



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA  
CURSO DE OCEANOGRAFIA

BIANCA CRISTINA COELHO RODRIGUES

INFLUÊNCIA DA DEFASAGEM TEMPORAL DE PARÂMETROS  
AMBIENTAIS SOBRE AS LARVAS DE PEIXES DO SISTEMA ESTUARINO  
DA RAPOSA, MARANHÃO-BRASIL

SÃO LUÍS  
2021

BIANCA CRISTINA COELHO RODRIGUES

INFLUÊNCIA DA DEFASAGEM TEMPORAL DE PARÂMETROS  
AMBIENTAIS SOBRE AS LARVAS DE PEIXES DO SISTEMA ESTUARINO  
DA RAPOSA, MARANHÃO-BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Graduação  
em Oceanografia pela Universidade  
Federal do Maranhão no formato artigo,  
para obtenção do Grau de Bacharel em  
Oceanografia.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Paula  
Cilene Alves da Silveira

BIANCA CRISTINA COELHO RODRIGUES

INFLUÊNCIA DA DEFASAGEM TEMPORAL DE PARÂMETROS  
AMBIENTAIS SOBRE AS LARVAS DE PEIXES DO SISTEMA ESTUARINO  
DA RAPOSA, MARANHÃO-BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Graduação  
em Oceanografia pela Universidade  
Federal do Maranhão no formato artigo,  
para obtenção do Grau de Bacharel em  
Oceanografia.

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Paula  
Cilene Alves da Silveira

Aprovada em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Paula Cilene Alves da Silveira  
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)  
**Orientadora**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Samara Aranha Eschrique  
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

---

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Cláudia Klose Parise  
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

RODRIGUES, BIANCA CRISTINA COELHO.  
INFLUÊNCIA DA DEFASAGEM TEMPORAL DE PARÂMETROS  
AMBIENTAIS SOBRE AS LARVAS DE PEIXES DO SISTEMA ESTUARINO  
DA RAPOSA, MARANHÃO-BRASIL / BIANCA CRISTINA COELHO  
RODRIGUES. - 2021.  
31 f.

Orientador(a): PAULA CILENE ALVES DA SILVEIRA.  
Monografia (Graduação) - Curso de Oceanografia,  
Universidade Federal do Maranhão, SÃO LUÍS, 2021.

1. Biodiversidade. 2. Correlação-Cruzada. 3.  
Estuário. 4. Ictioplâncton. I. ALVES DA SILVEIRA, PAULA  
CILENE. II. Título.

## RESUMO

A região da Raposa possui uma das maiores comunidades pesqueiras do Maranhão, além de várias atividades recreativas que impactam no meio. Embora a região possua uma alta biodiversidade, poucos estudos foram realizados. Desta forma o presente estudo buscou correlacionar parâmetros físicos e químicos com as larvas de peixes da região estuarina do município de Raposa, avaliando variações sazonais e nictemerais ao longo do ano de 2018. Foram realizadas campanhas nos meses de abril, julho, outubro e dezembro, com coleta das larvas de peixe, através de arrasto superficial, e medidas dos parâmetros abióticos de temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e vazão com a utilização de equipamentos oceanográficos. A correlação-cruzada foi utilizada para avaliar as relações existentes entre os parâmetros ambientais e o total de larvas de peixes, considerando a defasagem no tempo. Os resultados indicados pela correlação mostraram que os parâmetros como salinidade do mar e temperatura superficial do estuário foram os que mais influenciaram no estabelecimento das larvas, principalmente nas primeiras horas (i.e., defasagem de 0 a 2 horas) após as oscilações dos parâmetros ambientais. O baixo escoamento continental no período de estiagem potencializou a vazão, aumentando a oxigenação da camada superficial. Entretanto, a limitada capacidade natatória das larvas impediu seu estabelecimento na superfície.

**Palavras-chave:** Ictioplâncton; Correlação-Cruzada; Biodiversidade; Estuário.

## ABSTRACT

The Raposa region has one of the largest fishing communities in Maranhão, in addition to several recreational activities that impact the environment. Although the region has a high biodiversity, few studies have been carried out. Thus, the present study sought to correlate physical and chemical parameters with fish larvae from the estuarine region of the municipality of Raposa, evaluating seasonal and nyctemeral variations throughout 2018. Campaigns were carried out in April, July, October and December, with collection of fish larvae, through surface trawling, and measurements of abiotic parameters of temperature, salinity, dissolved oxygen and flow using oceanographic equipment. The cross-correlation was used to assess the relationships between environmental parameters and the total number of fish larvae, considering the time lag. The results indicated by the correlation showed that parameters such as sea salinity and surface temperature of the estuary were the ones that most influenced the establishment of larvae, especially in the first hours (i.e., lag of 0 to 2 hours) after the oscillations of the environmental parameters. The low continental runoff in the dry period increased the flow, increasing the oxygenation of the surface layer. However, the limited swimming ability of the larvae prevented their establishment on the surface.

**Keywords:** Ichthyoplankton; Cross-Correlation; Biodiversity; Estuary.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Localização da área de estudo e do ponto de coleta no Sistema Estuarino da Raposa – Maranhão. ....	12
<b>Figura 2:</b> Temperatura da superfície do estuário registrada nos meses de abril (a), julho (b), outubro (c) e dezembro (d) de 2018 no Sistema Estuarino da Raposa – Maranhão. ....	15
<b>Figura 3:</b> Salinidade da superfície do estuário registrada nos meses de abril (a), julho (b), outubro (c) e dezembro (d) de 2018 no Sistema Estuarino da Raposa – Maranhão. ....	16
<b>Figura 4:</b> Vazão registrada nos meses de abril (a), julho (b), outubro (c) e dezembro (d) de 2018 no Sistema Estuarino da Raposa – Maranhão. ....	18
<b>Figura 5:</b> Marés registradas nos dias de coleta dos respectivos meses: abril (a), julho (b), outubro (c) e dezembro (d) de 2018 no Sistema Estuarino da Raposa – Maranhão. ....	18
<b>Figura 6:</b> Oxigênio Dissolvido registrado nos meses de abril (a), julho (b), outubro (c) e dezembro (d) de 2018 no Sistema Estuarino da Raposa – Maranhão. ....	20
<b>Figura 7:</b> Correlação-cruzada entre temperatura e total de larvas de peixes amostradas no Sistema Estuarino da Raposa, MA, em 2018. Onde: a) é o mês de abril, b) é o mês de julho, c) é o mês de outubro e d) é o mês de dezembro. ....	23
<b>Figura 8:</b> Correlação-cruzada entre salinidade e total de larvas de peixes amostrados no Sistema Estuarino da Raposa, MA, em 2018. Onde: a) é o mês de abril, b) é o mês de julho, c) é o mês de outubro e d) é o mês de dezembro. ....	24
<b>Figura 9:</b> Correlação-cruzada entre vazão e total de larvas de peixes amostradas no Sistema Estuarino da Raposa, MA, em 2018. Onde: a) é o mês de abril, b) é o mês de julho, c) é o mês de outubro e d) é o mês de dezembro. ....	26
<b>Figura 10:</b> Correlação-cruzada entre oxigênio dissolvido e total de larvas de peixes amostradas no Sistema Estuarino da Raposa, MA, em 2018. Onde: a) é o mês de abril, b) é o mês de julho, c) é o mês de outubro e d) é o mês de dezembro. ....	27

## LISTA DE TABELAS

**Tabela I:** Total de larvas de peixes registradas nos meses de abril, julho, outubro e dezembro de 2018 no Sistema Estuarino da Raposa – Maranhão... 21

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	11
Área de estudo .....	11
Obtenção de dados .....	12
Tratamento Estatístico .....	13
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	14
Dados Abióticos .....	14
Dado Biótico.....	20
Correlação-Cruzada .....	22
<b>CONCLUSÃO</b> .....	28
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	28
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	29

## INTRODUÇÃO

Os estudos em relação ao ictioplâncton, que incluem ovos, larvas e juvenis de peixes, além de prever a qualidade do estoque pesqueiro, tendem a caracterizar a época e a área de reprodução, através das análises de abundância e distribuição. Os peixes estuarinos em sua maioria procuram locais com aspectos que supram suas necessidades durante o período reprodutivo (RÉ et al. 2005). Entretanto, seu período reprodutivo depende de condições ambientais favoráveis que maximizem a sobrevivência e o desenvolvimento da prole (AGOSTINHO et al 2004; WINEMILLER, 2004).

As principais variáveis ambientais que afetam a reprodução de peixes e a estrutura da comunidade ictioplanctônica são a temperatura do mar (REYNALTE-TATAJE et al 2008), o fotoperíodo (VAZZOLER et al 1997), a vazão (AGOSTINHO et al 2004) e a disponibilidade de recursos (VAZZOLER, 1996). Essas variáveis ambientais podem variar ao longo do ano e entre os anos, dependendo do macroclima e dos processos ecológicos regionais e locais (KRABBENHOFT et al 2014). De acordo com alguns autores (NAMIKI et al., 2007; BRUNO E ACHA, 2015) a distribuição do ictioplâncton nos estuários também é suscetível à ação dos ventos, chuvas e aportes fluviais.

