



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E PRODUÇÃO**  
**ANIMAL NA AMAZÔNIA**

**MARIA ANGÉLICA DAMASCENO ROCHA**

**USO DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA(DRONE)PARA**  
**ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE BÚFALOS EM SISTEMA DE**  
**PRODUÇÃO NO AMAPÁ, AMAZÔNIA, BRASIL**

**BELÉM**

**2024**

**MARIA ANGÉLICA DAMASCENO ROCHA**

**USO DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA(DRONE)PARA  
ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE BÚFALOS EM SISTEMA DE  
PRODUÇÃO NO AMAPÁ, AMAZÔNIA, BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós - Graduação em Saúde e Produção Animal na Amazônia da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Área de concentração: Saúde e Meio Ambiente. Como requisito final para obtenção do título de Mestra em Saúde e Produção animal.

Orientador: Prof. Dr. Frederico Ozanan Barros Monteiro

**BELÉM**

**2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia  
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- R672u Rocha, Maria Angélica Damasceno  
Uso de Aeronave Remotamente Pilotada ( drone) para estudo do comportamento de búfalos em sistema de produção no Amapá, Amazônia, Brasil / Maria Angélica Damasceno Rocha. - 2024.  
64 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Saúde e Produção Animal na AMAZÔNIA(PPGSPAA), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2024.  
Orientador: Prof. Dr. Frederico Ozanan Barros Monteiro
1. Drone, Comportamento animal, Murrah, Amapá. I. Monteiro, Frederico Ozanan Barros , *orient.*  
II. Título
- 

CDD 591.5072

**MARIA ANGÉLICA DAMASCENO ROCHA**

**USO DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA(DRONE)PARA  
ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE BÚFALOS EM SISTEMA DE  
PRODUÇÃO NO AMAPÁ, AMAZÔNIA, BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentado ao  
Programa de Pós - Graduação em Saúde e  
Produção Animal na Amazônia da  
Universidade Federal Rural da Amazônia  
(UFRA). Como requisito final para  
obtenção do título de Mestra em Saúde e  
Produção animal.

Data da Aprovação: 18 de novembro de 2024.



Documento assinado digitalmente  
**FREDERICO OZANAN BARROS MONTEIRO**  
Data: 23/01/2025 08:47:43-0300  
verifique em <https://validar.itl.gov.br>

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Prof. Dr. Frederico Ozanan Barros Monteiro - Orientador**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

Documento assinado digitalmente  
 **GABRIEL MELO ALVES DOS SANTOS**  
Data: 23/01/2025 09:36:16-0300  
verifique em <https://validar.itl.gov.br>

---

**Dr. Gabriel Melo Alves dos Santos - 1º Examinador**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO DE JANEIRO**

Documento assinado digitalmente  
 **ANDRE GUIMARAES MACIEL E SILVA**  
Data: 23/01/2025 13:55:55-0300  
verifique em <https://validar.itl.gov.br>

---

**Prof. Dr. André Guimarães Maciel e Silva – 2º Examinador**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**

Documento assinado digitalmente  
 **CRISTIAN FATURI**  
Data: 23/01/2025 12:25:59-0300  
verifique em <https://validar.itl.gov.br>

---

**Prof. Dr. Cristian Faturi – 3º Examinador**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

Dedico este trabalho à memória amorosa de minha querida avó materna, Joana Maria Damasceno Rocha, cuja presença e sabedoria moldaram não apenas a pessoa que sou, mas também a realização deste projeto. Foi a maior incentivadora da minha vida estudantil e acadêmica. Nos momentos de alegria, ela celebrava comigo, e nos momentos difíceis, ela oferecia conforto e conselhos sábios. Sua força, paciência e amor incondicional foram fontes eternas de inspiração. Embora ela não esteja mais fisicamente presente, sinto sua presença em cada página deste trabalho. Seu legado de dedicação à família, fé inabalável e força interior continua a ser uma luz guia em minha vida. A saudade é imensa, mas a gratidão por ter tido uma avó tão especial é eterna. Este trabalho é dedicado a você, vovó, com todo o meu amor e saudade.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por ter me sustentado até aqui, Nossa Senhora de Nazaré e São José.

Expresso minha profunda gratidão ao meu orientador, Prof. Dr. Frederico Ozanan Barros Monteiro, pela orientação excepcional e valiosos insights ao longo desta jornada acadêmica. Sua dedicação e expertise foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho, e sou imensamente grata por sua orientação constante.

Agradeço também aos membros da banca examinadora, por dedicarem seu tempo na análise cuidadosa deste trabalho e pelas contribuições construtivas que serão feitas.

A fazenda Agromix, em nome do senhor Renilton, gerente operacional, pelo cordial disponibilidade em ceder o espaço para a pesquisa, aos moradores da comunidade tradicional do quilombo do Curiaú, em especial a senhora Marilene Ramos e irmão Joaquim Ramos, por ter confiado a mim o espaço de sua propriedade Retiro São Francisco para a pesquisa.

À minha família, minha mãe Maria de Nazaré, tia Maria do Socorro, cujo apoio inabalável e crença em meu potencial foram a força motriz por trás de cada conquista. Este mestrado é também uma expressão da gratidão e respeito que tenho por vocês. Ao meu esposo Rafael Castro, agradeço o amor incondicional, apoio moral e encorajamento contínuo, fonte de inspiração que me impulsionou nos momentos desafiadores, e por isso, expresso minha gratidão.

Aos colegas de mestrado, pela troca de experiências, debates enriquecedores e amizades construídas, agradeço a colaboração que tornou esta jornada mais significativa. Em especial, Nayana Sena, Saturo Cardoso e Eloiza Amoras.

Agradeço aos professores e profissionais que, de alguma forma, contribuíram para o meu desenvolvimento acadêmico, inspirando-me e ampliando meus horizontes.

Aos amigos que estiveram ao meu lado, oferecendo palavras de incentivo e compartilhando alegrias e dificuldades, meu muito obrigado.

A todos que, de alguma maneira, fizeram parte deste percurso, meu mais sincero agradecimento. Este trabalho é também reflexo da colaboração e suporte de uma rede valiosa de pessoas.

Obrigada.

“O drone pode ser um instrumento democrático nas mãos certas – ele oferece às pessoas acesso ao espaço aéreo que estaria fora da nossa capacidade gravitacional. A partir desse novo ponto de vista, nós podemos observar e medir as coisas de uma perspectiva diferente, mas poderosa, que deve ser usada com cuidado e com consciência das questões éticas. Os dados (principalmente dados espaciais) oferecem um alicerce de crucial importância para a tomada de decisões ambientais para um futuro sustentável.”

James Duffy

## RESUMO

Este estudo avaliou a viabilidade do uso de drones para monitorar o comportamento de búfalos (*Bubalus bubalis*) da raça Murrah em dois sistemas de produção distintos (extensivo e intensivo) no Estado do Amapá, Brasil. O objetivo foi testar diferentes altitudes (20m, 15m, 10m, 5m, 3m e 2m) do drone DJI Mini 2 Fly More, visando identificar a altura ideal para minimizar fugas, estresse e respostas comportamentais negativas. A altura de 15m foi selecionada para a construção de Etogramas, permitindo a identificação segura e não invasiva dos repertórios comportamentais dos búfalos. A distribuição dos dados foi analisada quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk ( $W = 0,803$ ;  $p < 0,05$ ) e à homoscedasticidade ( $F = 0,345$ ;  $p = 0,558$ ), sendo homogênea. A reatividade animal foi avaliada por meio da Correlação de Spearman, e o efeito do ambiente nas variáveis de resposta foi analisado pela Análise de Variância Permutacional Multivariada (PERMANOVA). A Análise de Coordenadas Principais (PCoA) foi utilizada para explorar a distribuição espacial dos dados. Com 104 horas de imagens armazenadas, foram identificados 17 tipos de comportamentos, agrupados em 6 categorias. Os resultados validaram o protocolo de uso do drone DJI Mini 2 para monitoramento aéreo minimamente invasivo, proporcionando uma melhor compreensão dos comportamentos dos búfalos. A reatividade dos búfalos ao drone diminuiu com o aumento da altitude, sendo a altura de 15 metros a mais adequada para o monitoramento, pois minimiza o estresse e a alteração comportamental. Búfalos confinados (Área 2) mostraram maior reatividade, com mais tempo dedicado ao temperamento de alerta e tensão, em comparação aos búfalos a pasto (Área 1), que apresentaram menor reatividade devido à maior liberdade e estímulos ambientais. A análise multivariada e a PERMANOVA confirmaram diferenças significativas entre as áreas, e os Etogramas revelaram maior diversidade comportamental na Área 1 (12 tipos de comportamentos) em relação à Área 2 (8 tipos).

Palavras – chave: drone; reatividade animal; protocolo de voo; Murrah; Amapá.

## ABSTRACT

This study evaluated the feasibility of using drones to monitor the behavior of Murrah buffaloes (*Bubalus bubalis*) in two distinct production systems (extensive and intensive) in the State of Amapá, Brazil. The objective was to test different altitudes (20m, 15m, 10m, 5m, 3m, and 2m) of the DJI Mini 2 Fly More drone, aiming to identify the ideal height to minimize escapes, stress, and negative behavioral responses. A height of 15m was selected for the construction of Ethograms, allowing for the safe and non-invasive identification of the buffaloes' behavioral repertoires. The data distribution was analyzed for normality using the Shapiro-Wilk test ( $W = 0.803$ ;  $p < 0.05$ ) and homoscedasticity ( $F = 0.345$ ;  $p = 0.558$ ), and was found to be homogeneous. Animal reactivity was assessed using Spearman's correlation, and the effect of the environment on response variables was analyzed by Multivariate Permutational Analysis of Variance (PERMANOVA). Principal Coordinate Analysis (PCoA) was used to explore the spatial distribution of the data. With 104 hours of stored images, 17 types of behaviors were identified, grouped into 6 categories. The results validated the protocol for using the DJI Mini 2 drone for minimally invasive aerial monitoring, providing a better understanding of buffalo behaviors. The buffaloes' reaction to the drone decreased with increasing altitude, with 15 meters being the most suitable height for monitoring, as it minimizes stress and behavioral changes. Confined buffaloes (Area 2) showed greater reactivity, spending more time in alert and tense states, compared to buffaloes on pasture (Area 1), which showed less reactivity due to greater freedom and environmental stimuli. Multivariate analysis and PERMANOVA confirmed significant differences between the areas, and the Ethograms revealed greater behavioral diversity in Area 1 (12 types of behaviors) compared to Area 2 (8 types).

Keywords: drone; animal reactivity; flight protocol; Murrah; Amapá.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

|         |                                                              |
|---------|--------------------------------------------------------------|
| ABCB    | Associação Brasileira de Criadores de Búfalos                |
| ACRIAP  | Associação dos Criadores do Amapá                            |
| APA     | Área de Proteção Ambiental                                   |
| CEUA    | Comissão de Ética no Uso de Animais                          |
| DIAGRO  | Agência de Defesa e Inspeção Agropecuária do Estado do Amapá |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária                  |
| EEI     | Espécie Exótica Invasora                                     |
| GPS     | Sistema de Posicionamento Global                             |
| IBGE    | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística              |
| OIE     | Organização Mundial para Saúde Animal                        |
| PLF     | Precision Livestock Farming                                  |
| RPA     | Aeronave Remotamente Pilotada                                |
| UC      | Unidade de Conservação                                       |

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....</b>                                                                                                                 | <b>12</b> |
| <b>2 USE OF REMOTELY PILOTED AIRCRAFT (DRONE) TO STUDY THE<br/>BEHAVIOR OF BUFFALOES IN A PRODUCTION SYSTEM IN THE EASTERN<br/>AMAZON.....</b> | <b>22</b> |
| <b>ABSTRACT.....</b>                                                                                                                           | <b>22</b> |
| <b>RESUMO.....</b>                                                                                                                             | <b>23</b> |
| <b>1.Introduction.....</b>                                                                                                                     | <b>24</b> |
| <b>2. Material and methods.....</b>                                                                                                            | <b>26</b> |
| <b>3. Results.....</b>                                                                                                                         | <b>30</b> |
| <b>4. discussion.....</b>                                                                                                                      | <b>33</b> |
| <b>5. conclusions.....</b>                                                                                                                     | <b>36</b> |
| <b>References.....</b>                                                                                                                         | <b>36</b> |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                                                                                               | <b>51</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                                                        | <b>52</b> |
| <b>APÊNDICE A.....</b>                                                                                                                         | <b>56</b> |
| <b>ANEXO A.....</b>                                                                                                                            | <b>57</b> |
| <b>ANEXO B.....</b>                                                                                                                            | <b>58</b> |
| <b>ANEXO C.....</b>                                                                                                                            | <b>59</b> |



## 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A relação do homem com os animais é ancestral, sólida e essencial para as mais diversas atividades, como alimentação, transporte, companhia, turismo, agricultura, pecuária, economia e pesquisa. O búfalo, espécie *Bubalus bubalis*, (Linnaeus, 1758), é um mamífero ruminante adaptado às condições edafoclimáticas com desempenho satisfatório nas regiões subtropicais e tropicais do planeta (Zhang *et al.*, 2020). São utilizados como força de trabalho, produção de carne, leite e derivados (Cockrill, 1984). Na região amazônica apresentam ampla adaptabilidade aos ecossistemas locais. De acordo com a Associação dos Criadores do Estado do Amapá (ACRIAP, 2023), a bubalinocultura é a principal atividade pecuária desenvolvida. Sua expansão iniciou a partir de 1975, a fim de promover o “Programa de Desenvolvimento da Bubalinocultura”, com a introdução de grande número de animais, que logo se adaptaram nos campos inundáveis, típicos da região. O sistema de criação predominante é o extensivo, com aproveitamento das pastagens nativas dos campos inundáveis (Meirelles & Mochiutti, 2001; Ribeiro *et al.*, 2016). Ocupando uma área total de 142.470,762km<sup>2</sup> de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), o Estado do Amapá (AP) possui 16 municípios, e em todos são encontrados búfalos, criados em grandes, médias ou pequenas propriedades segundo a Agência de Defesa e Inspeção Agropecuária do Estado do Amapá (DIAGRO, 2023). Em contexto mercantil a pecuária bubalina amapaense está em crescente desenvolvimento, tendo o segundo maior número em rebanho do Brasil com 326.026 cabeças (IBGE, 2023).

A tecnologia está constantemente transformando diferentes áreas do conhecimento, e a pecuária não é exceção. A adoção de práticas inovadoras e sustentáveis será essencial para garantir a manutenção, competitividade e a relevância deste setor. A implementação de ferramentas tecnológicas está se tornando cada vez mais frequente em sistemas de criação de animais de interesse zootécnico, por meio do termo pecuária de precisão, derivado do inglês “*Precision Livestock Farming*” (PLF) (Duffy *et al.*, 2020). O uso da pecuária de precisão pode auxiliar no desenvolvimento de sistemas de produção mais sustentáveis, pois permite aumentar a eficiência do uso de insumos, reduzir o consumo de água e energia elétrica, adicionar qualidade aos produtos agropecuários, atenuar esforços, otimizar o trabalho e tempo. Refletindo em melhores condições ao meio ambiente e aos sistemas de produção animal (EMBRAPA, 2022).

As Aeronaves Remotamente Pilotadas (drone) ampliam a capacidade de observação do rebanho. Obtendo assim, indicadores produtivos, comportamentais e fisiológicos em benefício da saúde, produtividade e bem-estar dos animais (Bernardi *et al.*, 2017). Auxiliando em diversas funcionalidades, tais como: acompanhamento da pastagem; manejo do gado; observação dos cochos; busca por animais perdidos; comportamento alimentar; frequência cardiorrespiratória e a quantidade de animais que estão no pasto (Aquilani *et al.*, 2022). Imagens de alta resolução, fornecidas por drones, ajudam a identificar, compreender, analisar, organizar, reestruturar e gerir diversas demandas dentro de uma área ou propriedade específica (Wallace-Wells 2014; Hamilton, 2018; Duffy *et al.* 2022). Portanto, está se tornando uma ferramenta mais acessível, bastante utilizada para o monitoramento em tempo real ou não, contagem, estimativa de peso, dispersão no campo, detecção de parto, doenças, gestão e produção animal (Schad & Fischer, 2022). Atualmente há uma demanda mundial em utilização de drones nas mais diversas áreas (Koger, 2013). Por isso se faz necessário estudos que sustentem metodologicamente esta ferramenta como eficaz e válidas em pesquisas científicas.

