



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS
AQUÁTICOS TROPICAIS**



ÉRICA LOPES GOMES

**EFEITO DA CONSTRUÇÃO DE UMA PONTE SOBRE O USO DO
ESPAÇO PELO BOTO-CINZA NO ESTUÁRIO DO RIO CACHOEIRA,
ILHÉUS, BAHIA**

ILHÉUS - BAHIA

2021

ÉRICA LOPES GOMES

**EFEITO DA CONSTRUÇÃO DE UMA PONTE SOBRE O USO DO
ESPAÇO PELO BOTO-CINZA NO ESTUÁRIO DO RIO CACHOEIRA,
ILHÉUS, BAHIA**

Desenvolvimento da dissertação apresentado ao exame de defesa no Programa de Pós Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais, da Universidade Estadual de Santa Cruz.

Área de Concentração: Ecologia de Comunidades e Ecossistemas Aquáticos Tropicais.

Orientador: Prof. Dr. Yvonnick Le Pendu

ILHÉUS - BAHIA

2021

G633

Gomes, Érica Lopes.

Efeito da construção de uma ponte sobre o uso do espaço pelo boto-cinza no estuário do Rio Cachoeira, Ilhéus, Bahia / Érica Lopes Gomes. – Ilhéus, BA: UESC, 2021.

51 f. : il.

Orientador: Yvonnick Le Pendu.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais.

Inclui referências e apêndices.

1. Boto. 2. Boto (*Sotalia guianensis*). 3. Habitat (Ecologia). 4. Animais – Comportamento. I. Título.

CDD 599.53

AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo aos meus pais Célia e Paulo, por tudo, desde meu primeiro sopro de vida, pelo seu amor, que me amparou quando nada e nem ninguém foi capaz. Às minhas irmãs Priscila e Paula pelo seu carinho. À Diego por cuidar de mim e tornarem meus dias bem mais felizes. À Giovanna por ser uma segunda mãe para mim.

Aos meus amigos de jornada da UESC e em especial à turminha do GPMAI, Winnie, Evelyn, Anninha, Raquel, Khamila, Marcela, Neto, e tantos outros que de um jeito ou de outro contribuíram para o meu crescimento acadêmico. Gratidão especial à Thammy, por ter me ajudado na coleta e transcrição de dados. Ao meu orientador Yvonnick Le Pendu, por ter me guiado no caminho acadêmico desde a minha graduação, por ter me dado a oportunidade de trabalhar na área a qual sempre sonhei e amei desde criança. À Gastón Giné por ter colaborado com as análises deste trabalho.

Ao Bahia Pesca e Pontal Praia Hotel por terem me possibilitado utilizar os locais para as observações dos botos-cinza da Baía do Pontal e a todos envolvidos no transporte dos equipamentos para estes lugares durante as coletas. A empresa OAS por fornecer o cronograma da construção da ponte Jorge-Amado. A FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia) pela bolsa de mestrado. E por fim, aos botos-cinza que fazem parte da minha vida há 7 anos, por me trazerem tantas recordações felizes.

RESUMO

O boto-cinza (*Sotalia guianensis*) é um cetáceo costeiro impactado por diversos tipos de atividades humanas. Pouco se sabe dos efeitos causados por construções de pontes para esta espécie, não apenas o impacto sonoro causado pela obra, como também aqueles gerados pelas alterações de seu habitat. Este trabalho teve como objetivo avaliar os impactos da construção da Ponte Jorge Amado na foz do Estuário do Rio Cachoeira em Ilhéus, Bahia sobre os botos-cinza. Para esse fim, descrevemos e comparamos o uso do espaço pelos boto-cinza durante 2 períodos: 1-antes do início da obra (2015-2016), 2-durante a construção da Ponte Jorge-Amado (2017-2020). Para isso utilizou-se um teodolito para registrar as trajetórias dos botos-cinza. A partir dessas trajetórias aplicou-se o UD “Distribuição de utilização” através do método de kernel BRB “Biased random bridge kernel method” com estimativa de densidade 50% (centros de atividade) e 95% (áreas de uso) através das trajetórias obtidas. Índices de sobreposição Bhattacharyya’s affinity (BA) e Utilization distribution overlap index (UDOI) foram aplicados aos kernels dos dois períodos a fim de medir a sobreposição entre os UD dos dois períodos. Os resultados apontaram a uma alteração do padrão de uso do espaço no estuário do Rio Cachoeira pelos botos-cinza, em especial os seus locais de alimentação após o início da construção da ponte Jorge-Amado. Isto pode ter sido causado pela mudança da distribuição de suas presas no estuário devido à alteração da batimetria no local após a construção da Ponte Jorge-Amado. Além disso, A frequência da ocorrência dos botos-cinza no estuário do Rio Cachoeira foi menor durante a etapa de cravação de estacas da construção, que pode indicar a ocorrência do impacto negativo gerado por esta atividade aos botos-cinza.

Palavras-chave: Boto-cinza; Uso do espaço; Impacto antrópico; Ponte estaiada; Construção.

ABSTRACT

The guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) is a coastal cetacean impacted by several types of human activities. Not much is known about the effects caused by bridge constructions to this species, not only the noise impact caused by the construction, but also those generated by changes in its habitat. This study aimed to assess the impacts of the construction of the Jorge Amado Bridge at the estuary of the Cachoeira River in Ilhéus, Bahia to the Guiana dolphins. To this end, we described and compared the use of space by the Guiana dolphins during 2 periods: 1-before the start of the construction (2015-2016), 2-during the construction of the Jorge-Amado Bridge (2017-2020). A theodolite was used to record the trajectories of the Guiana dolphins. From these trajectories we applied the "UD Utilization distribution" through the BRB "Biased random bridge kernel method" with density estimation 50% (activity centers) and 95% (use areas) through the obtained trajectories. Bhattacharyya's affinity (BA) and Utilization distribution overlap index (UDOI) were applied to the kernels of the two periods in order to measure the overlap between the UD's of the two periods. The results indicated a change in the pattern of use of space in the Cachoeira River Estuary by Guiana dolphins, especially their feeding grounds, after the beginning of the construction of the Jorge-Amado bridge. This may have been caused by the change in the distribution of their preys in the estuary due to the change in bathymetry in the Cachoeira River Estuary after the construction of the Jorge-Amado Bridge. In addition, the frequency of occurrence of Guiana dolphins in the Cachoeira River estuary was lower during the pile driving stage of the construction, which may indicate the negative impact generated by this activity on the Guiana dolphins.

Keywords: Guiana dolphins; Space use; Anthropic impact; Cable-stayed bridge; Construction.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Localização da área de estudo e da Ponte Jorge-Amado..... 18
- Figura 2: Área de estudo e locais de observação na Baía do Pontal Ilhéus. Ponto A, UTM 24S495900/8363849, altitude 6,56 m); Ponto B, 24S496718/8362473, altitude 17,95 m. Área hachurada, corresponde à área monitorada. 19
- Figura 3: Ponte Jorge-Amado após a sua conclusão (Foto: Yvonnick Le Pendu/GPMAI). 21
- Figura 4: Construção da Ponte Jorge-Amado durante a fase 3 de monitoramento visual. 22
- Figura 5: Exemplo de estimativa de kernel BRB/MKDE. (Fonte: CALENGE, 2019). 23
- Figura 6: Boxplot do número de indivíduos totais de botos cinza antes (P1) e durante a construção da ponte Jorge-Amado (P2). 26
- Figura 7: Limiares de uso (UD) dos centros de atividade (K50%) e áreas de uso (K95%) definidos pelo método de kernel BRB/MKDE dos botos-cinza na Baía do Pontal durante o período 1 e o período 2. O ponto A indica a localização do terminal pesqueiro de Ilhéus (Baía Pesca) e o ponto B a colônia de pescadores. 29
- Figura 8: Limiares de uso (UD) dos centros de atividade (K50%) e áreas de uso (K95%) definidos pelo método de kernel BRB/MKDE dos botos-cinza na Baía do Pontal durante a fase 1,2 e 3. O ponto A indica a localização do terminal pesqueiro de Ilhéus (Baía Pesca) e o ponto B a colônia de pescadores. 30
- Figura 9: Mapa batimétrico do estuário do Rio Cachoeira gerado por Matos (2017) em junho de 2016 e limiares de uso (UD) dos centros de atividade (K50%) e áreas de uso (K95%) definidos pelo método de kernel BRB/MKDE dos botos-cinza na Baía do Pontal durante o período 1. O ponto A indica a localização do terminal pesqueiro de Ilhéus (Baía Pesca) e o ponto B a colônia de pescadores. 31
- Figura 10: Mapa batimétrico do estuário do Rio Cachoeira gerado por Matos (2017) em junho de 2016 e limiares de uso (UD) dos centros de atividade (K50%) e áreas de uso (K95%) definidos pelo método de

kernel BRB/MKDE dos botos-cinza na Baía do Pontal durante o período 2. O ponto A indica a localização do terminal pesqueiro de Ilhéus (Baía Pesca) e o ponto B a colônia de pescadores.	32
Figura 11: Áreas de uso (K95%) dos botos-cinza do P1 e P2 e a área de sobreposição dos dois períodos (hachurada).	33
Figura 12: Centros de atividade (K50%) dos botos-cinza do P1 e P2 e a área de sobreposição dos dois períodos (hachurada).	34
Figura 13: Limiões de uso (UD) dos centros de atividade (K50%) e áreas de uso (K95%) definidos pelo método de kernel BRB/MKDE da atividade de alimentação dos botos-cinza na Baía do Pontal durante o período 1 e período 2. O ponto A indica a localização do terminal pesqueiro de Ilhéus (Baía Pesca) e o ponto B da colônia de pescadores.	36
Figura 14: Área de sobreposição (hachurada) dos limiões de uso (UD) das áreas de uso (K95%) e centros de atividade (K50%) definidos pelo método de kernel BRB/MKDE do período 1 e 2 da atividade de alimentação dos botos-cinza na Baía do Pontal. O ponto A indica a localização do terminal pesqueiro de Ilhéus (Baía Pesca) e o ponto B da colônia de pescadores.	37
Figura 15: Limiões de uso (UD) dos centros de atividade (K50%) e áreas de uso (K95%) definidos pelo método de kernel BRB/MKDE da atividade de deslocamento dos botos-cinza na Baía do Pontal durante o período 1 e período 2. O ponto A indica a localização do terminal pesqueiro de Ilhéus (Baía Pesca) e o ponto B da colônia de pescadores.	38
Figura 16: Área de sobreposição (hachurada) dos limiões de uso (UD) das áreas de uso (K95%) e centros de atividade (K50%) definidos pelo método de kernel BRB/MKDE do período 1 e 2 da atividade de deslocamento dos botos-cinza na Baía do Pontal. O ponto A indica a localização do terminal pesqueiro de Ilhéus (Baía Pesca) e o ponto B da colônia de pescadores.	39
Figura 19: Banco de areia visível durante a maré baixa no estuário do Rio Cachoeira (ponte Jorge-Amado ao fundo) (Foto: Yvonnick Le Pendu/GPMAI).	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Divisão dos períodos e fases de coleta e seus respectivos anos e etapas da construção da Ponte Jorge-Amado.	19
Tabela 2: Número de indivíduos e número de indivíduos por hora de esforço amostral (ind/h) dos indivíduos de botos-cinza totais, adultos, imaturos e de faixa etária indeterminada.	27
Tabela 3: Superfície da área de uso (K95%), superfície do centro de atividade (K50%) e porcentagem da superfície da área monitorada representada por K95% e K50% durante os períodos P1 e P2, por atividade.....	27
Tabela 4: Índices de sobreposição BA e UDOI dos limiares de uso (UD) definidos pelo método de kernel BRB/MKDE durante os períodos 1 e 2 obtidos pelas trajetórias gerais (I), alimentação (II) e deslocamento (III).....	40
Tabela 5: Índices de sobreposição BA (I) e UDOI (II) do K95% e K50% das 3 fases de monitoramento.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS

Período 1 (P1) – Período de coleta referente ao período anterior à construção da Ponte Jorge Amado (2015-2016)

Período 2 (P2) – Período de coleta referente ao período de fase inicial e final da construção da Ponte Jorge Amado (2017-2018/2019-2020)

Fase 1 (F1) – Fase de coleta referente ao período anterior à construção da Ponte Jorge Amado (2015-2016)

Fase 2 (F2) – Fase de coleta referente ao período inicial à construção da Ponte Jorge Amado (2017-2018)

Fase 3 (F3) – Fase de coleta referente ao período inicial à construção da Ponte Jorge Amado (2019-2020)

Ind/h – Indivíduos por hora

K50% – Kernel 50% (Centro de atividade)

K95% – Kernel 95% (Área de uso)

UD – Utilization Distribution (Distribuição de utilização)

Kernel BRB/MKDE – Biased random bridge kernel method (movimentos aleatórios tendenciosos)

BA – Bhattacharyya's affinity (afinidade de Bhattacharyya)

UDOI – Utilization distribution overlap index (índice de sobreposição da distribuição de utilização)

