

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA - INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA – PPGECO

Estimativa populacional e distribuição do boto-vermelho (*Inia geoffrensis*) no reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil.

Anna Karoline Pimentel Andrade

Manaus, Amazonas

Dezembro, 2020

Anna Karoline Pimentel Andrade

Estimativa populacional e distribuição do boto-vermelho (*Inia geoffrensis*) no reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil.

Orientador: Adrian Paul Ashton Barnett

Coorientadora: Vera Maria Ferreira da Silva

Dissertação apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia como parte dos requerimentos para obtenção do título de Mestre em Biologia (Ecologia) em dezembro de 2020

Manaus, Amazonas

Dezembro, 2020

BANCA EXAMINADORA DA DEFESA PÚBLICA

Dr. Pedro Aurélio Costa Lima Pequeno

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA

Parecer: Aprovada

Dr. Thiago Orsi Laranjeiras

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBIO

Parecer: Aprovada

Dra. Waleska Gravena

Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Parecer: Aprovada

FICHA CATALOGRÁFICA

A553e

Andrade, Anna Karoline Pimentel

Estimativa populacional e distribuição do boto-vermelho (*Inia geoffrensis*) no reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil. / Anna Karoline Pimentel Andrade; orientador Adrian Paul Ashton Barnett; coorientadora Vera Maria Ferreira da Silva. – Manaus: [s.l.], 2020.

38 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós Graduação em Ecologia) -- Coordenação do Programa de Pós-Graduação, INPA, 2020.

1. Estimativa Populacional e Distribuição de *Inia geoffrensis*. 2. Barragens. 3. Usinas Hidrelétricas. 4. Boto-vermelho (*Inia geoffrensis*). I. Barnett, Adrian Paul Ashton, orient. II. da Silva, Vera Maria Ferreira, coorient. III. Título.

CDD: 598

Sinopse: Estimou-se a população de boto-vermelho (*Inia geoffrensis*) e sua distribuição no reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina. Sendo este o primeiro censo realizado utilizando a metodologia *Distance Sampling*, mais de 30 anos após a barragem do rio Uatumã e isolamento da população de botos-vermelhos.

Palavras-chave: Estimativa populacional, *Inia geoffrensis*, distribuição, hidrelétrica, boto-vermelho, barragem

*Dedico esta dissertação à minha
querida avó Olívia Pimentel (in
memoriam).*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, por todo apoio durante esta fase, em especial minha mãe Elizabete, meus tios Haroldo e Simone e minha prima Gianne. Não poderia deixar de agradecer também a “família messiânica”, especialmente os membros do Johrei Center Aleixo (representados pelo querido Min. Jefferson) que me acolheram com muito carinho em Manaus.

Aos grandes amigos que fiz nesses pouco mais de 2 anos no Amazonas e que foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Aos “antigos” e novos amigos, minha mais profunda gratidão. Obrigada por estarem comigo em todos os momentos de muitas risadas e de chororôs também. Andrêza, Anaís, Dani, Pedro, Jana, Isa, Jussa, Rubs, Stefano e Giulia: vocês são muito especiais!

Aos meus orientadores, Dra. Vera da Silva, grande mulher e pesquisadora, por quem tenho grande respeito e admiração. Foi um grande privilégio trabalhar com você. E Adrian Barnett, grande entusiasta e pesquisador, sempre preocupado em “como você está?”. Agradeço toda atenção e compreensão.

Ao Dr. Rossano Mendes, o maior incentivador para que eu fizesse o mestrado no Inpa. Mesmo em nossos poucos encontros, me deixou grandes ensinamentos. Muito obrigada.

Ao Dr. Reinaldo Imbrózio, por sempre abrir as portas do núcleo do Inpa Roraima nesses mais 2 anos. Muito obrigada pelos cafés com ótimas conversas e apoio, especialmente na reta final, em tempos difíceis de pandemia.

Aos amigos do Laboratório de Mamíferos Aquáticos (LMA) e Associação Amigos do Peixe-Boi (AMPA) por todos os momentos de confraternização, conversas e muito trabalho também. Com certeza aprendi um pouco com cada um de vocês.

A Reserva Biológica (Rebio) do Uatumã por todo o apoio nas expedições de campo, sem o qual o desenvolvimento deste trabalho não seria possível. Agradeço a todos, especialmente Gilmar, Ketlen e aos fiscais da Base Waba. MUITÍSSIMO obrigada pela parceria e por me receber tão bem. Ao Kia, que conhece o reservatório de Balbina de olhos fechados e que foi meu GPS humano navegando pelas cacaias. Você é o “piloteiro” mais fera da Amazônia!

A todos os assistentes de campo (Andressa, Ellen, Eliel, Matheus, Rayane, Marlon, Israela, Carol e Sannie “a melhor contadora de botos da Amazônia”), que se dispuseram a me ajudar a contar botos numa área tão complexa, debaixo de muito

sol e chuva. Um agradecimento especial a Sannie Brum por toda atenção, preocupação e disposição; Gabi Farias e Dani Prioli por colaborar com as análises e minhas lutas no R. A ajuda de vocês foi fundamental.

Aos membros da banca avaliadora, Dra. Waleska, Dr. Pedro e Dr. Thiago, agradeço imensamente a disponibilidade e todas as contribuições para melhorar e ajustar esta dissertação.

A Petrobrás Socioambiental pelos recursos financeiros destinados ao “Projeto Mamíferos Aquáticos da Amazônia”. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (Fapeam) pela bolsa concedida. Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e ao Programa de Pós-graduação em Ecologia (PPG-ECO) pelo oferecimento de tanto conhecimento.

E finalmente agradeço aos botos e a Amazônia! Obrigada por me permitirem vivenciar essa experiência única.

RESUMO

A construção de barragens em ambientes fluviais tem sido apontada como um dos principais elementos que podem modificar a distribuição e a ocorrência dos golfinhos de rio. A fragmentação de populações biológicas em resposta ao desenvolvimento de barragens hidrelétricas é preocupante, visto o crescente planejamento e construção de barragens nos grandes rios da Amazônia. Estudos realizados sobre o efeito das barragens nas populações de golfinhos de rio indicam que estas podem fragmentar, isolar e eliminar a conectividade das populações de golfinhos do gênero *Inia*. Nesta pesquisa, nosso objetivo foi estimar a população e distribuição da espécie ameaçada *Inia geoffrensis* (boto-vermelho), que está isolada há mais de 30 anos no reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina. Para estimar densidade e abundância do boto-vermelho usando a metodologia de amostragem de distâncias, realizamos 180km (Área = 177km²) de transectos nos antigos leitos dos rios Uatumã e Pitinga. A população estimada foi de 1774 indivíduos (CV = 0.30). A densidade foi de 10 ind./km² (CV = 0.30). Para verificar a distribuição dos botos, realizamos pontos fixos em áreas abertas próximas a barragem, antigas áreas de confluências e em uma extensa área de “paliteiros” (troncos de árvores mortas) na margem esquerda da barragem. Verificamos que os botos-vermelhos estão distribuídos mais próximos ao antigo leito do rio Uatumã e às margens de ilhas, onde a quantidade de presas é maior. Este é o primeiro estudo populacional de botos-vermelhos utilizando a metodologia de amostragem de distâncias na UHE Balbina. Esperamos que este seja o um ponto de partida para o monitoramento desta população e que novos estudos sejam conduzidos para verificar os efeitos do isolamento dos botos, causado pela barragem de Balbina e avaliar os possíveis impactos para os golfinhos de rio com a implantação de novas barragens nos rios da bacia amazônica.

Palavras-chave: golfinhos de rio, barragens, estimativa populacional, distribuição.

ABSTRACT

The construction of dams in riverine environments has been identified as one of the main factors that can modify the distribution and occurrence of river dolphins. The fragmentation of biological populations in response to the development of hydroelectric dams is a cause for great concern, given the increasing plans for dam construction on the great rivers within the Amazon Basin. Studies of the effect of dams on river dolphin populations of the genus *Inia* indicate that they can cause fragmentation and isolation, and eliminate population inter-connectivity. The objective of current study was to estimate the size and distribution of a population the endangered dolphin species, *Inia geoffrensis* (boto-vermelho) which has been isolated for more than 30 years in the reservoir of the Balbina Hydroelectric Power Plant, Amazonian Brazil. To estimate *I. geoffrensis* density and abundance we used distance sampling methodology, performing 180km (Area = 177km²) of transects along the former courses of the Uatumã and Pitinga rivers. The population was estimated at 1774 individuals (CV = 0.30), with a density of 10 ind./km² (CV = 0.30). To assay *botos* distributions, we made fixed points surveys in open areas close to the dam, old confluence areas and in an extensive area of dead tree trunks (“paliteiros”) on the left bank of the dam. We found that the species was most common the old bed of the Uatumã river and near the margins of lacustrine islands, where the number of prey is greater. This is the first *boto* population study at HPP Balbina to use distance sampling methodology. We hope that this will be a starting point for monitoring this population, and that further studies will be conducted to monitor the effects of continuing isolation of dolphins, caused by the Balbina dam, and evaluate the possible impacts for other river dolphin populations of the implementation of new dams on rivers within the Amazon basin.

