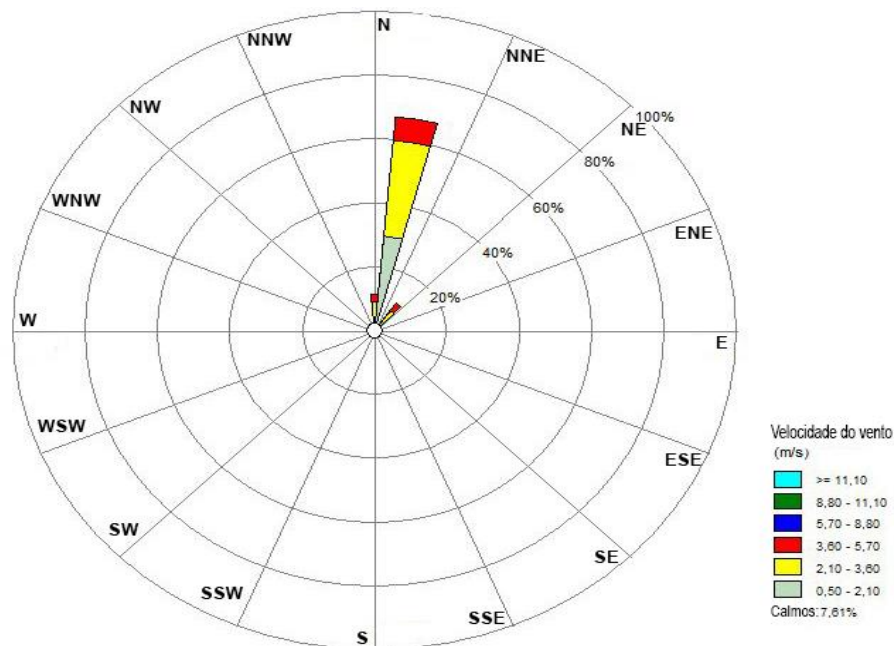


Figura 5 – Diagrama representando a direção e a velocidade do vento ao longo do período de estudo nas praias urbanas de São Luís - MA.

A correlação encontrada entre o número de colônias de caravelas e a velocidade do vento pode ser observada na figura 6, onde os picos de maiores números de colônias nas praias urbanas correspondem aos picos de maiores velocidades do vento em uma forma sincronizada ao longo de todo o período estudado