Traj/h – Número de trajetórias por hora de esforço amostral

Dp – Desvio padrão

AM – Área amostrada

Ali – Alimentação

Desl – Deslocamento

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVO.....	17
2.1	<i>Geral</i>	17
2.2	<i>Específicos</i>	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1	<i>Área de estudo</i>	17
3.2	<i>Monitoramento visual</i>	18
3.3	<i>A Ponte Jorge-Amado</i>	20
3.4	<i>Análises</i>	22
3.4.1	Teste T e Kruskal-Wallis	22
3.4.2	Estimativas de densidade kernel BRB/MKDE dos botos-cinza	23
3.4.3	Sobreposição das áreas de uso (95%) e centro de atividade (50%) dos botos-cinza.....	24
3.4.4	Índices de overlap (“sobreposição”) BA (Bhattacharyya’s affinity) e UDOI (Utilization distribution overlap index) das áreas de uso (K95%) e centros de atividade (K50%) dos botos-cinza.	25
4	RESULTADOS.....	26
4.1	<i>Estimativa de área de uso (K95%) e centros de atividade (K50%) dos botos-cinza dos períodos e fases de monitoramento.</i>	27
4.2	<i>Estimativa de área de uso (K95%) e centros de atividade (K50%) da atividade de alimentação e deslocamento durante os períodos 1 e 2</i>	35
4.1	<i>Índices de sobreposição, BA e UDOI das áreas de uso (95%) e centro de atividade (50%) dos botos-cinza</i>	40
5	DISCUSSÃO	41
5.1	<i>Comparação do uso do espaço pelos botos-cinza no estuário do Rio Cachoeira antes e durante a construção da ponte Jorge Amado</i>	41
5.2	<i>Ocorrência e tempo de permanência dos botos-cinza nos períodos e fases de estudo</i>	44
6	CONCLUSÃO	45

7	REFERENCIAS	47
9	APÊNDICES.....	50

1 INTRODUÇÃO

A construção e demolição de estruturas são conhecidas por gerarem impactos aos organismos aquáticos. Apesar de sua importância para a preservação da vida aquática estudos voltados a analisar os impactos gerados por essas atividades foram pouco frequentes (BUCKSTAFF et al., 2013). Evidências das perturbações causadas por construções ou atividades similares aos cetáceos em sua área de vida já foram registradas. Nas proximidades da área de construção da ponte John's Pass na Baía de Tampa (Estados Unidos) observou-se uma queda da ocorrência de fêmeas residentes de golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) (WEAVER, 2015). Em uma baía de Hong Kong observou-se o aumento da velocidade de deslocamento dos golfinhos-corcunda do indo-pacífico (*Sousa chinensis*) nas proximidades de locais onde eram instaladas estacas durante a instalação de um depósito de recepção de combustível de aviação (WÜRSIG; GREENE; JEFFERSON, 2000). Durante a construção de um parque eólico em mar aberto houve a queda da densidade da toninha-comum (*Phocoena phocoena*) nas suas proximidades (LEOPOLD; CAMPHUYSEN, 2008).

No ambiente aquático o som é a forma mais eficiente de propagar energia e muitas espécies utilizaram essa propriedade no decorrer de sua evolução (HILDEBRAND, 2009). Isto pode explicar porque a maior parte dos mamíferos aquáticos dependem principalmente da emissão e percepção de som para sua reprodução, comunicação, navegação e alimentação (SIMMONDS et al., 2014). Para os cetáceos, a presença de ruídos de origem antrópica nesse habitat é conhecida por alterar seu comportamento (ROLLAND et al., 2012). Desse modo, os registros de alterações comportamentais dos cetáceos em locais onde há construções podem ser uma consequência da sua alta sensibilidade auditiva e da dependência dos cetáceos aos estímulos acústicos para navegar, se comunicar e capturar presas.

O boto-cinza (*Sotalia guianensis*) é um cetáceo com distribuição possivelmente contínua da Nicarágua até Santa Catarina (DE JESUS LOBO et al., 2021) com sua maior população localizada na Baía de Sepetiba no Rio de

Janeiro (FREITAS NERY; MARINO SIMAO, 2012). Esta espécie ocorre em habitats de águas pouco profundas, como baías e a foz de rios (OLIVEIRA et al., 2018). A espécie é classificada pela lista vermelha da IUCN em 2018 como quase ameaçada de extinção em escala global (SECCHI; SANTOS; REEVES, 2018). Na América do Sul o boto-cinza é ameaçado pelas atividades pesqueiras, construções de infraestruturas costeiras, atividades portuárias, agrícolas, náuticas, industriais, explosões subaquáticas, tráfico de embarcações, desastres ambientais e pela mineração (DOMIT et al., 2021). Assim como as espécies de golfinhos estritamente de água doce, o boto-cinza se encontra particularmente vulnerável às atividades humanas quando presentes em baías e estuários. Esta vulnerabilidade se dá pelas barreiras terrestres presentes nesses locais as quais dificultam sua fuga das eventuais ameaças antrópicas. Até o momento pouco se sabe sobre o impacto gerado por construções ao boto-cinza.

Desde 2006 o Grupo de Pesquisa em Mamíferos Aquáticos de Ilhéus (GPMAl) monitora a população de botos-cinza que frequenta as águas costeiras de Ilhéus e visita o estuário do Rio Cachoeira, conhecido popularmente como Baía do Pontal para sua alimentação (SANTOS et al., 2010). Em 2015, o GPMAl iniciou um monitoramento visual dos botos-cinza na Baía do Pontal. Cruz (2016) identificou fatores determinantes para o uso da área pelos botos-cinza neste local: a batimetria, distância da margem, distância dos centros pesqueiros e a distribuição de uso das embarcações no estuário. Em setembro de 2016 deu-se início a construção da Ponte Jorge-Amado na desembocadura da Baía do Pontal a qual foi finalizada em junho de 2020.

Sabe-se que a construções de pontes em estuários e rios podem gerar alterações batimétricas, devido ao aumento do depósito do sedimento do fundo por alterações da dinâmica do fluxo da água (PANG; LI; MAI, 2008). Este processo já foi observado no Rio Mandovi na Índia em 1968, o qual teve seus canais reduzidos pelo aumento do sedimento de fundo devido a construção de uma ponte (PATHAK; KOTNALA; PRABAHARAN, 1988). No estuário do Rio cachoeira um processo de assoreamento já era conhecido antes da construção da Ponte Jorge Amado com registros de alterações da batimetria desde a década de 70 (APOLUCENO, 1998). Franco; Lavenère-wanderley; Moreau,

(2006) observaram através de análises comparativas dos mapas batimétricos dos anos de 1941 e 1976 uma diminuição e estreitamento do canal presente no estuário. Devido à evolução desse assoreamento, o antigo porto de Ilhéus localizado no estuário foi desativado após alguns incidentes com embarcações de grande porte (FRANCO; LAVENÈRE-WANDERLEY; MOREAU, 2006). Este processo de assoreamento pode ter se intensificado durante a construção da Ponte Lomanto Júnior, localizada no estuário do Rio Cachoeira e do Porto do Malhado, localizado na costa de Ilhéus durante a década de 60. Esta alteração da fisiografia costeira de Ilhéus teria se dado após o bloqueio da deriva litorânea de sedimentos no sentido sul-norte ocasionado por essas construções (MATOS, 2017).

Reações negativas de botos-cinza associadas ao assoreamento já foram observadas na Baía de Babitonga, onde parte dos botos-cinza evitavam áreas mais assoreadas dessa baía (CREMER et al., 2011). Até o momento não se sabe se o assoreamento já presente no estuário do Rio Cachoeira e as alterações da fisiografia costeira geradas por construções prévias à da Ponte Jorge-Amado prejudicaram a população de botos-cinza da região. Além disso, durante os estágios iniciais da construção da Ponte Jorge-Amado realizou-se um processo de aterro na entrada do estuário que resultou em seu estreitamento durante a obra, o que pode ter levado às novas alterações batimétricas ao longo do estuário. Dada à possibilidade do impacto da alteração da batimetria gerada pela construção da Ponte Jorge-Amado no estuário do Rio Cachoeira esta pode ter sido outra fonte de impacto antrópico além do impacto sonoro aos botos-cinza neste estuário.

A fim de avaliar a existência de impactos gerados pela construção da Ponte aos botos-cinza, este trabalho comparou o uso do espaço dos botos-cinza no estuário do Rio Cachoeira antes e durante a construção da ponte. Para isto, analisou-se o uso do espaço, definido por (MATTHIOPOULOS, 2003) como a proporção de tempo por unidade de área utilizada por um indivíduo ou grupo de animais através do método chamado “utilization distribution” (distribuição de utilização).

2 OBJETIVO

2.1 Geral

Avaliar o impacto da construção da Ponte Jorge Amado (Ilhéus, Bahia) sobre o uso do espaço dos botos-cinza (*Sotalia guianensis*) na foz do Rio Cachoeira no município de Ilhéus, Bahia.

2.2 Específicos

1. Avaliar a variação da ocorrência e tempo de permanência dos botos-cinza na foz do estuário do Rio Cachoeira antes e durante a construção da Ponte Jorge-Amado.
2. Avaliar o impacto da construção da Ponte Jorge-Amado (Ilhéus, Bahia) sobre o uso do espaço das atividades de alimentação e deslocamento dos botos-cinza no estuário do Rio Cachoeira.
3. Comparar as áreas de uso (K95%) e centros de atividade (K50%) dos botos-cinza antes e durante à construção da Ponte Jorge-Amado no estuário do Rio Cachoeira.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O local de estudo encontra-se no estuário do Rio Cachoeira em uma área conhecida popularmente como Baía do Pontal em Ilhéus, Bahia (entre 14°47S e 14°50S e 39°00W e 39°03W) (Figura 1). Este estuário é formado pelo encontro dos rios Fundão, Cachoeira e Santana, com profundidades de 0,6 a 19,5 metros (Apêndice 1) (MATOS, 2017). Na desembocadura deste estuário está localizada a Ponte Jorge-Amado, inaugurada em 2020 (Figura 1).

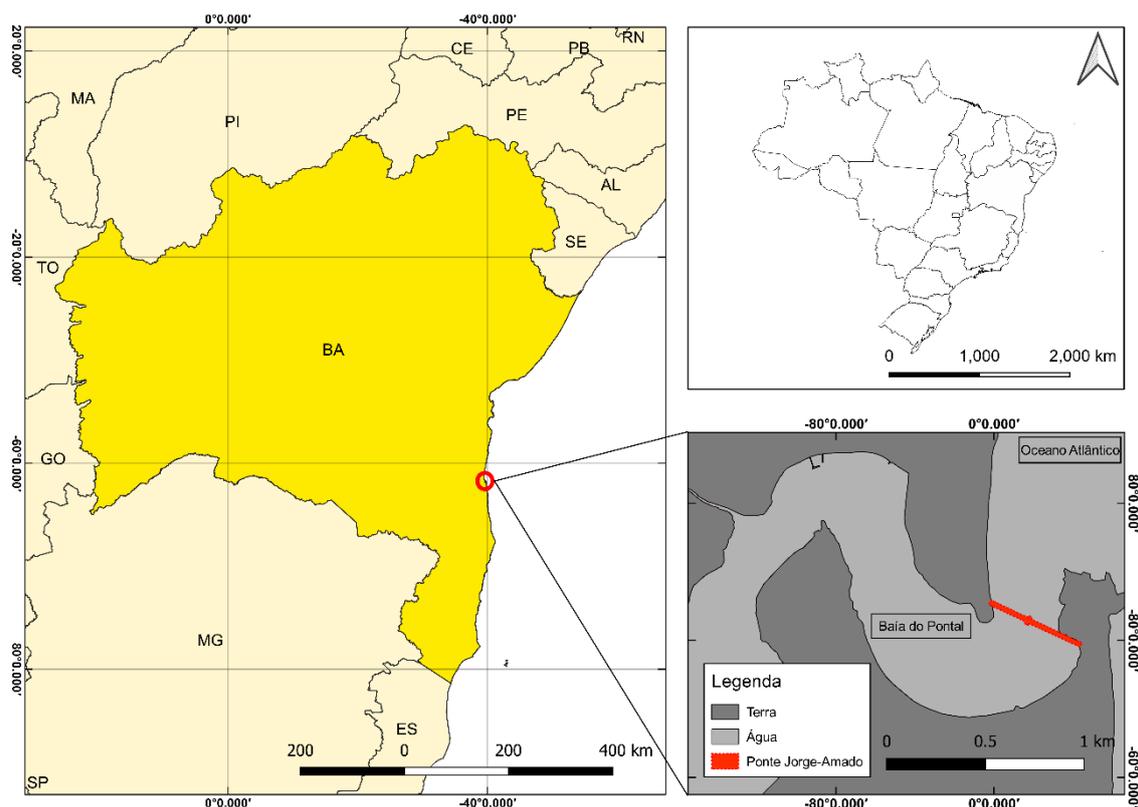


Figura 1: Localização da área de estudo e da Ponte Jorge-Amado.

3.2 Monitoramento visual

Os monitoramentos visuais dos botos-cinza foram feitos entre os anos de 2015 a 2020 e seguiram o protocolo criado por Cruz em 2015 e os dados foram classificados por fases e períodos de acordo com as etapas da construção da Ponte Jorge-Amado nos quais foram coletados. As fases foram divididas em três: fase 1 ou F1, coletada por Cruz (2016) de 2015 a 2016, antes do início da construção da Ponte Jorge Amado), fase 2 ou F2, coletada por Silva (2019) de 2017 a 2018, na etapa inicial da construção da Ponte Jorge Amado) e a fase 3 ou F3, coletada pela autora de 2019 a 2020 durante a etapa final da construção da Ponte Jorge Amado) (Tabela 1). As fases, por sua vez, foram classificadas em 2 períodos; a fase 1 como período 1 ou P1 (antes da construção) e as fases 2 e 3 como período 2 ou P2(durante a construção) (Tabela 1).

Tabela 1: Divisão dos períodos e fases de coleta e seus respectivos anos e etapas da construção da Ponte Jorge-Amado.

Período	P1: Antes da construção	P2: Durante a construção	
Fase	F1: Antes da construção	F2: Início da construção	F3: Final da construção
Anos	2015-2016	2017-2018	2019-2020
Monitoramento	dez/15 - jan/16	set/17 - set/18	jul/19 - fev/20

As observações foram realizadas em 2 pontos de observação, um localizado no Terminal Pesqueiro de Ilhéus ($14^{\circ}47.973'S$, $39^{\circ}2.293'O^{\circ}$, altitude 6,56 m) e o outro no terraço do Pontal Praia Hotel ($14^{\circ}48.716'S^{\circ}$, $39^{\circ}1.833'O^{\circ}$, altitude 17,95 m) com área monitorada aproximada de 7,4 km (Figura 2).

