



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS
AQUÁTICOS TROPICAIS



RAQUEL PEREIRA DE PAULA

**INFLUÊNCIAS DE FATORES TEMPORAIS, ABIÓTICOS E ANTRÓPICOS NA
OCORRÊNCIA DO BOTO-CINZA (*Sotalia guianensis*) NO PARQUE MARINHO DE
ILHÉUS- BA**

ILHÉUS - BAHIA

2020

RAQUEL PEREIRA DE PAULA

**INFLUÊNCIAS DE FATORES TEMPORAIS, ABIÓTICOS E ANTRÓPICOS NA
OCORRÊNCIA DO BOTO-CINZA (*Sotalia guianensis*) NO PARQUE MARINHO DE
ILHÉUS- BA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais da Universidade Estadual de Santa Cruz como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Sistemas Aquáticos Tropicais.

Área de concentração: Ecologia de comunidades e ecossistemas aquáticos tropicais.

Orientador: Prof. Dr. Yvonnick Le Pendu

ILHÉUS - BAHIA

2020

P324 Paula, Raquel Pereira de.
Influências de fatores temporais, abióticos e antrópicos na ocorrência do boto cinza (*Sotalia guianensis*) no Parque Marinho de Ilhéus-BA / Raquel Pereira de Paula. – Ilhéus, BA: UESC, 2020.
42 f. : il.

Orientador: Yvonnick Le Pendu.
Dissertação (mestrado) –Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais.
Referências bibliográficas: f. 39-42.

1. Cetáceo. 2. Boto (Mamífero aquático). 3. Boto-cinza (*Sotalia guianensis*). 4. Monitoramento. 5. Animais – Sons. I. Título.

CDD 599.5

Dedico esse trabalho aos meus queridos pais, por sempre me apoiarem e acreditarem nos meus sonhos.

Agradecimentos

Sou grata a Deus e a Nossa Senhora Aparecida pela luz, sabedoria e força para enfrentar momentos difíceis e a reconhecer que tudo tem um propósito.

Aos meus pais por todo o amor, suporte, sempre apoiarem meus sonhos e me ensinarem a ser uma pessoa melhor a cada dia.

À minha família e amigos de São Paulo por todo apoio, amor, motivação mesmo à distância.

Aos amigos do SAT: Gustavo, Ana Carolina, Lucélia, Jora e Reiniane pela força e me tranquilizarem para enfrentar cada etapa do mestrado.

À minha psicóloga Ana Luize pelas palavras e pelo carinho nos atendimentos.

As amigas que foram um presente da Bahia: Evelyn, Winnie, Zany, Anna, Thyara, Roberta, Ana Laura, Déborah, Érica, Luísa, Deise, Daniela Trigueirinho, Mariana, Thaís, foram essenciais em muitas fases do mestrado.

À Quézia por estar sempre disposta a me ajudar, dar conselhos, me tranquilizar, muito obrigada.

À Marcela pela amizade, apoio, suporte nas horas difíceis, parceria pra todas as horas.

Ao Eduardo Koji pela oportunidade de conhecer a Bahia e por ter me apoiado.

À Isabel e Marcos Rossi que são meus exemplos de pesquisadores, por terem me motivado a fazer o mestrado e por aceitarem participar da banca.

Ao meu orientador Yvonnick por todo aprendizado, pela oportunidade, paciência, por sempre ter acreditado no meu potencial.

Ao Fernando César pela ajuda com as análises e atenção.

Ao Programa de Pós Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais da UESC e aos professores do programa pelos ensinamentos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de mestrado.

A equipe da marina Mecnática por toda ajuda com o material das saídas de campo.

Ao piloto Alberto e aos mergulhadores Fabrício e Vinícius tornarem as saídas embarcadas leves e divertidas.

Ao Sr. Nick Tregenza por ter fornecido o gravador da minha pesquisa.

Aos botos-cinza que foram a real motivação desse estudo.

Resumo

A espécie *Sotalia guianensis* é distribuída em regiões costeiras desde o sul do Brasil na América do Sul, até Honduras na América Central. Os botos-cinza emitem os sons de cliques de ecolocalização para a navegação e forrageamento. Gravadores específicos de cliques de odontocetos como o C-POD, permitem realizar o monitoramento acústico passivo (MAP) e obter dados contínuos por longos períodos. No presente estudo o objetivo foi avaliar as influências das variáveis ambientais, temporais e antrópicas na detecção acústica do boto-cinza no Parque Marinho de Ilhéus-BA por MAP. Os dados foram coletados de 2015 a 2019, totalizando 906 dias com gravação e 69450 minutos com detecção acústica positiva registradas pelo C-POD. Houve pelo menos 1 minuto de detecção em 7500 das 21731 horas de gravação (34%). Os resultados do periodograma indicam que a espécie apresenta ritmo circadiano em torno de 24 horas. Foi realizado o modelo linear generalizado para zeros-inflacionados com distribuição binomial negativa, e os resultados foram que as fases da lua cheia e nova, assim como a fase baixamar da maré, influenciam na ocorrência dos botos. Houve maior detecção a noite, com picos entre 18h00 e 22h00. As detecções diminuíram com o aumento da temperatura atmosférica e da água. A fase durante a construção da ponte teve potencial impacto para os botos-cinza em comparação com a fase anterior à construção.

Palavras-chave: *Sotalia*. C-POD. Ciclos ambientais. Impactos antrópicos. Ritmo circadiano.

Abstract

Sotalia guianensis is distributed in coastal regions from southern Brazil in South America to Honduras in Central America. The Guiana dolphins emit the echolocation click sounds for navigation and foraging. Specific dolphins click recorders like C-POD allow passive acoustic monitoring (PAM) and continuous data over long periods. In the present study the aim was to evaluate the influences of environmental, temporal and anthropic variables on the acoustic detection of the Guiana dolphin in the Marine Protected Area of Ilhéus-BA by PAM. Data were collected from 2015 to 2019, totaling 906 days and 69450 minutes with positive acoustic detection recorded by C-POD. There was at least 1 minute of detection in 7500 of the 21731 hours of recording (34%). The results of the periodogram indicate that the species presents a circadian rhythm around 24 hours. The generalized linear model for zeros-inflated with negative binomial distribution was performed, and the results showed that the phases of the full and new moon, as well as the low tide phase, influence the occurrence of *Sotalia*. There was greater detection at night, with peaks between 6:00 and 10:00 p.m. Detections decreased with rising atmospheric and water temperatures. The phase during the construction of the bridge had a potential impact on the Guiana dolphin, when compared to the phase before construction.

Keywords: *Sotalia*. C-POD. Environmental cycles. Anthropogenic impacts. Circadian rhythm.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ponto de localização do equipamento de registro acústico, C-POD, no Parque Marinho de Ilhéus no sul do estado da Bahia (linha pontilhada). A linha amarela representa a ponte Jorge Amado (adaptado de Vieira, 2017).....	17
Figura 2: C-POD sendo instalado na área de estudo	18
Figura 3 Foto de setembro/2014, período antes das obras da ponte Jorge Amado.	21
Figura 4 Foto de fevereiro/2017 do local das obras de construção da ponte, já é possível visualizar o aterro.....	22
Figura 5 Foto de outubro/2017 começam as estacas para o pilar central	22
Figura 6 Foto de janeiro/2018 início da construção do pilar central.....	23
Figura 7 Foto de fevereiro/2019 – pilar central sendo concluído, e as vias de acesso iniciadas	23
Figura 8 Foto de outubro/2019 – mastro central concluído, ponte quase finalizada.....	24
Figura 9 Foto de dezembro/2019 – mastro central e vias de acesso concluídas, ligação da ponte quase concluída	24
Figura 10 Periodograma com pico de atividade em torno do ciclo de 24 horas.....	28
Figura 11: Média de minutos com detecção positiva (dpm) de boto-cinza por hora no período de 24 horas.	29
Figura 12: Número total de dpm em relação as horas decorridas desde o nascer do sol. ..	30
Figura 13: Número total de dpm em relação as horas decorridas desde o pôr do sol.	30
Figura 14 Influência das fases da lua na média de detecção de cliques de ecolocalização do boto-cinza.....	31
Figura 15 Influência das fases de maré na média de detecção de cliques de ecolocalização do boto-cinza.....	32
Figura 16: Média de detecção positiva de trens de cliques por hora (dpm/hora) de boto-cinza do 11 de fevereiro ao 6 de abril em 2017 (início da construção) e 2019 (durante a construção).	35
Figura 17 Média das detecções acústicas por hora no período antes das obras da ponte (azul), durante as obras (laranja) e período final (verde)	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Períodos comparados antes, durante e final das obras da ponte	20
Tabela 2	Períodos comparados do início e durante as obras de construção da ponte	20
Tabela 3:	Esforço amostral dos períodos de registro efetivo pelo C-POD, com soma dos minutos com detecção positiva para cada período e o total de dpm de todos os períodos.....	26
Tabela 4	Cronograma com os meses coletados para cada ano. Meses coletados representados por "x".....	27
Tabela 5	Estimativas dos parâmetros do modelo para zeros-inflacionados com distribuição binomial negativa para o número de minutos com detecção acústica de botos-cinza no Parque Marinho de Ilhéus-BA. Valores significativos: *: 0; **: 0.001; ***: 0.01.....	34
Tabela 6	Estimativas dos parâmetros do modelo para zeros-inflacionados com distribuição binomial negativa para o número de minutos com detecção acústica de botos-cinza para os períodos antes, durante e final as obras da ponte.....	37

Sumário

Agradecimentos	5
Resumo.....	6
Abstract.....	7
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS	9
Sumário.....	10
Introdução/Justificativa.....	12
Objetivos	15
• Objetivo geral	15
• Objetivos específicos	15
Material e Métodos.....	16
• Área de estudo.....	16
• Coleta de dados	17
▪ Variáveis temporais e ambientais	18
• Análises dos dados	19
▪ Dados acústicos.....	19
▪ Análises estatísticas	24
Resultados	26
• Ritmo circadiano	27
• Nascer e pôr do sol.....	29
• Ciclo lunar	30
• Ciclo de maré.....	31
• Modelo linear generalizado	32
• Construção da ponte Jorge Amado.....	35

Discussão.....	38
Conclusão	41
Referências bibliográficas	43

Introdução/Justificativa

O boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Van Beneden, 1864) é encontrado em regiões costeiras, baías e estuários do Atlântico Ocidental desde o sul do Brasil até Honduras (SECCHI; SANTOS; REEVES, 2018). Estudos de ecologia comportamental conduzidos desde 2006 mostram a fidelidade de *S. guianensis* à área costeira de Ilhéus-BA (PENDU et al., 2015). A espécie é avistada em toda costa do município de Ilhéus (BA), e com frequência na Baía do Pontal (MAREGA et al., 2018; SANTOS et al., 2010) e nos arredores do Porto de Ilhéus (IZIDORO; LE PENDU, 2012; LIMA; LE PENDU, 2014).

A espécie é classificada como vulnerável à extinção na Lista Oficial das Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção do Estado da Bahia (BAHIA, 2017), e como quase ameaçada a extinção ao nível global segundo a Lista Vermelha das Espécies Ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza - IUCN (SECCHI; SANTOS; REEVES, 2018).

As principais ameaças antrópicas ao boto-cinza, tanto em estuários como na zona costeira são: captura incidental (BATISTA et al., 2012), ruídos de embarcações (DE SOUSA PAIS et al., 2018; HILDEBRAND, 2005; MAREGA et al., 2018), distúrbios causados por obras de construção (DÄHNE et al., 2013; NUUTTILA et al., 2018). Regiões oceânicas, costeiras e estuarinas sofrem intensas pressões de atividades antropogênicas, por isso é importante entender os impactos nesses ecossistemas, assim como questões de conservação, para que estes ambientes sejam capazes de manter o seu equilíbrio ecológico natural (DE SOUSA PAIS et al., 2018).