Da perspectiva oceanográfica, estuários foram definidos por Pritchard (1967) como corpos d'água costeiros, semiconfinados, onde ocorre a mistura de água proveniente do escoamento continental com águas marinhas. Estes fatores favorecem o aporte de nutrientes e matéria orgânica, proporcionando a diversificação de nichos ecológicos (ZACARDI, 2015). Entretanto, os dados relacionados à vida desses organismos são escassos e descontínuos no tempo. Nos últimos anos, foram apresentadas respostas sobre a influência de um sobre o outro, evidenciando como o habitat se tornou necessário para a preservação de unidades populacionais de peixes (LOPES, 2006)

O estado do Maranhão tem mais de 47 mil pessoas que vivem da pesca, especialmente da pesca artesanal e de subsistência. Ainda que com poder e esforço de pesca menor que o industrial, possuem papel fundamental na geração de mão-de-obra direta e indireta. Com um padrão de ocupação de diferentes

graus de intensidade e disposição espacial, o município da Raposa abriga a maior comunidade pesqueira do estado, com características essencialmente artesanais (LABOHIDRO, 2007). A zona costeira de Raposa localiza-se em uma planície flúvio-marinha revestida por restingas, manguezais e campos, que lhe conferem significativo potencial para a atividade pesqueira (LISBOA, 2019).

Apesar deste ser um sistema estuarino com ampla biodiversidade, poucos trabalhos avaliaram a diversidade ictioplânctônica ou a influência dos fatores ambientais sobre a abundância de ictioplâncton. Lima (2019) avaliou a variação nictemeral da comunidade de larvas de peixes sob a influência de parâmetros físicos durante um ciclo de maré e Soares (2021) caracterizou a distribuição das larvas associada a sazonalidade dos parâmetros físicos e químicos (chuvoso e estiagem). Entretanto, há uma escassez na literatura de estudos que determinem o tempo de resposta da abundância de organismos ictioplânctônicos em função de parâmetros ambientais. Diante disto, o presente estudo busca avaliar as interferências ou influências de parâmetros ambientais em diferentes escalas de tempo, evidenciando a defasagem temporal existente entre estes e as larvas de peixes.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

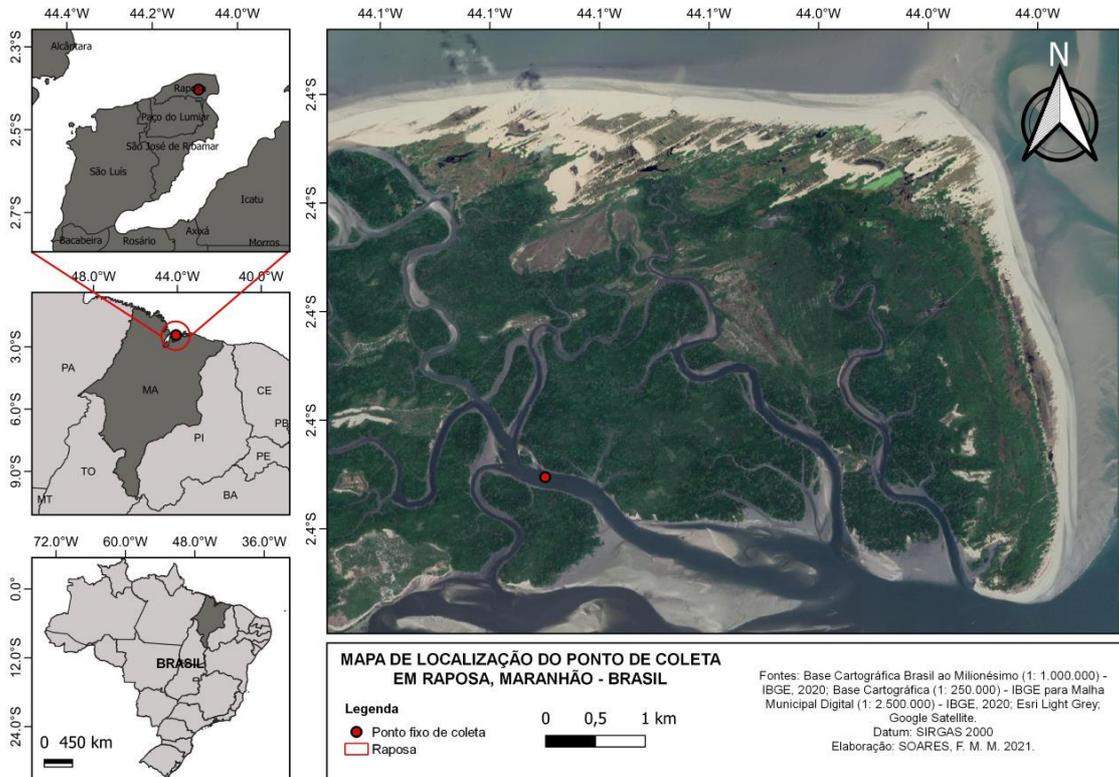
### Área de estudo

A Ilha do Maranhão é formada por quatro municípios: São Luís (capital), São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa, e está localizada ao norte do estado do Maranhão, contida no Golfão Maranhense. O Município de Raposa, área de estudo deste trabalho, está localizado no extremo nordeste da Ilha do Maranhão (Figura 1), inserido na bacia hidrográfica do Rio Paciência que drena uma área de 171,74 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).

O Sistema Estuarino de Raposa – Maranhão (Figura 1) encontra-se numa região de clima úmido, classificado entre os padrões equatoriais e tropicais, com precipitação pluviométrica anual de 2.100 mm subdividido entre dois períodos, chuvoso e seco, com temperatura média anual superior a 27°C (DINIZ, 2018). O município possui diversas atividades relacionadas às áreas estuarinas, como o

turismo, o cultivo de organismos, o trânsito intensivo de embarcações, sobretudo aos finais de semana, e a pesca com redes de diferentes artes.

**Figura 1:** Localização da área de estudo e do ponto de coleta no Sistema Estuarino da Raposa – Maranhão.



### Obtenção de dados

Quatro campanhas de amostragem foram realizadas no Sistema Estuarino da Raposa no ano de 2018, visando obter informações dos períodos chuvoso (abril), de transição do chuvoso para o seco (julho), de estiagem (outubro) e de transição do seco para o chuvoso (dezembro), totalizando 52 amostras. As coletas foram nictemerais (a cada hora), durante 13 horas consecutivas, compondo o total de 13 amostras. As amostragens foram efetuadas em um ponto fixo ( $2^{\circ}26'26.20''S$  e  $44^{\circ}4'11.27''O$ ; Figura 1) sempre procurando considerar o período diurno e noturno, na maré de quadratura, em um ciclo de maré enchente e vazante.

O material biótico foi coletado com o auxílio de uma rede de plâncton cônico-cilíndrica com abertura de malha de 300 $\mu$ m, com diâmetro de 60 cm de abertura de boca e 1,5 m de comprimento. Foram efetuados arrastos horizontais em superfície com duração de cinco minutos. Os dados abióticos como temperatura superficial do estuário, salinidade superficial do estuário e vazão foram coletados com a utilização de um equipamento CTD YSI CASTWAY; e a coleta do oxigênio dissolvido sucedeu-se com a utilização da garrafa de Van Dorn, onde foram feitas as coletas de água.

### Tratamento Estatístico

#### *Dado Biótico*

Após a separação das larvas de peixes dos demais organismos planctônicos presentes na amostra, essas foram quantificadas. Os valores quantificados foram registrados em planilhas por hora de coleta, e apenas o total das larvas por campanha coletada foi utilizado na correlação-cruzada com os parâmetros abióticos. Esse procedimento foi realizado com o auxílio do programa estatístico PAST 3.0.

#### *Dados Abióticos*

Os dados abióticos, temperatura do mar, salinidade do mar, vazão e oxigênio dissolvido foram normalizados também no PAST 3.0 e então calculada a correlação cruzada, um método estatístico utilizado para calcular e representar graficamente as correlações entre duas séries temporais. A representação gráfica das correlações cruzadas pode ajudar a estabelecer se alguma série de dados conduz outra série, e até que ponto elas se ligam (MINITAB, 2019).