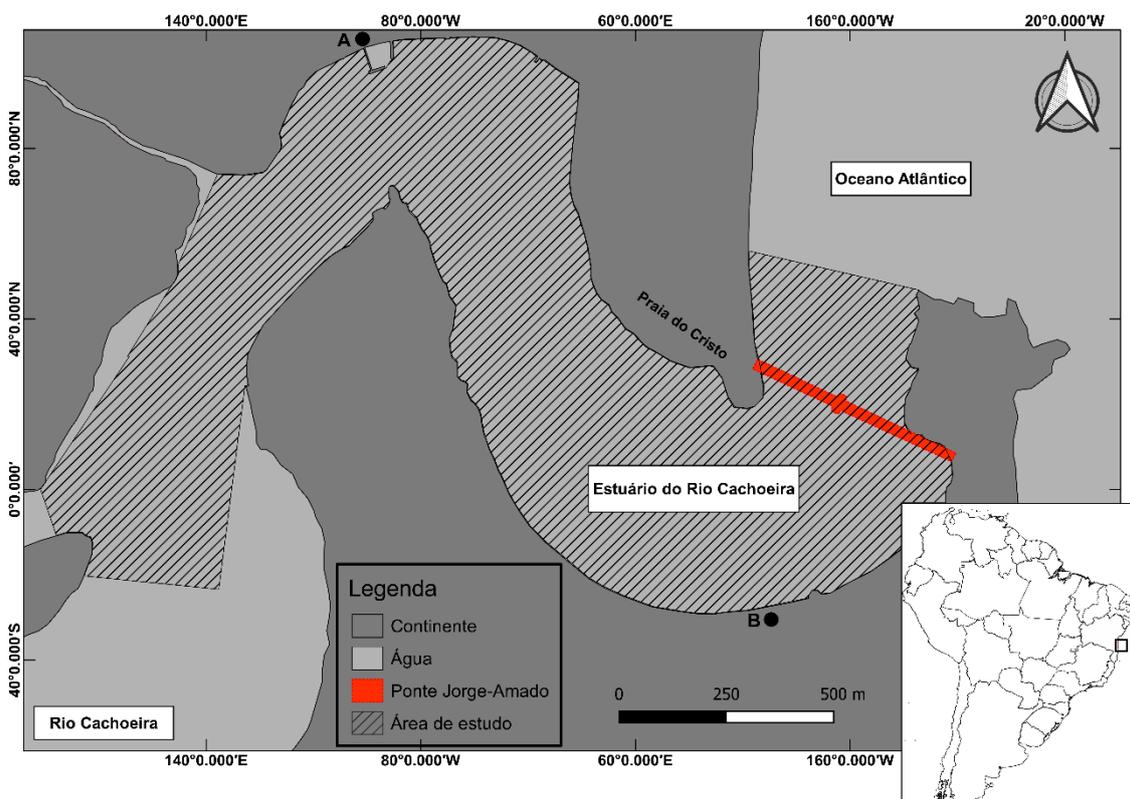


Figura 2: Área de estudo e locais de observação na Baía do Pontal Ilhéus. Ponto A, UTM 24S495900/8363849, altitude 6,56 m); Ponto B, 24S496718/8362473, altitude 17,95 m. Área hachurada, corresponde à área monitorada.

Durante as coletas, eram feitas varreduras contínuas da área realizadas a olho nu e com auxílio de binóculos (Ocean Xtreme 7x50WP, marca Luga). Um teodolito eletrônico de 10 segundos de precisão (modelo T 110, marca Leica) registrou pontos sucessivos de trajetórias de botos-cinza. Os pontos sucessivos de localização, dos avistamentos de nadadeiras dorsais de botos-cinza ou rastro na superfície da água eram registrados. O horário de cada ponto assim como a atividade principal do grupo (alimentação e deslocamento), composição etária do grupo foram gravados em arquivo de áudio digital por um gravador de Voz Digital (Sony, Icd-px470). As atividades realizadas pelos botos-cinza foram classificadas de acordo com o etograma de Flach; Flach; Chiarello, (2008). Este etograma classifica alimentação como movimentações com mergulho rápidos e arqueados com mudanças frequentes da direção em uma área pequena e deslocamento como um movimento direcional único que resulta na mudança de posição dos animais de um local ao outro. Sempre que os botos-cinza eram avistados, suas localizações sucessivas e atividade principal eram registrados continuamente até o grupo sair do campo de visão do observador. Após oito minutos fora do campo de visão dos observadores, o monitoramento do grupo era considerado finalizado.

3.3 A Ponte Jorge-Amado

A Ponte Jorge-Amado é um projeto de ponte estaiada iniciada em setembro de 2016 e concluída em julho de 2020 (Apêndice 2). Esta ponte está integrada com a via BA-001 e possui um comprimento de 533 metros e 24,6 metros de largura e é atualmente responsável pela ligação da orla Sul com a Orla Norte de Ilhéus (Figura 3).



Figura 3: Ponte Jorge-Amado após a sua conclusão (Foto: Yvonnick Le Pendu/GPMAl).

Durante a fase 2 do monitoramento, entre o período de setembro de 2016 a fevereiro de 2017 foram posicionadas toneladas de pedras como estrutura base de sustentação colunas da obra. Este paredão de pedra foi retirado durante a fase 3 e serviu como aterro para fornecer uma base de sustentação temporária para a obra. Os monitoramentos visuais feitos durante a fase 2 e 3 abrangeram etapas diferentes da construção da Ponte Jorge-Amado (Apêndice 2). Durante a fase 2 completou-se a etapa de infraestrutura e superestrutura da ponte, nesta fase também iniciou-se as etapas de mesoestrutura da construção do sistema viário norte e sul da ponte (Apêndice 2). A construção da mesoestrutura foi concluída durante a fase 3, e os sistemas viários norte e sul durante sua etapa final (Apêndice 2).

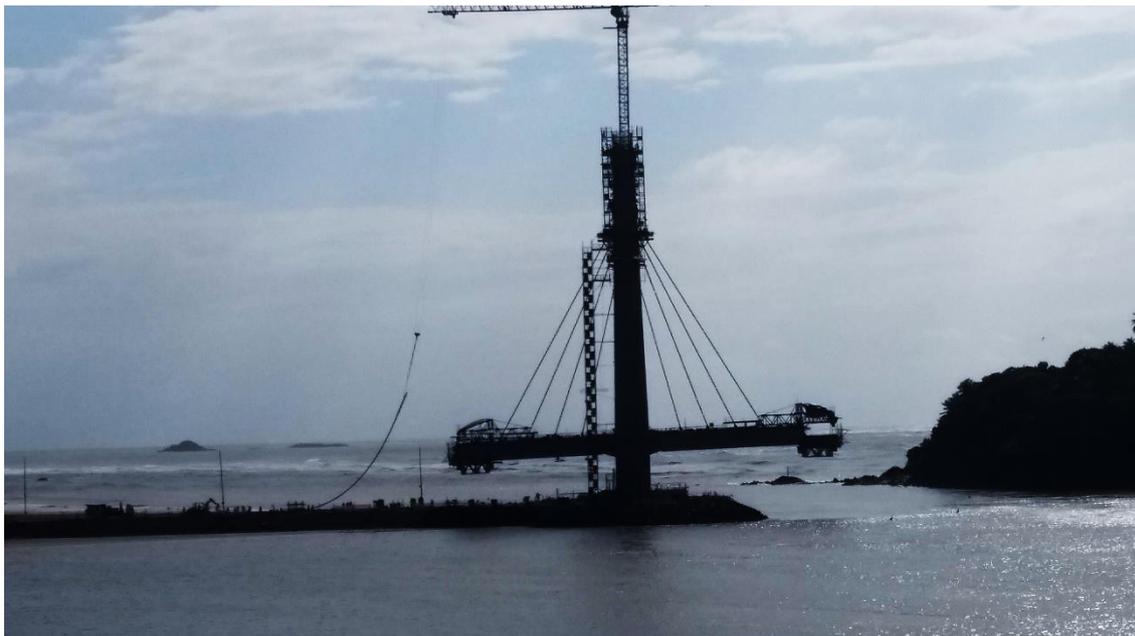


Figura 4: Construção da Ponte Jorge-Amado durante a fase 3 de monitoramento visual.

3.4 Análises

Os dados coletados durante a fase 1 (2015-2016) e fase 2 (2017-2018) foram disponibilizados pelo Grupo de Pesquisa em Mamíferos Aquáticos de Ilhéus (GPMAI), coletados respectivamente por Cruz (2016) e Silva (2019).

Todas as análises foram realizadas no Excel e no software R (R Core Team, 2020). Os mapas das estimativas de densidade kernel foram gerados em camadas de mapas digitais (rasters e polyshapes) e exportados para criar mapas em formato TIFF com a versão 3.14.1 do software QGIS (QGIS Development Team, 2021).

3.4.1 Teste T e Kruskal-Wallis

O teste T e o teste de Kruskal-Wallis foram realizados através do software BioEstat 5.0. O teste T foi utilizado para avaliar a presença ou ausência da diferença significativa do número total de indivíduos registrados e do tempo de permanência dos botos-cinza no estuário entre os 2 períodos do estudo. O teste de Kruskal-Wallis foi utilizado para avaliar a presença ou ausência de uma diferença significativa do número total de indivíduos de botos-cinza entre as 3 fases do estudo.

3.4.2 Estimativas de densidade kernel BRB/MKDE dos botocinza

Seguindo o protocolo criado por Cruz (2015) calculou-se os UD (utilization distribution) “distribuição de utilização” dos botocinza de cada período e fase de coleta. Este método avalia o uso do espaço pelos animais através de uma função de probabilidade de densidade bivariada. Nesse modelo o uso do espaço pelos animais é avaliado em função da probabilidade de uso do espaço, que é dada através da relocação de seus pontos de coordenadas (x, y) em uma área de estudo (CALENGE, 2015).

Por meio do método de UD, aplicou-se de um parâmetro kernel, para cada um dos dados de realocação dos pontos de localização das trajetórias de boto-cinza. Este método foi aplicado aos UD através do pacote adehabitatHR, o qual permite escolher a categoria de kernel utilizada pela função “kernelUD” (CALENGE, 2019). A categoria de kernel aplicada aos dados foi a BRB/MKDE (biased random bridge kernel method) (BENHAMOU; CORNÉLIS, 2010). Neste kernel é considerada a estimativa de probabilidade de densidade do animal pela tendência do movimento de um ponto a ser direcionado ao próximo ponto de uma mesma trajetória (BENHAMOU, 2011). Neste método é considerado o uso do espaço pelo animal entre os pontos de localização da sua trajetória (Figura 5) (BULLARD, 1999).

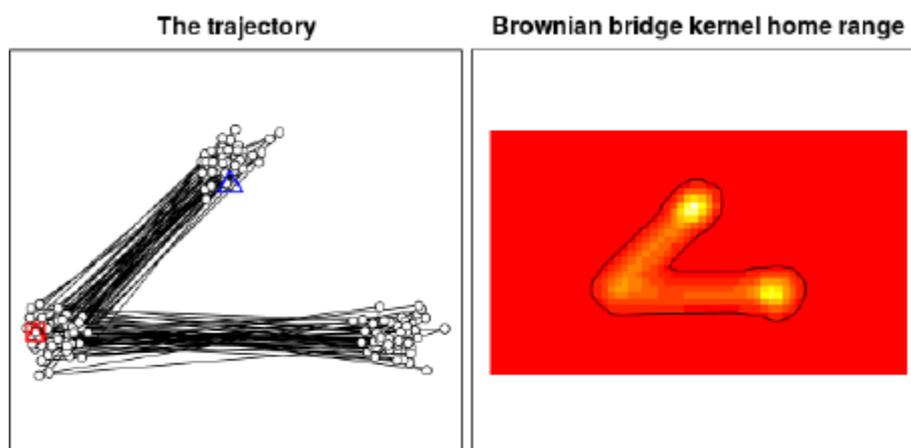


Figura 5: Exemplo de estimativa de kernel BRB/MKDE. (Fonte: CALENGE, 2019).

Para a obtenção dos kernels BRB/MKDE utilizou-se o valor de largura de banda (hmini) de 5 metros, um parâmetro de suavização escolhido por melhor se adaptar com a extensão da área monitorada. Os parâmetros tmax (4 minutos), lmin (1 metro), tau (1 minuto) foram também utilizados para gerar os kernels BRB/MKDE. O tmax é um parâmetro correspondente ao intervalo de tempo máximo entre dois pontos sucessivos de uma mesma trajetória, o lmin é utilizado para excluir distâncias entre dois pontos sucessivos menores que o determinado como inativas e o tau para definir o tempo de atraso máximo entre duas localizações sucessivas (BENHAMOU, 2011). Em seguida os kernels obtidos foram exportados em um formato de raster pela função “writeAsciiGrid”.

Após a obtenção dos kernels BRK/MKDE a função “getverticeshr” permitiu a obtenção dos contornos ou isopleths de estimativa de densidade K95% (área de uso) e K50% (centro de atividade) extraídas dos kernels 1) de todas as trajetórias; 2) das trajetórias durante as quais a única atividade principal do grupo era alimentação 3) das trajetórias com somente atividade principal de deslocamento. Os contornos K95% e K50% correspondem à 95% e 50% de avistar os animais dentro da área. Os contornos obtidos foram exportados em um formato de polyshape através da função “writePolyShape”. Os rasters e polyshapes gerados foram posteriormente importados no QGIS e exportados como mapas de estimativa kernel dos botos-cinza na área de estudo.

3.4.3 Sobreposição das áreas de uso (95%) e centro de atividade (50%) dos botos-cinza

Para visualizar as áreas sobrepostas entre os 2 períodos de monitoramento, foi utilizada a função “interseção” do QGIS, que possibilitou a criação de um polyshape da área de uso e centro de atividade em comum para os dois períodos. O mesmo foi feito para os contornos dos centros de atividade e áreas de uso obtidos através das trajetórias dos pontos de localização para as trajetórias de alimentação e deslocamento.

