

Museu Paraense Emílio Goeldi

# Atlas do Estuário Amazônico

Ronaldo Barthem  
Michael Goulding  
Eduardo Venticinque



# Atlas do Estuário Amazônico

Ronaldo Barthem  
Michael Goulding  
Eduardo Venticinque





Presidente da República  
Luís Inácio Lula da Silva

Ministra da Ciência, Tecnologia e Inovação  
Luciana Barbosa de Oliveira Santos



MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

Diretor  
Nilson Gabas Junior

Coordenador de Pesquisa e Pós-Graduação  
João Ubiratan Santos

Coordenadora de Comunicação e Extensão  
Sue Anne Costa

#### EQUIPE EDITORIAL

Editora Executiva  
Iraneide Silva

Editoras Assistentes  
Angela Botelho  
Zeneida Britto

Editora de Arte  
Andréa Pinheiro

IMPRESSÃO  
Gráfica Aquarela

Instituição filiada:



#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B285	Barthem, Ronaldo Atlas do estuário amazônico / Ronaldo Barthem, Michael Goulding, Eduardo Venticinque. – Belém : Museu Paraense Emílio Goeldi, 2024.  283p.: il.  ISBN 978-65-88888-22-3  1. Estuário - Recursos econômicos - Amazônia. 2. Estuário - Ecologia. 3. Estuário amazônico – Atlas. I. Goulding, Michael. II. Venticinque, Eduardo. III. Título.  CDD 20 ed. 333.9164
------	---

© Copyright por/by Museu Paraense Emílio Goeldi, 2024.  
Todos os direitos reservados. A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Museu Paraense Emílio Goeldi

# Atlas do Estuário Amazônico

Ronaldo Barthem  
Michael Goulding  
Eduardo Venticinque



Belém, 2024







# Agradecimentos

Somos especialmente gratos ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), onde os dois primeiros autores atuaram como pesquisadores por um longo período e onde tiveram a oportunidade de realizar extensos trabalhos de campo na Região do Estuário Amazônico e nas demais regiões da Amazônia. Agradecemos também a Wildlife Conservation Society (WCS) pelo longo período que nos apoiou.

O projeto foi financiado pela Gordon & Betty Moore Foundation (GBMF).

Agradecemos a AVECITA Chicchón, Diretora de Programa Andes-Amazônia da Gordon and Betty Moore Foundation (GBMF) e a Padu Franco, ex-Diretor Regional da Andes, Amazonía y Orinoquía da Wildlife Conservation Society (WCS) pela ajuda desde o começo. Pelo apoio logístico agradecemos a Rob Wallace, Daniela Suarez, Rocio Ramírez, Carlos Durigan e Jorge Rombaldo da Wildlife Conservation Society (WCS).

Agradecemos às instituições abaixo por disponibilizarem suas bases de dados:

**PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA:** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca (SEDAP) do Estado do Pará;

**UNIDADES DE CONSERVAÇÃO:** Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), Instituto Socioambiental (ISA);

**DESMATAMENTO E FOGO:** Mapbiomas (Brasil);

**ENERGIA:** Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL);

**PRODUÇÃO PESQUEIRA:** Secretaria de Pesca e Aquicultura (SEPAq) do Estado do Pará, Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO);

**GEOLOGIA, HIDROLOGIA E CLIMA:** Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET);

**MINERAÇÃO:** Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE);

**CARTAS NÁUTICAS E TÁBUAS DE MARÉ:** Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil;

**EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO:** Petrobrás, U.S. Energy Information Administration (EIA);

**PRODUÇÃO DE MADEIRA:** Associação das Indústrias Exportadoras de Madeira do Estado do Pará (AIMEX).



**MANOEL SOARES**



# Prefácio

Este trabalho enfoca a Amazônia Oriental com ênfase no estuário do rio Amazonas, incluindo as áreas adjacentes como a plataforma continental do Amazonas e as bacias que aí deságuam. De muitas maneiras, a Região do Estuário Amazônico, ou somente o Estuário Amazônico, representa o maior desafio para a conservação e o uso da água doce na Amazônia, pois, como ela está a jusante do maior rio do mundo, ela é afetada tanto pelos impactos que acontecem diretamente nessa região como pelos impactos transnacionais que se originam nos Andes Orientais, a 5.000 km a montante. Esses impactos são acumulados ecologicamente no rio Amazonas à medida que recebe as influências originadas em suas planícies de inundação e em seus afluentes do norte e do sul da bacia até chegar a sua foz. Da mesma forma, grandes impactos no Estuário Amazônico podem ter consequências a montante, podendo até alcançar os Andes, como ocorre com os peixes migradores. A maioria dos impactos sobre o ecossistema aquático amazônico ainda é pouco compreendida, em especial as suas consequências na parte mais oriental da bacia e no oceano Atlântico. Além disso, grande parte das paisagens terrestres e aquáticas e dos recursos econômicos do Estuário Amazônico foram fortemente modificados nas últimas décadas e, certamente, continuarão sendo impactados pelo desenvolvimento de infraestrutura, pela exploração dos recursos naturais e pela expansão urbana.

O inexorável desenvolvimento transnacional da infraestrutura continuará a desafiar as ações de mitigação ambiental na escala Amazônica. Ao mesmo tempo, no entanto, espera-se que o desenvolvimento de tecnologia e do capital humano que trata das questões ambientais tenha condições de monitorar e mitigar esses impactos. Apesar da forte influência humana no Estuário Amazônico, uma abordagem relativamente holística para sua conservação, num nível adequado à sua dimensão, tem sido deixada de lado em razão das preocupações focadas no desmatamento das florestas de terra firme e suas implicações globais, como as mudanças climáticas. Felizmente, numerosos estudos centrados em vários aspectos da Amazônia Oriental, de seu estuário, das bacias vizinhas que aí deságuam e da influência do rio Amazonas no Atlântico foram publicados nas últimas décadas. Essas valiosas publicações associadas às décadas de experiência de campo dos autores na Amazônia, desde os Andes ao Atlântico, e às oportunidades de financiamento para pesquisa forneceram as bases para melhor apresentar o Estuário Amazônico no contexto de Amazônia como um ecossistema aquático.

O Atlas é apresentado em um estilo livre de jargões destinado a um público diversificado, incluindo o público em geral, funcionários do governo, cientistas e as várias organizações interessadas na Amazônia de diversos pontos de vista. A nossa expectativa é informar sobre os temas que fundamentam a elaboração de um quadro conceitual ecologicamente realista para a utilização e a conservação dos recursos da região. As referências bibliográficas assinaladas por números sobrescritos e uma bibliografia final fornecem a literatura básica para as diversas linhas de pesquisa abordadas neste livro. Sempre que possível, ilustrações são usadas para enriquecer a percepção visual dos ambientes aquáticos do Estuário Amazônico.





# Sumário

PARTE 1:	A REGIÃO DO ESTUÁRIO .....	12
	Definições e Dimensões .....	13
PARTE 2:	A BASE FÍSICA .....	22
	A Geologia .....	23
	Clima e Tempo .....	29
	Vazão do Rio .....	36
	Correntes Oceânicas e Pluma .....	45
	Qualidade da Água .....	48
	Marés .....	63
PARTE 3:	AS PAISAGENS AQUÁTICAS .....	74
	Rios e Igarapés .....	75
	Baías .....	84
	Lagos .....	92
	Florestas de Várzea .....	99
	Manguezais .....	110
	Campos Alagados do Interior e da Costa .....	118
	Praias e Planícies de Lama .....	128
PARTE 4:	UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS .....	138
	Peixes e Pesca .....	139
	Madeira .....	160
	Frutas da Floresta de Maré .....	164
	Energia da Água, Vento e Sol .....	172
	Agricultura .....	180
	Pecuária .....	192
	Mineração e Minerais .....	196
	Recreação e Cultura nas Paisagens Aquáticas .....	204
PARTE 5:	O ESTUÁRIO AMAZÔNICO E AS REGIÕES COSTEIRAS .....	218
	A Franja do Estuário .....	219
	Arquipélago do Marajó .....	226
	Bacia do Guamá .....	232
	Bacia do Pacajá .....	236
	Baixo Tocantins.....	239
	Baixo Xingu .....	242
	Costa do Pará .....	246
	Bacia do Paru .....	252
	Bacia do Jari .....	256
	Bacia do Araguari .....	263
	Costa do Amapá .....	267
PARTE 6:	ESCALAS DE CONSERVAÇÃO DO ESTUÁRIO AMAZÔNICO .....	272
	Escalas de Conservação .....	273
	Áreas Protegidas .....	279











# PARTE 1

## A Região do Estuário

---

◀ ◀ ◀ Vista do dossel de um açazal da ilha do Combu, em frente a Belém. O açáí é indiscutivelmente a palmeira mais bonita da Amazônia, sendo comumente usada para ornamentar jardins.

# Definições e dimensões

O Estuário Amazônico aqui definido é a região da Amazônia Oriental que inclui o trecho do rio Amazonas que sofre o efeito de maré, o Arquipélago do Marajó, as bacias que desembocam diretamente nesta região, as costas do Pará e Amapá, e a grande área costeira que recebe forte influência da descarga do rio Amazonas, conhecida como Pluma do Estuário. A inclusão das bacias é uma extensão de nosso trabalho anterior que promoveu uma escala espacial para atender aos desafios do desenvolvimento de infraestrutura em toda a Bacia Amazônica e às realidades das interações e conectividade em nível de ecossistema aquático [1-3]. A área muitas vezes referida cientificamente como o Estuário Amazônico é a peça central da Amazônia Oriental, embora considerada isoladamente seria insuficiente para entender sua ecologia e os vários impactos presentes e potenciais sobre ela.

As definições do que constitui um estuário são geralmente associadas à influência de maré e/ou salinidade [4]. Não há uma definição universalmente aceita do que é um estuário e a natureza do sistema do rio Amazonas desafia muitas definições tradicionais [5]. Definições locais, científicas e legais geralmente são relacionadas a um estuário específico, região, especialidade científica ou mesmo a considerações sobre gestão política. Algumas definições, por exemplo, restringem um estuário às áreas costeiras semifechadas onde a água doce e a água salgada se misturam. Se este fosse o caso do Estuário Amazônico, então o trecho da foz do rio Amazonas onde a maré exerce uma forte influência seria excluído do estuário por ser completamente dominado por água doce e apenas a baía do Marajó, ao sul, e algumas áreas costeiras poderiam ser definidas como estuário durante parte do ano. A definição de água salobra involuntariamente tornaria o Estuário Amazônico muito menor do que indica a sua ecologia fortemente influenciada pelas marés. Outras definições dão ênfase à geologia, como as que se concentram nos cursos mais baixos dos rios que foram afogados pelo aumento do nível do mar, afundados por forças tectônicas ou alguma combinação desses eventos. A enorme descarga do rio Amazonas, mas principalmente a forte Corrente do Norte do Brasil que domina a costa, leva os sedimentos carregados pelo rio para o norte, longe da área da foz, impedindo que estes sejam acumulados na foz [6, 7].

O termo delta parece ser preferido por alguns autores, em vez de estuário, como uma definição geométrica geral da região das marés amazônicas [7-9]. Esta é, em sua maioria, uma preferência semântica dos termos disponíveis, mas também aponta para a dificuldade em definir os limites exatos do Estuário Amazônico. Tecnicamente, apenas uma parte da região mais baixa do rio Amazonas se qualifica como delta [7]. Um delta é geralmente considerado como a área onde um rio se ramifica em rios ou canais menores e forma uma planície de inundação pouco antes de entrar diretamente no mar. O Delta do Mississipi, abaixo de Nova Orleans, é um exemplo clássico. Apesar da forte sedimentação, o rio Amazonas não forma um único delta imenso que está avançando para o Atlântico e que, de outra forma, produziria uma grande planície de inundação costeira antes de desaguar no mar. Um Delta Amazônico interior, no entanto, é reconhecido e inclui grande parte do



Imagem de satélite do Estuário Amazônico, sua costa e a Pluma do Estuário. A descarga do rio Amazonas é grande o suficiente para empurrar as águas oceânicas para fora da costa e formar a Pluma do Estuário no Oceano Atlântico.

oeste da Ilha do Marajó, numerosas ilhas menores a oeste dela e algumas outras ilhas mais a jusante no rio Amazonas [7]. Alguns autores unem os termos estuário e delta para delinear a região do Estuário-Delta do Amazonas [10]. Finalmente, outros autores separam a região nos estuários do rio Amazonas e do rio Pará [11], mas isso pode, sem querer, deixar de lado a importância da água do rio Amazonas para a ecologia do rio Pará, incluindo a baía do Marajó [12, 13]. Os termos estuário e delta não são identidades culturais-geográficas comuns em sociedades rurais ou urbanas na Amazônia Oriental. Pelo menos historicamente, os brasileiros se referiam à grande área triangular do Estuário Amazônico ou à grande parte da baía do Marajó como o Golfão [7], talvez mais estreitamente aliado ao termo delta. Um golfo é geralmente considerado uma grande baía, com uma ampla abertura para o mar.

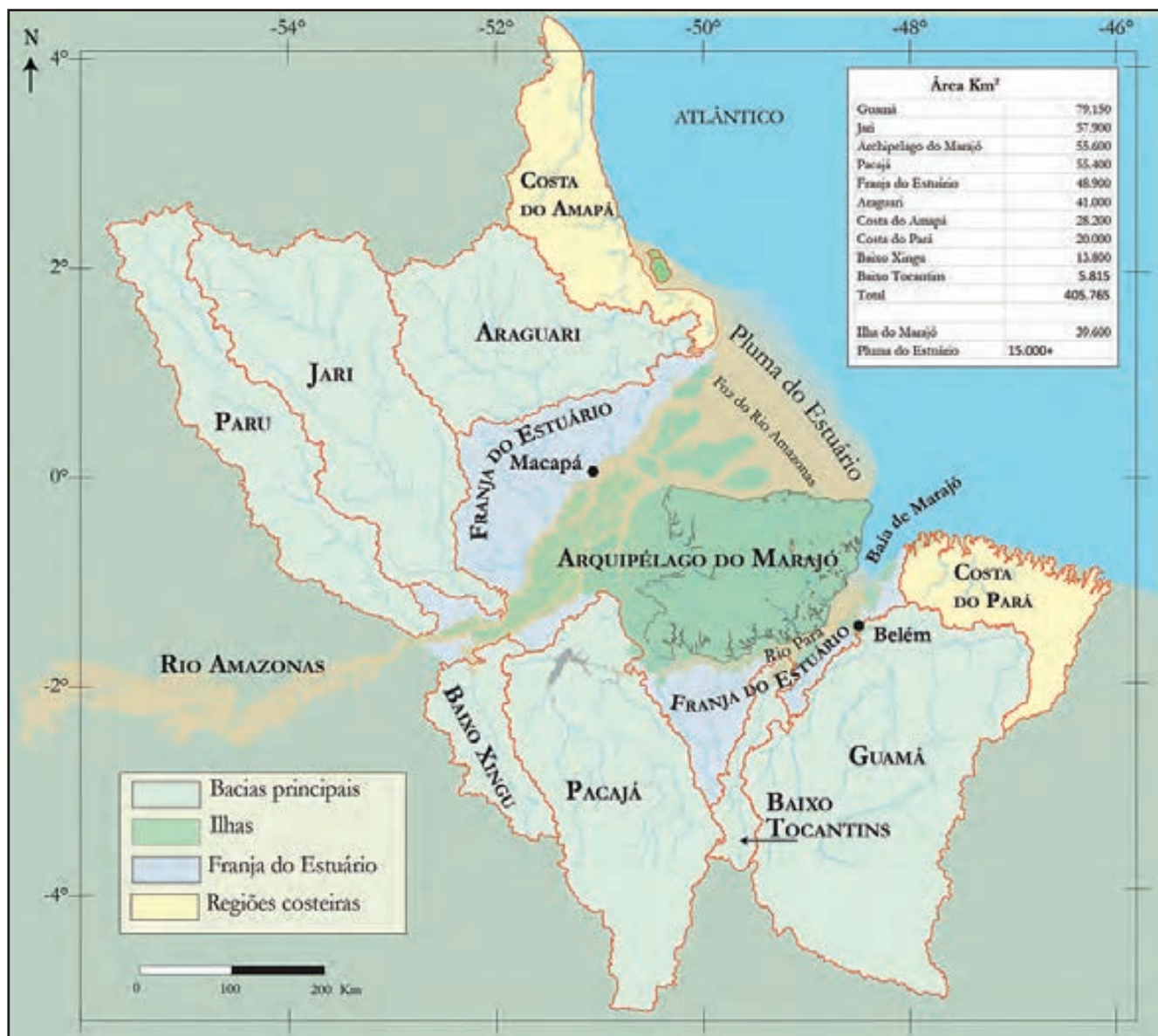
Ecologicamente, as marés são o indicador mais direto da extensão do Estuário Amazônico nas águas interiores. Devido à baixa elevação por onde flui o rio Amazonas, a influência das marés se estende a 800 km a montante da foz do rio Amazonas até perto das cidades de Santarém e Óbidos, no estado do Pará [14]. Isso indica que o rio Amazonas está sujeito à maior influência de maré interior de qualquer rio do mundo. Do ponto de vista ecológico e de manejo, no entanto, um melhor ponto de corte a montante para o Estuário Amazônico seria onde a flutuação do nível do rio é dominada por flutuações sazonais em vez de diárias. No entanto, deve-se ter em mente que mesmo mudanças sutis de alguns centímetros provocada diariamente pela maré podem ser importantes para a ecologia



A Região do Estuário Amazônico recebe a drenagem proveniente de sete países, com o Brasil a jusante de seis deles. As cabeceiras mais distantes estão a mais de 6.800 km da foz do rio Amazonas e a menos de 200 km do Pacífico. As cabeceiras do sul da bacia do rio Madeira estão na mesma latitude do Chile e do Paraguai, embora os territórios destes países não façam parte da Bacia Amazônica. O ponto mais ao norte que drena para a Bacia Amazônica se encontra a apenas 5 graus do equador, na mesma latitude das Guianas e Venezuela. Toda a Região do Estuário Amazônico está no Brasil, embora a influência das águas do rio Amazonas alcance a costa atlântica das Guianas e Venezuela, a cerca de 10 graus de latitude norte.

de alguns animais e até plantas, embora pouco se conheça sobre isso. Este ponto de corte sugerido ocorre aproximadamente na confluência dos rios Amazonas e Xingu, 300-400 km a montante da foz do rio Amazonas [15, 16]. A influência das marés também se estende nos cursos inferiores de afluentes que deságuam no Estuário Amazônico. Esses afluentes incluem o grande rio Tocantins e numerosos afluentes menores, como o rio Guamá e o rio Araguaí.





A organização espacial da Região do Estuário Amazônico foi idealizada para proporcionar uma melhor compreensão dos problemas ambientais e dos desafios esperados do desenvolvimento econômico, com base numa ampla perspectiva ecológica e numa escala espacial mais realista. Nesse contexto, identificamos as principais bacias que circundam o Estuário Amazônico e que deságuam diretamente no rio Amazonas ou na região do entorno do Arquipélago do Marajó. O Arquipélago do Marajó está no centro dessa região, em torno do qual correm as águas do rio Amazonas e dos tributários locais. As áreas litorâneas são formadas por pequenas bacias que drenam a Costa do Pará e a Costa do Amapá. Essas áreas costeiras foram incluídas por estarem próximas ao estuário e/ou por receberem alguma influência do rio Amazonas. Além das principais bacias que deságuam no Estuário Amazônico, há também a Franja do Estuário que é drenada por pequenas bacias que deságuam no rio Amazonas, rio Pará ou baía do Marajó.

As características hidrológicas mais marcantes da Amazônia Oriental são a gigantesca descarga do rio Amazonas, o intenso processo de sedimentação no rio e ao longo da costa, o complexo arquipélago que inclui a Ilha do Marajó, as vastas florestas de várzea e de mangue, a complexa rede de canais que



A Região do Estuário Amazônico está localizada quase que inteiramente nos estados do Pará e Amapá. Apenas uma pequena área de cabeceira da bacia do rio Guamá está no estado do Maranhão. A maior parte da Região está no estado do Pará, incluindo quase todo o Arquipélago do Marajó, a Bacia do Paru ao norte e todas as bacias ao sul do rio Amazonas e rio Pará e a Costa do Pará. A Bacia do Araguari e a Costa do Amapá estão no Amapá. A Franja do Estuário e a Bacia do Jari são compartilhadas pelos dois estados. A área marítima referida como Pluma do Estuário está sob a administração do governo brasileiro.

circunda a Ilha do Marajó e que conecta o rio Amazonas ao rio Pará, o baixo rio Tocantins, a baía do Marajó e a pluma marítima. O sudeste da baía do Marajó e o norte da foz do rio Amazonas definem uma área estuarina de quase 400 km de extensão que são interligadas por parte da descarga do rio Amazonas que contorna a Ilha do Marajó. Deve-se também ter em mente que a enorme descarga do rio Amazonas e, em menor grau, a do rio Tocantins, expande o ecossistema de água doce e salobra

para o Oceano Atlântico. Pesquisas oceanográficas detectaram a influência da água do rio Amazonas a milhares de quilômetros da costa sul-americana e até o norte de Barbados, nas Pequenas Antilhas, e toda essa área pode ser considerada parte da Pluma Amazônica [17]. Em um sentido oceanográfico, uma pluma é a área em mar aberto onde as águas superficiais apresentam baixa salinidade [6]. No entanto, a Pluma do Estuário, conforme definido aqui, é aquela que se encontra próxima à foz do rio Amazonas e do norte do Marajó onde predomina a água doce.

O Arquipélago do Marajó é a peça central do Estuário Amazônico, devido à grande ilha que lhe dá nome e pelas inúmeras ilhas menores que aumentam muito a complexidade ecológica da região. Além do rio Amazonas, existem também dois grandes afluentes, o rio Xingu e o rio Tocantins, que deságuam diretamente no Estuário Amazônico e são influenciados pelas marés em seus trechos inferiores. Cinco bacias menores, mas ainda grandes, formam um arco ao redor do Estuário Amazônico e, devido à sua proximidade, apresentam graus variados de impactos nas bacias hidrográficas e na qualidade da água causados por ação antrópica. Numerosas bacias menores formam uma franja de drenagem ao redor do Arquipélago do Marajó, e é onde a maioria da população humana vive e onde a maior parte da indústria está implantada. A grande região costeira ao longo da costa do Amapá, ao norte da foz do rio Amazonas, e a pluma que se estende a leste da costa do Marajó também são fragmentos ecológicos do Estuário Amazônico por serem influenciados pela descarga dos rios Amazonas e Tocantins. Também incluímos a Costa do Pará, que tem uma maior influência de água salgada ou salobra, pois os impactos nesta área podem afetar diretamente o estuário amazônico.

## Referências

1. Barthem, R.B. e M. Goulding. **An unexpected ecosystem: The Amazon as revealed by fisheries**. 2007, Lima, Peru: Amazon Conservation Association; Missouri Botanical Garden Press. 241.
2. Goulding, M., E. Venticinque, M.L.d.B. Ribeiro, R.B. Barthem, et al. **Ecosystem-based management of Amazon fisheries and wetlands**. *Fish and Fisheries*, 2019. 20(1): p. 138-158.
3. Venticinque, E., B. Forsberg, R. Barthem, P. Petry, et al. **An explicit GIS-based river basin framework for aquatic ecosystem conservation in the Amazon**. *Earth System Science Data*, 2016. 8(2): p. 651-661.
4. Ribeiro, S.R. e R.C. Valadão. **Efeitos marinho e fluvial na dinâmica dos ambientes inundáveis do Estuário Superior do rio Pará, Norte do Brasil**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2021. 22(4): p. 876-898.
5. Molinas, E., S.B. Vinzon, C. de Paula Xavier Vilela, e M.N. Gallo. **Structure and position of the bottom salinity front in the Amazon Estuary**. *Ocean Dynamics*, 2014. 64(11): p. 1583-1599.
6. Nittrouer, C.A. e D.J. Demaster. **The Amazon shelf setting: tropical, energetic, and influenced by a large river**. *Continental Shelf Research*, 1996. 16(5/6): p. 553-573.
7. Sioli, H. **General features of the delta of the Amazon**, in *Scientific problems of the humid tropical zone deltas and their implications*. 1966, UNESCO: Paris, França. p. 381-390.

8. Mansur, A.V., E.S. Brondízio, S. Roy, S. Hetrick, et al. **An assessment of urban vulnerability in the Amazon Delta and Estuary: a multi-criterion index of flood exposure, socio-economic conditions and infrastructure.** Sustainability Science, 2016. 11(4): p. 625-643.
9. Anthony, E.J., E.S. Brondizio, V.F. dos Santos, A. Gardel, et al. **Sustainable management, conservation, and restoration of the Amazon River Delta and Amazon-Influenced Guianas Coast: A review.** Water, 2021. 13(10).
10. Brondizio, E.S., N.D. Vogt, A.V. Mansur, E.J. Anthony, et al. **A conceptual framework for analyzing deltas as coupled social–ecological systems: an example from the Amazon River Delta.** Sustainability Science, 2016. 11(4): p. 591-609.
11. Rollnic, M. e R.P. Rosário. **Tide propagation in tidal courses of the Pará river estuary, Amazon Coast, Brazil.** Journal of Coastal Research, 2013. 165: p. 1581-1586.
12. Schwassmann, H.O., R.B. Barthem, e M.L. Carvalho. **A note on the seasonally shifting zone of high primary production in the bay of Marajó, Pará, Brazil, 1983-1984.** Acta Botanica Brasilica, 1989. 2(1): p. 165-174.
13. Barthem, R.B. e H.O. Schwassmann. **Amazon river influence on the seasonal displacement of the salt wedge in the Tocantins River estuary, Brazil, 1983-1985.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Zoologia, 1994. 10(1): p. 119-130.
14. Fassoni-Andrade, A.C., F. Durand, D. Moreira, A. Azevedo, et al. **Comprehensive bathymetry and intertidal topography of the Amazon estuary.** Earth System Science Data, 2021. 13(5): p. 2275-2291.
15. Pinto, A.O. **Hydrografia do Amazonas e seus afluentes.** 1930, Rio de Janeiro: Imprensa Nacional.
16. Goulding, M., R. Barthem, E.J.G. Ferreira, e R. Duenas. **The Smithsonian atlas of the Amazon.** 2003, Washington: Smithsonian Books. 253.
17. Subramaniam, A., P.L. Yager, E.J. Carpenter, C. Mahaffey, et al. **Amazon River enhances diazotrophy and carbon sequestration in the tropical North Atlantic Ocean.** Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2008. 105(30): p. 10460-5.









## PARTE 2

# A Base Física

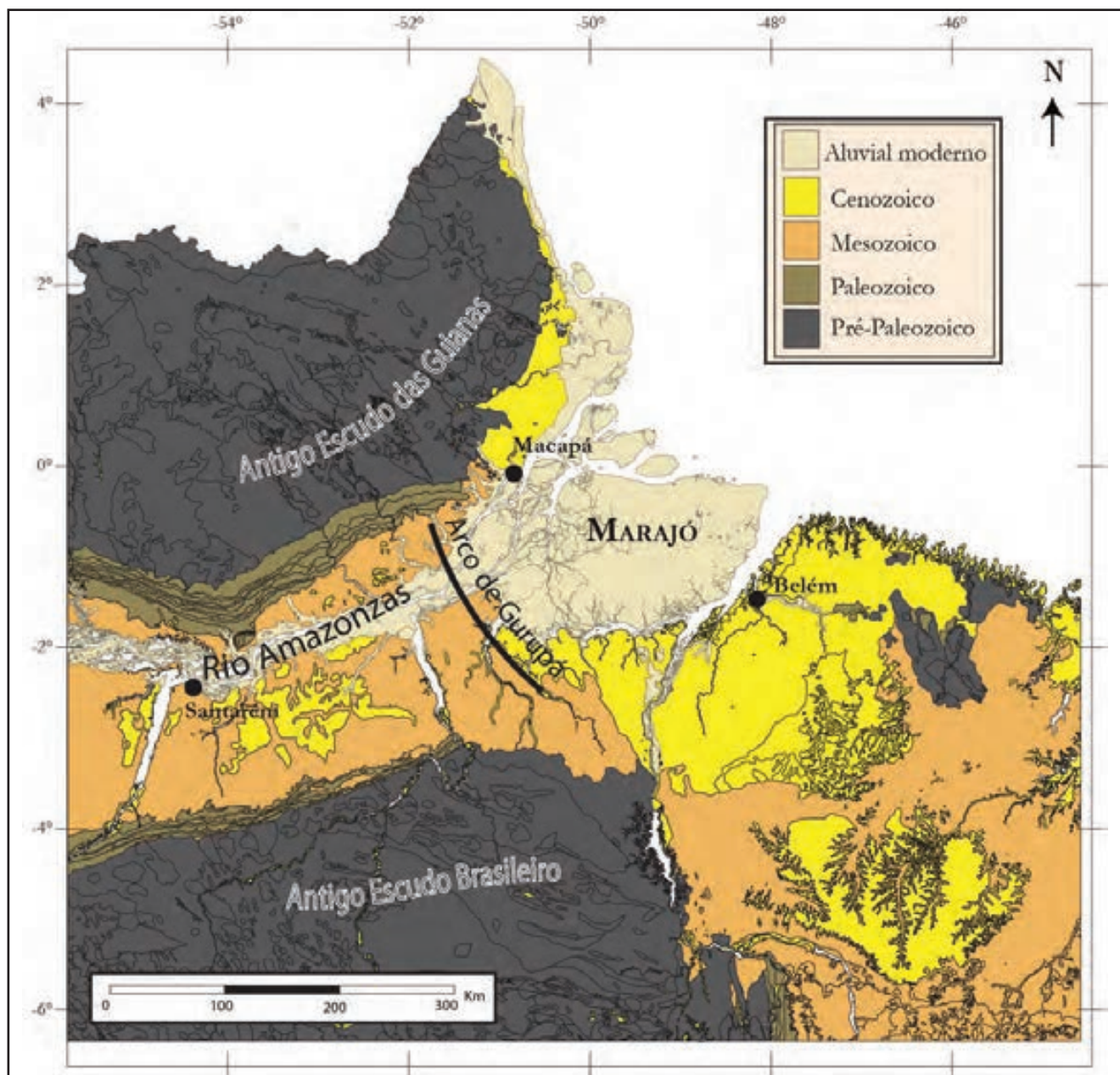
# A Geologia

Na história geológica, o Estuário Amazônico como vemos hoje é relativamente jovem e foi a última grande região a se tornar parte da drenagem amazônica [1]. Com base em seu tamanho, não é surpresa que a Bacia Amazônica tenha uma geologia diversificada que abrange formações antigas a relativamente modernas [2]. Devido à sua localização a jusante, o Estuário Amazônico é impactado em diferentes graus por todas as principais regiões geológicas da Bacia Amazônica. As principais regiões geológicas continentais listadas a partir de oeste para leste são: os Andes orientais [2]; a vasta planície em forma de funil, que se estende dos Andes ao Atlântico e é composta por várias bacias sedimentares segmentadas por antigos arcos estruturais [3]; as antigas áreas dos Escudos da Guiana e do Brasil, que ficam ao norte e ao sul da Bacia Amazônica [3]; e, finalmente, as áreas costeiras [4]. Cada uma dessas regiões teve uma história geológica própria na formação do atual Estuário Amazônico.

Os vislumbres geológicos da origem do que hoje é o Estuário Amazônico datam da Era Mesozoica, entre os períodos Triássico e Cretáceo, há talvez 200 milhões de anos. Quando a deriva continental, induzida pelo movimento das placas tectônicas, levou à separação da África e da América do Sul e à formação do oceano Atlântico Central, houve a formação de uma zona menor, chamada geologicamente de fenda do Marajó (Marajó rift), que era uma borda elevada que separava o que era então a Bacia do Marajó das terras mais a oeste. A Bacia do Marajó formou-se ao longo de zonas de fraqueza crustal dos cinturões orogênicos ou de elevação do Tumucumaque Pré-Cambriano, Amapá e Araguaia. A antiga Bacia do Marajó foi preenchida principalmente por depósitos marinhos que agora estão escondidos sob camadas sedimentares fluvial-estuarinas relativamente profundas [4, 5].

A Ilha do Marajó forma a peça central do moderno Estuário Amazônico. Geologicamente é um gráben, um pedaço da crosta terrestre que foi deslocado para baixo. O Sistema Gráben do Marajó data da separação dos continentes africano e sul-americano e da formação do oceano Atlântico Central. Em contraste, a Plataforma do Pará a leste corresponde a uma antiga base cristalina e sedimentar que permaneceu tectonicamente estável em relação às bacias sedimentares adjacentes da região do Marajó [6, 7]. As tectônicas regionais resultaram em fraturas da superfície terrestre, chamadas de falhas, e foram importantes no desenvolvimento dos primeiros paleoestuários que existiram antes do moderno sistema de drenagem do rio Amazonas desaguar no atual Estuário Amazônico. Um importante vestígio superficial dessas falhas se alinha com o atual Lago Arari, no leste da Ilha do Marajó, que em algum momento parece ter sido parte de um paleoestuário [5, 7]. Outras atividades tectônicas também foram importantes na formação do Estuário Amazônico moderno, como o desprendimento da Ilha do Marajó do continente e a formação da baía do Marajó [4, 6]. Antes do moderno rio Amazonas chegar ao oceano Atlântico, a área de drenagem para o Estuário Amazônico era relativamente pequena em comparação com a configuração atual e incluía principalmente pequenos afluentes costeiros locais. A maior parte dessa drenagem antiga teve origem em áreas de rochas pré-cambrianas (>4,5 milhões de anos atrás) do cráton amazônico (embasamento cristalino) e partes do que hoje são as bacias sedimentares do Amazonas e do Parnaíba [8, 9].





A Região do Estuário Amazônico está situada entre os escudos do Brasil e das Guianas, áreas geologicamente antigas, com cerca de 250 milhões de anos, que datam de um período anterior a separação entre a América do Sul e a África. A região que margeia a área de várzea do rio Amazonas a oeste da Ilha do Marajó foi formada na Era Mesozoica, entre 65 e 250 milhões de anos atrás. Áreas geologicamente mais recentes da Era Cenozoica, de menos de 65 milhões de anos, circundam parcialmente a Ilha do Marajó, cobrindo grande parte da área ao sul, no Pará, e parte da área à oeste, no Amapá. A geologia da maior parte da superfície do Arquipélago do Marajó consiste em camadas aluviais relativamente moderna, datando da Época do Holoceno, há menos de 12 milhões de anos. O mapa também indica o Arco do Gurupá, uma estrutura antiga que impediu a drenagem do rio Amazonas para o Atlântico até cerca de 12 milhões de anos atrás. Antes disso, os rios situados a oeste da Ilha do Marajó fluíam para oeste. As diversas áreas geológicas das regiões do Estuário Amazônico são relacionadas a diferentes tipos de minérios. Por exemplo, o ouro está associado às antigas áreas dos escudos e a bauxita, mineral que é extraído o alumínio, às áreas cenozoicas.

A drenagem transcontinental, do que é hoje a Bacia Amazônica para o oceano Atlântico, foi bloqueada durante a maior parte da história geológica da América do Sul por bacias estruturais e formações semelhantes a cumes, associadas à tectônica antiga, chamadas arcos [4, 5]. A principal estrutura geológica que historicamente bloqueou a drenagem fluvial do oeste para o oceano Atlântico foi o Arco do Gurupá, localizado a leste da antiga Bacia do Marajó e orientado diagonalmente no sentido norte-sul entre os escudos da Guiana e do Brasil. O rio Amazonas, como um sistema transcontinental, foi iniciado entre 11,8 e 11,3 milhões de anos atrás, conforme revelam diversos dados obtidos de bioestratigrafia e de poços exploratórios de petróleo na plataforma continental próxima ao Estuário Amazônico, entre outros [1, 10]. Antes desse período, a plataforma continental a leste do Estuário Amazônico era principalmente uma plataforma de carbonato associada a depósitos marinhos, o que prova que os sedimentos do rio Amazonas não alcançavam. O fluxo do rio Amazonas para o Atlântico está associado principalmente à subsidência do Arco do Gurupá, que fica ligeiramente perpendicular ao rio Amazonas a cerca de 350 km de sua atual foz [10]. Com o afundamento do Arco do Gurupá e de outros arcos mais a oeste, o canal principal abriu caminho para leste e inverteu seu fluxo para desaguar no Atlântico, formando a moderna drenagem do rio Amazonas e dando início ao desenvolvimento do moderno Estuário Amazônico.

Além do rio Amazonas, houve outras duas grandes mudanças na drenagem do Estuário Amazônico na história geológica recente. A mais antiga ocorreu no Pleistoceno, quando, aparentemente, o rio Tocantins fluía para norte/noroeste e desembocava diretamente no rio Amazonas, em vez de sua moderna direção nordeste. Em algum momento do final do Pleistoceno ao Holoceno (<55.000 anos antes do presente), a atividade tectônica levou à formação da baía do Marajó, separando o lado leste da Ilha do Marajó do continente, e causou o desvio do rio Tocantins, que abandonou sua conexão com o rio Amazonas e passou a desaguar na baía do Marajó [11]. A outra mudança ocorreu nos tempos atuais, entre setembro de 2010 e outubro de 2011, quando grande parte da vazão do rio Araguari (>98%) começou a fluir através do canal de Urucurituba e a desaguar no rio Amazonas em vez de diretamente para o Atlântico, como ocorria anteriormente [12].

Devido à sua baixa elevação, o Estuário Amazônico moderno tem sido submetido a mudanças radicais causadas por diversas oscilações do nível do mar desde que o rio Amazonas se tornou parte dele [6, 13]. Por exemplo, o nível do mar oscilou várias vezes nos últimos 700.000 anos, tendo estado a mais de 100 metros abaixo do nível atual. Nesse processo, o Estuário Amazônico avançava para a plataforma continental quando o nível do mar estava mais baixo e recuava quando se elevava. O nível do mar tem apresentado uma tendência de elevação durante os últimos 18.000 anos, apesar de ter havido eventuais períodos glaciais que causaram a diminuição de seu nível. Embora a maioria dessas subidas e descidas fossem de apenas alguns metros, estas causaram impactos consideráveis em grande parte da área estuarina devido a sua baixa elevação. Estudos paleoecológicos costeiros da Ilha do Marajó indicam que, durante esses períodos, o Estuário Amazônico sofreu inúmeras mudanças ecológicas nos ambientes aquáticos que eram frequentemente associadas a atividades tectônicas, como a subsidência [6, 14].

O moderno Estuário Amazônico tornou-se parte do que é o maior rio e bacia do mundo. No momento em que o rio Amazonas inverteu o seu fluxo, os Andes já estavam subindo rapidamente, formando assim a vasta região de cabeceira ocidental que hoje existe [2]. A alta altitude e precipitação





Praia rochosa exposta pela ação das ondas, comum na Costa do Pará.

nos Andes levaram a altas taxas de erosão e, portanto, enormes quantidades de sedimentos injetados em afluentes e, depois, no tronco principal do rio Amazonas [15]. Ao contrário dos sedimentos, a maior parte da água drenada pelo rio Amazonas é derivada das chuvas sobre a vasta região de planície e não dos Andes. Não mais do que cerca de 10-12% da vazão do rio Amazonas vem das encostas andinas. Uma combinação de enormes quantidades de sedimentos andinos e a capacidade da vazão do rio de transportá-los a jusante, juntamente com processos do oceano Atlântico, levou à deposição maciça de sedimentos no estuário interno da Amazônia e na sua costa. Essa deposição alcançou as águas profundas da plataforma continental, em mar aberto, onde se formou o Leque do Mar Profundo da Amazônia (*Amazon Deep-Sea Fan*) repleto de sedimentos do rio Amazonas, também chamado de *Bacia da Foz do Amazonas* [16].





Esta falésia perto da cidade de Soure, numa estreita faixa de praia arenosa, revela as diferentes camadas de sedimentos superficiais da borda leste da Ilha do Marajó. Quatro ou cinco metros de material não consolidado estão depositados sobre um substrato rochoso, que foi revelado pela ação das ondas.

O papel das vastas planícies sedimentares da Bacia Amazônica na formação do Estuário Amazônico moderno está associado principalmente ao fluxo do rio e à biogeografia. A extensa área de floresta tropical que cobre a área sedimentar da planície é uma parte crítica do ciclo hidrológico que controla o clima e, conseqüentemente, o fluxo sazonal do rio para o Estuário Amazônico [17]. A combinação da baixa altitude e da cobertura de floresta tropical reduz muito a erosão, de maneira que a contribuição de sedimentos dessa região é mínima em comparação com o grande aporte de sedimentos dos Andes. Embora o ponto mais alto do Escudo das Guianas atinja quase 3.000 metros, a maioria dos escudos das Guianas e do Brasil estão abaixo de cerca de 400 metros de altitude e são altamente intemperizados, com taxas de erosão relativamente baixas em comparação com a dos Andes [18]. Além do rio Amazonas, o Estuário Amazônico também possui afluentes dos escudo brasileiro e das Guianas que descarregam diretamente nele, sendo o grande rio Tocantins especialmente importante, pela sua proximidade e pela sua grande vazão.