Em pecuária drones são muito utilizados para contagem de bovídeos, tanto a pasto como em confinamento (EMBRAPA, 2022). Entretanto, propondo aqui uma perspectiva diferente, será que drones possuem a mesma eficácia em estudos que analisam o comportamento de búfalos? Drones podem monitorar uma espécie sem causar alterações comportamentais significativas?

A Amazônia carece de pesquisas sobre a utilização de drones em estudo do comportamento de búfalos, como comportamento de pastejo, comportamento social, ruminação, ócio, alimentação, amamentação entre outros. Enfim, muitas possibilidades podem ser exploradas, com o objetivo de auxiliar na produção, no ambiente, na saúde e bem-estar deste animal.

Se os búfalos estão integrados à visão social, cultural, econômica e ao desenvolvimento da região amazônica, é preciso também fortalecer a visão ambiental, introduzindo no manejo equipamentos de maior tecnologia, e que racionalizam melhor os recursos ambientais. Drones são eficientes em monitoramentos sem alterar e interferir significativamente na dinâmica do ambiente.

Nesse contexto, este estudo teve como objetivo geral analisar o uso de drone em estudo do comportamento animal, desenvolvendo um protocolo de monitoramento aéreo. Os objetivos específicos foram: 1) Discutir variáveis como altitude de voo e reatividade

diante da presença do drone como fator de perturbação animal; 2) Validar protocolo para o uso de drone DJI mini 2 que auxilie na compreensão do comportamento de búfalos; 3) Construir Etograma dos comportamentos dos animais monitorados; 4) Identificar repertórios comportamentais de búfalos a partir de perspectiva aérea, de forma segura e não invasiva, utilizando o drone; 5) Quantificar os comportamentos dos animais monitorados; 6) Explorar oportunidades e desafios na utilização de drones no monitoramento e na análise de dados, a fim de compreender a dinâmica comportamental da espécie.

Espera-se, fornecer dados para construção de uma pecuária de maior precisão no Estado, com novas metodologias de análise de tratamento de dados. Também trazer benefícios como: economia de tempo no monitoramento animal bem como da propriedade, oferecendo aos produtores e pesquisadores monitoramento em tempo real, além de fomentar a utilização de métodos etológicos menos invasivos e que não alterem de forma significativa a atividade comportamental da espécie.

## **1.2 O Búfalo**

Os búfalos são herbívoros de grande porte, corpo em forma de barril, peito largo, pernas robustas, pescoço curto e cabeça maciça (Cockrill, 1974, 1980, 1984). As fêmeas podem atingir em torno de 500 a 600kg enquanto os machos chegam a 900kg ou mais (ABCB, 2024). A pele normalmente tem coloração preta e espessura do couro extremamente grossa com a presença de poucos pelos (Damasceno, 2010).

Vistos por muitos como animal marginalizado, devido sua aparência robusta e rústica, acredita-se que seja arisco e de temperamento hostil de (Silva & Ribeiro ,2021). Entretanto, uma característica marcante desse bovídeo é a docilidade, reconhecido pelos criadores e pesquisadores como grande força de trabalho na produção de leite, carne, turismo rural e até produção de couro (Marques & Cardoso, 2001). Trata-se de um animal antigo, aproximadamente há três milênios passou de selvagem para doméstico, contribuindo com êxito em diversas atividades, graças a sua fácil adaptabilidade (Cockrill, 1974, 1980). Com exceção da Antártida, é encontrado em todos os continentes, na forma feral, selvagem e doméstica (Coelho, 2019).

Sem o manejo adequado podem em algumas circunstâncias se comportar na natureza como Espécie Exótica Invasora (EEI) por provocarem significativo impacto ambiental em várias regiões do mundo (Bisaggio *et al.*, 2013). No Brasil 66 animais

abandonados por uma fazenda vizinha à Reserva Biológica do Guaporé em Rondônia foram se reproduzindo sem controle, adentraram a área da reserva e aumentaram seu número para 4.000 mil cabeças, provocando grandes alterações ambientais nesta Unidade de Conservação (UC).

Na forma feral se reproduzem com facilidade formando grandes populações, as quais podem causar danos ambientais, o principal é a grande erosão em solos e econômicos (Petty *et al.*, 2007). No Brasil não há uma quantidade exata de populações ferais. Todavia, ocorrem na região norte em muitos locais, porém em pequenas quantidades de indivíduos (Brito 2008, Monteiro 2009). Na região dos lagos, no estado do Amapá e no Vale do Guaporé no estado de Rondônia (Tomas *et al.*, 2007).

Alguns pesquisadores começaram a promover o búfalo como animal de baixo custo para controlar e prevenir o crescimento descontrolado de plantas em zonas húmidas (Yáñez-Pizaña, 2020). Ao se alimentarem da vegetação permitem a recuperação de corpos d'água e geram condições heterogêneas da lama exposta, ambas fundamentais para aves aquáticas e outras espécies silvestres. Sendo este manejo reconhecido pelos seus benefícios ecológicos, sociais e econômicos.

De acordo com a ABCB (2024) o Brasil possui o maior rebanho bubalino do ocidente. São reconhecidas quatro raças( Figura 1): Carabao, Mediterrâneo, Jafarabadi e Murrah.

Figura 1- Raças de búfalos descritas pela Associação brasileira de criadores de búfalos (ABCB). (A) Búfalo da raça Mediterrâneo; (B) Búfalo da raça Carabao; (C) Búfalo da raça Murrah.(D) Búfalo da raça Jafarabadi.



Fonte: ABCB, 2024

### **1.3 Búfalos na Amazônia: o crescimento da bubalinocultura no Estado do Amapá, desafios e oportunidades.**

Sobre uma perspectiva histórica da introdução dos búfalos na Amazônia, segundo arquivos da (ABCB, 2024), os primeiros espécimes teriam chegado entre 1890 e 1895, trazidos por condenados oriundos da Guiana Francesa que naufragaram na costa norte da Ilha do Marajó. Sua grande adaptabilidade a este ambiente tropical, sua elevada fertilidade, longevidade produtiva e aptidão a criação extensiva permitiram que o rebanho se desenvolvesse de forma significativa, tornando a região norte do Brasil a maior em número de cabeças. Os estados do Pará e Amapá são os que mais se destacam, o Pará com 683.604 cabeças, e o Amapá com 326.026 (IBGE, 2023). Usualmente as explorações na Amazônia são feitas sob sistemas extensivos tendo como base alimentar pastagens nativas ou cultivadas, na maioria das vezes sem o concurso de alimentos concentrados, sendo pouco comum até mesmo a suplementação de volumosos nos períodos de pior oferta alimentar (Júnior, 2008). Zootecnicamente a espécie já demonstrou que tem espaço garantido como opção relevante na pecuária. No que se refere a seus produtos (carne, leite e derivados), não há dúvidas quanto sua excelente qualidade, propriedades sensoriais, nutricionais e mesmo funcionais.

A pecuária no Estado do Amapá está em pleno desenvolvimento. Suas características naturais de clima, solo e vegetação fazem com que este Estado possua uma vocação natural para a criação bubalina (ACRIAP, 2023). Sua aptidão orgânica com campos naturais, localizados em uma ampla área de várzea que sofre inundações

periódicas, proporciona ambiente adequado para o pastoreio de búfalos em condições extensivas. A finalidade da produção possui dupla aptidão: para leite e carne. Todavia, a produção e a produtividade desta espécie ainda são insuficientes para atender a demanda regional (Ribeiro *et al.*, 2016). Acredita-se que tais problemas estejam ligados ao manejo inadequado das áreas de produção, que na maioria das propriedades é extensiva, baseada apenas no uso de pastagens nativas, sem cercas, praticamente ausente de controles sanitários e reprodutivos, com insumos negativos para a pecuária (Meirelles & Mochiutti, 2001).

#### **1.4 Etologia: estudo comportamental dos búfalos**

Estudos de etologia com base na cognição, motivação e complexidade do comportamento social nos animais domésticos levaram a um rápido desenvolvimento da ciência do bem-estar animal (Broom, 2011). Compreender a etologia é essencial em um sistema de produção, visto que o estudo do comportamento pode ser utilizado para fins de compreensão evolutiva, preservação ambiental e eficiência produtiva (Oliveira, 2013). Considerando o aspecto comportamental dos búfalos, destaca-se a necessidade de expressar seus comportamentos naturais, como por exemplo, percorrer grandes distâncias durante o dia, necessidade que está diretamente ligada à disponibilidade de espaço (Broom & Molento, 2004). Todos os indivíduos possuem chifres, por isso é descrito uma forte hierarquia nos bubalinos demonstrada através da agressividade entre eles, onde o mais vigoroso, mais erado e com maiores chifres possuem destaque se tornando dominante. Necessitando de cuidados especiais no remanejamento de piquetes formando lotes mais homogêneos (Magalhães, 2015).

Possuem sazonalidade reprodutiva (Crockrill, 1980). Búfalas tem habilidade materna aguçada (Paranhos da Costa & Andriolo, 1998), escondem a cria logo após o nascimento para protegê-la de predadores, resistentes a parasitoses, são menos susceptíveis a mastites e menos exigentes em relação a pastagens, apresentando menor custo de produção (Crockrill, 1984).

Com o fenômeno crescente da bubalinocultura a procura por técnicas mecanizadas tem sido cada vez maior, algumas invasivas, que causam desconforto e afetam o temperamento do gado. Este, pode ser definido como a reatividade dos animais frente a determinadas situações que podem ser consideradas desafiadoras (Wilson *et al.*, 1994). A criação de búfalos tem sido impactada pela utilização de tecnologias, com ferramentas

que monitoram os sinais vitais e as suas atividades diárias, alertando sobre alterações que refletem diretamente no seu comportamento (EMBRAPA, 2022).

### **1.5 Bem-estar animal (BEA)**

De acordo com a Organização Mundial para Saúde Animal (OIE, 2023) o bem-estar é a maneira como o animal lida com o seu entorno, incluindo emoções e comportamento. Para animais de produção, assume-se que há boas condições de bem-estar quando são atendidas as "cinco liberdades", que procuram incorporar e relacionar padrões mínimos de qualidade de vida para os animais como: 1) livres de fome, sede e má nutrição; 2) livres de dor, lesão e doença; 3) livres de medo e angústia; 4) livres de desconforto; e 5) livres para manifestar o padrão comportamental da espécie. O bem-estar animal consiste em informações sobre o comportamento e a aplicabilidade de estratégias de manejo, desde o nascimento até o abate. Assim, levam-se em consideração as necessidades fisiológicas e comportamentais dos bovinos e bubalinos, com ganhos diretos e indiretos na produção de carne, leite e couro de qualidade (Pereira e Souza, 2022).

Novos desafios se apresentam neste cenário, com às crescentes cobranças quanto à qualidade de produto, segurança alimentar, rastreabilidade dos animais, bem-estar animal, mudanças climáticas, sustentabilidade dentre outras (EMBRAPA, 2023). Portanto, novas tecnologias de produção e gestão na pecuária passaram a ser estimuladas tais como, o uso colares inteligentes, balança de passagem, bebedouros automatizados, sensoriamento remoto e drones que serão usados de forma integrada ou não para monitorar uma série de indicadores de produtividade, ambientais e de bem-estar animal em sistemas de animais de produção (EMBRAPA 2021).

O uso de drones possibilita detectar problemas de saúde, comportamentos anormais e até mesmo condições do ambiente em que o gado está. Promovendo intervenções mais rápidas e eficazes, garantindo o bem-estar dos animais e a prevenção de possíveis surtos de doenças (DJI DRONES, 2024).

### **1.6 Pecuária de precisão (PLF): metodologias mais sustentáveis**

A pecuária de precisão é definida como aplicação de tecnologias únicas ou múltiplas em sistemas integrados para monitoramento individual ou coletivo e em tempo real da saúde, do bem-estar, de impactos ambientais, produção e reprodução (Aquilani *et al.*, 2022). Assim, infere-se que em sistemas de criação (extensivo ou intensivo), algumas aplicações de PLF podem melhorar substancialmente o controle do gado pelos produtores

ou pesquisadores, superando questões relacionadas à utilização, manejo, monitoramento e controle de animais (Martínez, G. B *et al.*, 2023).

Sensoriamento remoto por imagens de satélite e drones parecem promissores para avaliação de biomassa, manejo de rebanho, monitorar, rastrear ou mesmo reunir animais e foram relatadas em pesquisas recentes (Alvarenga, *et al.*, 2019). Outros autores apontam que independentemente das diferentes tecnologias aplicadas, algumas restrições comuns foram relatadas na aplicação de PLF, tais como a vida útil da bateria, alcance da transmissão, cobertura do serviço, capacidade de armazenamento e acessibilidade econômica (Bailey *et al.*, 2021).

No entanto, mesmo que o potencial dessas ferramentas tecnológicas ainda seja limitado, há demandas por meio de pesquisadores e produtores, que estão cada vez mais buscando por tecnologias voltadas para o campo. Resultados positivos em termos de conservação de pastagens, bem-estar animal e otimização do trabalho são esperados da disseminação de PLF (EMBRAPA, 2021). A utilização de drones surge como uma das aplicações de tecnologias de PLF mais utilizadas, visando melhorar a eficiência, a produtividade e o bem-estar dos animais, ao mesmo tempo em que reduz os impactos ambientais (Morelli *et al.*, 2019).

### **1.7 Aeronave remotamente pilotada – Drone**

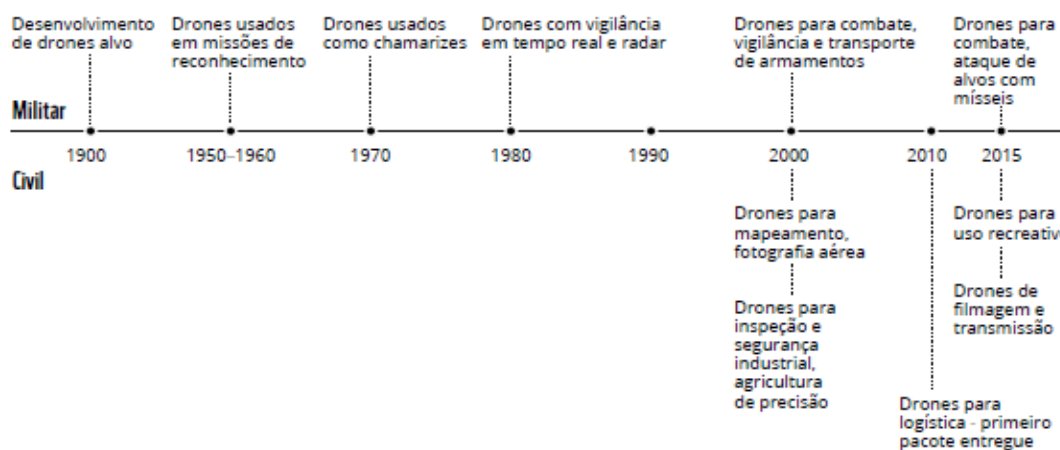
A palavra drone surgiu do inglês, termo traduzido que significa “zangão” devido seu zumbido durante os voos. Existem drones de todas as formas e tamanhos, produzidos por uma ampla variedade de fornecedores. Os mais usados em pesquisas são os mais leves, multirotores ou de asa fixa, de peso que variam de 240 gramas até aproximadamente 1,800 kg (Wallace & Wells, 2014).

A forma como os dados são coletados a partir dos drones varia conforme a aplicação, geralmente vêm equipados com GPS e sofisticados pilotos automáticos, e muitos modelos podem ser programados para voar por rotas estabelecidas. Normalmente, um drone estará equipado com um sensor (uma câmera, uma câmera termográfica ou algo mais sofisticado, como um radiômetro hiperespectral). Ele então sobrevoará a área de interesse e o sensor coletará os dados durante o voo (Duffy *et al.*, 2022). Os dados serão geralmente armazenados em um cartão de memória dentro do sensor, ou no próprio drone, dependendo se ou como o sensor estará integrado ao hardware do drone (Oliveira *et al.*,

2023). A conversão de dados em informação normalmente requer algum tipo de processamento, mas isso nem sempre terá demanda computacional.