Keywords: river dolphins, dams, population estimate, distribution.

SUMÁRIO

| | |
|------------------------------------|----|
| LISTA DE TABELAS | 01 |
| LISTA DE FIGURAS..... | 02 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 03 |
| 2. OBJETIVOS..... | 06 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 07 |
| 3.1 Área de Estudo..... | 07 |
| 3.2 Coleta de Dados..... | 08 |
| 3.2.1 Densidade Abundância..... | 08 |
| 3.2.2 Distribuição..... | 10 |
| 3.3 Análise de Dados..... | 11 |
| 3.3.1 Densidade e Abundância..... | 11 |
| 3.3.2 Distribuição..... | 13 |
| 4. RESULTADOS..... | 14 |
| 4.1 Densidade e Abundância..... | 14 |
| 4.2 Distribuição..... | 15 |
| 5. DISCUSSÃO..... | 19 |
| 5.1 Densidade e Abundância..... | 19 |
| 5.2 Distribuição..... | 20 |
| 6. CONCLUSÃO..... | 22 |
| 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 23 |

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Expedições, período hidrológico e volume útil do reservatório da UHE Balbina (Dados fornecidos pelo Sistema de Acompanhamento de Reservatórios, disponível em <https://www.ana.gov.br/sar/>).

Tabela 2 – Valores de AIC, Δ AIC e CV dos modelos testados.

Tabela 3 – Valores de densidade (D - indivíduo/km²), abundância (N), seus respectivos CVs (Coeficiente de Variação) para cada estrato e tamanho do grupo (E - número de indivíduos), de acordo com o modelo Hazard-rate.

Tabela 4 – Número de botos observados e cada ponto fixo em cada estação hidrológica; NA = Não Amostrado.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área de estudo: (a) Mapa do Brasil com destaque para a localização da UHE Balbina; (b) imagem de satélite do reservatório de Balbina e barragem. Fonte: Google Earth / Amazônia Real, 2018.

Figura 2 – Área de estudo: imagem aérea mostra o antigo curso do leito do rio Uatumã, paliteiros e ilhas. Fonte: Jornal O Globo (2018).

Figura 3 – Mapa da área de estudo, onde os círculos representam os pontos fixos e a linha contínua representa o percurso dos transectos.

Figura 4 – (a) Função de detecção (truncagem de 200m) para o modelo mais suportado e (b) gráfico Q-Q da função de distribuição cumulativa (CDF) da função de detecção ajustada para a distribuição dos dados (função de distribuição empírica ou EDF).

Figura 5 – Coeficientes relacionados aos efeitos fixos (variáveis)- variáveis mais distantes do zero e com menor intervalo de confiança são mais significativas.

Figura 6 – Número de registro de botos nos pontos fixos. Os círculos menores representam 1 registro e os círculos maiores representam 4 registros.

Figura 7 – Número de animais observados em diferentes estações.

Figura 8 – Número de animais correlacionado com o habitat (no qual, I = ilha, I_P = ilha/paliteiro, P=paliteiro).

1. INTRODUÇÃO

O boto-vermelho *Inia geoffrensis* é uma espécie de golfinho de rio endêmico de águas continentais da América do Sul. Sua ocorrência abrange lagos e rios das bacias Amazônica (Brasil, Colômbia, Peru, Equador, Bolívia) (Best & da Silva, 1989) e do Orinoco (Venezuela) (Best & da Silva, 1993).

Em 2018, *Inia geoffrensis* foi classificada pela IUCN (International Union for Conservation of Nature) como “Em Perigo” (da Silva *et al.*, 2018b), tendo em vista as várias ameaças e ao declínio populacional na Amazônia Central (da Silva *et al.* 2018a) ocasionado pela caça direta do boto para servir de isca na pesca da piracatinga (*Calophysus macropterus*). E também por Williams e colaboradores (2016) que encontraram evidências de um declínio na abundância de botos entre 1993 (antes do início da caça direta) e 2007, em uma região próxima à fronteira Colômbia-Peru. Apesar das lacunas do conhecimento sobre densidade e abundância das populações de boto-vermelho em regiões da bacia Amazônia, um declínio geral ou de pelo menos 50% da população total no período de 75 anos (3 gerações) a partir de 2000 é plausível (da Silva *et al.*, 2018b).

Os golfinhos de água doce são espécies com alto investimento parental e baixa taxa reprodutiva, considerados extremamente vulneráveis por viverem próximos a comunidades humanas e seus impactos antrópicos (Reeves *et al.*, 2000; Reeves & Martin, 2009). A captura acidental em redes de pesca, a caça direta para servir de isca para pesca da piracatinga e a construção de barragens em ambientes fluviais tem sido apontada como sendo os principais elementos que podem modificar a distribuição e a ocorrência dos botos e consequentemente aumentar sua vulnerabilidade (da Silva *et al.*, 2018b).

As barragens são construídas para controle de enchentes, irrigação e energia hidrelétrica, mas o resultado final muitas vezes não atende aos benefícios econômicos esperados e gera grandes impactos socioambientais (WCD, 2000). As potenciais consequências das barragens para a sobrevivência dos botos do gênero *Inia* foram discutidas por Best & da Silva (1989) e recentemente por Araújo & Wang (2014), Pavanato e colaboradores (2016) e Paschoalini e colaboradores (2020).

Em termos de biodiversidade e processos ecológicos, a construção de barragens pode fragmentar populações, afetar os pulsos dos rios e alterar a qualidade da água, contribuindo para a extinção de muitas espécies (WCD, 2000), afetando os

golfinhos fluviais (Best & da Silva, 1989; Gomez-Salazar *et al.*, 2012b). O baiji (*Lipotes vexillifer*) e o golfinho-do-Ganges (*Platanista gangetica*), são duas espécies de golfinhos de rio ameaçados de extinção, que tiveram suas populações diretamente afetadas pela construção de barragens (Smith *et al.*, 2012; 2017). Estes são exemplos dos efeitos negativos de médio a longo prazo das atividades humanas sobre a biodiversidade e um alerta sobre a magnitude dos problemas envolvendo barragens e espécies amplamente distribuídas (Paschoalini *et al.*, 2020).

Reservatórios para geração de energia hidrelétrica estão reivindicando uma parcela cada vez maior da floresta amazônica (Fearnside, 1989; 2015). A maioria dos locais favoráveis ao desenvolvimento hidrelétrico está localizada no médio e alto curso dos rios Tocantins, Xingu, Araguaia, Tapajós e outros rios da bacia amazônica (Fearnside, 1989; 2015), áreas de ocorrência do boto. Na Amazônia brasileira estão planejadas a construção de 91 barragens, que inundariam uma área de cerca de 10 milhões de hectares. Somadas a essas, 74 barragens já estão em operação e 31 em construção (Fearnside, 2015; 2019).

Em sua pesquisa sobre os impactos das barragens sobre os golfinhos de rio, Araújo e Wang (2014) concluíram que 13 barragens afetam a distribuição de *I. geoffrensis*. Dentre elas, destacamos a Usina Hidrelétrica de Balbina (UHE Balbina), em que foram realizadas várias pesquisas com diferentes organismos, para avaliar os impactos que a barragem trouxe para a biodiversidade, como por exemplo, o nível de metilmercúrio em plâncton e peixes (Kasper *et al.*, 2014), a extinção local de vertebrados terrestres (Benchimol & Peres, 2015) e o uso do lago, hábitos alimentares e dormitórios de ariranhas (Rosas *et al.*, 2007, Cabral *et al.*, 2010; Rosas *et al.*, 2015). Entretanto, mesmo após 30 anos de sua construção e operação, não existem estudos publicados sobre a população de *I. geoffrensis*, única espécie de golfinho de rio isolada a montante da barragem de Balbina, uma das mais antigas da bacia amazônica e considerado um dos maiores desastres socioambientais do Brasil.

Em convênio firmado com a ELETRONORTE antes e após o barramento do rio Uatumã, entre os anos de 1987 a 1989 técnicos do INPA realizaram contagens de botos que contabilizaram aproximadamente 69 animais. Entretanto a metodologia utilizada à época difere das mais recentes para contagem de cetáceos.

Conhecer o tamanho e distribuição de uma espécie é de grande importância para seu manejo e a conservação, bem como avaliar as ameaças a que estão

suscetíveis (Vidal *et al.* 1997; Martin & da Silva, 2004; Gomez-Salazar *et al.*, 2012a). Populações pequenas e isoladas têm maior suscetibilidade a eventos estocásticos que podem aumentar sua vulnerabilidade e extinção local (Caughley, 1994).