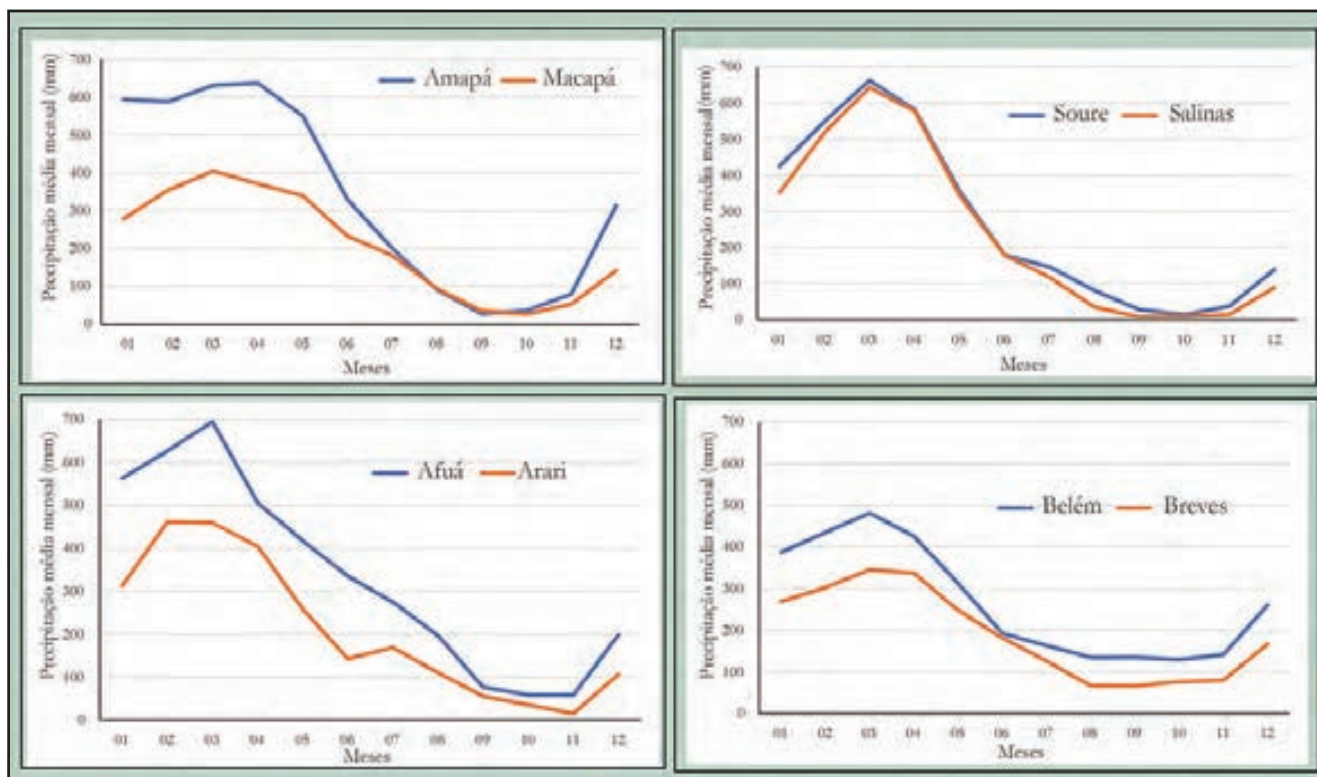


## Referências

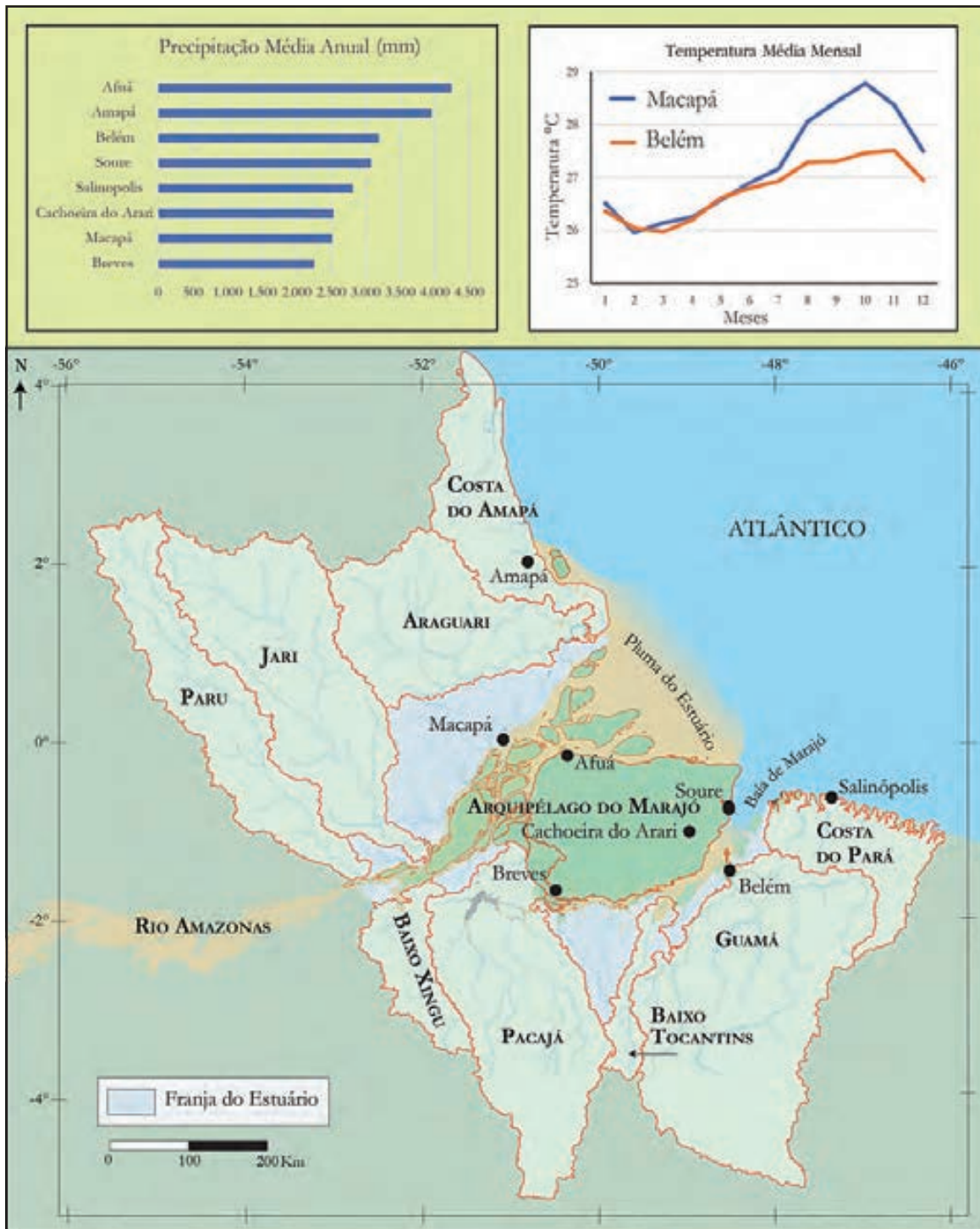
1. Mora, A., P. Baby, M. Roddaz, Mauricio Parra<sup>3</sup>, et al. 2010. **Tectonic history of the Andes and sub-Andean zones: implications for the development of the Amazon drainage basin**, in Amazonia: landscape and species evolution: A look into the past, C. Hoorn and F.P. Wesselingh, Editors, Blackwell Publishing Ltd. p. 56-78.
2. Hoorn, C. and F.P. Wesselingh. 2010 **Amazonia, landscape and species evolution: a look into the past**. John Wiley & Sons. 447 p.
3. Kroonenberg, S.B. and E.W.F.d. Roever. 2011. **Geological evolution of the Amazonian Craton**, in Amazonia: landscape and species evolution: a look into the past, C. Hoorn and F. Wesselingh, Editors, John Wiley & Sons. p. 27-46.
4. Caputo, M.V. and E.A.A. Soares. 2016. **Eustatic and tectonic change effects in the reversion of the transcontinental Amazon River drainage system**. Brazilian Journal of Geology, 46(2): p. 301-328.
5. Costa, J., Y. Hasui, R.L. Bemerguy, A.V. Soares-Júnior, et al. 2002. **Tectonics and paleogeography of the Marajó Basin, northern Brazil**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 74(3): p. 519-531.
6. Rossetti, D.F., M.M. Valeriano, A.M. Góes, and M. Thales. 2008. **Palaeodrainage on Marajó Island, northern Brazil, in relation to Holocene relative sea-level dynamics**. The Holocene, 18(6): p. 923-934.
7. Souza, L.S., D.F. Rossetti, V.R. Elias, and R.L. Prado. 2013. **Neotectonics in Marajó Island, State of Pará (Brazil) revealed by vertical electric sounding integrated with remote sensing and geological data**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 85(1): p. 73-86.
8. Santos, V.F.D., A.D. Short, and A.C. Mendes. 2016. **Beaches of the Amazon Coast: Amapá and West Pará**, in Brazilian Beach systems Springer, Cham. p. 67-93.
9. Bizzi, L.A., C. Schobbenhaus, R.M. Vidotti, and J.H. Gonçalves. 2003 **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG**. Brasília: CPRM - Serviço Geológico do Brasil.
10. Figueiredo, J., C. Hoorn, P. van der Ven, and E. Soares. 2009. **Late Miocene onset of the Amazon River and the Amazon deep-sea fan: Evidence from the Foz do Amazonas Basin**. Geology, 37(7): p. 619-622.
11. Rossetti, D.F., M.M. Valeriano, and M. Thales. 2007. **An abandoned estuary within Marajó Island: implications for Late Quaternary paleogeography of northern Brazil**. Estuaries and Coasts, 30(5): p. 813-826.
12. Silva Dos Santos, E., P.P. Pinheiro Lopes, H.H. da Silva Pereira, O. de Oliveira Nascimento, et al. 2018. **The impact of channel capture on estuarine hydro-morphodynamics and water quality in the Amazon delta**. Science of the Total Environment, 624: p. 887-899.
13. França, M.C., M.I. Francisquini, M.C.L. Cohen, L.C.R. Pessenda, et al. 2012. **The last mangroves of Marajó Island — Eastern Amazon: Impact of climate and/or relative sea-level changes**. Review of Palaeobotany and Palynology, 187: p. 50-65.
14. Mertes, L.A.K. and T. Dunne. 2007. **Effects of tectonism, climate change, and sea-level change on the form and behaviour of the modern amazon river and its floodplain**, in Large Rivers: Geomorphology and Management, A. Gupta, Editor John Wiley & Sons, Ltd.
15. Gibbs, R.J. 1976. **Amazon River sediment transport in the Atlantic Ocean**. Geology, 4(1): p. 45-48.
16. Gorini, C., B.U. Haq, A.T. dos Reis, C.G. Silva, et al. 2014. **Late Neogene sequence stratigraphic evolution of the Foz do Amazonas Basin, Brazil**. Terra Nova, 26(3): p. 179-185.
17. Zemp, D., C. Schleussner, H. Barbosa, M. Hirota, et al. 2017. **Self-amplified Amazon forest loss due to vegetation-atmosphere feedbacks**. Nature Communications, 8(14681): p. 1-10.
18. Sioli, H. 1967 **Studies in Amazonian waters**. in Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Pesquisas.

# Clima e Tempo

A foz do rio Amazonas situa-se do equador a um grau de latitude norte. No entanto, se incluirmos a área costeira do estado do Amapá, que é fortemente influenciada pela vazão do rio Amazonas, sua extensão chega a pelo menos 2 graus ao norte ou mais. O Estuário Amazônico recebe a vazão captada de uma área de drenagem de 6,8 milhões de km<sup>2</sup>, que inclui as bacias dos rios Amazonas, Xingu, Tocantins e bacias menores próximas, que deságuam diretamente nele [1, 2]. Esta vasta área de drenagem abrange uma variedade de zonas climáticas que se estendem por mais de 22 graus de latitude, da Colômbia ao sul da Bolívia e ao Brasil central, e 32 graus de longitude, do Brasil costeiro às cabeceiras andinas na Bolívia, Peru, Equador e Colômbia. A precipitação média da Amazônia Oriental é de cerca de 2.300 mm por ano, embora com variações locais [3]. O tamanho e a vazão do rio Amazonas também refletem a importância da zona climática (AF) da floresta tropical para o

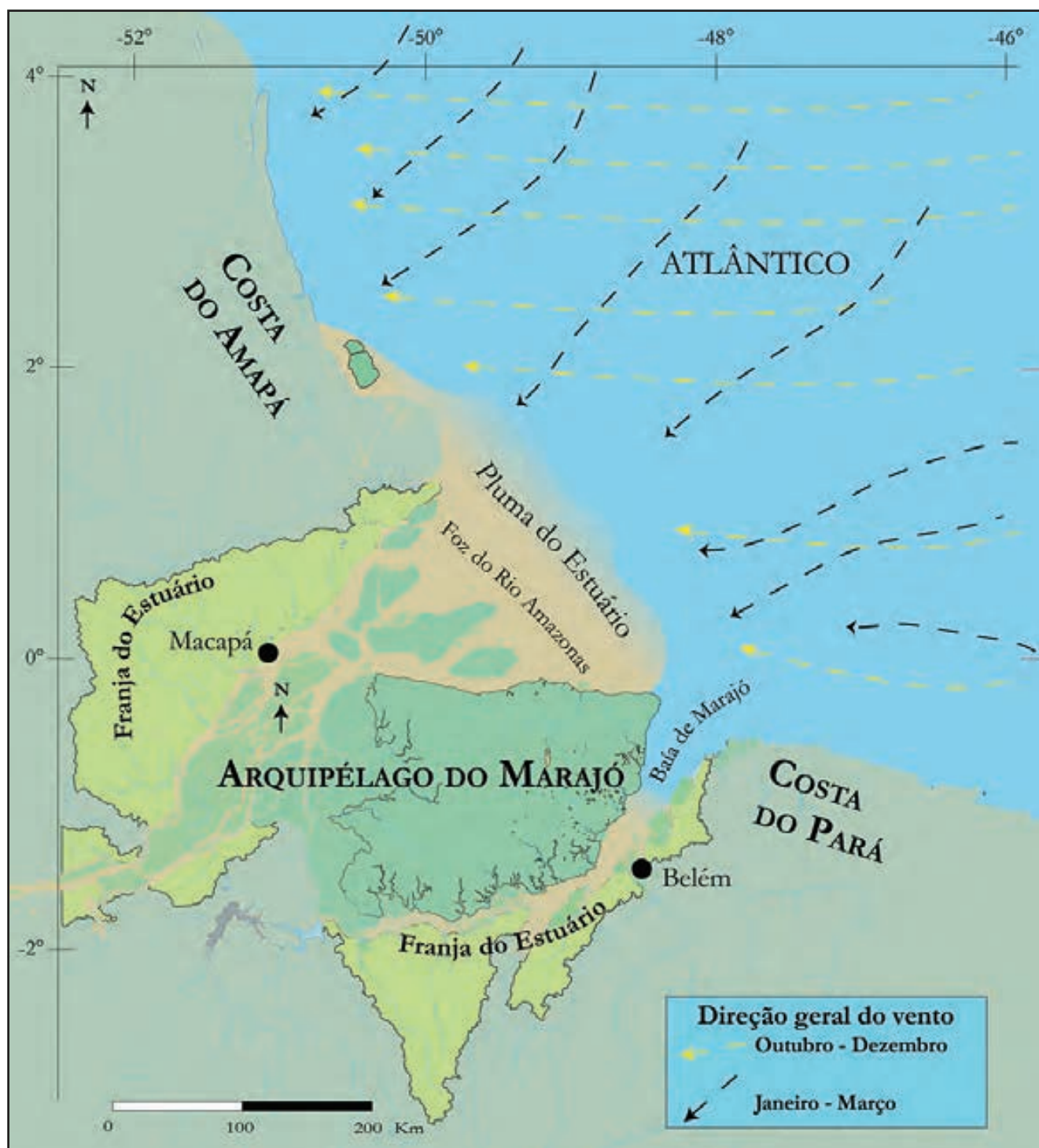


A chuva na Região do Estuário Amazônico é mais intensa no primeiro semestre do ano, principalmente entre janeiro e maio, e menos intensa no segundo semestre, principalmente entre setembro e novembro. A menor precipitação média mensal ocorre no mês de setembro em Salinas, quando chove cerca de 10 mm, e a maior no mês de março em Afuá, quando chove cerca de 700 mm. A maior precipitação mensal já registrada ocorreu em Amapá, na costa do Amapá, quando choveu 1.732 mm em março de 2015. Afuá, Salinas e Soure já apresentaram chuvas mensais superiores a 1.000 mm. Com exceção de Belém, todos os locais apresentaram pelo menos um mês totalmente seco, em que não choveu uma gota sequer, entre agosto e dezembro.



A precipitação média anual na Região do Estuário Amazônico tende a ser menor no interior, especialmente nas cidades de Breves, Macapá e Cachoeira do Arari, onde chove menos que 2.600 mm/ano. As cidades mais chuvosas são Afuá, no norte da Ilha do Marajó, e Amapá, na costa do Amapá, onde a média situa-se em torno de 4.000/ano. As médias mensais de temperatura de Macapá, no norte, e Belém, no sul, variam entre 26°C e 29°C. As temperaturas destas cidades são semelhantes no primeiro semestre do ano, mas a diferença se acentua entre setembro e outubro, quando Macapá fica em média um grau mais quente que Belém.





Na Amazônia Oriental e no Atlântico próximo, os ventos alísios sopram do leste, entre outubro e dezembro, e do nordeste, entre janeiro e março. Durante outras épocas do ano, a direção do vento oscila entre esses dois padrões. Os ventos alísios influenciam as chuvas locais e a altura das ondas ao longo da costa.



Os ventos alísios impulsionam os barcos do Estuário Amazônico, que mesmo motorizados são equipados com velas para ajudar estabilizar o barco e diminuir o consumo de combustível.



O Estuário Amazônico está exposto a ventos alísios relativamente intensos, que formam ondas regulares chamadas localmente de banzeiro. A imagem mostra a força das ondas no rio Amazonas, perto da cidade de Macapá, Amapá.





Uma parte do enorme volume de umidade originada no Atlântico precipita no Estuário Amazônico durante sua passagem em direção ao oeste, até a Cordilheira dos Andes.

Estuário Amazônico. A floresta tropical é parte integrante do ciclo hidrológico devido ao seu papel na reciclagem de 30-40% da precipitação através da evapotranspiração, que é estimada entre 1.100 e 1.500 mm por ano [4].

A maior parte da precipitação na planície da Bacia Amazônica, incluindo seu estuário, é proporcionada pela chuva convectiva, um processo em que o ar quente força a umidade para cima, condensa o vapor d'água ao se resfriar em altas altitudes e precipita em forma de chuva. A maior parte da umidade que abastece a precipitação na Bacia Amazônica tem origem no oceano Atlântico e o volume é imenso. Por exemplo, estima-se que 30.000 litros de vapor d'água passem a cada segundo através de uma coluna teórica de 1 metro de largura, que se estende do solo a cerca de 5.650 metros de altitude, nos limites atmosféricos do transporte de vapor d'água [5]. A maior parte da umidade do oceano Atlântico é transportada ao longo de um cinturão de baixa pressão, chamado de Zona de Convergência Intertropical, que se move sazonalmente ao redor do equador [6]. Os ventos alísios sopram geralmente de sudeste para noroeste ao sul do equador, mas próximo da costa do Estuário Amazônico eles sopram mais de leste a oeste. Ao norte da linha do Equador, os ventos alísios geralmente sopram de nordeste a sudoeste, como ocorre ao longo da costa do Amapá até a foz do rio Amazonas [4, 5].



Embora dentro do bioma de floresta tropical e recebendo alta precipitação anual, a Região do Estuário Amazônico tem áreas que passam por uma estação seca relativamente intensa, como mostrado aqui no leste da Ilha do Marajó. Áreas como essas, que são inundadas durante a estação chuvosa, secam no período de seca. No entanto, esta situação extrema pode de alguma maneira ter sido intensificada pela atividade humana.

Regionalmente, as médias sazonais de temperatura e precipitação variam mensalmente devido à grande extensão latitudinal da Bacia Amazônica. Isso influencia a vazão dos rios que, por sua vez, influenciam a vazão sazonal e interanual do rio Amazonas e, por fim, regulam os processos hidrológicos do Estuário Amazônico. Nas regiões litorâneas dos estados do Pará e Amapá, os meses mais chuvosos são os de dezembro a maio e os mais secos os de junho a novembro. Março é o mês mais chuvoso, com uma precipitação média geralmente superior a 350 mm. A temperatura mínima mensal no Estuário Amazônico apresenta uma média em torno de 24 °C, com variação relativamente pequena ao longo do ano. As temperaturas máximas são mais variáveis, apresentando médias mensais variando entre 29 e 32 °C, sendo de julho a dezembro os meses mais quentes e com menor precipitação [7-9].

A precipitação média no Estuário Amazônico varia regional e interanualmente entre 2.100 e 3.700 mm [7-9]. A precipitação geralmente é mais alta próximo da costa por causa da sobreposição entre ventos alísios e brisas marítimas terrestres [5, 6]. A precipitação é maior ao longo do litoral do Amapá e próximo à foz do rio Amazonas, onde foram registrados 4.000 mm/ano. A maior parte da Ilha do Marajó recebe de 2.500 a 3.900 mm/ano, diminuindo em direção ao leste. O centro-leste da ilha tem uma estação seca pronunciada com um clima de monção (Am) [8]. Dados de longo prazo de Belém, entre 1896 e 2007, indicam que o clima do Estuário Amazônico está se tornando mais quente e úmido [10].

## Referências

1. Goulding, M., R. Barthem, E.J.G. Ferreira, e R. Duenas. **The Smithsonian atlas of the Amazon**. 2003, Washington: Smithsonian Books. 253.
2. Venticinque, E., B. Forsberg, R. Barthem, P. Petry, et al. **An explicit GIS-based river basin framework for aquatic ecosystem conservation in the Amazon**. *Earth System Science Data*, 2016. 8(2): p. 651-661.
3. Costa, M.H. e J.A. Foley. **A comparison of precipitation datasets for the Amazon Basin**. *Geophysical research letters*, 1998. 25(2): p. 155-158.
4. Fassoni-Andrade, A., F. Papa, R. Paiva, S. Wongchuig, et al. **Amazon Water Cycle Observed from Space**. *Eos*, 2022. 103: p. e2020RG000728.
5. Salati, E. e J. Marques. **Climatology of the Amazon region**, in *The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of a Mighty River and Its Basin*, H. Sioli, Editor. 1981, Dr. W. Junk Publishers: Dordrecht, The Netherlands. p. 85-126.
6. Fisch, G., J.A. Marengo, e C.A. Nobre. **Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia**. *Acta Amazonica*, 1998. 28(2): p. 101-126.
7. Souza, E.B.D. e A.C.D. Cunha. **Climatologia de precipitação no Amapá e mecanismos climáticos de grande escala. Tempo, clima e recursos hídricos: resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá**. 2010, IEPA: Macapá.
8. Lima, A.M.M., L.L. Oliveira, R.L. Fontinhas, e R.J.S. Lima. **Ilha do Marajó: Revisão histórica, hidroclimatologia, bacias hidrográficas e propostas de gestão**. *HOLOS Environment*, 2005. 5(1): p. 65-80.
9. Mácola, G. e M. El-Robrini. **Ilha dos Guarás (Mariteua) - Município de Curuçá (NE do Pará): Aspectos físicos, meteorológicos & oceanográficos**. 2004, Companhias Docas do Pará - CDP: Belém.
10. Bastos, T.X., N.A. Pacheco, D. Nechet, e T.D.d.A. Sá. **Aspectos climáticos de Belém nos últimos cem anos**. *Embrapa Amazônia Oriental. Documentos*, 2002. 128: p. 11-31.

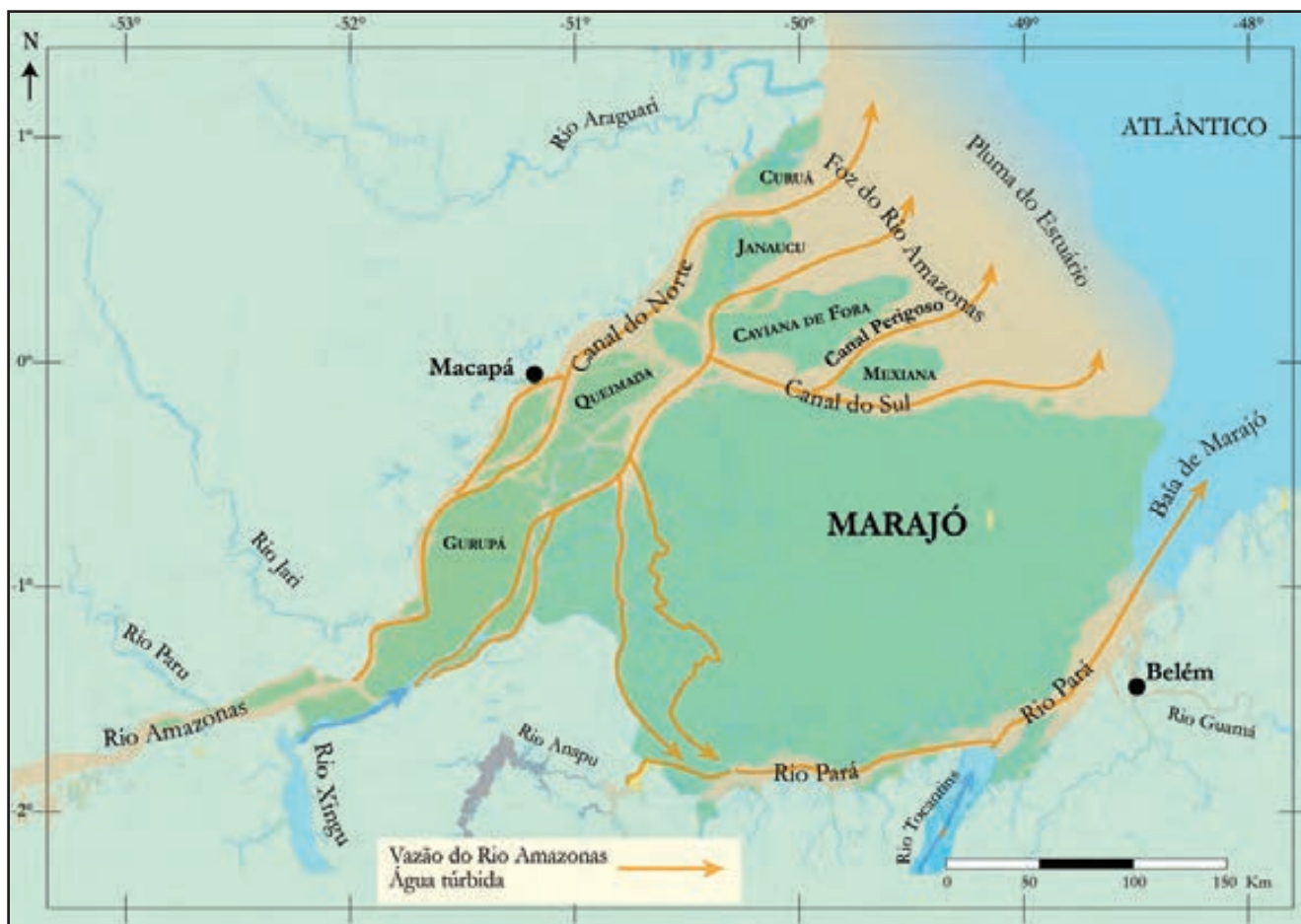


# Vazão do Rio

O fluxo do rio Amazonas pode ser dividido em três seções. A seção mais longa é a do fluxo continental, dos Andes ao Estuário Amazônico, na qual atravessa a vasta área de planície e é caracterizado pela considerável sazonalidade na vazão. A seção seguinte é a do estuário, onde o fluxo do rio Amazonas está sujeito à influência de maré, que ocasiona o movimento diário de subida e descida de pelo menos parte do fluxo antes de chegar ao mar. Uma vez entrando no mar, o fluxo do rio Amazonas é então amplamente controlado pelas correntes oceânicas. O enorme fluxo de água do rio Amazonas ao longo do ano é o evento ecológico mais importante que determina o predomínio de água doce no estuário. O volume total de água superficial na Bacia Amazônica, que inclui rios, córregos, lagos e áreas úmidas, é responsável por grande parte do armazenamento total da água, com até 56% do total, sendo a outra parte armazenada no solo, como água subterrânea e lençol freático [1]. A queda de neve nos Andes é de importância mínima para a descarga do rio Amazonas e de praticamente nenhuma para o Estuário Amazônico [2, 3]. Só seria importante se fosse demonstrado que os nutrientes com origem nos altos Andes, como os micronutrientes, fossem importantes em comunidades vegetais ou animais muito a jusante.

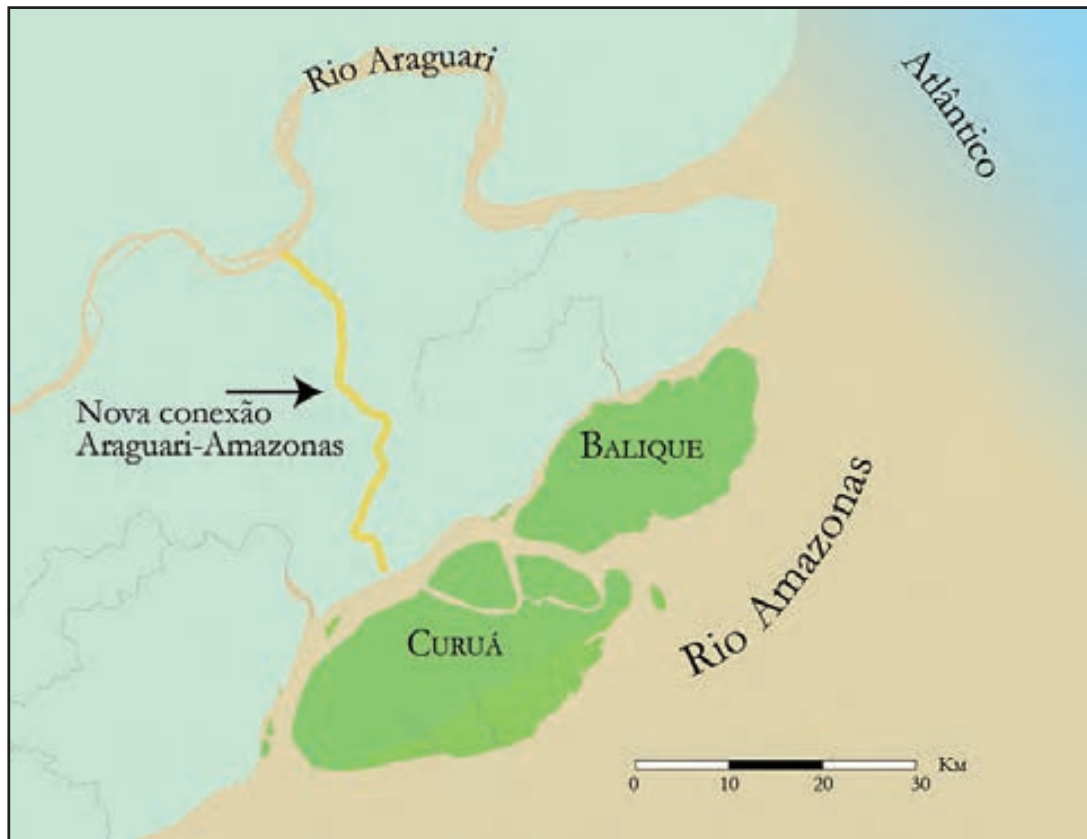


Vista do Canal do Norte em frente a cidade de Macapá, cerca de 100 km a montante da foz do rio Amazonas. O Canal do Norte tem cerca de 10-15 km de largura antes de chegar às águas abertas do mar.



As águas barrentas do rio Amazonas seguem um caminho complexo através do Estuário Amazônico por causa do Arquipélago do Marajó. Sua principal vazão flui pelo Canal do Norte e em torno das várias ilhas ao norte da Ilha do Marajó. No entanto, cerca de 6-9% de seu fluxo total é desviado para o sul, contornando o oeste da Ilha do Marajó, e alcança o rio Pará e a baía do Marajó, que recebem a vazão do rio Tocantins e de outros tributários menores. Devido a isso, as águas do rio Amazonas exercem grande influência por todos os rios e canais que circundam a Ilha do Marajó, além da Pluma do Estuário e das áreas costeiras do Amapá e do Pará.

A vazão dos rios na Bacia Amazônica é influenciada por diferenças sazonais na precipitação que resultam em períodos de águas altas e baixas. A extensão latitudinal e longitudinal da Bacia Amazônica permite a formação de padrões variados de chuva e de regimes de inundação, como exemplo, os afluentes do sul começam e terminam a sua principal temporada de inundações mais cedo que os do norte. Mas os meses de maior vazão do rio Amazonas não estão diretamente correlacionados com a precipitação local, principalmente nos trechos a jusante da fronteira Peru-Colômbia-Brasil, pois neste trecho o pico da vazão dos afluentes do norte e do sul diferem entre três e quatro meses. Este fenômeno, conhecido como “remanso”, abastece o rio Amazonas por um período maior e reduz a amplitude da oscilação da vazão do rio [4]. Este processo, que ocorre na Amazônia ocidental, demora cerca de um mês para alcançar o estuário amazônico e influenciar a dinâmica da descarga do rio Amazonas sobre o Atlântico. Em média, as planícies dos grandes rios da Bacia Amazônica são inundadas anualmente por cerca de cinco a sete meses, com nível máximo de água variando de



O rio Araguari mudou seu curso por volta de 2012, quando deixou de desaguar diretamente no mar para desaguar no rio Amazonas, num trecho próximo a sua foz.



Vista do Canal do Norte em frente a Macapá, Amapá, onde grande parte do rio Amazonas flui antes de alcançar o Oceano Atlântico.





Planície de lama nas margens do rio Amazonas próximo a sua foz. Grande parte dos sedimentos depositados nesta região vieram dos Andes e foram transportados pelo rio por milhares de quilômetros.

4-15 m, mas com a maioria abaixo de 7 m [5-7]. Além do rio Amazonas, apenas o rio Tocantins tem grande influência na vazão e na sazonalidade do fluxo de água no Estuário Amazônico, pois ele deságua diretamente no estuário e não no canal do rio Amazonas. Finalmente, os pequenos afluentes locais que deságuam diretamente no Estuário Amazônico respondem por menos de 0,5% do fluxo de água que chega ao oceano [8].

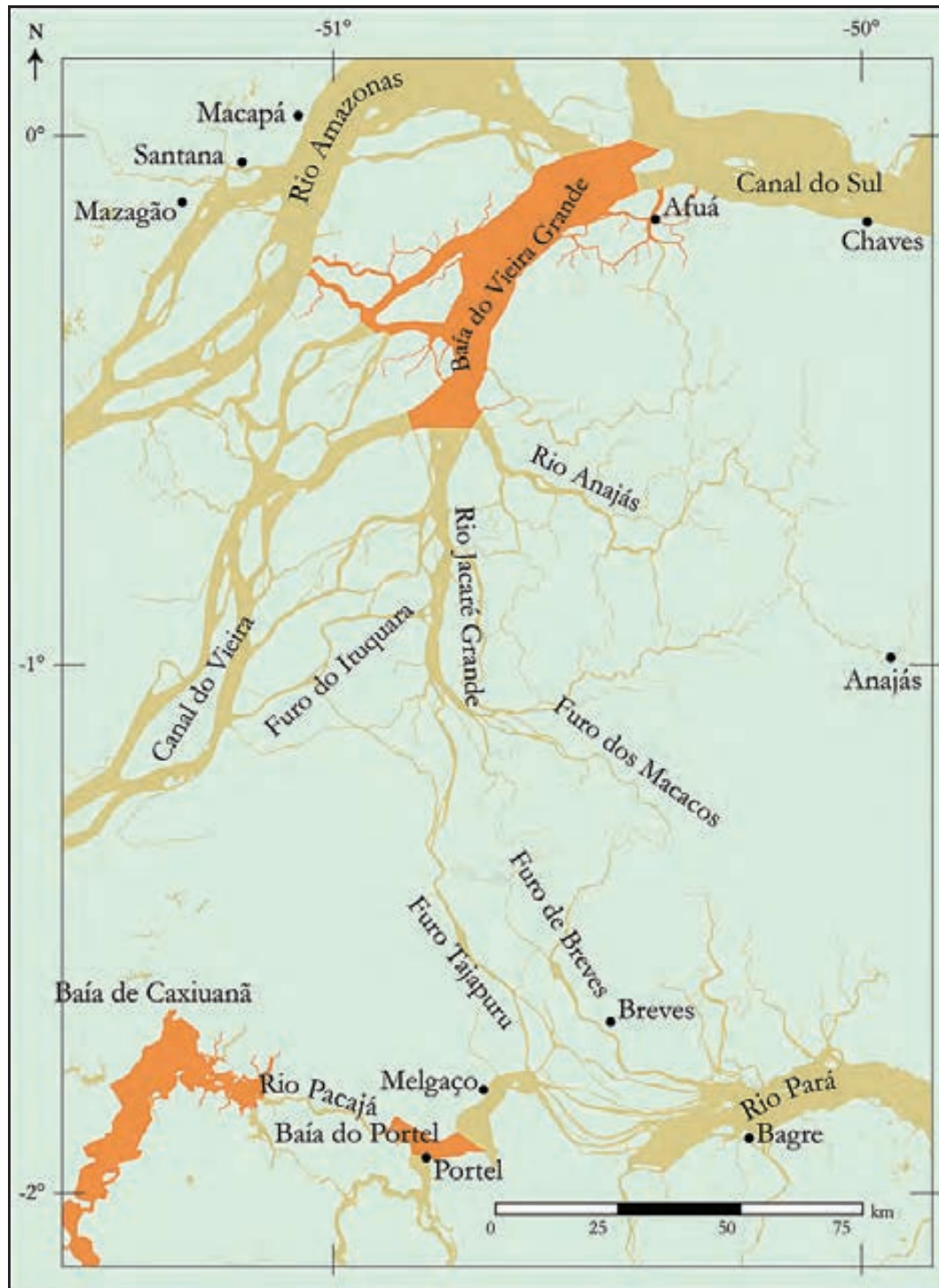
As estimativas da média da vazão do rio Amazonas variam consideravelmente com base nas metodologias utilizadas e nos períodos analisados. As medições diretas da descarga do rio Amazonas são feitas pelos hidrólogos num trecho do rio próximo a cidade de Óbidos, a oeste do rio Tapajós, a cerca de 800 km rio acima, no trecho mais estreito do rio Amazonas na parte oriental, onde a largura do canal mede somente 1,8 km. A contribuição dos afluentes a jusante de Óbidos, incluindo os dos rios Tapajós e Xingu, são adicionadas para estimar a vazão total do rio Amazonas. Deve-se ter em mente também que a contribuição do rio Tocantins não está incluída nas medições de descarga do rio Amazonas por não desaguar diretamente no seu canal principal. As estimativas de vazão média do rio Amazonas feitas na década de 1980 variam de cerca de 200.000-220.000 m<sup>3</sup>/segundo [9]. A descarga máxima registada durante esse período em Óbidos foi de cerca de 260.000 m<sup>3</sup>/segundo em maio e junho, tendo diminuído em novembro e dezembro para cerca de 116.000 m<sup>3</sup>/segundo. Outro estudo estimou a vazão do rio Amazonas a partir de dados da Agência Nacional de Águas (ANA) coletados entre cerca de 1930 e 2000. Neste caso, a vazão média estimada variou cerca de 170.000-200.000 m<sup>3</sup>/segundo, com um máximo de cerca de 280.000 m<sup>3</sup>/segundo [8]. Durante a enorme enchente do rio Amazonas em 1953, a vazão máxima em Óbidos foi estimada em 350.000 m<sup>3</sup>/segundo, e o total que atingiu o Atlântico teria sido consideravelmente maior devido às contribuições dos afluentes a jusante de Óbidos [10]. Estimativas de descarga direta feitas entre 1997 e 2008 próximo a foz do



Em termos oceanográficos, uma pluma é onde a água do rio avança sobre a costa e afeta de alguma forma a água do mar. A enorme descarga do rio Amazonas avança sobre a costa e forma a Pluma do Estuário, uma grande área dominada pela água doce. Esta imagem mostra um grande navio ao largo da foz do rio Amazonas, perto da costa do Amapá, viajando sobre águas barrentas, tingidas pelos sedimentos andinos transportados das cabeceiras ocidentais do rio Amazonas. A área tem sido por vezes referida como o mar do rio ou mar doce.

rio Amazonas relataram uma média anual de 208.000 m<sup>3</sup>/segundo. A diferença de vazão máxima e mínima do rio Amazonas é relativamente pequena, em comparação com a maioria dos grandes rios do mundo, devido ao grande tamanho da Bacia Amazônica, a sua extensão latitudinal e ao clima equatorial, que diminuem os extremos. O rio Amazonas representa cerca de 17-18% da descarga fluvial mundial para os oceanos [11, 12]. Traduzido em quilômetros cúbicos, a vazão anual total do rio Amazonas seria de cerca de 6.560 km<sup>3</sup>/ano. Para efeito de comparação, o consumo total de água doméstica no Brasil é estimado em 12 km<sup>3</sup>/ano. O volume anual da descarga total do rio Amazonas abasteceria o consumo doméstico brasileiro por quase 550 anos. Outra comparação seria com a pegada hídrica global relacionada à produção agrícola, caso em que a descarga do rio Amazonas equivaleria a cerca de 90% de toda a água utilizada no mundo para a agricultura em um único ano [13]. Próximo à sua confluência com o rio Xingu, 400 km rio acima de sua foz, o rio Amazonas bifurca-se e inicia o seu fluxo atravessando o Arquipélago do Marajó. Dois canais principais fluem para a foz do rio Amazonas e cerca de 10 canais muito menores se ramificam para sudeste e formam uma complexa rede de canais que flui para o sul, em torno da Ilha do Marajó. Cerca de 6-9% da vazão do rio Amazonas é desviada para o sul e alcança o rio Pará e a baía do Marajó, um corpo d'água que segue para leste, sem nascente própria, bem largo, de 8-10 km de largura, e influenciado pela maré [8, 14, 15]. As marés empurram as águas do rio Amazonas por cerca de 50 km para montante da foz do rio Tocantins. A vazão do rio Pará varia de 3.800 m<sup>3</sup>/segundo em abril a 9.000 m<sup>3</sup>/segundo em outubro. Anualmente, o rio Tocantins contribui com cerca de 52% da vazão total do rio Pará que deságua na baía do Marajó; afluentes menores locais contribuem com 4% e o rio Amazonas contribui com os demais 44%. A composição das águas que fluem pelo rio Pará varia sazonalmente, sendo a vazão do rio Tocantins predominante durante o período de maior vazão, de março e abril, com mais de 60% da vazão total do rio Pará, enquanto a vazão do rio Amazonas predomina nos meses de águas baixas, de setembro e outubro, que pode ultrapassar 70% da vazão total [8, 16].





A complexa área de drenagem que corre do rio Amazonas para o rio Pará, pelo oeste da Ilha do Marajó, é referida localmente como Região dos Furos. Os canais ou furos dessa região são importantes para o transporte fluvial entre o rio Amazonas e Belém, especialmente o Furo Tajapurú. O rio Anajás também é navegável para leste por cerca de 200 km até próximo ao lago Arari, na região de savana da Ilha do Marajó. O rio Pacajá, com seu trecho inferior em forma de ria, semelhantes a lagos ou baías, deságua na Região dos Furos junto com outros pequenos rios. Alguns trechos mais amplos dessa região são chamados de baías, como a baía do Vieira Grande, ao norte, e a baía de Caxiuanã, ao sul.



A cidade de Breves, um importante porto do oeste da Ilha do Marajó, está situado às margens do rio Parauaú, um dos canais que faz parte da Região dos Furos e que leva parte da água desviada do rio Amazonas para o rio Pará.

A descarga do rio Amazonas é suficiente em todos os meses do ano para evitar uma invasão de água salgada no seu canal principal, mas a água salobra consegue penetrar pela baía do Marajó até próximo a Belém entre setembro e outubro, no período de águas baixas do rio Amazonas e do rio Tocantins [16, 17]. Depois de atingir o Atlântico, as águas dos rios Amazonas e Pará são desviadas para o norte pela Corrente Norte do Brasil [18]. Dependendo da localização e da descarga do rio Amazonas, as águas amazônicas podem manter doce as águas da plataforma continental até 50 km da foz ou se misturar logo com a água do mar, tornando-se salobra.

A área marítima no Atlântico influenciada pela água do rio é referida como a Pluma Amazônica [19]. A Pluma Amazônica influencia a salinidade da superfície do mar até o norte de Barbados, no oceano Atlântico tropical ocidental, a cerca de 1.800 km do Estuário Amazônico [12, 20]. Ainda que misturada com a água do mar, a água do rio Amazonas continua fluindo no oceano Atlântico impulsionada pela Corrente do Norte do Brasil, embora esteja restrita a uma camada relativamente fina na superfície por ser menos densa que a água do mar [12]. Essa camada superficial mista é um elemento essencial na transferência de calor e umidade entre a atmosfera e o oceano e é empurrada por centenas de quilômetros pela Corrente Norte do Brasil no Atlântico [19]. As descargas dos rios Amazonas e Pará geram uma região energética denominada Continuum Rio Amazonas-Oceano Atlântico. Este contínuo de água doce a marinha está sujeita a fortes influências geofísicas da Corrente Norte do



A baía do Guajará recebe a vazão dos rios Pará e Guamá. Sua alta turbidez se deve principalmente aos sedimentos do rio Amazonas, que são transportados através da Região dos Furos para o rio Pará.

Brasil, das marés grandes e fortes ventos alísios. A porção oceânica da Pluma Amazônica impacta a salinidade, temperatura, hidrodinâmica, biodiversidade e fluxos de água doce em uma área do noroeste do Atlântico tropical, estimada em pelo menos um milhão de quilômetros quadrados, e contribui para o aumento da produtividade biológica e o sequestro de carbono [12, 19, 20].