Drones surgiram a pouco tempo no mercado consumidor (Figura 2) e são de grande utilidade para mapeamentos e observações locais, sendo amplamente utilizados por pesquisadores, seguindo um longo histórico de uso militar para vigilância e guerra (Giones & Brem ,2017).

Figura 2- Cronologia do uso militar e do uso civil de drones.



Fonte: Giones e Brem (2017).

Drones têm sido utilizados em uma ampla variedade de pesquisas, as principais áreas onde tem desempenhado papel significativo são: monitoramento ambiental, empregados para monitorar ecossistemas, contando populações de animais, analisando migrações e padrões de comportamento (Wall ,2016). Também no monitoramento de florestas, avaliando a saúde das florestas, identificando incêndios como os estudos desenvolvidos por Morelli *et al.* (2019) mapeando grandes áreas. Na pecuária de precisão, com sensores coletando informações sobre as pastagens. Na agricultura pode otimizar o tempo e o uso de recursos analisando áreas propensas a pragas, ajudando na saúde das plantações, como à aquisição de dados aéreos para o mapeamento de vegetação (Zahawi *et al.*, 2015). Em Geografia, podem mapear uma área topograficamente, principalmente em lugares de difícil acesso. Em desastres naturais podem percorrer áreas afetadas por terremotos, inundações ou furacões, fornecendo dados em tempo real sobre operações de resgate. Em pesquisas oceanográfica, podem coletar dados sobre a temperatura da água, e o comportamento de animais marinhos, como a coleta de amostras de esputo (*sputum*) de baleias (Geoghegan *et al.*, 2018) e habitats de recifes de corais e as espécies a eles associadas (Casella *et al.*, 2017). Na vida selvagem

monitoram sem perturbar o ambiente natural, contando populações e estudando comportamentos (Duffy *et al.*, 2022).No entanto, para realizar essas pesquisas é importante considerar questões éticas, de privacidade e de regulamentações locais. A seguir serão ilustradas algumas imagens de pesquisas com a utilização de drones (Figura 3).

Figura 3 – Fotos que ilustram exemplo do uso de Drones em pesquisa. (A) Monitoramento de botos tucuxis (*Sotalia* sp.), Brasil; (B) Monitoramento de gaviais (espécie de crocodilo ameaçada de extinção, Nepal). (C) Monitoramento de elefantes de Sumatra, Indonésia.



Fonte: A: Duffy *et al.* (2022). B; Drone awards, 2018; C: WWF (2020)

**Use of remotely piloted aircraft (drones) to study the behavior of buffaloes in a production system in the Eastern Amazon**

Maria Angélica Damasceno ROCHA<sup>1\*</sup>, Frederico Ozanan Barros MONTEIRO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia, Programa de Pós – Graduação em Saúde e Produção animal na Amazônia, Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501. Bairro: Terra Firme Cep: 66.077-830 Cidade: Belém-Pará-Brasil

<sup>2</sup>Professor Titular (Fisiologia Animal). Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Instituto da Saúde e Produção Animal – ISPA, Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501, Cep: 66.077-901, Belém, Brasil

\*Corresponding author: mariaangelicadr@gmail.com

**Use of remotely piloted aircraft (drones) to study the behavior of buffaloes in a production system in the Eastern Amazon**

**ABSTRACT**

This study evaluated the use of drones to monitor the behavior of Murrah buffaloes in two distinct production systems (extensive and intensive) in the State of Amapá, Brazil. The objective was to analyze the use of drones in the behavioral monitoring of buffaloes, contributing to the implementation of more accurate and sustainable practices in buffalo farming. A height of 15 m was selected for the construction of the Ethogram, allowing the safe and non-invasive identification of behaviors. The distribution of data was analyzed for normality using the Shapiro-Wilk test ( $W = 0.803$ ;  $p < 0.05$ ) and homoscedasticity ( $F = 0.345$ ;  $p = 0.558$ ), which was shown to be homogeneous. Animal reactivity was evaluated using Spearman's correlation, and the environmental effect on the response variables was analyzed using PERMANOVA analysis. PCoA analysis

explored the spatial distribution of the data. With 104 hours of stored images, 17 behavioral types were identified. The results validated the use of the DJI Mini 2 drone for minimally invasive aerial monitoring. The reactivity of buffaloes to the drone decreased with increasing altitude, with 15 meters being ideal for monitoring, as it minimized stress and behavioral changes. Confined buffaloes (Area 2) showed greater reactivity, spending more time in states of alert and tension compared to buffaloes in pasture (Area 1), which showed less reactivity due to greater freedom and environmental stimuli. Multivariate analysis and PERMANOVA confirmed significant differences between areas, with Area 1 showing greater behavioral diversity (12 types) compared to Area 2 (8 types).

**KEYWORDS:** drone, animal behavior, murreh

## **Utilização de aeronaves pilotadas remotamente (drones) para estudo do comportamento de búfalos em sistema de produção na Amazônia Oriental**

### **RESUMO**

Este estudo avaliou o uso de drones para monitorar o comportamento de búfalos Murreh em dois sistemas de produção distintos (extensivo e intensivo) no Estado do Amapá, Brasil. O objetivo foi analisar o uso de drones no monitoramento comportamental de búfalos, contribuindo para a implementação de práticas mais precisas e sustentáveis na criação de búfalos. Foi selecionada uma altura de 15 m para a construção dos Etogramas, permitindo a identificação segura e não invasiva dos comportamentos. A distribuição dos dados foi analisada quanto à normalidade usando o teste de Shapiro-Wilk ( $W = 0,803$ ;  $p < 0,05$ ) e homocedasticidade ( $F = 0,345$ ;  $p = 0,558$ ), que se mostrou homogênea. A reatividade animal foi avaliada usando a correlação de Spearman, e o efeito ambiental nas variáveis de resposta foi analisado usando a Análise PERMANOVA. A Análise PCoA explorou a distribuição espacial dos dados. Com 104 horas de imagens armazenadas, 17

tipos comportamentais foram identificados. Os resultados validaram o uso do drone DJI Mini 2 para monitoramento aéreo minimamente invasivo. A reatividade dos búfalos ao drone diminuiu com o aumento da altitude, sendo 15 metros o ideal para monitoramento, pois minimizou o estresse e as mudanças comportamentais. Os búfalos confinados (Área 2) apresentaram maior reatividade, passando mais tempo em estados de alerta e tensão em comparação aos búfalos em pasto (Área 1), que apresentaram menor reatividade devido mais estímulos ambientais. A análise multivariada e a PERMANOVA confirmaram diferenças significativas entre as áreas, com a Área 1 apresentando maior diversidade comportamental (12 tipos) em comparação à Área 2 (8 tipos).

**PALAVRAS-CHAVE:** drone, comportamento animal, murreh

## **INTRODUCTION**

The buffalo (*Bubalus bubalis*, Linnaeus 1758) is a ruminant mammal that exhibits adaptability to various soil and climate conditions, showing satisfactory performance in the subtropical and tropical regions of the world (Cockrill 1984; Martínez et al. 2023). Known for its docility, the buffalo is highly regarded by breeders and researchers as an asset for milk, meat, rural tourism, and leather production (Damasceno et al. 2010). In Brazil, the main buffalo breeds are Carabao, Mediterranean, Jafarabadi, and Murreh.

Buffaloes are particularly adaptable to different ecosystems, with a significant presence in regions with favorable conditions, such as floodplains. Buffalo farming has gained increasing importance due to its economic contributions and the global growth of herds (IBGE, 2023). This expansion is supported by development programs and the adoption of technological innovations that have transformed animal production, enhancing efficiency and sustainability in the sector.

Among the technological advancements, precision livestock farming (PLF) has become increasingly prevalent in animal production systems, promoting sustainability and operational efficiency. These technologies optimize resource use, reduce consumption of water and energy, improve product quality, and facilitate individualized monitoring, significantly contributing to the welfare of the animals (Duffy et al. 2020; Aquilani et al. 2022; EMBRAPA 2024).

One of the most promising innovations in this area is the use of drones, which have expanded the capabilities for observation and monitoring in livestock management. Drones provide valuable data on production, behavior, and physiological conditions, which are essential for animal health, productivity, and welfare (Bernardi et al. 2017). Furthermore, they enable early detection of health issues, identification of abnormal behaviors, and monitoring of environmental stressors, allowing for prompt interventions to prevent disease outbreaks and improve animal welfare (Schad e Fischer 2022; DJI DRONES 2024).

Despite the promising potential of drones, further studies are necessary to validate their effectiveness and safety in non-invasive aerial monitoring. Research gaps remain regarding the behavioral impacts of drone flights on livestock species, particularly buffaloes. Limited information exists on how drones affect buffalo behavior during key activities such as grazing, social interactions, rumination, resting, feeding, and nursing.

This knowledge gap presents an opportunity for research aimed at improving livestock production, environmental management, health, and welfare. The strategic application of drones in animal management could transform livestock practices, fostering more sustainable and efficient production systems.

Thus, this study aims to assess the use of drones in the behavioral monitoring of buffaloes, contributing to the development of more precise and sustainable practices in buffalo farming. The findings will provide valuable insights for producers and researchers, promoting the adoption of non-invasive technologies that enhance animal health, welfare, and productivity.

## **MATERIAL AND METHODS**

### **Study sites**

The study was approved by the Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) of the Universidade Federal Rural da Amazônia (CEUA Protocol No. 9709030324/ID 000674). Authorization for each flight was obtained from the Department of Airspace Control in accordance with the instructions outlined in the Aeronautical Information Circular (AIC-N21/10). A Certificate of Registration of Unmanned Aircraft for Non-Recreational Use, issued by ANAC, was obtained with registration number PP-865022546. The research was conducted in two different production systems: Area 1 (extensive) and Area 2 (intensive breeding). Extensive system is characterized as raising animals of economic interest, exclusively on pasture, making maximum use of natural resources, with restricted supplementation (Oliveira et al. 2008). Intensive system is characterized as raising animals of zootechnical interest, in a delimited space, with the formation of groups in corrals or paddocks, receiving food and water in a balanced manner (Abreu et al. 2018).

Area 1 was characterized as a family quilombola property called Retiro São Francisco do Quilombo do Curiaú (Macapá – AP) (Lat.: 8°53' N, Long.: 51°24' W), with an extensive production system of Murrah buffaloes (Figure 1). The herd is considered

domesticated and does not mix with animals from nearby properties. Therefore, no fences have been built to delimit the properties. The property has 80 animals, including 1 adult male, 12 male calves, and 67 females, distributed over approximately 300 hectares.

## **FIGURE 1**

Area 2 was characterized by an intensive production system (confinement). Agromix Farm (Macapá – AP) (Lat.: 6°14' N, Long.: 51°10' W) covers 400 hectares (Figure 2). In the region, it stands out for its potential in raising buffaloes for slaughter. It has a total of 180 Murrah buffaloes, distributed in paddocks with free access to water and feed provided in the trough twice a day, composed of bulky and concentrated feed. The sample for this research included 10 animals: 1 adult male and 9 females of reproductive age.

## **FIGURE 2**

### **Sample collection and processing**

The research image collection was obtained through flyovers using the Mini 2 drone from the manufacturer DJI as the observation platform, equipped with a 4K camera sensor. This quadcopter captures videos in 4K resolution (4096 x 2160 pixels per frame) and has a flight autonomy of 31 minutes. Its weight specification (including the battery and propellers) is 242 grams, and it consists of three rechargeable batteries. It was chosen for the research because it is a reference drone in producing low noise levels compared to other drones with similar characteristics. Additionally, it is compact in size and has a neutral color.

The captured images were recorded from orthogonal perspectives (vertical, at a 90° angle), which capture detailed portions of the animal, and from oblique perspectives, showing the animal from different angles for a general characterization of the animal and

its environment. The images were transmitted and processed using specific DJI Fly software installed on a mobile device and stored on a 128 GB SD card.

The aerial monitoring resulted in a significant data set, totaling 104 hours of stored images. The data was collected through aerial monitoring at the research control points, which are used to validate the information obtained by the drone's lenses (Alves 2023). In Area 1, the control point corresponds to 10,600 m<sup>2</sup>, and in Area 2, the control point is Picket 1 (Figure 3).

### **FIGURE 3**

The buffaloes were monitored in two stages (1 and 2). Stage 1 was conducted to determine the optimal altitude for the drone in relation to the animals, ensuring that there was no significant interference with their behavior during the flights. To achieve this, the Drone Altitude Test was applied, in which the duration of the animal's response time to the presence and noise generated by the equipment (noise from the propellers and engine) was recorded. This test was conducted over a total of 16 hours of footage (8 hours in Area 1 and 8 hours in Area 2). The transects (flight lines) were adapted from the methodology described by Hamilton (2018) and Buckland et al. (2004). For this stage, only a single transect was performed during each flight.

To avoid negative behavioral responses from the animals and ensure equipment safety, an initial departure height of 20 m was established for the transect (Serpa et al. 2018; Andrade 2020; Koger et al. 2023). The height scales defined for the test were 20 m, 15 m, 10 m, 5 m, 3 m, and 2 m. At each specific height, the drone monitored the animals for 10 minutes. This pattern was repeated twice a day: once in the morning from 9:00 a.m. to 10:50 a.m. and once in the afternoon/evening from 5:00 p.m. to 6:50 p.m., for four consecutive days. When the closest group of buffaloes was randomly reached,

observations focused on the animal that first noticed the presence of the drone. This was the focal animal used for the development of the test, following the focal animal sampling method (Altman 1974).

The test initially took place in Area 1, with the drone departing from the outer right edge of the AP 070 highway (starting point) at a height of 20 m and a flight speed of 10 km/h. The distances covered varied: 115 m on the first day, 113 m on the second day, 98 m on the third day, and 121 m on the fourth day. The same procedure was followed in Area 2, where the animals were in confinement, with the drone starting 20 m away from the initial point. The drone maintained a flight speed of 10 km/h and covered a fixed distance of 62 m on all flights to paddock 1. Although the manufacturer recommends a flight autonomy of 31 minutes, for safety reasons, the research used a total margin of 20 minutes per battery. A total of 2 hours per day was used (1 hour in the morning and 1 hour in the afternoon/evening).

Stage 2 involved first constructing two Ethograms, one for each research area. Then, using high-resolution images, it was possible to identify, analyze, and quantify the frequency of the behaviors observed. Monitoring during this stage was conducted through several flight lines within the control point of each area, for 20 minutes per battery, with a 10-minute interval for each replacement. The observations took place in the morning (09:00 to 10:10) and in the afternoon/evening (17:20 to 18:30), totaling 2 hours per day. A total of 88 hours of images were collected (44 hours in Area 1 and 44 hours in Area 2). Observation of the animals for both the Ethograms and behavior analyses was based on the focus group method (Altman 1974).

## **Statistical Analysis**

Data distribution was tested for normality using the Shapiro-Wilk test (RVAideMemoire package) and showed a non-normal distribution ( $W = 0.803$ ;  $p < 0.05$ ). Homoscedasticity was assessed with the Levene test (car package), which showed homogeneity ( $F = 0.345$ ;  $p = 0.558$ ). To evaluate the effect of drone height on animal reactivity, Spearman's correlation was applied (cor.test function in R). A correlation graph was constructed using the ggplot2 package. To assess the impact of environment (Area 1 and Area 2) on response duration, PERMANOVA was applied using the response time matrix for each altitude (2m, 3m, 5m, and 10m), transformed with the (sqrt + 1) function (vegan package). Principal Coordinate Analysis (PCoA) was used to explore the spatial distribution of the data. Both PCoA and PERMANOVA employed the Euclidean distance method. Vector adjustments in the ordination were performed with the "envfit" function (vegan package), using 999 permutations for empirical significance. Data were organized in Microsoft Office Excel 2019, and all analyses were performed in R (R Core Team 2021).

## RESULTS

During the drone altitude test, the relationship between two variables (Figure 4) was observed, analyzed, and displayed in Spearman correlation graphs: the duration of the response to the drone (animal reactivity), measured in seconds (s), and the height of the drone, measured in meters.