Os cetáceos produzem sons para a comunicação intra e interespecífica (MAY-COLLADO, 2010) e para perceber o ambiente. A comunicação sonora fornece informações sobre a identidade dos indivíduos, sua localização, seu estado reprodutivo, alerta quanto à presença de predadores ou presas. A capacidade de ecolocalização em odontocetos associada à orientação espacial e forrageamento, auxilia principalmente espécies que vivem em águas de elevada turbidez e baixa visibilidade (AU; HASTINGS, 2008; DI BENEDITTO; SICILIANO; RAMOS, 2010; HILDEBRAND, 2005). Estudos revelam que em algumas espécies de golfinhos, como no golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*), cada indivíduo produz uma assinatura sonora característica, conhecido como assobio-assinatura, usado para manter a coesão do grupo (JANIK; SAYIGH; WELLS, 2006), o qual já foi descrito para os botos-cinza (LIMA; LE PENDU, 2014). Os odontocetos emitem sons

em frequência alta e de curto alcance: sons tonais, sons pulsados e estalidos (ou cliques) de banda larga com pico de energia entre 5 e 150 kHz, variando por espécie (HILDEBRAND, 2005).

Com base nas características físicas e nos sons audíveis, foram categorizados três tipos sonoros para o boto-cinza: assobios, sons pulsados e estalidos. Os assobios são descritos como um som restrito a uma estreita faixa de frequência e podem apresentar harmônicos na sua estrutura, são usados na coesão de grupo, identificação individual e forrageamento. Os sons pulsantes explosivos ("*burst pulses*") são sons pulsados que geralmente diferem dos estalidos por estarem associados à comunicação social. Os estalidos ou cliques de ecolocalização são sons curtos e de ampla faixa de frequência usados na detecção da presa e orientação espacial (DECONTO; MONTEIRO-FILHO, 2016).

A ecolocalização é o processo em que os odontocetos projetam sinais sonoros e obtém um sentido do seu redor a partir dos ecos que recebem. O tempo decorrido entre a produção de cliques e a recepção de eco fornece uma medida da distância até o alvo (PERRIN; WÜRSIG; THEWISSEN, 2009). A habilidade dos golfinhos em sobreviver no ambiente aquático é maximizado pela capacidade de ecolocalizar (AU; HASTINGS, 2008).

Cetáceos têm sido o foco de muitos estudos de bioacústica porque o monitoramento visual, apesar de efetivo para estudar muitos cetáceos, tem um alto custo, requerendo um investimento em excursões embarcadas e em equipes com observadores treinados. Vários cetáceos de mergulho profundo forrageiam em profundidades onde a luz não penetra e conseqüentemente usam a ecolocalização para encontrar o alimento, fazendo deles os candidatos ideais para ser monitorados por métodos de acústica passiva (MARQUES et al., 2013).

Já que muitas espécies de mamíferos marinhos privilegiam a via acústica para sua comunicação e navegação, cientistas e engenheiros têm desenvolvido tecnologias baseadas na acústica passiva para detectar e gravar sons produzidos por mamíferos marinhos para melhorar a efetividade dos estudos dessas espécies (SOUSA-LIMA et al., 2013). O monitoramento acústico passivo (MAP) usando um sistema autônomo de gravação oferece uma alternativa ao monitoramento visual: permite coletar dados acústicos de forma contínua durante longos períodos, em qualquer condição climática e durante o período noturno. O uso do MAP permite utilizar a detecção dos sons produzidos pelos animais para fazer inferência sobre sua ocorrência e distribuição ao longo do espaço e do

tempo (MARQUES et al., 2013). Outra vantagem do MAP é de poder detectar a presença de cetáceos quando emitem sons estando submersos, enquanto o monitoramento visual se limita a registrar atividades aéreas e subidas a superfície para respirar, muitas vezes em águas turvas (MARQUES et al., 2013; MELLINGER et al., 2007; ZIMMER et al., 2008). Apresenta desvantagens em relação ao monitoramento visual, como o custo para as saídas embarcadas, e pode apresentar problemas como não gravar durante o período que ficou submerso (SOUSA-LIMA et al., 2013).

O dispositivo de gravação acústica autônoma fixo é definido como algum sistema de gravação eletrônica que adquire e salva dados acústicos internamente. A capacidade e o custo dos dispositivos varia de pequenas unidades para detecção de cliques de golfinhos em águas rasas, a grandes unidades que podem ser implantadas em águas profundas e podem gravar sons de alta e baixa frequências por até um ano (SOUSA-LIMA et al., 2013).

Foram desenvolvidos equipamentos de gravação específicos para registrar os cliques de ecolocalização de odontocetos. Dentre eles, o sistema C-POD (Chelonia Ltda, Cornwall, UK) é um gravador autônomo alimentado por pilhas que registra cliques de ecolocalização de odontocetos. Um software dedicado (C-POD.exe) identifica e classifica trens de cliques de cetáceos em diferentes grupos de espécies (NUUTTILA et al., 2013). O equipamento registra a duração, intensidade, largura de banda de cada clique e a temperatura da água a cada minuto (NUUTTILA et al., 2013; SOUSA-LIMA et al., 2013; TREGENZA, 2013). O C-POD é um equipamento autônomo para monitoramento acústico passivo que grava e armazena cliques tonais dentro da gama de frequência entre 20 e 160 kHz, com distância máxima de detecção entre 1343 e 1779m (NUUTTILA et al., 2013).

O monitoramento acústico passivo é uma técnica cada vez mais usada para estudar a distribuição e uso de habitat dos cetáceos (GARROD et al., 2018; MELLINGER et al., 2007). Fatores bióticos e abióticos influenciam a presença e padrão de uso do habitat dentro de uma população (SANTOS-CARVALLO et al., 2018). Ciclos ambientais influenciam a presença dos animais, criando padrões em diferentes escalas temporais (FERNANDEZ-BETELU et al., 2019).

Ritmos circadianos são ritmos biológicos com durações em torno de 24 horas gerados endogenamente e induzidos por ciclos ambientais. Os ritmos diários, de maré, lunar e anual são ciclos temporais com efeitos específicos sobre os ritmos endógenos de diversos organismos (REFINETTI, 2016). Os ciclos circadianos e sazonais influenciam o

comportamento aéreo e a atividade reprodutiva do golfinho-rotador (*Stenella longirostris*) no Arquipélago de Fernando de Noronha (SILVA; DA SILVA JR, 2009).

O monitoramento acústico passivo permite investigar a influência dos ciclos sobre a atividade dos cetáceos. Foram analisadas as variações de detecção de ecolocalização de *Sousa chinensis* em relação ao padrão diário, lunar, sazonal e a maré a partir de dados coletados por MAP com o CPOD no período anterior a construção de um parque eólico na zona costeira entre Macao e Hong-Kong. Os autores encontraram maior taxa de detecção no período noturno, no inverno e primavera, na maré alta e na lua nova (WANG et al., 2015).

Vieira (2017) realizou um estudo de monitoramento acústico passivo do boto-cinza no Parque Marinho de Ilhéus-BA e encontrou variação diária na detecção de cliques, com maiores picos no período noturno, aumento durante a maré vazante e diminuição da detecção conforme a temperatura da água aumentava. Próximo a essa área de estudo está sendo construída uma ponte estaiada na entrada para o estuário da Baía do Pontal, e o início das obras ocorreu em setembro de 2016. O Grupo de Pesquisa em Mamíferos Aquáticos de Ilhéus (GPMAI) realiza estudos para avaliar os efeitos da construção da ponte Jorge Amado sobre a população de botos-cinza em Ilhéus. Dados foram coletados antes da construção por monitoramento visual na baía do Pontal (CRUZ, 2016) e durante as obras (SILVA, 2019) e por monitoramento acústico passivo antes das obras na região do Porto de Ilhéus (VIEIRA, 2017).

Este estudo busca entender quais variáveis podem influenciar na ocorrência do boto-cinza no Parque Marinho de Ilhéus e quais seriam as possíveis interferências da construção de uma ponte sobre a espécie, comparando dados coletados de antes e durante a construção.

Objetivos

- **Objetivo geral**

Investigar através do monitoramento acústico passivo a influência de fatores temporais, abióticos e antrópicos sobre a ocorrência de botos-cinza no Parque Municipal Marinho de Ilhéus-BA de 2015 a 2019.

- **Objetivos específicos**

- Caracterizar a variação temporal da ocorrência dos botos-cinza ao longo dos ciclos da maré, do ciclo lunar, do nictêmero e se existe um padrão ao longo dos anos de 2015 a 2019;
- Investigar a influência de fatores abióticos (temperatura atmosférica, temperatura da água, precipitação) sobre a ocorrência dos botos-cinza;
- Determinar se houve variações na detecção dos cliques dos botos-cinza durante as fases da construção de uma ponte e vias de acesso na entrada da Baía do Pontal, comparando dados coletados antes e durante a construção da ponte.

Material e Métodos

- **Área de estudo**

O estudo é realizado em um ponto amostral dentro da área do Parque Municipal Marinho de Ilhéus (UTM24L498170/8365584) no sul do estado da Bahia (Figura 1). O parque foi criado em 2006 com o intuito de proteger o mero-canapu *Epinephelus itajara* (Lichtenstein, 1822) e contribuir para a conservação das outras espécies. Essa área marinha protegida possui cerca de 4550 m de extensão e 1855 m de largura, com uma área total de 773,4 hectares, e possui importância biológica para a população local dos botos-cinza e para a manutenção do balanço entre as exigências ecológicas da vida selvagem marinha e das atividades econômicas desenvolvidas no Porto de Ilhéus. O clima da região é classificado como tropical quente e úmido, próximo ao litoral, típico das florestas tropicais com precipitação superior a 1800mm anuais, temperatura média de 24°C e umidade relativa de cerca de 80%, não apresenta estação seca (MARIA PALMA ANDRADE; LURDES BERTOL ROCHA, 2005).