3.4.4 Índices de overlap (“sobreposição”) BA (Bhattacharyya’s affinity) e UDOI (Utilization distribution overlap index) das áreas de uso (K95%) e centros de atividade (K50%) dos botos-cinza.

Os métodos de sobreposição (“overlap”) VI (Volume of intersection), BA (Bhattacharyya’s affinity) e UDOI (Utilization distribution overlap index) foram utilizados para obter os índices de sobreposição dos UD’s obtidos dos contornos 95% e 50% gerados pelo método de kernel BRB/MKDE entre os dois períodos (1 e 2) e entre as três fases de monitoramento (1 a 3). O mesmo método foi aplicado para avaliar os índices de sobreposição dos centros de atividade e áreas de uso gerados pelas trajetórias de alimentação e deslocamento entre os períodos e fases de coleta. Para avaliar os índices de sobreposição pela variação temporal foram gerados os índices de sobreposição para cada bimestre consecutivo do período 1 ao 2 das áreas de uso. Para obtenção dos índices de sobreposição foi utilizada a função “kerneloverlaphr” do pacote Adehabitathr (CALENGE, 2019).

O índice de overlap BA consiste em uma função que produz um valor de similaridade entre UD’s, variando de 0 que indica ausência de sobreposição e 1 que indica sobreposição completa (BHATTACHARYYA, 1943). Este método é recomendado para avaliar áreas pequenas, pois não é o tamanho da área de estudo não é uma variável considerada na sua métrica. O índice de overlap UDOI é obtido ao assumir o uso do espaço independente entre as populações, neste índice os valores também variam de 0 (ausência de sobreposição) a 1 (UD’s idênticos) (HURLBERT, 1978). O uso do UDOI é recomendado para avaliar o grau de compartilhamento do uso do espaço, enquanto que o BA é usado para a medição geral de similaridade entre as UD’s estimadas (KOCHANNY; FIEBERG, 2005). No UDOI é possível se obter valores >1, isto ocorre quando os 2 UD’s são distribuídos não uniformemente e têm um alto grau de sobreposição (KOCHANNY; FIEBERG, 2005). Os índices BA e UDOI foram utilizados pois ajudam a interpretar os dados de formas diferentes. O índice de sobreposição BA é recomendado para quantificar o grau de similaridade entre estimativas de UD e o UDOI para quantificar o grau do compartilhamento do uso do espaço (KOCHANNY; FIEBERG, 2005)

4 RESULTADOS

A fase 1 teve duração de 10 meses (abril de 2015 a janeiro de 2016) com esforço amostral de 563,1 h e um total de 89 grupos de botos-cinza registrados. A fase 2 teve duração de 13 meses (setembro de 2017 a setembro de 2018) com esforço amostral de 557,5 h e a fase 3 uma duração de 8 meses (de julho de 2019 a fevereiro de 2020) e esforço amostral de 183,1 h. O período 2 totalizou um esforço amostral de 741 h em 21 meses de coleta.

Durante o período 1 foram registradas 60 trajetórias de botos-cinza sendo 0,11 traj/h, durante o período 2 foram registradas 66 trajetórias de botos-cinza sendo 0,09 traj/h (37 trajetórias, traj/h=0,07 para a fase 2 e 31 trajetórias, traj/h=0,17 para a fase 3). Não houve diferença significativa do número de indivíduos totais registrados entre os 2 períodos (teste T, $p=0,07$), onde no P1 (média=3,35, dp=1,8) a média foi ligeiramente maior do que a do P2 (média=2,8, dp=1,4) (Figura 6). O tempo de permanência dos grupos de boto-cinza nos dois períodos também não apresentou uma diferença significativa (teste T, $p=0,28$). O tempo de permanência médio dos grupos de boto-cinza durante o período P1 (média=19,75 min dp= 24,61 min) foi ligeiramente inferior ao tempo de permanência do período P2 (média=24 min, dp=24 min).

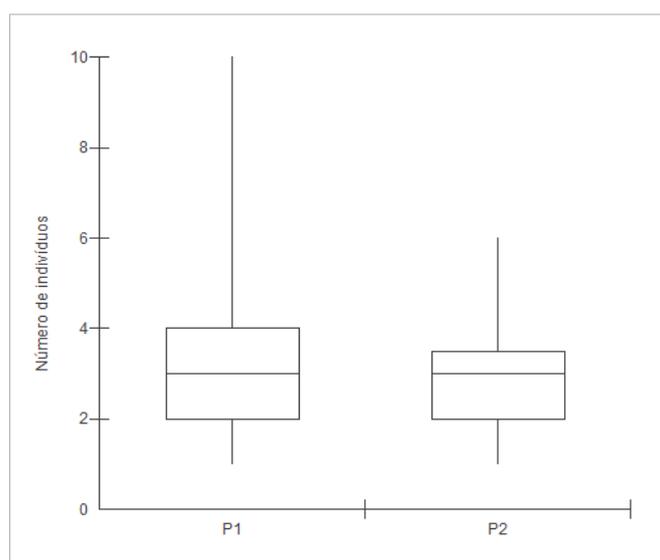


Figura 6: Boxplot do número de indivíduos totais de botos cinza antes (P1) e durante a construção da ponte Jorge-Amado (P2).

A diferença do número de indivíduos totais de botos-cinza foi significativa para as 3 fases (teste Kruskal-Wallis, $H_2=2,9$, $p=0,02$). Durante a F2 houve uma queda da metade da frequência de botos-cinza avistados em relação ao F1. Na F3 houve um aumento significativo da frequência de botos-cinza avistados, a qual foi superior em relação à frequência de botos-cinza observada antes da construção da ponte (F1) (Tabela 2).

Tabela 2: Número de indivíduos e número de indivíduos por hora de esforço amostral (ind/h) dos indivíduos de botos-cinza totais, adultos, imaturos e de faixa etária indeterminada.

Período/fase	Esforço amostral	Total	Adultos	Imaturos	Indeterminados
P1 (F1)	563	200 (0,36 ind/h)	128 (0,23 ind/h)	48 (0,09 ind/h)	24
P2	741	186 (0,25 ind/h)	118 (0,16 ind/h)	60 (0,08 ind/h)	8
F2	558	103 (0,18 ind/h)	60 (0,11 ind/h)	36 (0,06 ind/h)	7
F3	184	83 (0,45 ind/h)	58 (0,32 ind/h)	24 (0,13 ind/h)	1

4.1 Estimativa de área de uso (K95%) e centros de atividade (K50%) dos botos-cinza dos períodos e fases de monitoramento.

A extensão de superfície das áreas de uso e centros de atividade foram iguais, representando 44 e 11% da área amostrada respectivamente (Tabela 3). As áreas de uso sobrepostas do P1 e P2 foi de 43,2 ha, equivalente a 30% da área amostrada (Figura 9). As áreas de centro de atividade sobrepostas do P1 e P2 foi de 6,1 ha, equivalente a 4% da área amostrada (Figura 10).

Tabela 3: Superfície da área de uso (K95%), superfície do centro de atividade (K50%) e porcentagem da superfície da área monitorada representada por K95% e K50% durante os períodos P1 e P2, por atividade.

Atividade	Alimentação		Deslocamento		Geral (ali+desl)	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Área de uso (ha)	58,9	58,2	47,1	62,2	63,4	63,1
Centros de atividade (ha)	11,7	14,2	13,3	16,3	16,0	16,9

Área de uso: % da área monitorada	41%	41%	33%	44%	44%	44%
Centro de atividade: % da área monitorada	8%	10%	9%	11%	11%	12%
Nº trajetórias de botos-cinza	35	54	55	56	117	133

Antes da construção da ponte (P1), os animais utilizaram com maior frequência a parte oeste da Baía do Pontal enquanto que durante a construção da ponte (P2) utilizaram com maior frequência a parte leste da Baía do Pontal, próximo à ponte Jorge-Amado durante a obra. Em ambos os períodos observou-se a presença de centros de atividade em frente ao terminal pesqueiro (ponto A) e da colônia de pescadores (ponto B) o que indica que os animais continuaram a utilizar com frequência esses locais (Figura 7). Em comparação com o mapa batimétrico de Matos (2017) do estuário, obtido em junho de 2016 durante o P1 os animais utilizaram com maior frequência as áreas mais profundas (no maior canal do estuário) do que durante o P2 (Figuras 9 e 10).

Na progressão temporal de F1, F2 e F3 ocorreu uma mudança progressiva das áreas de uso e centros de atividade para o maior uso porção leste e ao desuso da porção oeste do estuário (Figura 8).

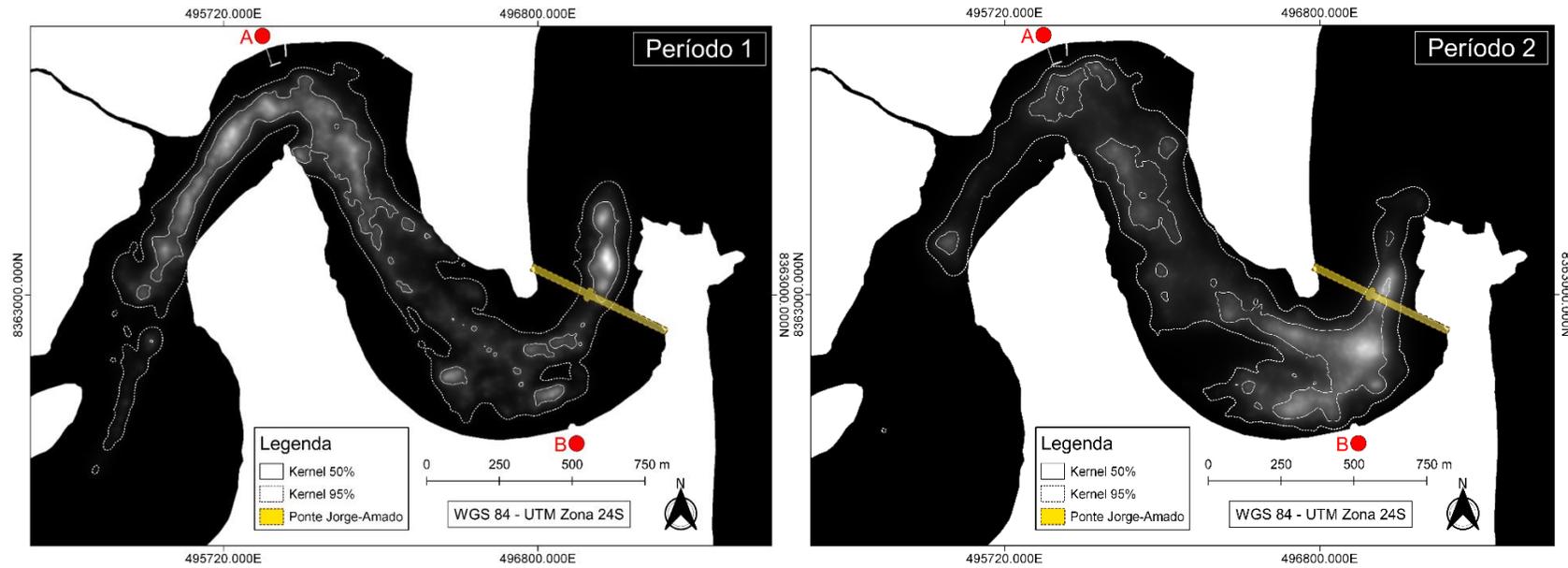


Figura 7: Limiars de uso (UD) dos centros de atividade (K50%) e áreas de uso (K95%) definidos pelo método de kernel BRB/MKDE dos botos-cinza na Baía do Pontal durante o período 1 e o período 2. O ponto A indica a localização do terminal pesqueiro de Ilhéus (Baía Pesca) e o ponto B a colônia de pescadores.