### FIGURE 4

The blue dots represent the animal's reactivity to drone flights at altitudes of 20m, 15m, 10m, 5m, 3m, and 2m. The variables behave inversely in the two graphs, Area 1 and Area 2, respectively, maintaining a negative correlation. As the drone's altitude

increases, the animal shows less reactivity (shorter response time to the drone). Conversely, when the drone's height decreases, the animal's reactivity increases (longer response time to the drone). In graph A (Area 1), the altitude with the longest duration of reactivity to the drone was at 3m, with a response time of 55.02s. In graph B (Area 2), the altitude with the longest duration of reactivity to the drone was at 5m, with a response time of 233.43s. In other words, confined animals are more reactive and spend much more time in an alert and/or tense state with the drone than animals in pasture.

This temperament, according to our results, can be visually understood through the body postures performed by the buffaloes, which are generally characterized by movements of raising and lowering the head in an alert position, sniffing with the snout to identify the object (drone), and vigorous tail swinging. These behaviors reflect a tendency toward an alert and/or tense state. This is similar to the description by Paranhos and Magalhães (2015), where an alert animal exhibits abrupt movements of the tail, ears, and head, and a tense animal presents similar abrupt movements of the tail, ears, and head.

The Spearman correlation graph shows that in both monitored environments, at a height of 10 m, there is a considerable decrease in reactivity to the drone. At 15 m and 20 m, the animals either did not perceive or did not express any changes in their behavior (reaction time equal to 0), continuing their activities normally in the pasture (Area 1) and in paddock 1 (Area 2). This indicates a positive response to the presence of the drone at these altitudes. In the Principal Coordinates Analysis (PCoA), four variables were considered: M2, M3, M5, and M10 (flight heights), thus making the analysis multivariate. Except for M15 and M20, which showed no response, the data resulted in a 2D graph with two axes (PCoA1 and PCoA2) corresponding to Area 1 and Area 2. The analysis revealed that the animals responded differently in relation to the duration of reactivity in the two environments (Figure 5).

## FIGURE 5

PERMANOVA revealed that the study areas (A1 and A2) influenced the animals' response duration ( $F = 55.37$ ;  $R^2 = 0.798$ ;  $p = 0.001$ ). Axes 1 and 2 of the PCoA explained 96.1% of the data variation. The graph clearly shows the formation of two groups, corresponding to the two studied areas (A1 and A2). All sampled altitudes were more strongly associated with area 2, indicating that the longest response durations (reactivity) occurred in this area. The altitude of 2 meters was particularly representative and strongly correlated with area 2. The vector adjustment in the ordination, performed by the “envfit” function, shows that all altitudes are significant and influenced the data variation. The combined results from the PERMANOVA and PCoA analysis (Table 1) highlight the application of the approach to both research areas. Values equal to or less than  $p < 0.05$  indicate a significant difference.

## TABLE 1

The average response time of the animals to the presence of the drone in Area 1 and Area 2 differs. In the average time for axes 1 and 2, applied to the  $R^2$  test, we found that the p-value was less than 0.05 at the sampled altitudes (M2, M3, M5, and M10), with a value of 0.001. Therefore, the result is significant. Based on the statistical methods applied, it was observed that the drone is an effective tool to be used at a safe height of 15 meters for monitoring buffaloes, disapproving its use at lower altitudes. Consequently, the flight protocol was applied for this specific height. This led to the next stage: the construction of ethograms and identification of behaviors.

## TABLE 2

The images captured by the drone allowed the observation of different types of behaviors expressed by the buffaloes in the study areas. In the Ethogram of Area 1 (Table

2), 12 types of behaviors were identified. In the Ethogram of Area 2 (Table 3), 8 types of behaviors were identified.

### **TABLE 3**

The comparative study of buffalo behavior in the presence of drones revealed distinct behavioral patterns between the two analyzed areas (Figure 6). In Area 1, a greater diversity of behaviors was observed. Feeding activities were recorded in 20% of the animals, rumination in a lying position in 12%, and social hierarchical interactions in 10%.

Exclusive behaviors observed in Area 1 included grazing, standing rumination, mother-calf relationships (both individual and group), nursing, displacement, socialization, and harmonious interspecies interactions. Additionally, some atypical behaviors were noted in this region.

In contrast, buffaloes in Area 2 exhibited a higher frequency of feeding (34%), a lower occurrence of lying rumination (9%), and fewer hierarchical interactions (6%). Specific behaviors characteristic of Area 2 included approaching water sources, demonstrations of affective bonding, agonistic behaviors, water immersion, and prolonged periods of inactivity.

### **FIGURE 6**

## **DISCUSSION**

The flight altitude of drones plays a critical role in both the spatial resolution of captured images and the behavior of the animals under observation. Higher altitudes often result in reduced image quality, while lower altitudes may cause discomfort or stress to

the animals (Alencar et al. 2020). In the present study, a flight altitude of 15 meters was found to be optimal for monitoring buffaloes, enabling the collection of reliable behavioral data without inducing significant behavioral changes in the animals.

The impact of drone flight height on image quality and animal reactivity is well-documented in the literature. High altitudes tend to produce lower-resolution images, whereas lower altitudes can provoke stress and discomfort (Alencar et al. 2020). Our study confirms that 15 meters provides a suitable balance, allowing for effective behavioral monitoring while minimizing disturbances to the buffaloes' natural behaviors.

Environmental factors also play a key role in shaping the animals' responses to drone monitoring. Buffaloes in Area 1, raised in a quilombola community with frequent human and vehicle activity, likely developed a heightened tolerance to various stimuli, including the sounds and sights associated with drone flights. This constant exposure to diverse environmental stimuli may have enhanced the buffaloes' resilience to external disturbances, such as drone noise. In contrast, buffaloes in Area 2, confined to smaller spaces with limited stimuli, displayed greater reactivity, likely due to their less varied environment. The lack of environmental enrichment in the confined system may have further exacerbated their stress responses. No behavioral enrichment resources, such as forage-searching opportunities, hay balls, or interactive activities, were provided, which limited the buffaloes' behavioral expression and may have contributed to their increased reactivity. This aligns with the findings of Porto et al. (2018), who noted that reduced behavioral options are linked to higher reactivity and compromised well-being.

Additionally, studies by Oliveira et al. (2021) have shown that animals with higher reactivity often experience poorer weight gain and feed efficiency, leading to reduced productivity in terms of meat and milk production. Our observations suggest that 15

meters is an optimal drone altitude to avoid inducing stress and to facilitate the natural behavioral patterns of buffaloes, promoting a more stable and productive response.

The comparison of behaviors between the two areas revealed notable differences in behavioral diversity. The buffaloes in Area 1 exhibited a broader range of behaviors (207 occurrences), which can be attributed to the more complex and dynamic environment of the extensive system. In contrast, the buffaloes in Area 2 demonstrated fewer behavioral expressions (174 occurrences), supporting the idea that restricted environments with limited stimuli can reduce behavioral variety and affect animal welfare. Silva (2021) highlighted that confinement and lack of space are linked to an increase in stereotypic behaviors, which negatively impact animal welfare. Our results suggest that ensuring adequate space and environmental enrichment are crucial for enhancing buffalo welfare in both extensive and intensive systems.

Both production systems, extensive and intensive, have their respective advantages and limitations. It is essential to provide optimal conditions for the buffaloes, including access to fresh water, adequate nutrition, shade, and sufficient space, to ensure their well-being and productivity. By meeting these needs, livestock management practices can be improved, benefiting both animal welfare and farm productivity.

Finally, the use of drones for behavioral monitoring offers substantial potential for large-scale data collection. Drones allow for detailed observation of complex social, feeding, and ecological interactions that are difficult to capture using traditional methods. This technological approach represents a valuable tool for understanding animal behavior and improving management practices, particularly in both extensive and intensive production systems.

## CONCLUSIONS

The data obtained validated the use of the DJI Mini 2 drone for minimally invasive aerial monitoring, providing valuable insights into the behavioral repertoires of buffaloes. Reactivity to the drone decreased with increasing altitude, with 15 meters being identified as the optimal height for monitoring, as it minimized stress and behavioral changes in the animals. Buffaloes in confined conditions (Area 2) exhibited higher reactivity, spending more time in alert and tense states compared to those in pasture (Area 1), which displayed reduced reactivity due to greater freedom and environmental stimuli. Multivariate analysis and PERMANOVA confirmed significant differences between the areas, while the Ethograms revealed greater behavioral diversity in Area 1, with 12 distinct behavior types, compared to 8 in Area 2.

## REFERENCES

- Abreu, UGP; Bergier, I; Costa, FP; Oliveira, FOF; Nogueira, E; et al.2018. Sistema intensivo de produção na região tropical brasileira: o caso do Pantanal. Corumbá: Embrapa Pantanal. 01-26.
- Alencar, AEB.; Attademo, FLN.; Normande, IC.; Luna, F.O. 2020. Uso de aeronaves não tripuladas (DRONES) para pesquisa e monitoramento de peixe-boi-marinho e seu habitat. Brasília: ICMBio. 01-45.
- Altmann, J. 1974. Observational study of behavior: Sampling methods. Behaviour.227-267.

- 357 Alves, D J G. 2023. Possibilidades e desafios no uso de drone para mapeamento de  
358 comunidades tradicionais na Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia Física*. v. 16,  
359 n.05: 2594-2608.
- 360 Andrade, I. B. 2020. Estratégia de forrageamento de subsuperfície de *Chelonia mydas* e  
361 suas implicações para a conservação. Vitória, ES. Master's dissertation. Universidade  
362 Federal do Espírito Santo (UFES). Brazil. 37p.  
363 ([https://repositorio.ufes.br/server/api/core/bitstreams/2924e24a-d614-4011-9e35-](https://repositorio.ufes.br/server/api/core/bitstreams/2924e24a-d614-4011-9e35-1fa75e2730ab/content)  
364 [1fa75e2730ab/content](https://repositorio.ufes.br/server/api/core/bitstreams/2924e24a-d614-4011-9e35-1fa75e2730ab/content)).
- 365 Aquilani, C; Confessore, A; Bozzi, R; Sirtori, F; Pugliese, C; et al. 2022. Review:  
366 Precision livestock Technologies in pasture-based livestock systems. *The international*  
367 *magazine of animal biosciences*. 16: 01-14.
- 368 ABNT. 2023. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10520:  
369 informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro.  
370 ([http://plone.ufpb.br/secretariado/contents/documentos/abnt-docs/2023\\_abnt-10520-](http://plone.ufpb.br/secretariado/contents/documentos/abnt-docs/2023_abnt-10520-citacoes.pdf)  
371 [citacoes.pdf](http://plone.ufpb.br/secretariado/contents/documentos/abnt-docs/2023_abnt-10520-citacoes.pdf)). Accessed on: 16 Jul 2024.
- 372 Bernardi, ACC.; Junior, AL.; Perez, N B.; Inamasu, RY. 2017. Potencial de uso das  
373 tecnologias de agricultura e pecuária de precisão e automação. *Embrapa Pecuária Sudeste*  
374 São Carlos, SP. 124: 01-24.
- 375 Buckland, ST; Burnham, KP; Anderson, DR; Laake. JL; Borchers, DL; et al. 2004.  
376 *Advanced distance sampling: Estimating abundance of biological populations*. New  
377 York: Oxford University Press.

- 378 Cockrill, WR. 1984. Water buffalo: Evolution of domesticated animals. New York:  
379 Longman Inc. 52- 63.
- 380 Damasceno, F A.; Viana. J.M.; Tinôco, I.F.F.; Gomes R.C.C.; Schiassi, L.; et al. 2010.  
381 Adaptação de bubalinos ao ambiente tropical. Revista Eletrônica Nutri time.5: 1370-  
382 1381.
- 383 DJI, Software DJI Ground Station PRO (DJI GS PRO). 2024. Empresa DJI.  
384 (<https://www.dji.com.br>)
- 385 Duffy, J P; Anderson, K; Shapiro, A; Avino, FS; De bell, L; et al.2020. Tecnologias de  
386 Drones para Conservação, Série de Tecnologia para Conservação. WWF. (Ed.  
387 Português). 20-41.
- 388 EMBRAPA. 2024. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA  
389 (Brasil). (<https://www.embrapa.br>). Accessed on: 02 jul2024.
- 390 Fox J; Weisberg S. 2019. An {R} Companion to Applied Regression, Third Edition.  
391 Thousand Oaks CA. ( <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/.2019>).
- 392 Hamilton, S. 2018. More than pretty pictures: Drones, bison kills, and considerations of  
393 cultural landscapes. *Archaeological Survey of Alberta Occasional*. 53-91.
- 394 Herve M. 2023. RVAideMemoire: Testing and Plotting Procedures for Biostatistics. R  
395 package version 0.9-82-2. (<https://CRAN.R-project.org/package=RVAideMemoire>).
- 396 IBGE. 2023.INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo  
397 agropecuário. ( <https://www.ibge.gov.br>). Accessed on: 11 Agost 2024.

- 398 Koger, B; Deshpande, A; Kerby, JT; Graving, JM; Costelloe, BR; et al. 2023. Quantifying  
399 the movement, behaviour and environmental context of group-living animals using  
400 drones and computer vision. *Journal Animal Ecol.* 92:1357-1371.
- 401 Martínéz, G B; Azevedo, CMBC; Maria, BG; Junior, MCMO; Filho, JAR ;et al. 2023.  
402 Behaviour of buffaloes in different silvipastoral system arrangements in the northeast  
403 paraense. *Brazilian Journal of Development.* 5: 16454-16470p.
- 404 Serpa, N.; Frainer, G.; Gass, C M.; Santos, B.; Moreno, I. 2018. Sob os nossos olhos:  
405 desvendando o comportamento dos botos da barra (*tursiops gephyreus*) a partir da  
406 perspectiva aérea.
- 407 Oksanen, J; Blanchet, FG; Friendly, M; Kindt, R; Legendre, P; 2018. Package” vegan  
408 “Community Ecology Package. R package version 2.5-2. ([https://CRAN.R-](https://CRAN.R-project.org/package=vegan)  
409 [project.org/package=vegan](https://CRAN.R-project.org/package=vegan).)
- 410 Oliveira, RL.; Barbosa, MAAF.; Ladeira, MM. 2008. Revista Brasileira de Saúde e  
411 Produção Animal: Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal. *Revista Brasileira de*  
412 *Saúde e Produção Animal*, Ondina.7:90-115.
- 413 Oliveira, A. F.M.; Quirino, C.R.; Barbosa, P.O.; Rodrigues, S.J.A. 2021. Considerações  
414 do comportamento e bem-estar animal búfalos e peixes. Editora Edifes. Vitória, ES. 77p.
- 415 Paranhos Da Costa, M J R.; Magalhães, L. 2015. Temperamento de bovinos Gir e  
416 Girolando: efeitos genéticos e de manejo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte. 286:  
417 100–107.

- 418 Porto, S LB; Lobo, KAN; Silva, ASL; Maia, CP; Souza, G. C; et al.2018. Avaliação do  
419 comportamento de bovinos e bubalinos durante exposição feira agroindustrial do baixo  
420 Amazonas. *Agroecossistemas*.10:11-24.
- 421 R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R  
422 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (<https://www.R-project.org/>)
- 423 Schad, L.; Fischer, J. 2022. Opportunities and risks in the use of drones for studying  
424 animal behaviour. *Methods Ecol Evol*. 14:1864–1872.
- 425 Silva, G. C.; Ribeiro, LS. 2021. Os bubalinos no brasil e a produção de leite. *GETEC*.  
426 26:42-50.
- 427 Wickham H. 2016.*ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New  
428 York.

**Figure 1.** Area 1: Retiro São Francisco, a family-owned quilombola property located in Quilombo do Curiaú, Macapá, AP, featuring an extensive production system. The research sampling location is marked with a yellow dot at coordinates Latitude 0°8'53"N and Longitude 51°2'24"W.

**Figure 2.** Area 2: Agromix Farm, located in Macapá, AP, is characterized by an intensive production system. Plot 1 (yellow) indicates the focal point of the observations, with coordinates at latitude 0°6'14"N and longitude 51°10'31"W.

**Figure 3.** (A) Aerial image captured by a drone at Retiro São Francisco (Quilombo do Curiaú, AP, Brazil), showing extensive buffalo farming. (B) Aerial image captured by a drone at Fazenda Agromix (Macapá, AP, Brazil), providing an aerial perspective of the confinement area.