Para avaliar os efeitos da defasagem de tempo destes dados abióticos sobre o número total de larvas foi realizada uma análise de correlação cruzada. Essa análise foi feita no MATLAB (licença: 40981746). O cálculo da correlação cruzada foi feito a partir da estimativa da função da covariância cruzada, que teve como base o coeficiente da covariância cruzada para os *lags* positivos e negativos como pode ser observado na Equação 1 que foi descrito por Box *et al.* (2008).

$$r_{xy}(k) = \frac{c_{xz}k}{s_x s_y} \text{ sendo o } k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (1)$$

Onde:

$x$  e  $y$ : São as variáveis a serem correlacionadas;

$s_x$  e  $s_y$ : São os desvios padrões das variáveis  $x$  e  $y$ ;

$k$ : Os lags ( $\pm 5$ )

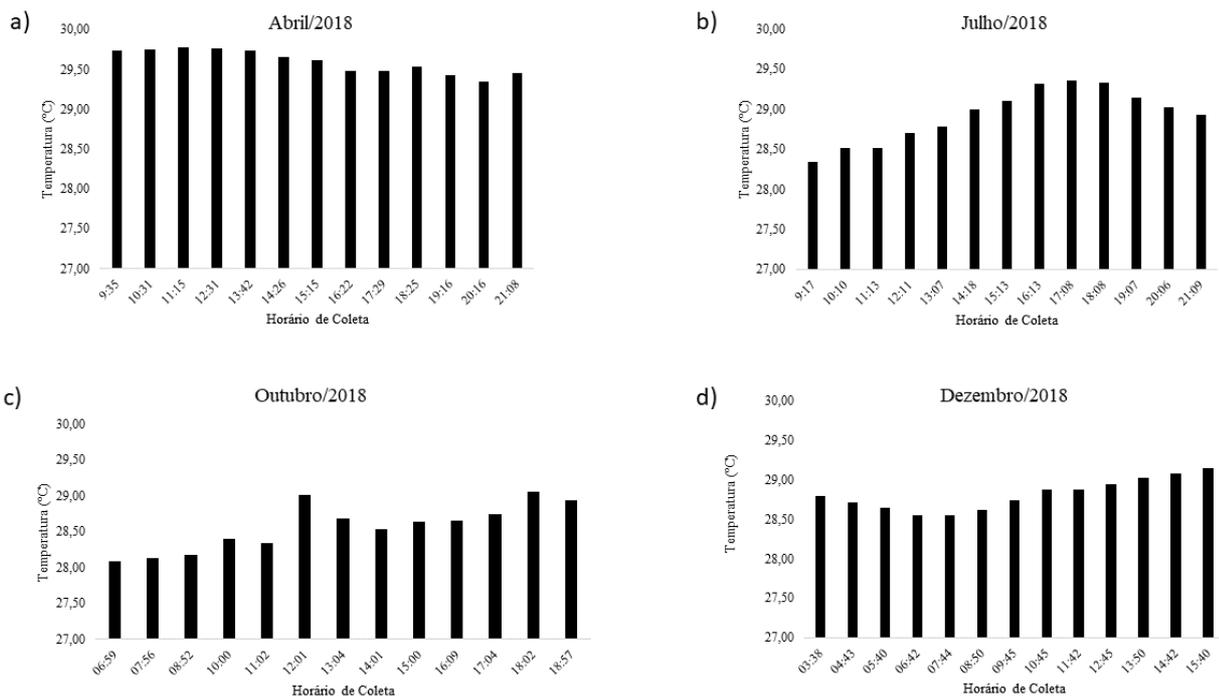
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Dados Abióticos

#### *Temperatura, Salinidade, Vazão e Oxigênio Dissolvido*

A temperatura superficial do estuário na campanha de abril apresentou a menor amplitude térmica, comparada aos outros meses amostrados como segue: média foi de 29,60°C, com máxima de 29,77°C, às 11h15; e a mínima de 29,34°C registrada às 20h16 (Figura 2a). A temperatura superficial do mês de julho apresentou valor médio de 28,93°C, com máxima de 29,36°C, às 17h08. A mínima foi de 28,34°C, registrada às 09h17 (Figura 2b). Nesta campanha de julho foi registrada a maior amplitude térmica (1,02°C). A temperatura na campanha de outubro apresentou média de 28,57°C, e valores constantes nas primeiras horas do dia. A máxima foi de 29,06°C às 18h02 e a mínima de 28,08°C às 06h59 (Figura 2c). A temperatura na campanha de dezembro apresentou média de 28,81°C, com máxima de 29,14°C, às 15h40. A mínima foi de 28,55°C, registrada às 06h42 (Figura 2d).

**Figura 4:** Temperatura da superfície do estuário registrada nos meses de abril (a), julho (b), outubro (c) e dezembro (d) de 2018 no Sistema Estuarino da Raposa – Maranhão.



Os valores da salinidade do estuário durante o estudo apresentaram padrões normais para um ambiente estuarino ( $24,85\text{g/kg}^{-1}$ ), conforme descrito na resolução CONAMA 357/05. Na campanha de abril foi registrado alta taxa de precipitação, ocasionada pela influência de sistemas meteorológicos como o Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) e Linha de Instabilidade (LI), segundo relatório local (UEMA, 2018). O aporte de água pluvial impacta diretamente sobre a salinidade de águas superficiais, aumentando sua flutuabilidade, até mesmo nas proximidades da entrada do canal de maré (Figura 3a).

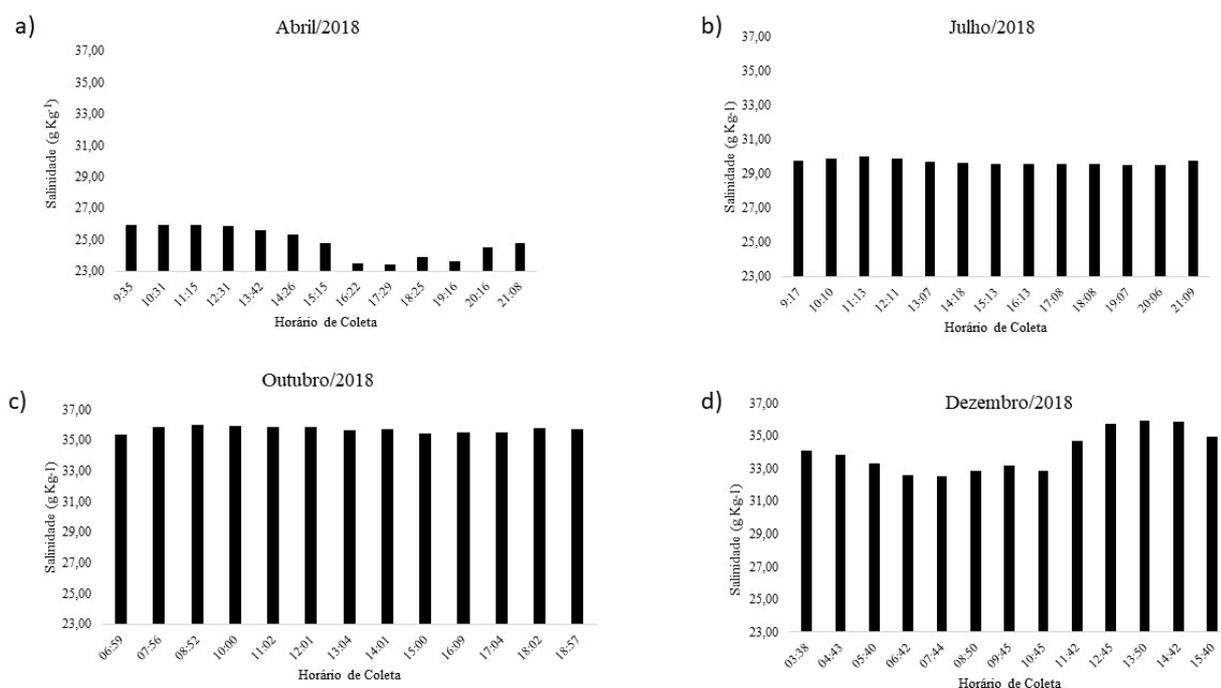
A salinidade superficial do estuário na campanha de julho apresentou um aumento em relação a abril, com média de  $29,68\text{g/kg}^{-1}$ , registrando o impacto da sazonalidade das chuvas na região. Apesar de ter sido registrado um máximo de  $30,02\text{g/kg}^{-1}$  (Figura 3b), os valores de salinidade ficaram no limite para águas salobras, conforme descrito na resolução CONAMA 357/05. Segundo a UEMA (2018), durante o mês de julho de 2018, mês de transição entre o período de chuva e estiagem, o Maranhão ficou abaixo da média de chuvas prevista para o

mês, mesmo com a ocorrência de alguns processos termodinâmicos locais, como a presença de um cavado em superfície.

Na campanha de outubro, a salinidade superficial do estuário apresentou valores acima de  $35\text{g/kg}^{-1}$  (Figura 3c), o que caracteriza a água como salina, conforme resolução CONAMA 357/05. Nestes meses, as temperaturas são elevadas e há uma baixa taxa de precipitação, resultando em valores mais elevados de salinidade. As chuvas também estiveram abaixo da média para o mês de outubro (UEMA, 2018), com reflexos sobre o ambiente estuarino.