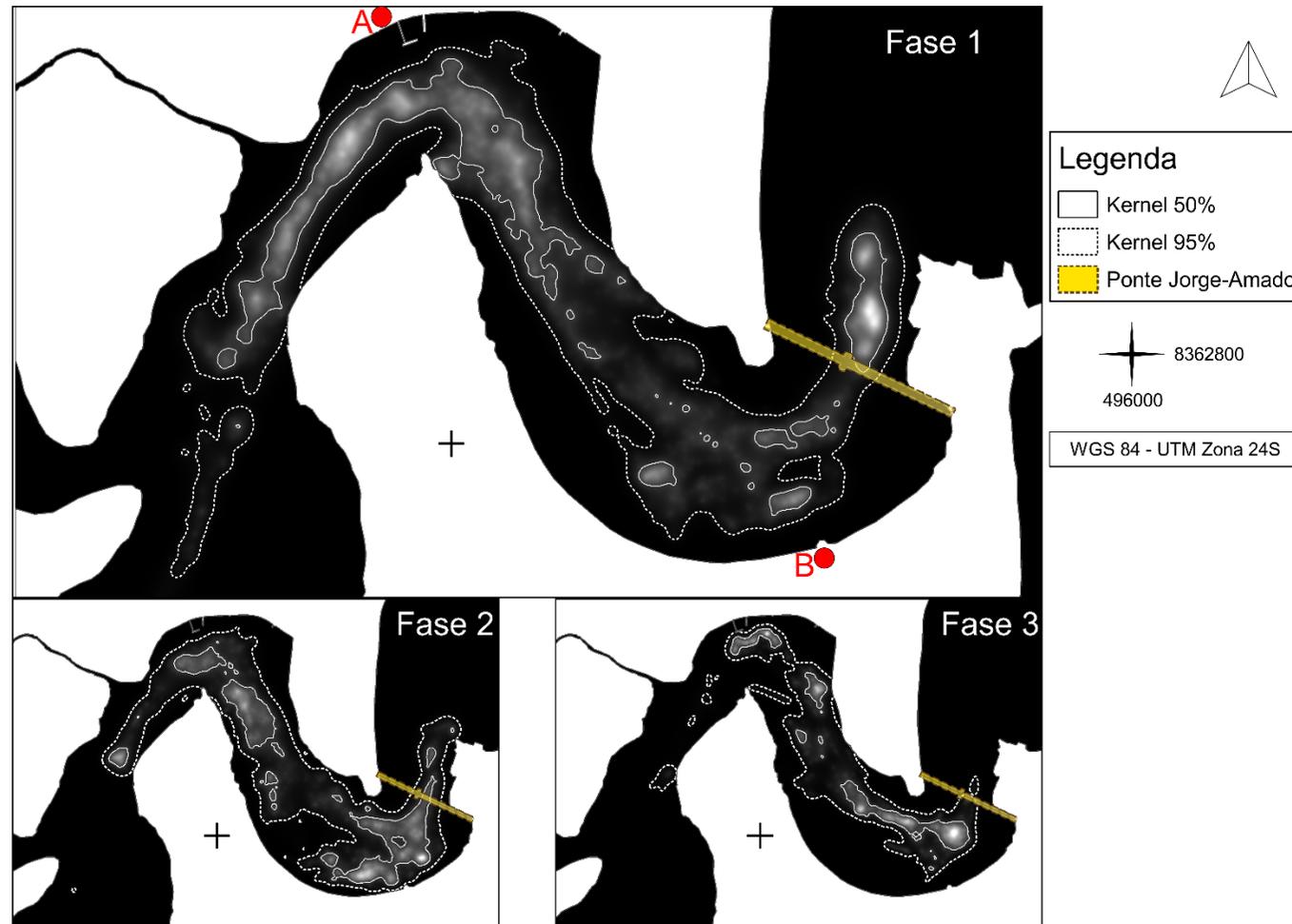


Figura 8: Limiões de uso (UD) dos centros de atividade (K50%) e áreas de uso (K95%) definidos pelo método de kernel BRB/MKDE dos botos-cinza na Baía do Pontal durante a fase 1,2 e 3. O ponto A indica a localização do terminal pesqueiro de Ilhéus (Baía Pesca) e o ponto B a colônia de pescadores.

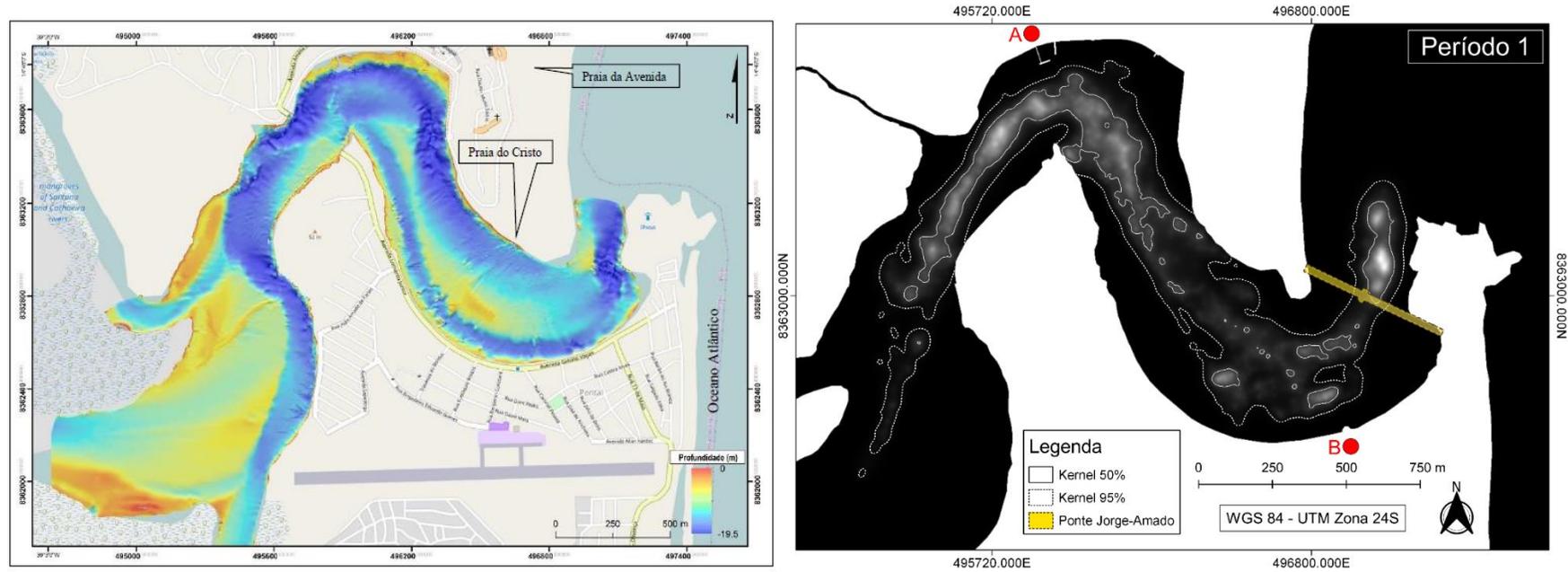


Figura 9: Mapa batimétrico do estuário do Rio Cachoeira gerado por Matos (2017) em junho de 2016 e limiares de uso (UD) dos centros de atividade (K50%) e áreas de uso (K95%) definidos pelo método de kernel BRB/MKDE dos botos-cinza na Baía do Pontal durante o período 1. O ponto A indica a localização do terminal pesqueiro de Ilhéus (Baía Pesca) e o ponto B a colônia de pescadores.

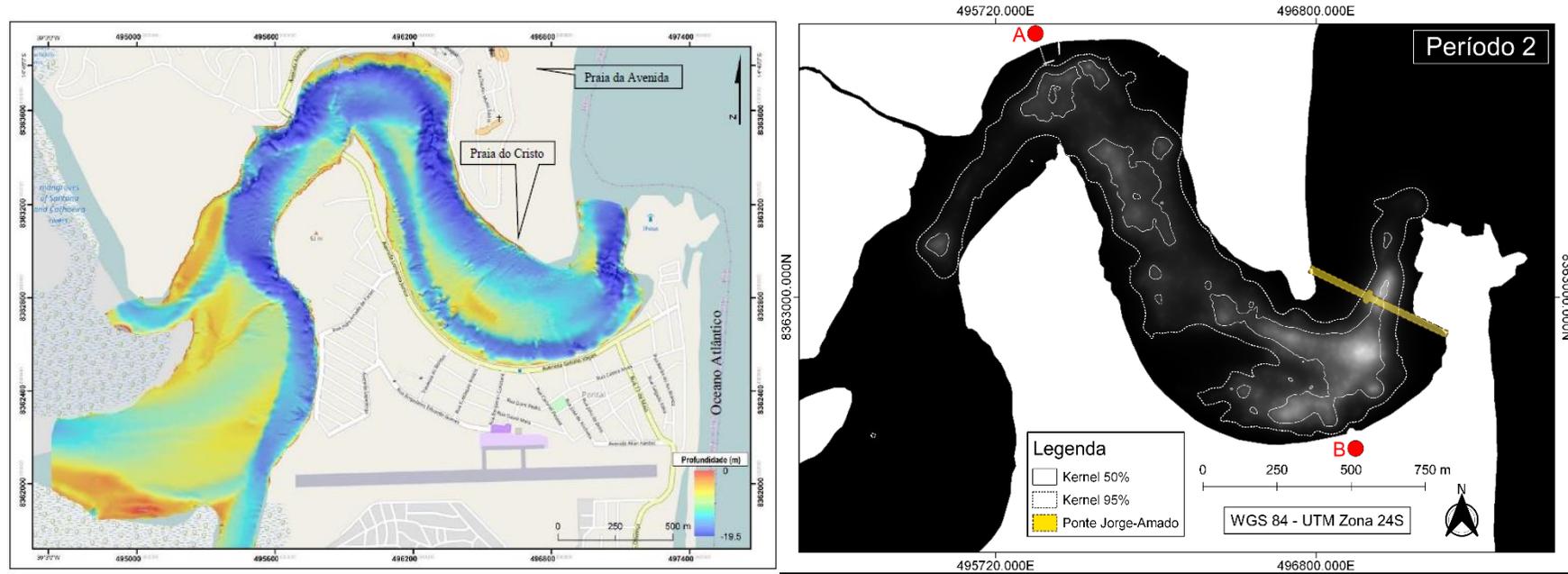


Figura 10: Mapa batimétrico do estuário do Rio Cachoeira gerado por Matos (2017) em junho de 2016 e limiares de uso (UD) dos centros de atividade (K50%) e áreas de uso (K95%) definidos pelo método de kernel BRB/MKDE dos botos-cinza na Baía do Pontal durante o período 2. O ponto A indica a localização do terminal pesqueiro de Ilhéus (Baía Pesca) e o ponto B a colônia de pescadores.

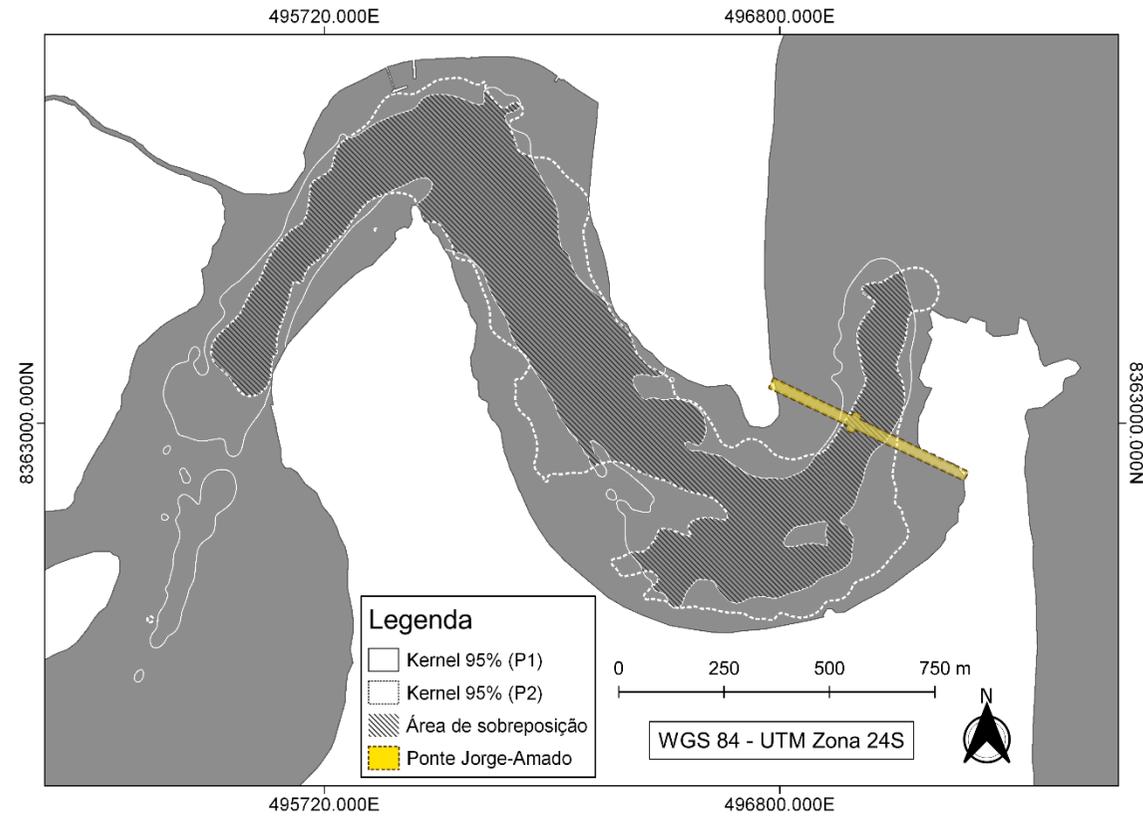


Figura 11: Áreas de uso (K95%) dos botos-cinza do P1 e P2 e a área de sobreposição dos dois períodos (hachurada).

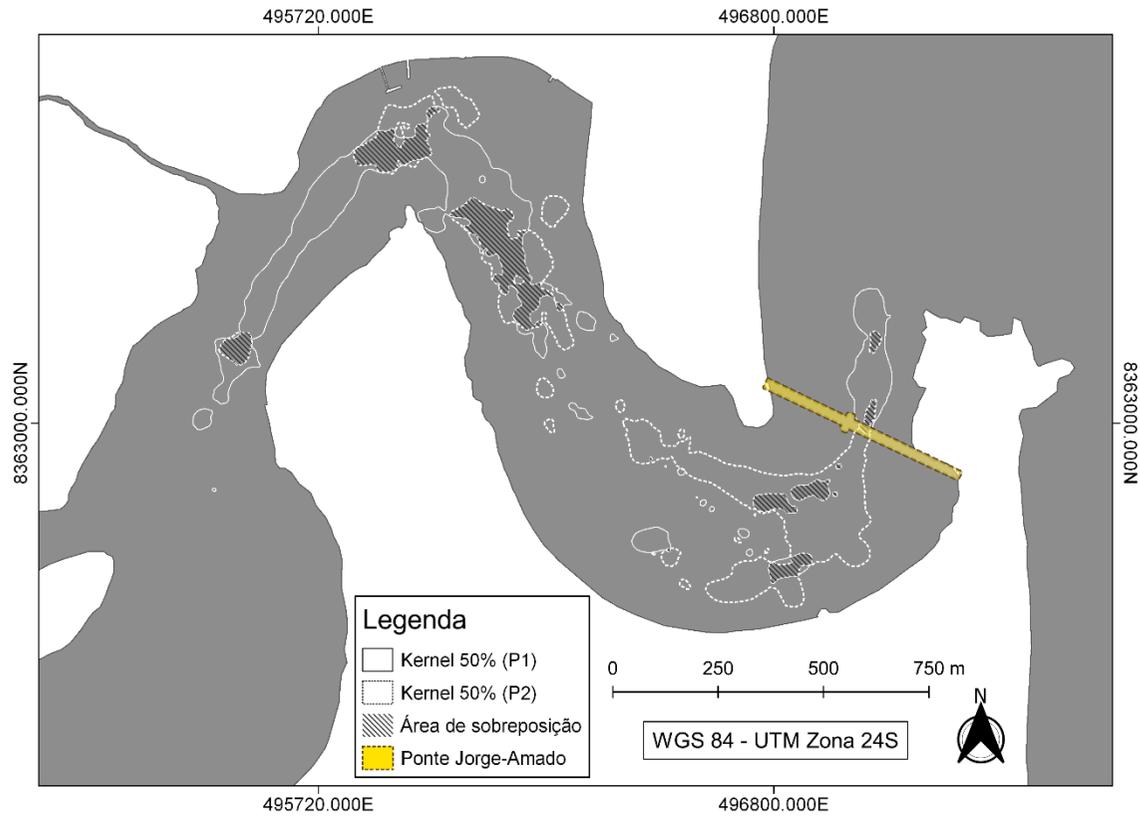


Figura 12: Centros de atividade (K50%) dos botos-cinza do P1 e P2 e a área de sobreposição dos dois períodos (hachurada).