**Figure 4.** (A) Spearman correlation for Area 1 and (B) Area 2, based on the duration of the response to the drone (in seconds) and the height (in meters).

**Figure 5.** Principal Coordinates Analysis (PCoA) based on the Euclidean distance matrix for drone overflight time data at different altitudes in Areas 1 (A1) and 2 (A2). The percentage of variation explained by the principal coordinates is indicated on the axes.

**Figure 6.** Types of animal behavior expressed as a percentage in relation to the presence of the drone in the two study areas: Area 1 (Retiro São Francisco) and Area 2 (Agromix Farm)

**Table 1.** The envfit test, which used 999 permutations and a Euclidean distance matrix to evaluate the correlation of altitudes (in meters) with the ordination axes (Axis 1 and Axis 2). The  $R^2$  values indicate the strength of the relationship, while the p-values (all  $< 0.05$ ) denote statistically significant correlations.

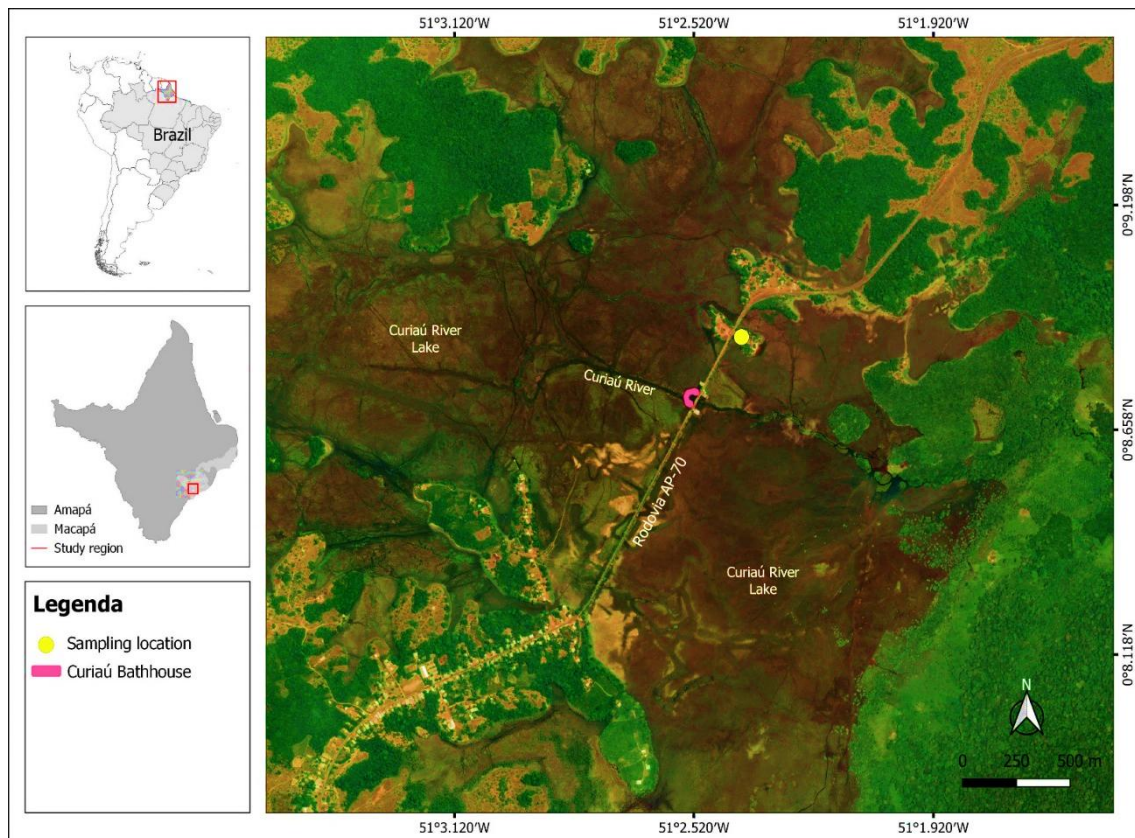
| Altitudes (m) | Axis 1 | Axis 2 | $R^2$ | p     |
|---------------|--------|--------|-------|-------|
| M2            | 0.996  | 0.080  | 0.967 | 0.001 |
| M3            | 0.694  | 0.719  | 0.950 | 0.001 |
| M5            | 0.651  | 0.758  | 0.870 | 0.001 |
| M10           | 0.564  | -0.825 | 0.932 | 0.001 |

**Table 2.** Ethogram of buffaloes monitored from an aerial perspective, Area 1 (extensive breeding).

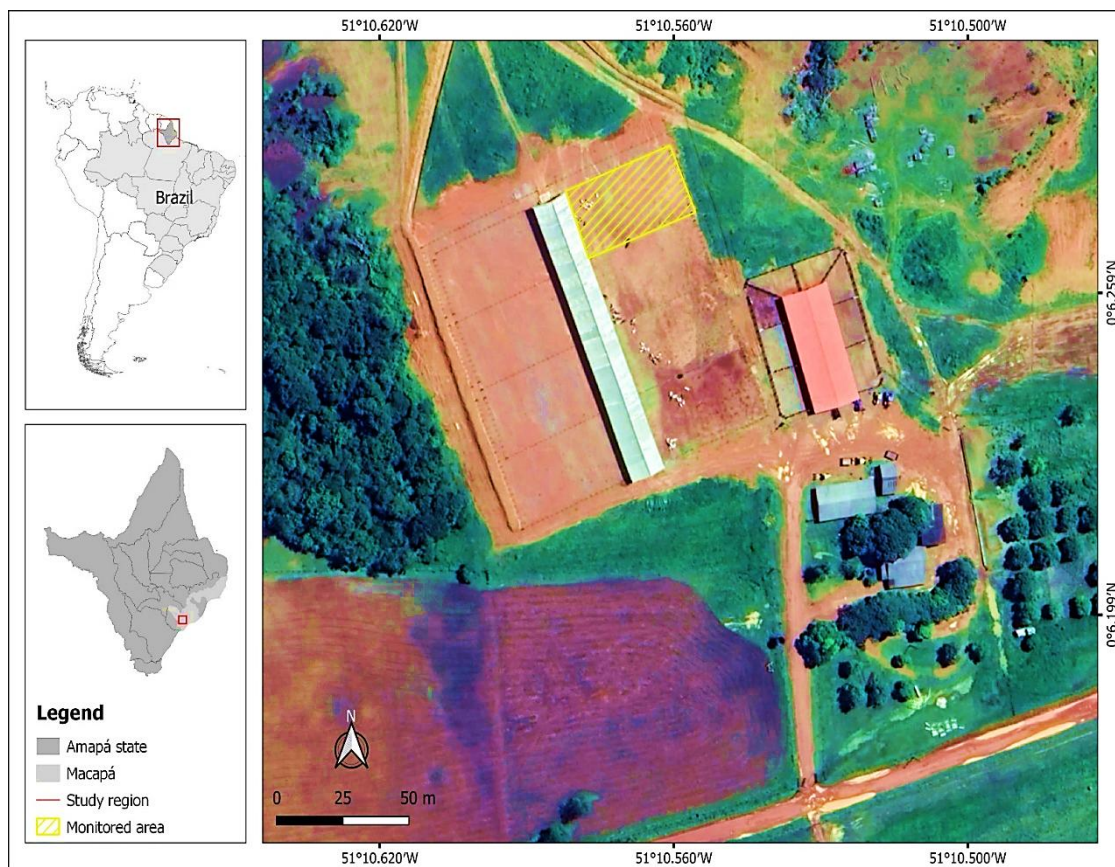
| Behavioral Unit                     | Descriptors                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Grazing behavior                    | Buffalo moving continuously, searching for food in the pasture with its head tilted, smelling, sniffing, and exploring different areas of the pasture.                   |
| Eating behavior                     | Buffalo with its head tilted, alternating between lowering and raising its head, grasping forage with its tongue, and chewing with mechanical movements.                 |
| Rumination (lying down posture)     | Buffalo lying down, resting with its head raised, showing intensive jaw movements, evident salivary secretion, regurgitating partially digested food, and chewing again. |
| Rumination (standing posture)       | Buffalo standing at rest, with its head raised, showing intensive jaw movements, evident salivary secretion, regurgitating partially digested food, and chewing again.   |
| Maternal-filial behavior            | Female buffalo accompanying her calf in the pasture after breastfeeding.                                                                                                 |
| Breastfeeding                       | Calf standing next to its mother, searching for the teats, and sucking to ingest milk.                                                                                   |
| Social hierarchy                    | Male buffalo in a dominant position, with a proud posture, head held high, and vocalizing.                                                                               |
| Displacement                        | Buffalo walking with its head high, showing vigorous movements, a slow and firm gait, coordinated limb motion, vocalizing, and walking along trails in a lined position. |
| Group-filial maternal behavior      | Female buffaloes caressing their calves in an integrated manner, while young buffaloes wallow in a mud puddle.                                                           |
| Socialization                       | Young buffaloes in a group, showing sinuous movements, lowering and raising their heads, rubbing against each other, headbutting, and partially immersing in mud.        |
| Atypical behavior                   | Spotted, blind buffalo with its head tilted upwards, sniffing with its snout, reacting to the presence of the drone at 15 meters above.                                  |
| Harmonic interspecific relationship | Buffalo lying in a mud puddle, relaxed, with a bird resting on its back, pecking and capturing parasites with its beak.                                                  |

**Table 3.** Ethogram of buffaloes monitored from an aerial perspective, Area 2 (intensive breeding).

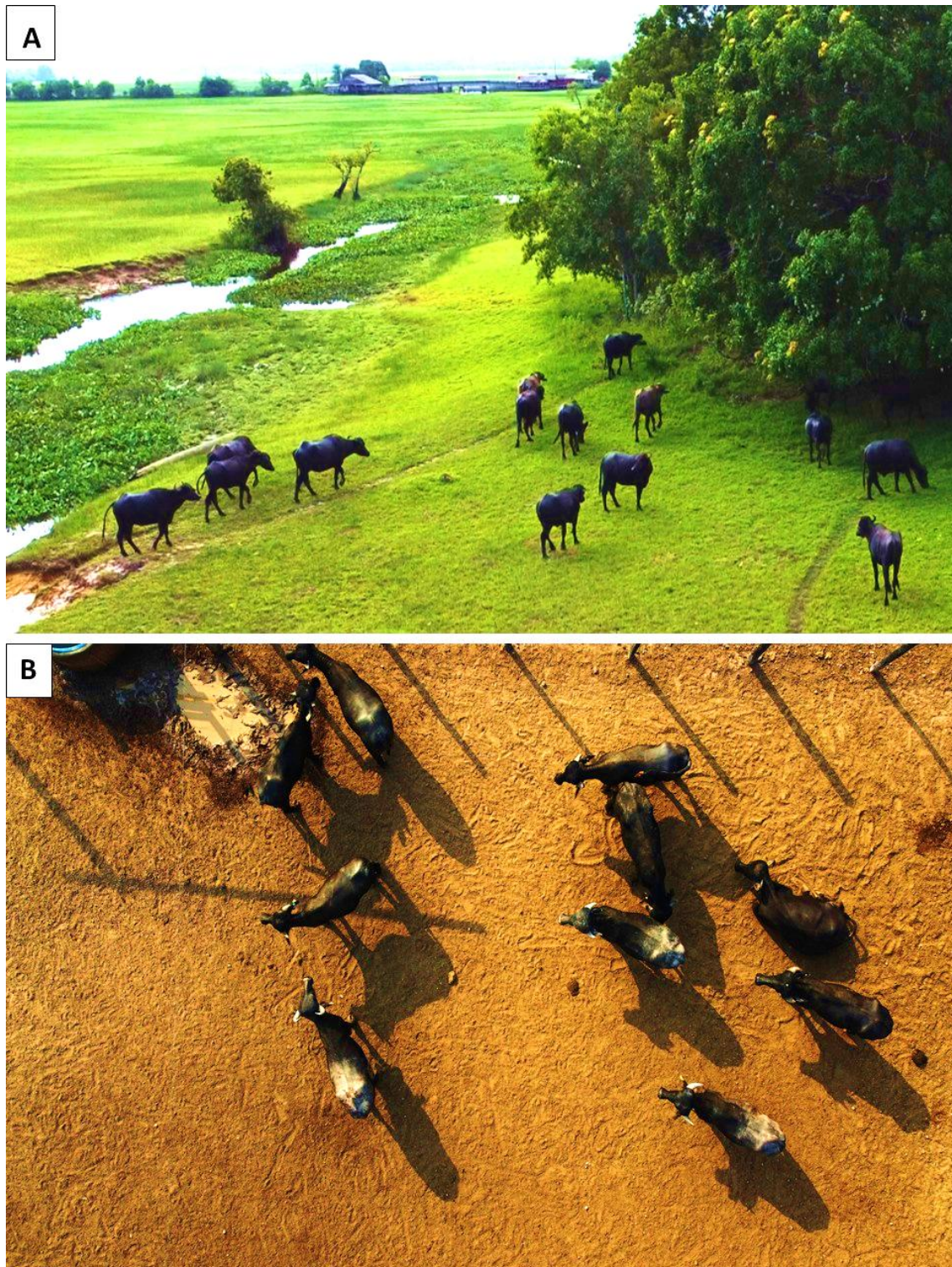
| Behavioral Unit            | Descriptors                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eating behavior            | Buffalo with its head tilted, alternating between lowering and raising its head, grasping forage with its tongue, and bringing it to its mouth, accompanied by mechanical chewing movements. |
| Rumination (lying posture) | Buffalo lying down, resting with its head raised, showing intense jaw movements, evident salivary secretion, regurgitating partially digested food, and chewing it again.                    |
| Immersed in water          | Buffalo in a lying position, with muscles relaxed, head down touching the ground, body immersed in a mud puddle, and wallowing.                                                              |
| Social hierarchy           | Male buffalo in a proud posture, holding its head high and vocalizing.                                                                                                                       |
| Affective bond             | Buffalo touching another buffalo's head with its snout, muscles relaxed.                                                                                                                     |
| Approach to water source   | Buffalo walking toward the water source, with its head tilted downward, mouth immersed in the water, drinking by sucking, and alternating with licking.                                      |
| Agonistic behavior         | Male buffalo at the trough, threatening females with robust movements, head moving continuously up and down, and vocalizing.                                                                 |
| Prolonged inactivity       | Buffalo in a lying position, showing minimal movements, appearing apathetic, with its head in a neutral position.                                                                            |



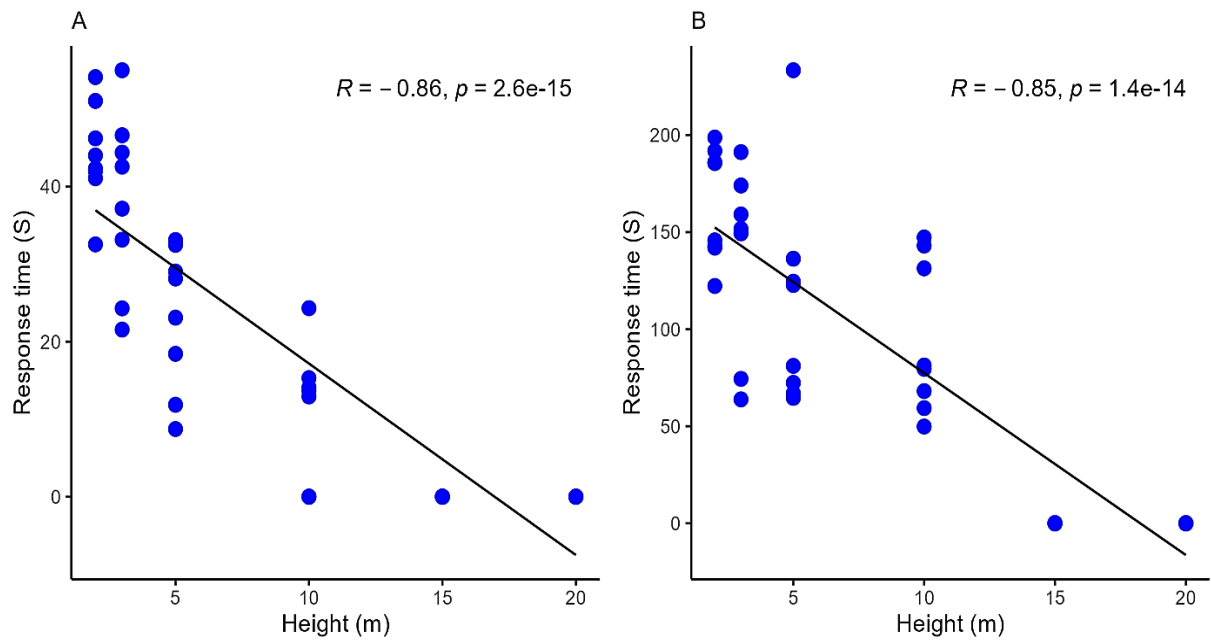
**Figure 1.** Area 1: Retiro São Francisco, a family-owned quilombola property located in Quilombo do Curiaú, Macapá, AP, featuring an extensive production system. The research sampling location is marked with a yellow dot at coordinates Latitude 0°8'53"N and Longitude 51°2'24"W.