A grande quantidade de água doce descarregada através do estuário amazônico produz não apenas a maior pluma do mundo, a Pluma Amazônica, mas também a maior pluma de água doce antes de ser misturada com a água do mar, a Pluma do Estuário. A Pluma do Estuário, formada por uma camada de água doce de 15 m de profundidade, é observada avançando por cerca de 40 km no Atlântico no período de águas altas do rio Amazonas, e recua para próximo a costa durante no período de águas baixas. Nas zonas de mistura ocorre a cunha salina, onde uma camada de água salobra ou salgada avança por baixo da água doce, por ser mais pesada do que ela. O indicador da água doce na Pluma do Estuário é a pesca costeira em grande escala, baseada em espécies de água doce, como os bagres migradores [21].

## Referências

1. Fassoni-Andrade, A., F. Papa, R. Paiva, S. Wongchuig, et al. **Amazon Water Cycle Observed from Space**. Eos, 2022. 103: p. e2020RG000728.
2. Rocha, N.S.d., B.K. Veettil, A. Grondona, e S. Rolim. **The influence of ENSO and PDO on tropical Andean glaciers and their impact on the hydrology of the Amazon Basin**. Singapore Journal of Tropical Geography, 2019. 40(3): p. 346-360.



3. Rocha Ribeiro da, R., J.C. Simões, e E. Ramirez. **The Amazon Glaciers**, in *Glacier Evolution in a Changing World*, D. Godone, Editor. 2017, IntechOpen: Rijeka, Croatia.
4. Meade, R.H., J.M. Rayol, S.C. Da Conceição, e J.R. Natividade. **Backwater effects in the Amazon River basin of Brazil**. *Environmental Geology and Water Sciences*, 1991. 18(2): p. 105-114.
5. Goulding, M., R. Barthem, E.J.G. Ferreira, e R. Duenas. **The Smithsonian atlas of the Amazon**. 2003, Washington: Smithsonian Books. 253.
6. Correa, S.B., P. Van Der Sleen, S.F. Siddiqui, J.D. Bogotá-Gregory, et al. **Biotic Indicators for Ecological State Change in Amazonian Floodplains**. *BioScience*, 2022. 72(8): p. 753-768.
7. Richey, J.E., C. Nobre, e C. Deser. **Amazon River discharge and climate variability: 1903 to 1985**. *Science*, 1989. 246(4926): p. 101-103.
8. Prestes, Y.O., T.A.d.C. Borba, A.C.d. Silva, e M. Rollnic. **A discharge stationary model for the Pará-Amazon estuarine system**. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 2020. 28: p. 1-12.
9. Richey, J.E., R.H. Meade, E. Salati, A.H. Devol, et al. **Water discharge and suspended sediment concentrations in the Amazon River: 1982–1984**. *Water Resources Research*, 1986. 22(5): p. 756-764.
10. Oltman, R.E. **Reconnaissance investigations of the discharge and water quality of the Amazon River**, U.S.D.o.t. Interior, Editor. 1968, US Government Printing Office: Washington.
11. Giffard, P., W. Llovel, J. Jouanno, G. Morvan, et al. **Contribution of the Amazon River discharge to regional sea level in the Tropical Atlantic Ocean**. *Water*, 2019. 11(11).
12. Subramaniam, A., P.L. Yager, E.J. Carpenter, C. Mahaffey, et al. **Amazon River enhances diazotrophy and carbon sequestration in the tropical North Atlantic Ocean**. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2008. 105(30): p. 10460-5.
13. Mekonnen, M.M. e A.Y. Hoekstra. **The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products**. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2011. 15(5): p. 1577-1600.
14. Callède, J., G. Cochonneau, F.V. Alves, J.-L. Guyot, et al. **Les apports en eau de l'Amazonie à l'Océan Atlantique**. *Revue des sciences de l'eau*, 2010. 23(3): p. 247-273.
15. Callède, J., G. Cochonneau, F.V. Alves, J.-L. Guyot, et al. **Les apports en eau de l'Amazonie à l'Océan Atlantique**. *Revue des sciences de l'eau*, 2010. 23(3): p. 247-273.
16. Schwassmann, H.O., R.B. Barthem, e M.L. Carvalho. **A note on the seasonally shifting zone of high primary production in the bay of Marajó, Pará, Brazil, 1983-1984**. *Acta Botanica Brasilica*, 1989. 2(1): p. 165-174.
17. Barthem, R.B. e H.O. Schwassmann. **Amazon river influence on the seasonal displacement of the salt wedge in the Tocantins River estuary, Brazil, 1983-1985**. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Zoologia*, 1994. 10(1): p. 119-130.
18. Gibbs, R.J. e L. Konwar. **Coagulation and settling of Amazon River suspended sediment**. *Continental Shelf Research*, 1986. 6(1/2): p. 127-149.
19. Varona, H.L., D. Veleda, M. Silva, M. Cintra, et al. **Amazon River plume influence on Western Tropical Atlantic dynamic variability**. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 2019. 85: p. 1-15.
20. Araujo, M., C. Noriega, G.A. Hounsou-Gbo, D. Veleda, et al. **A synoptic assessment of the Amazon River-Ocean Continuum during Boreal Autumn: From physics to plankton communities and carbon Flux**. *Front Microbiol*, 2017. 8: p. 1358.
21. Barthem, R.B. e M. Goulding. **An unexpected ecosystem: The Amazon as revealed by fisheries**. 2007, Lima, Peru: Amazon Conservation Association; Missouri Botanical Garden Press. 241.

# Correntes Oceânicas e Pluma

As águas do rio Amazonas, juntamente com seus sedimentos e nutrientes, são desviadas para o norte pela Corrente Norte do Brasil (North Brazil Current - NBC) quando alcançam as águas abertas da plataforma continental ao longo das costas do Pará e Amapá. A NBC é um imenso movimento de água salgada que desloca cerca de 32 milhões de m<sup>3</sup>/segundo na direção noroeste ao longo da costa norte brasileira [1]. A velocidade típica da NBC na superfície na região do talude e da borda externa da plataforma continental é de 43-86 km/dia, sendo mais rápida nos meses de março e abril e pode reduzir para 9-22 km/dia em novembro [2, 3]. A influência dos ventos alísios sobre a NBC na plataforma continental é pouco relevante [2].

A NBC tem origem a cerca de cinco graus de latitude sul, quando se separa da Corrente Sul Equatorial e passa a dominar a circulação superficial no oeste do oceano Atlântico Tropical [3, 4]. A NBC flui para noroeste percorrendo a costa brasileira desde o nordeste do estado de Rio Grande do Norte, cruza o equador e avança até cerca de cinco a dez graus ao norte da foz do rio Amazonas. Após alcançar o Hemisfério Norte, a NBC começa a se dividir na altura da Guiana Francesa na costa sul-americana. Nesse processo, ela gira sobre si mesma (retroflexão) e direciona parte da corrente para alimentar a Contracorrente Equatorial Norte (North Equatorial Countercurrent-NECC) e a outra parte, a menor, alimenta a Corrente Equatorial Norte (North Equatorial Current-NEC). Essa retroflexão influencia a dispersão da Pluma Amazônica no oceano Atlântico. Não está claro até que ponto o ciclo sazonal da descarga do rio Amazonas afeta a extensão norte de sua Pluma, ou se uma combinação de outros fatores, como o da própria retroflexão, seriam mais importantes [2, 3, 5]. A Pluma Amazônica é geralmente confinada à costa noroeste sul-americana durante o primeiro semestre do ano. No entanto, no segundo semestre do ano, a retroflexão da NBC forma correntes circulares que se afastam da costa e afetam a salinidade e a temperatura superficial a até 50 m de profundidade [6].

Além do NBC, há também as correntes de maré e subtidal (menor que um ciclo por dia) que fluem transversalmente pela plataforma continental e cuja velocidade é governada principalmente pelas fases da lua. Durante a maré de sizígia nas luas cheia e nova, as velocidades das correntes de maré atingem 7,2 km/hora, mas são reduzidas para menos de 2,9 km/hora durante as marés de quadratura [7]. Os persistentes ventos alísios no mar aberto são peças-chave para equilibrar a variabilidade do fluxo e da estrutura da Pluma Amazônica na plataforma intercontinental [2].

A água do rio Amazonas é transportada na Pluma Amazônica por centenas a milhares de quilômetros no oceano Atlântico [8] e seus nutrientes, como o nitrogênio, são importantes por aumentar a produção primária numa área estimada em cerca de 2 milhões de km<sup>2</sup> do oeste do Atlântico tropical ocidental. Além disso, a produção primária em larga escala estimulada pelos nutrientes do rio Amazonas tem um papel importante no transporte líquido de carbono para as águas profundas do oceano, um processo conhecido como sumidouro ou sequestro de carbono [8-10]. A Pluma Amazônica alcança o norte de Barbados nas Pequenas Antilhas no oceano Atlântico tropical



A enorme carga de sedimentos transportada pelo rio Amazonas tem origem nas altas taxas de erosão dos Andes, que estão relacionadas com elevação/declividade, atividade tectônica, material pouco agregado e alta pluviosidade da região. A área de cabeceira andina se estende por mais de 3.500 km, do Norte da Colômbia ao sul da Bolívia. Quando esta carga de sedimentos chega na foz do rio Amazonas, a Corrente do Norte do Brasil desvia a maior parte para o norte, contornando a costa nordeste da América do Sul. Quando não são depositados em praias ou planícies de lama, ou transportados para além da plataforma continental, os sedimentos viajam para noroeste até a Venezuela em forma de lama líquida. Os nutrientes associados aos sedimentos são transportados numa forma bastante diluída pela Pluma Amazônica, assim chamada por causa de sua origem no rio Amazonas.

ocidental e até mesmo do Mar do Caribe [4]. Essa influência permitiu a geração da hipótese de que a Pluma Amazônica contribui com as florações ou o bloom de algas vermelhas (Sargassum) que são transportadas ao Mar do Caribe para noroeste, além das Pequenas Antilhas [11], embora mais evidências sejam necessárias para a sua confirmação.



## Referências

1. Johns, W.E., T. Lee, R. Beardsley, J. Candela, et al. **Annual cycle and variability of the North Brazil Current.** Journal of Physical Oceanography, 1998. 28(1): p. 103-128.
2. Lentz, S.J. **The Amazon River Plume during AMASSEDS: Subtidal current variability and the importance of wind forcing.** Journal of Geophysical Research, 1995. 100(C2).
3. Fratantoni, D.M. e D.A. Glickson. **North Brazil Current ring generation and evolution observed with SeaWiFS.** Journal of Physical Oceanography, 2002. 32(3): p. 1058-1074.
4. Hellweger, F.L. e A.L. Gordon. **Tracing Amazon River water into the Caribbean Sea.** Journal of Marine Research, 2002. 60(4): p. 537-549.
5. Fratantoni, D.M. e P.L. Richardson. **The evolution and demise of North Brazil Current rings.** Journal of Physical Oceanography, 2006. 36(7): p. 1241-1264.
6. Fassoni-Andrade, A., F. Papa, R. Paiva, S. Wongchuig, et al. **Amazon Water Cycle Observed from Space.** Eos, 2022. 103: p. e2020RG000728.
7. Geyer, W.R. e G.C. Kineke. **Observations of currents and water properties in the Amazon frontal zone.** Journal of Geophysical Research, 1995. 100(C2): p. 2321.
8. Subramaniam, A., P.L. Yager, E.J. Carpenter, C. Mahaffey, et al. **Amazon River enhances diazotrophy and carbon sequestration in the tropical North Atlantic Ocean.** Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2008. 105(30): p. 10460-5.
9. Del Vecchio, R. e A. Subramaniam. **Influence of the Amazon River on the surface optical properties of the western tropical North Atlantic Ocean.** Journal of Geophysical Research, 2004. 109(C11): p. 1-13.
10. Araujo, M., C. Noriega, G.A. Hounsou-Gbo, D. Veleza, et al. **A synoptic assessment of the Amazon River-Ocean Continuum during Boreal Autumn: From physics to plankton communities and carbon Flux.** Front Microbiol, 2017. 8: p. 1358.
11. Wang, M., C. Hu, B.B. Barnes, G. Mitchum, et al. **The great Atlantic Sargassum belt.** Science, 2019. 365(6448): p. 83-87.

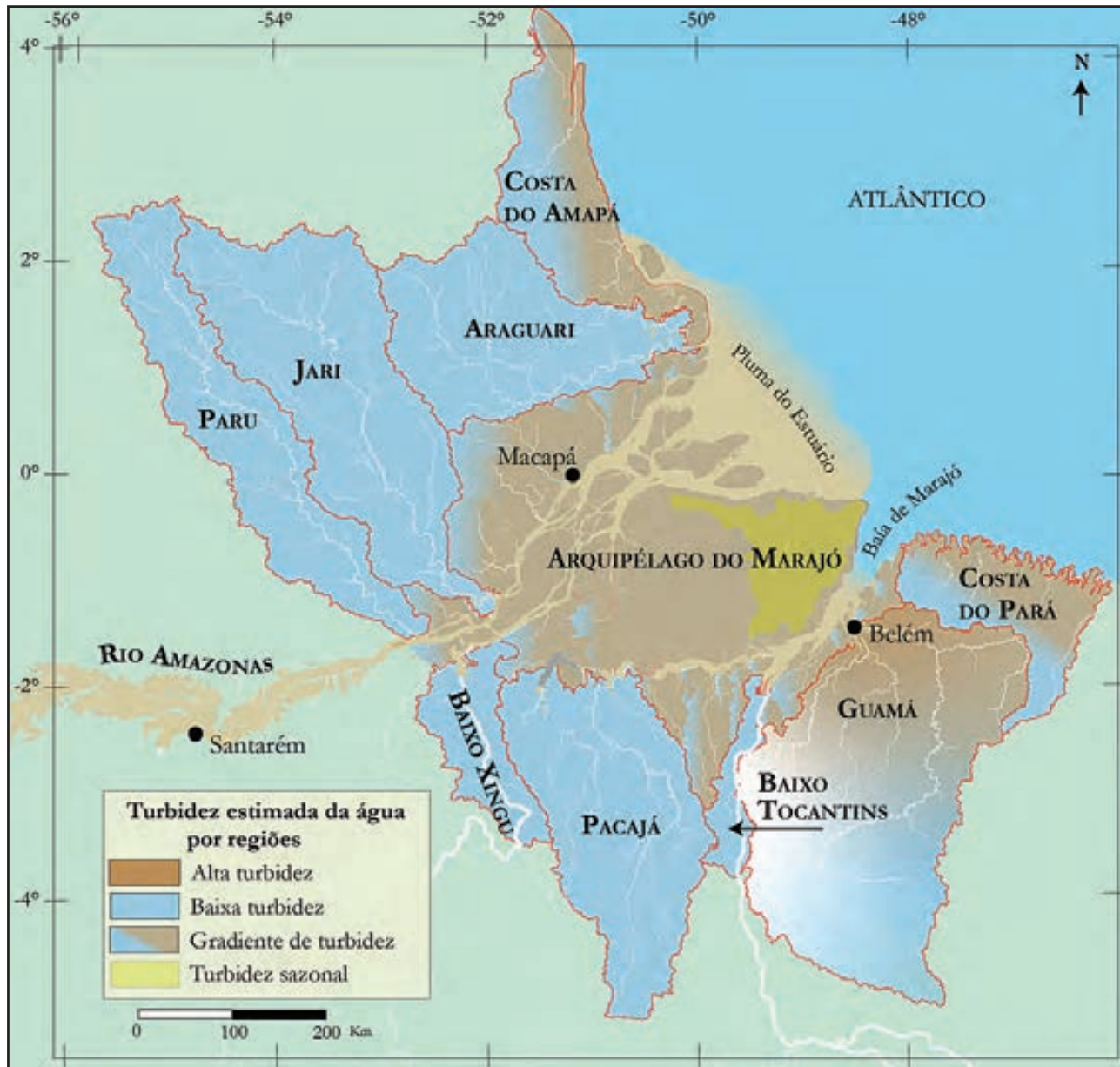
# Qualidade da Água

A água é o componente mais vasto do estuário e da costa amazônica. Embora a precipitação local seja alta, a maior parte das águas que atravessam o Estuário Amazônico vem de bacias longínquas a montante. As áreas de savana do leste da Ilha do Marajó e das áreas costeiras do Amapá são exceções, pois são inundadas basicamente pela chuva local. A qualidade da água na Bacia Amazônica é amplamente controlada pela geologia e relevo de sua superfície e pela precipitação sazonal, além do crescente impacto das atividades humanas. Os parâmetros básicos que caracterizam a água incluem sedimentos, salinidade, carbono orgânico dissolvido, temperatura, pH, condutividade, nutrientes e oxigênio dissolvido, embora vários outros elementos possam ter grande influência no ambiente, como a poluição.



A ilha Parazinho, localizada perto da ilha de Bailique, está situada numa área da foz do rio Amazonas onde o constante processo de erosão/sedimentação muda anualmente a configuração dessas pequenas ilhas. A presença de vegetação lenhosa indica que a ilha Parazinho existe há pelo menos algumas décadas.





A Bacia Amazônica possui três tipos principais de água que são diferenciadas visualmente pela presença de sedimentos ou de material orgânico de coloração escura. Águas altamente turvas ou barrentas são geralmente associadas a rios com cabeceiras nos Andes, como o rio Amazonas, que é barrento em toda a sua extensão, ou o rio Pará, que recebe as águas turvas do rio Amazonas. Além desses, alguns rios apresentam alta turbidez devido à influência das marés, que empurram as águas barrentas do Amazonas para montante, como nas áreas aluviais da Ilha do Marajó e partes de pequenas bacias marginais. Além do rio Amazonas, que deságua diretamente no estuário do Amazonas, os demais grandes rios da região são chamados de rios de águas claras por apresentarem uma carga de sedimento relativamente baixa e por serem mais transparentes, sendo o rio Tocantins, que deságua no rio Pará, o maior desta categoria. O desmatamento e as atividades agrícolas na Região do Estuário Amazônico contribuíram para o aumento da turbidez de muitos rios e igarapés locais. Devido a sua natureza complexa, esses rios foram diferenciados pelo seu gradiente de turbidez. Alguns corpos d'água do interior são altamente turvos, pelo menos sazonalmente, devido a ressuspensão dos sedimentos depositados no fundo. Não está claro se existem rios de águas pretas altamente ácidas na Região do Estuário Amazônico, embora rios enegrecidos pelos ácidos húmicos e com pouca carga em suspensão sejam comuns na região.



A lama líquida é formada em situações em que há uma alta concentração de sedimentos e uma corrente que a transporta antes que se deposite. O processo é dinâmico, pois os sedimentos podem ser depositados e ressuspensos várias vezes pela ação da corrente e das ondas. Esta imagem tirada ao norte da foz do rio Amazonas mostra um trecho da costa do Amapá onde a lama fluida cobre extensas áreas em profundidades de 0 a 60 m e é transportada pela Corrente do Norte do Brasil.

O sedimento transportado pelo rio é uma das características mais óbvias do Estuário Amazônico em suas plumas de água doce e salobra e nos depósitos de lama em praias e mangues. A alta carga de sedimentos causa na água o aumento de sua turbidez, a redução de sua transparência para poucos centímetros e o seu tingimento com a característica cor de café com leite. A maior parte da descarga de sedimentos que alcança as plataformas continentais dos oceanos do mundo é transportada em suspensão, e a do rio Amazonas não é exceção [1]. O rio Amazonas transporta a terceira maior carga total de sedimentos dos rios do mundo, sendo os outros dois o Ganges-Brahmaputra, da Índia e Paquistão, e o Amarelo (Huangho), da China [2]. Embora tenha a maior vazão em volume d'água, o rio Amazonas tem uma concentração de sedimentos consideravelmente menor do que os outros dois grandes rios citados acima. Isso ocorre porque a maior parte da superfície da Bacia Amazônica já foi erodida no passado ou porque está coberta pela floresta tropical, que retém os sedimentos.

Mais de 90% da carga de sedimentos em suspensão descarregada pelo rio Amazonas é derivada das encostas andinas a 4.000-5.000 km a montante [3, 4]. As encostas andinas são caracterizadas pela sua





A Pluma do Estuário é essencialmente uma parte do rio Amazonas que avança para a plataforma continental. Esta imagem mostra um barco de pesca de arrasto na costa da Ilha do Marajó. As águas altamente turvas indicam que ele está pescando em um ambiente de água doce, comprovado pela grande quantidade de dourada espalhada no convés. Como a alta turbidez impede a penetração de luz e a produção de fitoplâncton, a base da cadeia alimentar da qual dependem os predadores, como dourada, piramutaba e outras espécies, parece estar relacionada com a matéria orgânica proveniente tanto do rio Amazonas quanto das águas oceânicas.

alta elevação, por apresentar rochas altamente erodíveis e por estar sujeita à elevada precipitação, que ajuda a transportar o material desagregado. Apenas cerca de 7% dos sedimentos são provenientes das antigas regiões do Escudo brasileiro e das Guianas [5], sendo o Tapajós, Xingu e Tocantins os principais afluentes que drenam o primeiro, e o Negro e Trombetas o segundo. A concentração de sedimentos no rio Amazonas varia sazonalmente, sendo a estação das águas altas, no período chuvoso, a que apresenta valores cerca de cinco a seis vezes maiores do que o da estação de águas baixas, no período de seca [6]. Os sedimentos consistem principalmente de minerais argilosos altamente associados com os Andes. Embora o rio Tocantins contribua com até 60% da água que flui através da baía do Marajó, ele contribui com relativamente pouco sedimento em comparação com a água do rio Amazonas, com a qual é misturado [7]. Além disso, os sedimentos do rio Tocantins contêm alta concentração de quartzo e caulinita, em contraste com os minerais argilosos das águas do rio Amazonas [6]. Afluentes menores de águas claras que também deságuam no Estuário Amazônico incluem o Paru, Jari e Araguari, que contribuem com relativamente pouco sedimento.



A imagem mostra trabalhadores coletando argila durante a maré baixa, na região próxima ao encontro dos rios Tocantins e Pará. Este local possui depósitos de sedimentos aluviais com alto teor de argila formados provavelmente pelas contribuições dos rios Amazonas e Tocantins. Esta argila é adequada para a fabricação de tijolos e será transportada para as olarias na costa assim que o barco flutuar na maré cheia.

Tal como os cálculos de descarga fluvial, as estimativas de vazão de sedimentos basearam-se maioritariamente em amostragens próximo a Óbidos, a 800 km a montante. Como a contribuição de sedimentos dos afluentes a jusante de Óbidos é relativamente pequena, os cálculos de carga de sedimentos até a montante de Óbidos refletem o que passa pela foz do rio Amazonas e atinge o Estuário Amazônico. As estimativas da quantidade de sedimentos despejados anualmente pelo rio Amazonas variam de cerca de 500-1.200 milhões de toneladas, com uma média em torno de 600-800 milhões de toneladas [8]. Considerando um valor médio de 700 milhões de toneladas e se fosse possível reunir esse volume de sedimento em blocos de um metro cúbico alinhados sobre a linha do equador, o comprimento desta linha seria mais do que suficiente para circundar a Terra.

As influências das marés levam a uma sedimentação considerável no Estuário Amazônico, embora a maior parte da carga de sedimento passe pela foz do rio Amazonas e é transportada para o norte, ao longo da costa do Amapá, até próximo à foz do rio Orinoco. Esta área sedimentar costeira do rio Amazonas resulta na maior costa lamacenta do mundo [9]. Parte dos sedimentos da plataforma continental da costa do Amapá é referida como lama fluida ou líquida [10]. A lama fluida não é considerada parte do fundo do mar, porque pode ser móvel durante vários momentos. Ela é





A imagem mostra o processo de mistura das águas do rio Tocantins e do rio Pará quando entram na baía do Marajó, ao norte da ilha do Mosqueiro. A turbidez do rio Pará é determinada pelas águas do rio Amazonas.



O mar avança na baía do Marajó por pelo menos 80 km, especialmente durante o período de águas baixas dos rios Amazonas e Tocantins. A transparência da água da imagem contrasta bastante com as águas altamente turvas mais a montante, como no trecho perto de Belém.



Embora as águas do rio Tocantins sejam claras, ele recebe a influência das águas com sedimentos e nutrientes do rio Amazonas, que são transportados ao redor da Ilha do Marajó e empurrados pela maré para montante do rio Tocantins até aproximadamente 50 km. Os sedimentos do rio Amazonas são diluídos o suficiente para permitir a penetração de luz e os nutrientes adicionados aumentam a produção de fitoplâncton. Os bagres planctófagos, conhecidos como mapará, sustentam a pesca no Baixo Tocantins e são evidências biológicas da intensa produção de fitoplâncton na região. A transparência da água do rio Tocantins é indicada aqui pela pessoa submersa na água próxima à rede de pesca. Observe a extensão da ria (rio-lago) do Baixo Tocantins, um ambiente quase lacustre que permite o movimento livre das águas do rio Amazonas para montante durante as marés altas.

formada por uma complexa interação entre as forças das ondas e da maré, que a empurra para costa e molda as grandes planícies de lama. Na costa do Amapá, estas planícies podem cobrir uma área entre 5.700 a 10.000 km<sup>2</sup> [11].

Com menos destaque que os sedimentos, o rio Amazonas também transporta para o Estuário Amazônico grande quantidade de matéria orgânica dissolvida e particulada, tanto da floresta de terra firme quanto da produção primária e secundária de rios e das planícies alagadas. Pouco ainda se sabe sobre a quantidade de matéria orgânica particulada, como restos de folhas e madeira, e supõe-se que o carbono orgânico dissolvido represente a maior parte da carga de carbono transportada pelo rio Amazonas. O carbono orgânico dissolvido é tão pequeno que é medido em microns e a maioria encontrada no rio Amazonas é inferior a 100 microns, lembrando que há 1.000 microns em um milímetro. Embora 95% do carbono derivado do solo e transportado pelo rio Amazonas seja desgaseificado, ou seja, liberado de volta à atmosfera, os outros 5% que podem chegar ao oceano ainda são uma quantidade enorme [12, 13]. Considerando somente o carbono orgânico dissolvido, a quantidade anual que alcança o estuário é estimada na ordem de 22-27 milhões de toneladas e representa uma importante fonte de carbono e nutrientes para o oceano Atlântico Tropical [14-16]. O papel do

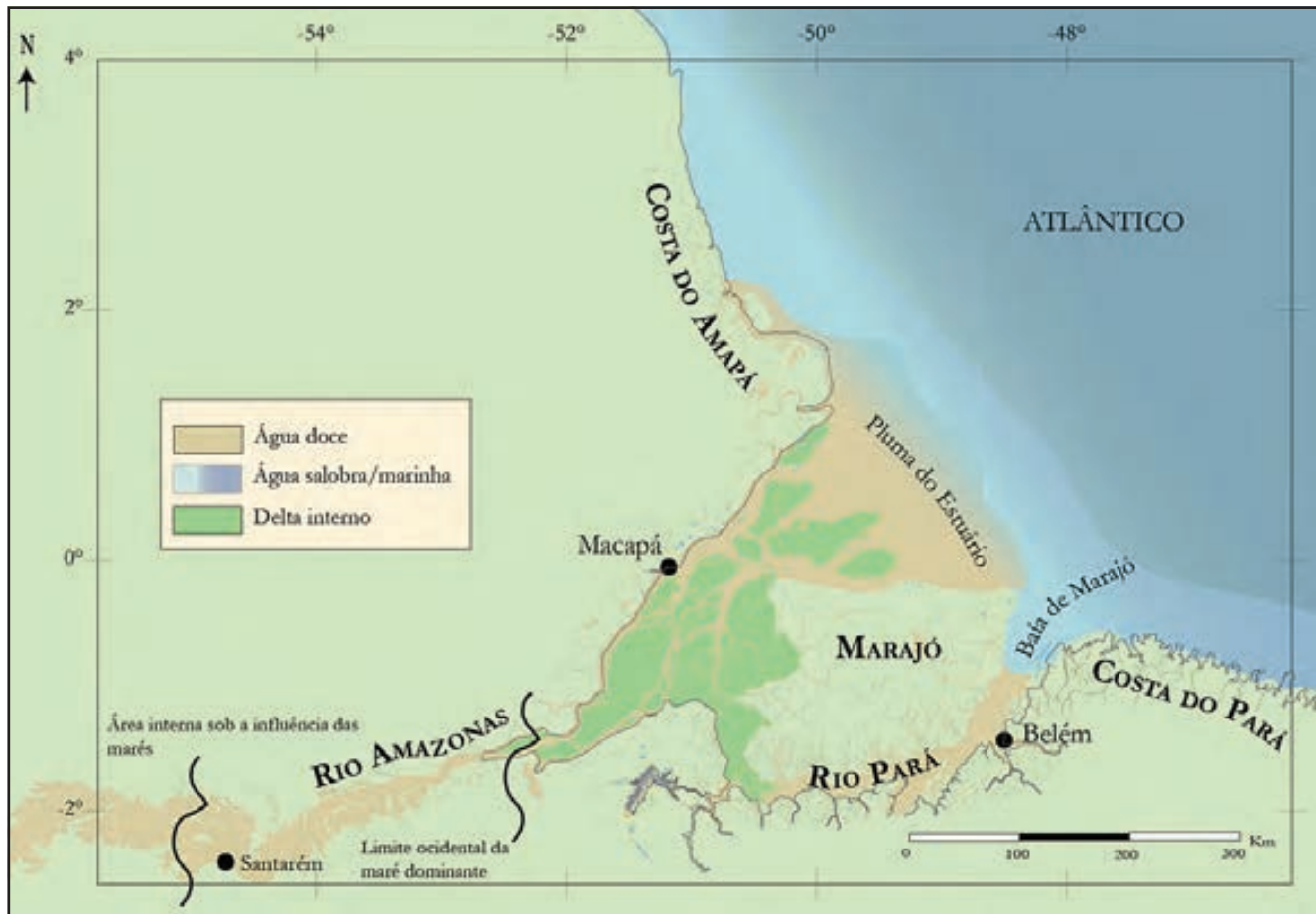




Além da água e dos sedimentos, o rio Amazonas também transporta enorme quantidade de matéria orgânica provenientes principalmente das várzeas a montante, originadas de plantas herbáceas e arbóreas, como folhas e madeira morta. O carbono orgânico dissolvido é encontrado em toda a coluna de água e representa os estágios avançados de decomposição de todos os tipos de matéria vegetal, sendo outra fonte muito importante de matéria orgânica. No entanto, o papel de toda essa matéria orgânica na Região do Estuário Amazônico e na Pluma Amazônica ainda é pouco compreendido, embora seja considerado crítico para as cadeias alimentares. A imagem mostra uma grande quantidade de macrófitas aquáticas flutuantes que se desprendem das áreas inundadas do rio Amazonas e são empurradas para o canal principal durante as inundações anuais, sendo posteriormente transportadas para jusante.



Vista do rio Araguari próximo a Ferreira Gomes e da ponte que faz parte da principal rodovia de Macapá para a Guiana Francesa. O rio Araguari é um exemplo de rio de água clara cujas cabeceiras nascem no Escudo das Guianas.



A água doce domina a maior parte da Região do Estuário Amazônico, incluindo o Delta Interno. Grande parte da enorme descarga do rio Amazonas deságua na sua foz e uma parte menor flui ao redor do Marajó e deságua no rio Pará, junto com o rio Tocantins e vários afluentes menores, como o rio Guamá. A combinação da descarga desses rios mantém a água do rio Pará doce na maior parte do ano, mas não é suficiente para bloquear a invasão marinha na baía do Marajó durante o período de menor vazão desses rios. A grande área da Pluma do Estuário também é de água doce, mas quando essas águas se misturam a água doce, que tem uma densidade menor, se mantém na superfície e a água salgada ou salobra, que são mais densas, se mantém no fundo.

carbono orgânico dissolvido no estuário e nas áreas próximas à pluma costeira é menos claro, pois o seu tempo de residência nesta região pode ser relativamente curto, devido aos processos oceânicos que o transportam para fora da plataforma continental [17]. Além disso, o carbono orgânico dissolvido parece ser relativamente estável biologicamente, sugerindo que ele já foi fortemente degradado antes de entrar em mar aberto [12]. Finalmente, a alta turbidez das águas da Pluma Amazônica ao longo da costa diminui a penetração de luz que, de outra forma, poderia transformar o carbono orgânico dissolvido em  $\text{CO}_2$  e, assim, diminuir o seu deslocamento pelo mar [17].

O Estuário Amazônico está próximo à linha do Equador e as médias mensais de suas temperaturas máximas do ar e da água são bastante próximas, variando entre 29 e 32 graus, com temperaturas da água ligeiramente mais frias [18-21]. A temperatura sazonal da água não é, portanto, um fator importante na ecologia estuarina em geral, embora possam ocorrer extremos em algumas águas rasas





A influência da grande descarga do rio Amazonas é percebida a pelo menos 200 km da costa. A imagem mostra o encontro das águas oceânicas com as que são misturadas com as águas do rio Amazonas.

durante a estação seca na Ilha do Marajó e nas áreas costeiras do Amapá. Por estar próxima à linha do Equador, as frentes frias antárticas que atingem grande parte da Amazônia central e ocidental são insignificantes no Estuário Amazônico. A temperatura média mensal da água da Pluma da Amazônia próxima à costa é de 27,5-29,5°C [22].

A acidez ou a alcalinidade da água é um fator importante na ecologia aquática, pois determina a quantidade e a forma dos nutrientes que estão disponíveis para a biota e afetam a absorção de minerais, muitos dos quais estão associados à poluição. O pH é o parâmetro que mede a acidez da água e seus valores nos grandes rios amazônicos variam de altamente ácidos (<4,5), como o segundo maior afluente da Bacia, o Negro, a quase neutro ou um pouco mais alcalino (7,0-7,6), como é o caso do baixo rio Amazonas [15, 23]. O rio Amazonas representa o acúmulo e mistura de todos os tipos de água em sua drenagem e, devido às contribuições dos rios de águas pretas e claras, há uma redução gradual do seu pH e condutividade elétrica no trecho entre os Andes e o Estuário Amazônico, que é próximo ao neutro quando atinge a sua foz [24].

O pH do rio Pará e baía do Marajó varia sazonalmente entre em 5,5-6,5, sendo um pouco mais baixo do que o do rio Amazonas, apesar de receber sua descarga. Essa variação é devido à grande influência da descarga do rio Tocantins, que tem um pH mais baixo [25, 26]. Durante o período



A Costa do Pará tem muitos pequenos afluentes que afetam a turbidez das águas de suas baías internas, mas sua influência na turbidez oceânica é relativamente baixa, mesmo com o aumento da erosão causada pelo desmatamento. A imagem mostra uma praia perto de Algodual, a leste da baía do Marajó, no litoral paraense, que contrasta com as planícies de lama comuns no litoral do Amapá.

de águas baixas, o pH também pode aumentar devido à entrada de águas oceânicas até Belém [27]. Não há grandes afluentes de águas pretas que entrem diretamente no Estuário Amazônico, embora existam alguns rios de águas pretas e corpos d'água semelhantes a rias na bacia do baixo Pacajá, próximo a região do lago Caxiuanã, onde foram registrados valores de pH em torno de 6,0 [28, 29].

O oxigênio dissolvido é uma necessidade para a maioria da vida aquática; e sua transferência para as águas superficiais se dá através da difusão direta do oxigênio atmosférico, que é intensificada pela ação dos ventos, ou como um subproduto da fotossíntese vegetal. Devido à alta turbidez do rio Amazonas, a produção de fitoplâncton é muito pequena e a ação do vento é fundamental para o aumento do oxigênio dissolvido na água. Na Amazônia Oriental, os ventos alísios e a brisa marítima atingem várias centenas de quilômetros rio acima, oxigenando bem a águas estuarinas. Os níveis de oxigênio dissolvido das águas do rio Amazonas aumentam de cerca de 60% da saturação para perto de 80% no trecho entre Óbidos, a 800 km rio acima, e o mar [14]. A porcentagem de saturação de oxigênio é uma medida que estima a relação entre a quantidade de oxigênio dissolvido no local com o da saturação de oxigênio para as mesmas condições de temperatura e salinidade. Os maiores valores de porcentagem de saturação do oxigênio dissolvido se dão na superfície e ocorre durante o período de águas baixas do rio Amazonas [23].



Condutividade e salinidade são métricas baseadas na relação entre a concentração de íons e o seu potencial de transmissão de corrente elétrica, tendo em vista que a concentração de íons é um indicador da quantidade de sais dissolvidos na água. A salinidade é uma medida apresentada em partes por mil (ppt ou ‰) e geralmente usada para caracterizar águas marinhas ou estuarinas. A condutância ou condutividade da água é uma medida da concentração de íons dissolvidos na água e é uma das principais medidas usadas como linha de base química indireta na ecologia aquática em águas continentais. Grandes mudanças na condutividade podem indicar poluição ou, no caso do Estuário Amazônico, invasão da água do mar. A medição elétrica é expressa em microohms ou  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , e é feita medindo a resistência da corrente elétrica com sondas submersas em água. A condutividade do rio Amazonas próximo aos Andes varia de 120 a 200  $\mu\text{S cm}^{-1}$  e, à medida que se aproxima do estuário, sua condutividade cai para 40-70  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , devido à diluição causada pelos tributários de águas preta e clara [24, 30, 31]. A condutividade da água salobra na baía do Marajó durante o período de águas baixas dos rios Amazonas e Tocantins pode ser cerca de 16 vezes a do período quando está doce [18, 27]. A condutividade do oceano Atlântico é cerca de 500 vezes maior que a do rio Amazonas, com os níveis de água salobra na Pluma Amazônica aumentando ao longo do gradiente de mistura até se tornarem altamente salinos [16].

O encontro do rio Amazonas com o mar se dá nas águas rasas fora da foz, entre 5 e 10 m, sobre uma larga barra transversal que atravessa a foz do rio [32]. Nesta região, mais de 95% dos sedimentos do rio Amazonas são floculados e precipitados antes de atingir uma salinidade de 3‰ [7]. A pluma de água salobra afeta a salinidade ao longo da plataforma continental brasileira à medida que a flui para o norte e para o Atlântico, chegando a alcançar até Barbados e talvez até o Mar do Caribe [33, 34]. A Pluma Amazônica impacta não apenas a salinidade, mas também a temperatura, a hidrodinâmica, os microrganismos e os fluxos de água doce ao longo de um milhão de quilômetros quadrados de oceano tropical, resultando numa maior atividade biológica e no importante processo de sequestro de carbono [16, 35, 36].

O rio Amazonas é relativamente rico em nutrientes por causa de suas cabeceiras nos Andes. Essa riqueza de nutrientes, no entanto, é amplamente anulada em termos de produtividade primária nos rios devido à grande carga de sedimentos, que torna suas águas altamente turvas e impede a penetração de luz necessária para a fotossíntese. A maior parte da produção primária in situ ligada aos nutrientes andinos ocorre em planícies de inundação, através das florestas alagadas, comunidades herbáceas aquáticas e algas em águas abertas com boas condições de luz. O mesmo ocorre na parte interna do Estuário Amazônico, embora em condições ecológicas diferentes, devido à influência das marés e da salinidade. A única grande exceção de alta produtividade primária em águas abertas na parte interna do Estuário Amazônico ocorre na foz do rio Tocantins, onde as marés forçam as águas ricas em nutrientes do rio Amazonas penetrar na baía e se misturar com as águas claras do rio Tocantins, proporcionando um ambiente com suficiente transparência para uma produção primária relativamente alta de fitoplâncton [37]. A alta turbidez na Pluma Amazônica próxima à costa impede a penetração de luz e, conseqüentemente, a alta produção de fitoplâncton. Desse modo, os nutrientes do rio Amazonas só se tornam importantes para o fitoplâncton quando o sedimento flocula em águas com maior salinidade e a turbidez diminui. Isso ocorre principalmente na parte externa do estuário, onde os nutrientes do rio Amazonas alcançam áreas com maior transparência e criam condições para uma elevada produção primária, que se destaca nesta parte do Atlântico [7, 32, 38].



Os búfalos alteram a química dos corpos d'água através da defecação e do pisoteio do fundo. Esse processo adiciona nutrientes ao sistema e ao mesmo tempo compromete a oxigenação da água, especialmente no período da seca, quando os corpos d'água estão rasos.

## Referências

1. Nittrouer, C.A., T.B. Curtin, e D.J. DeMaster. **Concentration and flux of suspended sediment on the Amazon continental shelf.** Continental Shelf Research, 1986. 6(1/2): p. 151-174.
2. Milliman, J.D. e R.H. Meade. **World-wide delivery of river sediment to the oceans.** Journal of Geology, 1983. 91(1): p. 1-21.
3. Goulding, M., R. Barthem, E.J.G. Ferreira, e R. Duenas. **The Smithsonian Atlas of the Amazon.** 2003, Washington: Smithsonian Books. 253.
4. Latrubesse, E.M., J.C. Stevaux, e R. Sinha. **Tropical rivers.** Geomorphology, 2005. 70(3-4): p. 187-206.
5. Filizola, N. e J.L. Guyot. **Suspended sediment yields in the Amazon basin: an assessment using the Brazilian national data set.** Hydrological Processes: An International Journal, 2009. 23(22): p. 3207-3215.



6. Gibbs, R.J. **Amazon River sediment transport in the Atlantic Ocean.** *Geology*, 1976. 4(1): p. 45-48.
7. Milliman, J.D., C.P. Summerhayes, e H.T. Barretto. **Oceanography and suspended matter off the Amazon River February-March 1973.** *Journal of Sedimentary Petrology*, 1975. 45(1): p. 189-206.
8. Martinez, J.M., J.L. Guyot, N. Filizola, e F. Sondag. **Increase in suspended sediment discharge of the Amazon River assessed by monitoring network and satellite data.** *Catena*, 2009. 79(3): p. 257-264.
9. Anthony, E.J., A. Gardel, N. Gratiot, C. Proisy, et al. **The Amazon-influenced muddy coast of South America: A review of mud-bank–shoreline interactions.** *Earth-Science Reviews*, 2010. 103(3-4): p. 99-121.
10. Kineke, G.C., R.W. Sternberg, J.H. Trrowbridge, e W.R. Geyer. **Fluid-mud processes on the Amazon continental shelf.** *Continental Shelf Research*, 1996. 16(516): p. 667-696.
11. Kineke, G.C. e R.W. Sternberg. **Distribution of fluid muds on the Amazon continental shelf.** *Marine Geology*, 1995. 125(3): p. 193-233.
12. Ward, N.D., R.G. Keil, P.M. Medeiros, D.C. Brito, et al. **Degradation of terrestrially derived macromolecules in the Amazon River.** *Nature Geoscience*, 2013. 6(7): p. 530-533.
13. Richey, J.E., J.M. Melack, A.K. Aufdenkampe, V.M. Ballester, et al. **Outgassing from Amazonian rivers and wetlands as a large tropical source of atmospheric CO<sub>2</sub>.** *Nature*, 2002. 416(6881): p. 617-620.
14. Richey, J.E., J.I. Hedges, A.H. Devol, P.D. Quay, et al. **Biogeochemistry of carbon in the Amazon River.** *Limnology and oceanography*, 1990. 35(2): p. 352-371.
15. Moreira-Turcq, P., P. Seyler, J.L. Guyot, e H. Etcheber. **Exportation of organic carbon from the Amazon River and its main tributaries.** *Hydrological processes*, 2003. 17(7): p. 1329-1344.
16. Subramaniam, A., P.L. Yager, E.J. Carpenter, C. Mahaffey, et al. **Amazon River enhances diazotrophy and carbon sequestration in the tropical North Atlantic Ocean.** *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2008. 105(30): p. 10460-5.
17. Medeiros, P.M., M. Seidel, N.D. Ward, E.J. Carpenter, et al. **Fate of the Amazon River dissolved organic matter in the tropical Atlantic Ocean.** *Global Biogeochemical Cycles*, 2015. 29(5): p. 677-690.
18. Nascimento, S.F., H. Kurzweil, W. Wruss, e N. Fenzl. **Cadmium in the Amazonian Guajara Estuary: distribution and remobilization.** *Environ Pollut*, 2006. 140(1): p. 29-42.
19. Souza, E.B.D. e A.C.D. Cunha. **Climatologia de precipitação no Amapá e mecanismos climáticos de grande escala.** *Tempo, clima e recursos hídricos: resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapa*. 2010, IEPA: Macapá.
20. Lima, A.M.M., L.L. Oliveira, R.L. Fontinhas, e R.J.S. Lima. **Ilha do Marajó: Revisão histórica, hidroclimatologia, bacias hidrográficas e propostas de gestão.** *HOLOS Environment*, 2005. 5(1): p. 65-80.
21. Mácola, G. e M. El-Robrini. **Ilha dos Guarás (Mariteua) - Município de Curuçá (NE do Pará): Aspectos físicos, meteorológicos & oceanográficos.** 2004, Companhias Docas do Pará - CDP: Belém.
22. Nittrouer, C.A. e D.J. DeMaster. **Sedimentary processes on the Amazon continental shelf: Past, present and future research.** *Continental Shelf Research*, 1986. 6(1/2): p. 5-30.
23. Ward, N.D., T.S. Bianchi, H.O. Sawakuchi, W. Gagne-Maynard, et al. **The reactivity of plant-derived organic matter and the potential importance of priming effects along the lower Amazon River.** *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 2016. 121(6): p. 1522-1539.
24. Ríos-Villamizar, E.A., J.M. Adeney, M.T.F. Piedade, e W.J. Junk. **New insights on the classification of major Amazonian river water types.** *Sustainable Water Resources Management*, 2020. 6(5): p. 1-16.