A campanha de dezembro ocorreu durante a transição entre o período de estiagem e chuvoso, quando a salinidade apresentou a maior variação, comparada às demais campanhas (Figura 3d). Foi observada uma redução da salinidade ( $34,03\text{g/kg}^{-1}$ ) do local, em relação à campanha de julho ( $35,7\text{g/kg}^{-1}$ ), como consequência do aumento das chuvas no final de 2018, quando ocorreram anomalias positivas de precipitação na região (UEMA, 2018).

**Figura 7:** Salinidade da superfície do estuário registrada nos meses de abril (a), julho (b), outubro (c) e dezembro (d) de 2018 no Sistema Estuarino da Raposa – Maranhão.



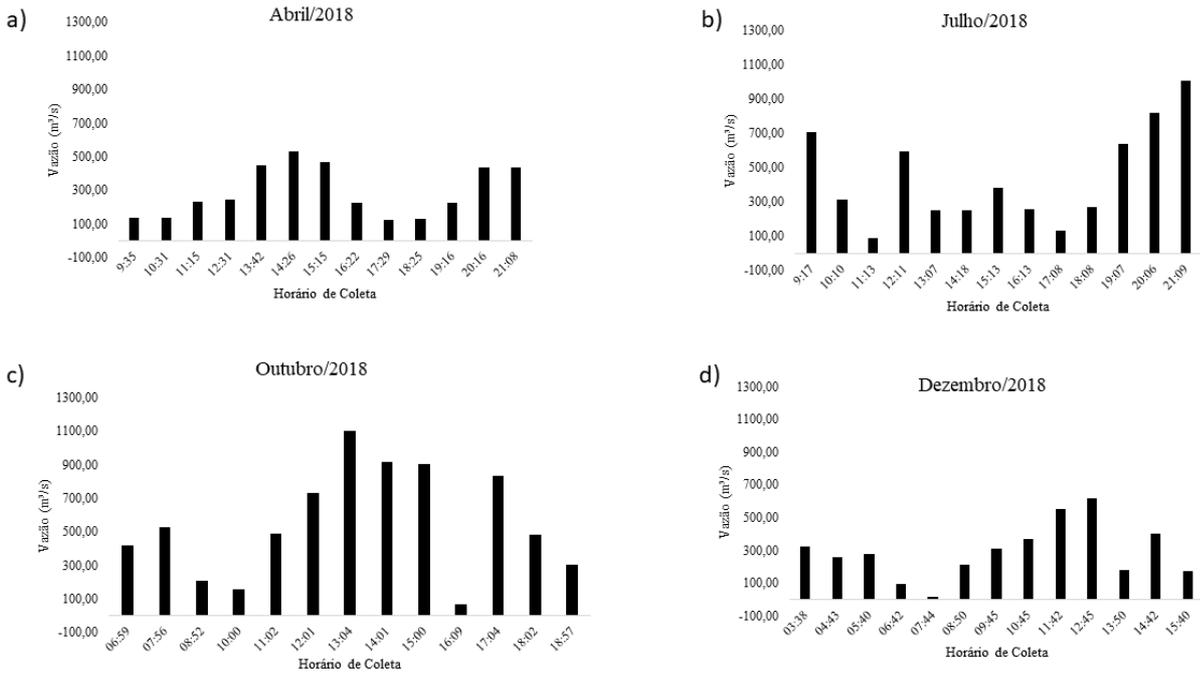
Os valores extremos de vazão (Figura 4a) no mês de abril foram registrados durante um ciclo de maré vazante. O valor máximo  $528,44\text{m}^3/\text{s}$  ocorreu às 14h18, quando a corrente de maré foi mais intensa (i.e., entre estofa de vazante e enchente) (Figura 5a). Enquanto o valor mínimo de vazão de  $126,06\text{m}^3/\text{s}$  ocorreu às 17h29, coincidentemente no momento de estofa de maré vazante (Figura 5a). Foi possível observar que a vazão sofre influência direta do ciclo de maré, o que se justifica pela proximidade do ponto de estudo com o mar.

Já os extremos de vazão do mês de julho foram registrados em ciclos de maré diferentes, com a vazão máxima de  $1003,02\text{m}^3/\text{s}$  às 21h09, período mais intenso do ciclo de maré enchente; e vazão mínima de  $92,56\text{m}^3/\text{s}$  às 11h13 (Figura 4b), a qual ocorreu durante a estofa de maré vazante (Figura 5b). A relação existente entre a intensidade da vazão e o ciclo de maré encontrado neste estudo corrobora com Marone et al. (2007), o qual pontua que durante a estofa, o fluxo (ou vazão) tende a apresentar valores quase nulos em regiões de baía. Sendo assim, a mínima de vazão encontrada na no mês de julho seria resultado do fluxo “natural” do estuário à jusante.

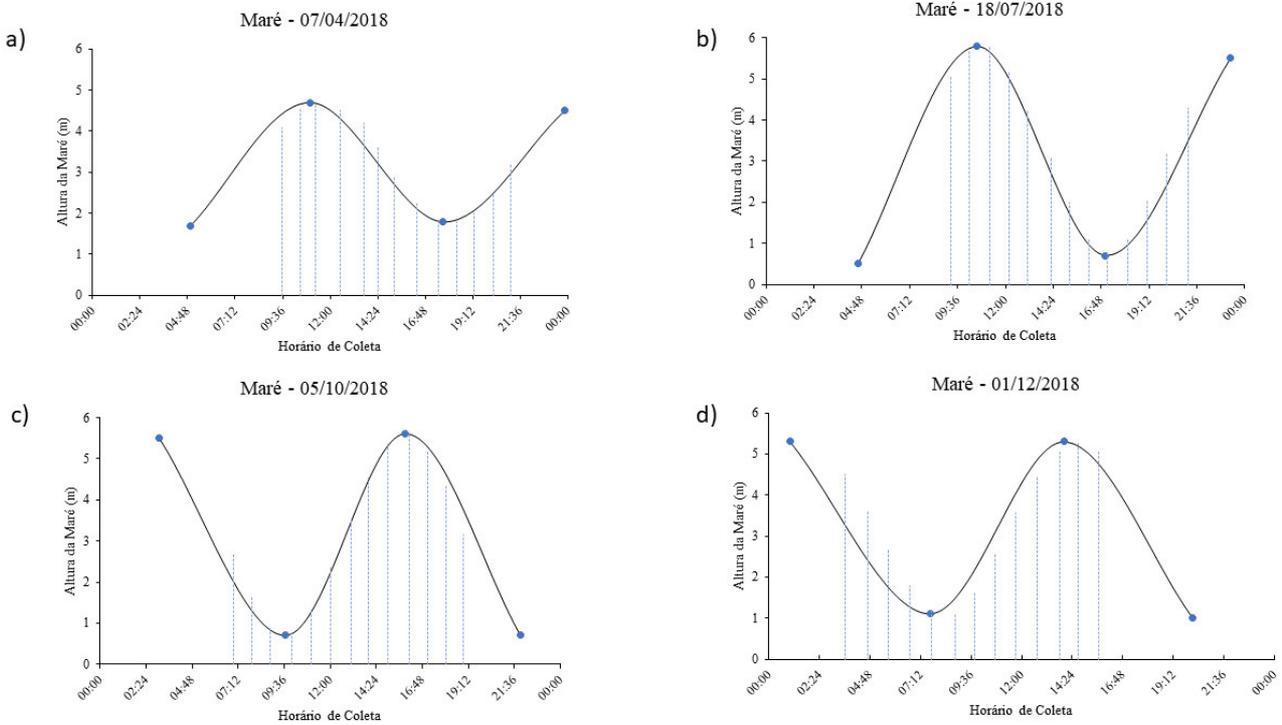
A vazão do mês de outubro atingiu o máximo de  $1099,06\text{m}^3/\text{s}$  às 13h04, momento em que a corrente de maré enchente esteve mais intensa (i.e., entre uma crista e uma cava). A vazão mínima foi de  $69,64\text{m}^3/\text{s}$  às 16h09, logo após a estofa de maré enchente (Figura 4c e Figura 5c). Durante o período de estiagem, o escoamento continental é reduzido, diminuindo a resistência do estuário à intrusão da corrente de maré. Desta forma, os maiores valores de vazão são encontrados nesse período do ano, principalmente durante o ciclo de maré enchente. Estes resultados corroboram com os encontrados por Ferreira (2013), na região fluvio-estuarina do rio Paracauari – Pará.

O valor máximo de vazão da campanha de dezembro foi registrado às 12h45 com  $615,30\text{m}^3/\text{s}$ , durante o ciclo de maré enchente. O valor mínimo de  $14,85\text{m}^3/\text{s}$ , ocorreu às 07h44 (Figura 4d), momento em que a maré se encontrava em estofa de vazante (Figura 5d).