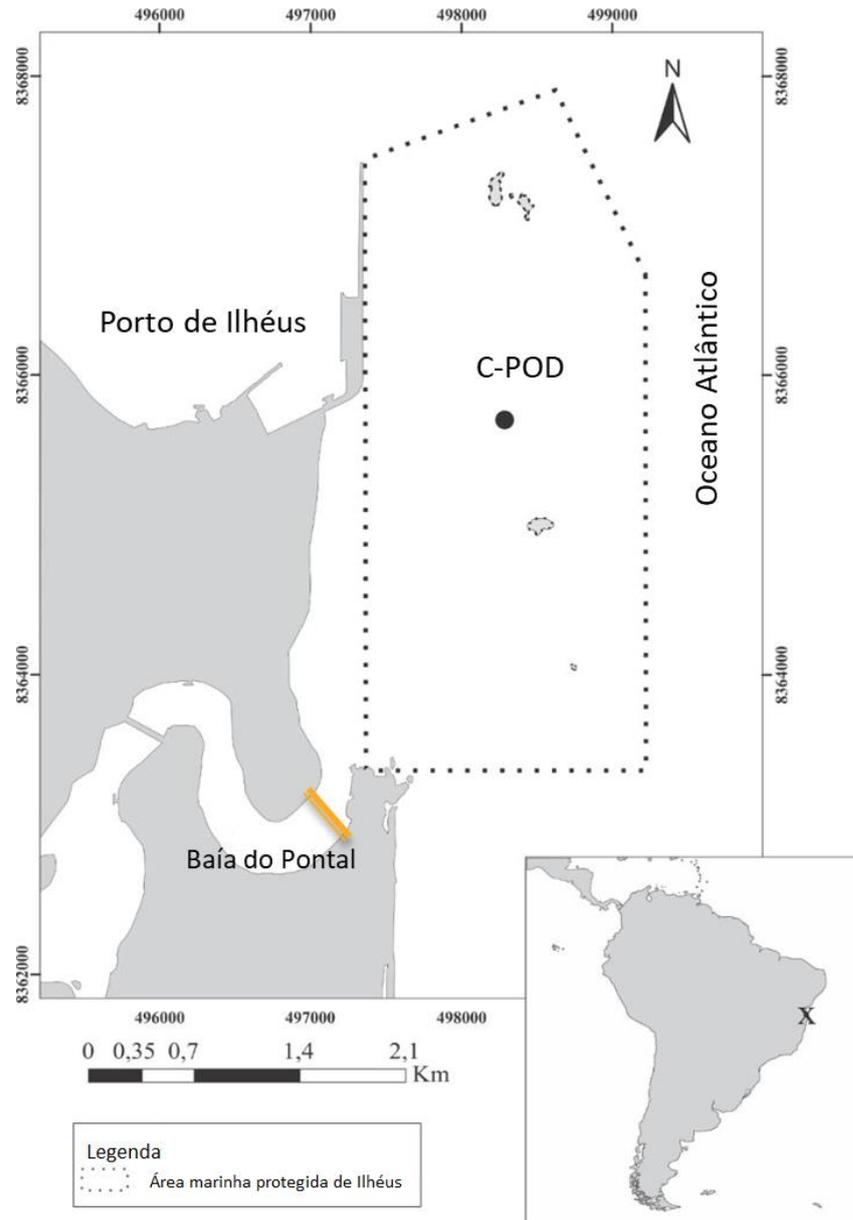


Figura 1: Ponto de localização do equipamento de registro acústico, C-POD, no Parque Marinho de Ilhéus no sul do estado da Bahia (linha pontilhada). A linha amarela representa a ponte Jorge Amado (adaptado de Vieira, 2017).

- **Coleta de dados**

Uma unidade de C-POD (Figura 2) foi submersa em outubro de 2015 (VIEIRA, 2017) dentro dos limites do parque em um ponto situado entre o Porto de Ilhéus e a Baía do Pontal, que são áreas onde o boto-cinza é visto com frequência em Ilhéus (IZIDORO; LE PENDU, 2012; MAREGA et al., 2018; SANTOS et al., 2010).

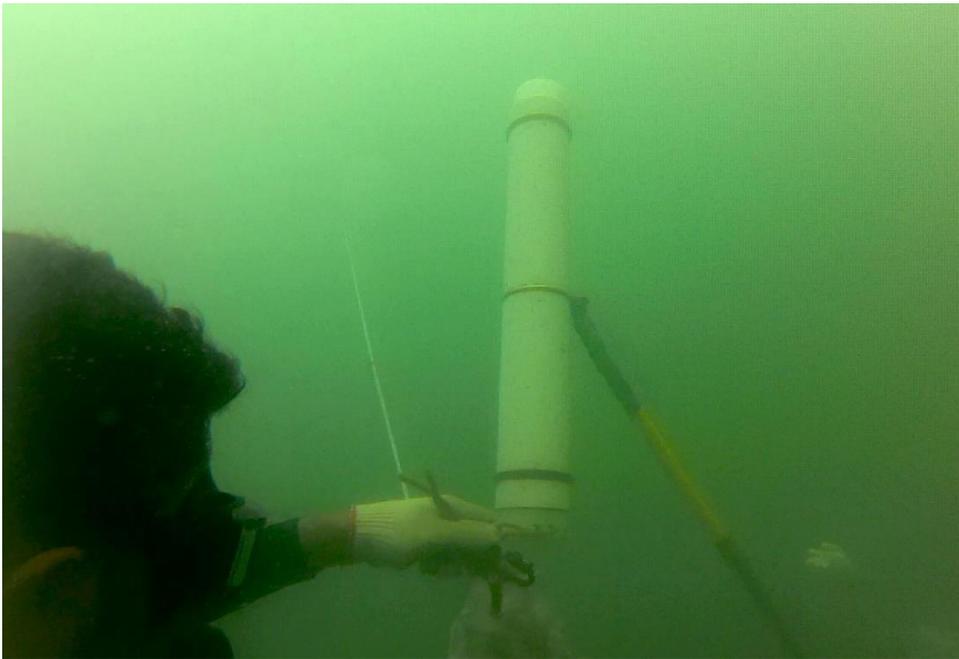


Figura 2: C-POD sendo instalado na área de estudo

O C-POD fica imerso a meia água (5 metros) em uma área próxima a rochedos e fundo de lama com aproximadamente 12 metros de lâmina de água e preso a duas poitas de concreto ligadas entre si por uma corrente de aço inox. O ponto foi georreferenciado com auxílio de GPS, o que permite a localização e recuperação do equipamento a cada três meses para troca de pilhas e recuperação dos dados acústicos armazenados em cartão de memória (Figura 1).

▪ *Variáveis temporais e ambientais*

As taxas de detecção dos cliques de boto-cinza foram analisadas em função de variáveis temporais seguintes:

- Para definir cada período diurno e noturno de um nictêmero (período de tempo que compreende um dia e uma noite), foram utilizados os horários de nascer e pôr do sol obtidos no site do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (<https://www.aisweb.aer.mil.br/?i=aerodromos&p=sol>);

- Foram consideradas as 8 fases da lua de acordo com a posição da lua em relação a Terra e o Sol: nova, crescente côncava, quarto crescente, crescente convexa, cheia, minguante convexa, minguante e minguante côncava (NAKAMURA et al., 2019);
- O ciclo de maré foi dividido em 4 fases: preamar, vazante, baixa-mar, enchente. As fases baixa-mar e preamar foram de uma hora e meia antes até uma hora e meia depois da maré alta e baixa, respectivamente. As fases de enchente e vazante foram o período entre a fase baixa-mar e a fase preamar e entre a fase preamar e a fase baixa-mar, respectivamente (WANG et al., 2015). A tábua de marés do Porto de Ilhéus foi obtida no site do Centro de Hidrografia da Marinha: <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav-publicacoes/tabuas-das-mares>.

As variações das taxas de detecção dos cliques foram também analisadas em função das variáveis ambientais:

- A temperatura média da água é registrada pelo C-POD e foi extraída pelo C-POD.exe;
- a precipitação diária e temperatura atmosférica foram adquiridas da estação meteorológica do aeroporto de Ilhéus junto com a INFRAERO até 2017 e obtidas pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia em 2019 (<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index>).

As variações das detecções acústicas foram comparadas com fases das obras de construção da ponte:

- o cronograma das fases da obra da ponte Jorge Amado foi obtido pela equipe da construtora OAS, responsável pelas obras de construção.

• Análises dos dados

▪ *Dados acústicos*

O software C-POD.exe permite visualizar, analisar e exportar os dados gravados com o CPOD. O programa permite selecionar e descrever os “cliques” gravados por meio da combinação de dois filtros. O primeiro filtro (KERNO) classifica as sequências de dois ou mais cliques consecutivos com intervalos de tempo semelhantes entre si (trens de cliques) em uma escala de probabilidade alta (‘High’), média (‘Mod’) ou duvidosa (‘Low’) de ser um trem de cliques de odontoceto (TREGENZA, 2013). Somente trens de cliques classificados como alta (‘High’) e média (‘Mod’) probabilidade foram considerados nesse estudo.

O segundo filtro (GENENC) classifica os trens de cliques como “NBHF” (espécies que produzem cliques de banda estreita com altas frequências), “outros cetáceos” (incluindo os demais odontocetos com exceção dos cachalotes), “sonar” (sonar de barcos) ou “unclassified sources” (fontes sem classificação). Esse processo se dá pela variação de tempo entre os cliques de cada trem e se a semelhança entre os cliques sucessivos é menor do que poderia ocorrer ao acaso (TREGENZA, 2013).

Devido a área de detecção de cliques do CPOD e a proximidade da costa do local de gravação, somente cliques de botos-cinza foram detectados e selecionados pelo segundo filtro GENENC.

Para estimar a presença da espécie à proximidade do C-POD, calcula-se o número de minutos com detecção acústica positiva de trens de cliques (sigla em inglês: dpm para “detection positive minutes”) a cada hora (dpm/hora).

Foram comparadas as taxas de detecção de cliques de ecolocalização entre as etapas da obra da ponte Jorge Amado com dados coletados para os mesmos períodos em anos anteriores, durante e final das obras de construção da ponte. Períodos antes (outubro/2015 a janeiro/2016), durante (outubro/2017 a janeiro/2018), final (outubro/2019 a dezembro/2019) (Tabela 1), início das obras (fevereiro/2017 a abril/2017) e durante (fevereiro/2019 a abril/2019) (Tabela 2).

Tabela 1 Períodos comparados antes, durante e final das obras da ponte

Antes das obras	Durante as obras	Final das obras
Out/15 a Jan/16	Out/17 a Jan/18	Out/19 a Dez/19

Tabela 2 Períodos comparados do início e durante as obras de construção da ponte

Início das obras	Durante as obras
Fev/17 a Abr/17	Fev/19 a Abr/19

De acordo com o cronograma de execução da obra da ponte, comparadas às fotos feitas por Yvonnick Le Pendu, em setembro/2014 período antes de iniciar as obras (Figura 3). Já em fevereiro/2017, início da obra, era realizado o aterro para executar as fundações (Figura 4). Em outubro/2017 (Figura 5) a janeiro/2018 eram feitas as estacas do pilar central e demais pilares, e em janeiro/2018 havia começado a construção do pilar central

(Figura 6). Em fevereiro/2019 eram construídos os trechos das pistas (Figura 7). Em outubro/2019 foi concluída a construção da torre do mastro central (Figura 8) e em dezembro/2019 quase finalizada a ligação da ponte (Figura 9).



Figura 3 Foto de setembro/2014, período antes das obras da ponte Jorge Amado.



Figura 4 Foto de fevereiro/2017 do local das obras de construção da ponte, já é possível visualizar o aterro.