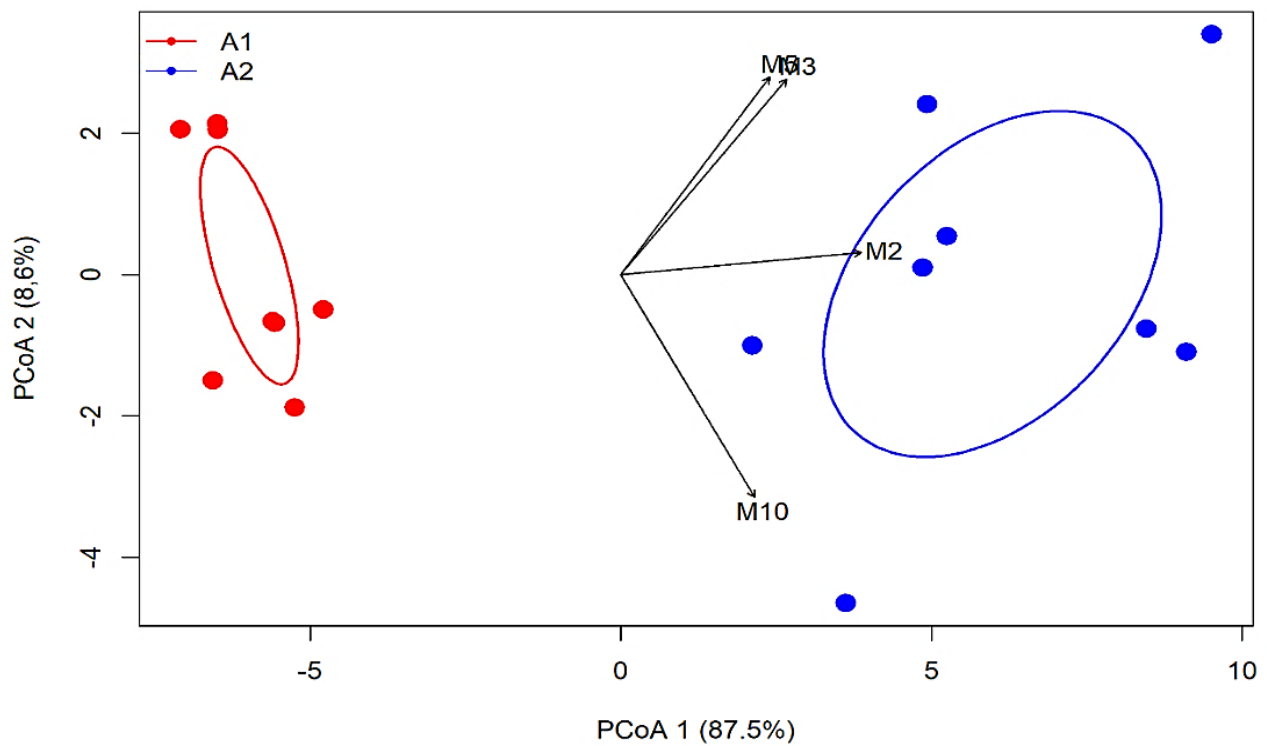
**Figure 2.** Area 2: Agromix Farm, located in Macapá, AP, is characterized by an intensive production system. Plot 1 (yellow) indicates the focal point of the observations, with coordinates at latitude 0°6'14"N and longitude 51°10'31"W.



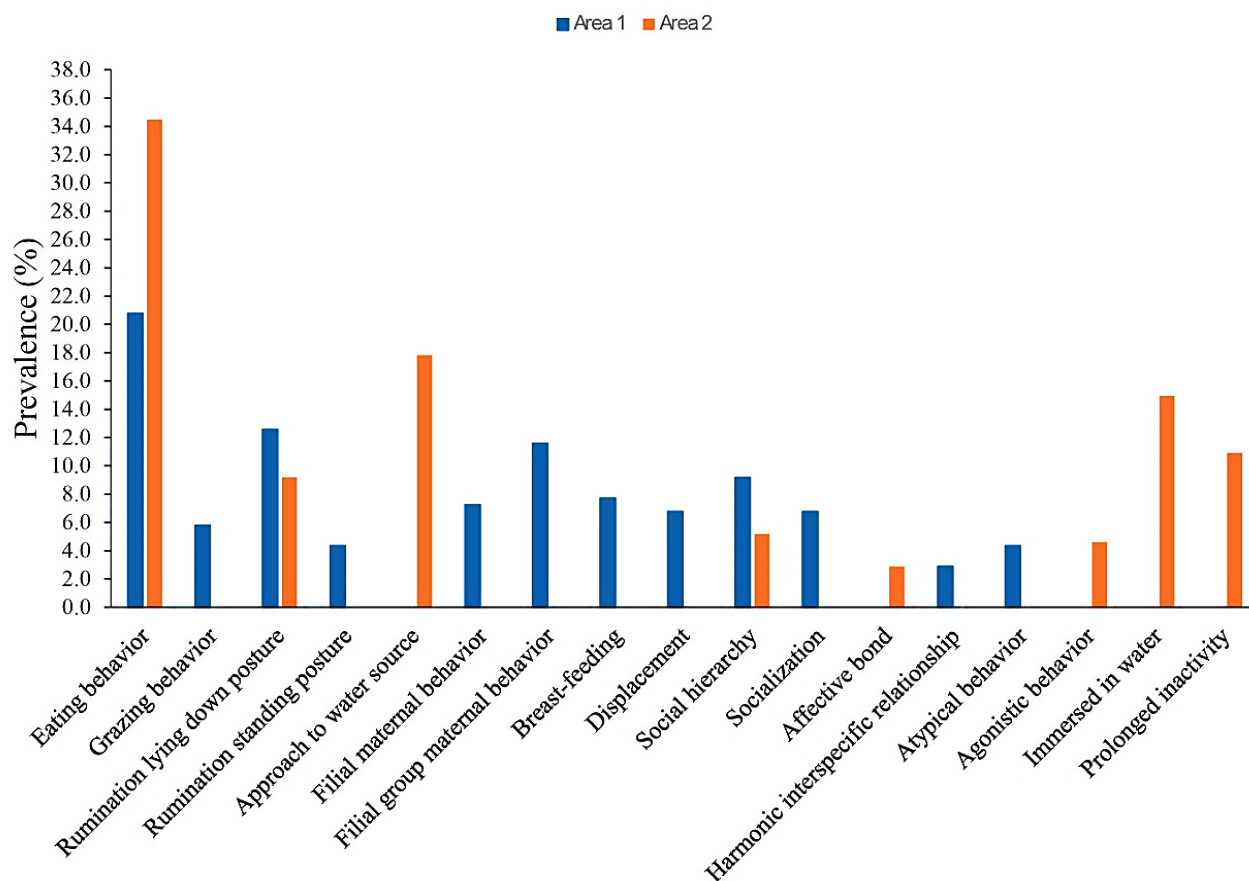
**Figure 3.** (A) Aerial image captured by a drone at Retiro São Francisco (Quilombo do Curiaú, AP, Brazil), showing extensive buffalo farming. (B) Aerial image captured by a drone at Fazenda Agromix (Macapá, AP, Brazil), providing an aerial perspective of the confinement area.



**Figure 4.** (A) Spearman correlation for Area 1 and (B) Area 2, based on the duration of the response to the drone (in seconds) and the height (in meters).



**Figure 5.** Principal Coordinates Analysis (PCoA) based on the Euclidean distance matrix for drone overflight time data at different altitudes in Areas 1 (A1) and 2 (A2). The percentage of variation explained by the principal coordinates is indicated on the axes.



**Figure 6.** Types of animal behavior expressed as a percentage in relation to the presence of the drone in the two study areas: Area 1 (Retiro São Francisco) and Area 2 (Agromix Farm)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Drones não precisam se aproximar diretamente dos animais, eles permitem a observação sem interferir no comportamento dos búfalos, evitando alterações e estresse que poderia ser causado pela presença humana.

Um protocolo aéreo foi desenvolvido para determinar a qual altitude o drone deve estar em relação aos búfalos. E mostrou-se viável, possibilitando monitorar, reconhecer e diferenciar comportamentos manifestados pelos animais sem lhe causar perturbações

Após a aplicação do protocolo não foram observados nos animais nenhuma reatividade à presença do drone, expressando suas atividades de comportamento sem interferência.

Valida-se nesta pesquisa o uso de drone em estudo do comportamento animal. Pois mostrou-se eficiente em realizar monitoramentos aéreos minimamente invasivos, onde por meio de imagens de alta resolução é capaz de contemplar ao máximo os detalhes sobre repertórios comportamentais expressados por bubalinos.

Por fim, torna-se este protocolo um importante instrumento de consulta, para pesquisadores, profissionais e criadores que necessitem fazer uso de drone para pesquisa e monitoramento em rebanho bubalino. Ressaltando que as questões éticas com animais devem estar acima de todo e qualquer tipo de monitoramento.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE DEFESA E INSPEÇÃO AGROPECUÁRIA DO AMAPÁ(Brasil). DIAGRO, 2023.

ALVARENGA, B.I.O. *et al.* Discrimination of biting and chewing behaviour in sheep using a tri-1 axial accelerometer. **Elsevier**. 2019.

AQUILANI, C. A. *et al.* Review: Precision livestock Technologies in pasture-based livestock systems. **The internacional magazine of animal biosciences**.2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (Brasil). **ABNT. NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE BÚFALOS(Brasil). ABCB. Búfalo. São Paulo. Disponível em: <https://www.bufalo.com.br/home/o-búfalo>. Acesso em:12 de out. 2024.

ASSOCIAÇÃO DOS CRIADORES DO AMAPÁ(Brasil). ACRIAP. Entrevista concedida em 02 de agosto de 2023.

BAILEY, D.W; TROTTER, M.G; THOMAS, T.C. **Opportunities for application or management of precision livestock in pastures**. 2021.

BERNARDI, A.C. *et al.* **Potencial de uso das tecnologias de agricultura e pecuária de precisão e automação**. Embrapa Pecuária Sudeste São Carlos, SP 2017.

BISAGGIO, E. L. *et al.* Búfalos Ferais (*Bubalus bubalis*) em Áreas Protegidas: um estudo de caso na Reserva Biológica do Guaporé, RO. **Biodiversidade Brasileira**, p. 243-260.2013.

BRITO, D.M.C. **Conflitos em Unidades de Conservação**. Disponível em:<http://periodicos.unifap.br/periodicos.unifap.br/index.php/pracs/article/view/10>. 2008. Acesso em: 10/11/2023.

BROOM, D.M. Animal welfare: concepts, study methods and indicators. **Rev Colomb Cienc Pecu**. 2011.306-21p.

BROOM, D. M; MOLENTO, C.F. M. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas. **Revisão. Archives of Veterinary Science**, v. 9, 2004.1-11. p.

CASELLA, E.*et al.* **Mapping coral reefs using consumer-grade drones and structure from motion photogrammetry techniques**.2017.

COCKRILL, W.R. **The husbandly and health of the domestic buffalo**. Rome: FAO.1974.933. p.

COCKRILL, W.R. The Common Buffalo: essential domestic animal. **world magazine of zootechnics**. Rome.1980. 3-13. p.

COCKRILL, W.R. **Water buffalo: Evolution of domesticated animals**. New York: Longman Inc. 1984. 52- 63.p.

COELHO, A. S. **Cenário da bubalinocultura no Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Medicina Veterinária). Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, 2019. 59.p.

DAMASCENO, F. *et al.* Adaptação de bubalinos ao ambiente tropical. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 7, n. 05. 2010. 1370-1381. p.

DJI, DRONES. Disponível em: <https://blog.lojadji.com.br/revolucionando-a-pecuaria-com-drones/2024>. Acesso em: 04 de jul,2024.

DUFFY, J. P. *et al.* **Tecnologias de Drones para Conservação, Série de Tecnologia para Conservação**. WWF. (Ed. Português). 2020.

DUFFY, J. P. *et al.* **Location, location, location: considerations when using lightweight drones in challenging environments**. Remote Sensing in Ecology and Conservation.2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Brasil). EMBRAPA, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 02 de jul,2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Brasil). EMBRAPA, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 02 de jul,2024.

FORSMOO, J.*et al.* Structure from motion photogrammetry in ecology: Does the choice of software matter? **Ecology and Evolution**. online early view.2019.

GARCIA, A. R. Conforto térmico na produção de bubalinos criados em condições tropicais. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v. 37, n. 2, 2013. 121-130. p.

GEOGHEGAN, J. *et al.* Virological Sampling of Inaccessible Wildlife with. **Drones**.2018.

GIONES, F. & BREM, A. 2017. From toys to tools: The co-evolution of technological and entrepreneurial developments in the drone industry. **Business Horizons**, v. 60, 875–884. p.

JÚNIOR, J.B.L. **Panorama da bubalinocultura na Amazônia**. EMBRAPA. 2008.

HAMILTON, S. More than pretty pictures: Drones, bison kills, and considerations of cultural landscapes. *Archaeological Survey of Alberta Occasional. P.* 2018.53-91. p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (Brasil). (IBGE). Conheça cidades e Estados do Brasil. Disponível em <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 18/07/2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (Brasil). (IBGE). Censo agropecuário. Amapá: IBGE. Disponível em <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 11/07/2023.

KOGER, B. Quantifying the movement, behaviour and environmental context of group-living animals using drones and computer vision. **Journal of Animal Ecology**. 2013.

MARQUES, J. R. F; CARDOSO, L. S. **A bubalinocultura no brasil e no mundo. in: simpósio brasileiro de bubalinocultura o búfalo no Brasil**: [anais]. Cruz da Almas. 2001.

MEIRELLES, P.R de L; MOCHIUTTI, S. **Impactos ambientais da bubalinocultura nos campos Inundáveis do amapá**. 2001.

MONTEIRO, F.J.C. **Impactos ambientais causados pelos búfalos asselvajados nos campos inundáveis da Estação Ecológica de Maracá-Jipiôca (Costa Atlântica do Amapá)**. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical). Universidade Federal do Amapá. 2009.

MARTINÉZ, G. B et al. Behaviour of buffaloes in different silvipastoral system arrangements in the northeast paraense. **Brazilian Journal of Development**. v.9, n.5, may., 2023. 16454-16470. P.

MORELLI, F. *et al.* **Procedimentos no uso de drones para validar a detecção de queimadas por satélites**. In: Wildfire - 7a Conferência Internacional sobre Incêndios Florestais, 2019, Campo Grande. Anais do 7a Conferência Internacional sobre Incêndios Florestais. Brasília: Biodiversidade Brasileira, v. 1. 2019.229.p.

NETO, *et al.* A bubalinocultura em áreas de reserva extrativista na Amazônia: o caso da Resex verde para sempre, porto de moz, estado do Pará Amazônia: **Ci. & Desenv.**, Belém, v. 9, n. 18. 2014.

OLIVEIRA, *et al.* Aerial photogrammetry techniques using drones to estimate morphometric measurements and body condition in South American small cetaceans. **Society for Marine Mammalogy**. 2023.

PARANHOS DA COSTA MJR; ANDRIOLO A. **Amamentação e Alo-amamentação em Búfalos (Bubalus bubalis). Comportamento Materno em mamíferos (Bases Teóricas e Aplicações aos Ruminantes Domésticos)**. Ribeirão Preto, Legis Summa.1998.247-261. p.