4.2 Estimativa de área de uso (K95%) e centros de atividade (K50%) da atividade de alimentação e deslocamento durante os períodos 1 e 2

A área usada pelos boto-cinza para a atividade de alimentação representou 41% da área monitorada, em ambos períodos e os centros de atividade totalizaram 8 (P1) a 10% (P2) da área monitorada. Durante o P2 houve uma maior sobreposição das áreas de uso com a área amostrada (44%) do que em relação ao P1 (33%) da atividade de deslocamento. A sobreposição dos centros de atividade da atividade de deslocamento com a área amostrada do P1 e P2 foi semelhante (9 e 11% respectivamente).

Os centros de atividade da atividade de alimentação durante o P1 estiveram mais presentes ao oeste da área amostrada do que durante o P2, quando os botos-cinza utilizaram com maior frequência a área próxima à ponte Jorge-Amado (porção leste do estuário) para se alimentar (Figura 13). Em ambos os períodos os centros de atividade indicaram que os animais utilizaram com intensidade as áreas próximas ao terminal pesqueiro (Figura 12) e à colônia de pescadores, indicando que estes locais podem ser sidos pontos de interesse da pesca para os botos-cinza em ambos os períodos.

Os centros de atividade dos botos-cinza gerado da atividade de deslocamento durante o P1 mostraram-se mais agrupadas durante P1 do que durante o P2 (Figura 13). Além disso os animais passaram a utilizar com mais frequência a parte oeste da área de monitoramento (próxima à ponte Jorge-Amado) (Figura 13).

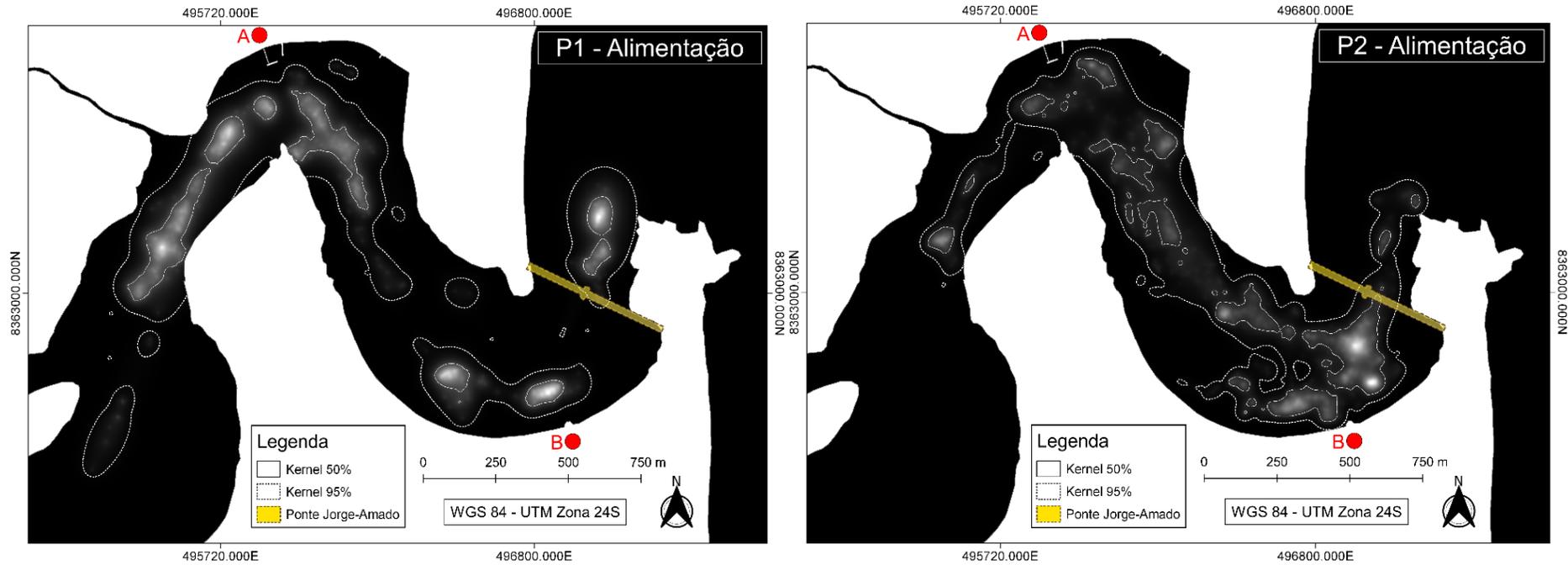


Figura 13: Limiões de uso (UD) dos centros de atividade (K50%) e áreas de uso (K95%) definidos pelo método de kernel BRB/MKDE da atividade de alimentação dos botos-cinza na Baía do Pontal durante o período 1 e período 2. O ponto A indica a localização do terminal pesqueiro de Ilhéus (Baía Pesca) e o ponto B da colônia de pescadores.

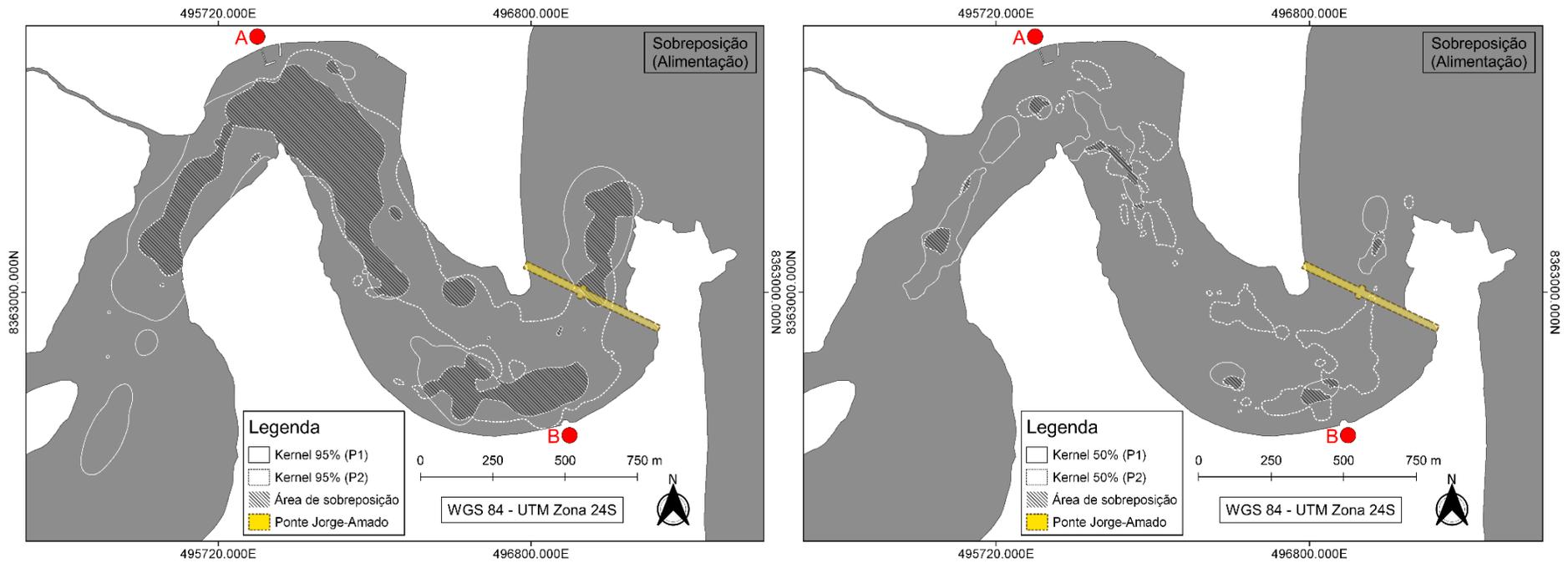


Figura 14: Área de sobreposição (hachurada) dos limiares de uso (UD) das áreas de uso (K95%) e centros de atividade (K50%) definidos pelo método de kernel BRB/MKDE do período 1 e 2 da atividade de alimentação dos botos-cinza na Baía do Pontal. O ponto A indica a localização do terminal pesqueiro de Ilhéus (Baía Pesca) e o ponto B da colônia de pescadores.

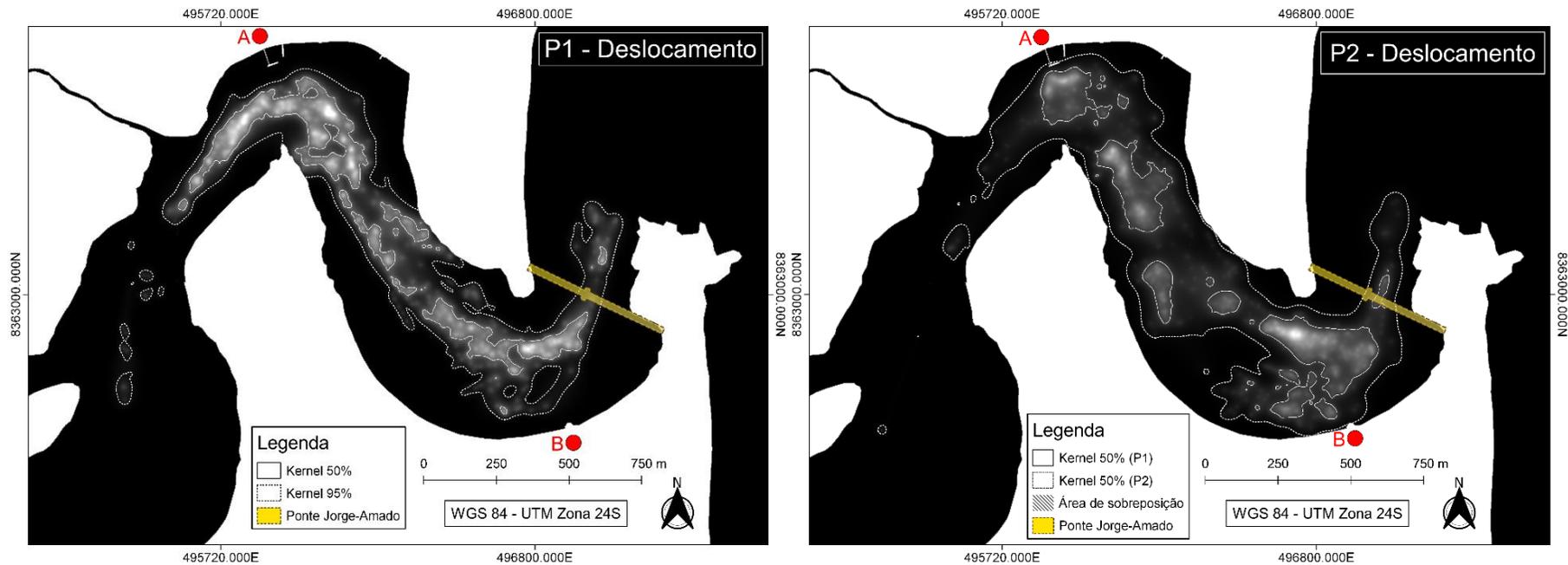


Figura 15: Limiões de uso (UD) dos centros de atividade (K50%) e áreas de uso (K95%) definidos pelo método de kernel BRB/MKDE da atividade de deslocamento dos botos-cinza na Baía do Pontal durante o período 1 e período 2. O ponto A indica a localização do terminal pesqueiro de Ilhéus (Baía Pesca) e o ponto B da colônia de pescadores.