Tendo em vista que não se tem informações sobre a população de botos-vermelhos isolada há mais de três décadas no reservatório da UHE Balbina e que a espécie está ameaçada de extinção (da Silva *et al.*, 2018b), nosso objetivo foi estimar a população e distribuição de *Inia geoffrensis* no reservatório de Balbina. Para isso determinamos a densidade e abundância de *I. geoffrensis* e verificamos como os botos estão distribuídos a montante da barragem. Nossa hipótese é de que a densidade de botos seja semelhante a encontrada para outras populações de botos do gênero *Inia* represados de aproximadamente 1,0 ind./km² e que os animais estejam distribuídos nas áreas mais distantes da barragem da UHE Balbina.

Este trabalho é um ponto de partida para o monitoramento desta população e para avaliar os possíveis impactos para os golfinhos de rio com a implantação de novas barragens nos rios da Amazônia.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Estimar a população e a distribuição do boto-vermelho (*Inia geoffrensis*) no reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina.

2.2 Objetivos Específicos

1. Determinar a densidade e abundância do boto-vermelho na área de estudo.
2. Verificar como os botos estão distribuídos a montante da barragem

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado no reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina (UHE Balbina) ($01^{\circ} 55' 311''$ S, $59^{\circ} 29' 187''$ W), localizada no município de Presidente Figueiredo, há 177 km da cidade de Manaus (Figura 1).

A UHE Balbina foi construída em 1987 no rio Uatumã, um afluente do rio Amazonas. Dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) estima que a área inundada após o represamento do rio Uatumã foi de 4.438 km² (FUNCATE/INPE/ANEEL, 2000), uma área 88% maior do que a divulgada pela Eletronorte (2.360 km²).

Devido a pouca profundidade do lago de 7,4m (Fearnside, 1989), as áreas altas de terra que ficaram acima do nível da água, resultaram na formação de um conjunto de aproximadamente 3.500 ilhas (Benchimol & Peres, 2015). Além disso, por não ter havido uma remoção da vegetação, criou-se uma área com grande quantidade de árvores mortas dentro do lago, que ficou conhecida regionalmente como “cacaiais” ou “paliteiro” (ELETRONORTE/IBAMA, 1997). Segundo Rosas *et al.* (2007), o nível das águas do lago acompanha o ciclo hidrológico da bacia amazônica, em proporções bem menores, com uma variação de aproximadamente 3,5 m entre o pico da cheia e o pico de seca.

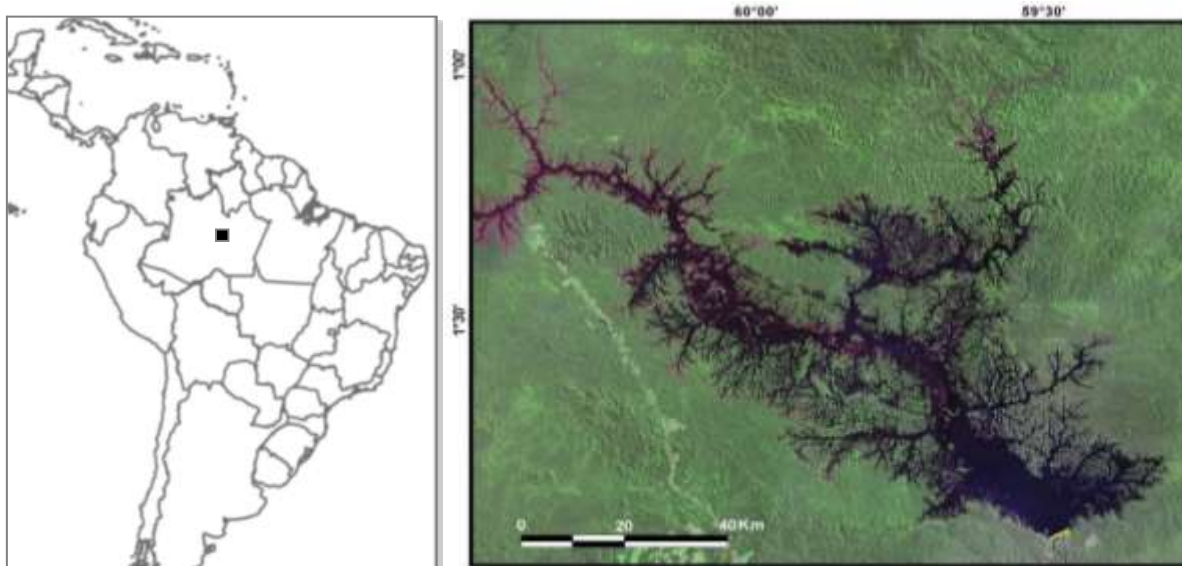


Figura 1 – Área de estudo: (a) Mapa do Brasil com destaque para a localização da UHE Balbina; (b) imagem de satélite do reservatório de Balbina e barragem. Fonte: Google Earth / Amazônia Real, 2018.

Parte das ilhas formadas no reservatório estão nos limites da Reserva Biológica do Uatumã (ReBio Uatumã), criada em junho de 1990 pelo Decreto nº 99.277, com uma área de 9.400 km², com o objetivo de proteger os ecossistemas dos rios Uatumã e Jatapú.

3.2 Coleta de Dados

Quatro expedições de campo foram realizadas, nos meses de abril, julho, outubro e novembro de 2019 (Tabela 1), correspondendo as estações de enchente, cheia, vazante e seca do pulso de inundação, com 6 dias de duração, cada.

| EXPEDIÇÃO (MÊS) | ESTAÇÃO | VOLUME ÚTIL RESERVATÓRIO (%) |
|--------------------|----------|---------------------------------|
| Abril | Enchente | 45,77 |
| Julho | Cheia | 94,92 |
| Outubro | Vazante | 69,18 |
| Novembro | Seca | 34,08 |

Tabela 1 – Expedições, período hidrológico e volume útil do reservatório da UHE Balbina (Dados fornecidos pelo Sistema de Acompanhamento de Reservatórios, disponível em <https://www.ana.gov.br/sar/>).

3.2.1 Densidade e Abundância

Para estimar a densidade e abundância dos botos, foi realizada a metodologia de amostragem de distância (*Distance sampling*) e transectos foram conduzidos nos antigos leitos dos rios Uatumã e Pitinga. (Vidal *et al.*, 1997; Martin *et al.*, 2004; Gomez-Salazar *et al.*, 2012a). A navegação no reservatório de Balbina ficou restrita ao antigo curso dos rios e igarapés alagados (Rosas *et al.*, 2007), pois as margens, que antes do represamento eram compostas de vegetação florestal, se transformaram em paliteiros (Figura 2).



Figura 2 – Área de estudo: imagem aérea mostra o antigo curso do leito do rio Uatumã, paliteiros e ilhas. Fonte: Jornal O Globo (2018).

Os transectos foram delimitados pelos paliteiros e orientados paralelamente ao longo das margens do antigo leito dos rios Uatumã e Pitinga, que nesta área de estudo, como já dito anteriormente, se caracterizam pela presença dos paliteiros, mantendo-se uma distância média de 50m da mesma. Na parte central do lago, próximo a barragem, como há uma distância de 3-4km entre as margens, os transectos foram realizados cruzando o lago, de uma margem a outra. O comprimento médio de cada transecto foi de 02 km e foram realizados em 130km do antigo leito do rio Uatumã e 50km do rio Pitinga, totalizando 180km de transectos (Figura 3).

A área de pesquisa foi dividida em três estratos: (1) Lago (26km²), sendo a área mais próxima a barragem e mais alterada por inundações, (2) Uatumã (121km²), seguindo o antigo leito do rio e (3) Pitinga (30km²), região mais distante da barragem que apresenta características semelhantes ao canal natural do rio.

Foi utilizado como plataforma de observação uma embarcação de casco de alumínio do tipo “voadeira”, motor de popa 40hp e altura do olho do observador à linha d’água de aproximadamente 1,20m. O protocolo de observação contou com quatro observadores em duas plataformas (proa e popa), dois observadores por plataforma. O tipo de abordagem utilizada foi o “*passing mode*”: o barco não diminuiu sua

velocidade (10km/h) ou alterou seu trajeto para que os observadores pudessem fazer a contagem dos animais, quando eles eram avistados (Dawson et al.,2008).

A cada avistagem de *I. geoffrensis*, foi registrado o tamanho do grupo, além do ângulo e distância do grupo ao observador e posição geográfica do barco (uso de GPS). Para definir o tamanho do grupo, foi considerado o número total de indivíduos com distância entre eles igual ou menor que 50m, estando ou não em aparente associação (da Silva & Martin, 2000; Gomez-Salazar *et al.* 2012).