Figura 5 Foto de outubro/2017 começam as estacas para o pilar central

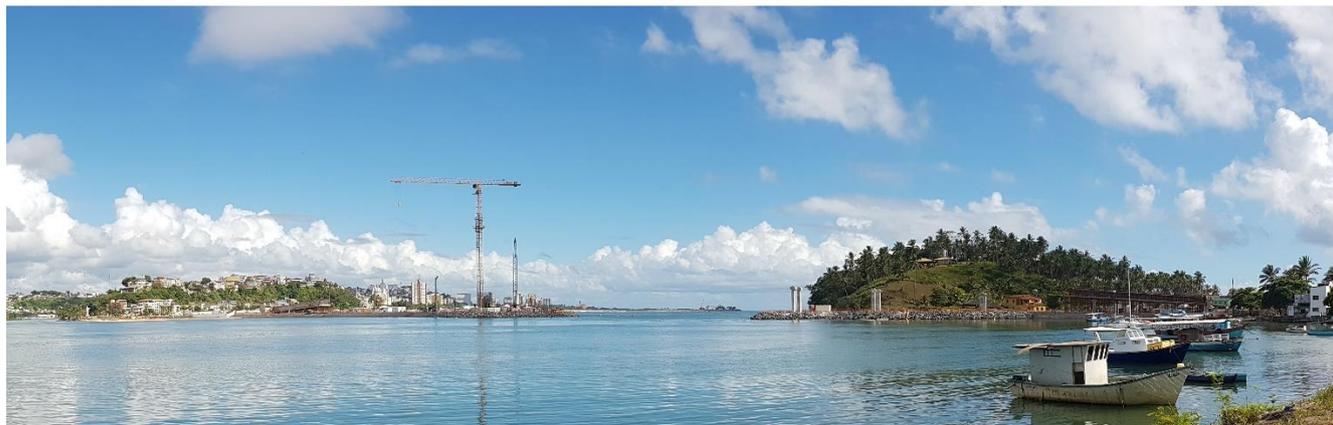


Figura 6 Foto de janeiro/2018 início da construção do pilar central

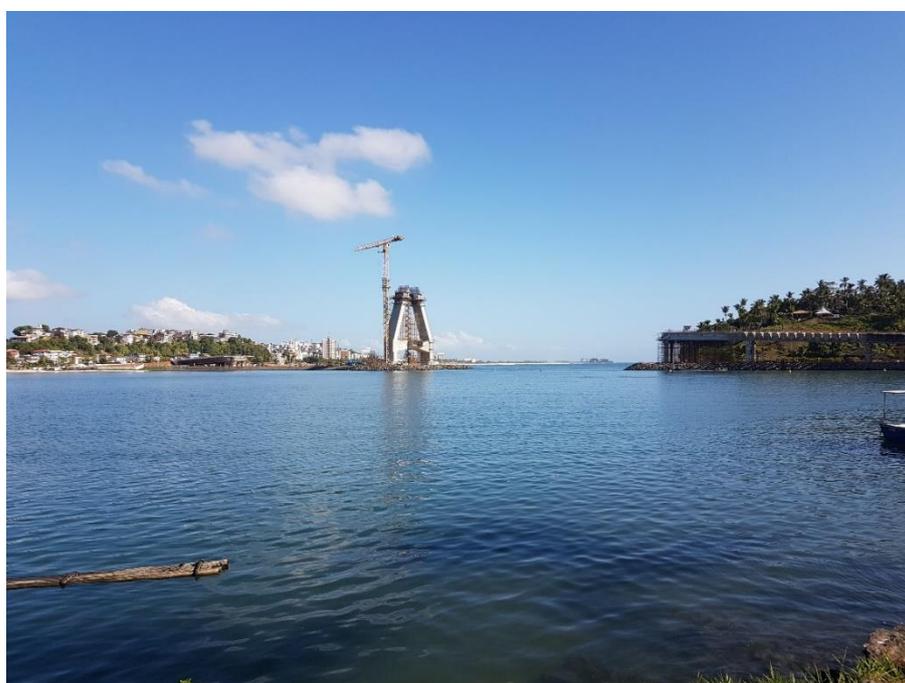


Figura 7 Foto de fevereiro/2019 – pilar central sendo concluído, e as vias de acesso iniciadas

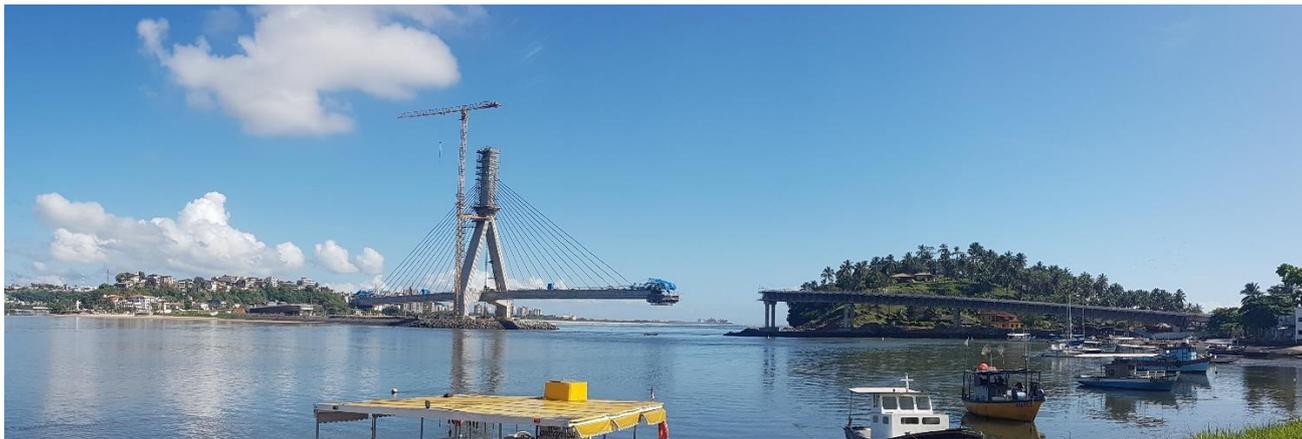


Figura 8 Foto de outubro/2019 – mastro central concluído, ponte quase finalizada

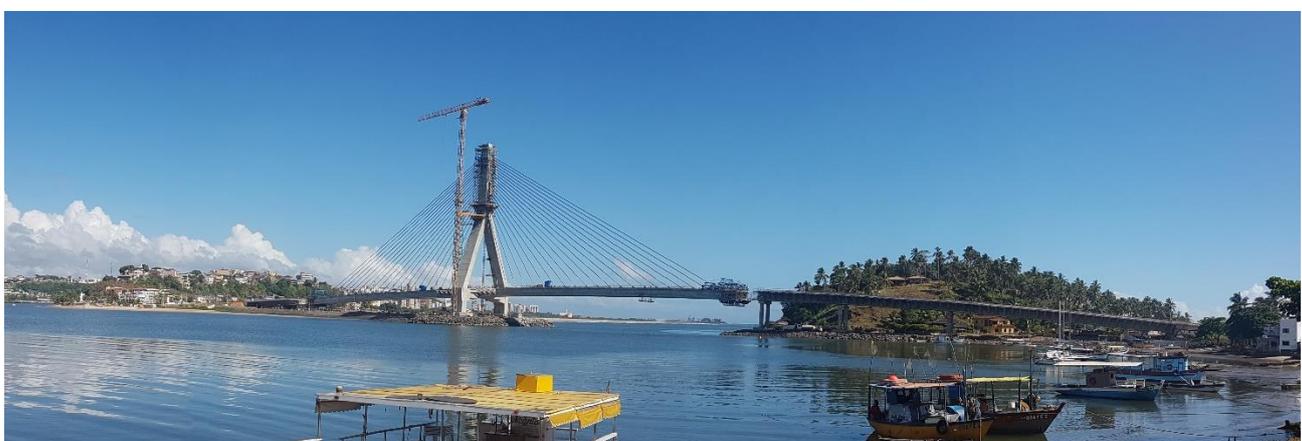


Figura 9 Foto de dezembro/2019 – mastro central e vias de acesso concluídas, ligação da ponte quase concluída

- *Análises estatísticas*

Para analisar se a frequência de dpm por hora apresenta um ritmo diário foi calculado o períodograma de chi-quadrado com todos os dados coletados (REFINETTI, 2016). As frequências de dpm por hora foram comparadas entre o dia e noite pelo teste do qui-quadrado no programa BioEstat 5.3.

Para avaliar se ocorre variação mensal na presença de botos-cinza, foram calculados sumários estatísticos dos minutos com detecção positiva por dia (médias, medianas, quartis) para confecção de diagramas de caixa. Foram relacionadas as influências do dpm com as variáveis ambientais através do modelo linear generalizado (GLM). Para verificar se houve diferença na taxa de dpm entre períodos iguais dos anos (07 de junho a 13 de setembro dos anos de 2016-2017-2019) e (24 de outubro dos anos de 2015-2016-2017 a 14 de janeiro dos anos de 2016-2017-2018), foi realizado no programa

Action Stat o teste de Wilcoxon-Mann-Whitney, que é um método alternativo não-paramétrico ao teste-t para duas amostras independentes.

Para analisar as influências dos ciclos de lua, maré, dia/noite, temperatura da água, temperatura do ar, precipitação e construção da ponte sobre as detecções acústicas foi utilizado o “modelo linear generalizado de zeros-inflados com distribuição binomial negativa” que é usado para dados de contagem quando há excessivos números de zeros com super dispersão. A análise foi realizada com o pacote “pscl” na plataforma RStudio (Versão 1.2.5033) (ZUUR et al., 2009).

Resultados

Os dados foram coletados entre 24/10/2015 a 10/12/2019, totalizando 906 dias com registros acústicos e um total de 69450 minutos com detecção positiva (Tabela 3). Cliques de botos-cinza foram detectados durante pelo menos 1 minuto em 7500 das 21731 horas de gravação (34%). A gravação dos dados não foi contínua por causa de falhas no cartão de memória e fim da bateria do equipamento.

Tabela 3: Esforço amostral dos períodos de registro efetivo pelo C-POD, com soma dos minutos com detecção positiva para cada período e o total de dpm de todos os períodos

<i>Períodos</i>	<i>Data início</i>	<i>Data fim</i>	<i>Dias coletados</i>	<i>Soma dpm</i>
1	24/10/2015	26/01/2016	94	6696
2	18/03/2016	05/04/2016	18	506
3	04/06/2016	06/04/2017	306	24183
4	07/06/2017	13/09/2017	98	9334
5	19/10/2017	14/01/2018	87	10362
6	10/02/2019	10/12/2019	303	18369
Total			906	69450

A partir do cronograma com os meses que tiveram gravações em cada ano é possível visualizar os meses que podem se comparados entre os anos (Tabela 4).

Tabela 4 Cronograma com os meses coletados para cada ano. Meses coletados representados por "x"

	2015	2016	2017	2018	2019
<i>Janeiro</i>		X	X	X	
<i>Fevereiro</i>			X		X
<i>Março</i>		X	X		X
<i>Abril</i>		X	X		X
<i>Maio</i>					X
<i>Junho</i>		X	X		X
<i>Julho</i>		X	X		X
<i>Agosto</i>		X	X		X
<i>Setembro</i>		X	X		X
<i>Outubro</i>	X	X	X		X
<i>Novembro</i>	X	X	X		X
<i>Dezembro</i>	X	X	X		X

- **Ritmo circadiano**

A partir de análises estatísticas circadianas para o período de 24/10/2015 a 10/12/2019 foram feitas pelo periodograma do Chi quadrado (REFINETTI, 2016), verificou que há um ciclo de 24 horas nas taxas de minutos com detecções positivas. Foi realizado um periodograma para análise de ritmos biológicos com o pacote "RhythmicAlly" no programa RStudio (ABHILASH; SHEEBA, 2019), onde é possível visualizar graficamente um pico em torno de 24 horas (Figura 10) .

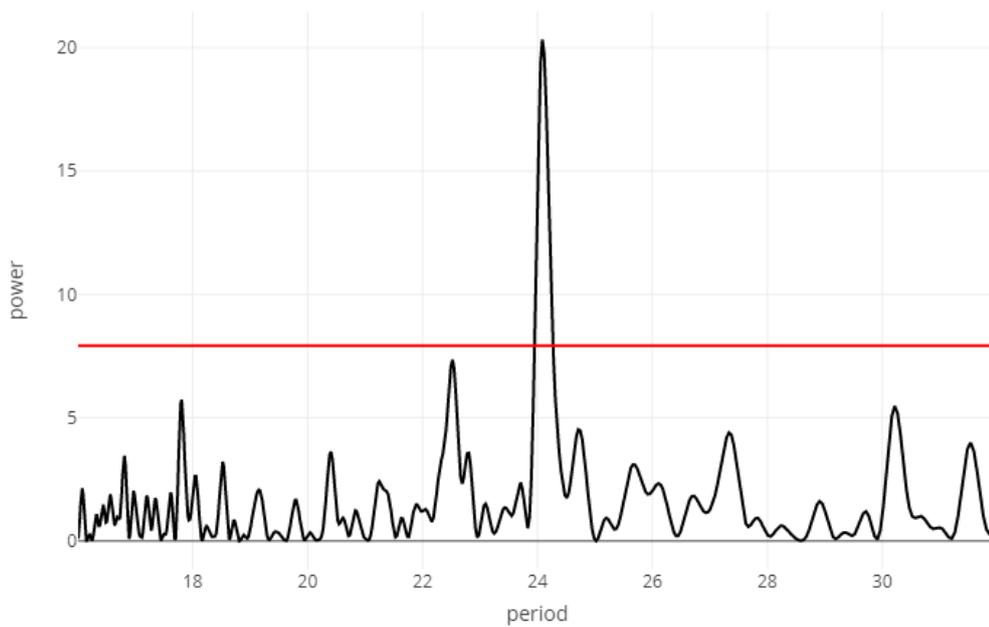


Figura 10 Periodograma com pico de atividade em torno do ciclo de 24 horas.