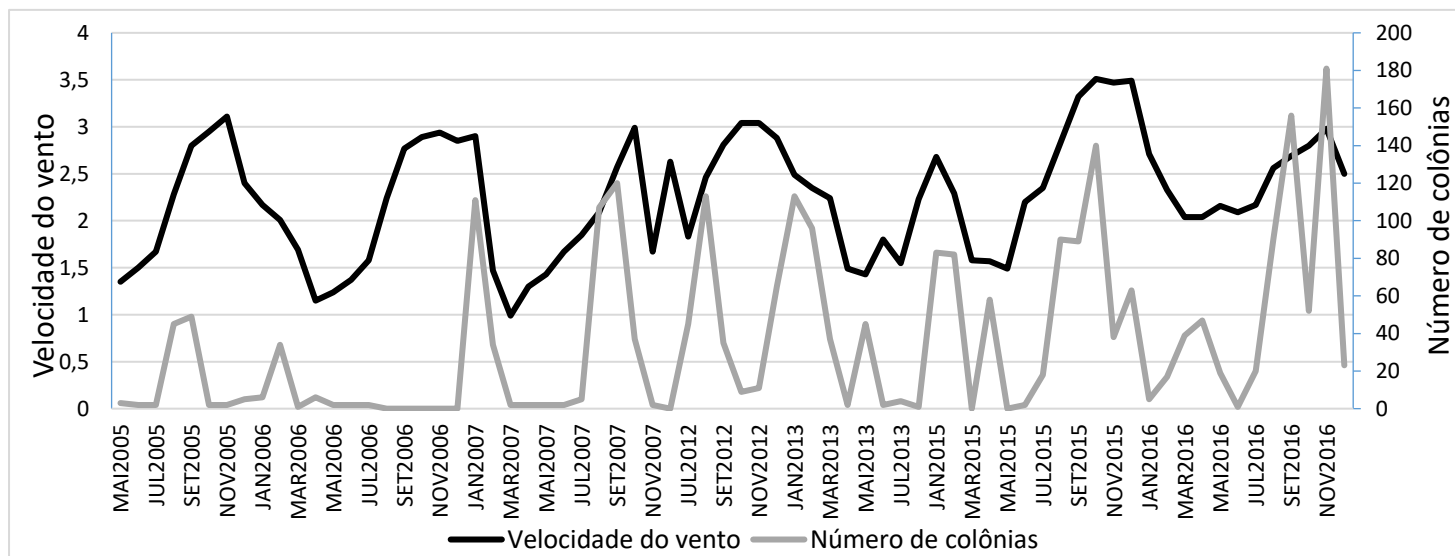


Figura 6 – Diagrama representando a sincronização do número de colônias de caravelas com a velocidade do vento ao longo do período de estudo nas praias urbanas de São Luís - MA

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na área de estudo revelaram que as colônias de caravelas estão presentes ao longo de todo o ano; também apresentam padrão sazonal, com redução na abundância durante o período chuvoso e maior abundância no período seco. Os ventos são considerados, dentre os fatores abióticos analisados, aquele que apresentou maior tendência à influência no aumento da abundância das colônias de caravela. Por outro lado, grande parte das colônias observadas no decorrer do estudo são consideradas juvenis, indicando a ocorrência de reprodução contínua também ao longo do ano.

Desta forma, os resultados obtidos no presente estudo se assemelham aos encontrados em diversos países do mundo, como Espanha, Chile e Reino Unido ^{23, 42,43}, descrevendo ocorrência de aglomerações similar em seus estudos com registro de maior abundância durante o segundo semestre.

As aglomerações de cnidários em várias regiões do planeta revelam que estes organismos aproveitam as condições ambientais a favor de aspectos relacionados ao seu ciclo de vida ¹⁴. Acreditamos que as aglomerações que tenham registrado elevadas abundâncias de organismos em estágio juvenil podem indicar períodos de

reprodução nesta região e como esse fenômeno é observado ao longo de todo o ano, também é possível que as caravelas possuam vários períodos de reprodução durante o ano. Pois, 40% das colônias registradas neste estudo estavam dentro das dimensões de organismos em estado juvenil, consideramos como colônias juvenis aquelas com o tamanho até 2,5 cm de comprimento de acordo com a classificação proposta por Totton ⁴⁴.

Registros de aglomeração de cnidários composta por organismos em diferentes estágios incluindo o juvenil são relatados em diversos países ⁴⁵, sendo observado aglomeração de cnidários em Tokyo por Ishii ⁴⁶, no estuário de Yangtze na China por Xian *et al.* ⁴⁷, no Panamá por Miglietta ⁴⁸, com registros de aglomerações de três espécies de cnidários; e na região do Mediterrâneo por Brotz ⁴⁹, registrando doze espécies de cnidários com aglomerações em várias partes do Mediterrâneo.

Os fenômenos das aglomerações de caravelas também têm sido descritos por meio da influência dos fatores abióticos. Purcell ¹⁶, relata que em regiões com condições ambientais favoráveis, principalmente relacionado a temperaturas mais elevadas, influência na reprodução de certas espécies de cnidários. Entretanto, a ocorrência das aglomerações também pode estar associada à presença e/ou à amplitude dos impactos gerados pelas atividades humanas no próprio ambiente (*e.g.* Interferência na geomorfologia costeira, pesca irregular e poluição) ^{10,11,12}. Embora não tenhamos analisado o grau de implicações da poluição costeira com a aglomeração das caravelas em São Luís seria muito importante considerar esta hipótese, pois muitos impactos antrópicos têm sido descritos no litoral de São Luís devido a ocupação irregular e falta de sistema de rede de esgoto proporcionando a poluição das praias urbanas ^{50,30}.

Sendo assim, é importante lembrar que os poluentes também possuem variação sazonal nas praias urbanas de São Luís e o período de taxas mais elevadas corresponde ao segundo semestre, onde os valores de coliformes são maiores e possivelmente relacionadas aos recessos de final de ano e férias ^{51,52}. Desta forma, também é possível aumentar a robustez da hipótese que a poluição pode ser um fator atraente para as caravelas, pois Luana ²⁶ também relataram que há aumento de envenenamentos de humanos por caravelas em períodos férias.