**Figura 4:** Vazão registrada nos meses de abril (a), julho (b), outubro (c) e dezembro (d) de 2018 no Sistema Estuarino da Raposa – Maranhão.



**Figura 5:** Marés registradas nos dias de coleta dos respectivos meses: abril (a), julho (b), outubro (c) e dezembro (d) de 2018 no Sistema Estuarino da Raposa – Maranhão.



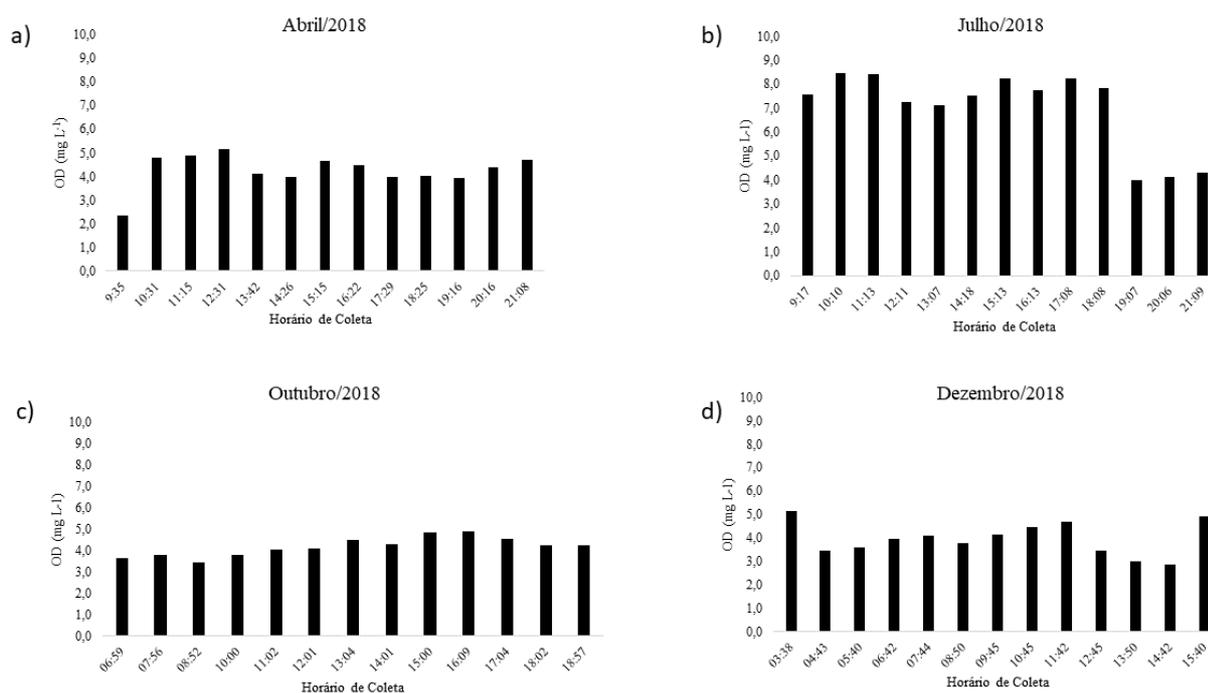
O oxigênio dissolvido (OD) para águas salobras, segundo a resolução CONAMA 357/05, tem como valor mínimo de 5,0mg/L. Na região de estudo, a média de OD foi 4,24mg/L. Apenas uma hora de coleta esteve acima do limite recomendado, 5,16mg/L, às 12h31 (Figura 6a). De modo geral, na campanha de abril, o ambiente foi caracterizado como pobre em oxigênio. Este resultado poder ser justificado pela presença das chuvas neste mês, pois como destaca Melo (2019) em seu estudo na Raposa, valores baixos de OD podem ocorrer devido ao período chuvoso, o qual sobrecarrega a drenagem continental e urbana, fazendo com que a demanda de OD seja alta para oxidar toda a matéria orgânica presente no meio.

O OD apresentou nas primeiras coletas da campanha do mês de julho valores “ideais” para ambiente estuarino, segundo CONAMA 357/05. O valor máximo de 8,46mg/L, assegura a oxigenação do ambiente no período diurno da coleta, atribuindo assim a atividade fotossintética como fonte desta alta. O valor mínimo de OD foi de 3,97mg/L às 19h07 (Figura 6b). Durante o período noturno, ocorrem processos de mineralização, os quais resultam no consumo de OD e na produção de CO<sub>2</sub> (SCHETTINI, 2000), o que pode justificar este resultado.

O OD durante toda a campanha do mês de outubro apresentou valores (4,17mg/L, Figura 6c) abaixo do mínimo de referência da resolução CONAMA 357/05, mas não chegou no nível de hipoxia (< 2,00mg/L). O OD assegurou seu nível de oxigenação para o meio, valores altos como de salinidade e temperatura são fatores limitantes para a alteração da solubilidade do OD (CHAPMAN, 1992).

O OD, como citado anteriormente, possui um valor mínimo de referência para águas salobras de 5,0mg/L. Apenas em uma hora de coleta do mês de dezembro este parâmetro esteve dentro do ideal, que foi de 5,16mg/L às 03h38 (Figura 6d). Isto ocorreu durante uma maré vazante, momento de maior agitação na coluna d'água. Após esse pico de OD, ocorreu um decréscimo, provavelmente associado ao consumo pelos organismos planctônicos (DE ASSIS ESTEVES, 1998).

**Figura 6:** Oxigênio Dissolvido registrado nos meses de abril (a), julho (b), outubro (c) e dezembro (d) de 2018 no Sistema Estuarino da Raposa – Maranhão.



## Dado Biótico

### *Total de Larvas*

Durante o período de estudo foram registradas 631 larvas de peixes no sistema estuarino da Raposa. A campanha de abril teve um total de 129 larvas coletadas, o máximo de larvas coletadas (26) às 19h16. O mínimo (0) foi registrado às 12h31. Em julho, o total de larvas coletadas foi de 288, com máxima (106) às 18h e mínima (0) entre 10h e 11h. No mês de outubro foi registrado um total de 68 larvas, tendo sua máxima (14) às 07h56 e sua mínima (0) registrada entre 15h e 16h. Em dezembro, foram contabilizadas 146 larvas, com a máxima (52) coletada às 4h43 e a mínima (0) às 14h42 (Tabela I).

**Tabela I:** Total de larvas de peixes registradas nos meses de abril, julho, outubro e dezembro de 2018 no Sistema Estuarino da Raposa – Maranhão.

em (-) não houve amostragem

Horas de Coleta	Meses de Coleta			
	abr/18	jul/18	out/18	dez/18
3:38	-	-	-	26
4:43	-	-	-	52
5:40	-	-	-	9
6:42	-	-	-	1
6:59	-	-	7	-
7:44	-	-	-	11
7:56	-	-	14	-
8:50	-	-	-	3
8:52	-	-	11	-
9:17	-	7	-	-
9:35	2	-	-	-
9:45	-	-	-	8
10:00	-	-	7	-
10:10	-	0	-	-
10:31	2	-	-	-
10:45	-	-	-	6
11:02	-	-	8	-
11:13	-	0	-	-
11:15	5	-	-	-
11:42	-	-	-	17
12:01	-	-	10	-
12:11	-	3	-	-
12:31	0	-	-	-
12:45	-	-	-	8
13:04	-	-	2	-
13:07	-	8	-	-
13:42	12	-	-	-
13:50	-	-	-	2
14:01	-	-	1	-
14:18	-	19	-	-
14:26	14	-	-	-
14:42	-	-	-	0
15:00	-	-	0	-
15:13	-	6	-	-
15:15	2	-	-	-

15:40	-	-	-	3
16:09	-	-	0	-
16:13	-	23	-	-
16:22	7	-	-	-
17:04	-	-	2	-
17:08	-	48	-	-
17:29	8	-	-	-
18:02	-	-	1	-
18:08	-	106	-	-
18:25	12	-	-	-
18:57	-	-	5	-
19:07	-	35	-	-
19:16	26	-	-	-
20:06	-	15	-	-
20:16	22	-	-	-
21:08	17	-	-	-
21:09	-	18	-	-
<b>Total</b>	<b>129</b>	<b>288</b>	<b>68</b>	<b>146</b>