25. Lopes, Y.K.L., V. Neu, J.F. Felizzola, L.C.G.M. Teixeira, et al. **Hydrogeochemistry variability in the Amazon Estuary waters.** *Ambiência*, 2017. 13(2): p. 325-341.
26. Trindade, P.A.d.A. **Biologia e ecologia trófica do *Hemiodus unimaculatus* (bloch, 1794) (Characiformes: Hemiodontidae) no rio Araguari, na área de influência da usina hidrelétrica Coaracy Nunes, Amapá, Brasil,** in *Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca*. 2012, Universidade Federal do Pará: Belém. p. 72 p.
27. Barthem, R.B. e H.O. Schwassmann. **Amazon river influence on the seasonal displacement of the salt wedge in the Tocantins River estuary, Brazil, 1983-1985.** *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Zoologia*, 1994. 10(1): p. 119-130.
28. Montag, L.F.d.A. **Diversidade, distribuição e estrutura da comunidade de peixes na Estação Científica Ferreira Penna — Amazônia oriental,** in *Curso de Mestrado em Zoologia*. 2001, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emilio Goeldi: Belém. p. 135.
29. Costa, M.L.d., E.L. Moraes, H. Behling, J.C. Melo, et al. **Os sedimentos de fundo da Baía de Caxiuanã,** in *Caxiuanã*, P.L.B. Lisboa, Editor. 1997, Museu Paraense Emílio Goeldi: Belém, Pará. p. 121-140.
30. Kuchler, I.L., N. Miekeley, e B.R. Forsberg. **A contribution to the chemical characterization of rivers in the Rio Negro Basin, Brazil.** *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 2000. 11: p. 286-292.
31. Egler, W.A. e H.O. Schwassmann. **Limnological studies in the Amazon estuary.** *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 1962. 15(2): p. 1059-1066.
32. Curtin, T.B. e R.V. Legeckis. **Physical observations in the plume region of the Amazon River during peak discharge - I. Surface variability.** *Continental Shelf Research*, 1986. 6(1/2): p. 31-51.
33. Varona, H.L., D. Veleda, M. Silva, M. Cintra, et al. **Amazon River plume influence on Western Tropical Atlantic dynamic variability.** *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 2019. 85: p. 1-15.
34. Hellweger, F.L. e A.L. Gordon. **Tracing Amazon River water into the Caribbean Sea.** *Journal of Marine Research*, 2002. 60(4): p. 537-549.
35. Araujo, M., C. Noriega, G.A. Hounsou-Gbo, D. Veleda, et al. **A synoptic assessment of the Amazon River-Ocean Continuum during Boreal Autumn: From physics to plankton communities and carbon Flux.** *Front Microbiol*, 2017. 8: p. 1358.
36. Del Vecchio, R. e A. Subramaniam. **Influence of the Amazon River on the surface optical properties of the western tropical North Atlantic Ocean.** *Journal of Geophysical Research*, 2004. 109(C11): p. 1-13.
37. Fricke, A.T., C.A. Nittrouer, A.S. Ogston, D.J. Nowacki, et al. **River tributaries as sediment sinks: Processes operating where the Tapajós and Xingu rivers meet the Amazon tidal river.** *Sedimentology*, 2017. 64(6): p. 1731-1753.
38. Smith, W.O. e D.J. Demaster. **Phytoplankton biomass and productivity in the Amazon River plume: correlation with seasonal river discharge.** *Continental Shelf Research*, 1996. 10(3): p. 291-319.

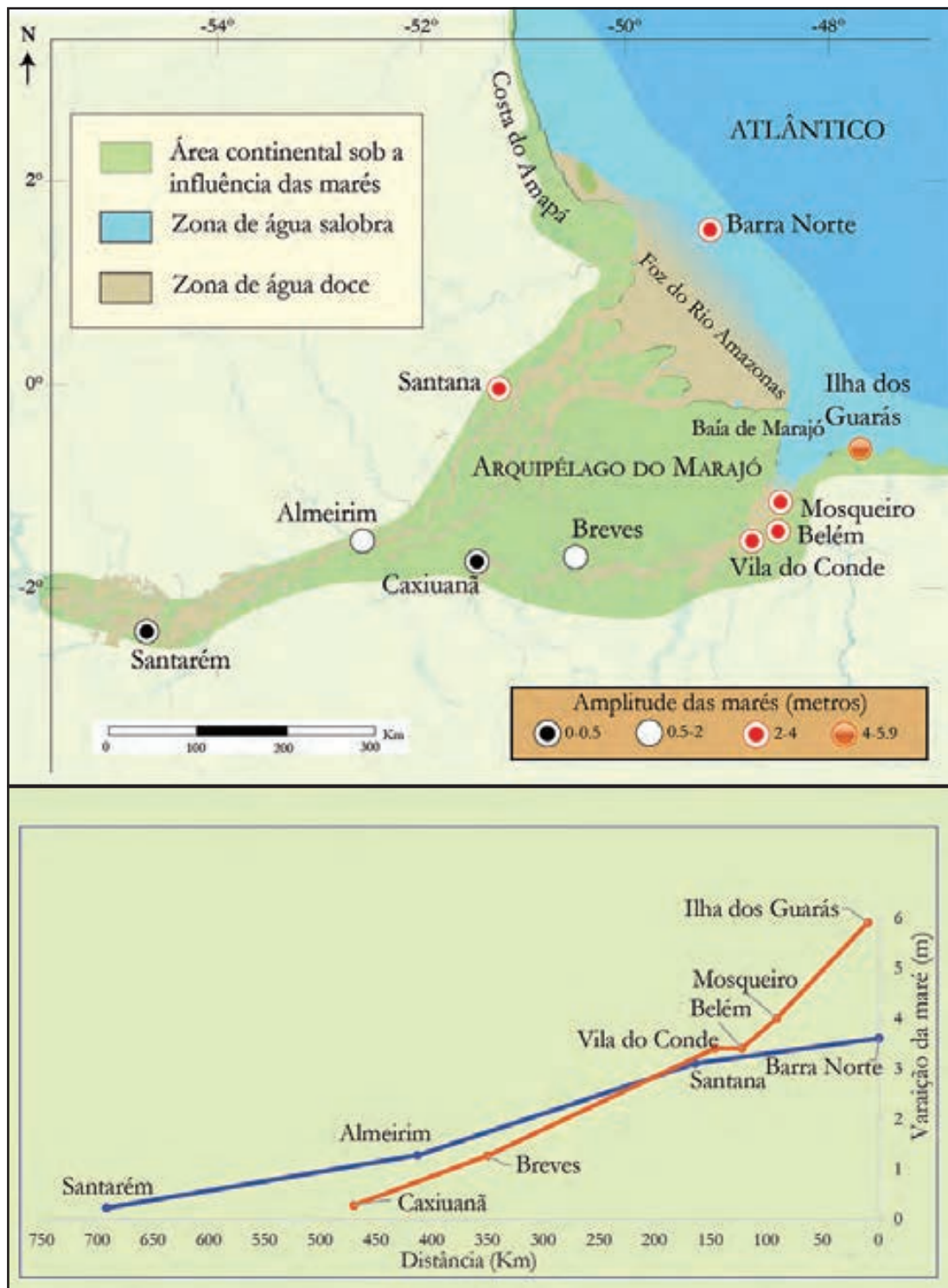


# Marés

As marés afetam o nível da água, as velocidades das correntes e a extensão das áreas alagadas no Estuário Amazônico. As amplitudes das marés em todo o mundo são classificadas em micromarés (<2 m), mesomarés (2-4 m) e macromarés (4-8 m) [1], sendo que a maior parte do Estuário Amazônico está sob a influência de macromarés. A propagação das marés no rio foi registrada até a cidade de Óbidos, a quase 800 km do mar, com uma amplitude de alguns centímetros [2]. Embora as marés sejam sentidas muito a montante, a água do mar não penetra no canal principal por causa da grande descarga do rio Amazonas. Além disso, a flutuação do nível do rio Amazonas a montante do rio Xingu, a cerca de 300-400 km do mar, é amplamente controlada pelo pulso de inundação



Maré baixa em uma ilha perto de Belém. A imagem mostra casas de palafitas construídas logo acima das marés mais altas, a cerca de 3,5 metros. Os sedimentos que formam os solos lamacentos são, em sua maioria, de origem andina.



O rio Amazonas tem a maior extensão de rio do mundo com influência da maré, pelo menos 700 km a partir da foz. As amplitudes das marés são maiores a jusante de Belém, quando passam a ser consideradas como macromarés (>4 m). As amplitudes das marés diminuem para montante e, a cerca de 400 km da foz, próximo à desembocadura do rio Xingu ou à cidade de Almeirim, no rio Amazonas, a oscilação do nível do rio passa a ser dominada pelo pulso de alagação sazonal em vez das variações diárias das marés.





O Estuário Amazônico próximo à costa tem o que são consideradas macromarés, ou aquelas com mais de 4 metros. Esta é uma armadilha de peixe conhecida como curral e sua altura dá uma boa ideia da amplitude da maré na costa atlântica. Nas marés mais altas, o nível da água se aproxima do topo das estacas do curral. Os peixes entram no curral durante a maré alta e depois não conseguem sair, sendo capturados na maré baixa.

sazonal do rio Amazonas [2, 3]. A notável inversão do sentido da correnteza entre as marés alta e baixa ocorre a partir da confluência dos rios Amazonas e Xingu. O Estuário Amazônico possui um sistema de marés semidiurnas, com duas marés altas e baixas diárias e relativamente uniformes, que são classificadas como macromarés por apresentar amplitudes de 4-6 metros. Perto do mar, a amplitude das marés de sizígia, que ocorrem durante as fases de lua cheia e nova, podem chegar a 10 m ou mais quando associadas ao efeito do vento [3]. As marés mais intensas ocorrem durante o primeiro semestre do ano, quando os ventos alísios de sudeste são mais fortes e a vazão dos rios Amazonas, Xingu e Tapajós são maiores.





Maré alta perto da floresta de maré e uma armadilha para peixes chamada cacuri. Na maré alta, peixes como este bagre bacu pedra entram na floresta inundada para se alimentar. Este bagre é coberto por placas laterais, o que lhe dá uma aparência robusta, e se alimenta de frutos, moluscos e folhas de arum.

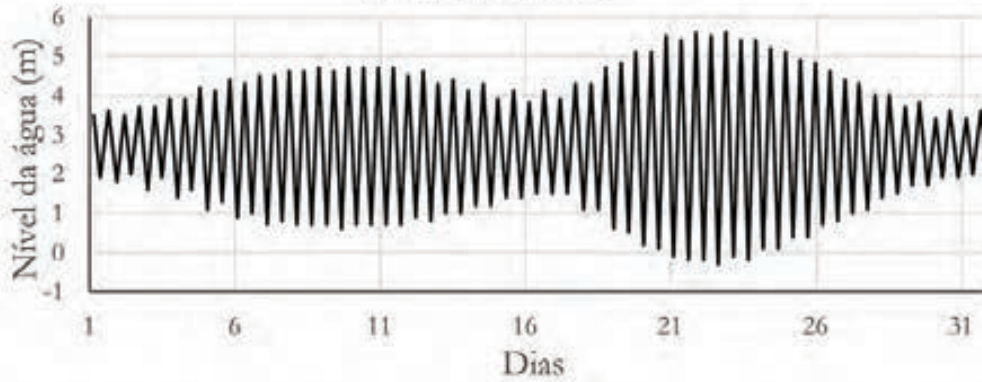
O Estuário Amazônico experimenta um macaréu, conhecido localmente como pororoca, durante as marés de sizígia. Esse evento ocorre quando a maré avança na forma de onda em espaços restritos e afunilados, como a foz dos rios, e empurra a água para o interior. As ondas da pororoca podem se elevar até 3 m quando passam sobre bancos submersos. Áreas com formação de pororocas foram identificadas ao longo da costa do Amapá, em várias ilhas próximas à foz do rio Amazonas, e no interior do estuário até os rios Guamá e Capim, próximos a Belém. As pororocas causam ressuspensão de sedimentos e intensificam o processo de erosão. A erosão da pororoca pode ser muito poderosa, como a que ocorreu em 1850, que dividiu a ilha de Caviana em duas [4-6]. O rio Araguari, que desembocava diretamente no mar ao norte da foz do rio Amazonas, era famoso por pelas ondas de pororoca que aí se formavam até desaparecer em 2012, quando o rio mudou de curso para desaguar no rio Amazonas em vez do mar. Nenhuma pororoca ainda foi relatada em seu novo curso [4].



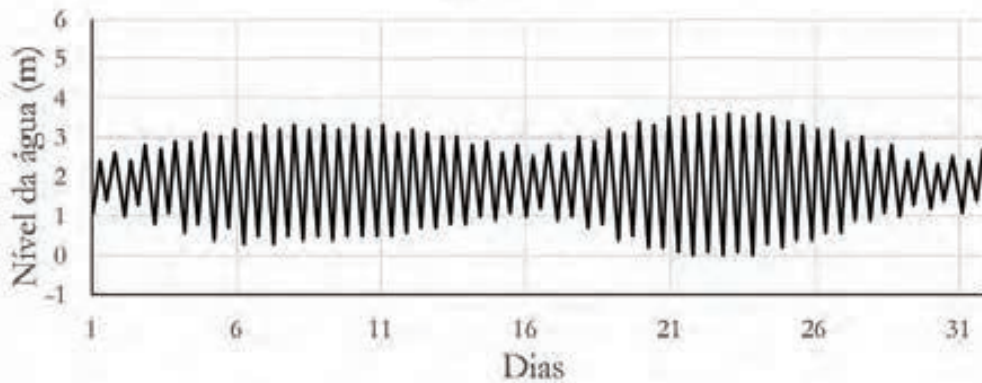
Fases da lua



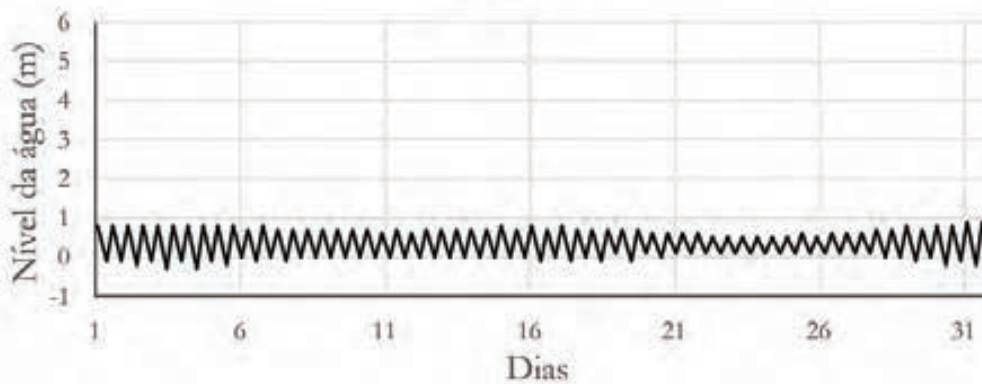
### Ilha dos Guarás



### Belém



### Breves



As marés mais altas ocorrem em março, quando a descarga dos rios é maior e o Sol, a Lua e a Terra estão alinhados, o que ocorre no equinócio e nas fases da lua nova ou cheia. A figura mostra a amplitude das marés ao longo do mês de março e da ilha dos Guarás, ponto mais externo da baía do Marajó, de Belém, a 100 km para o interior, e de Breves, a mais 300 km para o interior.



Os macarés na Região do Estuário Amazônico são chamados de pororoca. Elas ocorrem nas partes mais baixas de alguns rios, em espaços restritos, afunilados e rasos, onde grandes ondas se formam durante a maré cheia. O fenômeno da pororoca ocorre em vários rios do Estuário Amazônico, sendo um dos mais espetaculares o que ocorria no rio Araguari, quando ele desaguava diretamente na costa atlântica. Atualmente o rio deságua quase que totalmente no rio Amazonas, perto de sua foz.

A influência das marés pode se estender por mais de 100 km a montante dos pequenos afluentes que deságuam diretamente no estuário. O rio Arari, que drena a parte leste da Ilha do Marajó, ilustra bem a influência interior das marés nas planícies do estuário interno do Amazonas. Grande parte das savanas da Ilha do Marajó fica inundada durante a estação chuvosa pela chuva local, formando um extenso e contínuo campo alagado. Esta alagação eleva o nível do rio Arari a um ponto que barra o avanço das marés e mantém o fluxo unidirecional nos trechos a montante da cidade de Cachoeira do Arari, a cerca de 50 km da baía do Marajó. Durante os meses mais secos, quando o nível do rio está mais baixo, a influência das marés avança para montante causando oscilação diária do nível da água e alternando a direção do fluxo do rio. Nesta época do ano, a oscilação da maré varia de 2-4 m na sua parte mais baixa e de 1-2 m na cidade de Cachoeira do Arari [7]. Durante o período seco, marés





A imagem mostra a pororoca no Canal do Inferno, um canal que divide a ilha de Maracá em duas. Esta ilha está situada na costa do Amapá e é protegida pela Estação Ecológica de Maracá-Jipioca. A floresta de manguezal ao fundo faz parte da área protegida.

de poucos centímetros também são observadas próximas ao Lago Arari, a cerca de 120 km da foz do rio Arari.

Dentro do estuário há diferenças na amplitude média das marés, relacionadas principalmente à localização, distância do oceano, topografia local e descarga do rio Amazonas ao longo do canal principal. A amplitude média das marés em Macapá, próximo a foz do rio Amazonas, e na área da baía do Marajó, que inclui Vila do Conde e Belém, é de cerca de 3-4 m, e diminui para 1,3 m em Breves, a 350 km para o interior. Ainda mais para o interior, na região lacustre de Caxiuanã, na Bacia do Pacajá, a amplitude da maré é de cerca de 0,23 m [8]. Em Porto de Moz, próximo à foz do rio Xingu, a flutuação média anual do rio é de cerca de 1,5 m, mas com extremos que chegam a cerca de 4 metros, indicando a influência de inundações sazonais e não apenas de inundações diárias.



A pororoca se deslocando ao longo da costa de manguezais do Amapá. As ondas são um elemento físico importante no processo de erosão das margens das florestas de manguezais.



## Referências

1. Brown, A.C. e A. McLachlan. **The ecology of sandy shores**. 2006: Elsevier.
2. Kosuth, P., J. Callède, A.F. Laraque, Naziano Guyot, Jean Loup, P. Seyler, et al. **Influence de la marée océanique sur le cours aval de l'Amazone**. in Manaus 99 – Hydrological and Geochemical Processes in Large Scale River Basins. 1999. Manaus: International Hydrological Programme of UNESCO and ORSTOM.
3. Gallo, M.N. e S.B. Vinzon. **Generation of overtides and compound tides in Amazon estuary**. Ocean Dynamics, 2005. 55(5-6): p. 441-448.
4. Silva Dos Santos, E., P.P. Pinheiro Lopes, H.H. da Silva Pereira, O. de Oliveira Nascimento, et al. **The impact of channel capture on estuarine hydro-morphodynamics and water quality in the Amazon delta**. Science of the Total Environment, 2018. 624: p. 887-899.
5. Machado, J.S. **Ilha Caviana: sobre suas paisagens, tempos e transformações**. Amazônica: Revista de Antropologia (Online), 2014. 6(2): p. 283-313.
6. IBGE. **Geografia do Brasil. Região Norte**. Vol. 3. 1991, Rio de Janeiro, Brasil: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, Diretoria de Geociências.
7. Alves, I.C.C., M. El-Robrini, M.d.L.S. Santos, S.d.M. Monteiro, et al. **Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do rio Arari (Ilha do Marajó, norte do Brasil)**. Acta Amazonica, 2012. 42(1): p. 115-124.
8. Hida, N., J.G. Maia, M. Hiraoka, O. Shimm, et al. **River water level changes of the Amazon estuary: At Breves, Caxiuanã and Abaetetuba**. in Manaus 99 – Hydrological and Geochemical Processes in Large Scale River Basins. 1999. Manaus: International Hydrological Programme of UNESCO and ORSTOM.











## PARTE 3

# As Paisagens Aquáticas

---

◀ ◀ ◀ Floresta de mangue ao longo da Costa do Pará com suas raízes expostas durante a maré baixa. Observe as árvores caídas como resultado da ação das ondas. Apesar disso, os manguezais conseguem colonizar rapidamente os substratos de lama que são propícios para seu desenvolvimento.



# Rios e Igarapés

Canais de rios e córregos muitas vezes não são reconhecidos como áreas úmidas, especialmente por acadêmicos das áreas de botânica e limnologia, sendo estes últimos cientistas que investigam a ecologia aquática de água doce [1]. Esta é mais uma preferência histórica do que necessariamente ecológica e de conservação. No entanto, a classificação mais conhecida e mais utilizada das áreas úmidas, conhecida como “Convenção de Ramsar sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional” (Ramsar), incluiu os canais fluviais. Todos os países amazônicos pertencem à Convenção de Ramsar e o “Estuário Amazônico e seus Manguezais” já são declarados como um sítio Ramsar [2]. Do ponto de vista da conservação e do manejo, mesmo que os canais dos rios e outros corpos d’água abertos não fossem considerados como tipos de áreas úmidas, seria necessário considerá-los ao discutir a ecologia das



No limite da propagação das marés, perto de Santarém, o rio Amazonas recebe vários rios com pouca carga de sedimentos e que apresentam águas surpreendentemente claras. A imagem mostra o encontro do rio Tapajós com o rio Amazonas em frente a Santarém. As águas claras se mesclam com as águas barrentas do rio Amazonas e desaparecem poucos quilômetros rio abaixo.



Vista do Canal do Norte do rio Amazonas a partir da Guarita da Fortaleza São José de Macapá. O forte foi inaugurado em 1782 e é um dos principais pontos turísticos de Macapá.

áreas alagadas em geral. Isso é especialmente verdadeiro na Amazônia, onde a planície é inundada sazonalmente pelo transbordamento dos canais dos rios e, no caso do Estuário Amazônico, esse transbordamento passa a ser diário, devido à força das marés. A conexão entre os diferentes tipos de áreas úmidas ou mesmo de sistemas de bacias hidrográficas da Amazônia com o Estuário Amazônico não é apenas hidrológica, por meio dos canais fluviais, mas também biológica, como a que ocorre com a migração dos peixes [3]. Rios e córregos fazem parte de uma hierarquia de áreas de drenagem, da cabeceira para o Atlântico, que drenam diretamente para o Estuário Amazônico através do rio Amazonas e dos afluentes orientais, sendo que nem todos se conectam com o canal principal do rio Amazonas [4]. Aqui consideramos os corpos d'água abertos do Estuário Amazônico, incluindo canais de rios, como um tipo de área úmida. Os canais de rios e córregos são os eixos dos quais as várzeas recebem a maior parte de suas águas, sedimentos e nutrientes.

Embora córregos e rios façam parte de um continuum, o ponto de ruptura é subjetivo e geralmente não é particularmente útil para fins de manejo e conservação em escalas maiores. No Estuário Amazônico, rios e córregos são geralmente referidos localmente como rios ou igarapés (córregos), com base principalmente no uso histórico estabelecido localmente, uma vez que alguns chamados de igarapés são maiores do que outros chamados de rios. O termo furo também é usado para canais





As águas do rio Amazonas se juntam com as águas do rio Tocantins e de pequenos afluentes locais antes de desaguar na baía do Marajó. A sazonalidade desses rios determina a extensão do imenso ambiente de água doce que aí se forma e influencia a dinâmica de seus processos ecológicos. A imagem mostra pescadores capturando bagres de água doce na baía do Marajó.



O rio Sucuriju deságua na costa atlântica do estado do Amapá, a cerca de 100 km ao norte da foz do rio Amazonas. A imagem mostra seu curso inferior cortando uma importante área de floresta de manguezal que recebe influência das marés.

laterais que conectam dois corpos de água, geralmente são fundos e com margens arborizadas, como aqueles que se ramificam ao sul do rio Amazonas e depois entram no rio Pará [5]. Paraná também é um termo comum, geralmente considerado maior que um furo, para canais ramificados do canal principal. Como um nome hidrológico e, especialmente, como parte de uma bacia distinta, o rio Pará talvez seja o mais complexo por não possuir nascente própria e por receber parte da descarga do rio Amazonas, o que torna os seus limites pouco claros para fins de gestão. O rio Pará é sucedido pela baía do Marajó em seu fluxo continental final, após percorrer menos de 250 km. Oceanógrafos e hidrólogos usam o rio Pará para se referir a todo o fluxo de água que passa pela baía do Marajó para o oceano Atlântico [6-8]. Assim, é importante ter em mente que o rio Amazonas, o rio Tocantins e afluentes locais deságuam no rio Pará.

Com base na coloração, aparência visual, transparência e pH, existem três tipos gerais de rios na região de maré do Estuário Amazônico. Todos os rios que recebem sedimentos andinos estão a jusante do rio Amazonas e geralmente são referidos como rios de água branca por causa de sua cor café com leite e aparência lamacenta [9]. Os rios que drenam os antigos escudos brasileiro e das Guianas transportam quantidades relativamente pequenas de sedimentos e, portanto, são referidos como rios de água clara ou de água preta, embora a aparência visual nem sempre seja uma boa indicação





O rio Araguari é um rio de águas claras que nasce no antigo Escudo das Guianas, no estado do Amapá, embora sua coloração possa ter sido afetada no trecho a jusante das três barragens. O curso inferior é naturalmente turvo devido a influência das marés e dos sedimentos ressuspensos que penetram pela sua foz. O rio Araguari mudou recentemente de curso e agora deságua próximo à foz do rio Amazonas.

da qualidade natural da água. O rio Tocantins e o rio Xingu são os grandes rios de águas claras que possuem cabeceiras no Escudo do Brasil e que deságuam no Estuário Amazônico. Também tem sido sugerido que o rio Tocantins, embora com boa transparência, possa ser considerado um rio de água branca devido a certas características químicas, geralmente associadas a rios como o Amazonas [10]. Afluentes de água clara com cabeceiras no Escudo das Guianas incluem o Jari, Paru e Araguari. O rio Guamá é o maior afluente, cujas cabeceiras nascem na planície e deságua diretamente no Estuário Amazônico. Os cursos inferiores dos afluentes dos escudos brasileiro e das Guianas podem ser turvos devido a ação das marés, que empurram a água barrenta para montante, a sedimentos não consolidados e a atividades humanas. Alguns rios ou riachos de água preta encontrados na região são tributários menores de uma bacia maior de um rio de água clara, como o rio Caxiuanã, um tributário de água preta do rio Anapu, que é um rio de água clara pertencente à Bacia do Pacajá, que drena uma imensa área entre o Baixo Xingu e o Baixo Tocantins [10-12].



O rio Arari e a cidade de Cachoeira do Arari da Ilha do Marajó. As cabeceiras deste pequeno rio ficam próximas ao lago do Arari e sua foz, no rio Pará, fica quase em frente a Belém. A imagem mostra um campo de arroz ao fundo, no canto superior direito.



O rio Paracauari desaguando na baía do Marajó, com a cidade de Soure na margem esquerda, próximo a foz.





O Canal da Tartaruga é um canal artificial de cerca de 60 km de extensão, que foi escavado na década de 1950 como parte de uma hidrovia que conectava o litoral norte da Ilha do Marajó com o lago do Arari em seu interior. Atualmente, o canal continua ativo e é uma área utilizada pela pesca.

Os lagos de ria são um importante componente de alguns rios no Estuário Amazônico. Ria não deve ser confundido com “rio” em português. Os lagos de ria ou rios de foz afogada têm características hidrológicas perenes, semelhantes a rios e lagos, embora eles reflitam melhor as características de um rio por manterem o seu fluxo de água contínuo. Os lagos de ria são relíquias formadas em rios com pouca carga de sedimentos, e que, por alguma combinação de atividade tectônica ou erosão dos canais dos rios durante as fases de regressão do nível do mar, não foram totalmente preenchidos com sedimentos durante vários períodos interglaciais e glaciais [13]. Lagos de ria são os trechos inferiores dos rios muito alargados, geralmente margeados por barrancos com pouca ou nenhuma planície de inundação lateral. O baixo rio Tocantins e o baixo rio Xingu são os dois principais rios no Estuário Amazônico com lagos de ria, cada um com 5-15 km de largura e uma superfície de pelo menos 1.000 km<sup>2</sup>. A outra área relativamente grande de lago de ria sob a influência de marés é a baía de Caxiuanã, um corpo d’água de 500 km<sup>2</sup> localizado no baixo Anapu, um rio de águas claras da sub-bacia do Pacajá. Lagos de ria menores também são encontrados na região, como os que ocorrem ao norte da baía de Caxiuanã [14, 15].

Embora o Marajó seja uma ilha de planície, com altitude média de apenas 4 a 8 m e raramente com mais de 15 metros [16] (Rossetti et al 2007), ela tem, no entanto, muitos pequenos igarapés e rios relativamente curtos. Todos esses rios parecem ser turvos por causa de uma combinação da invasão de maré, que empurra as águas barrentas para montante, da lixiviação do solo e da ação dos ventos alísios e brisas marítimas, que causam a ressuspensão dos sedimentos na água. Em comparação com o rio Amazonas, no entanto, os igarapés e rios do Marajó podem ser mais ácidos devido à influência local da água da chuva que os abastece [17].

As regiões de savana do leste da Ilha do Marajó têm um clima de monção marcado por uma estação seca pronunciada, com precipitação inferior a 50 mm em alguns meses, e parecem ser a principal área do Estuário Amazônico onde existem rios sazonais. A destruição da mata ciliar, que de outra forma poderia impedir a secagem de alguns igarapés, pode ter aumentado a ocorrência desse tipo de ambiente na Ilha do Marajó. O desmatamento a longo prazo, que data desde o período pré-colonial, também pode ter contribuído para o aumento da temperatura do solo e da evaporação e, conseqüentemente, para o desenvolvimento dos rios sazonais no leste do Marajó. Rios sazonais também são encontrados nas regiões de cerrado do leste do estado do Amapá.

## Referências

1. Junk, WJ., M.T.F. Piedade, R. Lourival, F. Wittmann, et al. **Brazilian wetlands: Their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection.** Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 2013. 24(1): p. 5-22.



2. Wittmann, F., E. Householder, A. De Oliveira, A. Lopes, et al. **Implementation of the Ramsar convention on South American wetlands: an update**. Research and Reports in Biodiversity Studies, 2015. 4: p. 47–58.
3. Barthem, R.B., M. Goulding, R.G. Leite, C. Canas, et al. **Goliath catfish spawning in the far western Amazon confirmed by the distribution of mature adults, drifting larvae and migrating juveniles**. Scientific Reports, 2017. 7: p. 41784.
4. Venticinque, E., B. Forsberg, R. Barthem, P. Petry, et al. **An explicit GIS-based river basin framework for aquatic ecosystem conservation in the Amazon**. Earth System Science Data, 2016. 8(2): p. 651-661.
5. Pires, J.M. **The estuaries of the Amazon and Oiapoque rivers and their floras**, in Scientific problems of the humid tropical zone deltas and their implications. 1966, UNESCO: Paris, França. p. 211-218.
6. Lima, A.M.M., F.M. Cruz, L.M. Cavalcante, L.M. de Leão Chaves, et al. **A dominialidade do Rio Pará, sua natureza e aspectos relevantes à gestão dos recursos hídricos, no Estado do Pará**, in XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2009, Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos: Campo Grande. p. 1-11.
7. Ribeiro, S.R. e R.C. Valadão. **Efeitos marinho e fluvial na dinâmica dos ambientes inundáveis do Estuário Superior do Rio Pará, Norte do Brasil**. Revista Brasileira de Geomorfologia, 2021. 22(4): p. 876-898.
8. Prestes, Y.O., T.A.d.C. Borba, A.C.d. Silva, e M. Rollnic. **A discharge stationary model for the Pará-Amazon estuarine system**. Journal of Hydrology: Regional Studies, 2020. 28: p. 1-12.
9. Goulding, M., R. Barthem, E.J.G. Ferreira, e R. Duenas. **The Smithsonian atlas of the Amazon**. 2003, Washington: Smithsonian Books. 253.
10. Ríos-Villamizar, E.A., J.M. Adeney, M.T.F. Piedade, e W.J. Junk. **New insights on the classification of major Amazonian river water types**. Sustainable Water Resources Management, 2020. 6(5): p. 1-16.
11. Silva, F.R. **Etnoecologia de peixes em comunidades ribeirinhas da Floresta Nacional de Caxiuanã, Melgaço - PA**, in Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas. 2003, Universidade Federal do Pará: Belém.
12. Montag, L.F.d.A. **Diversidade, distribuição e estrutura da comunidade de peixes na Estação Científica Ferreira Penna — Amazônia oriental**, in Curso de Mestrado em Zoologia. 2001, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emilio Goeldi: Belém. p. 135.
13. Irion, G., J.A.S.N. Mello, J. Morais, M.T.F. Piedade, et al. **Development of the Amazon valley during the middle to late Quaternary: Sedimentological and climatological observations**, in Amazonian Floodplain Forests: Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management, W.J. Junk, et al., Editors. 2010, Springer Verlag: New York. p. 27-42.
14. Costa, M.L.d., E.L. Moraes, H. Behling, J.C. Melo, et al. **Os sedimentos de fundo da baía de Caxiuanã**, in Caxiuanã, P.L.B. Lisboa, Editor. 1997, Museu Paraense Emilio Goeldi: Belém, Pará. p. 121-140.
15. Moraes, J.C.d., J.d.P.R.d. Costa, E.J.P.d. Rocha, e I.M.O.d. Silva. **Estudos hidrometeorológicos na bacia de rio Caxiuanã**, in Caxiuanã, P.L.B. Lisboa, Editor. 1997, Museu Paraense Emilio Goeldi: Belém, Pará. p. 85-96.
16. Rossetti, D.F., M.M. Valeriano, e M. Thales. **An abandoned estuary within Marajó Island: implications for Late Quaternary paleogeography of northern Brazil**. Estuaries and Coasts, 2007. 30(5): p. 813-826.
17. Alves, I.C.C., M. El-Robrini, M.d.L.S. Santos, S.d.M. Monteiro, et al. **Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha do Marajó, norte do Brasil)**. Acta Amazonica, 2012. 42(1): p. 115-124.

# Baiás

O topônimo referido como baía é usado localmente para pelo menos 30 cursos d'água abertos no Estuário Amazônico. Uma baía geralmente é considerada como uma enseada de um mar, lago ou outro corpo de água aberto. A distinção entre baía e golfo não é consistente, embora este último seja geralmente considerado maior e sob influência direta das águas oceânicas durante, pelo menos, parte do ano. Alguns autores e moradores locais também se referem a algumas partes da região do rio Pará e da baía do Marajó como o Golfão Marajoara, Golfo Norte do Brasil ou simplesmente Golfão [1-4]. O termo Complexo Rio Pará-Baía do Marajó não é usado localmente, a não ser por cientistas. O termo baía também é usado para alguns dos corpos d'água semelhantes a lagos de águas pretas na Bacia do Pacajá. As baiás nomeadas neste complexo incluem Melgaço, Portel, Pacajá e Caxiuanã que, juntas, cobrem mais de 400 km<sup>2</sup>. Se estas devem ser consideradas baiás estuarinas é discutível, e só as mencionamos em razão de seus topônimos.

A região sul do Estuário Amazônico tem a maioria dos corpos d'água referidos como baiás, e a maioria das baiás interiores são sub-regiões localmente reconhecidas do Complexo Rio Pará-Baía de Marajó [5]. A ecologia do Complexo Rio Pará-Baía de Marajó é altamente influenciada tanto pelas águas e sedimentos do rio Amazonas quanto pelas águas do rio Tocantins. Muito diferente da foz do rio Amazonas, a área da baía do Marajó é influenciada pela invasão sazonal de água salina, pelo menos até Belém [6-8]. As baiás formadas desde a foz do rio Tocantins até o mar são intimamente conectadas e são chamadas localmente de baía do Marapatá (70-100 km<sup>2</sup>), baía do Capim (100 km<sup>2</sup>), baía do Guajará (160 km<sup>2</sup>) e baía do Marajó (4.300 km<sup>2</sup>).

A baía do Marapatá é a área de confluência dos rios Tocantins e Pará. Essa é uma extensa área, que pouco se sabe sobre a sua ecologia, e seus limites ainda não são bem definidos em termos hidrológicos. Esses dois rios têm características químicas bastante distintas e o encontro de rios semelhantes a esses são considerados ecologicamente importantes para a desova de peixes, diversidade e predação sazonal de presas em outras partes da Bacia Amazônica [9-11]. Até que esses tipos de áreas estuarinas sejam investigados, sua importância única para a ecologia aquática não deve ser descartada. A oscilação da maré na baía do Marapatá varia de 2,7 a 3,8 metros e, embora não haja invasão de água salobra, essa área pode ser considerada parte do estuário superior do rio Pará e separada nominalmente do Estuário Amazônico [8]. A química de suas águas é altamente afetada pela água do rio Amazonas que se mistura com a do rio Tocantins e torna a baía do Marapatá barrenta, pelo menos em grande parte ou se não na maior parte do ano. Poucos estudos fitoplanctônicos têm sido feitos na baía do Marapatá e presume-se que ela receba parte da matéria orgânica produzida em trechos mais a montante do baixo rio Tocantins.

A baía do Capim ou Paramajós fica a leste da baía do Marapatá e é separada dela por um conjunto de ilhas altamente fragmentadas, e que mantém conexão com o rio Tocantins através de inúmeros canais que podem ser chamados localmente de rios, como o rio Maratauíra. A cidade de Abaetetuba





A baía do Guajará situa-se em frente a Belém, onde fica um importante porto da região. A baía tem cerca de 25 km de comprimento e média de 4-5 km de largura. A influência dos sedimentos do rio Amazonas é facilmente percebida no porto tanto por suas águas barrentas quanto pela necessidade de dragagem periódica. Belém está na confluência do rio Guamá com a baía do Guajará.

situa-se na parte mais interna da baía do Capim, protegida por algumas ilhas. A baía do Capim é turva durante todo o ano e representa os limites mais orientais de entrada de água salobra, que ocorre ocasionalmente.

A baía do Guajará e a baía de Santo Antônio incluem não apenas as águas abertas, mas também ilhas, canais de maré e riachos. São as baías mais impactadas do Estuário Amazônico devido à proximidade com Belém e cidades adjacentes. A baía do Guajará fica a oeste de Belém e Icoaraci e recebe a descarga local dos rios Guamá e Acará. A baía do Guajará tem como limites: a Ilha do Combu, na foz do rio Guamá, a sudeste, e a Ilha de Mosqueiro, onde se conecta com a baía do Marajó, a norte. As ilhas a oeste incluem Arapiranga, Cotijuba e Onças, que agora são destinos turísticos locais, com praias e restaurantes. A amplitude das marés na baía do Guajará alcança 3,6 m durante as fases de lua nova e cheia, quando inundam as margens do canal, e descobrem as praias



Aqui são mostradas as baías e ilhas perto de Belém. A baía do Guajará é fortemente influenciada pelo rio Guamá, que deságua em frente a Belém. O rio Pará não pode ser avistado de Belém devido às várias ilhas localizadas em frente a cidade, algumas das quais se tornaram atrações turísticas populares.





A montante de Belém estão a baía do Capim e a baía do Marapatá. A cidade de Abaetetuba fica no extremo leste da parte mais interna da baía do Capim. A baía do Marapatá compreende a ampla área de confluência dos rios Tocantins e Pará, onde as águas claras do rio Tocantins se misturam com as águas turvas do rio Pará, carregadas de sedimentos do rio Amazonas. Relativamente pouco se sabe sobre a ecologia do encontro dos rios Tocantins e Pará, que tem potencial para ser uma área de desova de peixes.

durante as marés baixas. A área é geralmente considerada uma baía de água doce, embora durante o segundo semestre do ano, quando a descarga de água do rio Pará está em seu nível mais baixo, pode haver uma invasão de água salobra na baía e até no rio Guamá [12, 13].

Situada a leste da Ilha do Marajó e a oeste do continente, a baía do Marajó constitui não apenas a baía do Estuário Amazônico, mas também a baía mais larga e ininterrupta por grandes ilhas do Brasil. O trecho onde a baía do Marajó encontra o oceano tem cerca de 60 km de largura e lembra um golfo devido ao seu tamanho. As águas do Complexo Rio Pará-Baía de Marajó são altamente turvas, apesar da grande vazão de águas claras do Tocantins. Às vezes, eles são ainda mais turvas do que as águas do rio Amazonas devido à ressuspensão de depósitos aluviais pela ação das correntes de maré. Quando a água salgada invade, ocorre um processo conhecido como floculação, que faz com que partículas de sedimentos se agreguem, tornando-se maiores e mais pesadas, sendo então depositadas no fundo. Isso resulta em maior transparência da água, que chega a 2,0 metros na baía do Marajó, e na mudança de sua cor, de barrenta para um verde marcante produzido pelo bloom de

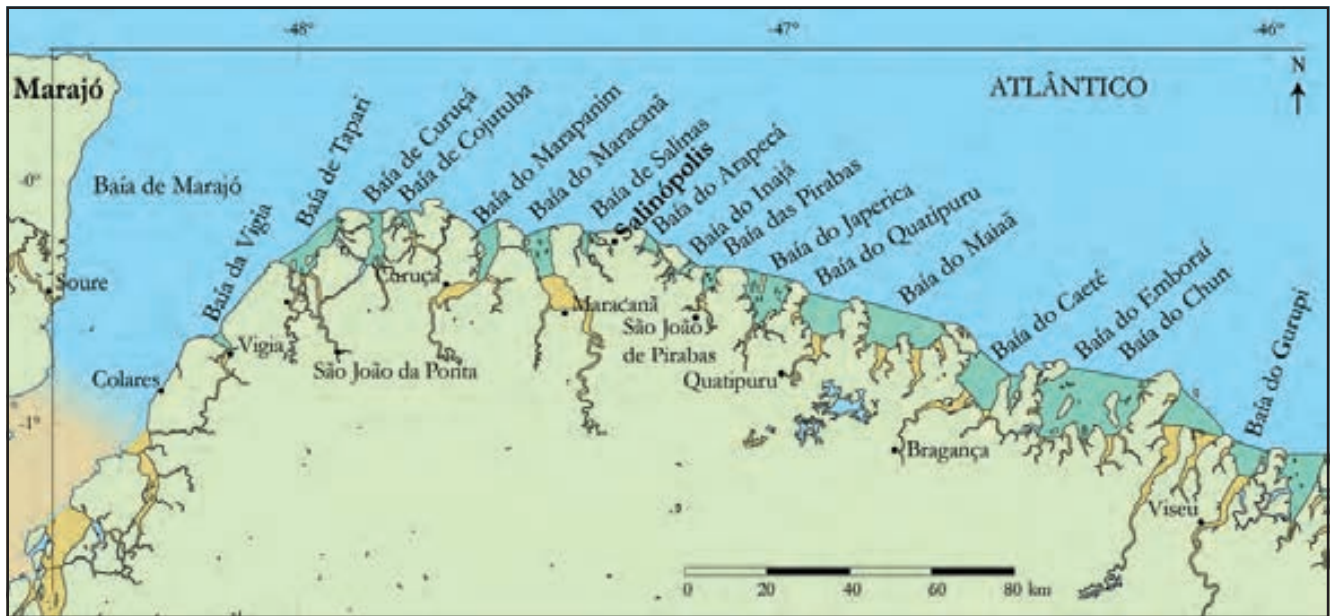


Vista do rio Pará ao fundo e da baía do Guajará em primeiro plano próximo à cidade de Icoaraci. O rio Pará se torna mais largo na sua foz e passa a ser denominado de baía do Marajó. No canto superior direito está a pequena ilha de Tatuoca, situada nessa transição de nomes.