Os meses com maior abundância de colônias de caravelas nas praias são influenciados pelos ventos alísios na região, assemelhando-se, assim, aos resultados

obtidos por Prieto *et al.*⁵³ no Mediterrâneo. Este autor ao analisar os dados meteorológicos observou que a ocorrência de ventos forte é o principal fator para o surgimento de aglomerações. A influência dos ventos nas aglomerações de caravelas na Nova Zelândia também foi registrada, mostrando que a ocorrência de ventos fortes com direção Norte-Oeste e Noroeste aumenta a possibilidade de surgimento das aglomerações desses organismos nessa região¹⁹.

Resultados climatológicos apresentados por outros pesquisadores podem ser comparados aos obtidos no presente estudo, onde as aglomerações de caravelas são sazonais e influenciadas pelo vento. Por outro lado, existem outros fatores a serem considerados como causas das aglomerações, tais como a salinidade e produção primária marinha.

Em estudos realizados no Golfão Maranhense esses dois fatores oceanográficos também apresentam variação sazonal, durante o período chuvoso a salinidade e a produção de clorofila mostram menores valores devido as descargas fluvial e pluvial tipicamente elevadas no Litoral Amazônico^{33,36}. Essa variação sazonal pode estar relacionada aos efeitos da capacidade pluvial, o estado do Maranhão encontra-se na área de influenciada Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Pinheiro⁵⁴, afirma que a atuação da ZCIT implica no maior índice de pluviosidade e a existência de apenas duas estações do ano.

Considerando os valores de clorofila do Golfão Maranhense é possível perceber que há elevadas taxas de produtividade^{33,36} para sustentar a teia alimentar marinha dos estuários presentes⁵⁵. No entanto, podemos incluir a presença dos cnidários em ambientes que apresentam esta característica de produtividade elevada^{56,57}, portanto, as aglomerações de caravelas também poderiam estar presentes devido disponibilidade de alimentos^{57, 58, 56, 59}.

Aglomerações de caravelas associadas à abundância de clorofila também é confirmada em estudos realizados por Lo⁶⁰ em Taiwan, em Valencia na Espanha e no Panamá em resultados obtidos por Guillén *et al.*⁶¹ e Miglietta⁴⁸, respectivamente. Os autores apontam que a disposição de clorofila e condições do vento provavelmente ocasiona o surgimento das aglomerações de cnidários em estágio juvenil.

Concluimos que as colônias de caravelas estão presentes ao longo de todo o ano e parte desse padrão se torna evidente em razão do seu processo reprodutivo.

As aglomerações de caravelas apresentam-se marcadamente definidas no segundo semestre, onde o vento tem sido apontado como variável de maior influência.

REFERÊNCIAS

- 1 - Coleman, R. Jellyfish, fluorescent proteins, Nobel Prizes and pioneers in histochemistry. *Acta Histochemica* 112: 113–117 (2010).
- 2 - Pontin, D. R. & Cruickshank, R. H. Molecular phylogenetics of the genus *Physalia* (Cnidaria: Siphonophora) in New Zealand coastal waters reveals cryptic diversity. *Hydrobiology*, [s.l.], v. 686, n. 1, p.91-105 (2012).
- 3 - Schiariti, A. *et al.* Reproductive biology of *Lychnorhiza lucerna* (Cnidaria: Scyphozoa: Rhizostomeae): individual traits related to sexual reproduction. *Marine Biology Research*, 8(3), 255-264 (2012).
- 4 - Moroz, L .L. *et al.* The ctenophore genome and the evolutionary origins of neural systems. *Nature*, [s.l.], v. 510, n. 7503, p.109-114 (2014).
- 5 - Nagata, R. M. Bases morfo-funcionais da alimentação e o papel trófico de *Lychnorhiza lucerna* (Scyphozoa, Rhizostomeae). Tese PhD, Universidade de São Paulo (2015).
- 6 - Purcell, J. E. Successes and challenges in jellyfish ecology: examples from *Aequorea spp.* *Marine Ecology Progress Series*, [s.l.], v., p.1-21, Inter-Research Science Center (2017).
- 7 – Condon, R. H. & Steinberg, D. K. Development, biological regulation, and fate of ctenophore blooms in the York River estuary, Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series*. 369:153–168. (2008).
- 8 - Condon, R. H. *et al.* Jellyfish blooms result in a major microbial respiratory sink of carbon in marine systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, [s.l.], v. 108, n. 25, p.10225-10230, *Proceedings of the National Academy of Sciences* (2011).
- 9 - Nogueira Júnior, M. & Haddad, M. A. Seasonal Distribution, Abundance and Biomass of Large Medusae in Subtropical Coastal Brazil. *Jellyfish: Ecology, Distribution Patterns, And Human Interactions*. New York, p. 3-25 (2017).
- 10 - Mills, C. E. Medusae, siphonophores and ctenophores as planktivorous predators in changing global ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, 52, 575-581 (1995).
- 11- Purcell, J. E. & Arai, M. N. Interactions of pelagic cnidarians and ctenophores with fish: a review. *Hydrobiologia*, 451, 27-44 (2001).
- 12 - Purcell, J. E., Uye, S. I. & Lo, W. T. Antropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: A review. *Marine Ecology Progress Series*; v. 350, p. 153-174 (2007).
- 13 - Pitt, K. A. & Lucas, C. H. Jellyfish Blooms. Dordrecht: *Springer Netherlands*, 304 p (2014).