Verificamos a existência de um ritmo diário de detecção acústica com relação as horas do dia. Houve um aumento no número de detecção a partir das 18h00, com pico de detecção médio de 5 min/hora entre 20 e 21h. A partir das 23h00 o número médio de detecção volta em torno de 3 min/hora até a tarde seguinte (Figura 11).

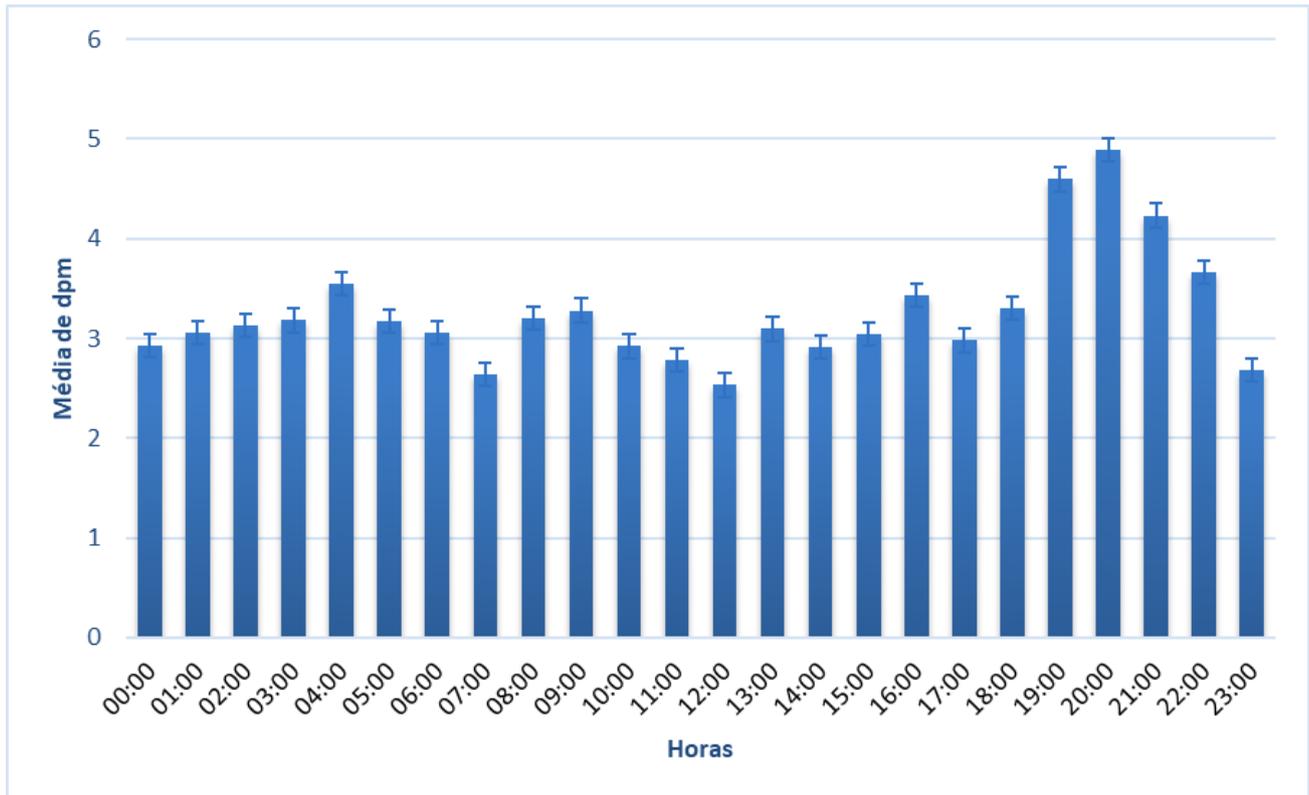


Figura 11: Média de minutos com detecção positiva (dpm) de boto-cinza por hora no período de 24 horas.

- **Nascer e pôr do sol**

A partir de análises descritivas é possível visualizar que a frequência horária de dpm variou ao longo do dia e da noite, sendo mínima ao nascer do sol (Figura 12 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**) e máxima 3 horas após o pôr do sol (Figura 13). O número total de horas de gravação para todo período foi de 21731. De acordo com a análise do qui-quadrado o número de dpm por hora foi heterogêneo durante o dia ($\chi^2= 3897,191$, $gl=12$, $p< 0,0001$) e durante a noite ($\chi^2= 19323,054$, $gl=12$, $p< 0,0001$).

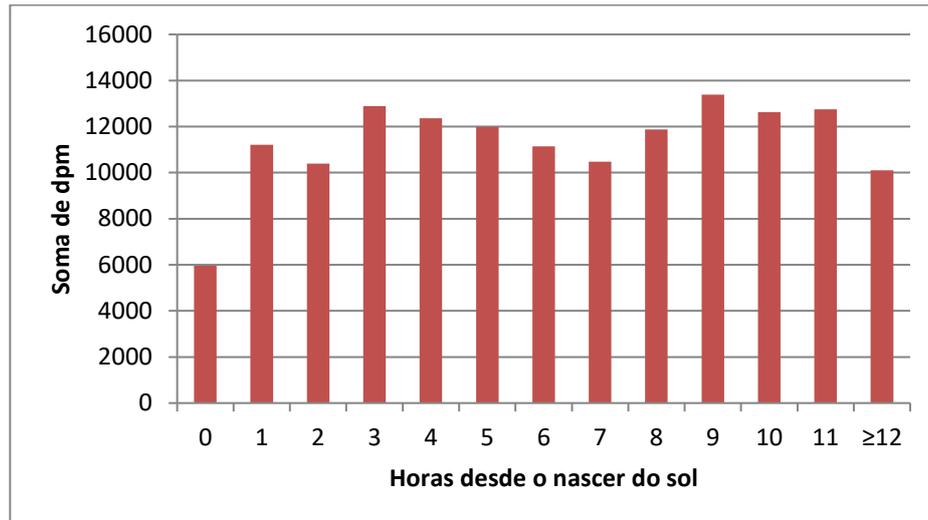


Figura 12: Número total de dpm em relação as horas decorridas desde o nascer do sol.

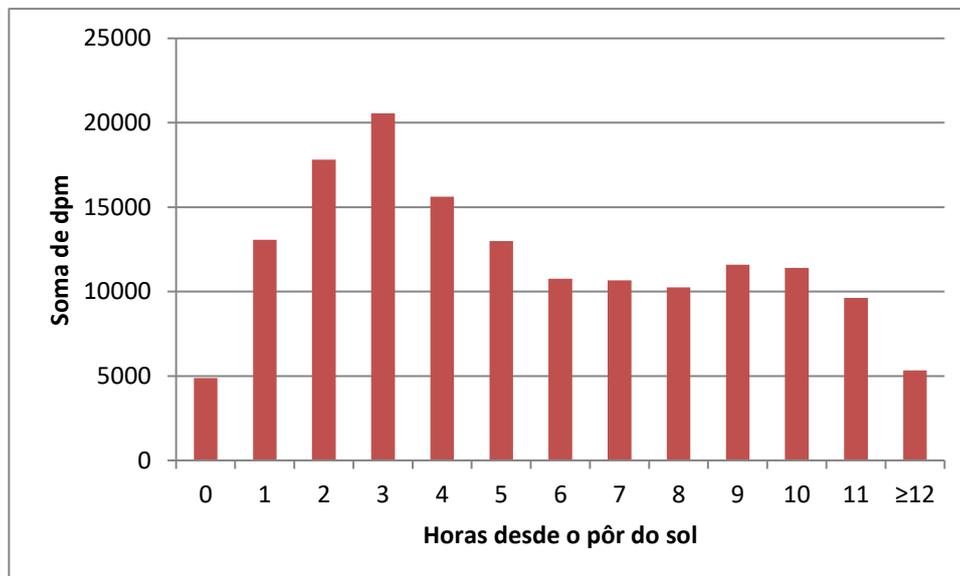


Figura 13: Número total de dpm em relação as horas decorridas desde o pôr do sol.

- **Ciclo lunar**

Com a análise descritiva da influência das fases da lua na média de detecção acústica de ecolocalização do boto-cinza é possível visualizar que nas fases de lua cheia e nova ocorreram as maiores médias de detecção. Os menores números de detecções ocorreram na lua quarto crescente e minguante, nessas fases encontramos as marés mortas ou de quadratura (Figura 14).

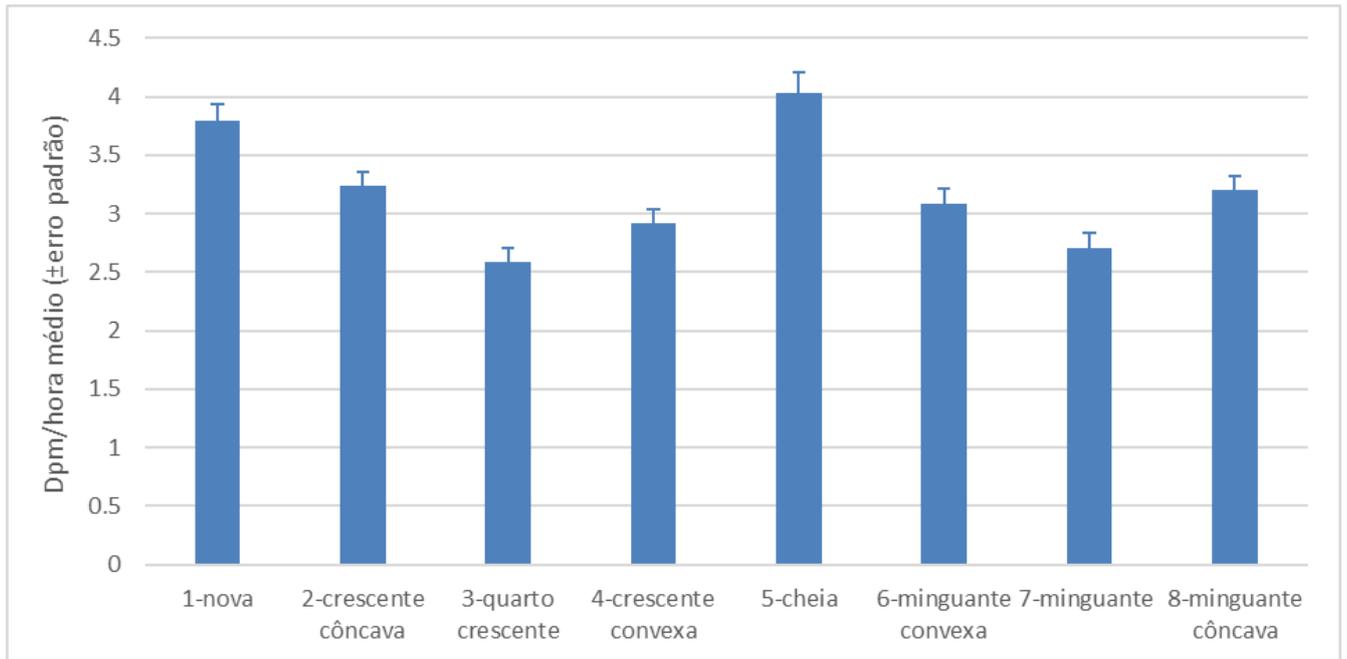


Figura 14 *Influência das fases da lua na média de detecção de cliques de ecolocalização do boto-cinza.*

- **Ciclo de maré**

De acordo com a análise descritiva (Figura 15), a baixamar foi a fase de maré em que houve mais detecção de cliques de ecolocalização do boto-cinza. As fases de enchente e preamar foram as que tiveram menor registro de detecção acústica.