### Correlação-Cruzada

#### *Temperatura x Total de Larvas*

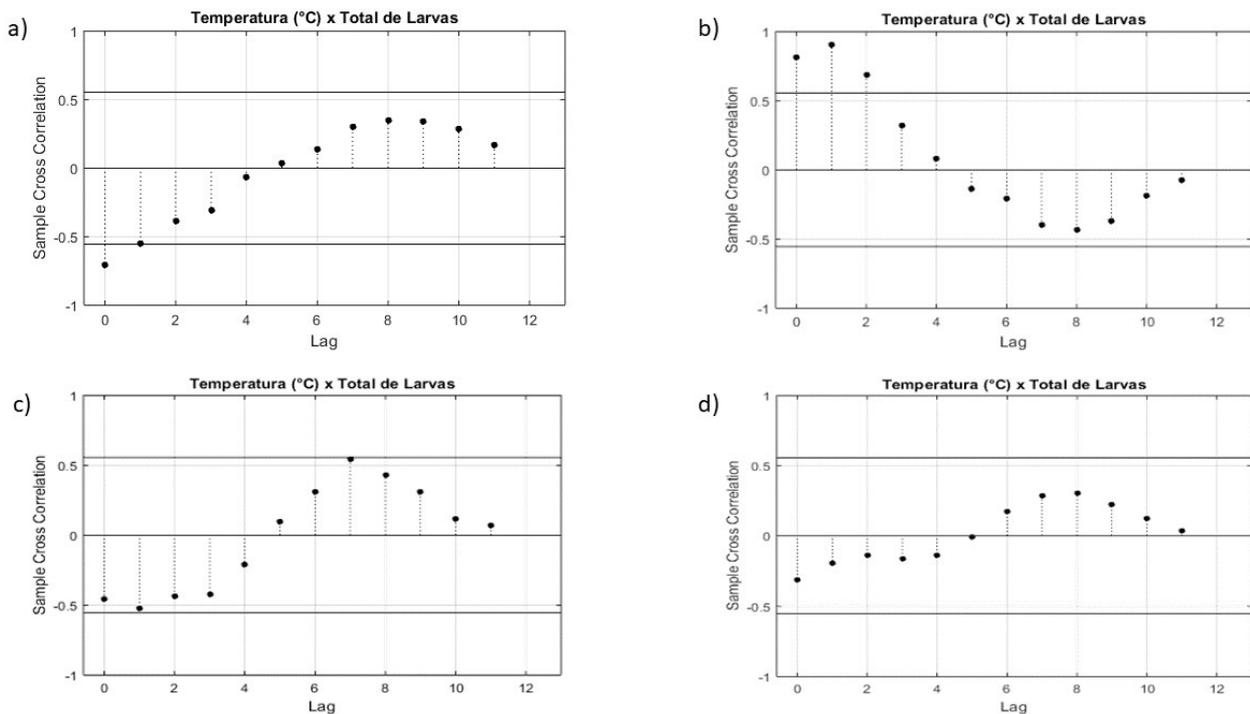
Foi possível observar que as larvas de peixes da região têm uma faixa de temperatura ideal para sua presença no ambiente. Quando observado os dados do mês de abril, onde todos os valores de temperatura estiveram acima de 29,34°C. A correlação defasada foi significativamente inversa no  $lag = 0$  (Figura 7a), ou seja, à medida que a temperatura se elevou, o número total de larvas diminuiu, registrando 0 indivíduos uma hora após a temperatura atingir o ápice de 29,77 °C.

No mês de julho, o valor máximo de temperatura registrada foi de 29,36 °C, porém, a correlação cruzada apontou uma relação direta entre temperatura e o total de larvas, com  $r \cong 0,9$  no  $lag = +1$ , ou seja, a medida em que a temperatura aumentou, o total de larvas cresceu (Figura 7b). Isso ocorreu porque durante esta campanha os valores mínimos de temperatura estiveram dentro de uma faixa insatisfatória pelos organismos ( $T \text{ } ^\circ\text{C} < 28,8^\circ\text{C}$ ). É possível que a faixa ideal de temperatura para o estabelecimento das espécies de ictioplâncton que

ocorreram nestes períodos amostrais esteja entre aproximadamente 29°C e 29,4°C, considerando a relação existente nas correlações cruzadas do mês de abril e julho. Lima (2019) constatou que uma das principais ordens de organismos que ocorreram nesta região, nestes dois períodos amostrais, foram os *Clupeiformes*, os quais aumentaram a ocorrência de 41 organismos (em abril/2018) para 148 (em julho/2018).

Não houve correlação-cruzada significativa entre temperatura x total de larvas em outubro e dezembro. É possível que o  $n$  amostral de larvas baixo tenha interferido nestes resultados. Em função das alterações no regime pluviométrico, é esperado que as espécies planctônicas se alternem entre as estações, considerando as oscilações nos padrões principalmente de temperatura superficial da água e salinidade (Figura 7c e Figura 7d).

**Figura 7:** Correlação-cruzada entre temperatura e total de larvas de peixes amostradas no Sistema Estuarino da Raposa, MA, em 2018. Onde: a) é o mês de abril, b) é o mês de julho, c) é o mês de outubro e d) é o mês de dezembro.



### Salinidade x Total de Larvas

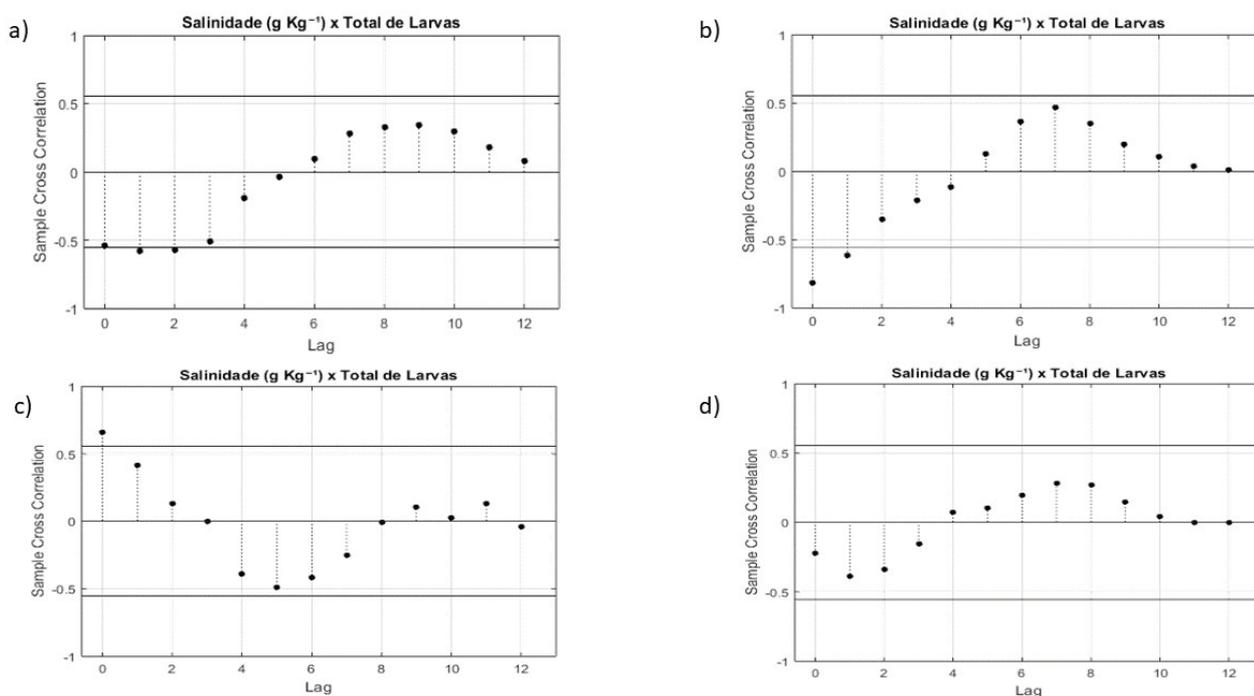
No mês de abril foi constatada uma correlação significativamente inversa de  $r \cong -0,6$  no  $lags = +1$  e  $+2$  (Figura 8a). Ou seja, um aumento (diminuição) na salinidade reflete na diminuição (aumento) do total de larvas cerca de 1 ou 2 horas após, respectivamente. Por exemplo, o máximo de salinidade foi  $25,94\text{g/kg}^{-1}$  e, duas horas depois, nenhum organismo ictioplanctônico foi registrado.

Em julho foi observado uma correlação inversa do  $lags = 0$  e  $+1$  (Figura 8b), de aproximadamente  $0,8$ , efeito similar ao observado na primeira campanha, devido ao fato de que as mesmas espécies predominam nesta região durante estes períodos (LIMA, 2019).

Em outubro houve uma correlação direta entre a salinidade e o total de larvas de  $r \cong 0,7$ , no  $lag = 0$  (Figura 8c). O valor máximo de salinidade ( $36\text{g/kg}^{-1}$ ) ocorreu uma hora após o maior registro de larvas desta campanha (14 organismos, às 7h56), indicando que outras variáveis podem estar agindo como fator limitante das espécies presente neste período.

No mês de dezembro não houve valores significativos de correlação, mesmo apresentando uma variação relativamente alta, comparada as outras campanhas, indicando que possivelmente, outros parâmetros agiram como fator limitante dos organismos na região (Figura 8d).

**Figura 8:** Correlação-cruzada entre salinidade e total de larvas de peixes amostrados no Sistema Estuarino da Raposa, MA, em 2018. Onde: a) é o mês de abril, b) é o mês de julho, c) é o mês de outubro e d) é o mês de dezembro.