PARANHOS DA COSTA, M. J. R.; MAGALHÃES, L. Temperamento de bovinos Gir e Girolando: efeitos genéticos e de manejo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 36, n. 286, 2015. 100–107. p.

PETTY, A.M *et al.* Savanna responses to feral buffalo in Kakadu National Park, Australia. **Ecological Monographs**.2007.441-463. p.

PEREIRA, M, A. SOUZA, V.F. **Boas práticas agropecuárias. Bovinos e bubalinos de corte.** Embrapa Gado de Corte. Campo Grande, MS. 2022.

RIBEIRO *et al.* Diagnóstico de patologia investigativa no trato genital de búfalos criados extensivamente no Estado do Amapá, Amazônia, Brasil. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, 38(4). 2016.358-364. P

SCHAD, L; FISCHER, J. Opportunities and risks in the use of drones for studying animal behaviour. **Methods Ecol Evol.** 2022.1-9. p.

SILVA, G. C; RIBEIRO, L.S. Os bubalinos no brasil e a produção de leite. **GETEC**, v.10, n.26.2021.42-50. p.

TOMAS, M.W *et al.* **Estimativa do tamanho da população e distribuição de búfalos (Bubalus bubalis) asselvajados e domésticos na REBIO do Lago Piratuba e na Estação Ecológica de Maracá-Jipiôca.** IBAMA. 2007.16.p.

WALL, T. Ordinary Emergency: Drones, Police, and Geographies of Legal Terror. **Antipode.**2016.

WALLACE-WELLS, B. **Drones and everything after – the flying, spying, killing machines that are turning humans into superheroes.**2014.

WILSON, D. S *et al.* Shyness and boldness in humans and other animals. **Trends in Ecology and Evolution** v. 9.1994.442-446. p.

YÁÑEZ-PIZAÑA, A *et al.* Lifescience Global Physiological and Behavioral Changes of Water Buffalo in Hot and Cold Systems: Review. **Journal of Buffalo Science**, n. 9, 2020. 110-120. p.

ZAHAWI, R. A.*et al.* Using lightweight unmanned aerial vehicles to monitor tropical forest recovery. **Biological Conservation.**2015.287-295. p.

ZHANG, Y., COLLI, L., BARKER, J.S.F., 2020. Asian water buffalo: domestication, history and genetics. **Anim. Genet.** 51, 177–191. p.

APÊNDICE A- Tipos de comportamento dos animais expressados em porcentagem em relação a presença do drone.

| Repertórios             | Área 1                                  | Área 2                       |
|-------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|
| 1- Ingestivo            | Comportamento Alimentar-43              | Comportamento Alimentar-60   |
|                         | Ruminação postura deitado-26            | Ruminação postura deitado-16 |
|                         | Ruminação postura em pé-09              |                              |
| 2- Pastejo              | Comportamento de pastejo- 12            | -----                        |
|                         | -----                                   | Abordagem a fonte de água-31 |
| 3- Afiliativo           | Comportamento materno – filial-15       | -----                        |
|                         | Comportamento materno grupo – filial-24 |                              |
|                         | Amamentação-16                          |                              |
| 4- Interação social     | Hierarquia social-19                    | Hierarquia social-09         |
|                         | Deslocamento - 14                       | Vínculo afetivo-05           |
|                         | Socialização-14                         |                              |
|                         | Relação interespecífica harmônica-6     |                              |
| 5- Incômodo             | Comportamento atípico-09                | Imerso na água-26            |
|                         |                                         | Comportamento agonístico-08  |
| 6- Estereotipado        | -----                                   | Inatividade prolongada-19    |
| Total de Exemplar área: | 207                                     | 174                          |
| Total de exemplares:    | 381                                     |                              |

ANEXO A- Certidão de cadastro de Aeronave não tripulada – uso não recreativo  
Unmanned aircraft inscription certificate – non – recreational

29/02/2024, 14:49

Certidão Drone

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p>REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL<br/>FEDERATIVE REPUBLIC OF BRAZIL</p> <p>AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL<br/>NATIONAL CIVIL AVIATION AGENCY</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
| <p><b>CERTIDÃO DE CADASTRO DE AERONAVE NÃO TRIPULADA – USO NÃO RECREATIVO</b><br/><b>UNMANNED AIRCRAFT INSCRIPTION CERTIFICATE - NON-RECREATIONAL</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                    |
| <p>Esta certidão de cadastro, emitida de acordo com o RBAC-E nº 94, é válida até <b>28/02/2026</b> salvo em caso de cancelamento, suspensão ou revogação pela Autoridade de Aviação Civil Brasileira.</p> <p><i>This Inscription Certificate, issued in accordance with RBAC-E nr. 94, shall remain valid until 02/28/2026 unless it is cancelled, suspended or revoked by the Brazilian Civil Aviation Authority.</i></p> <p>Operador (Operator):<br/><b>MARIA ANGELICA DAMASCENO ROCHA</b></p> <p>Documento (document):<br/>CPF: 002.490.352-35</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p><b>Nº do cadastro (Register Number):</b><br/><b>PP-865022546</b></p> <p>Uso (Purpose): não recreativo (non-recreational)<br/>Ramo de atividade principal (Business):<br/>Aeromonitoramento de Fauna<br/>Fabricante (Maker): DJI<br/>Modelo (Model): Mini 2 Fly More Combo<br/>Nº de série (Serial Number): 3Q4CJ993A38BQB<br/>Peso máximo de decolagem (MTOW): 0,25<br/>Informações adicionais (additional information):<br/>Drone com finalidade de pesquisa científica, em estudos de monitoramento animal.</p> |                                                                                    |
| <p><b>O descumprimento da regulamentação aplicável pode ensejar consequências administrativas, civis e/ou criminais para o infrator.</b></p> <p><i>Not complying with the applicable regulations may result in administrative and/or legal penalties for the transgressor.</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                    |
| <p>O detentor desta certidão de cadastro (o operador), ou aquele com quem for compartilhada sua aeronave, é considerado apto pela ANAC a realizar voos <b>não recreativos</b> no Brasil, com a aeronave não tripulada acima identificada, em conformidade com os regulamentos aplicáveis da ANAC. É responsabilidade do operador tomar as providências necessárias para a operação segura da aeronave, assim como conhecer e cumprir os regulamentos do DECEA, da Anatel, e de outras autoridades competentes.</p> <p><i>The holder of this inscription certificate (the operator), or the person with whom this aircraft is shared, is considered apt by Brazilian Civil Aviation Authority to perform <b>non-recreational</b> flights in Brazil, using the above identified unmanned aircraft, in conformity with the applicable regulations of Brazilian Civil Aviation Authority. It's the operator's responsibility to take the necessary actions to ensure a safe operation, as well as know and comply with the regulations of air traffic control (ATC), telecommunications, and other competent authorities.</i></p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                    |
| <p>A validade desta certidão pode ser verificada pelo link<br/><a href="https://santosdumont.anac.gov.br/menu/f?p=133:14">https://santosdumont.anac.gov.br/menu/f?p=133:14</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                    |
| <p>Local e data da emissão (Place and date of issue):<br/><b>Brasília, 29 de fevereiro de 2024</b><br/><i>Brasília, February 29, 2024</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                    |
| <p>Esta certidão de cadastro não é válida para aeronaves não tripuladas acima de 25 kg de peso máximo de decolagem, ou em voos além da linha de visada visual (BVLOS) ou acima de 400</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                    |

29/02/2024, 14:49

Certidão Drone

|                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>CERTIDÃO DE CADASTRO DE AERONAVE NÃO TRIPULADA – USO NÃO RECREATIVO</b><br/><b>UNMANNED AIRCRAFT INSCRIPTION CERTIFICATE - NON-RECREATIONAL</b></p>                                                                                                                           |
| <p>pés ou 120 metros acima do nível do solo (AGL).<br/><i>This inscription certificate is not valid for unmanned aircraft of more than 25 kg maximum takeoff weight, or flying beyond visual line of sight (BVLOS) or over 400 feet or 120 meters above ground level (AGL).</i></p> |

## ANEXO B – Certificado da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA)



Comissão de Ética no  
Uso de Animais CEUA/UFRA



## CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "USO DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (DRONE) PARA IDENTIFICAR, ANALISAR E DESCREVER PADRÕES COMPORTAMENTAIS DE BÚFALOS EM SISTEMA DE PRODUÇÃO EXTENSIVO E DE CONFINAMENTO NO AMAPÁ, AMAZÔNIA, BRASIL", protocolada sob o CEUA nº 9709030324 (ID 000674), sob a responsabilidade de **Frederico Ozanan Barros Monteiro e equipe; Maria Angélica Damasceno Rocha** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural da Amazônia (CEUA/UFRA) na reunião de 03/05/2024.

We certify that the proposal "USE OF REMOTELY PILOTED AIRCRAFT (DRONE) TO IDENTIFY, ANALYZE AND DESCRIBE BEHAVIORAL PATTERNS OF BUFFALO IN AN EXTENSIVE PRODUCTION AND CONFINEMENT SYSTEM IN AMAPÁ, AMAZON, BRAZIL", utilizing 90 Buffalos (males and females), protocol number CEUA 9709030324 (ID 000674), under the responsibility of **Frederico Ozanan Barros Monteiro and team; Maria Angélica Damasceno Rocha** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the Federal Rural University of Amazonia (CEUA/UFRA) in the meeting of 05/03/2024.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa (Acadêmica)**

Vigência da Proposta: de **04/2024 a 06/2024**

Área: **Reprodução Animal**

Origem: **Não aplicável biotério**

Espécie: **Bubalinos**

sexo: **Machos e Fêmeas**

idade: **1 a 8 anos**

N: **90**

Linhagem: **Murrah**

Peso: **400 a 900 kg**

Local do experimento: Área 1 - Quilombo do Curiaú - O quilombo Curiaú é formado por um grande complexo de 21.676,00 hectares (SEMA, 2023), com três ecossistemas predominantes, o cerrado, a floresta de várzea, e os campos de várzeas também chamados de campos inundáveis, caracterizado por suas inundações periódicas, que ocorrem geralmente entre os meses de janeiro a julho. Localiza-se a 10 Km de Macapá, dentro da Área de Proteção Ambiental do Rio Curiaú (APA do Rio Curiaú) uma comunidade tradicional negra descendente de afro-brasileiros de um antigo quilombo, chamado Curiaú, próxima do núcleo urbano da cidade de Macapá, é considerada um Sítio Histórico e Ecológico. A criação de bovinos é a principal atividade pecuária desenvolvida, principalmente de búfalos (SILVA et al., 2013). A pastagem utilizada é eminentemente natural, aproveitando-se das áreas de campos inundáveis que, além de abundantes, oferecem boas condições de forragens e baixos custos de manutenção (SILVA, 2002). A atividade pecuária é um complemento da agricultura para a subsistência local. A região possui um total de 8 propriedades oficiais registradas (DIAGRO, 2023), com 332 búfalos criados em sistema de produção extensivo Área 2 - Fazenda Agromix - corresponde ao grupo controle, por ser uma área de sistema de produção em confinamento, pode ter variáveis mais controladas. Localizada no Km 12 da BR 210, ramal Nossa Senhora do Desterro, com 400 hectares, a Fazenda Agromix, se destaca na região pelo seu potencial na criação de búfalos destinados para o corte. Possui um total de 180 búfalos da raça Murrah. Entretanto, o grupo controle participante da pesquisa conta com um total de 10 animais, sendo 1 macho adulto e 9 fêmeas em idade reprodutiva.

Belém, 03 de maio de 2024

Av. Tancredo Neves, 2501, Bairro Montese - CEP: 66077-901 - Belém/PA - tel: 55 (91) 3210-5165  
Horário de atendimento: 2ª a 6ª das 8 às 16h - e-mail: ceuaufra@gmail.com  
CEUA N 9709030324



Comissão de Ética no  
Uso de Animais CEUA/UFRA



*Ágatha Rossanni Alves Damasceno*  
PORTARIA Nº 643/2023 - REITORIA  
CEUA/UFRA

Profa. Dra. Ágatha Rossanni Alves Damasceno  
Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais  
Universidade Federal Rural da Amazônia

*Alanna do Socorro Lima da Silva*  
PORTARIA Nº 643/2023 - REITORIA  
CEUA/UFRA

Profa. Dra. Alanna do Socorro Lima da Silva  
Vice-Cordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais  
Universidade Federal Rural da Amazônia

## Anexo C- Diretrizes para autores Revista Acta Amazônica

### INSTRUCTIONS TO AUTHORS

Acta Amazonica publishes original research, in the form of full articles, reviews and short communications that focus on the Amazon biome. Studies concerned with parts of other biomes in the Legal Amazon (Cerrado and Caatinga) are not prioritized by the journal. Manuscripts have to be written in English and are submitted to a double-blind review process.

Submissions are accepted in the following research areas:

Agronomy and Forestry  
Animal Sciences and Fisheries  
Biodiversity and Conservation  
Biotechnology  
Chemistry and Pharmacology  
Environmental Sciences  
Food Sciences  
Geosciences  
Health Sciences  
Human and Social Sciences  
Materials Technology

### GENERAL STYLE AND FORMAT

All manuscripts have to be submitted in English (both American and British English are accepted). As we use double-blind evaluation, all manuscripts have to be anonymized, i.e., all author information has to be submitted in a separate title-page file.

**Manuscripts** of all types have to be formatted as Office Word DOC/DOCX documents in A4 page size, with 3-cm margins all-round and continuous line numbering, written in Times Roman 12, with double line spacing throughout (including references and figure legends). Use single spacing for tables. Manuscript files should not exceed 2 MB.

Do not use one-sentence paragraphs. Avoid an excess of short paragraphs. Only one level of sub-titles is allowed within sections. Do not use sentences only to describe the content of tables or figures, as this information is redundant with figure legends and table captions.

Bibliographic citations are expected to be placed preferentially at the end of sentences, in parentheses. Use the format Smith (2007), (Smith 2007), Smith and Jones (2007), (Smith and Jones 2007), Smith et al. (2007), (Smith et al. 2007). Use the latter form for all references with more than three authors. List more than one citation in chronological order, and in alphabetical order for citations from the same year; for example: (Viana et al. 2001; Caldwell et al. 2007; Smith 2007; Benavides et al. 2017).

Cite figures and tables as (Figure 1) or (Table 1), etc. Cite figures and tables in the text in increasing numerical order. Place tables at the end of the manuscript. Figures have to be submitted separately (see below in Section Format).

Scientific names of species have to be written in italics and spelled out (e.g. *Leporinus macrocephalus*) in the title, and the first time they are cited in Abstract and Introduction. Use the abbreviated form (e.g. *L. macrocephalus*) in subsequent citations, except at the beginning of a sentence, when the name always has to be spelled out. Cite the author of the species (e.g. *Leporinus macrocephalus* Garavito and Britisk 1988) the first time it is cited after the Abstract.

Separate decimal fractions by a point, and separate numerals from measuring units by one space (e.g. 40.6 cm, 200.3 kcal), except for temperature units (e.g. 60°C, NOT 60 °C) and percentages (e.g. 5%, NOT 5 %).

Use negative exponents instead of a slash (/) (e.g. cmol kg<sup>-1</sup> instead of cmol/kg; m s<sup>-1</sup>, NOT m/s). Use space instead of point between symbols (e.g. m s<sup>-1</sup>, NOT m.s<sup>-1</sup>). Use kg instead of Kg and km instead of Km, etc. Formulas can be inserted in the text using the Office Word equation function tool.

**Title page** – Include in the title page file the title of the manuscript, the author names, authors' institutional affiliations, e-mail of the corresponding author, the Acknowledgments section, and the Data Availability section (see below in Data Policy).

Write in capital letters the part of the surname that each author wants to be used in citations, e.g., if Maria Souza Pereira wants to be cited as Pereira MS, she should write her name as Maria Souza PEREIRA. If she wants to be cited as Souza-Pereira M, she should write her name as Maria SOUZA PEREIRA.

Write the authors' institutional affiliation in the language of the country of the institution. Names of institutions in countries that do not use the latin alphabet should be written in English. Write the affiliation beginning with the higher hierarchical level (e.g. university, research institute), followed by city, state and country. Street address is optional. If the author is affiliated to more than one institution, list each affiliation separately. When two or more authors share the same affiliation, list it only once. Check a recent issue of the journal for the format of authors names and institutions. Do not include titles (PhD, MSc, etc.) or other "mini CV" information in the address.