- 14 - Lucas, Cathy H. Reproduction and life history strategies of the common jellyfish, *Aurelia aurita*, in relation to its ambient environment. Jellyfish Blooms: Ecological and Societal Importance, [s.l.], p.229-246. *Springer Netherlands* (2001).
- 15-Boero, F *et al.* Gelatinous plankton: irregularities rule the world (sometimes). *Marine Ecology Progress Series*, [s.l.], v. 356, p.299-310. Inter-Research Science Center (2008).
- 16 - Purcell, J. E. Climate effects on formation of jellyfish and ctenophore blooms: a review. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85: 461–476 (2005).
- 17 - Nagata, R. M., M. A. & Haddad, M. N. The nuisance of medusae to shrimp trawls in central part of southern Brazilian Bight, from the perspective of artisanal fishermen. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 4: 312–325 (2009).
- 18 - Richardson, A. J. *et al.* The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous future. *Trends in Ecology & Evolution* 24: 312–322 (2009).
- 19 - Pontin, D. R. Factors influencing the occurrence of stinging jellyfish (*Physalia sp.*) at New Zeland beaches. Tese (Doutorado em Biologia) University Lincoln (2009).
- 20 - Labadie, M. *et al.* Portuguese man-of-war (*Physalia physalis*) envenomation on the Aquitaine Coast of France: An emerging health risk. *Clinic Toxicology*, v. 50 n. 7; p. 567-570 (2012).
- 21 - Miranda, L. S., Morandini, A.C. & Marques, A.C. Do Staurozoobloom? A review of stauromedusan population biology. *Hydrobiologia*, 690: 57-67 (2012).
- 22 - Ferrer, L. *et al.* Protocolo operacional para el avistamento y seguimiento Del cnidário *Physalia physalis* (carabela portuguesa) em el sureste del golfo de Bizkaia. *Revista de Investigaçã Marina*, v. 20. n. 7, p. 87-102 (2013).
- 23 - Ferreira, D. M. R., Haddad, JR. V. & Nunes, J. L. S. Human envenomations caused by Portuguese man-of-war (*Physalia physalis*) in urban beaches of São Luis City, Maranhão State, Northeast Coast of Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop* 50(1) (2017).
- 24 – Haddad, Jr. V. *et al.* An outbreak of Portuguese man-of-war (*Physalia physalis* - Linnaeus, 1758) envenoming in Southeastern Brazil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* (Impresso), v. 46, p. 641-644 (2013).
- 25 - Neves, R. F., Amaral, F. D. & Steiner, A. Q. Levantamento de registros dos acidentes com cnidários em algumas praias do litoral de Pernambuco (Brasil), *Ciência & Saúde Coletiva*, vol. 12, núm. 1, pp. 231-237 (2007).
- 26 - Luana, M. M. S. Distribuição de caravelas (*Physalia physalis*) e envenenamentos humanos nas praias urbanas de são luís, Maranhão - Brasil. 2017. 33 f. Dissertação

(Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente, Universidade Federal do Maranhão, São Luís (2017).