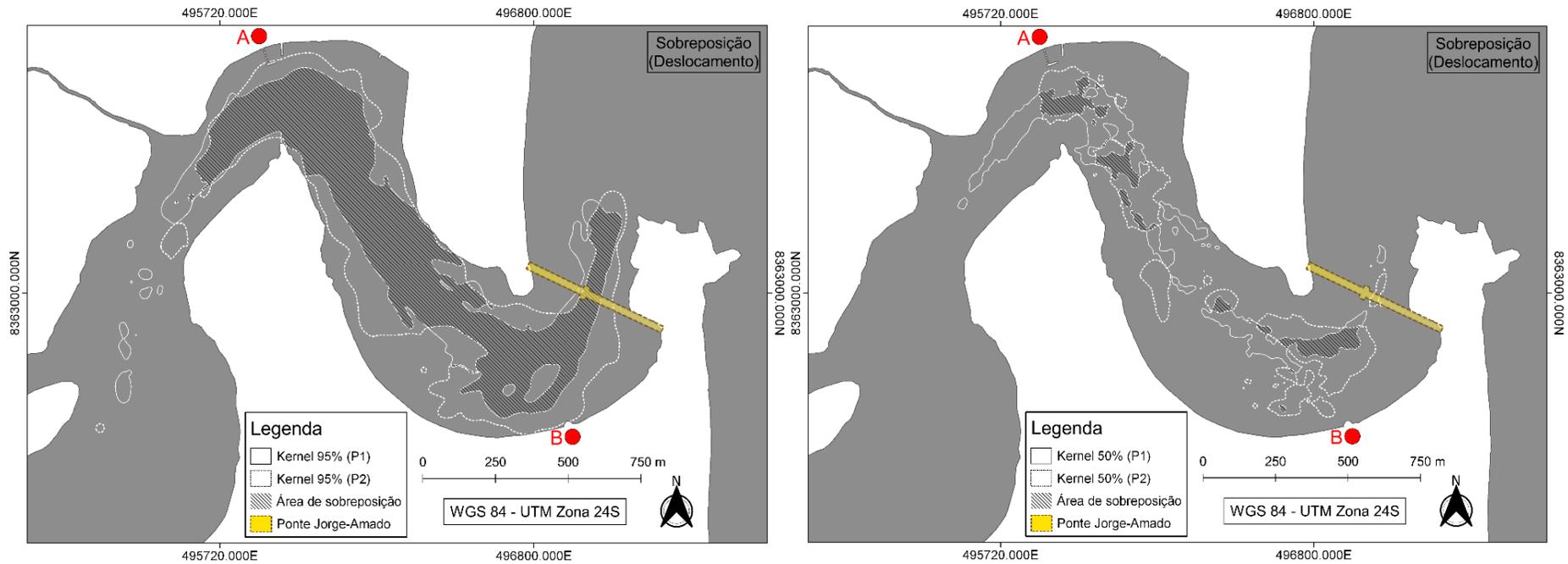


Figura 16: Área de sobreposição (hachurada) dos limiares de uso (UD) das áreas de uso (K95%) e centros de atividade (K50%) definidos pelo método de kernel BRB/MKDE do período 1 e 2 da atividade de deslocamento dos botocinza na Baía do Pontal. O ponto A indica a localização do terminal pesqueiro de Ilhéus (Baía Pesca) e o ponto B da colônia de pescadores.

4.1 Índices de sobreposição, BA e UDOI das áreas de uso (95%) e centro de atividade (50%) dos botos-cinza

O índice de sobreposição BA indicou um grau de similaridade alto das áreas de uso e baixa similaridade dos centros de atividade entre o P1 e o P2 (Tabela 4). Das atividades avaliadas alimentação foi a que teve a menor similaridade das áreas de uso e centros de atividade entre o P1 e o P2. O índice de sobreposição dos centros de atividade UDOI revelou que o compartilhamento do espaço entre o P1 e P2 foi baixa (valores $<0,1$) (Tabela 4). Entre as atividades a de alimentação foi a que teve menor compartilhamento do uso do espaço (UDOI) pelos botos-cinza entre os dois períodos (Tabela 4).

Tabela 4: Índices de sobreposição BA e UDOI dos limiares de uso (UD) definidos pelo método de kernel BRB/MKDE durante os períodos 1 e 2 obtidos pelas trajetórias gerais (I), alimentação (II) e deslocamento (III).

	Contorno	BA	UDOI
I	K50%	0,14	0,02
	K95%	0,71	0,62
II	K50%	0,09	0,01
	K95%	0,52	0,37
III	K50%	0,16	0,03
	K95%	0,71	0,63

O índice de sobreposição BA apontou um grau de similaridade maior entre as fases foi alta (valores $>0,5$) (Tabela 5). Em relação aos centros de atividade o índice de sobreposição BA apontou uma baixa similaridade entre as fases, entretanto a maior similaridade foi entre a F2 e F3 (0,21) (Tabela 5).

O índice de sobreposição UDOI indicou que o compartilhamento das áreas de uso entre a F1 e a F3 foi baixo ($<0,5$), além disso a F2 e F3 tiveram o maior compartilhamento do espaço (UDOI= 0,76) (Tabela 5). Os índices de compartilhamento do espaço dos centros de atividade entre as fases foram muito baixas ($<0,01$) o que pode indicar que os animais utilizaram o espaço no estuário do Rio Cachoeira de maneira diferente durante as 3 fases (Tabela 5).

Tabela 5: Índices de sobreposição BA (I) e UDOI (II) do K95% e K50% das 3 fases de monitoramento

BA95%	F1	F2	F3	BA50%	F1	F2	F3
F1		0.73	0.58	F1		0.19	0.07
F2	0.73		0.73	F2	0.19		0.21
F3	0.58	0.73		F3	0.07	0.21	

UDOI95%	F1	F2	F3	UDOI50%	F1	F2	F3
F1		0.69	0.45	F1		0.04	0.01
F2	0.69		0.76	F2	0.04		0.05
F3	0.45	0.76		F3	0.01	0.05	

5 DISCUSSÃO

5.1 Comparação do uso do espaço pelos botos-cinza no estuário do Rio Cachoeira antes e durante a construção da ponte Jorge Amado

O uso do espaço pelos botos-cinza no estuário do Rio Cachoeira foi diferente entre os períodos 1 e 2. Apesar da extensão das áreas de uso e dos centros de atividade terem sido similares entre os dois períodos, os animais utilizaram com maior frequência a parte leste da área amostrada durante o P2. Ao contrário do esperado foram nas áreas próximas à ponte Jorge-Amado que os botos-cinza passaram a utilizar com maior intensidade durante o P2 quando a construção da ponte Jorge-Amado estava em andamento. O Índice de sobreposição BA apontou a menor similaridade entre o P1 e P2 para os UD's dos centros de atividade e áreas de uso gerados pelas trajetórias de alimentação do em relação aos de deslocamento. O mesmo ocorreu com o índice de sobreposição UDOI, o qual apontou o menor compartilhamento do espaço das áreas de uso dos UD's das trajetórias de alimentação do que os UD's de deslocamento entre o P1 e P2. Isto pode indicar uma alteração das suas áreas preferenciais de pesca no estuário do Rio Cachoeira após o início da construção da ponte Jorge-Amado. Além disso os índices de sobreposição UDOI das áreas de uso das trajetórias gerais das fases de monitoramento apontaram para um maior compartilhamento do espaço das áreas de uso entre o F2 e F3 do que com o F1. Isto pode indicar que a construção da ponte Jorge Amado levou a alteração do uso do espaço e das áreas preferenciais de

alimentação dos botos-cinza no estuário. Além disso, o índice de sobreposição BA revelou uma alta similaridade entre os UD's das áreas de uso do F2 e F3 ($BA > 0,7$).

A batimetria é conhecida por ser um fator determinante na distribuição dos peixes (COSTA et al., 2007; PAIVA; GARCEZ, 1998), e as profundidades maiores estão diretamente relacionadas com a maior ocorrência de indivíduos maiores de peixes (CHAO et al., 1985; VIEIRA et al., 1998). O assoreamento é um processo que leva a diminuição da profundidade em bacias hidrográficas e os peixes são conhecidos por terem sua abundância diminuída em locais onde há este processo. Isto foi visto no Rio Trombetas no estado do Pará, onde houve a diminuição na abundância e riqueza de espécies de peixes em áreas mais assoreadas (COLMENERO LIN; CARAMASCHI, 2005). Algo parecido aconteceu no Rio Teesta, onde devido ao assoreamento desenfreado houve a extinção de algumas espécies de peixes no local devido à perda de seu habitat (GHOSH, 2001). A preferência de golfinhos por estuários maiores e mais profundos, os quais são conhecidos por serem particularmente abundantes em presas já foi observada na espécie golfinhos-corcunda-indopacífico (*Sousa chinensis*) (DURHAM 1994). Logo, a alteração do uso do espaço deste estuário pelos botos-cinza pode ter sido relacionada às mudanças na distribuição e abundância de suas presas gerada pela alteração da batimetria após o início da construção da ponte Jorge-Amado.

As construções de Pontes são conhecidas por causarem degradações em bacias hidrográficas, as quais podem gerar: (1) a retificação dos leitos, quando há a alteração na direcionalidade do trajeto de rios; (2) o alargamento e aprofundamento da calha (canal principal e mais profundo do rio) (CUNHA, 2009). No estuário do Rio Cachoeira em Ilhéus, já havia sido construída uma outra ponte batizada de Lomanto Jr. no ano de 1965 e esta já era conhecida por ter causado diversas alterações na batimetria deste estuário. Segundo Matos (2017) a construção da ponte Lomanto Jr. juntamente com a ativação do porto do Malhado localizado fora do estuário levaram uma mudança brusca na fisiografia costeira de Ilhéus. Esta mudança levou ao "engordamento" da praia da avenida que ocasionou o surgimento da praia do Cristo no interior do estuário do Rio Cachoeira, devido ao aumento e acúmulo de sedimento neste

local. Essa alteração do fluxo de sedimento no estuário teria sido causada por um fenômeno de bloqueio da deriva litorânea de sedimentos no sentido sul-norte devido a ponte Lomanto Jr. e ao Porto do Malhado. A ponte Jorge-Amado por sua vez, também gerou alterações batimétricas no estuário do Rio Cachoeira, tanto pelo efeito direto causada pela dragagem constante na entrada do estuário durante a sua construção quanto pelo efeito indireto pela mudança do fluxo de sedimentos no estuário do Rio Cachoeira. Atualmente, devido ao impacto da fisiografia devido às alterações do fluxo de sedimentos e do assoreamento neste estuário ao longo dos anos levou ao aparecimento de grandes bancos de areias visíveis durante a maré baixa no estuário do Rio Cachoeira (Figura 19).



Figura 17: Banco de areia visível durante a maré baixa no estuário do Rio Cachoeira (ponte Jorge-Amado ao fundo) (Foto: Yvonnick Le Pendu/GPMAl).

Sabe-se que o assoreamento causado por construções de pontes em bacias hidrográficas é uma das grandes ameaças aos golfinhos por causar a perda de seu habitat (SINHA; SHARMA, 2003). A perda do habitat devido ao assoreamento Já foi observada em Bangladesh onde os golfinhos-de-irrawaddy (*Orcaella brevirostris*) eram incapazes de acessar o rio Bramaputra durante o inverno, quando a profundidade do local tornava-se muito baixa para permitir o

acesso pelos golfinhos. Desse modo, também é possível que os botos-cinza tenham tido seu acesso de parte do lado oeste da área monitorada dificultada e/ou impedida em determinados períodos em decorrência do aumento do processo de assoreamento já existente no estuário após a construção da ponte Jorge-Amado.

Apesar das alterações do uso do espaço pelos botos-cinza, algumas áreas continuaram a ser utilizadas com intensidade pelos animais antes e durante a construção da ponte, como na área em frente ao Terminal Pesqueiro de Ilhéus e da colônia de pescadores, onde espera-se haver despejo de pescados. Isto pode reforçar a hipótese dos botos-cinza utilizarem com maior frequência os locais do estuário do Rio Cachoeira com a maior disponibilidade de alimento. O mapa batimétrico do ano de 2016 de Matos (2017) gerado antes da construção da ponte Jorge-Amado pode reforçar o indício que a maior profundidade esteve relacionada com o maior uso do espaço de determinadas áreas pelos botos-cinza no estuário do Rio Cachoeira. Este mapa batimétrico mostrou que os centros de atividade e áreas de uso dos botos-cinza estiveram predominantemente presentes nas áreas mais profundas do estuário durante o P1. Os centros de atividade e áreas de uso dos botos-cinza durante o P2, por outro lado, tiveram sua distribuição mais associada às áreas menos profundas em relação ao mapa batimétrico de 2016. Uma possível explicação para isto é que estes locais passaram a ter uma maior profundidade após o início da construção da ponte Jorge-Amado devido às alterações batimétricas.

5.2 Ocorrência e tempo de permanência dos botos-cinza nos períodos e fases de estudo

A frequência de ocorrência dos botos-cinza foi menor durante a fase 2 de monitoramento, quando ocorria a etapa inicial da construção da ponte Jorge-Amado. Isto pode ter ocorrido pois durante esta fase se deu a etapa de cravação de estacas da obra a qual gerou uma intensa geração de ondas sonoras (Apêndice 2). A diminuição da ocorrência de golfinhos próxima a uma área exposta ao impacto sonoro originada da atividade de instalação de estacas já havia sido observada na costa Leste da Escócia. Neste local os golfinhos da espécie golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) e a toninha-comum (*Phocoena phocoena*) utilizavam com menor frequência as áreas

próximas da construção de uma ponte onde a atividade de instalação de estacas estava em andamento (GRAHAM et al., 2017).

Sabe-se que o impacto do processo de cravação de estacas sobre os cetáceos tem o potencial de prejudicar os cetáceos em vários níveis: (1) comportamental, por alterações no padrão de atividades até movimentos evasivos entre outros; (2) fisiológico, por embolismo, concussões e ruptura de órgãos internos, hemorragias entre outros; e (3) pela limitação de capacidades acústicas e de socialização dos indivíduos (ERBE; FARMER, 2000). Esta atividade tem o potencial de prejudicar a audibilidade dos assobios pelos golfinhos a uma distância de 10 a 40 km e até 6 km para os cliques utilizados em sua ecolocalização (DAVID, 2006). O fato que o número de indivíduos por hora de esforço amostral triplicou da fase 2 para a fase 3 (indica que após o término desta fase de maior impacto sonoro os animais voltaram a entrar no estuário). Algo semelhante foi observado em uma área industrial na costa oeste de Hong Kong onde houve o aumento do número de indivíduos de golfinho-corcunda-indopacífico (*Sousa chinensis*) para seu número original após o término da atividade de cravação de estacas no local (WÜRSIG; GREENE; JEFFERSON, 2000).

Este retorno da entrada dos botos-cinza no estuário pode estar relacionado com a teoria de Richardson et al (1995), que classifica em diferentes níveis os impactos sonoros sobre os cetáceos. Nesta teoria existe a chamada zona de audibilidade que é o nível de impacto sonoro mais baixo e incapaz de gerar qualquer impacto negativo aos cetáceos. Neste nível os cetáceos podem identificar ondas sonoras acima do ruído natural de seus habitats evitando sua aproximação da fonte do ruído antes que está se torne prejudicial. Desse modo, os botos-cinza podem ter retomado a sua entrada no estuário com maior frequência na fase 3 após o término da atividade de cravação de estacas da obra a qual era a origem do ruído não natural do local.