A baía do Marajó fornece uma rota fluvial importante para o Estuário Amazônico e outras regiões mais além. A imagem mostra um grande navio cargueiro na baía do Marajó, na entrada na baía do Guajará, com a ilha de Tatuoca ao fundo.





O litoral paraense tem uma geografia fortemente recortada, com um arranjo peninsular que forma inúmeras baías. As baías são alimentadas por rios relativamente pequenos, cujas cabeceiras geralmente se encontram em altitudes abaixo de 50 metros. As praias próximas à baía de Salinas são um dos principais atrativos turísticos do Pará. A predominância de manguezais ao longo do litoral paraense indica a presença de água salobra nessa região.



Pescadores próximos à área onde o rio Pará passa a ser chamado de baía do Marajó. Eles estão na margem oposta a cidade de Joanes, na Ilha do Marajó, onde a baía tem cerca de 20 km de largura, um trecho estreito em comparação aos 60 km de largura próximo ao Atlântico.





Vista da baía do Marajó a partir de uma antiga igreja jesuíta e de um sítio arqueológico em Joanes, na orla da Ilha do Marajó.

fitoplâncton, proporcionado pelo aumento da penetração de luz e dos nutrientes disponibilizados pelo rio Amazonas. A maior parte da produção de fitoplâncton consiste em diatomáceas do gênero *Coscinodiscus*, que são minúsculas algas protegidas por sílica. A zona de alta produção de fitoplâncton avança para montante da baía durante os meses de outubro a dezembro até perto de Belém, no período de menor vazão do rio Pará. Em contraste, durante o período de maior vazão do rio, a zona de alta produção de fitoplâncton é empurrada para fora da baía do Marajó e se mantém na plataforma continental [6, 7, 14].



## Referências

1. Bezerra, M.O., C. Medeiros, A.P.M. Krelling, R.P. Rosário, et al. **Physical oceanographic behavior at the Guama/Acara-Moju and the Paracauari river mouths, Amazon Coast (Brazil)**. Journal of Coastal Research, 2011. 64(Special Issue): p. 1448-1452.
2. Ab'Sáber, A.N. **Zoneamento fisiográfico e ecológico do espaço total da Amazônia Brasileira**. Estudos Avançados, 2010. 24(68): p. 15-24.
3. Amorim, J.P.D.A. **O processo de formação e metropolização da região metropolitana de Macapá – breves reflexões**. Geografia Ensino & Pesquisa, 2020. 23.
4. França, C.F. e M.A. da Silva Pimentel. **Diversidade paisagística das margens oeste e leste da Baía de Marajó, Pará, Norte do Brasil**. Revista Geonorte, 2012. 3(6): p. 900-910.
5. Rollnic, M. e R.P. Rosário. **Tide propagation in tidal courses of the Pará river estuary, Amazon Coast, Brazil**. Journal of Coastal Research, 2013. 165: p. 1581-1586.
6. Schwassmann, H.O., R.B. Barthem, e M.L. Carvalho. **A note on the seasonally shifting zone of high primary production in the bay of Marajó, Pará, Brazil, 1983-1984**. Acta Botanica Brasilica, 1989. 2(1): p. 165-174.
7. Barthem, R.B. e H.O. Schwassmann. **Amazon river influence on the seasonal displacement of the salt wedge in the Tocantins River estuary, Brazil, 1983-1985**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Zoologia, 1994. 10(1): p. 119-130.
8. Ribeiro, S.R. e R.C. Valadão. **Efeitos marinho e fluvial na dinâmica dos ambientes inundáveis do Estuário Superior do Rio Pará, Norte do Brasil**. Revista Brasileira de Geomorfologia, 2021. 22(4): p. 876-898.
9. Goulding, M., E. Venticinque, M.L.d.B. Ribeiro, R.B. Barthem, et al. **Ecosystem-based management of Amazon fisheries and wetlands**. Fish and Fisheries, 2019. 20(1): p. 138-158.
10. Ribeiro, M.C.L.B., M. Petrere-Jr., e A.A. Juras. **Ecological integrity and fisheries ecology of the Araguaia-Tocantins River basin, Brazil**. Regulated Rivers: Research and Management, 1995. 11: p. 325-350.
11. Fernandes, C.C., J. Podos, e J.G. Lundberg. **Amazonian ecology: Tributaries enhance the diversity of electric fishes**. Science, 2004. 305: p. 1960-1962.
12. Santos, M.L.S., P. Holanda, I. Pereira, S. Rodrigues, et al. **Influência das condições da maré na qualidade de água do Rio Guamá e Baía do Guajará**. Boletim Técnico Científico do CEPNOR, 2014. 14(1): p. 17-25.
13. Gregório, A.M.d.S. e A.C. Mendes. **Batimetria e sedimentologia da baía do Guajará, Belém, estado do Pará, Brasil**. Amazônia: Ciência & Desenvolvimento, 2009. 5(9).
14. Egler, W.A. e H.O. Schwassmann. **Limnological studies in the Amazon estuary**. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie, 1962. 15(2): p. 1059-1066.

# Lagos

Os lagos são corpos de água abertos e cercados por terra por, pelo menos, algum período do ano. Nos trechos onde a terra que margeia o lago é mais alta que as flutuações anuais do nível da água, as margens do lago são relativamente permanentes. No entanto, este raramente é o caso da planície amazônica, em que a maioria dos corpos d'água referidos como lagos são encontrados nas planícies de inundação. O termo lago (ou lagoa) é aplicado a apenas alguns corpos d'água no Estuário Amazônico, já que a notável sedimentação pesada do rio Amazonas tem limitado o desenvolvimento de lagos de várzea nas áreas de maré. Apenas a montante do rio Xingu são encontrados lagos sazonais de várzea na planície de inundação do rio Amazonas e, embora sofram alguma influência das marés, esta é reduzida e a flutuação sazonal do nível da água predomina sobre a variação diária causada pelas marés. O lago Arari é o lago mais reconhecido da região, situando-se no lado sul do Estuário Amazônico, e, no lado norte, há uma série de corpos d'água de savana referidos como lagos, que são encontrados na região de Piratuba, ao longo da costa do Amapá.

O lago Arari consiste em um corpo hídrico raso e de água doce, situado no centro leste da Ilha do Marajó, com cerca de 50 km<sup>2</sup> e menos de 4 m de profundidade [1]. O lago Arari sofreu grandes mudanças na história geológica recente relacionadas a sua baixa elevação, a invasão da água do mar durante a transgressão marinha e a alguma atividade tectônica [2]. O lago Arari está ligado ao rio Pará através dos 120 km de extensão que serpenteiam o rio Arari, e sua maior parte está abaixo do nível do mar, com uma ligeira influência das marés e uma área circundante apenas ligeiramente mais alta. Ao contrário da maior parte do Estuário Amazônico, o lago Arari não é influenciado pelas águas do rio Amazonas e sua alta turbidez é resultado de sedimentos locais depositados no passado e que são ressuspensos pela ação do vento. O leste da Ilha do Marajó apresenta uma drenagem ruim por causa de seu declive brando e pelo efeito da maré que represa a vazão de seus pequenos rios. A chuva alaga parte do interior do leste do Marajó entre fevereiro e julho e forma um ambiente semelhante a um imenso lago que incorpora o lago Arari. As “ilhas” de savana (tesos) escapam da inundação por serem um pouco mais altas. Os campos secam durante a estação seca e a água é encontrada em corpos d'água menores, sendo o lago Arari o maior deles [1]. A água represada nesses corpos d'água evapora e concentra os sais que foram lixiviados do solo inundado, que poder ser várias vezes maior que a concentração de sais do rio Amazonas, conforme indicado pela sua alta condutividade [3]. Durante todo o ano, o lago Arari está ligado ao rio Arari, que também oferece uma rota de transporte de barco para Belém.

A Reserva Biológica do Lago Piratuba contém pelo menos cinco corpos d'água denominados lagos, dos quais o maior dá nome à unidade de conservação. Os lagos cobrem uma área de aproximadamente 300 km<sup>2</sup> quando totalmente inundados durante a estação chuvosa. A região dos lagos de Piratuba fica a cerca de 4-20 km para o interior da costa do Amapá e parece ser influenciada até certo ponto pela água salobra, uma vez que é cercada por manguezais em seu lado leste. A qualidade natural da água é amplamente controlada pela sazonalidade e distância do oceano. As águas dos lagos situados



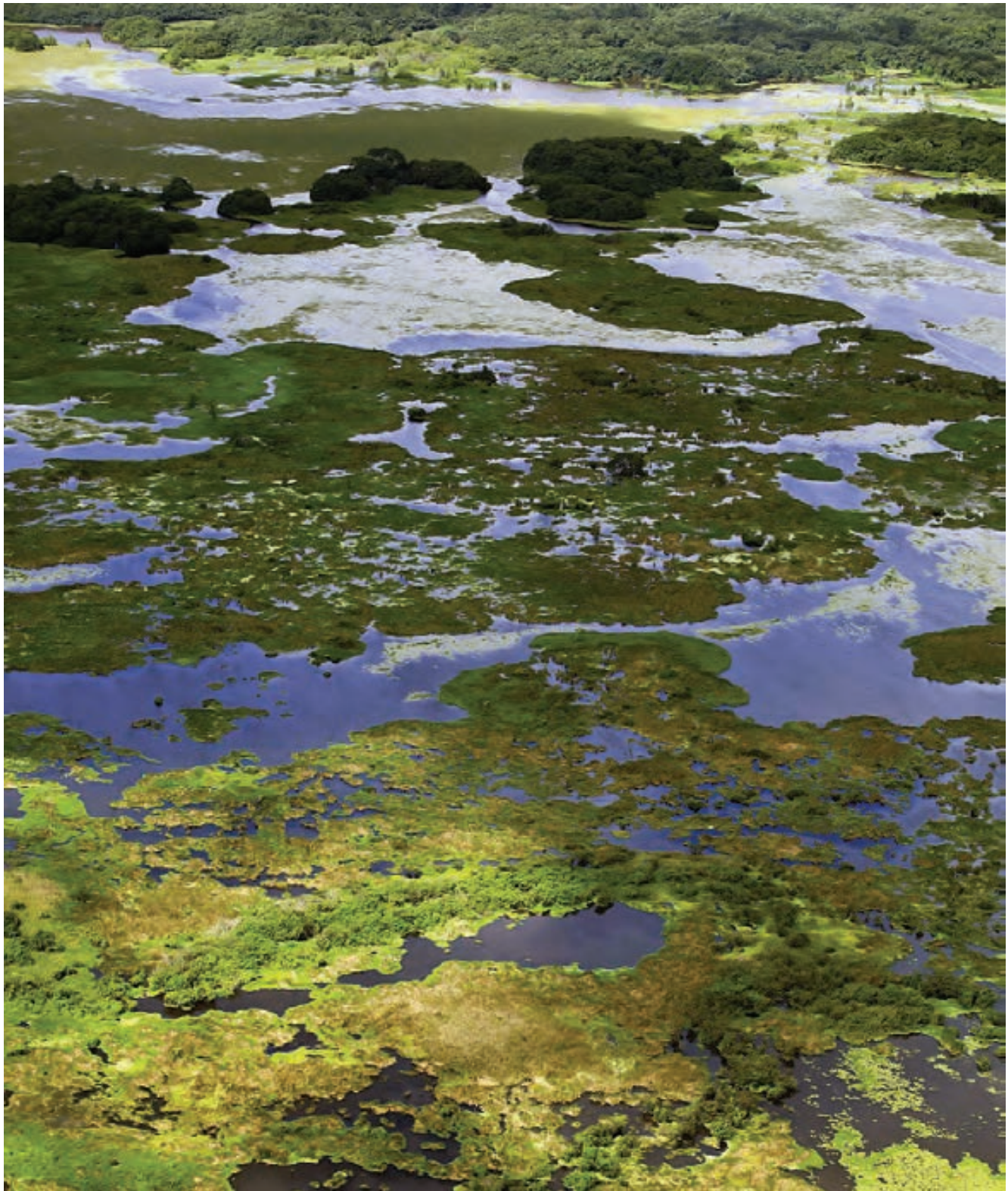


O lago Arari é o maior corpo d'água da Ilha do Marajó reconhecido como lago. Suas águas são relativamente rasas e turvas por causa da ressuspensão constante dos sedimentos causado pelos ventos alísios e brisas marítimas. O lago tem conexão com o rio Arari e o rio Anajás, cujas cabeceiras nascem no centro da Ilha do Marajó. O lago é culturalmente identificado pela pesca do bagre tamoatá, o principal pescado capturado na região.



As planícies da savana do leste do Marajó secam frequentemente nos meses de baixa precipitação em que chove menos que 50 mm. Durante a estação chuvosa, quando os campos secos alagam, estes podem se conectar com uma vasta área alagada e rasa e serem conhecidos localmente como lagos.





A região do lago Piratuba contém, além de corpos d'água semelhantes a lagos, áreas relativamente grandes semelhantes a campos alagados que se distribuem ao redor das águas abertas e das florestas alagadas arbustiva e arbórea.





Pequenos corpos d'água semelhantes a lagos estão espalhados nas planícies do Amapá, alguns dos quais secam durante os meses de pouca precipitação. A imagem mostra um pequeno lago na Reserva Biológica de Piratuba.

mais para o interior e distantes da costa são menos influenciados pela salinidade durante todo o ano e praticamente podem ser considerados de água doce. Por outro lado, aqueles que estão mais próximos e conectados por canais com o oceano têm água mais salobra [4]. A presença de pescarias baseadas em espécies de água doce também indica fortemente que a água doce domina a maior parte da região alagada de Piratuba [5]. Por ser raso e sofrer altas taxas de evaporação durante a estação seca, a região do lago Piratuba pode ser muito afetada em anos com eventos climáticos extremos, podendo secar completamente muitos dos lagos menores e alterar radicalmente o seu equilíbrio biogeoquímico e hidrológico [4].



Ao norte do rio Araguari está a região lacustre que leva o nome de seu maior corpo d'água, o lago Piratuba. Os lagos são relativamente rasos e possuem alguma conexão com o mar. A presença de pescarias de água doce sugere que há pouca ou nenhuma invasão de água salobra pela costa. No entanto, a floresta de mangue no leste e alguns dos corpos d'água próximos à costa devem receber influência das marés e de água salobra.

Uma série de pequenos lagos são encontrados mais a oeste e ainda ao norte do rio Araguari, a cerca de 50-80 km da costa do Amapá, em uma área formada por uma antiga rede de drenagem de meandros abandonados que, administrativamente, ainda fazem parte da Reserva Biológica do Lago Piratuba. Os níveis desses lagos podem aumentar no máximo alguns metros durante a estação chuvosa. Não está claro até que ponto esses lagos são influenciados pelas marés durante o ano, mas alguns lagos, como o Ventos, Mutuco, e lago Comprido de Baixo, são afetados pelas marés de sizígia, que alcançam a região através do rio Tabaco, um afluente do rio Araguari [6].





O pequeno lago Bolonha possui apenas alguns quilômetros quadrados, mas é um dos lagos mais importantes do Pará por ser a principal fonte de água potável para Belém. O lago é abastecido por uma adutora, que conduz a água bombeada do rio Guamá. A maior parte da área ainda é cercada por floresta, mas o histórico de invasões urbanas torna a área problemática.



O trapiche da estação do IBAMA na Floresta Nacional de Caxiuanã, à beira da baía de Caxiuanã.

O lago de Água Preta e o lago Bolonha formam um pequeno conjunto de lagos artificiais próximos a capital Belém. Embora apresentem uma área pequena, cerca de 3,5 km<sup>2</sup>, eles são importantes para a cidade por serem responsáveis pelo abastecimento doméstico de água tratada. Esses lagos foram construídos em depressões naturais e seu abastecimento de água é baseado no bombeamento das águas do rio Guamá, que capta água a cerca de 3 km do lago, no trecho próximo à sua confluência com o rio Acará [7, 8].

## Referências

1. Egler, W.A. e H.O. Schwassmann. **Limnological studies in the Amazon estuary**. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie, 1962. 15(2): p. 1059-1066.
2. Rossetti, D.F., M.M. Valeriano, A.M. Góes, e M. Thales. **Palaeodrainage on Marajó Island, northern Brazil, in relation to Holocene relative sea-level dynamics**. The Holocene, 2008. 18(6): p. 923-934.
3. Almeida, M.P., R.B. Barthem, A.S. Viana, e P. Charvet-Almeida. **Factors affecting the distribution and abundance of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) at Marajó Island, mouth of the Amazon River**. Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 2009. 4(1): p. 1-11.
4. Cunha, A.C. e L.d.S.L. Sternberg. **Using stable isotopes 18O and 2H of lake water and biogeochemical analysis to identify factors affecting water quality in four estuarine Amazonian shallow lakes**. Hydrological processes, 2018. 32(9): p. 1188-1201.
5. Silva, L.M.A.d. e S.L.d.F. Silva. **A atividade pesqueira na Região Atlântica da costa do Amapá: Município de Amapá, Pracuúba, Tartarugalzinho e baixo Araguari**, in Inventário Biológico das Áreas do Sucuriçu e Região dos Lagos, no Amapá: Relatório Final PROBIO, S.V.d.C. Neto, Editor. 2006, IEPA: Macapá. p. 173-187.
6. Matos, M.D.F.A., V.E. Amaro, O.F.M.S. Silveira, e L.R.T.R.T. Takiyama. **Análise multitemporal da morfodinâmica dos lagos meridionais da Reserva Biológica do Lago Piratuba, planície costeira do Amapá, norte do Brasil**. Geologia, 2012. 25: p. 2.
7. Araújo-Júnior, A.C.R. **Indicadores de qualidade ambiental no lago Bolonha, parque estadual do Utinga, Belém-Pará**. Boletim Gaúcho de Geografia, 2015. 42(1): p. 276-299.
8. Brito, F.S.L., B.A. Pimentel, J.C. Vilhena, K.K.L. do Rosário, et al. **Comportamento das variáveis físico-químicas da água do lago Bolonha-Belém-PA**. Brazilian Journal of Development, 2020. 6(1): p. 1738-1757.



# Florestas de Várzea

Com exceção das grandes áreas de savana da Ilha do Marajó e do litoral do Amapá, algumas das quais pode ter sido originalmente florestada e transformada no passado pela ação humana, as terras baixas do Estuário Amazônico, em condições naturais, são cobertas principalmente por floresta de maré. Existem quatro tipos principais de florestas alagadas na região de maré do Estuário Amazônico, que variam entre pouca ou nenhuma tolerância à água salobra e os que ocorrem principalmente em áreas salobras, que são os manguezais. As florestas alagadas, que são fortemente influenciadas pelas águas do rio Amazonas e seus sedimentos e nutrientes, incluem a floresta de várzea de maré e a floresta de várzea dominada por palmeiras. Várzea é um termo amplamente utilizado no Brasil para planície de inundação e, na Amazônia, geralmente refere-se a planícies de inundação de rios de água barrenta. Algumas florestas alagadas de rios de água clara também são tratadas como várzea, embora sejam



A floresta de maré alagada por água doce no Estuário Amazônico é muitas vezes referida como floresta de várzea de maré. Várzea é um termo comum para a planície de inundação do rio Amazonas e outros rios de águas brancas. A floresta de várzea do estuário é semelhante às congêneres sazonalmente inundadas rio acima, embora a maré a inunde duas vezes ao dia. Mesmo quando não é inundada pela maré, a floresta de várzea de maré pode ter seus solos encharcados. A imagem mostra a ilha de Carnapijó, situada em frente a Belém, com o rio Pará ao fundo.



A floresta de várzea de maré é mais abundante na parte ocidental do Arquipélago do Marajó, sendo uma continuação da floresta de várzea do rio Amazonas, mas com inundações diárias e não sazonais. Esta floresta se estende para leste, ao longo do rio Pará, e ocorre em forma de manchas ao norte do rio Araguari, no Amapá, e no interior de manguezais.

comumente conhecidas como igapó. Um terceiro tipo é a floresta arbustiva, encontradas em várias áreas da Ilha do Marajó e savanas do Amapá. Finalmente, há os manguezais que dominam as áreas de água salobra [1].

Dos quatro tipos florestais, a floresta de várzea é a mais extensa em áreas alagadas por água doce. Começando a montante do rio Xingu, onde as marés são fracas e há o predomínio da floresta alagada sazonalmente, se encontra a floresta nomeada localmente como mata da várzea e cientificamente como floresta sazonal de várzea [1-3]. Embora não sejam tão diversas em espécies, como a floresta





Floresta inundada mista ao longo da baía do Marajó, onde espécies de floresta de várzea de maré se misturam com algumas espécies de manguezais.



tropical de terra firme, a diversidade da floresta sazonal de várzea ainda é alta, a mais diversa dentre as florestas alagadas do mundo, e dois terços de suas espécies são restritas a áreas alagadas, sendo o outro terço compartilhado com florestas de terra firme [4, 5]. A floresta sazonal de várzea se estende de Santarém, a 800 km rio acima, até próximo à confluência do rio Xingu. Dependendo da elevação exata da planície de inundação e da época do ano, essa floresta pode ser inundada por uma coluna d'água de alguns centímetros a vários metros durante 4-6 meses por ano. A floresta de várzea de maré passa a dominar abaixo da confluência do rio Xingu, na região inundada diariamente pela ação da maré.

Há um grande contraste entre as florestas de várzea ao longo do rio Amazonas. O trecho de montante, onde domina a floresta alagada sazonalmente, encontra-se fortemente desmatado, e o trecho de jusante, onde domina a várzea de maré, a floresta ainda é encontrada em pé ao longo da maior parte das margens dos rios. Embora tenha havido extração pesada de madeira no Estuário Amazônico, houve pouco corte raso para extração de madeira ou agricultura em larga escala. Apesar das grandes diferenças ecológicas nos regimes de inundação, os botânicos geralmente consideram as florestas de várzea de maré como uma extensão da floresta sazonalmente inundada do rio Amazonas, com a maioria das espécies na primeira, também encontrada a montante [1]. A biomassa das florestas de



A diferença de estatura e cor indica a floresta de várzea nos dois terços inferiores da imagem, que é sucedida pela floresta de terra firme no topo da imagem. A floresta de várzea pode ser quase tão diversa quanto sua contraparte de terra firme. A imagem é de uma área perto da foz do rio Amazonas. Observe que não há manguezal na imagem pois a água doce do rio Amazonas domina este ambiente aquático.



várzea do Estuário Amazônico é relativamente alta, semelhante às florestas de várzea a montante, e isto as tornou alvo de extração de madeira em larga escala nas planícies de inundação. São conhecidas pelo menos 900 espécies arbóreas tolerantes a inundações na floresta sazonal de várzea e cerca de um terço delas também ocorre em florestas de terra firme [5]. A várzea de maré tem menos espécies do que suas contrapartes a montante e na terra firme, cerca de 200, o que se deve provavelmente às inundações diárias e aos solos continuamente encharcados [6]. A diversidade de habitats das florestas de várzea de maré também resulta em grandes diferenças nos grupos de espécies de uma área para outra [7].

Embora as profundidades de inundação da floresta de várzea de maré no Estuário Amazônico sejam geralmente inferiores a 2,5 m e, na maioria das vezes, inferiores a 1 metro, o tempo total que essas florestas ficam alagadas pela ação das marés ao longo do ano é de cerca de três quartos do tempo que a floresta sazonal de várzea fica alagada a montante. Embora a alta precipitação possa contribuir na manutenção dos solos continuamente encharcados, no entanto, o seu efeito sobre as inundações nessas florestas de várzea é muito restrito, devido ao efeito predominante das marés. Outra característica que diferencia as florestas de várzea sazonal e de maré é o momento de maior inundação, que ocorre



O Estuário Amazônico é bem conhecido por sua riqueza e abundância de palmeiras. Uma das espécies mais comuns é o buriti/miriti, palmeira altamente adaptada a ambientes alagados. Esta imagem mostra, no primeiro plano, uma combinação de floresta de palmeiras dominada por buriti e, logo atrás, a floresta de várzea mais diversificada e um pouco mais alta, com o rio Pará ao fundo.

uma vez por ano na floresta sazonal e em dois períodos do ano no Estuário Amazônico. Os picos de inundação pela maré ocorrem durante o equinócio de setembro, na estação seca, e o equinócio de março a abril, na estação chuvosa, promovido pelo alinhamento do sol com a linha do equador. Esse evento causa uma maior elevação da maré, que pode ultrapassar 3,5 metros, e aumenta as áreas inundadas das florestas de maré, sendo o período de março a abril o que ocorre as maiores inundações [8]. A largura da floresta de várzea de maré varia de alguns metros a talvez cinco quilômetros. Apesar das florestas de várzea de maré serem ligeiramente menores e suas madeiras menos densas do que as de terra firme, elas apresentam taxas de crescimento semelhantes, provavelmente devido ao fornecimento constante de nutrientes andinos nos solos aluviais onde crescem [9, 10].

As florestas de várzea de maré são mais extensas no Estuário Amazônico nos trechos do sudoeste da Ilha do Marajó e no labirinto de ilhas formado por uma rede de canais (furos) que transportam a água do rio Amazonas para o sul, contornando o oeste do Marajó. Esses solos são lamacentos, dominados por argilas e se mantêm encharcados, embora alguns trechos sejam raramente inundados, o que caracteriza a vegetação que cresce nesse solo como de zonas úmidas [11]. A floresta de várzea de maré no rio Amazonas e nas numerosas ilhas rasas encontradas na foz conseguem se estabelecer em áreas próximas a costa oceânica devido à enorme vazão do rio que impede a invasão de água salgada. Na região da baía do Marajó, a floresta de várzea de maré encontra-se a cerca de 35 km da costa, embora se misture com manguezais nas áreas de águas levemente salobras. Alguns pequenos remanescentes naturais ou antrópicos de espécies de floresta de várzea também podem ser encontrados ao longo da costa leste do Marajó, no interior da influência das marés.

Embora grandes manchas de palmeiras ou áreas florestais dominadas por espécies de palmeiras possam estar integradas à floresta de várzea de maré, algumas das espécies são tão importantes no Estuário Amazônico que são reconhecidas separadamente nos planos de manejo e conservação [12, 13]. O Estuário Amazônico é bem conhecido por agrupamentos quase homogêneos de palmeiras aquáticas [11, 14]. Pelo menos 16 espécies de palmeiras podem ser encontradas em habitats aquáticos do Estuário Amazônico e várias delas costumam crescer em agrupamentos quase homogêneos. Apenas uma dessas espécies de palmeiras, a jupati (*Raphia taedigera*), é restrita na Bacia Amazônica ao Estuário Amazônico, mas é encontrada em outras partes do norte da América do Sul e América Central. Várias das espécies de palmeiras são altamente adaptadas às áreas baixas com solos alagados, onde as espécies de várzea mais lenhosas não podem competir e dominar. As duas espécies de palmeiras que dominam as florestas estuarinas são o açai-de-touceira e o buriti ou miriti de tronco único, embora outras espécies possam ser as mais abundantes em algumas áreas. Nas últimas décadas, o manejo florestal tem aumentado as populações de açai pelo valor de seus frutos e palmitos. Em algumas áreas, a valorização do açai provocou a diminuição das áreas da palmeira buriti, que foram desmatadas para permitir a sua expansão.

A floresta arbustiva alagada no Estuário Amazônico é mais comum na savana e em áreas perturbadas da Ilha do Marajó e Amapá. Muitas, se não a maioria dessas áreas, foi modificada pelo desmatamento e pelo fogo, abrindo oportunidades para arbustos resistentes ao fogo ou espécies que colonizam rapidamente as áreas perturbadas [15]. Também parece haver áreas arbustivas alagadas associadas a savanas no cerrado do Amapá.





Florestas arbustivas de áreas alagadas não são comuns no Estuário Amazônico, mas formações relativamente pequenas, que podem ter sido formadas em resposta a desmatamentos ocorridos no passado, são encontradas ao longo das bordas de alguns corpos d'água. A imagem mostra a costa da Ilha do Marajó próximo a cidade de Soure.



A imagem ilustra os ambientes alagáveis que favorecem o domínio das palmeiras de buriti. Provavelmente, esta floresta de palmeiras se estendia pelo primeiro plano desta imagem, mas as décadas de fogo durante as estações secas devem ter diminuído a área de floresta nativa.





Floresta de buriti inundada na região de cerrado do Amapá. A espécie é altamente tolerante a períodos longos de inundação e, muitas vezes, são a espécie arbórea dominante em áreas com inundações prolongadas ou com solos encharcados durante grande parte do ano.



Extensa floresta de buritis no cerrado do Amapá durante a época das cheias.





Trecho da margem do estuário interno, com planícies de lama em primeiro plano, plantas herbáceas de aninga cobrindo a praia de lama, palmeiras de açaí logo atrás e, finalmente, a floresta de várzea de maré mais alta.





O açai ocasionalmente domina áreas de igarapés na Ilha do Marajó, especialmente quando a floresta ainda é preservada.



## Referências

1. Pires, J.M. e G.T. Prance. **The vegetation types of the Brazilian Amazon**, in Key Environments: Amazonia, G.T. Prance and T.E. Lovejoy, Editors. 1985, Pergamon Press: Oxford. p. 109-145.
2. Junk, W.J. e M.T.F. Piedade. **An introduction to south american wetland forests: Distribution, definitions and general characterization**, in Amazonian Floodplain Forests: Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management, W.J. Junk, et al., Editors. 2010, Springer Verlag: New York. p. 3-25.
3. Zhang, X., L. Liu, T. Zhao, X. Chen, et al. **GWL\_FCS30: a global 30m wetland map with a fine classification system using multi-sourced and ime-series remote sensing imagery in 2020**. Earth Syst. Sci. Data, 2023. 15: p. 265–293.
4. Wittmann, F., W.J. Junk, e M.T. Piedade. **The várzea forests in Amazonia: flooding and the highly dynamic geomorphology interact with natural forest succession**. Forest ecology and Management, 2004. 196(2-3): p. 199-212.
5. Wittmann, F., J. Schöngart, J.C. Montero, T. Motzer, et al. **Tree species composition and diversity gradients in white water forests across the Amazon Basin**. Journal of Biogeography, 2006. 33(8): p. 1334-1347.
6. Gama, J.R.V., A.L.d. Souza, S.V. Martins, e D.R.d. Souza. **Comparação entre florestas de várzea e de terra firme do Estado do Pará**. Revista Árvore, 2005. 29(4): p. 607-616.
7. Almeida, S.S.d., D.D.d. Amaral, e A.S.L.d. Silva. **Análise florística e estrutura de florestas de Várzea no estuário amazônico**. Acta Amazonica, 2004. 34(4): p. 513-524.
8. Ribeiro, S.R. e R.C. Valadão. **Efeitos marinho e fluvial na dinâmica dos ambientes inundáveis do Estuário Superior do Rio Pará, Norte do Brasil**. Revista Brasileira de Geomorfologia, 2021. 22(4): p. 876-898.
9. Tsuchiya, A., M. Hiraoka, e C.R.d. Silva. **Characterization and utilization of varzea and terra firme forests in the Amazon estuary**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica, 1997. 13(2).
10. Montagnini, F. e N. Muñoz-Miret. **Vegetation and soils of tidal floodplains of the Amazon estuary: A comparison of várzea and terra firme forests in Pará, Brazil**. Journal of Tropical Forest Science, 1999. 11(2): p. 420-437.
11. Pires, J.M. **The estuaries of the Amazon and Oiapoque rivers and their floras**, in Scientific problems of the humid tropical zone deltas and their implications. 1966, UNESCO: Paris, França. p. 211-218.
12. Anderson, A., A. Gély, J. Strudwick, G. Sobel, et al. **An agroforestry system on the Amazon estuary plain (Ilha das Onças, Município de Barcarena, Estado do Pará)**. Acta Amazonica, 1985. 15(1-2, supplement): p. 195-224.
13. Anderson, A.B. **Extraction and forest management by rural inhabitants in the Amazon estuary**, in Alternatives to Deforestation: Steps toward Sustainable Use of the Amazon Rainforest, A.B. Anderson, Editor. 1990, Columbia University Press: New York. p. 65-85.
14. Wallace, A.R. **Narrative of travels on the amazon and Rio Negro, with an account of the native tribes, and observations on the climate, geology, and natural history of the Amazon valley**. 1853, London: Reeve and Co. 541.
15. Zarin, D.J., V.F. Pereira, H. Raffles, F.G. Rabelo, et al. **Landscape change in tidal floodplains near the mouth of the Amazon River**. Forest Ecology and Management, 2001. 154(3): p. 383-393.

# Manguezais

Os manguezais são comunidades vegetais onde predominam espécies de árvores especialmente adaptadas a um ambiente dominado pela maré e pela água salobra, com salinidade de 3-27 partes por mil (ppt ou ‰), lembrando que a água do mar no Atlântico tropical, ao largo do nordeste da América do Sul, tem uma salinidade média de 34-36 ‰[1]. O Brasil tem cerca de 9-10% dos manguezais do mundo e a maior costa contínua deste tipo de floresta. O manguezal do Estuário Amazônico, que inclui o litoral do Amapá e Pará, representa cerca de 70% dos manguezais do Brasil ou 7% dos manguezais do mundo, e a maior parte desta área está sob regimes de macromarés de 4-8 metros [2, 3]. A grande descarga do rio Amazonas contribui com a expansão da floresta de mangue ao longo da região costeira do nordeste da América do Sul e, ao mesmo tempo, impede a sua expansão para o interior, devido à dominância de água doce nos trechos a montante. Em alguns locais do Estuário Amazônico, os manguezais são encontrados em água doce, como perto da foz do rio Amazonas e em pequenas manchas próximo a Belém [2]. Os manguezais não podem competir com a floresta de várzea e, portanto, só têm vantagens competitivas em águas salobras, o que restringe a sua distribuição para as áreas costeiras ou próximas. Da mesma forma, a floresta de várzea de maré não pode competir com manguezais em águas altamente salobras. No entanto, os dois tipos florestais podem se misturar em vários graus em áreas de salinidade intermediárias, dependendo das condições de salinidade da água e do acumulado no solo, sendo que este embate pode ser mais influenciado pelo sal acumulado no solo do que o dissolvido na água.

A descarga do rio Amazonas impede que a água do mar avance rio acima e, conseqüentemente, limita a expansão dos manguezais no canal principal do rio Amazonas na região do estuário, mantendo-os próximo da área da foz. A costa ao norte do Marajó é dominada por água doce durante a maior parte do ano, embora a invasão de água salobra seja suficiente para aumentar a salinidade do solo ao longo do tempo. Em contraste, a baía do Marajó é altamente influenciada pela água salobra e espécies de manguezais podem ser encontradas a cerca de 100 km para o interior, próximo à cidade de Belém, mas sua distribuição é irregular e muitas vezes ocorrendo em planície de lama recentes, não sendo um indício de salinidade nesta região. A maior parte dos manguezais ao longo da costa da baía do Marajó se encontram a partir das cidades de Colares, no lado leste da baía, e de Soure, no lado oeste. Espécies de manguezais podem ser encontradas associadas às florestas de várzea de maré, como a de palmeiras, pelo menos até a cidade de Vigia, na costa leste da baía do Marajó. Os manguezais ao longo da baía do Marajó geralmente têm menos de 2 km de largura, mas em alguns locais chegam a 4-5 km [4].

O grande suprimento de lama transportado pelas águas do rio Amazonas ao longo da costa do Amapá produz um dos substratos mais dinâmicos para o desenvolvimento de manguezais no mundo. Com taxas de crescimento de até 2 metros por ano, os manguezais colonizam rapidamente e estabilizam os substratos de lama propícios para o seu desenvolvimento. Ao longo da costa do Amapá, densos manguezais podem se desenvolver em poucos anos e depois serem dizimados por

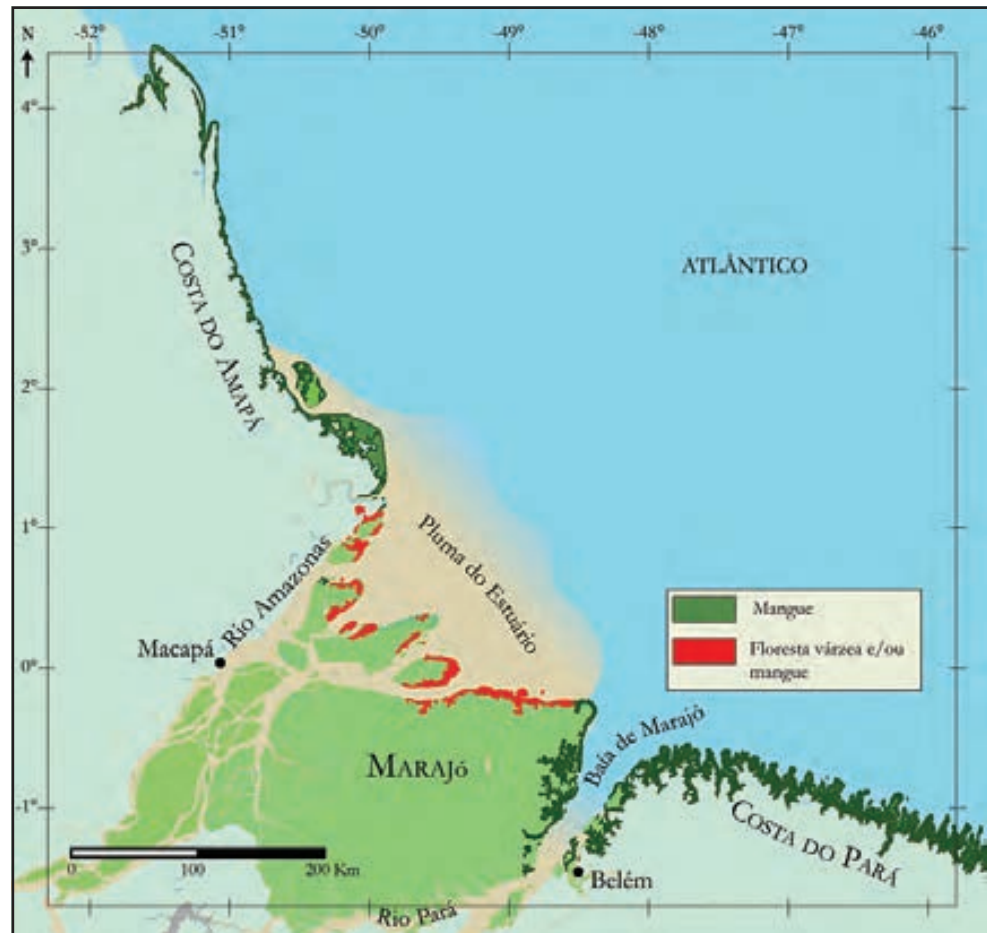




As grandes raízes aéreas das árvores de mangue fornecem suporte estrutural e ajudam a absorver oxigênio para a respiração, servindo como adaptações às inundações diárias e aos solos encharcados.



Distribuição de manguezais ao longo das costas do Pará e Amapá. O manguezal é dominante ao longo da costa de água salobra e salgada e ocorrem em pequenas manchas em áreas de água doce, como perto da foz do rio Amazonas.



Floresta de maré na Costa do Pará, onde o manguezal domina completamente a paisagem e as florestas de várzea de maré são raras ou ausentes.





Trecho da floresta de mangue da baía do Marajó durante a maré alta. A floresta de mangue prospera onde a água salobra domina. A floresta de mangue tem um porte menor do que a floresta de várzea e é muito menos diversificada em espécies e estrutura.



Imagem do interior da floresta de mangue da baía do Marajó. A floresta é inundada duas vezes ao dia e os solos permanecem encharcados durante todo o ano. Raízes arqueadas fornecem sustentação para os manguezais suportarem o impacto das marés.





A floresta de manguezal em primeiro plano com floresta tropical de terra firme por trás ao longo da costa do Amapá, ao norte da foz do rio Amazonas. Observe o zoneamento da costa formado por planícies de lama e praia, mangue e mata de terras firme.

processos erosivos, como os que provocam a migração dos bancos de lama e o soterramento de raízes aéreas (pneumatóforos), sufocando comunidades de mangue relativamente maduras [5]. Os manguezais avançam mais de 5 km para dentro da costa em alguns locais e, devido ao aumento do nível do mar, um ligeiro aumento na área de manguezais ao longo da costa do Amapá tem ocorrido desde meados da década de 1980 [6].

Em comparação com a floresta de várzea de maré, de água doce, os manguezais são relativamente pobres em espécies de plantas e sua diversidade em grandes áreas é bastante uniforme. Além disso,





A vila de Sucuriju situa-se a dois quilômetros a montante da foz do rio Sucuriju, numa região dominada por marés altas e água salobra/salgada e floresta de manguezal.

com apenas 3-5 espécies de árvores comuns, eles são consideravelmente mais pobres do que os manguezais do Velho Mundo, muitos dos quais com mais de 30 espécies comuns. Essa diversidade reduzida é explicada, em grande parte, pelas flutuações do nível do mar que, por ser geologicamente mais jovem, afetaram o seu desenvolvimento. Evidências polínicas indicam que a expansão dos manguezais no Estuário Amazônico está geralmente correlacionada com os níveis mais altos do mar, que foram alcançados nos últimos 250 anos [7]. O aumento da vazão dos rios durante alguns períodos pode resultar em menor salinidade das águas das marés e contração dos manguezais em algumas áreas, como no nordeste do Marajó [8]. As espécies de manguezais mais abundantes no Estuário Amazônico são *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa*, embora outras espécies também possam ser comuns localmente.



Floresta de manguezal em uma área de praia perto da cidade de Soure, na Ilha do Marajó. A ação das ondas constantes deteriora o manguezal, que só pode se expandir para lugares onde ocorre deposição de sedimentos.

Apesar de formarem apenas uma faixa litorânea relativamente estreita ao longo das costas marítimas, os manguezais do Estuário Amazônico desempenham um papel importante na ecologia da região. As suas copas fechadas são cruciais para manter a umidade e a temperatura, mesmo durante as marés baixas, um aspecto ecológico crítico para muitos animais como os caranguejos [9]. Os manguezais são altamente produtivos e, juntamente com seus solos, são bem conhecidos como sumidouros de carbono, ou seja, armazenam quantidades relativamente grandes de carbono por área, em comparação a outras comunidades vegetais. Isso não deve ser interpretado, no entanto, que elas são as principais comunidades que armazenam carbono na Amazônia, já que as florestas de terra firme e de várzea são muito mais extensas e, portanto, armazenam proporcionalmente mais carbono. Em oposição ao seu papel de armazenar carbono, os manguezais são também os maiores responsáveis pela emissão natural de gases de efeito estufa por área no Estuário Amazônico [1].