As condições de brilho e visibilidade (0 a 3, escala de intensidade crescente) e superfície da água (escala Beaufort, 0 a 4, sendo 0 espelho d'água e 4 grandes ondulações) foram registradas. Os levantamentos só foram realizados em boas condições de visibilidade e quando a superfície da água estava nas escalas 0 a 3 (calma a pequenas ondulações) (Martin *et al.*, 2004).

3.2.2 Distribuição

Para verificar a distribuição dos botos ao longo das áreas amostradas, foi realizado contagens a partir do método de contagem em ponto fixo (Hammond & Thompson, 1991).

Com 14 pontos de amostragem (Figura 2), os pontos fixos 1 e 2 estão em uma área mais aberta fora os paliteiros, na margem direita e mais próximos da barragem; os pontos fixos de 3 a 10 referem-se as antigas áreas de confluências (hoje alagadas) e escolhidas pois são locais com alta produtividade e que possuem maior densidade de peixes, comparado a outros habitats (Martin *et al.*, 2004; Gomez-Salazar *et al.*, 2012a; Pavanato *et al.*, 2016); os pontos fixos de 11 a 14 representam uma extensa área contínua de paliteiro de aproximadamente 36km², na margem esquerda da barragem.

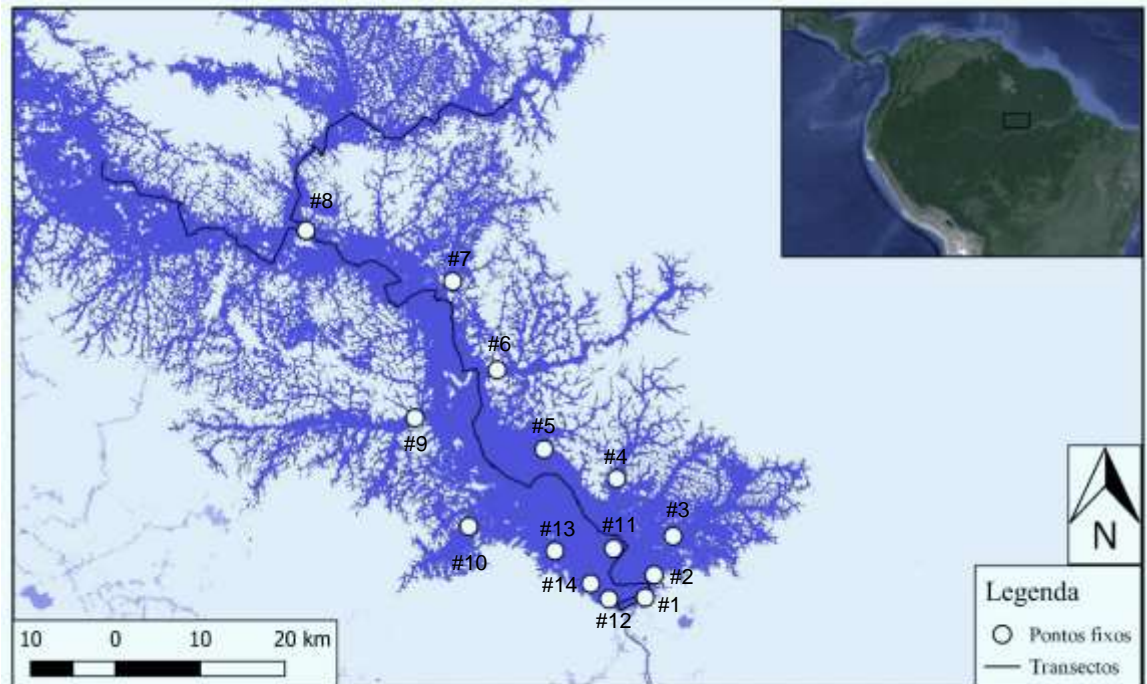


Figura 3 – Mapa da área de estudo, onde os círculos representam os pontos fixos e a linha contínua representa o percurso dos transectos.

Cada ponto fixo foi amostrado por 20 minutos. As informações de profundidade, distância aproximada da margem e distância aproximada do leito do rio foram registradas. Quando havia presença de boto, o número de animais, o tamanho do grupo e sempre que possível identificação de sexo, classe etária e presença de mãe e filhote, eram anotadas.

Cada observador se posicionou em um dos lados da embarcação para cobrir um ângulo de 360° e garantir que o mesmo animal não fosse contato duas vezes. Todos os observadores possuíam binóculos e estavam em comunicação durante a amostragem.

3.3 Análise de Dados

3.3.1 Densidade e Abundância

Para estimar a densidade e o tamanho populacional dos botos-vermelhos na área do reservatório da UHE Balbina, utilizamos o método de amostragem de distâncias (*Distance sampling*).

A amostragem de distância é uma metodologia amplamente utilizada para estimar a densidade e/ou abundância de populações biológicas. As informações utilizadas para inferência são as distâncias registradas a objetos de interesse obtidas

por levantamento de linhas ou pontos. Um conceito fundamental é que a probabilidade de detectar um animal diminui à medida que sua distância do observador aumenta (Buckland et al., 2001; Thomas et al., 2002).

As distâncias e ângulos dos observadores aos animais avistados foram usados para calcular as distâncias perpendiculares por meio de regras trigonométricas básicas. Medimos essa distância perpendicular da linha imaginária do transecto a cada animal detectado e ajustamos um modelo para calcular a probabilidade de detecção (Thomas et al., 2002). Grande parte da metodologia de amostragem de distância está concentrada em funções de detecção, que modelam a probabilidade de detecção de um animal, dada sua distância do transecto (Buckland et al., 2001).

O software R, foi utilizado para modelar a função de detecção, usando o pacote 'Distance'. A função de detecção pode ser usada para inferir quantos objetos foram perdidos e, assim, produzir estimativas de densidade e/ou abundância. Para garantir que o modelo não seja excessivamente influenciado por distâncias longe de zero descartamos observações além de uma determinada distância de truncamento (Miller et al., 2019).

Diferentes modelos de função de detecção ("Half-normal", "Hazard-rate" e "Uniforme"), com truncamento de distância, foram ajustados. Análises exploratórias foram realizadas para avaliar a distância de truncamento apropriada e os dados foram truncados a 200 metros. A seleção do modelo foi realizada usando o melhor Critério de Informação de Akaike (AIC).

As estimativas de densidade e abundancia foram calculadas para cada estrato (Lago, rio Uatumã e rio Pitinga), pois o gradiente de densidade para os botos é conhecido por ser maior em algumas áreas do rio (Martin et al. 2004; Gomez-Salazar, 2012; Pavanato et al. 2016; Paschoalini et al. 2020).

A densidade (D) foi estimada utilizando a fórmula (Paschoalini et al. 2020):

$$D_{ij} = \frac{n_{ij} E_{ij} f(0)}{2L_{ij} g(0)}$$

onde, n_{ij} é o número de grupos avistados no habitat i e estrato j , E_{ij} é o tamanho médio estimado do grupo para a população no habitat i e estrato j , $f(0)$ é a densidade de probabilidade de avistamento à distância perpendicular zero (ou o inverso da largura efetiva da meia banda [ESW]), L_{ij} é o comprimento total do transecto no habitat i e estrato j e $g(0)$ é a probabilidade de avistar um grupo na linha de transecto.

A abundância (N) foi obtida através de:

$$N_{ij} = D_{ij} A_{ij}$$

onde D é a densidade estimada e A_{ij} corresponde à área de estudo em km² no tipo de habitat i por cada estrato j .

A quantidade de avistagens influencia o ajuste do modelo da função de detecção, por isso, a expedição de campo de outubro (vazante) foi escolhida para estimar a densidade e a abundância dos botos na área de estudo, pois apresentou o maior número de observações.

3.3.2 Distribuição

O pacote spaMM (Rousset & Ferdy, 2014) foi usado para ajustar modelos lineares generalizados de efeitos mistos (GLMMs) (Breslow & Clayton, 1993) e verificar a importância relativa de fatores ambientais para a distribuição dos botos no reservatório da UHE Balbina.

As variáveis explicativas selecionadas foram: nível do reservatório, distância para a margem, distância para o antigo leito do rio Uatumã e profundidade. Todas as variáveis foram escalonadas. Levando em consideração a não independência que resulta de múltiplas respostas da mesma área, cada ponto fixo foi usado como um Efeito Aleatório do LMM (Modelo Linear Misto), sem termo de interação.

A abordagem geral para o desenvolvimento do modelo foi: *Número de animais observados* ~ *nível do reservatório + distância da margem + distância do leito + profundidade* + (1 | *ponto fixo*) + ϵ

Por último, a análise de variância (ANOVA) foi realizada para verificar a significância da resposta observada em número de animais, para cada ambiente do ponto fixo (ilha, paliteiro e ilha-paliteiro) e para a sazonalidade.