27 – Pardal, E. C. *et al.* Influence of oceanographic conditions on the spatial and temporal distribution of chlorophyll-a in the coastal waters of the Brazilian Amazon region (São Luís-MA). *Journal of Coastal Research*, 64, 421-424 (2011).

28 – Moura, *et al.* An extensive reef system at the Amazon River Mouth, *Science Advances*, Vol 2. No 4 (2016).

29 - Viana, J. R. Estudo da Morfodinâmica da praia de São Marcos, São Luís – MA. Monografia (graduação) – Universidade Federal do Maranhão - UFMA, curso de Geografia. São Luís. p. 45 (2000).

30 - Masullo, Y. A. G. Evolução do processo de urbanização e alterações ambientais na praia de São Marcos, São Luís - MA. *Espaço & Geografia*, Brasília, v. 19, n. 2, p.561-595 (2016).

31 - INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 12 maio (2017).

32 - Silva, I. R. *et al.* Environmental Status of Urban Beaches in São Luís (Amazon Coast, Brazil). *Journal of Coastal Research*, 56, 1301-1305 (2009).

33 - Azevedo, A. C. G., Feitosa, F.A.N. & Koenig, M.L. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, [s.l.], v. 22, n. 3, p.870-877, Fap UNIFESP (SciELO) (2008).

34 - Monteiro, M. C.; Pereira, L. C. C. & Oliveira, S. M. O. Morphodynamic changes of a macrotidal sand beach in the Brazilian Amazon coast (Ajuruteua-Pará). *Journal of Coastal Research*, 56, 103-107 (2009).

35 - Pereira, L. C. C. *et al.* Morphological and sedimentological changes in a macrotidal sand beach in the Amazon littoral (Vila dos Pescadores, Pará, Brazil). *Journal of Coastal Research*, SI 56, 113-117 (2009).

36 - Sousa, E. B. *et al.* Variação temporal do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos da zona de arrebentação da Ilha de Canela (Bragança-Pará-Brasil), *Acta Botânica Bras.* 23, 1084-1095 (2009).

37 - Silva, Q. D. Mapeamento geomorfológico da ilha do Maranhão. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia (2002).

38 - Statsoft, Inc. Statistica (data analysis software system), version 10 (2011).

39 - R core team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (2017).

40 – Zar, J. H. Biostatistical Analysis, Fifth Edition, *Prentice Hall*, New Jersey (2010).

41 - Lakes environmental. Programa WRPLOT View. Disponível em: <<https://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html>>. Acesso em: set. 2017.

42 – Canepa, A. & Palma, S. Arribazón masiva de la fragata portuguesa (*Physalia physalis*, linnaeus, 1758) a lo largo de la costa de Chile. In: *XXXV Congreso de Ciencias del Mar*, Coquimbo, Chile (2015).

43 - Pikesley, S. K. *et al.* Cnidaria in UK coastal waters: description of spatio-temporal patterns and inter-annual variability. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, [s.l.], v. 94, n. 07, p.1401-1408, Cambridge University Press (CUP), <http://dx.doi.org/10.1017/s0025315414000137> (2014).

44 - Totton, A. K. & Mackie, G. O. Studies on *Physalia physalis*. *Discovery reports* 30, pp. 301–408. Cambridge, UK: Cambridge University Press (1960).

45 - Mills, C. E. Jellyfish blooms: are populations increasing globally in response to changing ocean conditions? *Hydrobiologia* 451, 55–68 (2001).

46 - Ishii, H. & Tanaka, F. Food and feeding of *Aurelia aurita* in Tokyo Bay with an analysis of stomach contents and a measurement of digestion times. *Hydrobiologia*, [s.l.], v. 451, n. 1/3, p.311-320. Springer Nature (2001).

47 - Xian, W. *et al.* Jellyfish blooms in the Yangtze Estuary. *Science*, 307, 41 (2005).

48 - Miglietta, M. P., Rossi, M. & Collin, R. Hydromedusa blooms and upwelling events in the Bay of Panama, Tropical East Pacific. *Journal of Plankton Research*, [s.l.], v. 30, n. 7, p.783-793. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/plankt/fbn038>. (2008).