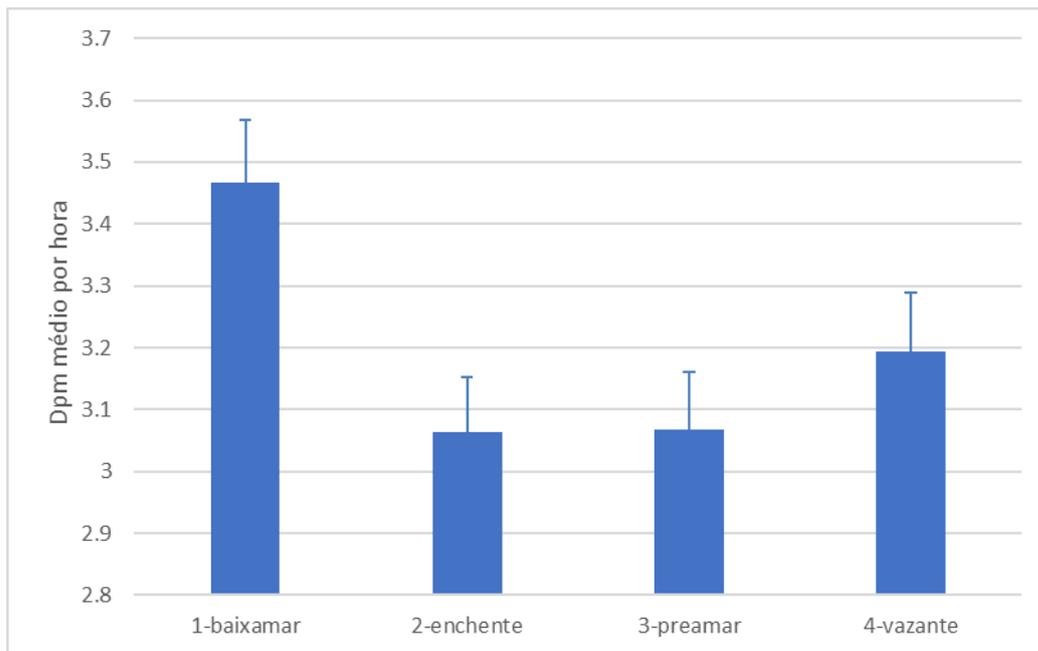


Figura 15 *Influência das fases de maré na média de detecção de cliques de ecolocalização do boto-cinza.*

- **Modelo linear generalizado**

Através do modelo para zeros-inflacionados com distribuição binomial negativa, são apresentados dados de contagem que se referem aos resultados quando houve detecção acústica do boto-cinza e dados de zeros-inflacionados se referem aos resultados quando não houve detecção (

Tabela 5). Os minutos com detecção positiva (dpm) foram utilizados como variável resposta para verificar se há a influência das variáveis explicativas seguintes: as 8 fases da lua (lua cheia, crescente côncava, crescente convexa, minguante, minguante côncava, minguante convexa, nova, quarto crescente); as 4 fases de marés (baixamar, preamar, enchente, vazante); o nictêmero (dia/noite); temperatura atmosférica; precipitação e temperatura da água.

Nos resultados de contagem, a lua cheia foi utilizada como referência no modelo. A taxa de detecção média de cliques de boto-cinza foi significativamente maior durante a lua cheia que durante as outras fases exceto a lua nova que apresentou uma taxa de detecção semelhante a lua cheia. Para os estados de marés a referência foi a baixa mar, porém não foi detectado diferença significativa na taxa de detecção acústica entre as quatro fases de maré. A taxa média de detecção acústica durante período noturno foi significativamente maior do que durante o período diurno.

Os resultados de zeros-inflacionados evidenciam que nas fases da lua crescente convexa, minguante e quarto crescente, a probabilidade de não ocorrer detecção acústica é maior que durante a fase de referência (lua cheia). Durante as fases de maré enchente, preamar e vazante, a probabilidade de não detectar cliques de boto-cinza é maior que durante o baixamar. A probabilidade de não detecção acústica não foi significativamente diferente durante a noite em relação ao dia ($p=0.053$).

À medida que aumenta a temperatura atmosférica e da água, diminui o número de detecções acústicas (contagens) e aumenta a probabilidade de não detecção de cliques de botos-cinza (zeros-inflacionados). As precipitações diárias não influenciaram significativamente a taxa de detecção acústica.

Tabela 5 Estimativas dos parâmetros do modelo para zeros-inflacionados com distribuição binomial negativa para o número de minutos com detecção acústica de botos-cinza no Parque Marinho de Ilhéus-BA. Valores significativos: *: 0; **: 0.001; *: 0.01.**

VARIÁVEIS	CONTAGEM			ZEROS-INFLACIONADOS		
	Estimativa	Erro padrão	(p> Z)	Estimativa	Erro padrão	(p> Z)
(INTERCEPTO)	2.19906	0.04595	< 2e-16 ***	0.25678	0.05791	9.25e-06 ***
LUA MINGUANTE CONVEXA	-0.19311	0.05292	0.000263 ***	0.10733	0.06584	0.103066
LUA MINGUANTE	-0.27843	0.05526	4.68e-07 ***	0.18286	0.06811	0.007259 **
LUA MINGUANTE CÔNCAVA	-0.18583	0.05116	0.000281 ***	0.07016	0.06412	0.273864
LUA NOVA	-0.07416	0.04931	0.132547	-0.02873	0.06245	0.645428
LUA CRESCENTE CÔNCAVA	-0.17218	0.04959	0.000517 ***	0.06638	0.06205	0.284775
LUA QUARTO CRESCENTE	-0.26776	0.05289	4.13e-07 ***	0.26612	0.06468	3.88e-05 ***
LUA CRESCENTE CONVEXA	-0.21481	0.05411	7.18e-05 ***	0.15708	0.06693	0.018927 *
MARÉ ENCHENTE	-0.02914	0.03571	0.414411	0.10388	0.04425	0.018902 *
MARÉ PREAMAR	-0.01654	0.03617	0.647469	0.15076	0.04480	0.000764 ***
MARÉ VAZANTE	0.01324	0.03547	0.708878	0.16520	0.04407	0.000178 ***
NOITE	0.13281	0.02552	1.96e-07 ***	-0.06047	0.03127	0.053165
(INTERCEPTO)	2.2956446	0.0518779	< 2e-16 ***	0.2119751	0.0647943	0.00107 **
TEMPERATURA AR (°C)	-0.0010825	0.0004804	0.02425 *	0.0003543	0.0005892	0.54765
TEMPERATURA DA ÁGUA	-0.0028633	0.0009786	0.00343 **	0.0030397	0.0012524	0.01522 *
PRECIPITAÇÃO	-0.0002642	0.0010738	0.80563	-0.0004042	0.0013817	0.76989

- **Construção da ponte Jorge Amado**

Foi realizada a análise dos dados acústicos do mesmo período do ano no início e durante a construção da ponte de 11 de fevereiro ao 6 de abril em 2017 (início da construção) e 2019 (durante a construção) para comparar a variação na média de detecção acústica por hora (dpm/h) ao longo do período de 24 horas (Figura 16). No período analisado de 2017, houve três picos de detecção de duas horas cada entre 22 h e 09h (22h a 23h59, 3 a 4h59 e 8h a 9h59), e um decréscimo a partir das 10h se estendendo por toda a tarde até as 21h. Já no período de 2019 houve um pico de detecção no início da noite (19h à 19h59) e um aumento na média de dpm das 3h às 8h59 da manhã começa as 19h se estendendo pela madrugada e manhã, apresentando um decréscimo a partir das 10h.

A taxa de detecção de cliques não foi significativamente diferente entre os períodos analisados de 2017 e 2019, de acordo com a análise estatística do Teste Wilcoxon-Mann-Whitney o p-valor é de 0,264.

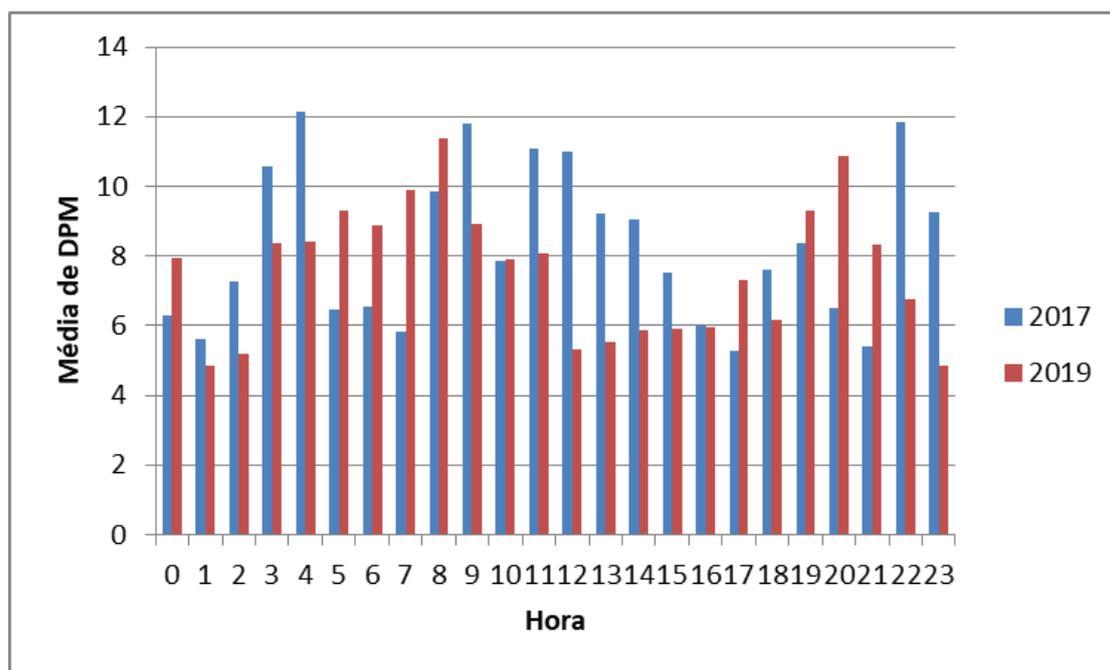


Figura 16: Média de detecção positiva de trens de cliques por hora (dpm/hora) de boto-cinza do 11 de fevereiro ao 6 de abril em 2017 (início da construção) e 2019 (durante a construção).

Foram comparados dados coletados antes das obras de construção da ponte Jorge Amado no período de 24/10/2015 a 13/01/2016 com dados coletados durante as obras no

período de 24/10/2017 a 13/01/2018 e período final 24/10/2019 a 09/12/2019. Houve um aumento das detecções acústicas por hora de outubro de 2017 a janeiro de 2018 em relação ao período anterior a construção da ponte (*Figura 17*). De acordo com o Teste Wilcoxon para os períodos antes e durante ($p < 0.0001$) e antes e final ($p < 0.0001$), houve diferenças significativas entre os períodos.

A partir do cronograma das obras da ponte, no período durante foram feitas as estacas para o pilar central e estacas dos demais pilares, como também o início da construção do pilar central.