4. RESULTADOS

4.1 Densidade e Abundância

Nas quatro expedições de campo (abril, julho, outubro e novembro) foram percorridos um total de 626,2km de transectos (n= 310), sendo 580,4km de transectos de paralelos as margens (n= 288) e 45,8km de transectos centrais (n= 22), totalizando um esforço amostral de 30,74 km/h. O número total de observações foi de 206 grupos, sendo 67 realizadas pela equipe de proa e 139 pela equipe de popa, com um total de 341 indivíduos avistados. Na expedição de outubro, escolhida para o ajuste do modelo de função de detecção, em 180km de transectos, foram observados 68 grupos e 128 indivíduos avistados.

O modelo hazard-rate foi o modelo de probabilidade de detecção (Tabela 2) escolhido para estimar os valores de densidade e abundância nos três estratos (lago, rio Uatumã e rio Pitinga), nos antigos leitos dos rios Uatumã e Pitinga onde os transectos foram conduzidos (Figura 4, Tabela 3).

| MODELO | AIC | Δ AIC | CV |
|-------------|---------|--------------|------|
| Half-normal | -282.51 | 3.78 | 0.20 |
| Hazard-rate | -286.29 | 0 | 0.16 |
| Uniforme | -272.93 | 8.80 | 0.26 |

Tabela 2 – Valores de AIC, Δ AIC e CV dos modelos testados.

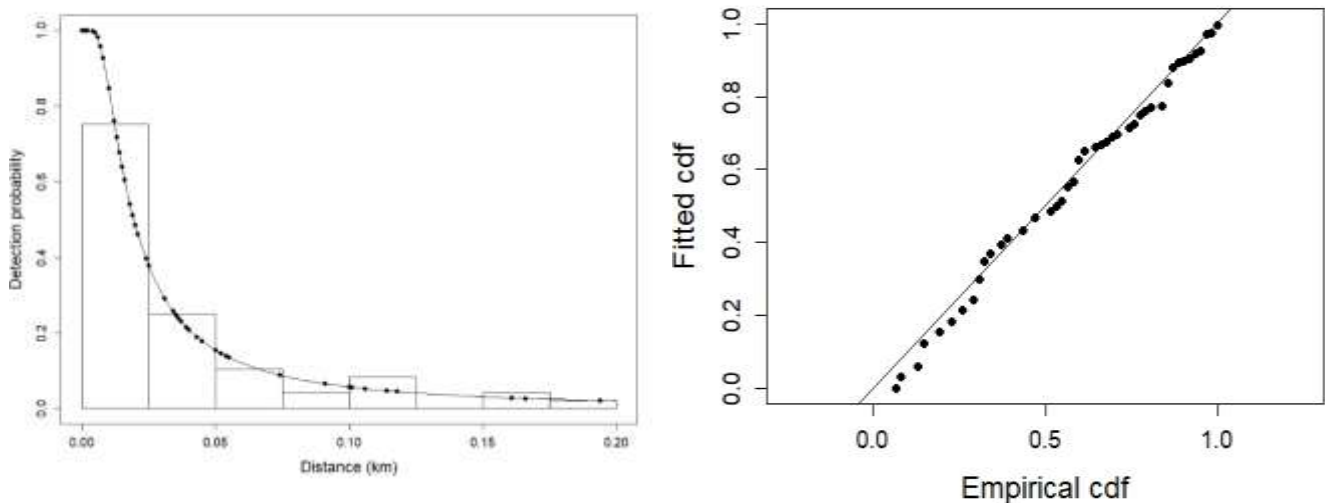


Figura 4 – (a) Função de detecção (truncagem de 200m) para o modelo mais suportado e (b) gráfico Q-Q da função de distribuição cumulativa (CDF) da função de detecção ajustada para a distribuição dos dados (função de distribuição empírica ou EDF).

| Estrato | Área (km²) | D | CV | N | CV | E |
|----------------|----------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lago | 26 | 7.34 | 0.89 | 191 | 0.89 | 1.50 |
| Pitinga | 30 | 11.91 | 0.47 | 357 | 0.47 | 2.05 |
| Uatumã | 121 | 10.13 | 0.32 | 1226 | 0.32 | 1.91 |
| TOTAL | 177 | 10.02 | 0.30 | 1774 | 0.30 | 1.88 |

Tabela 3 – Valores de densidade (D - indivíduo/km²), abundância (N), seus respectivos CVs (Coeficiente de Variação) para cada estrato e tamanho do grupo (E - número de indivíduos), de acordo com o modelo Hazard-rate.

4.2 Distribuição

Nos 14 pontos fixos amostrados em quatro expedições de campo (abril, julho, outubro e novembro), foram avistados um total de 85 botos. A distribuição das observações em relação aos pontos fixos e sazonalidade, está detalhado na Tabela 4.

| Ponto Fixo | Enchente | Cheia | Vazante | Seca | Total |
|-------------------|-----------------|--------------|----------------|-------------|--------------|
| #1 | 7 | 6 | 11 | 4 | 28 |
| #2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| #3 | 0 | 0 | 3 | 2 | 5 |
| #4 | 2 | 3 | 1 | 0 | 6 |
| #5 | 0 | 1 | 3 | 0 | 4 |
| #6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| #7 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| #8 | 7 | 2 | 3 | 3 | 15 |
| #9 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| #10 | 3 | 0 | 0 | 2 | 5 |
| #11 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| #12 | 3 | 2 | 0 | 2 | 7 |
| #13 | NA | 0 | 0 | 1 | 1 |
| #14 | NA | 1 | 0 | 0 | 1 |

Tabela 4 – Número de botos observados e cada ponto fixo em cada estação hidrológica; NA = Não Amostrado.

O GLMM indica que a distância do ponto fixo para a o antigo leito do rio Uatumã e a distância do ponto fixo para a margem são variáveis significativas para a distribuição dos botos no reservatório de Balbina. A profundidade de cada ponto fixo e o nível do reservatório (volume útil) não foram variáveis significativas (Figura 5).

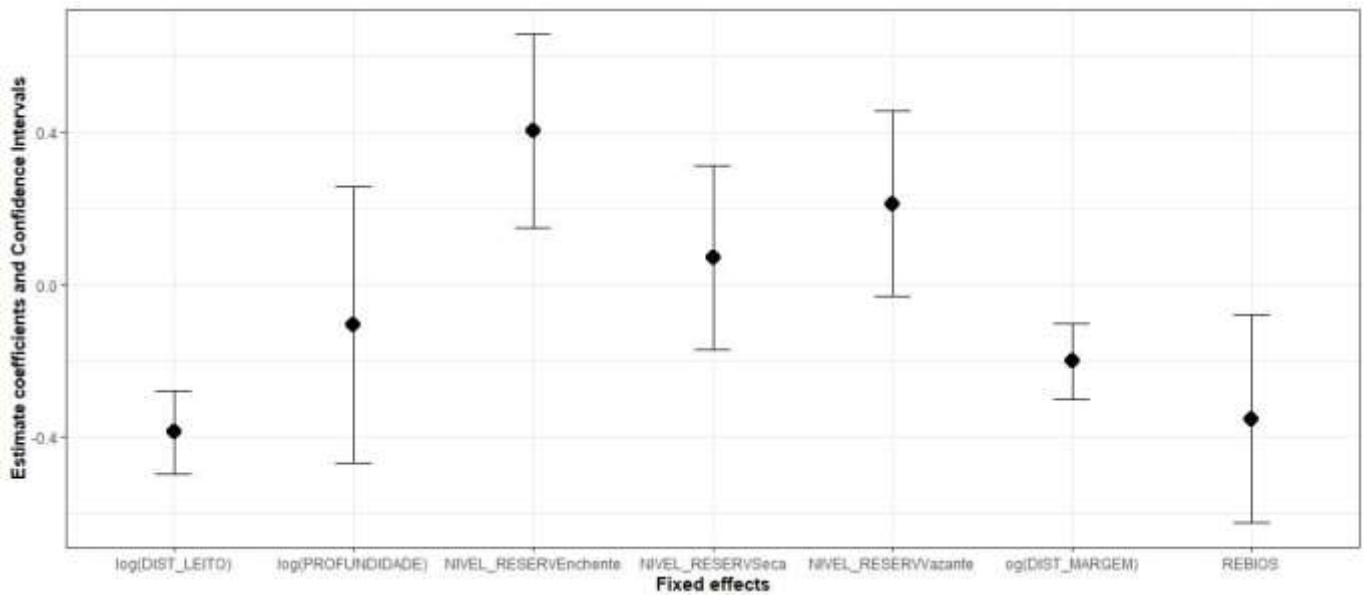


Figura 5 –Coeficientes relacionados aos efeitos fixos (variáveis)- variáveis mais distantes do zero e com menor intervalo de confiança são mais significativas.

A inspeção visual do gráfico Quantil-Quantil (qq-plot) de resíduos (Wilk & Gnanadesikan,1968) não revelou desvios significativos da normalidade.