## Referências

1. Castellón, S.E.M., J.H. Cattanio, J.F. Berrêdo, M. Rollnic, et al. **Greenhouse gas fluxes in mangrove forest soil in an Amazon estuary.** Biogeosciences, 2022. 19(23): p. 5483-5497.
2. Bernardino, A.F., A.C.A. Mazzuco, F.M. Souza, T.M. Santos, et al. **The novel mangrove environment and composition of the Amazon Delta.** Current Biology, 2022. 32(16): p. 3636-3640. e2.
3. Rovai, A.S., R.R. Twilley, T.A. Worthington, e P. Riul. **Brazilian Mangroves: Blue Carbon Hotspots of National and Global Relevance to Natural Climate Solutions.** Frontiers in Forests and Global Change, 2022. 4: p. 787533.
4. Zhang, X., L. Liu, T. Zhao, X. Chen, et al. **GWL\_FCS30: a global 30m wetland map with a fine classification system using multi-sourced and ime-series remote sensing imagery in 2020.** Earth Syst. Sci. Data, 2023. 15: p. 265–293.
5. Anthony, E.J., A. Gardel, N. Gratiot, C. Proisy, et al. **The Amazon-influenced muddy coast of South America: A review of mud-bank–shoreline interactions.** Earth-Science Reviews, 2010. 103(3-4): p. 99-121.
6. Visschers, L.L., C.D. Santos, e A.M. Franco. **Accelerated migration of mangroves indicate large-scale saltwater intrusion in Amazon coastal wetlands.** Science of the Total Environment, 2022. 836: p. 155679.
7. Behling, H., M.L. Cohen, e R. Lara. **Late Holocene mangrove dynamics of Marajó Island in Amazonia, northern Brazil.** Vegetation History and Archaeobotany, 2004. 13(2).
8. França, M.C., M.I. Francisquini, M.C.L. Cohen, L.C.R. Pessenda, et al. **The last mangroves of Marajó Island – Eastern Amazon: Impact of climate and/or relative sea-level changes.** Review of Palaeobotany and Palynology, 2012. 187: p. 50-65.
9. Saint-Paul, U. e H. Schneider. eds. **Mangrove dynamics and management in North Brazil.** Vol. 211. 2010, Springer.

# Campos Alagados do Interior e da Costa

Os campos alagados (pântanos ou marsh) são encontrados em áreas baixas que são inundadas por pelo menos parte do ano ou, no caso do estuário, durante parte do dia. Em contraste com os corpos d'água abertos, dos quais podem fazer fronteira, os campos alagados são caracterizados por sua vegetação herbácea, que pode ser enraizada ou flutuante, embora muitas vezes com arbustos e até árvores crescendo esparsamente ou em pequenas touceiras em áreas rasas. Além disso, com base em seus regimes de inundação e no grau em que seus solos são encharcados, existem campos sazonal e permanentemente alagados, e ambos ocorrem no Estuário Amazônico. Campos alagados por água doce existem onde não há invasão da água do mar e, no caso do Estuário Amazônico, isso pode ocorrer ao longo das planícies de inundação de maré, que são inundadas pelo transbordamento do



Campos alagados próximos à costa no nordeste da Ilha do Marajó. Os campos alagados nesta região estão perto do mar e permanecem verdes durante o ano todo, o que indica que provavelmente estão sob influência das marés. A água é geralmente doce neste trecho da costa, mas pode tornar-se salobra durante o período de menor vazão do rio Amazonas. É incerto se esses campos alagados devem ser classificados como formações vegetais de água doce ou salgada.





Os campos alagados são mais abundantes no leste da Ilha do Marajó e em áreas de cerrado no Amapá. A composição de espécies desses campos alagados é um pouco distinta da dos campos alagados da planície de inundação do rio Amazonas, a montante do Estuário Amazônico. A área dos campos alagados aumentou ao longo do tempo devido ao desmatamento.

rio, ou em áreas de savana baixa, que são alagadas pela chuva local. A combinação da topografia do Estuário Amazônico e da grande vazão de água doce não favoreceu o desenvolvimento de campos alagados por água salobra, que só são encontrados em pequenas áreas próximas à costa.

Os maiores campos permanentes alagados de água doce do Estuário Amazônico estão em algumas das ilhas (Marajó, Franco, Curuá, Caviana de Dentro, Caviana de Fora e Janaucu) próximas à foz do rio Amazonas e ao longo dos rios que deságuam na margem norte do rio Amazonas, além da cidade



Campos alagados no leste da Ilha do Marajó durante a estação intermediária, entre os períodos chuvoso e seco. Esses campos alagados foram em grande parte convertidos em pastagens para gado zebu e búfalos.



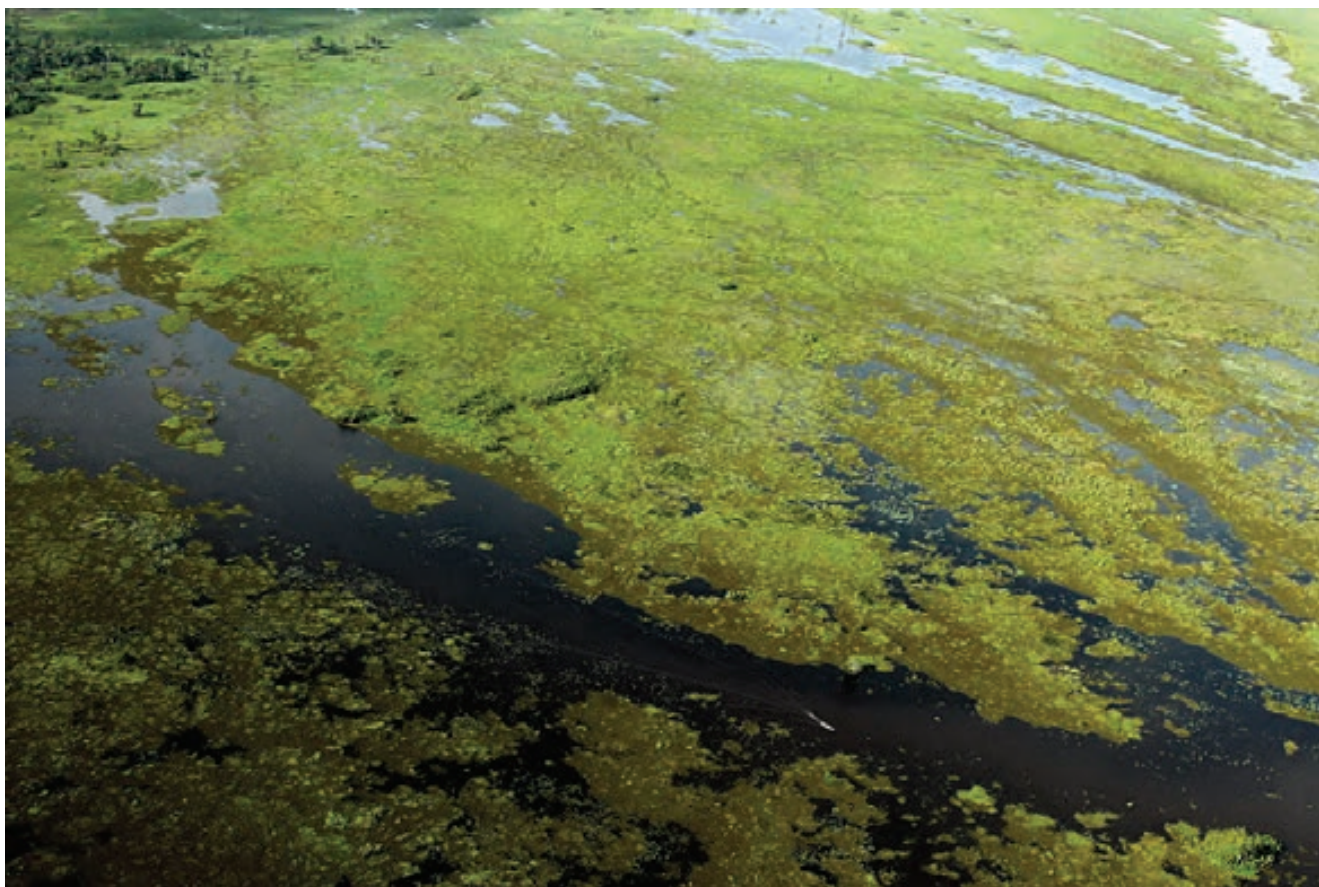
Paisagem típica dos campos do leste da Ilha do Marajó durante uma intensa estação seca, quando a vegetação de grande parte dos campos seca e morre.





Campos alagados de água doce em uma área baixa e inundada pela maré, cercada por floresta de várzea, numa ilha próxima à foz do rio Amazonas.





Em algumas partes mais baixas da Ilha do Marajó ocorrem inundações prolongadas que favorecem o desenvolvimento de campos alagados permanentes, como mostrado aqui nas margens lago Arari.

de Macapá [1]. Nessas áreas, uma combinação da enorme vazão do rio, que impede a invasão da água do mar, e da forte influência das marés, que cria solos encharcados durante todo o ano, favorece o crescimento de comunidades herbáceas nas áreas baixas não colonizadas por comunidades de plantas lenhosas. Ilhas menores, como algumas da baía do Guajará, em frente a Belém, possuem depressões que sustentam uma variedade de pequenas comunidades de plantas aquáticas herbáceas, como a dos pirizais [2]. O aningal é um agrupamento perene e homogêneo de plantas herbáceas e é frequentemente encontrado em planície de lama ao longo das margens do Estuário Amazônico. Essas plantas herbáceas são altas e quase arbustivas, atingem de 3 a 4 metros de altura, possuem folhas enormes e extensos sistemas radiculares que fixam o solo lamacento [3]. Essas plantas estão entre as espécies de água doce que toleram condições salobras e são encontradas próximas ao mar na região da baía do Marajó [4].

Os campos permanentemente alagados na Ilha do Marajó se unem aos grandes campos sazonalmente alagados durante a estação chuvosa, quando vários milhares de quilômetros quadrados da região de savana são inundados ou encharcados. Durante a estação seca, no entanto, os campos sazonais perdem a sua água e podem parecer quase estéreis, especialmente quando o gado se alimenta do que resta. Há também depressões relativamente pequenas, chamadas mondongo ou pirizal, que retêm água e suportam espécies de campos alagados mesmo durante a estação seca. O pirizal é uma forma





Grandes áreas das savanas do Amapá estão sujeitas a inundações sazonais, sendo que algumas dessas áreas foram desmatadas e transformadas em pasto para a pecuária. Desse modo, elas podem ser consideradas campos alagados criados pelo homem.



A imagem mostra campos alagados ao longo do lago Arari. Estes campos ocorrem nas áreas mais baixas da planície da Ilha do Marajó que ficam alagadas durante todo o ano.

de vegetação que geralmente ocorre em lagos rasos ou poças, com água estagnada e escura, e é formada por plantas herbáceas enraizadas, com suas partes superiores fora d'água. Palmeiras buriti e outras espécies arbóreas ou arbustivas podem crescer ao redor de suas margens [5].

Os maiores campos sazonalmente alagados são encontrados nas áreas de savana do leste da Ilha do Marajó, onde são inundados pela água da chuva e não pela inundação de lençóis de rios ou igarapés locais. Da mesma forma que as planícies de inundação do rio Amazonas a montante, esses campos secam durante o período de baixa precipitação. No entanto, a seca dos campos alagados é devido, em grande parte, à intensa evaporação, diferente da planície de inundação do rio Amazonas, que é devido principalmente ao escoamento da água por igarapés e rios. Os campos alagados do Marajó sofrem grandes mudanças durante o ano, o que muda radicalmente a sua paisagem. Da mesma forma que os campos alagados do rio Amazonas a montante do rio Xingu, os do Marajó são dominados por gramíneas, embora sejam mais curtas e geralmente não passem de 50 centímetros de altura [2]. As espécies dominantes da planície de inundação do rio Amazonas são diferentes das áreas alagadas do Marajó, embora compartilhem as espécies dominantes de plantas flutuantes. A atividade humana tem expandido os campos alagados do Marajó desde os tempos indígenas devido principalmente



A imagem mostra um aglomerado de palmeiras de açaí margeadas por aningas, que são plantas herbáceas altas da mesma família dos filodendros. As aningas são altamente adaptadas às praias e planícies de lama, ambientes que são constantemente inundados e encharcados. A floresta de várzea domina as áreas mais altas, acima das aningas e dos açais.

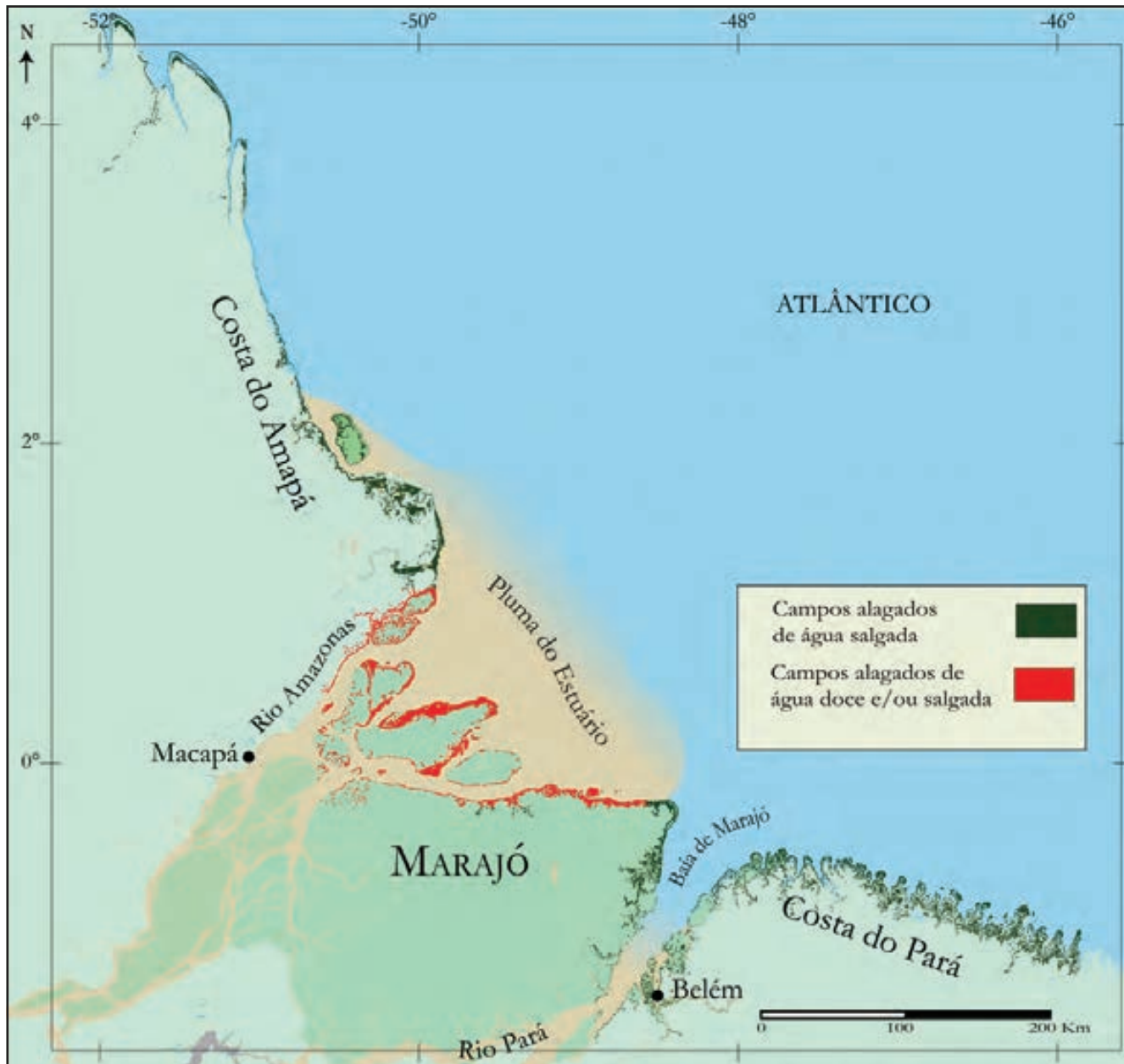




Os primeiros estágios de desenvolvimento de um campo alagado numa planície de lama ao norte da foz do rio Amazonas. Este tipo de ambiente está sujeito a um processo dinâmico natural de erosão, ressuspensão e deposição dos sedimentos, decorrente das forças geradas pela ação das ondas, das correntes oceânicas e da descarga do rio Amazonas.



Os campos alagados ao longo da costa atlântica da Ilha do Marajó são relativamente pequenos, mas ocorrem com frequência, e podem ser inundados com água salobra durante as marés altas nos períodos de menor vazão do rio Amazonas e do rio Pará.



Mapa geral da distribuição dos campos alagados. As áreas próximas à foz do rio Amazonas são dominadas por água doce, de modo que não está claro se esses campos (em vermelho) devem ser chamados de água salgada em vez de água doce.

aos incêndios provocados pelo homem, que eliminou a vegetação lenhosa que margeava os campos alagados. Além disso, amostras de pólen no sedimento indicam mudanças físico-químicas históricas, correlacionadas com alternâncias entre vegetação de água doce e salobra, pelo menos em parte das áreas alagadas do Marajó. Essas amostras indicam que o maior desenvolvimento dos campos alagados começou há cerca de 800 anos [6].



A região de savana e arbustos do Amapá, às vezes referida como Cerrado do Amapá, é um mosaico de arbustos e árvores pequenas, áreas gramíneas abertas e depressões sazonalmente alagadas, muitas vezes próximos a igarapés, rios e corpos d'água semelhantes a lagos [7]. A maior parte dos campos alagados é sazonal e está localizada ao norte do rio Araguari, principalmente na região dos lagos de Piratuba. Os campos alagados são referidos como campos de várzea, embora isso não deva ser confundido com os das várzeas do rio Amazonas. Assim como o Marajó, espécies de gramíneas dominam os campos alagados do Amapá [8]. Esses campos parecem ser alagados tanto por transbordamento de rios quanto pela chuva local [9]. O evento das marés pode contribuir com o alagamento das áreas próximas ao rio Amazonas ou áreas costeiras. Por exemplo, há um considerável campo alagado nas margens do rio Amazonas, no Amapá, próximo a Macapá, que está sob a influência das marés, e que é inundado com água doce, tendo em vista que a água salgada não alcança esta região.

## Referências

1. Zhang, X., L. Liu, T. Zhao, X. Chen, et al. **GWL\_FCS30: a global 30m wetland map with a fine classification system using multi-sourced and ime-series remote sensing imagery in 2020**. Earth Syst. Sci. Data, 2023. 15: p. 265–293.
2. Pires, J.M. **The estuaries of the Amazon and Oiapoque rivers and their floras**, in Scientific problems of the humid tropical zone deltas and their implications. 1966, UNESCO: Paris, França. p. 211-218.
3. Teixeira, D.F.F., B.S. Siqueira, e J.H. Cattanio. **Importância da aninga (*Montrichardia linifera*) na retenção de sedimentos na Baía do Guajará, PA**. Revista de estudos ambientais, 2015. 16(2): p. 6-19.
4. Lopes, A., F. Wittmann, J. Schöngart, J.E. Householder, et al. **Modeling of regional-and local-scale distribution of the genus *Montrichardia* Crueg. (Araceae)**. Hydrobiologia, 2017. 789(1): p. 45-57.
5. Pires, J.M. e G.T. Prance. **The vegetation types of the Brazilian Amazon**, in Key Environments: Amazonia, G.T. Prance and T.E. Lovejoy, Editors. 1985, Pergamon Press: Oxford. p. 109-145.
6. França, M.C., M.I. Francisquini, M.C.L. Cohen, L.C.R. Pessenda, et al. **The last mangroves of Marajó Island – Eastern Amazon: Impact of climate and/or relative sea-level changes**. Review of Palaeobotany and Palynology, 2012. 187: p. 50-65.
7. Mustin, K., W.D. Carvalho, R.R. Hilário, S.V. Costa-Neto, et al. **Biodiversity, threats and conservation challenges in the Cerrado of Amapá, an Amazonian savanna**. Nature Conservation, 2017. 22: p. 107-127.
8. Rocha, A.E.S.d., I.d.S. Miranda, e S.V.d. Costa Neto. **Composição florística e chave de identificação das Poaceae ocorrentes nas savanas costeiras amazônicas, Brasil**. Acta amazonica, 2014. 44(3): p. 301-314.
9. de Azevedo, L.G. **Tipos eco-fisionômicos de vegetação do Território Federal do Amapá**. Revista Brasileira de Geografia, 1967. 29(2): p. 25-51.

# Praias e Planícies de Lama

A zona entremarés é a faixa de terra que acompanha o litoral e que está submersa na maré alta e exposta na maré baixa. Quando esta zona é desprovida de vegetação, ela se apresenta na forma de praia, planície de lama, banco de areia, restinga e outros tipos de ambientes, sendo os dois primeiros de longe os mais extensos do Estuário Amazônico. A extensão desta zona é aumentada consideravelmente pela complexa malha do Arquipélago do Marajó, juntamente com a costa recortada do Pará e o longo litoral do Amapá [1, 2]. Grande parte da zona entremarés da costa do Estuário Amazônico expõe uma praia arenosa ou uma planície de lama durante a maré baixa, sendo que as praias oceânicas ocorrem nas costas mais expostas [3]. Em geral, a maioria das praias oceânicas é abrigada por costões rochosos, mas este não é o caso do Estuário Amazônico, pois há poucas áreas rochosas para abrigar as praias. A maior parte do litoral do Estuário Amazônico



Praia e dunas ao longo da costa atlântica do nordeste da Ilha do Marajó onde a floresta de várzea ou de mangue estão esparsas ou ausentes. Isso se deve provavelmente à forte ação das ondas e, talvez, e em parte, pela ação do desmatamento.





Praia ao longo da costa nordeste da Ilha do Marajó, na Reserva Extrativista Marinha de Soure-RESEX, próximo à foz da baía do Marajó. As praias desta região estão expostas à forte influência marinha e há pouco depósitos de sedimentos provenientes das águas do rio Amazonas.

consiste em margens de rios lamacentos ou planícies de lama, mas também há mais de 500 praias arenosas, totalizando mais de 3.850 km, incluindo o litoral do Amapá [1]. Subsistemas costeiros são formados ao longo dessa costa em decorrência da combinação entre a diversidade deste litoral e os diversos sistemas hidrológicos que deságuam nessa região. Água com alta salinidade ou salobra alcança a zona entremarés do litoral do Amapá, do Pará, do nordeste do Marajó e da baía do Marajó. Para os dois últimos, isso ocorre principalmente durante o período de menor vazão dos rios Amazonas e Tocantins [4].

A zona entremarés ao longo do baixo rio Amazonas, a jusante da foz do rio Xingu, consiste em faixas de lama relativamente estreitas e pequenas praias, sendo estas últimas delimitadas em seus extremos por terra firme [1]. À medida que velocidade da correnteza do rio Amazonas diminui próximo à sua foz, em decorrência do encontro com as marés do Atlântico, há um aumento na deposição dos sedimentos que propicia a formação de grandes planícies de lama, que são margeados, em alguns casos, por praias arenosas. Apesar de sua grande extensão, há poucas praias ao longo da complexa rede de canais (furos) que contornam o oeste da Ilha do Marajó e drenam parte da descarga do rio Amazonas para o sul. A maior parte das margens desses furos é colonizada por várzea ou floresta de terra firme, com pequenas planícies de lama e praias que aparecem nas marés baixas, inclusive no lado sul da Ilha do Marajó, que é limitado pelo rio Pará[5].



A cidade de Joanes e suas praias de areia e pedra ao longo da baía do Marajó, na Ilha do Marajó.

Uma vez que os sedimentos do rio Amazonas são despejados na costa, eles são desviados para o norte pela Corrente Norte do Brasil. O desvio dos sedimentos resulta em uma combinação altamente dinâmica de planícies de lama e praias arenosas que se estendem por mais de 1.000 km na costa, entre a foz do rio Amazonas e as Guianas. Numerosos canais de maré e riachos cruzam as pós-praias arenosas, ou praias de areia acima da zona entremarés (high tide sandy beaches), que se estendem dos manguezais até a zona entremarés [3]. As planícies de lama podem ter de 10 a 30 km de largura e 10 a 60 km de comprimento [6, 7]. As praias ao longo do litoral do Amapá podem chegar a 60 metros de largura e a maioria tem menos de alguns quilômetros de extensão. As praias arenosas representam pelo menos 20% do litoral ao norte da Ilha de Maracá, mas sua extensão é menos representativa no litoral entre a Ilha de Maracá e a foz do rio Amazonas [1].

A costa norte da Ilha do Marajó estende-se por cerca de 200 km no sentido leste-oeste, entre a cidade de Chaves e Cabo Maguari, ao longo do Canal Sul do rio Amazonas. Cerca de metade desta costa está exposta ao Atlântico e a outra metade está voltada para as ilhas de Caviana de Fora e Mexiana. Numerosas praias arenosas são encontradas ao longo da costa norte do Marajó, a maioria com cerca de 1 km de comprimento, que podem apresentar cordões arenosos (beach ridges) e dunas, que às vezes estão em frente a planícies arenosas de até 1 km de largura. Uma combinação de manguezais e floresta de várzea relativamente baixa abriga as praias dessa região [1].





Vista da Praia do Pesqueiro, na Reserva Extrativista Marinha de Soure-RESEX, ao longo da baía do Marajó, no nordeste da Ilha do Marajó.

Embora apenas cerca de 6-9% da água do rio Amazonas deságua no complexo rio Pará-Baía de Marajó [8], esta ainda transporta uma carga de sedimentos grande o suficiente para formar planícies de lama e praias em áreas rasas que ficam expostas durante a maré baixa, como as que se estendem ao longo da Ilha de Mosqueiro, um local de praia de lazer favorito, próximo a Belém. Rios locais, como o rio Guamá, também abastecem ou ressuspendem quantidades consideráveis de sedimentos nos trechos próximos à foz, influenciados pelas marés. O rio Tocantins é margeado por barrancos e tem relativamente pouco desenvolvimento de praias na sua foz.

A costa leste da Ilha do Marajó, que também é a costa oeste da baía do Marajó, estende-se por cerca de 200 km entre a Ponta do Malato e o Cabo Maguari. A linha costeira oriental do Marajó, muitas vezes margeada por barrancos de terras altas, apresenta praias defrontadas por cordões arenosos e planícies de maré de largura média de 200-300 metros, que pode aumentar próximo às saídas dos rios [2]. As praias ao norte do rio Paracauari, que deságua próximo à cidade de Soure, são mais longas e contínuas e ocorrem ao longo de um trecho de 60 km do litoral do Marajó. Estas praias têm, em média, cerca de 2,5 km de extensão, com areia fina e baixa inclinação. Essas praias são abrigadas por manguezais que se estendem de 2 a 3 km para o interior. A orla dessa região tem experimentado recente regressão natural, resultando em praias isoladas e pontas de areia [1]. Um trecho de 130 km ao sul da costa leste da Ilha do Marajó é abrigado por barrancos e encostas baixas e íngremes. Os manguezais são relativamente raros nesta área, assim como os canais de maré, e as praias são relativamente curtas (<300 m), ocupam apenas 30% da linha de costa, tendem a ser limitadas por barrancos e são preenchidas por areia média a grossa [9]. Trechos bem limitados de



As praias lamacentas e de águas barrentas da Costa do Amapá recebem sedimentos do rio Amazonas e têm pouco potencial para o turismo de praia, contrastando imensamente com as praias do nordeste da Ilha do Marajó e da Costa do Pará.





Planície de lama ao longo do manguezal na costa da Ilha do Marajó durante a maré baixa.



As margens do Baixo Tocantins apresentam poucas praias e são flanqueadas principalmente por barrancos e terra firme. Aqui é mostrada a praia da Aldeia, perto da cidade de Cametá.



Pequenos barcos de pesca em uma praia de areia da ilha Algodóal, na Costa do Pará. Estas praias estão situadas em áreas de mar aberto, na costa atlântica, e expostas a ventos intensos e ondas fortes. Embora pequenos afluentes deságuem no litoral paraense, a carga de sedimentos desses rios é relativamente pequena.



Praias com áreas rochosas relativamente extensas, onde formações geológicas mais antigas foram expostas pela ação das ondas, são encontradas ao longo da Costa do Pará, como mostra a imagem da ilha Algodóal.



áreas rochosas, que ocorrem ao longo dos barrancos expostos e que são inundadas durante as marés mais altas, indicam uma antiga conexão com o continente.

A costa leste do Estuário Amazônico inclui cerca de 200 km de costa majoritariamente continental, que percorre de Abaetetuba até o oceano, a margem do rio Pará e da baía do Marajó. A costa leste do continente difere da costa leste do Marajó em razão da entrada de afluentes maiores, como o rio Guamá, e do complexo de ilhas próximo a Belém, incluindo Mosqueiro, que favoreceu o surgimento de extensas planícies de lama e praias. Os 60 km a leste da costa continental na baía do Marajó até próximo à cidade de Colares são caracterizados por praias abrigadas por manguezais ou floresta mista de manguezal e várzea. A leste da baía do Marajó, ao longo da Costa do Pará, a influência direta do oceano proporciona a formação de grandes áreas de praia, que são entrecortadas por baías associadas a estuários em forma de funil.

## Referências

1. Santos, V.F.D., A.D. Short, e A.C. Mendes. **Beaches of the Amazon Coast: Amapá and West Pará**, in Brazilian Beach systems. 2016, Springer, Cham. p. 67-93.
2. Pereira, L.C.C., A. Vila-Concejo, e A.D. Short. **Coastal Morphodynamic Processes on the Macro-Tidal Beaches of Pará State Under Tidally-Modulated Wave Conditions**, in Brazilian Beach Systems, D.A. Short and d.F.A.H. Klein, Editors. 2016, Springer International Publishing: Cham. p. 95-124.
3. Anthony, E.J., A. Gardel, N. Gratiot, C. Proisy, et al. **The Amazon-influenced muddy coast of South America: A review of mud-bank–shoreline interactions**. Earth-Science Reviews, 2010. 103(3-4): p. 99-121.
4. Barthem, R.B. e H.O. Schwassmann. **Amazon river influence on the seasonal displacement of the salt wedge in the Tocantins River estuary, Brazil, 1983-1985**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Zoologia, 1994. 10(1): p. 119-130.
5. Pires, J.M. **Tipos de vegetação da Amazônia**, in O Museu Goeldi no ano do sesquicentenário, M.F. Simões, Editor. 1973, Museu Paraense Emílio Goeldi. Publicações avulsas: Belém, PA. p. 179-202.
6. Anthony, E.J., A. Gardel, e N. Gratiot. **Fluvial sediment supply, mud banks, cheniers and the morphodynamics of the coast of South America between the Amazon and Orinoco river mouths**. Geological Society, London, Special Publications, 2014. 388(1): p. 533-560.
7. Allison, M.A., M.T. Lee, A.S. Ogston, e R.C. Aller. **Origin of Amazon mudbanks along the northeastern coast of South America**. Marine Geology, 2000. 163(1-4): p. 241-256.
8. Prestes, Y.O., T.A.d.C. Borba, A.C.d. Silva, e M. Rollnic. **A discharge stationary model for the Pará-Amazon estuarine system**. Journal of Hydrology: Regional Studies, 2020. 28: p. 1-12.
9. de França, C.F. e P.W. Martins. **Compartimentação morfológica da margem leste da ilha de Marajó: zona costeira dos municípios de Soure e Salvaterra–Estado do Pará**. Revista Brasileira de Geomorfologia, 2006. 7(1): p. 33-42.









## PARTE 4

# Utilização dos Recursos Naturais

---

◀ ◀ ◀ Os buritizais nos campos do Marajó historicamente foram reduzidos como consequência da extensa criação de búfalos e das queimadas durante os períodos anuais de seca.



# Peixes e Pesca

Estuários e suas áreas costeiras têm sido usados em todo o mundo para a exploração de peixes, crustáceos e moluscos. A abundância de peixes nos estuários frequentemente favorece o crescimento dos serviços e da cultura pesqueira em muitas regiões estuarinas do mundo, o que de certo modo também ocorre no Estuário Amazônico [1, 2]. A maioria dos estuários e da pluma estuarina no mundo são fortemente dominados pela água do mar, mas na região amazônica esta situação enquadra-se somente na área da baía do Marajó e nas áreas costeiras da Pluma Amazônica. Em contraste com a maioria dos estuários do mundo, a pesca na foz do rio Amazonas é baseada principalmente em espécies de peixes de água doce [2]. Considerando a vasta área influenciada pelo rio Amazonas, há uma grande diversidade de ambientes potenciais para a exploração pesqueira, que inclui canais dos rios, praias, lagos, baías, florestas alagadas, praias e mar aberto do Atlântico com águas de diversas salinidades. No entanto, a região de extrema importância é a grande área costeira da Pluma do Estuário dominada por água doce, que também resulta em uma dominância peculiar de espécies de peixes de água doce na pesca comercial [3, 4]. Como a água do rio Amazonas desempenha um importante papel fertilizante nas águas costeiras, ela também é importante para a pesca marinha. Com base em dados históricos de pesca do governo dos estados do Pará e Amapá, cerca de metade da produção é composta por espécies de pescadas (Sciaenidae) e bagres (Siluriformes), sendo o primeiro grupo composto por espécies primariamente marinhas e o segundo principalmente por espécies de água doce. Cavala, camarão, pargo, caranguejo de mangue, lagosta, tubarão, raia e tainha, em ordem aproximada de importância, completam a produção de pescado, sendo que cada grupo contribui com menos de 10% do total [5].

Considerando a produção de pescados nas áreas influenciadas pelos nutrientes do rio Amazonas, tanto em água doce quanto no mar, os recursos pesqueiros mais importantes são peixes, camarões, caranguejos e lagostas. Como em outros estuários ao redor do mundo, a pesca no Estuário Amazônico e na sua Pluma é realizada por uma combinação de operações industriais e artesanais. Considerando apenas as espécies marinhas desembarcadas nos estados do Pará e Amapá, os peixes capturados nessa área representam cerca de 17% de todas as capturas das águas costeiras brasileiras [5]. Espécies de moluscos, como mexilhões e ostras, também são exploradas pela pesca comercial, mas em uma escala muito menor, porque as águas barrentas afetam o seu ciclo biológico e limitam as suas populações.

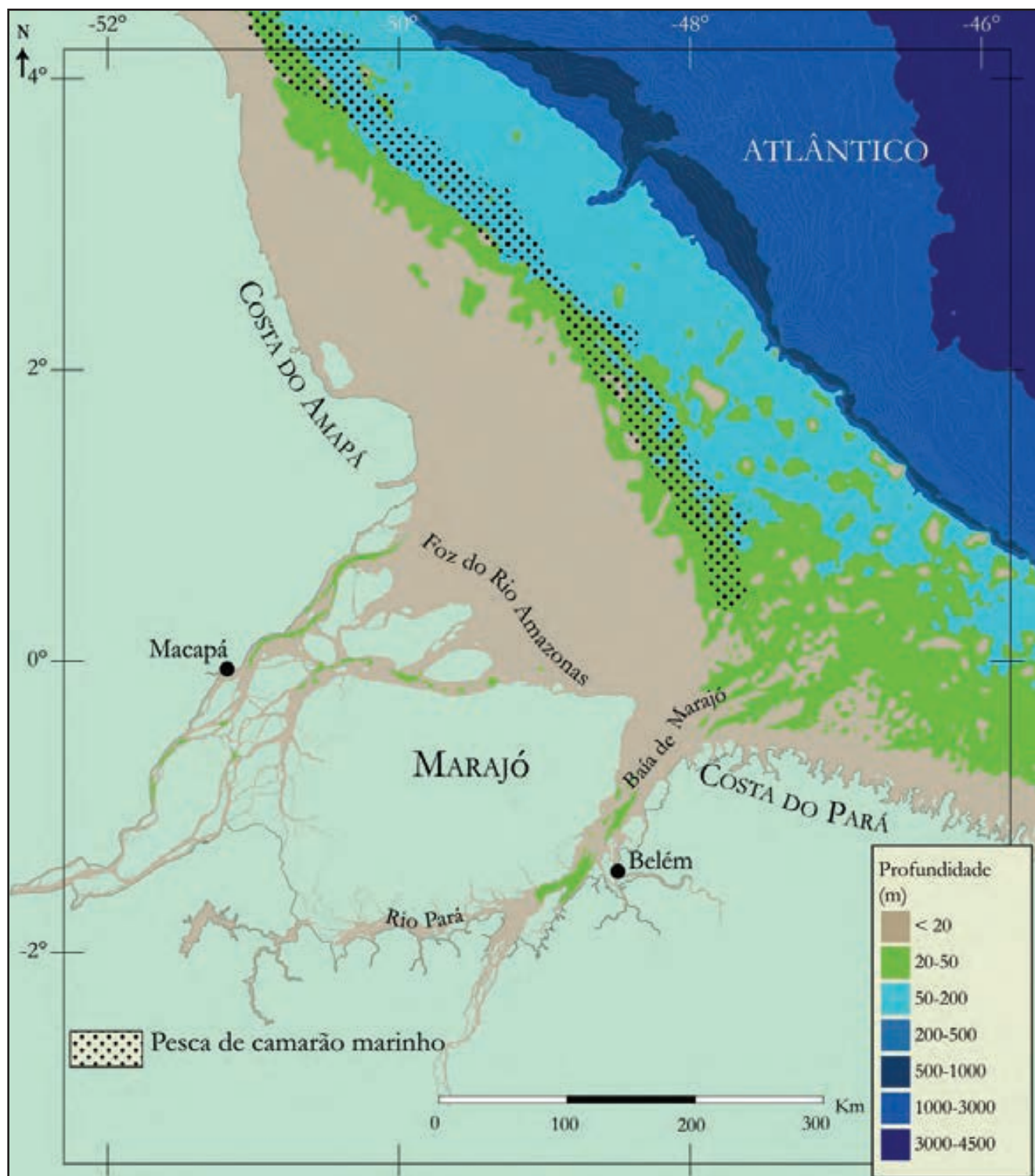
Como a maior parte do ambiente de água doce do Estuário Amazônico é dominada por água barrenta, com pouca penetração da luz solar e uma reduzida produção de fitoplâncton, as espécies que se alimentam de plâncton são mais importantes em águas marinhas, onde a transparência e a produção de fitoplâncton são maiores. As exceções estão no encontro das águas barrentas do rio Amazonas com as águas claras do rio Tocantins e do rio Xingu, onde os nutrientes do rio Amazonas, que são empurrados para montante pela maré, enriquecem a foz dos rios de águas claras e favorecem a produção primária à base de fitoplâncton. [2, 6].



O porto do mercado do Ver-o-Peso, localizado à beira da baía do Guajará, em Belém. O mercado do Ver-o-Peso é o mercado de peixe mais famoso do Estuário Amazônico.

A produção mínima de plâncton em águas turvas não é, por si só, um fator limitante à produção pesqueira nas águas barrentas do Estuário Amazônico. As migrações sazonais em grande escala de peixes de escama e de bagres na maioria dos rios de água branca (barrenta), a montante do Estuário Amazônico, são bem conhecidas e muito exploradas pelos pescadores [2, 7, 8]. Ao migrar nos canais dos rios, as espécies migradoras são altamente vulneráveis à pesca devido ao seu comportamento de viajar em cardumes. Considerando que os peixes migradores de escama formam o grupo mais importante explorado pela pesca nos trechos a montante, eles são relativamente pouco importantes na pesca comercial do Estuário Amazônico. Além disso, o Estuário Amazônico não tem espécies migradoras que viajam do oceano para desovar em águas interiores, ou vice-versa, que viajam do rio para desovar no oceano. Caso houvesse, qualquer uma dessas espécies seriam vulneráveis à pesca e seriam conhecidas pelos pescadores. As pescarias de água doce e marinha do Estuário e da Pluma Amazônica são baseadas principalmente em espécies que vivem próximas ao fundo ou a meia-água. A produção pesqueira de água doce é dominada por duas espécies de bagres migradores, piramutaba e dourada, cujas histórias de vida envolvem não apenas o Estuário Amazônico, mas o rio Amazonas e seus afluentes ocidentais com cabeceiras nos Andes ou próximos a eles, onde desovam [9]. Esses bagres representam três quartos da captura total de espécies de água doce no Estuário Amazônico, sendo a piramutaba a mais importante. As pescadas e os apapás amazônicos têm sido historicamente responsáveis por cerca de 18% da captura total do Estuário Amazônico e





A principal área de pesca do camarão marinho na Pluma Amazônica está entre as profundidades de 40 e 80 metros.

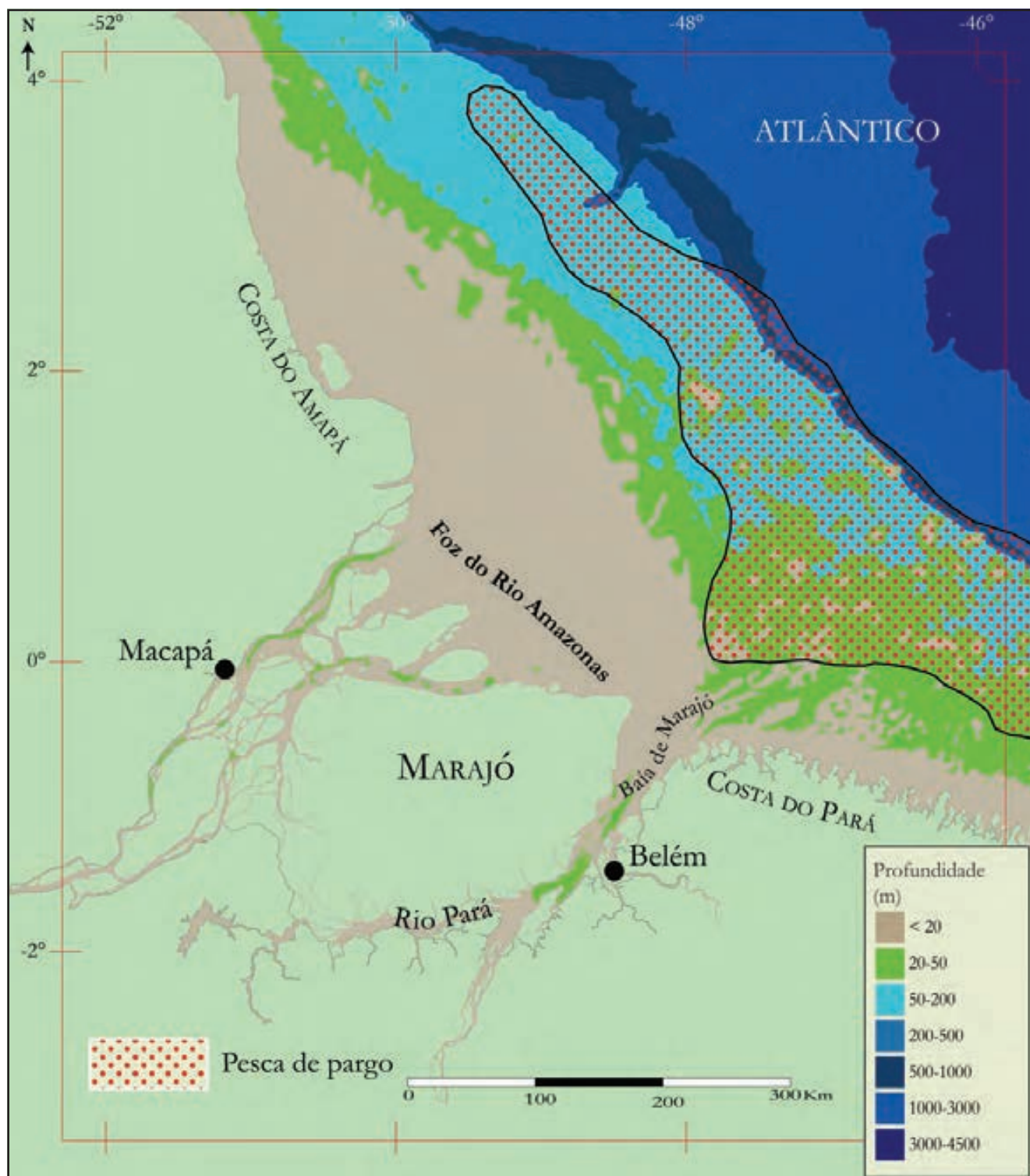


Parte da frota de pesca industrial perto de Belém. A frota está envelhecida, pois a maioria de seus barcos foi construída nas décadas de 1970-1980.