### *Vazão x Total de Larvas*

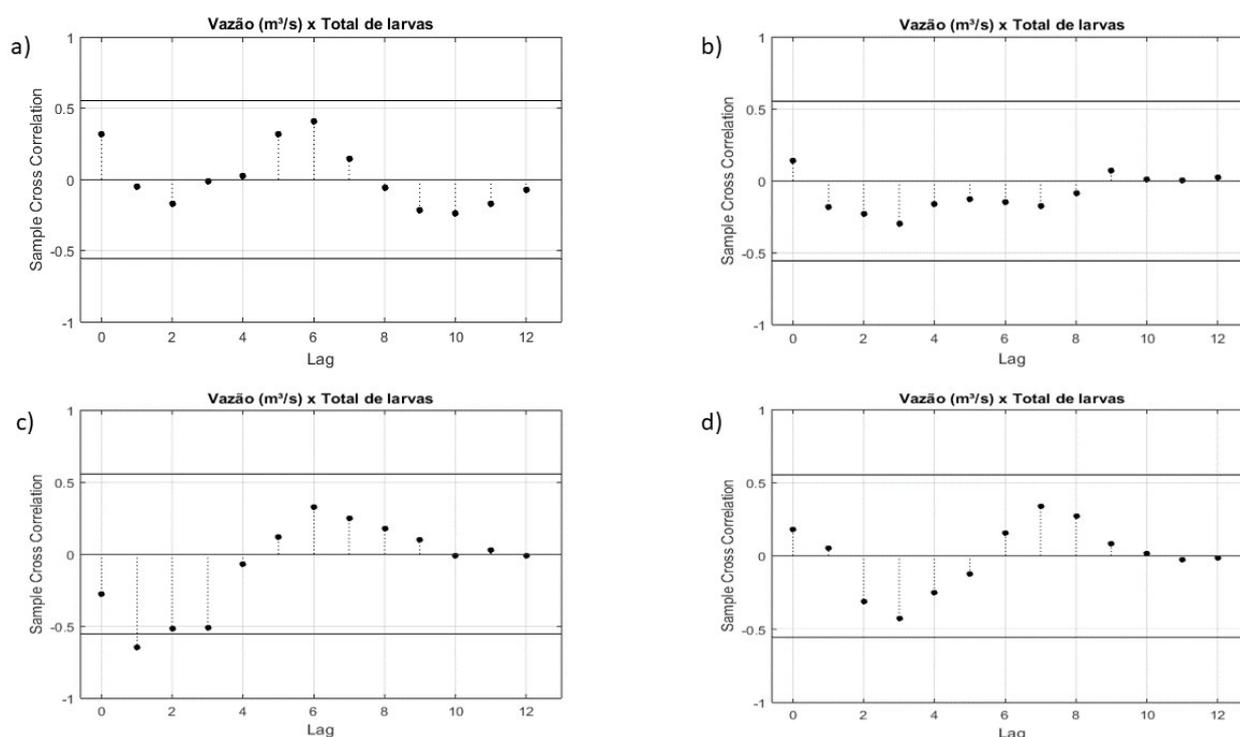
No mês de abril os resultados não foram significativos entre a vazão e o total de larvas (Figura 9a). Como observado na Figura 4a, em abril foi registrada a menor variação de vazão na estação. Desta forma, outros fatores atuaram de forma significativa para a manutenção do ictioplâncton na região, como salinidade e temperatura.

Apesar de haver uma maior amplitude de vazão no mês de julho, não foram registrados resultados significativos entre as variáveis (Figura 9b). Este tipo de resultado pode indicar que outras variáveis podem estar atuando de forma mais crítica no estabelecimento das larvas de peixes do que uma variação significativa na vazão naturalmente decorrente do ciclo semi-diurno de maré. A salinidade e temperatura foram os parâmetros que influenciaram de forma mais significativa no número total de larvas, provavelmente influenciados pela taxa de precipitação e variações diurnas locais.

Em outubro houve uma correlação inversa no *lag* = +1 (Figura 9c), mostrando que um sinal que ocorreu na vazão influenciou no total de larvas uma hora depois. Conforme discutido no subitem anterior, neste mês foi registrada a maior oscilação de vazão, em função da intensa intrusão da corrente de maré. Este cenário de alto fluxo, principalmente superficial, faz com que os organismos planctônicos, no geral, não permaneçam no ambiente, justificando a correlação inversa.

Não houve correlação significativa entre as variáveis em dezembro. Os valores tanto de vazão quanto de larvas nesta campanha foram relativamente baixos em comparação aos demais meses amostrados, o que pode ter afetado a significância da correlação (Figura 9d).

**Figura 9:** Correlação-cruzada entre vazão e total de larvas de peixes amostradas no Sistema Estuarino da Raposa, MA, em 2018. Onde: a) é o mês de abril, b) é o mês de julho, c) é o mês de outubro e d) é o mês de dezembro.



#### *Oxigênio Dissolvido x Total de Larvas de peixes*

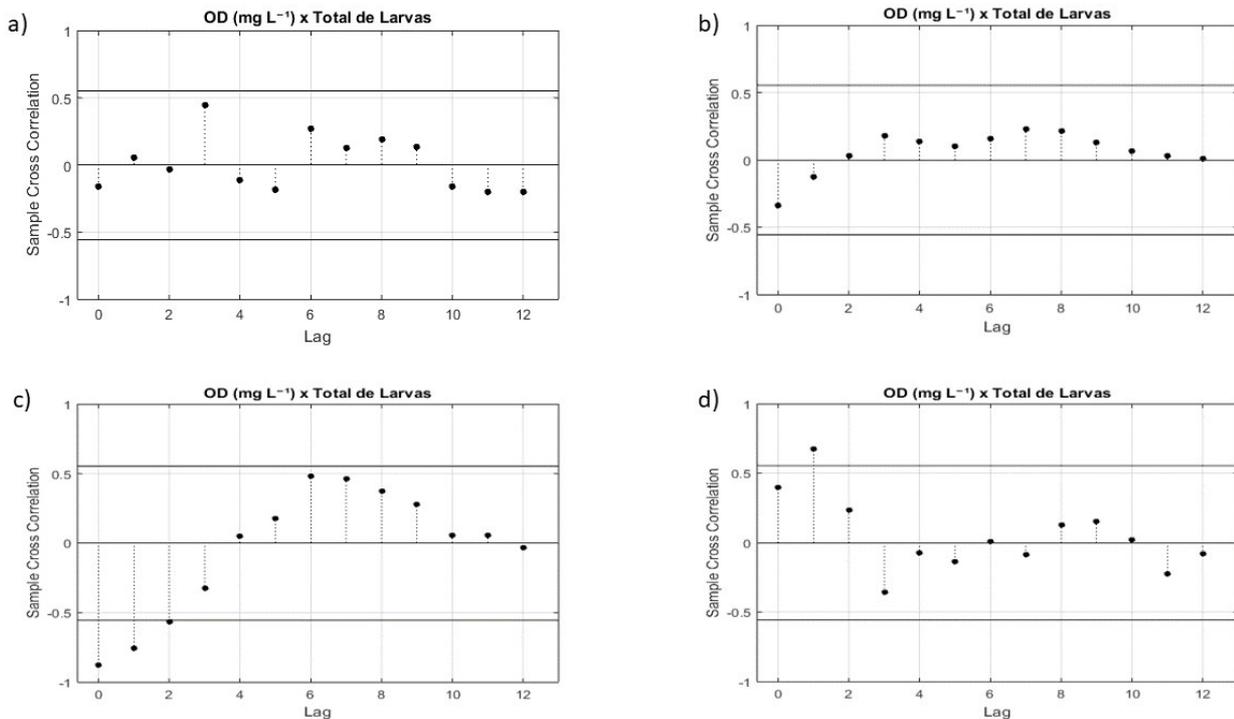
O OD na campanha de abril não apresentou correlação significativa com o total de larvas de peixes, podendo se justificar pela baixa variação do OD, com  $\overline{OD}$  de 4,27mg/L (Figura 10a). No entanto, na campanha de julho houve correlações entre estes parâmetros no limite de significância, nos *lags* negativos (Figura 9b). Embora nesta campanha tenham sido registrado os maiores valores de OD, estes foram de certa forma constantes. É possível que, conforme discutido anteriormente, outras variáveis (i.e., temperatura e salinidade) tenham influenciado de forma mais significativa na oscilação do número total de larvas no meio.

Na campanha de outubro houve forte correlação inversa e instantânea (*lag* = 0) (Figura 10c), entre os dados de OD e total de larvas. É esperado que uma maior oxigenação do meio favoreça o estabelecimento dos organismos, entretanto, como discutido no subitem anterior, a vazão nesta campanha foi muito intensa durante os ciclos de maré enchente. Esta condição proporciona uma maior oxigenação da camada superficial da água, muito embora não

permite que o plâncton permaneça no meio, o que justifica a correlação inversa entre as variáveis de OD e vazão com o total de larvas.