49 - Brotz, L., Pauly, D. Jellyfish populations in the Mediterranean Sea. *Acta Adriat, Croatia*, v. 2, n. 53, p.213-232 (2012).

50 - Siqueira, L. F. S. *et al.* Diagnóstico socioambiental e avaliação das condições sanitárias da água de praias de São Luís - MA (Brasil), no decênio 1989-2009. In: *Anais de Eventos da UFSCAR*, v. 5, VI Congresso de Meio Ambiente da AUGM, São Carlos (2009).

51 - Silva, I. R. *et al.* Amazon Beaches (São Luís, Brazil): Recreational Use, Environmental Indicators, and Perception of Beachgoers. *Journal of Coastal Research*, v. SI 64, p. 1287-1291 (2011).

52 - Trindade, W. N. *et al.* The effects of sewage discharge on the water quality of the beaches of São Luis (Maranhão, Brazil). *Journal of Coastal Research*, v. SI 64, p. 1425-1429 (2011).

53 - Prieto, L. *et al.* Portuguese Man-of-War (*Physalia physalis*) in the Mediterranean: A permanent invasion or a casual appearance?. *Scientific Reports*, [s.l.], v. 5, n. 1, p.1-7, Springer Nature (2015).

- 54 - Pinheiro, J. M. Dinâmica Climática da Ilha do Maranhão. In: Farias Filho, M. S.; Celeri, M. J. *Geografia da Ilha do Maranhão*. São Luís: EDUFMA, p. 28-36 (2015).
- 55 - Kennish, M. J. (ed.). *Practical handbook of marine science*. Boca Raton, CRC Press. 566p (1994).
- 56 - Mianzan, H. W. & Cornelius, P. F. S. Scyphomedusae and Cubomedusae. In: Boltovskoy, D., editor. *South Atlantic Zooplankton*. Leiden: Backhuys Publishers; 513-559 (1999).
- 57 - Arai, M. N. *A functional Biology of Scyphozoa*. London: Chapman and Hall; (1997).
- 58 – Purcell, J. E. Pelagic cnidarians and ctenophores as predators: selective predation, feeding rates, and effects on prey populations. *Ann Inst Oceanogr (Paris)* 73: 125–137 (1997).
- 59 - Purcell, J., Hoover, R. & Schwarck, N. Inter annual variation of strobilation by the scyphozoan *Aurelia labiata* in relation to polyp density, temperature, salinity, and light conditions in situ. *Marine Ecology Progress Series* (2009).
- 60 - Lo, W., Yu, S. & Hsieh, H. Hydrographic Processes Driven by Seasonal Monsoon System Affect Siphonophore Assemblages in Tropical-Subtropical Waters (Western North Pacific Ocean). *Plos One*, [s.l.], v. 9, n. 6, p.1-19. Public Library of Science (PLoS) (2014).
- 61 - Guillén Nieto, J. E. *et al.* A. Monitoring the abundance of jellyfish off the coast of Valencia (Spain) during the summer period (2009-2012). *Rapp. Comm. int. Mer Medit.*, 40: 537 (2013).

ANEXOS

Anexo 1 – Planilha de coleta de dados.



FICHA DE CAMPO

PRAIA: _____ DATA: _____ HORÁRIO INICIAL/FINAL: _____

REGIME DE MARÉ: () ENCHENTE () VAZANTE FASE LUNAR: () CHE () MIN () NOV () CRE

pH _____ SAL. _____ TEMP. _____ OD _____ VELOC. VENTO _____

CONDIÇÕES DO TEMPO: (→) SOL () PARCIAL () NUBLADO () CHUVOSO

NÚMERO DE INDIVÍDUOS

--	--	--	--	--

MORFOMETRIA PNEUMATÓFORO

INDIVÍDUO	COMPRIMENTO	LARGURA	INDIVÍDUO	COMPRIMENTO	LARGURA
01			21		
02			22		
03			23		
04			24		
05			25		
06			26		
07			27		
08			28		
09			29		
10			30		
11			31		
12			32		
13			33		
14			34		
15			35		
16			36		
17			37		
18			38		
19			39		
20			40		

OBSERVAÇÕES:

Normas da revista disponível no link
https://www.nature.com/ngeo/pdf/submission_guide_ngeo.pdf