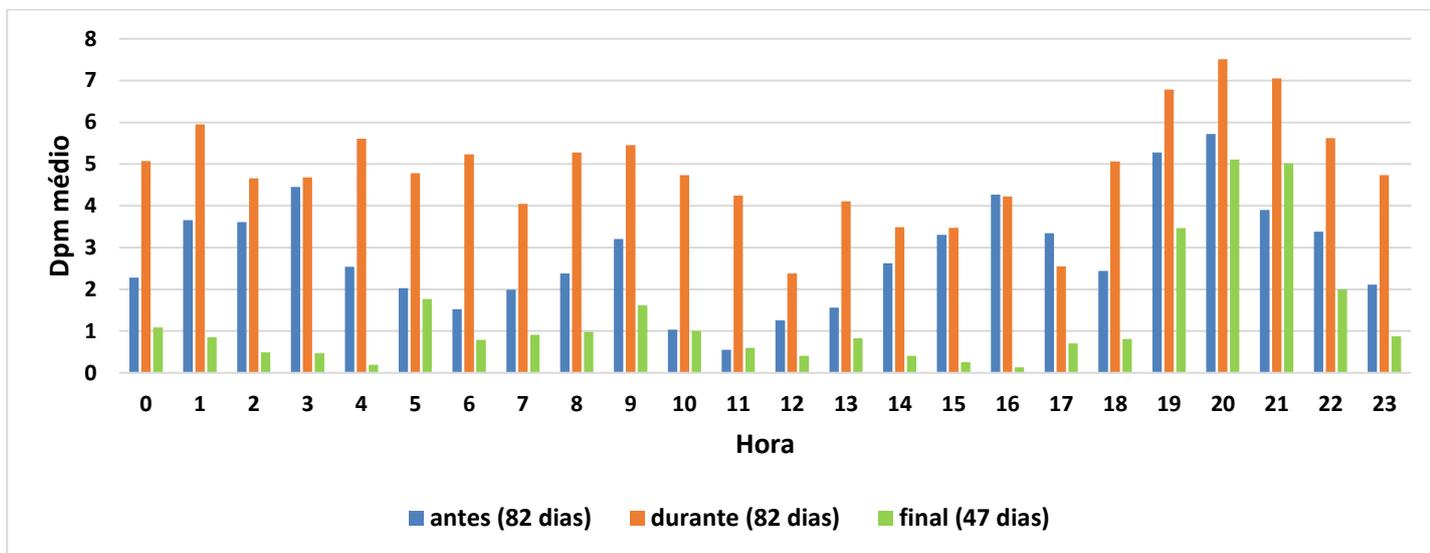


Figura 17 Média das detecções acústicas por hora no período antes das obras da ponte (azul), durante as obras (laranja) e período final (verde)

Para verificar a possível influência da construção da ponte Jorge Amado sobre as detecções acústicas do boto-cinza foi realizada a análise estatística do modelo linear generalizado para zeros-inflacionados com distribuição binomial negativa para comparar a taxa de detecção entre os três períodos, antes, durante e final das obras de construção (*Tabela 6*). Durante a construção há um aumento das detecções acústicas, comparada ao período anterior. No período final da construção ocorre a diminuição das detecções acústicas comparada com o período anterior a construção, e aumenta a ausência de detecções.

Tabela 6 Estimativas dos parâmetros do modelo para zeros-inflacionados com distribuição binomial negativa para o número de minutos com detecção acústica de botos-cinza para os períodos antes, durante e final as obras da ponte

VARIÁVEIS	CONTAGEM			ZEROS-INFLACIONADOS		
	Estimativa	Erro padrão	(p> Z)	Estimativa	Erro padrão	(p> Z)
(INTERCEPTO)	2.03626	0.04880	< 2e-16 ***	0.52315	0.05879	< 2e-16 ***
PERÍODO DURANTE OBRA	0.22257	0.06058	0.000239 ***	-0.55548	0.07489	1.2e-13 ***
PERÍODO FINAL DA OBRA	-0.17333	0.09731	0.074873	0.87042	0.10068	< 2e-16 ***

Discussão

Este é o primeiro estudo com dados coletados a longo prazo de monitoramento acústico passivo do boto-cinza. *Sotalia guianensis* está amplamente distribuído na costa oeste do Atlântico Sul e pode ser usado como modelo para entender como a variação no ambiente interfere no comportamento desses animais, quando comparado as espécies que vivem em regiões com características ambientais semelhantes, como baías, rios e estuários (GUILHERME-SILVEIRA; SILVA, 2009).

Os ciclos ambientais podem influenciar a presença dos cetáceos no ambiente costeiro, no qual cria padrões de ocorrência em diferentes escalas temporais (FERNANDEZ-BETELU et al., 2019).

A partir do periodograma, que analisa os ritmos biológicos, encontramos que os botos-cinza apresentam um ritmo circadiano com picos entre 18h00 e 22h00, o que foi possível devido as coletas de dados serem por períodos contínuos, obtendo informações tanto do dia como a noite. Silva e Da Silva Jr (2009) verificaram a existência de ritmo circadiano e sazonal nas atividades aéreas e na ocorrência do golfinho-rotador (*Stenella longirostris*) em Fernando de Noronha. Uma interação entre os ciclos diário e sazonal na ocorrência do golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) já foi evidenciada em uma população na Escócia, sendo diurna no verão mas se tornou noturna no outono (FERNANDEZ-BETELU et al., 2019). GUILHERME-SILVEIRA; SILVA, 2009 verificaram a influência da hora do dia na frequência de indivíduos e no comportamento social de *S. guianensis*, onde a socialização foi mais intensa entre 10h00 e 13h00 e a frequência de indivíduos se manteve constante durante todo o dia.

Muitos cetáceos são conhecidos por serem acusticamente ativos durante a noite, porém há pouca informação sobre as atividades acústicas noturnas para a maioria dos golfinhos (DECONTO; MONTEIRO-FILHO, 2016). No período noturno, ocorreu maior detecção do que no período diurno, porém houve um pico de detecção entre 18h00 e 22h00 e as médias das detecções nas demais horas da noite foram semelhantes as horas do dia, o que parece evidenciar um ritmo circadiano da espécie. Em um estudo com *S. guianensis* no sudeste do Brasil, as emissões de cliques de ecolocalização foram semelhantes tanto no período diurno como noturno (DECONTO; MONTEIRO-FILHO, 2016). WANG et al., 2015 encontrou maior detecção de cliques de ecolocalização do golfinho *Sousa chinensis* no período da noite do que durante o dia, o qual pode estar

relacionado que durante o dia utilizam mais a visão do que a ecolocalização para detectar as presas.

As taxas de detecções acústicas de cliques de boto-cinza foram maiores durante as luas cheia e nova, as quais correspondem as fases de marés vivas ou de sizígia, e que se encontram as maiores amplitudes da maré. WANG et al., 2015 analisou a detecção acústica dos golfinhos com padrão do ciclo lunar, onde houve uma maior detecção de cliques durante a lua nova, comparada as fases crescente, cheia e minguante. A hipótese dos autores é que possivelmente pode estar associado ao aumento de iluminação nos três períodos lunares posteriores, permitindo que os golfinhos utilizem tanto a visão como a ecolocalização na localização e identificação das presas, ou seja, na lua nova, ocorrendo pouca luminosidade, os golfinhos emitem mais cliques de ecolocalização. BENOIT-BIRD; DAHOOD; WÜRSIG, 2009 observaram o comportamento de migração vertical dos golfinhos-rotadores (*Stenella longirostris*) e golfinhos-do-crepúsculo (*Lagenorhynchus obscurus*) relacionando os sons com os efeitos da fase lunar; em ambas espécies a abundância relativa dos golfinhos aumenta com o aumento da iluminação lunar, sendo então menores na lua nova e maiores na lua cheia, o que sugere que a fase lunar é importante no comportamento de espécies de delfínídeos que forrageiam as presas em migração vertical. O comportamento de migração vertical da baleia-piloto (*Globicephala macrorhynchus*) no Havaí foi avaliado com a disponibilidade de luz e os resultados foram que durante a lua cheia os mergulhos foram mais profundos e longos quando comparados a lua nova. Essas mudanças no nível de luz lunar afetam a profundidade das presas, o que por sua vez influenciam no comportamento e distribuição dos mergulhos das baleias-piloto (OWEN et al., 2019).

As detecções de cliques foram maiores nas marés vazante e baixamar, mas a diferença com as outras fases de maré não foram significativas. A área de estudo se encontra próximo a saída do estuário, devido às detecções serem maiores nas marés vazante e baixamar pode estar relacionada com aumento do aporte de matéria orgânica dos rios, aumento do número de peixes e diminuição da visibilidade embaixo da água, o que para os botos-cinza que utilizam a ecolocalização, facilitaria a busca por presas. Em um estudo da influência da maré na frequência de indivíduos e comportamento social e de forrageio de *S. guianensis*, as atividades sociais e de forrageio foram menos intensas na maré alta em comparação com outras marés e a frequência de indivíduos não foi afetada pela flutuação da maré (GUILHERME-SILVEIRA; SILVA, 2009). Analisando a influência da

maré nas detecções acústicas da espécie *Sousa chinensis*, houve maior detecção na maré vazante (WANG et al., 2015), o que também foi encontrado no presente estudo, e pode estar relacionado com as características do ambiente serem semelhantes, com o gravador fixado próximo ao estuário e profundidades entre 15 e 20 metros.

À medida que temperatura atmosférica e, conseqüentemente, a temperatura da água aumentam, diminui o número de detecções de botos-cinza. FERRO DE GODOY; ANDRIOLO; DE FATIMA FILLA, 2015 em um estudo com *S. guianensis* em estuário do Sudeste do Brasil, observaram que a variação na temperatura da água não afetou a ocorrência dos botos, mas essa distribuição da espécie em pequena escala pode estar relacionada as características oceânicas através de seus efeitos na distribuição das presas. TARDIN et al., 2019 encontraram aumento da ocorrência do golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) com a diminuição da temperatura da superfície do mar, e a hipótese deles é que as características ambientais influenciam o uso do habitat desses animais. Em um estudo com o Golfinho-de-Hector (*Cephalorhynchus hectori*), que apresenta distribuição costeira na Nova Zelândia, houve maior ocorrência da espécie em águas com temperaturas acima de 14°C, essa preferência por águas mais quentes pode estar relacionado ao aumento das presas com o aumento da temperatura superficial do mar (BRÄGER; HARRAWAY; MANLY, 2003).

Os resultados mostraram que a precipitação não influenciou na taxa de detecção de cliques de boto-cinza, contrário ao que alguns estudos sugerem que com o aumento da precipitação, ocorre aumento da deposição de matéria orgânica vinda dos rios, com conseqüente aumento da turbidez da água e aumentaria a eficiência de predação pelos botos-cinza (DOMIT, 2006; FERRO DE GODOY; ANDRIOLO; DE FATIMA FILLA, 2015). Guilherme-Silveira e De Lima Silva (2008) testaram a associação entre a variação na precipitação e comportamento da sazonalidade em *S. guianensis*, o comportamento da sazonalidade não estava associado com períodos chuvoso/seco. Silva e Da Silva Jr (2009) encontraram maior atividade reprodutiva do golfinho-rotador no período chuvoso.

Sotalia guianensis é uma espécie costeira, muito susceptível aos impactos das atividades humanas, como os ruídos antropogênicos: a emissão e recepção de sinais sonoros desempenham um papel complexo e vital para os cetáceos (DE SOUSA PAIS et al., 2018).