Com relação à distribuição espacial dos botos, as observações em cada ponto fixo estão ilustradas na Figura 6. Os pontos fixos 1 e 2 (áreas abertas próximas da barragem) e 8 (área de confluência), estão mais próximos ao antigo leito do rio Uatumã e mais próximos a margem de ilhas.

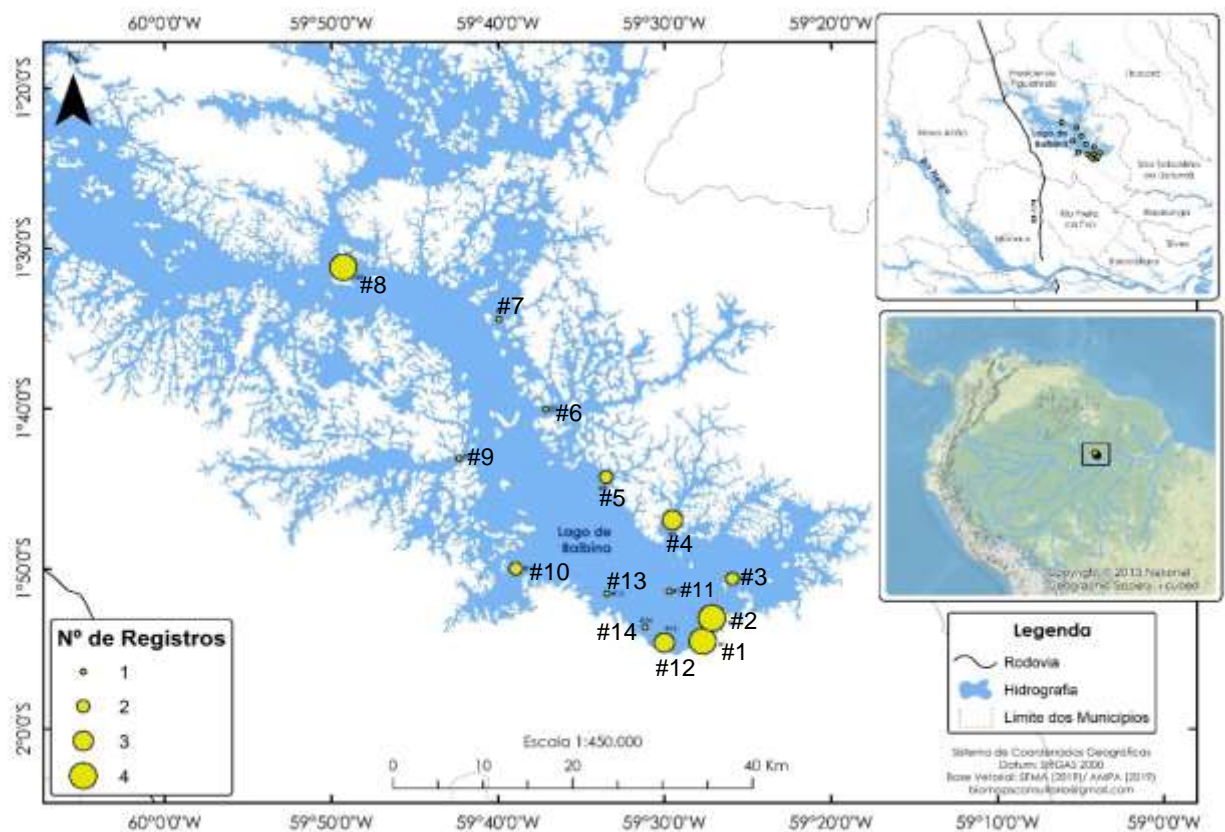


Figura 6 – Número de registro de botos nos pontos fixos. Os círculos menores representam 1 registro e os círculos maiores representam 4 registros.

Quanto à distribuição por estação na observação dos botos, a expedição da enchente (abril) teve maior número de observações ($n=28$). A cheia (expedição de julho), teve o menor número de observações ($n=16$). No entanto, a análise de variância (ANOVA) não indica diferença significativa para a observação de animais nas diferentes épocas ($p=0.541$), conforme a Figura 7.

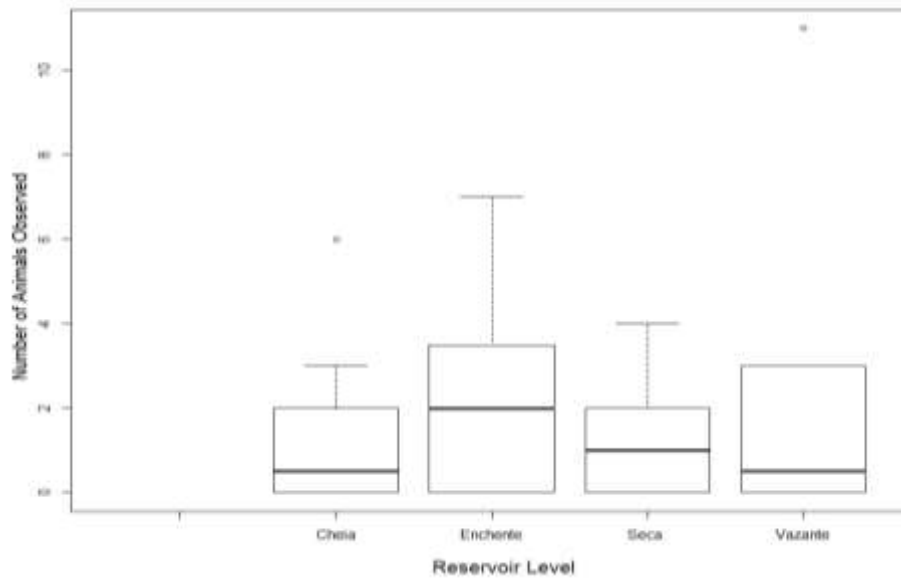


Figura 7 – Número de animais observados em diferentes estações.

A ANOVA indica que o número de botos está diretamente relacionado ($p < 0,0001$) com o tipo de ambiente predominante do ponto fixo (Ilha, paliteiro e ilha-paliteiro).

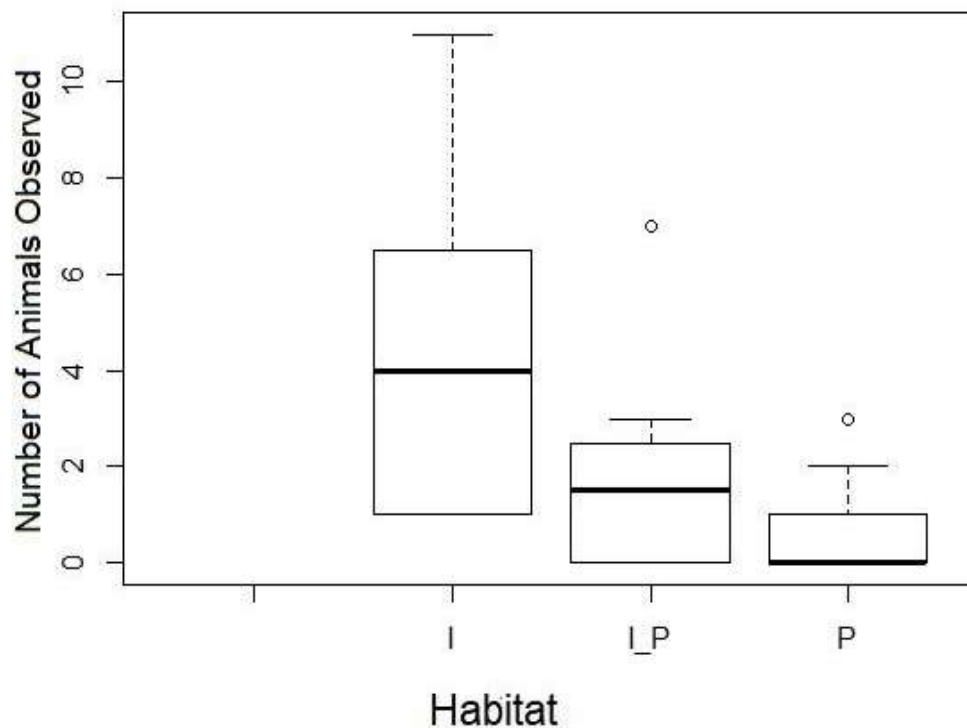


Figura 8 – Número de animais correlacionado com o habitat (no qual, I = ilha, I_P = ilha/paliteiro, P=paliteiro)

5. DISCUSSÃO

5.1 Densidade e Abundância

A população de botos-vermelhos estimada no reservatório da UHE Balbina foi de 1774 indivíduos (CV = 0.30). A estratificação geográfica, é uma abordagem importante para melhorar as estimativas de abundância de golfinhos de rio (Paschoalini *et al.*, 2020). As estimativas de densidade para cada estrato, mostram uma densidade menor (D = 7.34, CV = 0,89) na área mais próxima a barragem (estrato lago), ou seja, na área com o maior impacto direto do barramento do rio Uatumã e uma densidade maior (D = 11.91, CV = 0.47) no estrato mais distante e que teve um menor impacto da barragem (Pitinga). Paschoalini e colaboradores (2020) encontraram maiores densidades nas margens das ilhas (D= 2.32, CV = 0.27) para o boto do Araguaia, na área mais distante e menos alterada pela barragem de Tucuruí, no rio Tocantins. No rio Tapajós, as maiores densidades de boto foram registradas nas margens da ilha (5,7 ind./km², CV = 0,62). Por estar mais distante da barragem, o rio Pitinga apresenta margens de ilhas mais próximas ao seu antigo leito.