**Original article** – Manuscripts submitted as "original article" have to be based on original research and are limited to a total length of 7500 words (including title, abstract, references, figure legends and tables). Up to five tables and seven figures can be included (see below in Section Format).

Organize the manuscript in the following sequence: title in English, Abstract, Keywords, version in Portuguese OR Spanish of title, abstract and keywords, Introduction, Material and Methods, Results, Discussion, Conclusions, References, Figure Legends, Tables.

Abstract and Resumo/Resumen are limited to 250 words. Results and Discussion are strictly separated sections. Do not repeat results, nor cite figures or tables, in the Discussion section.

**Short Communication** - Manuscripts submitted as "short communication" have to be based on original research that consists of more simple reports or data of not enough complexity for submission as an original article. They are limited to a total length of 2500 words (including title, abstract, references, figure legends and tables). Up to two tables and three figures can be included (see below in Section Format).

Organize the manuscript in the following sequence: title in English, Abstract, Keywords, version in Portuguese OR Spanish of title, abstract and keywords, body of the text (no section titles), References, Figure Legends, Tables.

Abstract and Resumo/Resumen are limited to 150 words. Although no section titles are used, the text should follow a logical sequence of introduction, methodology, results, discussion and conclusive remarks. No supplementary material is allowed for short communications.

**Review** - Manuscripts submitted as "review" have to be based on original propositions of literature and data compilation, including an analytical interpretation and discussion, not only a simple description of the reviewed material. They are limited to a total length of 7500 words (including title, abstract, references, figure legends and tables). Up to five tables and seven figures can be included (see below for figure submission).

Organize the manuscript in the following sequence: title in English, Abstract, Keywords, version in Portuguese OR Spanish of title, abstract and keywords, Introduction, Material and Methods, body of the text, References, Figure Legends, Tables. An introduction and methodological section are mandatory, but the organization of the text after that is at the discretion of the authors.

Abstract and Resumo/Resumen are limited to 250 words.

**Supplementary material** – The submission of supplementary material is allowed for original articles and reviews, to provide access to support material that is not essential to the study, but aids in the interpretation of the results. It may be in the form of tables, images or figures, or other support material, such as, for example, lists of collection material examined or questionnaires applied in ethnological studies. These materials will be available only in the online version of the article. Refer to supplementary files in the text of the manuscript as (Supplementary Material, Table S1) or (Supplementary Material, Figure S1), or (Supplementary Material, Appendix S1), etc. For the review process, submit all supplementary material, including tables, figures plus figure legends in one DOC/DOCX file.

Audio and video files do not need to be referred to in the text as "Supplementary Material". It is sufficient to include the URL link of the source file. Access to these files has to be available for reviewers.

## **SECTION FORMAT**

### **Abstract**

The abstract should present an essential overview of the study that makes the gist of the study clear for readers that read only the abstract of the article. Make sure to present the justification and objective of the study, its geographical circumscription, general methodology used, main results, main discussion points and conclusion.

### **Keywords**

Use up to six words or expressions as keywords. Do not use words that are already used in the title.

### **Introduction**

This section should concentrate on introducing the specific subject of the study, avoiding information on the species, biome or research area that is unrelated to the specific objective of the study. The introduction should reflect the state of the art of the specific research topic, inform the knowledge gap addressed by the study, and make clear the interest of the study for the Amazon region. End the introduction with a paragraph stating the objectives of the study. State the working hypothesis of the study whenever pertinent.

### **Material and Methods**

Description of study sites and general geographical and environmental contexts should be written for a non regional readership that is not familiarized with the region. Sampling design, experimental design, laboratory procedures and statistical analyses have to be described clearly and with sufficient detail as to be replicated by other researchers. Include informative location maps when required. Use past tense in this section.

### **Results**

Provide here an objective report of observations, experiments, data analysis, etc. Always use past tense for reporting results. For the sake of transparency, report full test results, not only whether P is higher or lower than 0.05. Comments and interpretations belong to the Discussion. All tables and figures should be referred exclusively here. All samplings, experiments and analyses mentioned in Material and Methods have to be reported in the Results section and vice-versa.

### **Discussion**

This section should not be a repetition of results followed by comments. The Discussion is not expected to contain any reporting of results, neither original nor repeated from the Results section. The Discussion is expected to have a content beyond the simple comparison with measures or test results obtained by other authors on the same subject. Tables and figures should not be referred here, unless it is very relevant for a point being highlighted. References should reflect the current state of the knowledge in the specific research area of the study. Include references preferentially at the end of the sentence, in parentheses.

### Conclusions

Conclusions have to be written in one paragraph, and should present the answer to the question posed in the objectives, how the it fits into the body of knowledge on the subject, and how it informs future research.

### Acknowledgments

This section is mandatory (to be placed in the title page) and should include all funding agencies of research grants and scholarships involved in the study, as well as institutional and individual support received by the authors. Names of institutions and agencies have to be spelled out and written in the original language of their home country (in English if the country of origin does not use the latin alphabet). If no external funding, nor specific funding from the home institution, was received whatsoever, authors are requested to state that the study was carried out without third-party funding and without specific institutional support.

### References

References should be mainly of up-to-date published peer-reviewed articles and books. The reference to preprints is not allowed in the published article.

**Citation style templates** for Acta Amazonica article, book, book chapter, webpage and thesis/dissertation format are available from Zotero Style Repository and Mendeley Reference Management.

In Zotero the style template can be downloaded from (<https://www.zotero.org/styles/acta-amazonica>).

In Mendeley, for the style template (acta-amazonica.csl) to be uploaded correctly, it needs to be saved in the <citationStyles-1.0> directory, usually located in:

C: > Program Files (x86) > Mendeley Desktop > citationStyles-1.0

Use the following formats for the reference list:

#### Articles in journals

Prestinaci, F.; Pezzotti, P.; Pantosti, A. 2015. Antimicrobial resistance: a global multifaceted phenomenon. *Pathogens and Global Health* 109: 309-318.

#### Publications with more than six authors

Massi, K.G.; Bird, M.; Marimon, B.S.; Marimon Jr., B.H.; Nogueira, D.S.; Oliveira, E.A; et al. 2017. Does soil pyrogenic carbon determine plant functional traits in Amazon basin forests? *Plant Ecology* 218: 1047-1062.

Magnusson, W.E.; Lima, A.P.; Luizão, R.; Luizão, F.; Costa, F.R.C.; de Castilho, C.V.; et al. 2005. RAPELD: a modification of the Gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. *Biota Neotropica* 5: 01005022005.

#### Books

Soares, C.P.B.; Paula-Neto, F.P.; Souza, A.L. 2011. *Dendrometria e inventário florestal*. 2nd ed. Editora UFV, Viçosa. 272p.

#### Book chapters

Morais, E.G.F.; Peronti, A.L.B.G.; Marsaro-Júnior, A.L.; Amaro, G.C. 2015. Cochonilla-rosada, *Macronelliooccus hirsutus* (Green). In: Vilela, E.F.; Zucchi, R.A. (Eds.). *Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros*. FEALQ, Piracicaba. p.328-344.

**Grey literature** (theses, unpublished technical reports, technical brochures, online resources, etc.) can be accepted, but should be cited only when absolutely necessary, and weblinks to permanent official repositories where the material may be accessed should be included whenever possible. In case of an excess use of grey literature (>25% of references), its use should be justified in the cover letter to the editor.

#### Master's dissertation

Tizuka, M.M. 2013. Geoarqueologia e paleohidrologia da planície aluvial holocênica do alto Rio Madeira entre Porto Velho e Abunã-RO. Master's dissertation. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brazil, 170p.

([http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/92805/tizuka\\_mm\\_me\\_rcla.pdf?sequence=1](http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/92805/tizuka_mm_me_rcla.pdf?sequence=1))

#### Doctoral thesis

Barbosa, C.E.A. 2012. Controles ambientais e bióticos da dinâmica de plântulas em uma floresta de terra-firme da Amazônia central. Doctoral thesis. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia -INPA), Brazil, 130p. (<http://bdtd.inpa.gov.br/handle/tede/942>).

#### **Examples of other formats**

ASF. 2015. *Alaska Satellite Facility's data portal for remotely sensed imagery of the Earth*. (<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>). Accessed on 26 Jun 2016.

Brasil. 2011. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução normativa nº 13 de 24 de março de 2011. Protocolo oficial para avaliação da viabilidade e eficiência agrônômica de cepas, inoculantes e tecnologias relacionados ao processo de fixação biológica do nitrogênio em leguminosas. (<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-sda-13-de-24-03-2011-inoculantes.pdf>). Accessed on 15 Jan 2018.

IBGE. 2016. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Informações sobre o município de Barcelos, Amazonas. (<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/barcelos/panorama>). Accessed on 15 Jan 2018.

SVS. 2014. *Vigilância da Esquistossomose Mansonii. Diretrizes técnicas*. 4th ed. Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde, Brasil. 146p. ([http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia\\_esquistossome\\_mansonii\\_diretrizes\\_tecnicas.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_esquistossome_mansonii_diretrizes_tecnicas.pdf)). Accessed on 05 Jan 2018.

USGS. 2004. Shuttle Radar Topography Mission, 1 Arc Second scene SRTM\_u03\_n008e004, Unfilled Unfinished 2.0. Global Land Cover Facility, University of Maryland, College Park, Maryland, February 2000. (<http://glcf.umd.edu/data/srtm/>). Accessed on 05 Jan 2018.

WHO. 2015. *World Malaria Report 2015*. World Health Organization. (<http://www.who.int/malaria/publications/world-malaria-report-2015/report/en/>). Accessed on 08 Feb 2016.

#### **Figure legends**

Legends of figures should include sufficient metadata to be self-explanatory. Identify the legend with the format: Figure 1.

#### **Tables**

Table captions should include sufficient metadata to be self-explanatory. Start the caption with the format: Table 1. Format tables with Office Word. Do not paste tables from other programs. Mark no vertical lines in tables. Use single spacing for table caption and content. When a table exceeds the size of the page, do NOT separate it in two independent tables.

#### **Figures**

Figures can be photographs, drawings or graphics. Submit figures exclusively as separate JPG or TIF files in high resolution, minimum 300 x 300 dpi, and maximum 6 MB individual file size. Photographs should be of high quality, sharp focus and adequate contrast. Do not use web posting resolution. Use at least resolution for printed documents. Figures should be formatted to fit within one column or two columns of the journal page format (check a recent issue for reference).

In graphs, mark the X and Y axes with a black solid line, and use inward-facing indentations for the scale-value positions only. Avoid the use of gridlines within the graph area. Place plot legends inside the graph area whenever possible. Both axes should have a title and scale values. Use a font size for axis titles and values that is large enough to assure good visibility in one or two column width of the journal page. The meaning of symbols and acronyms used in figures must be defined in the figure legend. Do NOT use titles placed on top of the graph, nor outer encasing lines for the graph area.

In composite figures, label each panel with an uppercase letter (A, B, C, etc.).

Maps can have gridlines and have to include a scale bar.

Photographs, illustrations, maps and graphs can be submitted in color and will appear in color in the electronic version of the journal, but will appear in black and white in the printed version. If the authors wish that the figure appears in color in the printed version, the extra printing costs will be charged to the authors. When a color figure is submitted and intended only for the electronic version, please add "This figure is in color in the electronic version." to the figure legend.

Authors are kindly requested to give preference, whenever possible, to black and white graphs, which will be equally readable in the electronic and printed versions.

For figures that have been previously published elsewhere, it has to be clearly stated in the figure legend that a permission for reproduction has been granted, along with the source of the figure. Authors may be asked at any time to provide the document that conceded the permission for reproduction. State the author of original drawings and photographs in the figure legend.

#### **DATA POLICY**

**Nomenclature and units** should follow internationally accepted rules and conventions. Use the metric system for measure units, following the International System of Units (SI) (<https://www.nist.gov/publications/international-system-units-si-2019-edition>). Include the equivalent in metric units when citing quantities in other systems. Biological nomenclature should follow the International Code of Nomenclature of Algae, Fungi and Plants (<https://www.iaptglobal.org/icn>), the International Code of Nomenclature of Prokaryotes (<https://www.the-icsp.org/>), and the International

Code of Zoological Nomenclature (<https://code.iczn.org/>). All biological species (crops, other plants, bacteria, yeasts, plants, fungi, animals, etc.) should be identified by their scientific name along with their common name in English, with the exception of common domestic animals. All biocides and other organic compounds, including active ingredients of formulations and extracts, should follow the International Union of Biochemistry and Molecular Biology (<https://iubmb.qmul.ac.uk/>).

**Voucher material** has to be deposited in at least one official institutional zoological collection, herbarium or tissue collection, which has/have to be named in the manuscript, including voucher numbers. If voucher numbers are not available, the deposit must be attested in written form to the editor-in-chief by the collection curator.

**Geographical coordinates** of study areas and collected material have to be provided. Use the grades, minutes, seconds. For distributional data the datum of coordinates should be provided.

**New animal species descriptions** (or description of previously unknown life forms of a species) have to include the Official Register of Zoological Nomenclature from ZooBank (<https://zoobank.org>) as a hyperlink or registration code in the version of the manuscript accepted for publication.

Studies that involve **essays with living organisms**, such as fungi, bacteria, plants, etc., as well as **DNA sequences**, have to present in the version of the manuscript accepted for publication the registration code of deposit of voucher material in a scientific collection or data repository of public access.

All pertinent **permits, licenses and authorizations** that were mandatory to carry out the study (environmental authorities, health safety authorities, ethics committees, etc.) have to be cited in the Material and Methods section. Adherence to international and/or national protocols related to experiments and laboratory procedures have to be stated whenever necessary.

#### **Data availability**

All original research articles have to include a "Data availability" section informing whether the dataset is available to the public and where it is deposited. Include this section in the title page.

According to Scielo's guide on data availability statements (<https://wp.scielo.org/wp-content/uploads/dados.pdf>), the use of one of the following alternatives is mandatory:

**Data not available** – The data that support the findings of this study are not publicly available.

**Data available** – The data that support the findings of this study (a) were published in this article; (b) were published in this article and in its attached "Supplementary Material" section; (c) are available in [name of repository] and can be accessed at [URL or DOI]; or (d) are available in [name of repository] with the identifying codes [list of identifiers]. In the case of an anonymized date, use (e) the anonymized data that support the findings of this study are available in [name of repository] and can be accessed at [URL or DOI].

**Data available upon request** – The data that support the findings of this study are available, upon reasonable request, (a) from the corresponding author [name of the corresponding author]; or (b) from [name of the organization]. The dataset is not publicly available because [detail the motive, e.g. the data contain information that compromise the privacy of participants in the research].

If the manuscript is accepted for publication, this information will appear in a "Data availability statement" at the end of the article.

#### **SUBMISSION PROCESS**

Access (<http://mco4.manuscriptcentral.com/aa-scielo>) and follow the instructions therein.

All authors of the study have to be registered with a valid e-mail in the online submission form. When registering authors in the system, please use the official institution name in the language of the country of origin. Institutions from countries that do not use the latin alphabet should be registered in English.

Always upload the main document file before the figure files, and upload figure files in increasing order.

This is necessary for the system to configure correctly the PDF file for reviewers.

When uploading figure files, include the complete figure legend (including the figure number) in the "Caption/Legend" box.

Submit supplementary material files as "Supplemental file for review".

Create a **cover letter** by typing or pasting text directly into the appropriate space in the submission panel, or by uploading a file as a "Supplemental file NOT for review". Address the cover letter to the editor-in-chief and include the following statements:

- (a) The research data are original and accurate;
- (b) All authors participated actively in the discussion of results and have read and approved the final version of the manuscript, and assume public responsibility for its content;
- (c) The submitted manuscript has not previously been published, nor has it been submitted for publication elsewhere, in print or online format, entirely or in part, and will not while being considered for publication in Acta Amazonica;
- (d) The manuscript does not infringe third-party copyright or intellectual property rights; otherwise I will be solely responsible and liable for any such infringement in all applicable administrative and legal instances;
- (e) All ethical principles and guidelines that apply to the research presented in the submitted manuscript have been duly observed, and all pertinent declarations, authorizations and/or licenses are presented in the manuscript.