6 CONCLUSÃO

O uso do espaço dos botos-cinza no estuário do Rio Cachoeira foi alterado após o início da construção da ponte Jorge-Amado, em especial de seus locais de alimentação. A alteração da batimetria após esta construção

pode ter sido responsável por tais alterações. O estuário do Rio Cachoeira já era um local historicamente afetado pelo processo de assoreamento, o qual foi originado pela construção de uma outra ponte neste estuário na década de 60. Desse modo, a construção da ponte Jorge-Amado pode ter intensificado o processo de assoreamento preexistente. As alterações do uso do espaço pelos botos-cinza podem ter ocorrido devido às alterações batimétricas no estuário terem ocasionado: (1) a mudança na distribuição e abundância de suas presas no estuário; (2) devido à limitação no acesso de determinadas áreas pelos botos-cinza no estuário do Rio Cachoeira devido à diminuição da profundidade da porção oeste do estuário.

Além do impacto causado pela mudança na batimetria do estuário, a construção da ponte gerou impactos negativos aos botos-cinza durante a etapa de cravação de estacas que pode ter levado na diminuição de sua frequência de ocorrência no estuário do Rio Cachoeira durante a etapa inicial da construção. Apesar dos impactos sonoros causados, os botos-cinza retornaram à sua frequência de ocorrência original após o término da atividade de cravação de estacas no estuário do Rio Cachoeira. Diferente do impacto sonoro temporário gerado pela construção da ponte Jorge-Amado a modificação da batimetria pode gerar impactos negativos a longo prazo aos botos-cinza, sobretudo se este processo aumentar em intensidade no estuário. Caso isto aconteça, os botos-cinza serão prejudicados tanto pela diminuição da abundância de suas presas, como pela diminuição da sua capacidade de acesso de partes do estuário.

7 REFERENCIAS

APOLUCENO, D. **A influência do Porto de Ilhéus-BA nos processos de acreção / erosão desenvolvidos após sua instalação.** [s.l.] Universidade Federal da Bahia, 1998.

BENHAMOU, S. Dynamic approach to space and habitat use based on biased random bridges. **PLoS ONE**, v. 6, n. 1, 2011.

BENHAMOU, S.; CORNÉLIS, D. Incorporating Movement Behavior and Barriers to Improve Kernel Home Range Space Use Estimates. **Journal of Wildlife Management**, v. 74, n. 6, p. 1353–1360, 2010.

CALENGE, C. Home Range Estimation in R: the adehabitatHR Package. Available at <https://cran.r-project.org/web/packages/adehabitatHR/vignettes/adehabitatHR.pdf>. 2015.

COLMENERO LIN, D. S.; CARAMASCHI, É. P. Responses of the fish community to the flood pulse and siltation in a floodplain lake of the Trombetas River, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 545, n. 1, p. 75–91, 2005.

CREMER, M. J. et al. Distribution and status of the Guiana dolphin *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) population in Babitonga Bay, Southern Brazil. **Zoological Studies**, v. 50, n. 3, p. 327–337, 2011.

CRUZ, K. T. S. **Uso do espaço e ecologia do movimento de botos-cinza (*Sotalia gu0nsis*) na Baía do Pontal, Ilhéus, Bahia.** [s.l.] Universidade Estadual de Santa Cruz., 2016.

DAVID, J. A. Likely sensitivity of bottlenose dolphins to pile-driving noise. **Water and Environment Journal**, v. 20, n. 1, p. 48–54, 2006.

DE JESUS LOBO, A. et al. Potential distribution of Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*): A coastal-estuarine and tropical habitat specialist. **Journal of Mammalogy**, v. 102, n. 1, p. 308–318, 2021.

DOMIT, C. et al. Progress report of the *Sotalia guianensis* Intersessional Group: Status of the Current Knowledge and Action Plan Report authors. p. 1–69, 2021.

FLACH, L.; FLACH, P. A.; CHIARELLO, A. G. Aspects of behavioral ecology of *Sotalia guianensis* in Sepetiba Bay, southeast Brazil. **Marine**

Mammal Science, v. 24, n. 3, p. 503–515, 2008.

FRANCO, G. B.; LAVENÈRE-WANDERLEY, A. A. D. O.; MOREAU, M. S. Estudo comparativo da batimetria (1941-1976) da baía do pontal, em ilhéus – bahia 1. **Caminhos de Geografia**, v. 7, n. 18, p. 37–46, 2006.

FREITAS NERY, M.; MARINO SIMAO, S. Estimación de abundancia por captura-recaptura de los delfines Guiana en el sureste de Brasil. **Ciencias Marinas**, v. 38, n. 3, p. 529–541, 2012.

GRAHAM, I. M. et al. Responses of bottlenose dolphins and harbor porpoises to impact and vibration piling noise during harbor construction. **Ecosphere**, v. 8, n. 5, 2017.

HILDEBRAND, J. A. Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. **Marine Ecology Progress Series**, v. 395, p. 5–20, 2009.

KOCHANNY, C. O.; FIEBERG, J. Quantifying Home-Range Overlap : the Importance of the Utilization Distribution. **Journal of Wildlife Management**, p. 1346–1359, 2005.

LEOPOLD, M. F.; CAMPHUYSEN, K. (C. J. . Did the pile driving during the construction of the Offshore Wind Farm Egmond aan Zee , the Netherlands , impact porpoises n. February, p. 1–17, 2008.

MATOS, I. DA S. Caracterização morfossedimentar do fundo estuarino da Baía do Pontal em Ilhéus-Ba. p. 21, 2017.

MATTHIOPOULOS, J. **The use of space by animals as a function of accessibility and preference**. [s.l: s.n.]. v. 159

OLIVEIRA, J. A. DE et al. **MONITORAMENTO DO BOTO CINZA, *Sotalia fluviatilis* (CETACEA: DELPHINIDAE) EM FORTALEZA, ESTADO DO CEARÁ, BRASIL** Arquivos de Ciências do Mar, 2018.

PANG, Q.; LI, M.; MAI, M. No Title. **Impact of Bridge Piers upon Hydrodynamic Environment in Surrounding Seas**, v. 3, 2008.

PATHAK, M. C.; KOTNALA, K. L.; PRABAHARAN, N. Effects of bridge piers on a tropical estuary in Goa, India. **Journal of Coastal Research**, v. 4, n. 3, p. 475–481, 1988.

ROLLAND, R. M. et al. Evidence that ship noise increases stress in right whales. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 279, n. 1737, p. 2363–2368, 2012.

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, 2010.

SECCHI, E.; SANTOS, M. C. O.; REEVES, R. *Sotalia guianensis*, Guiana dolphin. **The IUCN Red List of Threatened Species**, v. 8235, p. e.T181359A50386256, 2018.

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. **Journal of Chemical Information and Modeling**, p. 48, 2019.

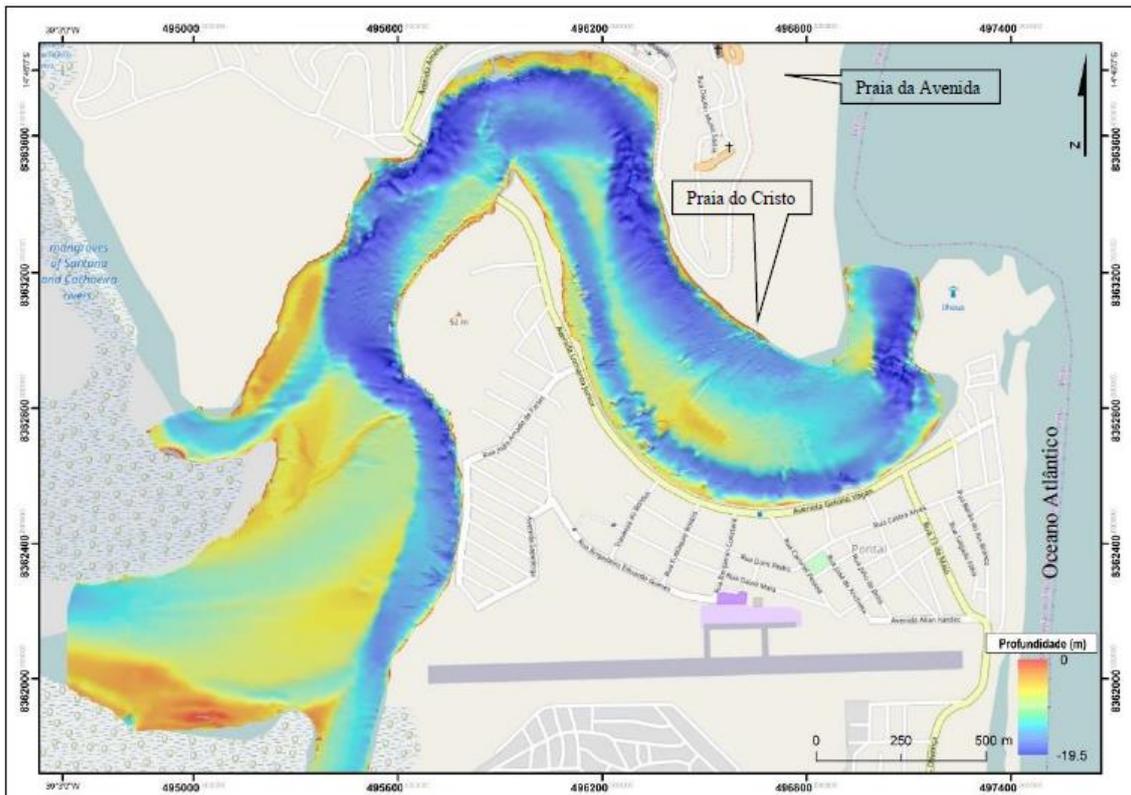
SIMMONDS, M. P. et al. Increasing Recognition But Need for More Practical Action Natural Resources Defense Council Recommended Citation. **Journal of Ocean Technology**, v. 9, n. 1, p. 71- 90., 2014.

SINHA, R.; SHARMA, G. Current status of the Ganges River dolphin, *Platanista gangetica* in the rivers Kosi and Son, Bihar, India. **J Bombay Nat Hist Soc**, v. 100, n. 1, p. 27–37, 2003.

WÜRSIG, B.; GREENE, C. R.; JEFFERSON, T. A. Development of an air bubble curtain to reduce underwater noise of percussive piling. **Marine Environmental Research**, v. 49, n. 1, p. 79–93, 2000.

9 APÊNDICES

Apêndice 1 - Mapa batimétrico do estuário do Rio Cachoeira de 2016 produzido por Matos (2017).



Apêndice 2 - Cronograma de construção da Ponte Jorge Amado e fases de monitoramento correspondentes.

Categoria	Serviço	Período	Estado de monitoramento visual	Início	Término
Aterro para execução das fundações	Aterro para execução das fundações	1	A	27/09/2016	09/02/2017
Infraestrutura	Estaca Raíz (demais apolos)	2	P	03/01/2017	10/02/2018
Sistema viário norte	Terraplenagem	1	A	06/03/2017	19/04/2017
Infraestrutura	Blocos de Fundação	2	P	06/03/2017	03/04/2018
Mesoestrutura	Pilar (apolos 7 e 8)	1	A	17/04/2017	29/05/2017
Superestrutura	Trecho convencional (Vãos 8 e 9)	2	P	11/05/2017	31/07/2018
Infraestrutura	Estaca Escavada (Apolo 6)	2	P	12/05/2017	09/02/2018
Mesoestrutura	Pilar (encontro 1)	1	A	01/06/2017	14/06/2017
Mesoestrutura	Pilar (Apolo 1 ao 5)	2	P	31/07/2017	11/09/2017
Mesoestrutura	Travessa (apolos 1, 5 e 7)	2	P	22/08/2017	06/10/2017
Mesoestrutura	Travessa (encontros 1)	2	P	06/09/2017	27/09/2017
Sistema viário norte	Terraplenagem	2	P	05/10/2017	05/04/2018
Superestrutura	Trecho convencional (vãos 1 ao 6)	2	P	20/10/2017	28/05/2019
Mesoestrutura	Pilar apolo 6	2	P	03/01/2018	18/06/2018
Sistema viário Sul	Drenagem e obras de artes correntes	2	P	03/07/2018	30/07/2018
Sistema viário norte	Terraplenagem	2	P	07/08/2018	08/10/2018
Sistema viário Sul	Alvenaria de Pedra Argamassada	2	P	30/08/2018	11/02/2019
Superestrutura	Balanços Sucessivos (vão 6 e 7 simultâneos)	3	P	15/10/2018	31/12/2019
Sistema viário norte	Drenagem e obras de artes correntes	1	A	12/12/2018	19/01/2019

Sistema viário Sul	Pavimentação Asfáltica	1	A	14/01/2019	15/01/2019
Sistema viário norte	Terraplenagem	1	A	18/01/2019	08/02/2019
Sistema viário Sul	Terra Armada	1	A	20/01/2019	02/04/2019
Sistema viário Sul	Terraplenagem	1	A	07/05/2019	11/05/2019
Mesoestrutura	Torre do Mastro de Estalamento (apolo 6)	3	P	25/05/2019	31/10/2019
Sistema viário norte	Pavimentação Asfáltica	3	P	05/11/2019	09/04/2020
Obs pessoais	Retirada da areia e pedras do caminho de serviço do sistema viário norte	3	P	14/01/2020	Data desconhecida
Sistema viário	Urbanização	1	A	15/03/2020	30/06/2020
Obs pessoais	Aberto a circulação	1	A	01/07/2020	Data desconhecida
A (ausente)= Serviço realizado durante a ausência de monitoramento visual					
P (presente)= Serviço realizado durante a presença de monitoramento visual					