A densidade total estimada para o reservatório da UHE Balbina foi de 10 ind./km² (CV = 0.30). Esta densidade é muito superior a densidades encontradas em outras áreas (com e sem barragens), como por exemplo para o boto-vermelho na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, em que a maior densidade encontrada foi de 7,95 ind./ km² (CV = 0.77) (Marmontel *et al.*, 2020).

Para efeitos de comparação, foi realizada uma estimativa de densidade sem probabilidade de detecção:

$$D = \frac{\text{Número total de animais}}{\text{Total percorrido} \times 0,1^*}$$

*largura do transecto em km

A densidade estimada sem probabilidade de detecção foi de 3,75 ind./km. Podemos considerar essa densidade como sendo mínima, pois este número representa efetivamente o que foi observado durante a amostragem. Uma densidade de 3,75 ind./km pode ser considerada alta para um população de botos isolada em um reservatório, se compararmos por exemplo, com a densidade de 0,75 ind/km² (CV = 0,52) encontrada para o boto do Araguaia no reservatório de Tucuruí (Paschoalini *et al.*, 2020)

Ao analisarmos as frequências das distâncias das observações (Figura 3), é possível observar um declínio no número de detecções após 50 metros de distância do transecto, que é exatamente a distância que a embarcação ficava da margem de paliteiros. Isto se traduz com o que foi verificado em campo: a maior parte das detecções dos animais foi no antigo leito dos rios, em que os botos emergiam logo atrás ou ao lado da embarcação. Os botos estão presentes na área de paliteiro, entretanto, sua maior ocorrência parece ser nos antigos canais dos rios Uatumã e Pitinga., visto que esses animais vivem próximos as margens (Martin & da Silva, 2004) e a margem em Balbina é majoritariamente o paliteiro. O modelo de função de detecção supõe que essa área de paliteiros tem a mesma quantidade de botos encontrada nos antigos leitos dos rios Uatumã e Pitinga e, portanto, estima uma alta densidade para o reservatório de Balbina.

É recomendado um monitoramento desses animais e a realização de contagens a jusante da barragem da UHE Balbina para efeitos de comparação, visto que Paschoalini e colaboradores (2020) encontraram maiores densidades do boto-do-Araguaia a montante, quando comparado a jusante da barragem de Tucuruí.

5.2 Distribuição

Os resultados evidenciam que pontos fixos mais próximo a margens com habitat predominante de ilhas, apresentam mais observações e quantidade de botos. Martin & da Silva (2004), mostram que os botos se concentram próximos as margens dos rios. Os peixes, presa do boto, geralmente migram ao longo das margens, onde a produtividade é maior devido à maior concentração de nutrientes.

A profundidade dos pontos fixos não é variável relevante para a distribuição dos botos (Figura 5) no reservatório de Balbina. Isso possivelmente deve-se ao fato de ocorrer uma baixa variação de aproximadamente 3,5 m entre o pico da cheia e o pico de seca (Rosas, 2007), visto que o fluxo e os níveis da água são diretamente influenciados pela frequência com que as comportas são abertas.

A distância do ponto fixo para o antigo leito do rio Uatumã é uma variável importante (Figura 5) e apresentaram maiores observações de botos. De acordo com Martin & da Silva (2004), os canais principais dos rios são áreas de ocupação do boto na época da seca. Sabemos que a sazonalidade não está relacionada (Figura 7) com o número de observações de botos nos pontos fixos, logo a explicação para os

maiores registros de botos nos pontos fixos próximos ao leito do rio Uatumã é a disponibilidade de presas (Martin *et al.*, 2004). Como discutido anteriormente, a margem do antigo leito do rio Uatumã é majoritariamente formada por paliteiros.

As barragens alteram os padrões de sedimentação e fazem com que os rios sofram grandes mudanças na morfologia (Latubresse *et al.*, 2017), afetando a distribuição dos peixes como resultado de mudanças no fluxo e diminuição da carga de sedimentos (Agostinho *et al.*, 2016).

6. CONCLUSÃO

Este estudo fornece a primeira estimativa populacional dos botos-vermelhos no reservatório da UHE Balbina e descreve como estes animais se distribuem nesta área, mais de 30 anos após o seu isolamento. A população estimada foi de 1774 indivíduos (CV = 0.30). A densidade foi de 10 ind./km² (CV = 0.30). Os botos-vermelhos estão distribuídos próximos as margens de ilhas formadas após o alagamento.

Pesquisas de estimativas populacionais utilizando a metodologia de amostragem de distâncias dos botos no rio Uatumã antes da construção da barragem da UHE Balbina não foram realizadas, sendo difícil quantificar seu efeito na população de boto-vermelho dentro do reservatório.

Com base nos resultados estimados de densidade e abundância e na sua distribuição em uma área alagada de quase 4.500km², não é possível afirmar qual o efeito do isolamento sobre a população de botos no reservatório de Balbina. Entretanto com uma densidade mínima de 3,75 ind./km podemos sugerir que esta população de botos-vermelhos se adequou às condições ambientais impostas pelo isolamento no reservatório da UHE Balbina, incluindo sua distribuição semelhante aos botos não isolados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agostinho, A. A.; Gomes, L. C.; Santos, N. C. L.; Ortega, J. C. G; Pelicice, F. M. (2016). Fish assemblages in Neotropical reservoirs: Colonization patterns, impacts and management. *Fisheries Research*, 173: 26–36.

Araújo, C.; Wang, J. Y. (2014). The dammed river dolphins of Brazil: impacts and conservation. *Cambridge Journals. Fauna & Flora International, Oryx*, 49 (1): 17–24.

Benchimol, M.; Peres, C. A. (2015). Widespread Forest Vertebrate Extinctions Induced by a Mega Hydroelectric Dam in Lowland Amazonia. *PLoS One*, 10(7): e0129818. doi:10.1371/journal.pone.0129818.

Best, R. C.; da Silva, V. M. F. (1989). Amazon River Dolphin, Boto *Inia geoffrensis* (de Blainville, 1817). Pages 1-23 in S. H. Ridgway e R. J. Harrison, eds. *Handbook of Marine Mammals*. Academic Press London, London, UK.

Best, R. C.; da Silva, V. M. F. (1993). *Inia geoffrensis* de Blainville, 1817. *Mammalian Species*, 426: 1-8.

Breslow, N.E., Clayton, D.G. (1993). Approximate Inference in generalized linear mixed models. *Journal of the American Statistical Association* 88:9–25.

Buckland, S. T.; Anderson, D. R.; Burnham, K. P.; Laake, J. L.; Borchers, D. L.; Thomas, L. (2001). *Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. Oxford University Press, Oxford, UK.

Cabral, M. M. M.; Zuanon, J.; de Mattos, G. E.; Rosas, F. C. W. (2010). Feeding habits of giant otters *Pteronura brasiliensis* (Carnivora: Mustelidae) in the Balbina hydroelectric reservoir, Central Brazilian Amazon. *ZOOLOGIA*, 27(1): 47–53.

Caughley, G. (1994). Directions in conservation biology. *Journal of Animal Ecology*, 63(2): 215–244.

da Silva, V.M.F & Martin, A.R. (2000). A study of the boto, or Amazon river dolphin (*Inia geoffrensis*), in the Mamirauá Reserve, Brazil: Operation and techniques. Pages 121–131 in R. R. Reeves, B. D. Smith and T. Kasuya, eds. Biology and conservation of freshwater cetaceans in Asia. Occasional paper of the IUCN Species Survival Commission no. 23. IUCN, Gland, Switzerland

da Silva, V. M. F. (2004). Conservação dos golfinhos da Amazônia: Ameaças e Perspectivas. pp. 313-320. In: História Natural, Ecologia e Conservação de Algumas Espécies de Plantas e Animais da Amazônia. Renato Cintra (Coord.), Manaus: EDUA/INPA / FAPEAM.

da Silva, V. M. F. (2009). Amazon River Dolphin *Inia geoffrensis*. Pages 26-28 in W. F. Perrin, B. Würsig, H. G. M. Thewissen, eds. Encyclopedia of Marine Mammals. Academic Press, New York, NY.

da SILVA, V. M. F.; Freitas, C. E. C.; Dias, R. L.; Martin, A. R. (2018a). Both cetaceans in the Brazilian Amazon show sustained, profound population declines over two decades. PloS One. Disponível em: < <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191304>>.

da Silva, V., Trujillo, F., Martin, A., Zerbini, A.N., Crespo, E., Aliaga-Rossel, E. & Reeves, R. (2018b). *Inia geoffrensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018:e.T10831A50358152.<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20182.RLTS.T10831A50358152.en>

Dawson, S.; Wade, P.; Slooten, E.; Barlow, J. (2008). Design and field methods for sighting surveys of cetaceans in coastal and riverine habitats. Mammal Review, 38(1):19–49.