A única variável que demonstrou influência significativa sobre o total de larvas na campanha de dezembro foi o OD. Com correlação direta no *lag* +1 (Figura 10d), foi observado que o aumento de OD favoreceu o crescimento do total de larvas na primeira hora seguinte. Logo após o surgimento dessas larvas em superfície (Figura 6d), ocorre a queda na oxigenação da água em função do consumo noturno de oxigênio (DARWICH, 2005).

**Figura 10:** Correlação-cruzada entre oxigênio dissolvido e total de larvas de peixes amostradas no Sistema Estuarino da Raposa, MA, em 2018. Onde: a) é o mês de abril, b) é o mês de julho, c) é o mês de outubro e d) é o mês de dezembro



## CONCLUSÃO

Este estudo buscou avaliar a influência defasada de parâmetros físicos e químicos sobre o total de larvas da região estuarina do município de Raposa - Maranhão, através da correlação-cruzada.

Os parâmetros de temperatura e salinidade da superfície do mar foram os que influenciaram de forma mais significativa ao longo das campanhas. De modo geral, os organismos ictioplanctônicos da região se mostraram sensíveis a oscilações destas variáveis ao longo das primeiras horas (com defasagem de 1 a 2 h). Apesar de ao longo das 4 campanhas a temperatura tenha variado entre aproximadamente 28°C a 30°C, as espécies que habitam a região demonstram uma faixa de tolerância entre 29°C e 29,40°C.

A proximidade do ponto de amostragem do mar proporcionou uma forte interação entre as oscilações semi-diurnas da maré e o fator sazonalidade. As mudanças entre os períodos chuvosos e de estiagem atuaram em conjunto com a maré para determinar a presença das larvas de peixes na coluna d'água, principalmente no segundo semestre do ano. No mês de outubro, por exemplo, apesar de ter sido registrada uma alta oxigenação da água, a correlação com o total de larvas foi fortemente inversa e instantânea (i.e.,  $lag = 0$ ). Este fato se deu ao intenso fluxo de água no canal, o qual proporcionou uma maior oxigenação da coluna d'água, ao passo que impediu a permanência dos organismos na superfície.

Espera-se que futuramente seja implementado um monitoramento mais amplo da região estuarina do município de Raposa – Maranhão, com  $n$  amostral mais extenso, em termos de escala temporal, afim de agregar maior significância aos tratamentos com a correlação-cruzada.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA, pelos recursos concedidos ao projeto: Ecologia da Comunidade Zooplanctônica e Ictioplanctônica do Sistema Estuarino da Raposa, Maranhão-Brasil, (Processo N° 01316/17). Aos

Laboratórios LACLIMA, LIZIC e LABCICLOS da Universidade Federal do Maranhão que fizeram parte da pesquisa. A minha querida orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paula Cilene, a minha família e aos meus queridos amigos que tornaram essa jornada um pouco mais fácil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Box, G. E., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. *Time series analysis: forecasting and control*. (ed) John Wiley & Sons. 712 p. Nova Jersey, 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 15 de junho de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/component/sisconama/?view=atosnormativos>

Acesso em: 10 de janeiro de 2021.

Bruno, D.O. & Acha, E.M. Winds vs. tides: factors ruling the recruitment of larval and juvenile fishes into a micro-tidal and shallow choked lagoon (Argentina). *Environmental Biology of Fishes*, 98(5), p1449-1458. 2015.

Chapman, D.V. *Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. (Ed.). CRC Press. 1996.

Darwich, A.J. et al. Limnologia do Lago Tupé: dinâmica espaço-temporal do oxigênio dissolvido. BioTupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central. INPA, , editora INPA, p. 35-67, Manaus, 2005.

De Assis Esteves, F. Fundamentos de limnologia. Editora UFSC, 319p, p229-256. Florianópolis, 1998.

Diniz, M.D., 2018. *Avaliação de ostras comercializadas no município de Raposa (MA), sob as condições físicas, químicas e biológicas no ambiente estuarino de cultivo*. Monografia, Curso de Oceanografia, Universidade Federal do Maranhão, 58p, São Luís. 2018.

Ferreira, G.P. 2013. *Caracterização hidrodinâmica e do transporte de sedimentos na região fluvio-estuarina do rio Paracauari, Ilha de Marajó, Pará*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, 104p, Recife. 2013.

IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2010 Sinopse do Censo Demográfico 2010. disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/raposa> Acesso em: 3 de junho de 2020.

Krabbenhoft, T.J., Platania, S.P., & Turner, T.F. Interannual variation in reproductive phenology in a riverine fish assemblage: implications for predicting the effects of climate change and altered flow regimes. *Freshwater Biology*, 59(8), 1744-1754., 2014.

LABOHIDRO. Subsídios para o planejamento e manejo da bacia do Rio Paciência-MA. FSADU/UFMA, Relatório Técnico Final, 97 p São Luís, 2007.

Lima, J.F. 2019. *Variação nictemeral da comunidade de larvas de peixes sob influência de parâmetros físicos nas marés enchente e vazante no sistema estuarino da Raposa-MA-Brasil*, Monografia, Curso de Oceanografia, Universidade Federal do Maranhão, 63p, São Luís. 2019.

Lisboa, G.S. Caracterização Sedimentológica Em Zona Costeira, Município de Raposa – Maranhão. XVIII Simpósio Brasileiro De Geografia Física Aplicada. 2019.

Lopes, R.M; et al. Zooplankton and ichthyoplankton distribution on the southern Brazilian shelf: an overview. 2006.

Marone, E. et al. Medições de Correntes e Curva Vazão-Maré na baía de Paranaguá, PR. *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 60, 2007.

Melo, P.M.S. 2019. *Fluxo nictemeral de nutrientes para um ponto fixo no sistema estuarino do município de Raposa, Maranhão* Monografia, Curso de Oceanografia, Universidade Federal do Maranhão, 63p, São Luís. 2019

Minitab blog. *Visão geral de Correlação cruzada*. Disponível em: <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/time-series/how-to/cross-correlation/before-you-start/overview> Acesso em: 11/04/2020. 2019.

- Namiki, A.P., Bonecker, F. T., Bernardo, F. Larval fish composition of a tropical estuary in northern Brazil (2°18'-2°47'S/044°20'-044°25'W) during the dry season. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 2, n. 3, p. 235-241, 2007.
- Pritchard, D. W.: What is an estuary: physical viewpoint. *American Association for the Advancement of Science*.p.180, 1967.
- Ré, P.; Morgado, F.; Azeiteiro, U. Ecologia do ictioplâncton. Ecologia do Plâncton Marinho e Estuarino. Ed. 1. Porto: *Edições Afrontamento, Ciência e Natureza*. 41-104 p, 2005.
- Reynalte-tataje, D.A.; Zaniboni-filho, E. Biologia e identificação de ovos e larvas de peixes do alto rio Uruguai. *Reservatório de Itá. Estudos ambientais, desenvolvimento de tecnologia e conservação da ictiofauna*. Florianópolis, Editora UFSC, 319p, p. 229-256, 2008.
- Schettini, C.A.F.; Pereira Filho, J.; Spillere, L. Caracterização oceanográfica e biogeoquímica dos estuários dos Rios Tavares e Defuntos, Reserva Extrativista de Pirajubaé, Florianópolis, SC. *Not. Técn. FACIMAR*, v. 4, 2000.
- Soares, R.M.T. 2021 *Caracterização da comunidade de larvas de peixes, sob variáveis físicas e químicas, durante um ciclo nictemeral, nos períodos de chuva e estiagem no Sistema Estuarino da Raposa-MA, Brasil*. Monografia, Curso de Oceanografia, Universidade Federal do Maranhão,70p, São Luís, 2021.
- Thomaz, S.M; Agostinho, A.A; Hahn, N.S; *The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. p. 381-393. (Eds.) Backhuys Publishers, 393 p., Maringa, 2004.
- UEMA. Informativo Climático. Núcleo Geoambiental, *Laboratório de Meteorologia*, Universidade Estadual Do Maranhão, São Luís, 2018.
- Vazzoler, A. E. A. M. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. *Maringá: Eduem* 169, 1996.
- Vazzoler, A. E. A. M; et al. Primeira maturação gonadal, períodos e áreas de reprodução. A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. *Maringá: EDUEM*, 249-265, 1997.
- Winemiller, K. O; et al. Flood plain river food webs: generalizations and implications for fisheries management. In: Proceedings of the second

international symposium on the management of large rivers for fisheries. *FAO Regional Office for Asia and the Pacific*, Bangkok, Thailand, 2004.

Zacardi, D. M. Variação e abundância do ictioplâncton em canais de maré no Extremo Norte do Brasil. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, v.5, n. 1, p. 43-52, 2015.