Camarão de água salgada capturado em águas marinhas a leste da Pluma do Estuário.





Principal área de pesca do pargo no Atlântico, a leste da Pluma do Estuário.

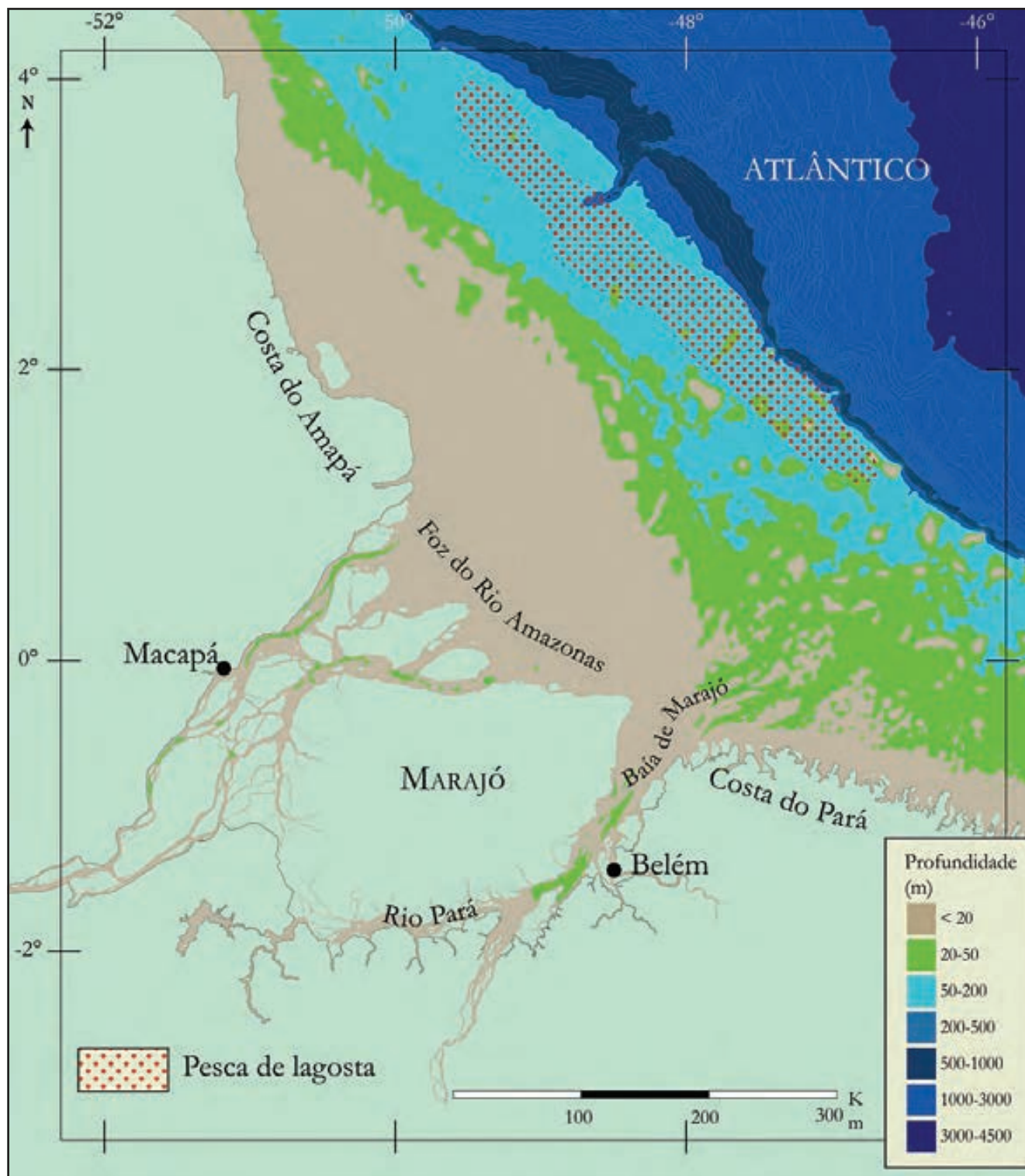


A captura de bagres de água doce e salobra/marinha ilustra a natureza dinâmica da pesca do Estuário Amazônico. As douradas estão em primeiro plano e os bagres marinhos da família Ariidae em segundo plano.

uma variedade de outras espécies em quantidades muito menores completam a produção de água doce restante. Embora os bagres tamoatá e mapará representem, cada um, cerca de um por cento da captura total do Estuário Amazônico, eles são espécies altamente apreciadas na região. O tamoatá é capturado principalmente em lagos isolados da região do lago Arari, no meio do leste da Ilha do Marajó, onde uma rica camada de detritos de fundo formam a base da sua cadeia alimentar [10, 11]. Já os bagres mapará são espécies que se alimentam de plâncton e são mais abundantes no baixo rio Tocantins, onde filtram seus alimentos próximos à superfície. A pesca do mapará existe desde o século XIX e ocorre principalmente no baixo rio Tocantins, que também é uma área de berçário da espécie [2, 12].

A pesca nas águas mais profundas e salgadas a leste da Pluma Amazônica é baseada em uma frota industrial altamente especializada, que tem como alvos camarão, pargo e lagosta [13, 14]. Essas pescarias estão associadas a sistemas de recifes e a áreas com fundos areno-lodosos. A pesca da lagosta e do pargo ocorre mais afastada da costa e está associada ao extenso sistema de recifes formado na borda da plataforma continental, perpendicular à foz do rio Amazonas. Várias espécies de pargo são capturadas com armadilhas e linhas na plataforma continental, entre profundidades de 90 e 110 metros sobre fundos consolidados, sendo o pargo vermelho a espécie para exportação





A pesca da lagosta no Estuário Amazônico ocorre ao longo da estreita faixa de recifes, a leste da Pluma do Estuário, em profundidades de 80 a 100 metros.

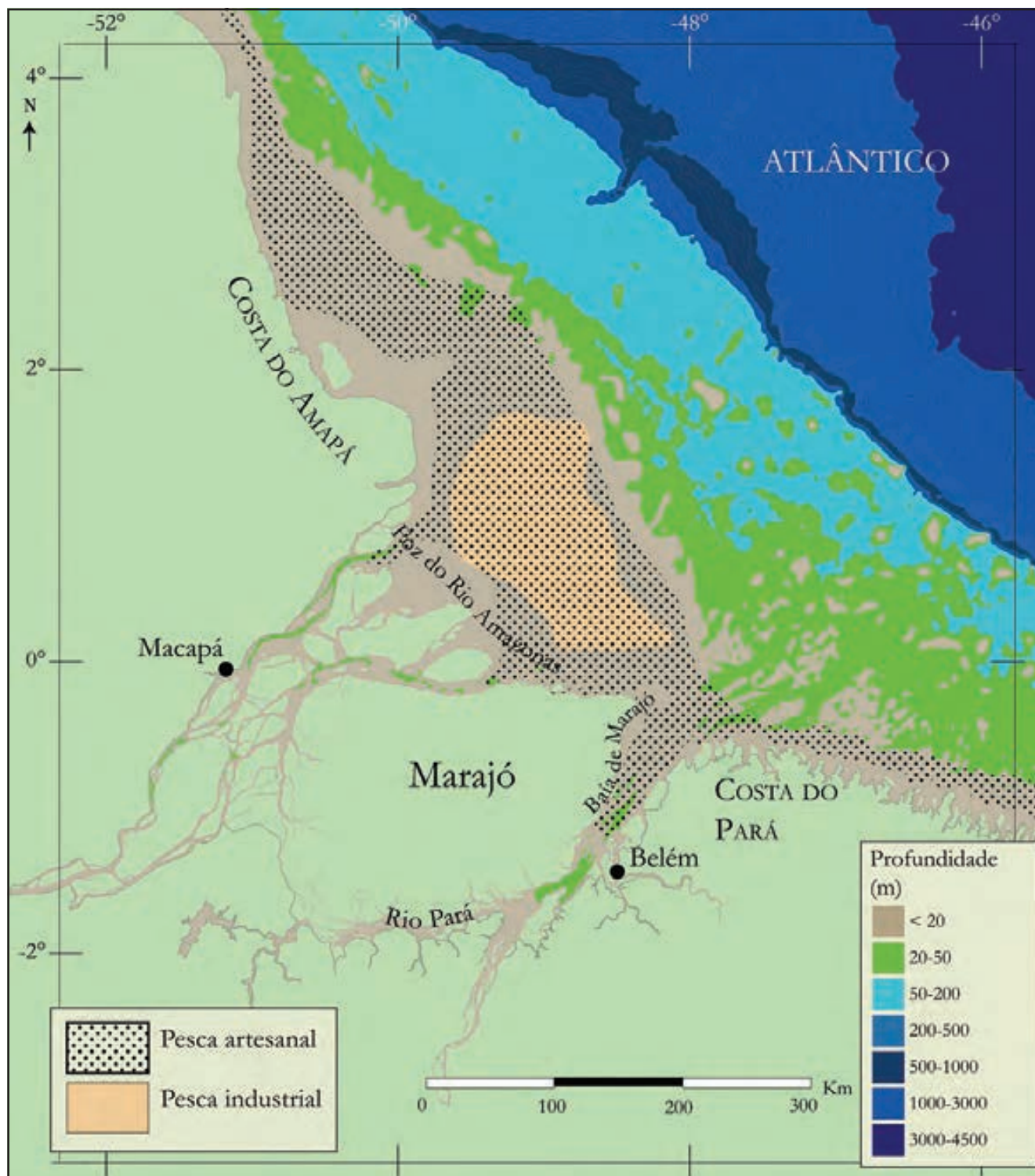
mais importante. [13, 15]. Mais próximo à costa, espécies de camarões marinhos são capturadas por barcos de arrasto ao longo da borda da região frontal de deposição de sedimentos e em fundos arenosos, relíquias na área externa da plataforma da foz do Amazonas [16-18].

As frotas pesqueiras que operam em águas mais rasas perto da costa, a menos de 50 metros de profundidade, são bastante diversificadas. Os barcos não industriais são menores, variando de pequenas canoas à vela até barcos maiores, motorizados, de casco de madeira e com 12 metros de comprimento. O Estuário Amazônico possui a única frota de arrasto que explora espécies de peixes de água doce da Amazônia, sendo a piramutaba a espécie-alvo e a dourada a fauna acompanhante previsível, especialmente na área onde as águas do rio Amazonas se juntam à Corrente Norte do Brasil [2, 3, 7, 13]. Outra frota de arrasto com cerca de 160 barcos começou a operar temporariamente próximo à foz do rio Amazonas em 2011, na região entre as áreas de pesca de piramutaba e camarão. Esses barcos de pesca estão autorizados a pescar algumas espécies durante o período de defeso da pesca de piramutaba e camarão. A principal captura é uma pescada (pescada gó) e, secundariamente, outras espécies de pescadas marinhas, além de outras espécies marinhas [19, 20]. A dourada está mais dispersa no Estuário Amazônico do que a piramutaba, e a primeira é capturada principalmente com redes de emalhar. Cerca de dois terços da captura na foz do rio Amazonas é composta por espécies de água doce, que são capturadas com redes de arrasto e redes de emalhar. Em contraste, a baía do Marajó, que tem águas mais salinas, tem 60% de sua produção baseada em espécies marinhas, sendo a maior parte capturada com redes de emalhar.

Cerca de 90% das capturas comerciais no leste da foz do rio Amazonas, onde as águas são mais salinas, são baseadas em pescadas marinhas, bagres marinhos, cavalas e caranguejos de mangue [21]. Ao norte da foz do rio Amazonas, o componente de água doce da Pluma Amazônica estende a distribuição das espécies de água doce para essa costa, especialmente a de pescadas, piramutaba e dourada, que são capturadas com redes de espera e espinhel. As áreas costeiras do norte do Brasil são ricas em pescadas marinhas, onde ocorrem mais de 30 espécies e, juntas, representam cerca de 30% da captura total de espécies marinha associadas à Pluma Amazônica, sendo a pescada amarela, corvina e pescada gó, de longe, as mais importantes [5, 22]. Os juvenis de todas essas espécies são encontrados principalmente próximo à costa, enquanto os adultos vivem principalmente mais afastados da costa, sugerindo uma segregação de tamanho, que indica migrações em suas histórias de vida [23-26]. Outro grupo que apresenta segregação de tamanho é o das cavalas (serra), que são menos ricas em espécies, mas apresentam segregação espacial semelhante entre juvenis e adultos, e provável comportamento migratório [25]. As cavalas são capturadas com redes de emalhar em águas costeiras até 50 m de profundidade por uma frota diversificada, que utiliza desde pequenas embarcações até barcos maiores de cerca de 12 metros de comprimento [15].

Os bagres marinhos são o segundo grupo mais importante de espécies capturadas em águas marinhas ou salobras associadas ao Estuário Amazônico e sua pluma. A gurijuba é o bagre mais importante dessas espécies e tem sido alvo da pesca comercial há pelo menos um século, tanto para o consumo humano quanto para a extração de suas bexigas natatórias para a produção de cola. Pelo menos 10 bagres marinhos são capturados e muitos são adaptados a faixas específicas de salinidade. Os bagres marinhos são capturados principalmente com redes de emalhar e, alguns, também pela pesca de arrasto da foz do rio Amazonas.





A pesca artesanal é realizada ao longo da costa e na baía do Marajó, em uma extensa área de águas relativamente rasas, de profundidades inferiores a 50 metros. A área da pesca industrial da piramutaba se sobrepõe à da pesca artesanal e é restrita a um trecho da Pluma do Estuário.

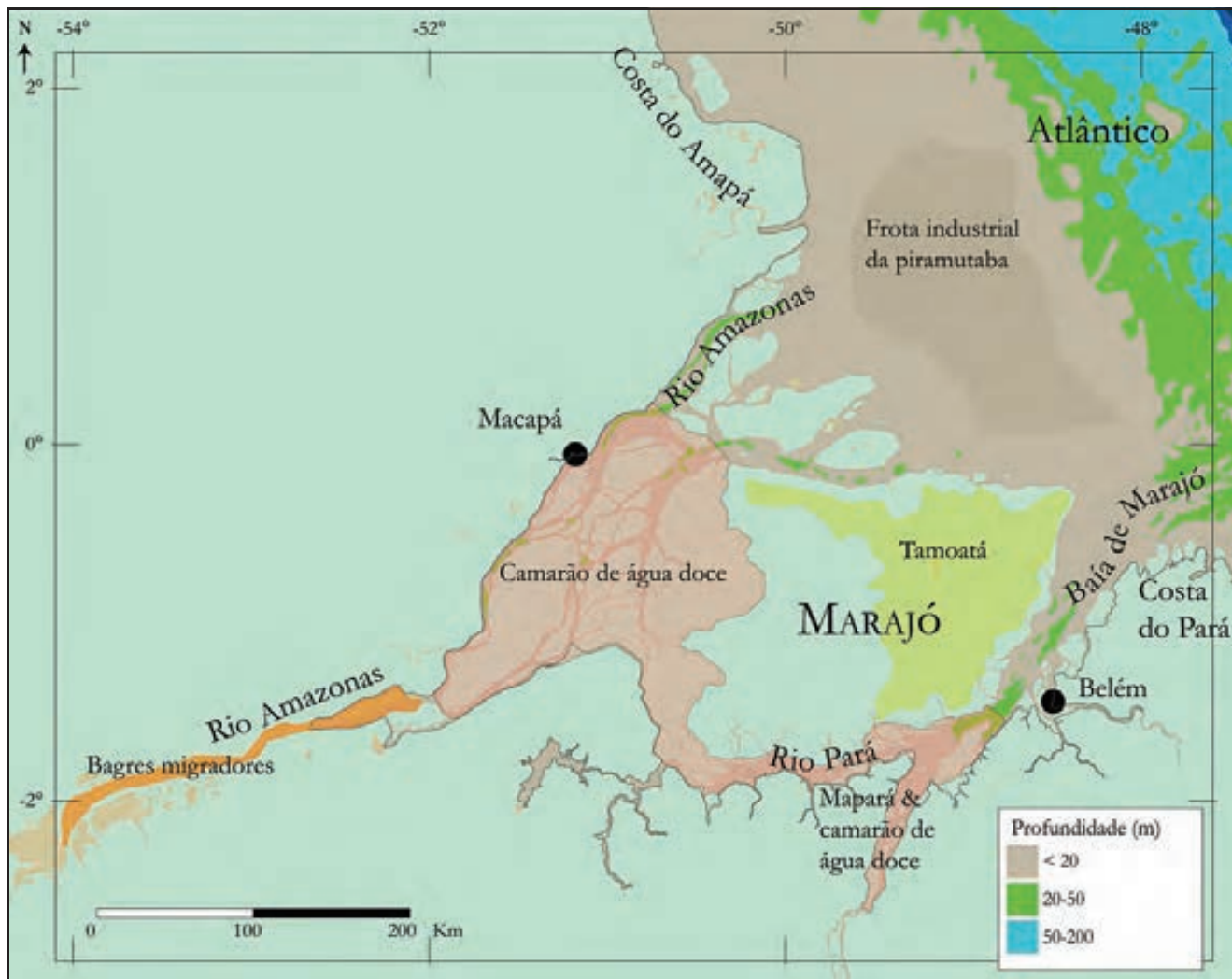


Barcos da frota de arrasto de piramutaba na costa da Ilha do Marajó, onde as águas são dominadas pelo rio Amazonas.

Rede de emalhar pescando bagres na baía do Marajó. O peixe capturado é uma dourada, uma espécie migradora de longa distância que usa o Estuário Amazônico como berçário e migra para o extremo oeste da Amazônia para desovar.







A pesca artesanal é amplamente distribuída em baías, rios e lagos na Região do Estuário Amazônico. As espécies mais importantes são camarões de água doce, que são capturados numa área bastante extensa, o mapará, que é capturado principalmente no Baixo Tocantins, e o tamoatá, que é capturado basicamente na Ilha do Marajó. Os bagres migradores que saem do estuário são capturados em trechos a montante do rio Amazonas e de outros rios até os Andes, na Amazônia ocidental, por operações de pesca que atuam no canal.

As armadilhas de peixes são técnicas de pesca comuns em planícies de areia e lama onde há macromarés no Estuário Amazônico. Uma armadilha muito comum é o curral, construída com fibras de palmeira e cipós, que formam uma parede semelhante a uma cerca com abertura triangular, na qual os peixes entram e não conseguem encontrar a saída [2, 27]. Redes de emalhar esticadas entre estacas fincadas no substrato também são comuns e especialmente eficazes para a captura de algumas espécies marinhas de pescadas e bagres [21].

As pescarias na região de cerrado da Ilha do Marajó lembram as da várzea do rio Amazonas. A importância avassaladora do bagre tamoatá, no entanto, parece ser única. Outras espécies comuns capturadas na pesca do Arquipélago do Marajó incluem tucunarés, aracus e pirarucu, entre mais de



Barcos típicos da frota pesqueira artesanal no Estuário Amazônico. Estes barcos têm caixas de gelo para conservar o pescado e são usados em viagens de pesca que geralmente duram de 5 a 10 dias. As principais artes utilizadas são redes de emalhar e espinhel, que usam peixes como isca.

40 outras espécies de menor importância [2, 11, 28]. A montante da ilha de Gurupá, a pesca dos bagres migratórios, dourada e piramutaba, estende-se até a Cordilheira dos Andes, sendo grande parte da captura baseada em redes de emalhar e, em menor grau, espinhel [2, 29].

Os camarões marinhos têm um ciclo de vida curto, de apenas 18 a 24 meses. Desovam em mar aberto e suas larvas planctônicas são transportadas para áreas costeiras, onde se tornam bentônicas e crescem no Estuário Amazônico e seus manguezais. Após três ou quatro meses de vida, ou quando alcançam menos de 10 cm de comprimento, eles retornam ao mar aberto para continuar crescendo e atingir a maturação [30]. Os camarões marinhos representam cerca de 5% da produção pesqueira marinha do Estuário Amazônico e são baseados em uma frota de arrasto ligada à indústria de pescado. Os barcos de arrasto de camarão são de grande porte, com mais de 19 m de comprimento, operam principalmente em profundidades entre 40 e 80 metros, podem permanecer no mar por 40 a 60 dias, fazem de cinco a seis viagens por ano e duas espécies de camarão-rosa respondem pela maior parte da sua produção [2, 17]. Outras espécies de camarão são capturadas em menor quantidade por outras técnicas de pesca. As capturas anuais de camarão produzidas pelos barcos de arrasto variaram de um máximo de 6.400 toneladas em 1987-1988 a um mínimo de 1.081 t em 2010, em uma série temporal de 1978 a 2011 [17].





Pesca de mapará com rede de cerco no Baixo Tocantins.



Mapará sendo capturado por uma rede de cerco no Baixo Tocantins.



Pescadores no lago Arari. Este é o maior corpo d'água permanente da Ilha do Marajó e uma importante área de pesca.



Pesca do tamoatá nas águas rasas do lago Guajará, na Ilha do Marajó, próximo ao município de Cachoeira do Arari.





Resultado de uma pescaria de tamoatá no lago Guajará, Ilha do Marajó.



O tamoatá é a espécie mais importante para as pescarias nas savanas alagadas e lagos da Ilha do Marajó.



Na parte mais interna da baía do Marajó, a floresta de várzea de maré se mistura com espécies de manguezais. No primeiro plano desta imagem há uma armadilha para peixes chamada de cacuri, que indica a influência da maré. Logo atrás, palmeiras de açai crescem numa área de floresta que parece ser relativamente jovem.



As lagostas acasalam-se em mar aberto e as suas pós-larvas planctônicas (puerulus), com cerca de 12 meses de idade, são transportadas para a zona costeira por correntes de maré, onde se tornam bentônicas. Quando atingem o seu estágio juvenil, migram gradualmente das áreas costeiras para águas mais profundas, onde atingem seu estágio reprodutivo [31]. A pesca da lagosta nas proximidades do Estuário Amazônico explora principalmente a lagosta vermelha, uma espécie altamente valorizada que ocorre em toda a costa brasileira [18]. A frota de lagosta é composta por grandes embarcações com casco de aço e madeira, variando de 12 a 22 m de comprimento, equipadas com GPS, ecossond e rádios VHF e UHF. Os barcos de médio porte usam redes de emalhar e preservam lagostas no gelo, enquanto os barcos maiores usam armadilhas e compartimentos de congelamento para suas capturas. As lagostas são capturadas em profundidades entre 80 m e 100 m e em substrato composto por areia, rochas e corais. A produção de lagosta próxima ao Estuário Amazônico representa apenas 1% do total da pesca marinha e mais de 90% é de lagosta vermelha [18].

Evidências arqueológicas indicam que caranguejos de mangue têm sido explorados há pelo menos 3.000 anos na área do litoral do Pará [32] e, provavelmente, em todo o Estuário Amazônico. A captura dos caranguejos de mangue é basicamente manual e realizada durante as marés baixas. Cerca de 50% da produção anual de caranguejos do Brasil é proveniente do Estuário Amazônico [33], cuja produção variou de 3.700 a 5.900 toneladas entre 2002 e 2006 [5]. A maior parte desta produção



Currais de pesca ao longo da Costa do Pará, perto da ilha de Algodoal.





Armadilha típica de camarão utilizada pela pesca artesanal na parte interna do estuário. Essas armadilhas são geralmente construídas a partir dos caules (pecíolos) da palmeira jupati (*Raphia taedigera*). As armadilhas são iscadas e, em seguida, submersas ao longo das margens um pouco antes da subida da maré.



O camarão rosa (*Macrobrachium amazonicum*) é o crustáceo mais importante capturado nas águas doces do Estuário Amazônico. Muitas vezes é comercializado seco salgado e exportado para cidades próximas.





Caranguejos de mangue à venda em um mercado em Belém.



O sistema radicular da árvore de mangue exposta durante a maré baixa.



Catador de caranguejo na lama do mangue durante a maré baixa.



é proveniente da Costa do Pará e da baía do Marajó [21]. O mexilhão é o segundo produto mais importante do manguezal, com produção anual variando de 57 a 845 toneladas, seguido pelo sirí, com produção anual variando de 3 a 25 toneladas [5].

Os canais que separam as várias ilhas do interior do Estuário Amazônico, especialmente ao longo do rio Pará, baixo rio Tocantins, Estreitos de Breves e Gurupá, são áreas de pesca, para pelo menos, cinco espécies de camarões de água doce do gênero *Machrobrachium*. Os camarões são capturados próximos às margens dos rios, com pequenas armadilhas cilíndricas de vime, geralmente feitas de talos de palmeira jupati, com duas aberturas e cerca de 60 cm de comprimento e 20 cm de diâmetro. O camarão da Amazônia e o camarão pitú são as espécies mais importantes, mas outras espécies são frequentemente capturadas com eles, incluindo o exótico camarão-tigre-gigante, natural do Indo-Pacífico [2, 34, 35].

Bivalves, como ostras e turus (teredo), são comumente explorados em habitats de manguezais costeiros, mas com comercialização limitada [36]. O cultivo de ostras é uma atividade em expansão na Costa do Pará, com produção total registrada de quase 42 toneladas em 2016 [37]. A produção de turu, um incomum bivalve serpentino muito apreciado pela população local, é desconhecida [5].

## Referências

1. Day, J.W., C.S. Hall, W.M. Kemp, e A. Yáñez-Aranciba. **Estuarine Ecology**. 1989, New York: John Wiley & Sons. 558p.
2. Barthem, R.B. e M. Goulding. **An unexpected ecosystem: The Amazon as revealed by fisheries**. 2007, Lima, Peru: Amazon Conservation Association; Missouri Botanical Garden Press. 241p.
3. Barthem, R.B. e M. Goulding. **The catfish connection: Ecology, migration, and conservation of Amazon predators**. Biology and resource management series. 1997, New York, NY: Columbia University Press. 144 p.
4. Barthem, R.B. e M. Petrere Jr. **Fisheries and population dynamics of the freshwater catfish *Brachyplatystoma vaillantii* in the Amazon estuary**, in Condition of the World's Aquatic Habitat. Proceedings of the World Fisheries Congress, Theme 1., N.B. Armantrout, Editor. 1995, Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd.: Athens, Greece. p. 329-350.
5. ICMBIO. **Estatística por região**. n.d. Outubro 15, 2019]; Available from: <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/biblioteca/acervodigital/38download/artigos-cientificos/112-artigos-cientificos.html>.
6. Fricke, A.T., C.A. Nittrouer, A.S. Ogston, D.J. Nowacki, et al. **River tributaries as sediment sinks: Processes operating where the Tapajós and Xingu rivers meet the Amazon tidal river**. *Sedimentology*, 2017. 64(6): p. 1731-1753.
7. Prestes, L., R. Barthem, A. Mello-Filho, E. Anderson, et al. **Proactively averting the collapse of Amazon fisheries based on three migratory flagship species**. *PLoS One*, 2022. 17(3): p. e0264490.
8. Goulding, M., E. Venticinque, M.L.d.B. Ribeiro, R.B. Barthem, et al. **Ecosystem-based management of Amazon fisheries and wetlands**. *Fish and Fisheries*, 2019. 20(1): p. 138-158.

9. Barthem, R.B., M. Goulding, R.G. Leite, C. Canas, et al. **Goliath catfish spawning in the far western Amazon confirmed by the distribution of mature adults, drifting larvae and migrating juveniles.** Scientific Reports, 2017. 7: p. 41784.
10. Montag, L.F.d.A., A.A.d. Albuquerque, T.M.d.S. Freitas, e R.B. Barthem. **Ictiofauna de campos alagados da Ilha do Marajó, Estado do Pará, Brasil.** Biota Neotropica, 2009. 9(3): p. 241-253.
11. Albuquerque, A.A.d. e R.B. Barthem. **A pesca do tamoatá *Hoplosternum littorale* (Hancock, 1828)(Siluriformes: Callichthyidae) na ilha de Marajó.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas, 2008. 3(3): p. 359-372.
12. Carvalho, J.L. e B. Merona. **Estudos sobre dois peixes migratórios do baixo Tocantins, antes do fechamento da barragem de Tucuruí.** Amazoniana, 1986. 9(4): p. 595-607.
13. Bentes, B., V.J. Isaac, R.V.D. Espírito-Santo, T. Frédou, et al. **Multidisciplinary approach to identification of fishery production systems on the northern coast of Brazil.** Biota Neotropica, 2012. 12(1): p. 81-92.
14. Furtado Jr., I., M.C.D.S. TAVARES, e C.S.F. BRITO. **Estatísticas das produções de pescado estuarino e marítimo do Estado do Pará e políticas pesqueiras.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas, 2006. 1(2): p. 95-111.
15. Espírito-Santo, R.V.d. e V.J. Isaac. **Desembarques da pesca de pequena escala no município de Bragança-PA, Brasil: esforço e produção.** Boletim do Laboratório de Hidrobiologia, 2012. 25(1): p. 31-48.
16. Molinas, E., J.C. Carneiro, e S. Vinzon. **Internal tides as a major process in Amazon continental shelf fine sediment transport.** Marine Geology, 2020. 430.
17. Aragão, J.A.N., K.C.d.A. Silva, e I.H.A. Cintra. **Situação da pesca de camarões na plataforma continental amazônica.** Acta of Fisheries and Aquatic Resources, 2015. 3(2): p. 61-76.
18. Cintra, I.H.A., F. Santos, K. Silva, B. Bentes, et al. **A pesca de lagostas na Plataforma Continental Amazônica.** Arquivos de Ciências do Mar, 2020. 52(2): p. 61-76.
19. Silva, L.E.O.d., K.C.d. Araújo Silva, e I.H.A. Cintra. **Sobre a pesca industrial para peixes diversos na plataforma continental amazônica.** Revista Brasileira de Engenharia de Pesca[online], 2016. 7(2): p. 34-53.
20. Freitas, L.M., F.C.P. Ribeiro, I.H.A. Cintra, A.G.C.D.M. Klautau, et al. **Rendimento e distribuição de pescarias de arrasto de fundo para peixes diversos na costa Norte do Brasil.** Arquivos de Ciências do Mar, 2019. 52(1): p. 108 - 123.
21. SEPAq-MPA. **Sistema de Monitoramento do Desembarque Pesqueiro do Pará (2008-2011): base de dados.** n.d., UFPA, IARA, CEPNOR, MPEG: Belém.
22. Marceniuk, A., R. Antunes Caires, A. Carvalho-Filho, A. Garcia Cavalleiro de Macedo Klautau, et al. **Teleostei fishes of the North Coast of Brazil and adjacent areas.** Revista CEPSUL - Biodiversidade e Conservação Marinha, 2021. 10.
23. Oliveira, C.D., R. Lessa, Z. Almeida, e F.M. Santana. **Biology and fishery of Acoupa Weakfish *Cynoscion acoupa* (Lacepède, 1801): a review.** Neotropical Biology and Conservation, 2020. 15(3): p. 333-349.
24. de Souza Junior, O.G., J.L.G. Nunes, e R.A.M. Silvano. **Biology, ecology and behavior of the acoupa weakfish *Cynoscion acoupa* (Lacepède, 1801) according to the local knowledge of fishermen in the northern coast of Brazil.** Marine Policy, 2020.
25. Cervigón, F., R. Cipriani, W. Fischer, L. Garibaldi, et al. **Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América.** 1992, Roma: FAO.
26. Camargo, M. e V. Isaac. **Reproductive biology and spatio-temporal distribution of *Stellifer rastrifer*, *Stellifer naso* and *Macrodon ancylodon* (Sciaenidae) in the Caeté estuary, northern Brazil.** Brazilian Journal of Oceanography, 2005. 53(1-2): p. 13-21.
27. Krumme, U., T. Giarrizzo, R. Pereira, A.J.S. de Jesus, et al. **Airborne synthetic-aperture radar (SAR) imaging to help assess impacts of stationary fishing gear on the north Brazilian mangrove coast.** ICES Journal of Marine Science, 2014. 72(3): p. 939-951.



28. Silva, L.M.A.d. e S.L.d.F. Silva. **A atividade pesqueira na Região Atlântica da costa do Amapá: Município de Amapá, Pracuúba, Tartarugalzinho e baixo Araguari**, in Inventário Biológico das Áreas do Sucuriçu e Região dos Lagos, no Amapá: Relatório Final PROBIO, S.V.d.C. Neto, Editor. 2006, IEPA: Macapá. p. 173-187.
29. Fabr e, N.N. e R.B. Barthem. **O manejo da pesca dos grandes bagres migradores: piramutaba e dourada no eixo Solimões-Amazonas**. Cole o Documentos Técnicos: Estudos Estratégicos. 2005, Manaus: Ibama, ProV rzea. 114.
30. Aragão, J.A.N. **Dinâmica populacional e avalia o do estoque do camarão rosa (*Farfantepenaeus subtilis* Pérez-Farfante 1967) na plataforma continental amazônica brasileira**, in Escola de Engenharia de São Carlos. 2012, Universidade de São Paulo: São Carlos, Brasil. p. 243.
31. Paiva, M.P. **Recursos pesqueiros estuarinos e marinhos do Brasil**. 1997, Fortaleza: UFC Edi es. 11-256.
32. Diele, K., A.D.R. Araujo, M. Glaser, e U. Salzmann. **Artisanal fishery of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Ucididae) and first steps toward a successful co-management in Bragança, North Brazil**, in Mangrove dynamics and management in North Brazil, U. Saint-Paul and H. Schneider, Editors. 2010, Springer. p. 287-297.
33. Saint-Paul, U. e H. Schneider. eds. **Mangrove dynamics and management in North Brazil**. Vol. 211. 2010, Springer.
34. Lutz,  ., M. Nascimento, C.R. Beasley, C. Cardoso, et al. **Spatio-temporal variation in the density and diversity of decapods captured with artisanal traps in an Amazon estuary**. Acta Limnologica Brasiliensia, 2022. 34: p. e9.
35. Prestes, L., C.B. Salom o, W.C.P. Fortunato, e N.I. Oliveira. **A atividade pesqueira na foz do Amazonas, arquipélago do Bailique-Amapá, Brasil**. Holos, 2021. 1: p. 1-30.
36. Smith, N.J. **Amazon sweet sea: land, life, and water at the river's mouth**. 2002, Austin: University of Texas Press.
37. de Souza Sampaio, D., C.H. Tagliaro, H. Schneider, e C.R. Beasley. **Oyster culture on the Amazon mangrove coast: asymmetries and advances in an emerging sector**. Reviews in Aquaculture, 2019. 11(1): p. 88-104.

# Madeira

A extração de madeira em larga escala das florestas de várzea de maré é favorecida pela extensão natural da floresta de várzea do rio Amazonas ao longo da maior parte do Estuário Amazônico, por numerosos canais que facilitam o acesso à floresta de várzea de maré e de terra firme, e a biomassa relativamente alta de espécies madeireiras valiosas [1]. Existem mais de 185 espécies comuns de árvores de várzea na Bacia Amazônica que podem ser exploradas comercialmente, das quais cerca de 80 são usadas como madeira. Destas, apenas cerca de 10 espécies são comumente cortadas para serrarias e seu volume representou 72% do total extraído na região do Estuário Amazônico entre 2006 e 2016 [2, 3]. A exploração madeireira comercial existe há pelo menos três séculos nas várzeas amazônicas, incluindo as do Estuário Amazônico. O aumento da exploração de árvores estuarinas parece ter começado na década de 1860, para fornecer lenha para navios a vapor, e as florestas de várzea de maré foram a principal fonte [4, 5]. A exploração madeireira em escala industrial no Estuário Amazônico começou na década de 1950, quando grandes serrarias movidas a energia a vapor foram instaladas. As primeiras operações de grande porte tiveram como alvo a virola e a andiroba [4].



A extração de madeira na região leste da Ilha do Marajó foi muito intensa no passado, mas a produção desta atividade tem diminuído nas últimas décadas devido à escassez das principais espécies comerciais.





Embora as florestas de várzea de maré do interior do Estuário Amazônico tenham sido intensamente exploradas desde a década de 1970, sua estrutura básica ainda permanece intacta, felizmente, e a extração de madeira nesta região está diminuindo drasticamente nos últimos anos.

A expansão da indústria madeireira no Estuário Amazônico baseou-se não apenas na abundância de madeira, mas também no baixo custo de sua extração, devido ao transporte fluvial. Como resultado, o setor madeireiro no estado do Pará, principalmente na região estuarina, foi responsável por três quartos de toda a madeira produzida na Bacia Amazônica entre 1950 e 1970 [6]. A rápida expansão da exploração madeireira estuarina foi estimulada pelo estabelecimento de fábricas de compensados, como a Georgia Pacific, em 1956. A principal espécie visada foi a virola, uma madeira relativamente de baixa densidade, de cor clara, facilmente descascada, altamente porosa e com anéis de crescimento pouco nítidos, o que a torna ideal para compensados [5, 7]. Os mercados de exportação nacionais e



Jangada de toras de madeira ancorada perto de Belém, antes de serem processadas e exportadas pelas serrarias locais. Espécies florestais de várzea de maré, como a virola (*Virola surinamensis*), tinham grande aceitação no mercado internacional devido à alta qualidade de sua madeira. A exploração sem controle tornou essa atividade insustentável.

internacionais foram abertos nas décadas de 1960 e 1970; e no início da década de 1990 havia mais de 1.000 serrarias no baixo rio Amazonas e em seu estuário, embora muitas, se não a maioria, fossem de pequena escala [4]. A exploração madeireira tem sido especialmente importante na porção sudoeste da Ilha do Marajó, próximos de Breves e Currallinho, e também em alguns rios de água preta ao norte da cidade de Breves [5]. Excluindo as áreas protegidas, estima-se que existam 3,7 milhões de hectares de floresta de várzea no Estuário Amazônico e talvez 56 milhões de metros cúbicos de espécies madeiras exploráveis [4]. O quanto de madeira foi removido até o momento e o que poderia ter sido colhido de forma sustentável, não está claro, por falta de dados. Uma vez que a virola foi superexplorada, outras espécies a substituíram, como a famosa sumaúma e a ventosa [7, 8].

A extração de madeira de várzea de maré aproveita o ciclo diário de inundação, que possibilita a remoção de grandes troncos do interior da floresta durante as marés altas [9]. A extração de madeira tradicional construía trilhas de derrapagem em águas muito rasas para puxar manualmente troncos para uma área de maior calado, podendo também usar a tração dos búfalos. As toras eram cortadas manualmente e unidas como jangadas para flutuar e serem transportadas para as serrarias. As operações mais modernas empregam guinchos e guindastes para arrastar e carregar as toras e grandes balsas de aço para transportá-las. O transporte para serrarias ocorria na maré apropriada em relação a direção da serraria, se a jusante ou a montante [4, 9].

Na década de 2000, a exploração madeireira no Estuário Amazônico enfrentou novos desafios, especialmente com a competitividade da madeira tropical internacional, as preocupações ambientais, os controles de mercado e as novas alternativas de produtos estuarinos, como o açai [8, 10]. As exportações de madeira do Pará atingiram o seu pico por volta de 2007, com um valor exportado de



US\$ 790 milhões; e diminuiu para apenas US\$ 100 mil em 2021, sendo que a produção da floresta de várzea de maré parece não representar mais do que 15% deste valor [11]. Imagens de satélite que monitoram o desmatamento próximo à área de Breves, onde a extração de madeira tem sido mais intensa, também sugerem que houve diminuição da extração de madeira [12]. Embora a extração de madeira tenha diminuído nas áreas de maré nos últimos anos, ela ainda é importante para a subsistência de muitas famílias e serrarias que fornecem madeira para as comunidades locais [13].

## Referências

1. Pires, J.M. **Tipos de vegetação da Amazônia**, in O Museu Goeldi no ano do sesquicentenário, M.F. Simões, Editor. 1973, Museu Paraense Emílio Goeldi. Publicações avulsas: Belém, PA. p. 179-202.
2. Wittmann, F. e A.d.O. Wittmann. **Use of amazonian floodplain trees**, in Amazonian Floodplain Forests: Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management, W.J. Junk, et al., Editors. 2010, Springer Verlag: New York. p. 389-418.
3. Santos Lira, Á.G.d., A.K.C.d. Conceição, L.M.R.d. Sousa, M.P. Maestri, et al. **Exploração e valoração de dez espécies florestais no Marajó, entre 2006-2016**. Biodiversidade, 2020. 19(139-149).
4. Barros, A.C. e A. Veríssimo. eds. **A expansão madeireira na Amazônia: impactos e perspectivas para o desenvolvimento sustentável no Pará**. 2002, Imazon: Belém. 168.
5. Macedo, D.S. e A.B. Anderson. **Early ecological changes associated with logging in an Amazon floodplain**. Biotropica, 1993: p. 151-163.
6. Barros, A.C. e C. Uhl. **Logging along the Amazon River and estuary: Patterns, problems and potential**. Forest Ecology and Management, 1995. 77(1-3): p. 87-105.
7. Anderson, A.B., I. Mousasticoshvily, e D.S. Macedo. **Logging of *Virola surinamensis* in the Amazon floodplain: impacts and alternatives**. Advances in Economic Botany, 1999. 13: p. 119-133.
8. Scholz, I. **Manejo de recursos naturais e capacidade de inovação empresarial: O caso da indústria madeireira do Pará (1960-1997)**. Novos Cadernos NAEA, 2000. 3(1): p. 63-99.
9. Barros, A.C. e C. Uhl. **Padrões, problemas e potencial da extração madeireira ao longo do rio Amazonas e do seu estuário**. Série Amazônia. Vol. 4. 1997, Belém: Imazon. 109.
10. Lentini, M., A. Veríssimo, e D.A. Pereira. **Expansão madeireira na Amazônia**. O Estado da Amazônia, Boletim do IMAZON, 2005. 2: p. 1-4.
11. AIMEX. AIMEX: **Exportações**. n.d. 21 June 2023]; Available from: <https://www.aimex.com.br/industria#parque-industrial>.
12. de Araujo Barbosa, C.C., P.M. Atkinson, e J.A. Dearing. **Extravagance in the commons: Resource exploitation and the frontiers of ecosystem service depletion in the Amazon estuary**. Sci Total Environ, 2016. 550: p. 6-16.
13. Cromberg, M., P. Cronkleton, M. Menton, e R. Sears. **Challenges to smallholder forestry policy reform on a postindustrial logging frontier: lessons from the Amazon estuary**. . International Forestry Review, 2022. 24(1): p. 1-16.