ELETRONORTE - Centrais Elétricas do Brasil; IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. (1997). Plano de Manejo Fase I – Reserva Biológica do Uatumã. Brasília, 173p.

Fearnside, P. M. (1989). Brazil's Balbina Dam: Environment versus the Legacy of the Pharaohs in Amazonia. *Environmental Management*, 13(4): 401-423.

Fearnside, P. M. (2015). Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras. Vol. 1 e 2. Editora do INPA. Manaus, AM.

Fearnside, P. M. (2019). Justiça ambiental e represas amazônicas do Brasil. p. 103-124. In: P.M. Fearnside (ed.) *Hidrelétricas na Amazônia: Impactos Ambientais e Sociais na Tomada de Decisões sobre Grandes Obras*. Vol. 3. Editora do INPA, Manaus. 148 p.

FUNCATE – Fundação de Ciência, Aplicação e Tecnologias Espaciais; INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. (2000). Mapeamento por satélite das áreas inundadas por reservatórios de hidrelétricas brasileiras. Relatório do Convênio Funcate/Inpe/Aneel. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). Disponível em: <<https://www.itid.inpe.br>>. Acesso em 18 de setembro de 2018.

Latrubesse, E. M., Arima, E. Y., Dunne T., Park, E., Baker, V. R., d’Horta, F. M.; Wight, C.; Wittmann, F.; Zuanon, J.; Baker, P. A.; Ribas, C. C.; Norgaard, R. B.; Filizola, N.; Ansar, A.; Flyvbjerg, B.; Stevaux, J. C. (2017). Damming the rivers of the Amazon basin. *Nature*, 546: 363–369. <https://doi.org/10.1038/nature22333>.

Leatherwood, S.; Reeves, R. R.; Wursing, B.; Shearn, D. (2000). Habitat preferences of river dolphins in the Peruvian Amazon. In: Reeves, R.R., Smith, B. D., Kasuya, T. (Eds.), *Biology and Conservation of Freshwater Cetaceans in Asia*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 8th volume, pp. 131-144.

Gomez-Salazar, C.; Trujillo, F.; Portocarrero-Aya, M.; Whitehead, H. (2012a). Population, density estimates, and conservation of river dolphins (*Inia* and *Sotalia*) in the Amazon and Orinoco river basins. *Marine Mammal Science*, 28(1): 124–153.

Gomez-Salazar, C.; Coll, M.; Whitehead, H. (2012b). River dolphins as indicators of ecosystem degradation in large tropical rivers. *Ecological Indicators*, 23(2012): 19-26.

Hammond, P. S.; Thompson, P. M. (1991). Minimum Estimate of the Number of Bottlenose Dolphins *Tursiops truncatus* in the Moray Firth, NE Scotland. *Biological Conservation*, 56(1991): 79-87.

Kasper, D.; Forsberg, B.; Amaral, J. H. F.; Leitão, R.; Py-Daniel, S. S.; Bastos, W. R.; Malm, O. (2014). Reservoir Stratification Affects Methylmercury Levels in River Water, Plankton, and Fish Downstream from Balbina Hydroelectric Dam, Amazonas, Brazil. *Environmental Science & Technology*, [dx.doi.org/10.1021/es4042644](https://doi.org/10.1021/es4042644).

Marmontel, M.; Melo, J. F.; Paschoalini, M.; Coelho, A. G. A.; Chavez-Perez, H. I.; Pavanato, H. (2020) Amazonian river dolphin density estimates in the Mamirauá Sustainable Development Reserve 2017-2019. International Whale Commission. SC/68B/SM/09.

Martin, A. R.; da Silva, V.M.F. (2004). Number, seasonal movements, and residency characteristics of river dolphins in an Amazonian floodplain lake system. *Canada Journal of Zoology*, 82(8): 1307-1315.

Martin, A. R.; da Silva, V. M. F; Salmon, D. L. (2004). Riverine habitat preferences of botos (*Inia geoffrensis*) and tucuxis (*Sotalia fluviatilis*) in the central Amazon. *Marine Mammal Science*, 20(2): 189–200.

Martin, A. R.; da Silva, V. M. F. (2006). Sexual dimorphism and body scarring in the boto (Amazon River Dolphin) *Inia geoffrensis*. *Marine Mammal Science*, 22(1): 25–33.

Miller, D. L.; Rexstad, E.; Thomas, L.; Marshall, L. Laake, J. L. (2019). Distance Sampling in R. *Journal of Statistical Software*, Volume 89(1):1-28.

Paschoalini, M.; Almeida, R. M.; Trujillo, F.; Melo-Santos, G.; Marmontel, M.; Pavanato, H. J.; Guerra, F. M.; Ristau, N.; Zerbini, A. N. (2020). On the brink of

isolation: Population estimates of the Araguaian river dolphin in a human-impacted region in Brazil. PLoS ONE 15(4):e0231224.

Pavanato, H. J.; Melo-Santos, G.; Lima, D. S.; Portocarrero-Aya, M.; Paschoalini, M.; Mosquera, F.; Trujillo, F.; Meneses, R.; Marmontel, M.; Maretti, C. (2016). Risks of dam construction for South American river dolphins: a case study of the Tapajós River. *Endangered Species Research* 31:47–60.

Reeves, R. R.; Smith, B. D.; Kasuya, T. (2000). Biology and conservation of freshwater cetaceans in Asia. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission, Gland, Switzerland. Report of the workshop to develop a conservation action plan for the Yangtze River finless porpoise, Ocean Park, Hong Kong, 16–18 September 1997. 97–80.

Reeves, R. R.; Martin, A. R. (2009). River Dolphins in Perrin, W.F.; Würsig, B. and Thewissen, J.G.M. eds. *Encyclopedia of Marine Mammals*. Second edition. Burlington MA: Academic Press. 976-979.

Rosas, F. C. W.; de Mattos, G. E.; Cabral, M. M. M. (2007). The use of hydroelectric lakes by giant otters (*Pteronura brasiliensis*): The case of Balbina dam in Central Amazonia, Brazil. *Oryx*, 41(4): 520-524.

Rosas, F. C. W.; Ramalheira, C. S.; Bozzetti, B. F.; Palmeirim, A. F.; Cruz, A. D.; Pathek, D. B.; Cabral, M. M. M. (2015). Sleeping sites used by giant otters (*Pteronura brasiliensis*) in the Balbina Hydroelectric Reservoir, Central Brazilian Amazon. *Aquatic Mammals*, 41(2): 143-148.

Smith, B. D., Braulik, G. T. & Sinha, R. 2012. *Platanista gangetica ssp. gangetica*. The IUCN Red List of Threatened Species 2012: e.T41756A17627639. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012.RLTS.T41756A17627639.en>

Smith, B. D., Wang, D., Braulik, G. T., Reeves, R., Zhou, K., Barlow, J. & Pitman, R. L. (2017). *Lipotes vexillifer*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017:

e.T12119A50362206.<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20173.RLTS.T12119A50362206.en>

Rousset, F.; Ferdy, J. (2014). "Testing environmental and genetic effects in the presence of spatial autocorrelation." *Ecography*, 37(8), 781-790. <http://dx.doi.org/10.1111/ecog.00566>.

Vidal, O.; Barlow, J.; Hurtado, L. A.; Torre, J.; Cendón, P.; Ojeda, Z. (1997). Distribution and abundance of the Amazon river dolphin (*Inia geoffrensis*) and the tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) in the upper Amazon River. *Marine Mammal Science*, 13(3): 427–445.

WCD - World Commission on Dams. (2000). *Dams and Development: A New Framework for Decision-making*. Earthscan Publications, London, U.K.

Williams, R., Moore, J. E., Gomez-Salazar, C., Trujillo, F., Burt, L. (2016). Searching for trends in river dolphin abundance: Designing surveys for looming threats, and evidence for opposing trends of two species in the Colombian Amazon. *Biological Conservation* 195: 136-145.

Thomas, L.; Buckland, S. T.; Brunham, K. P.; Anderson, D. R.; Laake, J. L.; Borchers, D. L.; Strindberg, S. (2002). Distance sampling in *Encyclopedia of Environmetrics*. ISBN 0471899976. Vol. 1. 544-552.