Os botos-cinza são frequentemente avistados em deslocamento e forrageando no estuário do Rio Cachoeira (CRUZ, 2016; MAREGA et al., 2018; SILVA, 2019). O C-POD foi

instalado a uma distância de cerca de 2 km da entrada do estuário do Rio Cachoeira, local da construção da ponte Jorge Amado. No período analisado durante as obras de construção da ponte Ilhéus-Pontal houve registro de mais detecção acústica quando comparado ao período analisado antes a construção. Essa diferença pode ter sido ocasionada por o boto-cinza ter permanecido mais tempo na região do Parque Marinho de Ilhéus e não ter entrado baía do Pontal por conta de alterações causadas por ruídos da construção. De acordo com o cronograma da obra da ponte, nesse período eram feitas as estacadas do pilar central e dos demais pilares e também o início da construção do pilar central, assim com o tráfego da embarcação usada na obra para transporte dos funcionários e que cruzava constantemente a entrada do estuário.

As detecções acústicas foram nitidamente inferiores no período final da construção (2019), o que estar relacionado aos botos-cinza voltarem a frequentar áreas que antes eram afetadas pelos ruídos da construção.

de Sousa Pais et al. (2018) compararam os ruídos antropogênicos com o repertório acústico de três populações brasileiras, e os resultados mostraram sobreposição do repertório acústico de *S. guianensis* e ruídos produzidos por barcos, atividades de dragagem e barcaças de madeira, o que pode causar danos a indivíduos e populações. Níveis mais elevados de ruídos de fundo podem interferir com a capacidade dos mamíferos marinhos detectar sons, quer se trate de chamadas da sua própria espécie, de ecos de presas ou de sons naturais que ajudam a navegação ou a procura de alimentos. O ruído pode afetar as funções de desenvolvimento, reprodutivas ou imunitárias e causar stress mais generalizado (HILDEBRAND, 2005).

Conclusão

Por meio desse estudo, com coleta de dados contínuos, foi possível verificar que o boto-cinza apresenta um ritmo circadiano, com as detecções acústicas variando ao longo do período de 24 horas. Apresenta um pico de atividades, associadas a ecolocalização, no período da noite entre 18h00 e 22h00. As fases de lua cheia, lua nova e maré baixamar foram as que tiveram maiores detecções acústicas.

Com o aumento da temperatura atmosférica e conseqüente aumento da temperatura da água, diminui o registro de detecções do boto-cinza. A precipitação não influenciou na presença da espécie.

O período durante as obras de construção da ponte teve um aumento das detecções em relação ao período de antes da construção, o que evidencia a influência antrópica sobre a ocorrência do boto-cinza.

Referências bibliográficas

ABHILASH, L.; SHEEBA, V. RhythmicAlly: Your R and Shiny–Based Open-Source Ally for the Analysis of Biological Rhythms. **Journal of Biological Rhythms**, v. 34, n. 5, p. 551–561, 2019.

AU, W. W. L.; HASTINGS, M. C. **Principles of Marine Bioacoustics**. New York, NY: Springer US, 2008.

BAHIA. **Lista Oficial das Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção do Estado da Bahia**. Brazil, 2017.

BATISTA, R. L. G. et al. Cetaceans registered on the coast of Ilhéus (Bahia), northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 1, p. 31–38, 2012.

BENOIT-BIRD, K.; DAHOOD, A.; WÜRSIG, B. Using active acoustics to compare lunar effects on predator–prey behavior in two marine mammal species. **Marine Ecology Progress Series**, v. 395, p. 119–135, dez. 2009.

BRÄGER, S.; HARRAWAY, J. A.; MANLY, B. F. J. J. Habitat selection in a coastal dolphin species (*Cephalorhynchus hectori*). **Marine Biology**, v. 143, n. 2, p. 233–244, 1 ago. 2003.

CRUZ, K. T. S. **Uso do Espaço e Ecologia do Movimento de botos-cinza (*Sotalia guianensis*) na Baía do Pontal, Ilhéus, Bahia**. [s.l.] Universidade Estadual de Santa Cruz, 2016.

DÄHNE, M. et al. Methodology and results of calibration of tonal click detectors for small odontocetes (C-PODs). **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 134, n. 3, p. 2514–2522, 2013.

DE SOUSA PAIS, F. et al. Anthropogenic Noise and Guiana Dolphins (*Sotalia guianensis*) in Brazil: Ecological and Conservation Concerns. In: ROSSI-SANTOS, M. R.; FINKL, C. W. (Eds.). **Advances in Marine Vertebrate Research in Latin America**. [s.l.] Springer, 2018. v. 22p. 321–366.

DECONTO, L. S.; MONTEIRO-FILHO, E. L. A. Day and night sounds of the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) in southeastern Brazil. **acta ethologica**, v. 19, n. 1, p. 61–68, fev. 2016.

DI BENEDETTO, A. P. M.; SICILIANO, S.; RAMOS, R. M. A. **Cetáceos - Introdução à biologia e a metodologia básica para o desenvolvimento de estudos**. 21. ed. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública., 2010.

DOMIT, C. **Comportamento de pesca do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (van**

Bénéden, 1864). [s.l.] Universidade Federal do Paraná, jun. 2006.

FERNANDEZ-BETELU, O. et al. Fine scale spatial variability in the influence of environmental cycles on the occurrence of dolphins at coastal sites. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 2548, dez. 2019.

FERRO DE GODOY, D.; ANDRIOLO, A.; DE FATIMA FILLA, G. The influence of environmental variables on estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*) spatial distribution and habitat used in the Estuarine Lagunar Complex of Cananéia, southeastern Brazil. **Ocean & Coastal Management**, v. 106, p. 68–76, 1 mar. 2015.

GARROD, A. et al. Validating automated click detector dolphin detection rates and investigating factors affecting performance. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 144, n. 2, p. 931–939, 2018.

GUILHERME-SILVEIRA, F. R.; DE LIMA SILVA, F. J. Behavioural seasonality of the estuarine dolphin, *Sotalia guianensis*, on the north-eastern Brazilian coast. **Marine Biodiversity Records**, v. 1, p. e62, 12 jan. 2008.

GUILHERME-SILVEIRA, F. R.; SILVA, F. J. L. Diurnal and tidal pattern influencing the behaviour of *Sotalia guianensis* on the north-eastern coast of Brazil. **Marine Biodiversity Records**, v. 2, p. e122, 23 jun. 2009.

HILDEBRAND, J. A. Impacts of Anthropogenic Sound. In: REYNOLDS III, J. E. et al. (Eds.). . **Marine Mammal Research: Conservation beyond Crisis**. The Johns ed. Baltimore, Maryland: [s.n.]. p. 101–124.

IZIDORO, F. B.; LE PENDU, Y. Estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*) (Van Bénéden, 1864) (Cetacea: Delphinidae) in Porto de Ilhéus, Brazil: Group characterisation and response to ships. **North-Western Journal of Zoology**, v. 8, n. 2, p. 232–240, 2012.

JANIK, V. M.; SAYIGH, L. S.; WELLS, R. S. Signature whistle shape conveys identity information to bottlenose dolphins. **PNAS**, v. 103, n. 21, p. 8293–8297, 2006.

LIMA, A.; LE PENDU, Y. Evidence for signature whistles in Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) in Ilhéus, northeastern Brazil. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 136, n. 6, p. 3178–3185, 2014.

MAREGA, M. et al. Behavioral responses of *Sotalia guianensis* (Cetartiodactyla, Delphinidae) to boat approaches in northeast Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 46, n. 2, p. 268–279, 10 maio 2018.

MARIA PALMA ANDRADE; LURDES BERTOL ROCHA. **Tabocas a Itabuna: um estudo histórico-geográfico / concepção e organização**. Editus ed. Ilhéus: [s.n.].

- MARQUES, T. A. et al. Estimating animal population density using passive acoustics. **Biological Reviews**, v. 88, n. 2, p. 287–309, 2013.
- MAY-COLLADO, L. J. Changes in Whistle Structure of Two Dolphin Species During Interspecific Associations. **Ethology**, v. 116, n. 11, p. 1065–1074, nov. 2010.
- MELLINGER, D. K. et al. An overview of observation methods fixed passive acoustic for cetaceans. **Oceanography**, v. 20, n. 4, p. 36–45, 2007.
- NAKAMURA, M. F. et al. Lunar phases and hawksbill sea turtle nesting. **Journal of Ethology**, v. 37, n. 3, p. 307–316, 2019.
- NUUTTILA, H. K. et al. Acoustic detection probability of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, with static acoustic dataloggers in Cardigan Bay, Wales. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 134, n. 3, p. 2596–2609, set. 2013.
- NUUTTILA, H. K. et al. Seasonal and diel patterns in cetacean use and foraging at a potential marine renewable energy site. **Marine Pollution Bulletin**, v. 129, n. 2, p. 633–644, abr. 2018.
- OWEN, K. et al. Lunar cycles influence the diving behavior and habitat use of short-finned pilot whales around the main Hawaiian Islands. **Marine Ecology Progress Series**, v. 629, p. 193–206, 24 out. 2019.
- PENDU, Y. LE et al. **Population parameters of the Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) in Ilhéus, Bahia, Brazil**. Smm. **Anais...**2015
- PERRIN, W. F.; WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M. **Encyclopedia of Marine Mammals**. 2. ed. La Jolla, California: Elsevier, 2009. v. 3
- REFINETTI, R. **Circadian physiology**. 3. ed. [s.l.] CRC Press, 2016.
- SANTOS-CARVALLO, M. et al. Presence, Behavior, and Resighting Pattern of Transient Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Humboldt Current System off North-Central Chile. **Pacific Science**, v. 72, n. 1, p. 41–56, jan. 2018.
- SANTOS, U. A. DOS et al. Spatial distribution and activities of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864) (Cetacea, Delphinidae) in Pontal Bay, Ilhéus, Bahia, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 2, p. 67–73, jun. 2010.
- SECCHI, E.; SANTOS, M. C. O.; REEVES, R. *Sotalia guianensis* (errata version published in 2019). The IUCN Red List of Threatened Species. p. 21, 2018.
- SILVA, F. J. D. L.; DA SILVA JR, J. M. Circadian and seasonal rhythms in the behavior of spinner dolphins (*Stenella longirostris*). **Marine Mammal Science**, v. 25, n. 1, p. 176–186, jan. 2009.

SILVA, W. S. **Análise do uso do espaço dos botos-cinza *Sotalia guianensis* durante a construção de uma ponte sobre o estuário da baía do pontal em Ilhéus, Bahia, Brasil.** [s.l.] Universidade Estadual de Santa Cruz, 2019.

SOUSA-LIMA, R. et al. A Review and Inventory of Fixed Autonomous Recorders for Passive Acoustic Monitoring of Marine Mammals. **Aquatic Mammals**, v. 39, n. 1, p. 23–53, mar. 2013.

TARDIN, R. et al. Environment and anthropogenic activities influence cetacean habitat use in southeastern Brazil. **Marine Ecology Progress Series**, v. 616, p. 197–210, 9 maio 2019.

TREGENZA, N. **CPOD.exe : a guide for users.**

VIEIRA, Q. **Monitoramento Acústico Passivo de Botos-cinza, *Sotalia guianensis* (Van Beneden, 1864), em Ilhéus, Bahia.** [s.l.] Universidade Estadual de Santa Cruz, 2017.

WANG, Z. T. et al. Passive acoustic monitoring the diel, lunar, seasonal and tidal patterns in the biosonar activity of the Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) in the Pearl River Estuary, China. **PLoS ONE**, v. 10, n. 11, 2015.

ZIMMER, W. M. X. et al. Passive acoustic detection of deep-diving beaked whales. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 124, n. 5, p. 2823–2832, 2008.

ZUUR, A. F. et al. Zero-Truncated and Zero-Inflated Models for Count Data. In: **Mixed effects models and extensions in ecology with R.** Statistics for Biology and Health. New York, NY: Springer New York, 2009. p. 261–293.