# Frutas da Floresta de Maré

As florestas de várzea de maré do Estuário Amazônico têm uma grande variedade de frutos comestíveis nativos, dos quais os de palmeiras são, de longe, os mais importantes comercialmente [1, 2]. Além dos frutos, as fibras também são extraídas de árvores e trepadeiras dessas florestas para a fabricação de cestos, cordas e outros itens úteis [1, 3]. No entanto, as fibras têm uma importância comercial relativamente menor em relação aos frutos obtidos de florestas de várzea de maré manejadas e não manejadas [4]. O açaí é, de longe, a espécie arbórea mais importante nas florestas estuarinas de maré, cuja exploração é baseada nos frutos e, até recentemente e em escala relativamente grande, nos palmitos. Estimativas conservadoras indicavam que a extensão da floresta dominada por açaí no Estuário Amazônico era de 10.000 km<sup>2</sup> na década de 1970, mas, sem dúvida, isso aumentou desde a exportação de sua polpa em larga escala para abastecer o mercado internacional [5, 6].



A imagem mostra uma área manejada de açaí que foi expandida para fins comerciais. Antes do desenvolvimento do mercado internacional de exportação do fruto de açaí, havia a exportação de seu palmito. Atualmente, o fruto vale mais do que o palmito e, conseqüentemente, suas palmeiras não são mais derrubadas, a menos que sejam cortadas durante o seu manejo.





Habitação rural cercada de açaí em uma ilha perto de Belém. A imagem mostra a floresta de várzea de maré preservada, apesar da expansão da área manejada de açaí.



O mapa mostra as principais áreas de produção comercial de açaí na Região do Estuário Amazônico, conforme indicado pelos municípios. A maior parte da produção vem da margem sul do rio Pará. A popularidade do açaí no mercado mundial desde a década de 1990 levou a uma expansão dos açaizais em áreas de maré e, em certa medida, em áreas de terra firme, onde a espécie era rara e só era encontrada em jardins.

O Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte, atual EMBRAPA, já havia reconhecido o valor potencial do açaí e do palmito na década de 1960 [5]. A extração em larga escala do açaí para mercados fora do Estuário Amazônico começou antes da exportação de sua polpa. Na década de 1970, inúmeras fábricas de conservas e empresas de distribuição de palmito foram estabelecidas na região. No entanto, a diminuição do tamanho do palmito e o aumento da mortalidade na década de 1990 devido à superexploração encerraram esse mini *boom* [7]. Variedades da pupunha plantadas em áreas de terra firme em vários países da América Central e do Sul tornaram-se muito mais importantes para o mercado de palmitos do que o açaí [8].





Vista de um açaizal durante a maré alta. A espécie costuma dominar as margens alagadas.

O açáí destaca-se na Amazônia por sua beleza na natureza e nos jardins, e pelo seu uso como fruto e, secundariamente, como palmito. O açáí do estuário pertence a um grupo (gênero) de seis espécies, das quais três são encontradas em áreas alagadas da Bacia Amazônica. A menos que plantado em jardins e fazendas, as espécies de açáí encontradas no Estuário Amazônico são em grande parte restritas à região costeira, principalmente na planície de inundação das marés. O açáí do Estuário Amazônico é multicaule (açáí-de-touceira), ou seja, brotam vários caules de uma mesma touceira, portanto, se um caule é cortado para a extração do palmito ainda restam muitos outros. Ao contrário da maioria das árvores da floresta de várzea, a principal época de frutificação do açáí estuarino é a estação seca, de junho a dezembro. Um caule individual de açáí produz cerca de 3 a 6 kg de frutos, com aproximadamente 1.600 a 3.400 frutos. O açáí produz duas cores de frutas distintas, com variações, embora haja variações desses nomes. A variedade roxa escura é referida localmente como açáí preto e os frutos mais claros, quase verde-oliva, como açáí branco. Nenhum desses nomes comuns é verdadeiramente descritivo, pois o açáí preto é um roxo escuro, enquanto o açáí branco é verde-oliva.





Cestas de açaí a caminho do mercado. Aqui é mostrada uma canoa com cestas de açaí na floresta de várzea durante a maré alta. O açaí é abundante nesta região.

Foram identificadas cinco expansões históricas do uso de subsistência e da economia do açaí. Restos de sementes de açaí são comuns em sítios arqueológicos do Marajó, indicando que era um alimento comum nos tempos pré-colombianos [9, 10]. Após a conquista europeia, no período pós-1700, o açaí tornou-se alimento básico rural para as comunidades organizadas por missionários católicos e, posteriormente, para as comunidades rurais [11]. O crescimento urbano explosivo na região durante a década de 1970 proporcionou um grande mercado local para a fruta. Na década de 1990, o açaí tornou-se um alimento de moda no Brasil. Em 2000, ainda em fase de expansão, a fruta contava com um amplo mercado internacional que transformou a escala de sua exploração no Estuário Amazônico [12-14]. O crescimento da produção de açaí a partir da década de 1990 foi facilitado com a atualização da tecnologia de processamento e congelamento, para atender os padrões sanitários internacionais [15]. Além dos usos tradicionais do açaí na região estuarina, ele também começou a ser introduzido em produtos industriais de consumo popular, como iogurtes, xampus e bebidas energéticas, abastecendo uma diversificada indústria multinacional de produção de alimentos e produtos relacionados [16].

Atualmente, o fruto do açaí é fornecido por sistemas extrativistas, manejados e irrigados no Estuário Amazônico. Os sistemas extrativistas exploram áreas naturais da várzea, com densidades



relativamente altas ou aglomerados de açai, mas geralmente misturados com outras espécies para ajudar a sombrear mudas. Mais produtivos são os sistemas de manejo que substituem parte da cobertura florestal original para favorecer a expansão do açai, formando assim uma área mais homogênea, que lembra uma pequena plantação. Os sistemas irrigados expandiram-se em terra firme e são os mais produtivos, com uma produção de até 15 toneladas/hectare [15, 17, 18]. A produção total de açai no Brasil em 2020 foi de cerca de 1,5 milhão de toneladas, ou cerca de 5 mil toneladas de polpa de frutas, das quais 95% foram produzidas no estado do Pará. Os municípios de quatro Regiões de Integração do estado do Pará (Tocantins, Marajó, rio Capim e Guamá), responderam por 95% da produção paraense e apresentaram uma taxa média de crescimento anual de 6% [19]. O valor exportado do açai foi de cerca de US\$ 16-22 milhões entre 2012 e 2015, com os EUA e o Japão sendo o destino de 90-95% do total exportado [15, 18]. Variedades de açai estão sendo desenvolvidas para frutificar fora de sua época natural de frutificação e assim aumentar a sua produção [15].

O miriti, também chamado de buriti, é a outra principal espécie de palmeira cujos frutos têm sido usados tradicionalmente no Estuário Amazônico. Ainda não há um grande mercado nacional e internacional para essa fruta, embora outros países, como o Peru, estejam explorando essas oportunidades [16]. O miriti tem tantos usos para os habitantes rurais que o botânico do século XIX, Richard Spruce, referiu-se a ele como a “árvore da vida”. Ao contrário do açai, o miriti frutifica durante a estação chuvosa e, portanto, fornece um fruto abundante quando o primeiro tem uma produção mínima [20]. O miriti também é mais tolerante a solos muito encharcados, sendo assim encontrado em algumas áreas pantanosas, onde o açai é raro [20].



Embora o fruto do buriti seja menos popular que o açai, ele ainda tem valor comercial e tem o potencial de se expandir.





A palmeira buriti oferece uma enorme produção de frutos, apesar que metade das árvores da floresta sejam masculinas. As flores masculinas e femininas desta planta estão em árvores separadas.



## Referências

1. Smith, N.J. **Amazon sweet sea: land, life, and water at the river's mouth**. 2002, Austin: University of Texas Press.
2. Anderson, A.B., P. Magee, A. Gély, e M.A.G. Jardim. **Forest management patterns in the floodplain of the Amazon estuary**. *Conservation Biology*, 1995. 9(1): p. 47-61.
3. Oliveira, J., S.S. Almeida, e R. Vilhena-Potyguara. **Espécies vegetais produtoras de fibras utilizadas por comunidades amazônicas**. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Botânica*, 1991. 7(2): p. 395-430.
4. Anderson, A.B. **Extraction and forest management by rural inhabitants in the Amazon estuary**, in *Alternatives to Deforestation: Steps toward Sustainable Use of the Amazon Rainforest*, A.B. Anderson, Editor. 1990, Columbia University Press: New York. p. 65-85.
5. Calzavara, B.B.G. **As possibilidades do açazeiro no estuário amazônico**. *Boletim da Fundação de Ciências Agrárias do Pará*, 1972. 5: p. 1-103.
6. Anderson, A.B. **Use and management of native forests dominated by açai palm (*Euterpe oleracea* Mart.) in the Amazon estuary**. *Advances in Economic Botany*, 1988. 6: p. 145-154.
7. Pollak, H., M. Mattos, e C. Uhl. **A profile of palm heart extraction in the Amazon estuary**. *Human Ecology*, 1995. 23(3): p. 357-385.
8. Brokamp, G. **Relevance and sustainability of wild plant collection in NW South America**. 2015, Berlin, Germany: Springer. 217 p.
9. Roosevelt, A. **Resource management in Amazonia before the conquest: Beyond ethnographic projection**, in *Resource Management in Amazonia: Indigenous and Folk Strategies*, D.A. Posey and W. Balée, Editors. 1989, The New York Botanical Garden: Bronx, New York. p. 30-62.
10. Roosevelt, A.C. **Moundbuilders of the Amazon: geophysical archaeology on Marajó Island, Brazil**. 1991: Academic Press.
11. Wallace, A.R. **Narrative of travels on the Amazon and Rio Negro, with an account of the native tribes, and observations on the climate, geology, and natural history of the Amazon valley**. 1853, London: Reeve and Co. 541p.
12. Brondízio, E.S. **From staple to fashion: Food shifting cycles and shifting opportunities in the development of the açai palm fruit economy in the Amazon estuary**, in *Working Forest in the Neotropics*, D.J. Zarin, et al., Editors. 2004, Columbia University Press: New York, NY. p. 339-365.
13. Brondízio, E.S., C.A.M. Safar, e A.D. Siqueira. **The urban market of açai fruit (*Euterpe oleracea* Mart.) and rural land use change: ethnographic insights into the role of price and land tenure constraining agricultural choices in the Amazon estuary**. *Urban Ecosystems*, 2002. 6(1): p. 67-97.
14. Brondízio, E.S. **The Amazonian caboclo and the açai palm: forest farmers in the global market**. *Advances in Economic Botany*, 2008. 16: p. iii-403.
15. Tavares, G.D.S., A.K.O. Homma, A.J.E.A. de Menezes, e M.P. Palheta. **Análise da produção e comercialização de açai no estado do Pará, Brasil**. *International Journal of Development Research*, 2022. 10(4): p. 35215-35221.
16. Goulding, M. e N. Smith. **Palms: Sentinels for Amazon conservation**. 2007: Missouri Botanical Garden Press. 356.
17. Homma, A.K.O., O.L. Nogueira, A.J.E.A. de Menezes, J.E.U. de Carvalho, et al. **Açai: novos desafios e tendências**. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, 2006. 1(2): p. 7-23.
18. Costa, M.D.R., A.K.O. Homma, F.K. Rebello, A.D.S. Souza Filho, et al. **Atividade agropecuária no Estado do Pará**. *Documentos/Embrapa Amazônia Oriental*, 2017(432): p. 174.
19. SEDAP. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca: **Indicadores**. n.d.; Available from: <https://www.sedap.pa.gov.br/boletim-cvis>.
20. Hiraoka, M. **Miriti (*Mauritia flexuosa*) palms and their uses and management among the ribeirinhos of the Amazon estuary**, in *Advances in Economic Botany*, C. Padoch, et al., Editors. 1999, The New York Botanical Garden Press: New York. p. 169-186.

# Energia da Água, Vento e Sol

O Brasil tem um dos maiores potenciais hidrelétricos do mundo, atrás apenas da China, e a maior parte desse potencial encontra-se na Bacia Amazônica. Já na década de 1950, o governo brasileiro traçou planos para investir pesadamente em seu potencial hidrelétrico, dando início ao longo processo de levantamento e monitoramento dos recursos hídricos brasileiros, incluindo rios na Amazônia e, especialmente, aqueles com cabeceiras nas áreas dos escudos brasileiro e das Guianas. Ao contrário da maioria dos países do mundo que represaram seus rios principais, nunca houve propostas políticas sérias para represar o rio Amazonas, apesar de estudos altamente teóricos sugerirem que isso seria possível. A maior parte da atividade hidrelétrica do Brasil concentrou-se nas regiões Centro-Sul e Sul, nas décadas de 1950 e 1960, na região Nordeste, na década de 1970, e, finalmente, na Bacia Amazônica, no final da década de 1970. As hidrelétricas geravam mais de 90% da energia elétrica brasileira no início da década de 1990 e supõe-se que o fornecimento desse setor predomine na geração de energia até pelo menos 2030 [1]. Em 2021, a capacidade elétrica total brasileira foi de cerca de 180 GW, dos quais cerca de 60% foram gerados por hidrelétricas, 24% por termelétricas, 11,4% por parques eólicos, 2,6% por energia solar e 1,1% por uma usina nuclear [2].

A Amazônia representa cerca de 32% da potência instalada de usinas hidrelétricas no Brasil, sendo 98,8% produzida por grandes barragens (>5.000 kW) e apenas 1,2% por pequenas barragens (5-30 MW). Existem sete hidrelétricas em rios que deságuam diretamente nas águas do Estuário Amazônico, incluindo os afluentes dos escudos brasileiro e das Guianas. As barragens dos afluentes do sul incluem as maiores hidrelétricas da Bacia Amazônica, que são as de Tucuruí, no rio Tocantins, e de Belo Monte, no rio Xingu. Os rios represados para a geração de energia que nascem no Escudo das Guianas incluem o rio Jari e o rio Araguari. As hidrelétricas desses rios provenientes dos escudos brasileiro e das Guianas representam cerca de 61% da energia hidrelétrica gerada na Amazônia brasileira e 19% da energia gerada no Brasil [3]. Além disso, há várias hidrelétricas em avaliação ao norte do rio Amazonas, no rio Paru e rio Jari. No entanto, a viabilidade de algumas dessas hidrelétricas está comprometida por se situarem em áreas de unidades de conservação [4].

Além das hidrelétricas nos rios, as marés têm sido consideradas como uma promissora fonte hídrica de energia na região do Estuário Amazônico. Os movimentos das marés foram utilizados como fonte direta de energia no final do século XIX e início do século XX, por usinas de cana-de-açúcar estabelecidas próximas às cidades de Belém e Igarapé-Miri, em áreas de várzea de maré [5]. Essas usinas de maré não produziam eletricidade, mas usavam a energia das marés para processar a cana-de-açúcar. Elas armazenavam água na maré alta e a liberavam na maré baixa, produzindo energia por apenas cerca de metade do ciclo diário das marés [6]. O uso da energia das marés também foi difundido em usinas de cana-de-açúcar na costa nordeste da América do Sul, incluindo no Suriname, Guiana Francesa e São Luis (Maranhão) [7].





Um arco de barragens foi construído ao redor do Estuário Amazônico, na borda dos escudos do Brasil e das Guianas, onde estão as quedas d'água. Cataratas e declividades associadas a elas favoreceram a construção dessas hidrelétricas. Dos grandes rios que deságuam no Estuário Amazônico, apenas o rio Amazonas não foi, e não será, represado.

O potencial brasileiro de energia gerada pelas marés é, teoricamente, estimado em cerca de 114 GW, dos quais cerca de 22 GW, ou 13% do total, viriam do Estuário Amazônico e das costas do Pará e Amapá [8]. Atualmente, não há geração significativa de energia das marés no Estuário Amazônico, mas estudos indicam a viabilidade econômica de gerar energia das marés na vizinha São Luís (Maranhão) durante a noite (19-20h), quando os preços da energia estão mais altos [9]. Para gerar eletricidade a partir da energia das marés é necessário algum tipo de turbina hidrocínética, que idealmente não interrompa o curso natural da água, como fazem as hidrelétricas. No caso



A barragem de Tucuruí está situada a cerca de 250 km de sua foz no rio Pará e é o limite superior do Baixo Tocantins, onde se encontravam as primeiras grandes cataratas.



Hidrelétrica de Belo Monte no Baixo Xingu, próximo às corredeiras da Volta Grande do Xingu.





A barragem de Icoaracy Nunes, no rio Araguari, foi a primeira grande barragem da Amazônia oriental. Duas barragens foram construídas posteriormente nas suas proximidades.



A Hidrelétrica Ferreira Gomes é a barragem mais a jusante do rio Araguari, situada logo a montante da ponte que liga a principal rodovia entre Macapá e a Guiana Francesa.



A Usina Hidrelétrica de Santo Antônio do Jari, no rio Jari, foi construída nas suas primeiras cataratas.

do Estuário Amazônico, entretanto, o volume de sedimentos transportados pelo rio Amazonas apresenta grandes desafios à funcionalidade das turbinas. Os sedimentos podem rapidamente se concentrar nas proximidades da turbina, causando fadiga na estrutura e diminuição da eficiência hidráulica. Isso, por si só, não inviabiliza as turbinas de maré, mas exige um investimento maior em pesquisa [10].

Embora moinhos de vento sejam relativamente comuns no leste da Bacia Amazônica, eles são encontrados somente onde houve desmatamento. A cobertura florestal e os fracos sistemas eólicos tornam improvável o uso em larga escala da energia eólica na floresta amazônica [11]. No entanto, uma faixa costeira com cerca de 100 km de largura, que se estende ao longo das regiões Norte e Nordeste, apresenta condições favoráveis para a geração de energia eólica, por apresentar mais áreas abertas e ventos médios anuais relativamente altos, resultante da combinação de ventos alísios de leste com brisas terrestres e marítimas [8]. Os levantamentos do potencial eólico no Brasil para a produção de energia tiveram início na década de 1970, quando foram obtidos registros anemométricos a uma altura de 10 m ao longo da costa e interior. Um levantamento mais completo ocorreu na década de 2000, quando foi utilizado um software de modelagem eólica de superfície e medidas de torres de até 77 m de altura para estimar velocidades médias anuais e fluxos de energia eólica para uma altura de 50 m [8].





A Cachoeira de Santo Antônio, no rio Jari, antes da construção da hidrelétrica.

O potencial eólico offshore da costa brasileira é estimado em 697 GW, considerando velocidades acima de 7 m/s a 100 m de altura. As velocidades médias anuais dos ventos nas áreas costeiras do Amapá e Pará variam entre 5m/s e 7,5m/s, em comparação com entre 6 m/s e 9 m/s nos litorais do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte [12]. A Região Nordeste é, portanto, mais atraente atualmente para o desenvolvimento da energia eólica, especialmente em alturas de até 50 m. Nessa altura, cerca de metade do potencial de geração de energia eólica encontra-se no litoral da Região Nordeste, e 28% no litoral da Região Norte [13]. Embora 11,4% da eletricidade gerada pelo Brasil em 2021 tenha vindo de parques eólicos, nenhum foi instalado na região do Estuário Amazônico [3].

Embora grande parte da região amazônica esteja mais próxima da linha do Equador, seu potencial médio anual de energia solar é semelhante ao do sul do Brasil, que fica em grande parte fora dos trópicos. A maior cobertura de nuvens e as intensas chuvas na Amazônia refletem parte da radiação solar no topo da atmosfera e reduzem a sua quantidade ao nível do solo. Assim, a energia solar sozinha na Amazônia não é ideal para suprir nem mesmo a demanda local ao longo do ano. No entanto, a radiação solar na Amazônia ainda é considerável, em torno de 5,5 MW/m<sup>2</sup>, tornando-a adequada, em muitos casos, para sistemas híbridos de produção de energia, que utilizam duas ou mais fontes de energia [14].

A energia solar é convertida em energia elétrica através de tecnologias fotovoltaicas ou heliotérmicas. As tecnologias fotovoltaicas utilizam um processo eletrônico que depende de materiais semicondutores que geram eletricidade a partir da luz solar. Em contraste, os painéis solares heliotérmicos refletem a luz solar por vários meios para um único ponto receptor, onde um líquido é aquecido. Embora a tecnologia heliotérmica seja geralmente a mais barata, as tecnologias fotovoltaicas são as mais comuns no Brasil, pois podem ser implementadas em sistemas isolados ou conectados a uma rede. Sistemas isolados são adequados para áreas rurais da Amazônia que não têm acesso à rede elétrica comercial. Há uma grande variação na geração de energia em redes conectadas, que podem ser residenciais, compartilhadas ou em plantas comerciais [8]. Milhares de instalações fotovoltaicas foram instaladas no Estuário Amazônico, com potência variando de 0,24 kW, para fins residenciais, a 2.205 kW para operações comerciais. Dos cerca de 200 MW de energia solar produzidos na região do Estuário Amazônico em 2022, a maioria é para unidades residenciais (68%) e comerciais (25%). A capacidade das usinas comerciais, em geral, é inferior a 500 kW e apenas oito conseguem gerar mais do que esse valor [3].

Os estudos sísmicos para identificar as reservas de petróleo ou gás nas áreas sedimentares marítimas próximas à foz do rio Amazonas começaram na década de 1970. Levantamentos e perfurações exploratórias em águas rasas começaram no final da década de 1990 e em águas profundas no início dos anos 2000 [15]. Poços comerciais de petróleo perfurados na Guiana Francesa, na bacia sedimentar marítima, exportaram 100 milhões de barris em 2018. Esses poços sugerem que a área costeira do rio Amazonas é uma fonte de petróleo potencial e promissora por apresentar uma formação geológica semelhante [16]. A perfuração exploratória está atualmente sendo realizada por empresas de prospecção de petróleo numa área concentrada na porção norte da Bacia Geológica da Foz do Amazonas, a mais de 120 km da costa, próxima ao limite territorial marítimo com a Guiana Francesa. Essas áreas são delimitadas por blocos medindo algumas centenas de quilômetros quadrados e, embora esses blocos cubram uma área com profundidades que variam de 200 a 3.400 m, a perfuração se concentrará em águas que excedam 1.000 metros de profundidade [15].

## Referências

1. ANA. **Plano estratégico de recursos hídricos dos afluentes da margem direita do rio Amazonas: diagnóstico**. Vol. 1. 2013, Brasília: Agência Nacional de Águas: ANA.
2. EPE. **Empresa de Pesquisa Energética: Publicações**. n.d. [cited 2022 November 17, 2022]; Available from: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes>.
3. ANEEL. **Consulta de cadastro de empreendimentos da ANEEL**. n.d. [cited 2022 November 17, 2022]; Available from: [http://www2.aneel.gov.br/scg/Consulta\\_Empreendimento.asp](http://www2.aneel.gov.br/scg/Consulta_Empreendimento.asp).
4. da Costa, G.M., H.V. do Carmo Pimentel, e M.M. de Aguiar Cavalcante. **Implicações da implantação de usinas hidrelétricas e unidades de conservação na bacia hidrográfica do rio Amazonas**. Revista Equador, 2020. 9(9): p. 233-251.



5. Anderson, S.D. e F.L.T. Marques. **Engenheiros movidos a maré no estuário do Amazonas: vestígios encontrados no município de Igarapé-miri, Pará.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 1992. 8(2): p. 295-301.
6. Anderson, S.D., M. Nogueira, F.L.T. Marques, e O.T. Coomes. **Tide-generated energy at the Amazon estuary: The use of traditional technology to support modern development blackwater rivers, adaptation, and environmental heterogeneity in Amazonia.** Renewable Energy, 1993. 3(3): p. 271-278.
7. Anderson, S.D., F.L.T. Marques, e M.F.M. Nogueira. **The usefulness of traditional technology for rural development: the case of tide energy near the mouth of the Amazon,** in Várzea: diversity, development, and conservation of Amazonia's whitewater floodplains, C. Padoch, et al., Editors. 1999, New York Botanical Garden Press. p. 329-344.
8. Tolmasquim, M.T. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica.** 2016, Rio de Janeiro: EPE.
9. Pereira, J.D., P.B. Neto, O.R. Saavedra, A.R. Torres, et al. **Operação econômica de um sistema de autoprodução de energia baseada em correntes de maré considerando sistema de armazenamento,** in Congresso Brasileiro de Automática-CBA. 2019.
10. Machado, E., O.R. Saavedra, e L. Paucar. **Análise de desempenho da potência hidráulica de uma turbina hidrocínética em ambientes com alto conteúdo de sedimentos,** in The 12th Latin-American Congress on Electricity Generation and Transmission. 2017: Mar del Plata, Argentina. p. 1-7.
11. Matos, F.B., J.R. Camacho, P. Rodrigues, e S.C. Guimarães. **A research on the use of energy resources in the Amazon.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011. 15(6): p. 3196-3206.
12. Amarante, O.A.C., M. Brower, e J. Zack. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro.** 2001, Brasília: MME / ELETROBRÁS / CEPEL.
13. EPE. **Roadmap Eólica Offshore no Brasil,** M.e.T.M. Secretaria de Geologia, Editor. 2020, EPE/Empresa de Pesquisa Energética.
14. Pereira, E.B., F.R. Martins, S.L.d. Abreu, e R. Rüther. **Atlas brasileiro de energia solar.** 2006, São José dos Campos: INPE. 58.
15. BP, T.e.Q.G.A. **Estudo Ambiental de Caráter Regional. Atividades de perfuração marítima nos Blocos FZA-M-59 - BP Energy do Brasil (BP); FZA-M-57, FZA-M-86, FZA-M-88, FZA-M-125, FZA-M-127 -Total E&P do Brasil (TOTAL) e FZA-M-90 - Queiroz Galvão Exploração e Produção (QGEP).** 2015.
16. EIA. **U.S. Energy Information Administration.** n.d. [cited 2022 November 17, 2022]; Available from: [https://www.eia.gov/dnav/pet/PET\\_MOVE\\_EXPC\\_DC\\_NUS-NFG\\_MBBL\\_A.htm](https://www.eia.gov/dnav/pet/PET_MOVE_EXPC_DC_NUS-NFG_MBBL_A.htm).

# Agricultura

Estudos arqueológicos, como os da Ilha do Marajó, indicam que paisagens no Estuário Amazônico foram modificadas a pelo menos 6.000 anos para a agricultura [1, 2]. Vários tipos de aterros, como os tesos do Marajó, foram usados como adaptações contra inundações sazonais ou mesmo por marés em alguns casos. Pouco desmatamento parece ter ocorrido antes da chegada dos europeus e as paisagens de zonas alagadas foram modificadas principalmente por incêndios causados por raios ou provocados pelo homem nas áreas de savana durante a estação seca. Os incêndios provocados pelo homem eram usados para limpar terras para espécies de plantas que produzem frutos e nozes comestíveis ou para plantas usadas na construção. O predomínio das palmeiras nas paisagens do Marajó deve-se, de algum modo, aos incêndios provocados pelo homem. O fogo também era usado por caçadores nas áreas alagadas do Marajó durante a estação seca para expor a tartaruga muçua, uma prática que continuou até os tempos modernos. No Marajó, a introdução do gado bovino, em meados do século XVII, e, posteriormente, a dos búfalos levou à expansão dos campos para pastagens e, em alguns casos, para



Plantação de arroz na área de savana no sudeste da Ilha do Marajó. Os campos de arroz são irrigados durante a estação seca.





O mapa mostra as principais áreas de produção de arroz e soja no Estuário Amazônico, conforme indicado pelos municípios. A fronteira da soja no Brasil alcança apenas a parte sul da Bacia do Guamá. O cultivo de arroz é relativamente isolado, mas resultados promissores foram relatados para a Ilha do Marajó, embora tenha havido resistência política contra sua expansão por lá.

plantações de cacau e cana-de-açúcar [3, 4]. Alguns dos primeiros desmatamentos da várzea no Estuário Amazônico ocorreram ao longo do baixo rio Tocantins, para plantações de cacau, e continuou até pelo menos o final do século XIX. Durante o século XVII, a floresta de várzea também foi desmatada para o plantio de cana-de-açúcar e para a construção de centenas de pequenos engenhos, alguns dos quais usavam a força das marés para moer a cana para a produção de açúcar [5] e para a produção de rum branco (aguardente) pelas destilarias locais [4]. Nesse período, as áreas de várzea foram mais visadas



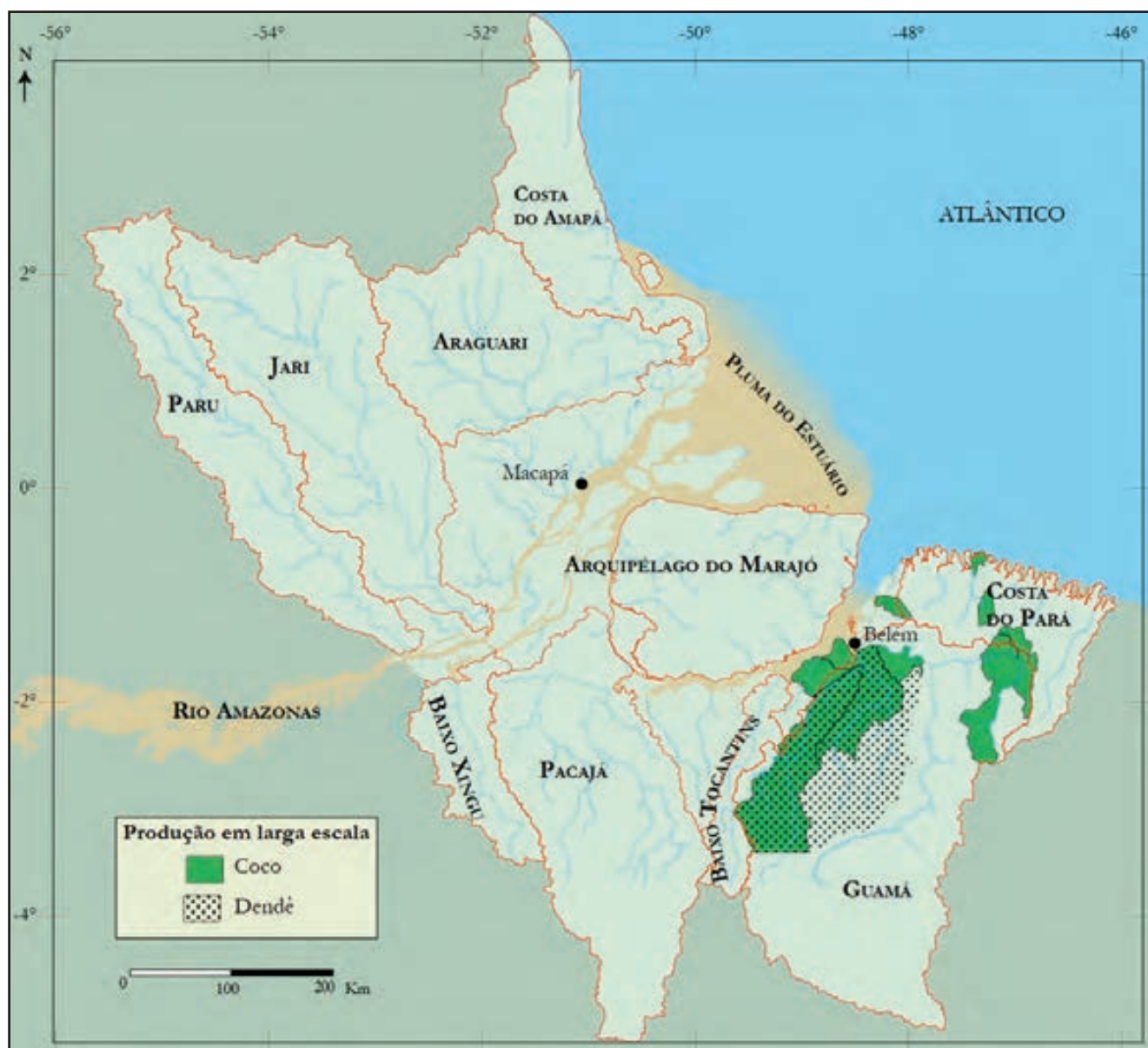


Vista da cidade de Cachoeira do Arari na Ilha do Marajó com campo de arroz ao fundo. O arroz é transportado por rodovias até um porto no rio Arari, onde é embarcado para seguir viagem por rio.



Arroz na Ilha do Marajó próximo à cidade de Cachoeira do Arari, pronto para ser colhido.





Pará tornou-se um produtor de grande escala de coco e dendê, com a maior parte desta atividade concentrada na Bacia do Guamá.

do que as de terra firme devido aos seus solos mais ricos, especialmente próximo a Belém, Abaetetuba, Igarapé-Miri e partes do sul da Ilha do Marajó.

Os imigrantes japoneses que se estabeleceram em Tomé-Açu, na Bacia do Guamá, em 1929, foram pioneiros modernos que introduziram a monocultura agrícola na Amazônia Oriental. A principal cultura foi a pimenta-do-reino, mas as perdas causadas pelo fungo *Fusarium* e os problemas relacionados aos preços durante a década de 1970 forçaram os agricultores de Tomé-Açu a diversificar e adotar uma variedade de sistemas agroflorestais [6]. A comunidade de Tomé-Açu experimentou mais de 70 espécies de culturas originárias, principalmente de quintais e campos experimentais

Palmeiras adultas de dendê na Bacia do Guamá, a nordeste de Belém.



Mudas de dendzeiro sendo plantadas em área próxima a Belém. A produção de dendê continua a se expandir ao sul e ao norte do Estuário Amazônico.





Plantação de dendê na área da Franja do Estuário Amazônico, a nordeste da cidade de Macapá.

locais, tendo sido documentadas cerca de 300 combinações consorciadas dessas culturas [7]. As fazendas de Tomé-Açu têm um aspecto irregular, com várias espécies de diferentes idades presentes em uma variedade de combinações consorciadas [8, 9]. As sequências dessas culturas assemelham-se à sucessão natural, procedendo de estágios herbáceos a arbóreos, permitindo o uso permanente de campos agrícolas [8].

A agricultura de grande escala no estado do Pará teve início no final da década de 1960, com a construção da Rodovia Belém-Brasília. O sucesso potencial desse tipo de agricultura na Amazônia, especialmente a baseada na monocultura, tem sido calorosamente debatido por ambientalistas desde, pelo menos, a década de 1970, que consideram a hipótese de que os solos subjacentes à floresta tropical são muito pobres em nutrientes inorgânicos para apoiar tais empreendimentos [10]. Ao contrário das ideias levantadas por cientistas ambientais, a EMBRAPA e os interesses privados do Brasil avançaram na construção da capacidade intelectual e prática para desenvolver solos tropicais de terra firme para a agricultura em larga escala. Apesar da pobreza de nutrientes, as limitações físicas gerais para melhorar certos grupos de solos para monoculturas em larga escala e em extensas áreas mostraram-se menos dispendiosas do que o previsto. Foram disponibilizadas ou desenvolvidas tecnologias que permitiram a utilização de solos com textura argilosa, má drenagem, alta acidez e baixa disponibilidade de nutrientes [11]. Os solos de terra firme em grande parte da





Plantação de coco perto de Belém. As plantações de palmeiras estão se expandindo para áreas que foram desmatadas para a produção de gado.



A produção de coco no Pará continua em expansão e atualmente abastece os mercados local e nacional.





O forte mercado internacional de açai expandiu a plantação de açai para terra firme, pois as áreas manejadas na várzea são insuficientes para atender a demanda. A imagem mostra uma plantação de açai perto de Belém.

Amazônia Oriental têm propriedades físicas relativamente boas, que, se manejadas adequadamente, têm demonstrado ter potencial para vários tipos de agricultura em larga escala. Além disso, solos aluviais depositados pelas águas do rio Amazonas têm potencial para alguns tipos de agricultura ou silvicultura manejadas, como o açai [12], embora as constantes inundações de maré limitem a expansão das monoculturas se as áreas alagadas não forem adequadamente manejadas. Outras áreas, especialmente na Ilha do Marajó e no cerrado do Amapá, são adequadas para a cultura de arroz e búfalos [13].

Três grupos principais de solos são encontrados na Amazônia Oriental. Latossolos e argissolos são, de longe, os mais extensos. Os latossolos têm um teor de argila geralmente homogêneo, enquanto os argissolos são mais arenosos na superfície, o que lhes confere uma maior capacidade de acumular e disponibilizar água ao longo do tempo. Na Amazônia Oriental, solos aluviais de origem andina são limitados principalmente às áreas alagadas do Estuário Amazônico, incluindo a costa do Amapá, onde os sedimentos do rio Amazonas são desviados pela Corrente do Norte





As plantações de dendezeiros também estão se expandindo no estado do Amapá, em áreas de terra firme próximas às rodovias, onde outras culturas arbóreas estão presentes há várias décadas.

do Brasil. Dependendo de sua textura argilosa, os argissolos suportam uma grande variedade de culturas e podem ser usados como pastagem ou aqueles com maior teor de argila são satisfatórios para culturas de grãos mecanizados. Solos aluviais (gleissolos) são encontrados em áreas alagadas sazonalmente ou por marés e, conseqüentemente, têm drenagem deficiente, com o lençol freático permanecendo próximo ou na superfície durante a maior parte do ano. A fertilidade varia de acordo com a origem dos sedimentos que formam os solos e as características de drenagem. Outro grupo de solos com má drenagem encontrado na região são os plintossolos, que podem suportar o cultivo de grãos em larga escala com o uso de irrigação/drenagem, como o cultivo de arroz [14].

O Pará é, hoje, um dos estados agrícolas mais importantes do Brasil, tendo ocupado o nono ou décimo lugar em valor bruto da produção agrícola nacional nos últimos anos [15]. Grande parte da área agrícola do estado encontra-se em bacias hidrográficas que drenam diretamente para o Estuário Amazônico, como a do rio Guamá. A expansão agrícola no Amapá também avançou rapidamente nas últimas décadas, como as culturas de árvores para celulose na Bacia do Araguari e nas bacias que formam a franja do estuário [16, 17]. Doze lavouras representaram 98% da produção agrícola total do Pará em 2021. Soja, açaí cultivado e mandioca representaram 65% do total, seguidos por cacau, milho, dendê, banana e abacaxi, que representaram 28% do total. A produção agrícola do





A Silvicultura na Região do Estuário Amazônico está concentrada no norte do rio Amazonas, tanto no Amapá quanto no Pará. No Pará, está centralizada no Baixo Jari, perto de Laranjal do Jari, onde está instalada a fábrica de processamento de celulose. No Amapá, está centralizada na área da Franja do Estuário, perto de Macapá. A imagem mostra uma silvicultura de pínus caribenho.

Amapá em 2021 baseou-se principalmente em mandioca, banana, abacaxi e soja e sua produção total representou apenas 1% da produção total do Pará. Comparando o valor da produção local com a nacional, as culturas mais importantes no Estuário Amazônico são o dendê e o açaí cultivado, cuja produção representa, respectivamente, entre 99% e 95% do total do Brasil. A pimenta-do-reino, o coco e a mandioca produzidos no Estuário Amazônico também têm relevância nacional, contribuindo entre 13% e 23% para a produção nacional. O Pará é o maior produtor de cacau do Brasil, responsável por 48% da produção nacional, mas a maior parte dessa produção tem origem no sul do estado, e a região do Estuário Amazônico contribui com apenas 6% do cacau produzido no Pará e 3% do produzido no Brasil. A produção de arroz em larga escala no Pará responde por apenas 1% do arroz produzido no Brasil, mas há o interesse para esse tipo de agricultura no Estuário Amazônico, que está concentrada no leste da Ilha do Marajó, tendo em vista o elevado rendimento dessa produção (>4.000 kg/ha). No entanto, sua expansão tem sido dificultada por preocupações ambientais, pois esta atividade ocorre em uma área de proteção ambiental que é histórica e economicamente dominada pela pecuária [15].

O sucesso econômico comprovado das culturas de palmeiras no Estuário Amazônico, como dendê, açaí e coco, indica a sua promessa para a agricultura arbórea. O cultivo do dendê visa abastecer o mercado nacional com óleo para as indústrias de alimentos, cosméticos e energia. O envolvimento da agroindústria do dendê com grandes empresas de energia, como a Petrobras, visa suprir o mercado internacional de agroenergia, cuja rápida expansão está prevista para os próximos 20 a 50 anos. Espera-se também que a produção de óleo de dendê reduza em dois terços as importações dos produtos que usam óleos vegetais [18]. Historicamente, a cultura do coco no Brasil concentrou-se na região Nordeste e assim permaneceu até a década de 1980. Desde então, grandes empresas que atuam no Nordeste passaram a investir no cultivo de coco no Estuário Amazônico. Atualmente, a maior área contínua de coqueirais do mundo está centrada no município de Moju, a sudoeste de Belém, e em 2021 o Pará se tornou o segundo maior produtor nacional, em termos de valores de produção e o terceiro em termos de toneladas produzidas [19].

## Referências

1. Roosevelt, A.C. **Moundbuilders of the Amazon: geophysical archaeology on Marajó Island, Brazil**. 1991: Academic Press.
2. Roosevelt, A.C. **The Amazon and the Anthropocene: 13,000 years of human influence in a tropical rainforest**. *Anthropocene*, 2013. 4: p. 69-87.
3. Smith, N.J. **Amazon sweet sea: land, life, and water at the river's mouth**. 2002, Austin: University of Texas Press.
4. Smith, N.J.H. **Land use dynamics in the amazon estuary and implications for natural resource management**. *Amazoniana*, 2001. 16(3/4): p. 517-537.
5. Anderson, S.D., F.L.T. Marques, e M.F.M. Nogueira. **The usefulness of traditional technology for rural development: the case of tide energy near the mouth of the Amazon**, in *Várzea: diversity, development, and conservation of Amazonia's whitewater floodplains*, C. Padoch, et al., Editors. 1999, New York Botanical Garden Press. p. 329-344.
6. Yamada, M. e H.L. Gholz. **An evaluation of agroforestry systems as a rural development option for the Brazilian Amazon**. *Agroforestry Systems*, 2002. 55(2): p. 81-87.
7. Yamada, M. **Japanese immigrant agroforestry in the Brazilian Amazon: A case study of sustainable rural development in the tropics**. 1999, University of Florida: Gainesville, USA.
8. Subler, S. e C. Uhl. **Japanese agroforestry in Amazonia: A case study in Tomé-Açu, Brazil**, in *Alternatives to Deforestation: Steps toward Sustainable Use of the Amazon Rain Forest*, A.B. Anderson, Editor. 1990, Columbia University Press: New York, USA. p. 152-166.
9. Serrão, E.A.S. e A.K.O. Homma. **Sustainable agriculture in the humid tropics – Brazil**, in *Sustainable Agriculture and the Environment in the Humid Tropics*, N.R. Council, Editor. 1993, National Academy Press: Washington, DC, USA. p. 265–351.



10. Irion, G. **Soil infertility in the Amazonian rain forest**. *Naturwissenschaften*, 1978. 65(10): p. 515-519.
11. Manzatto, C.V., E.D. Freitas Junior, e J.R.R. Peres. eds. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. 2002, Embrapa Solos: Rio de Janeiro. 174 p.
12. Anderson, A., A. Gély, J. Strudwick, G. Sobel, et al. **An agroforestry system on the Amazon estuary plain (Ilha das Onças, Município de Barcarena, Estado do Pará)**. *Acta Amazonica*, 1985. 15(1-2, supplement): p. 195-224.
13. Silva, B.D. e J.D.S. Carvalho. **Os solos da Amazônia oriental, in Pesquisas sobre a utilização e conservação do solo na Amazônia oriental**. 1986, EMBRAPA - CPATU: Belém. p. 15-41.
14. IBGE. Manual técnico de pedologia. 3. ed. ed. **Manuais técnicos em geociências**. Vol. 4. 2015, Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.
15. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. n.d.; Available from: <https://www.ibge.gov.br/>.
16. Rauber, A.L., C.S.d. Almeida, e M.E. Ferreira. **Atores da paisagem: o padrão temporal e espacial de focos de queimadas no Estado do Amapá entre os anos 2000 e 2019 e as influências das práticas e saberes indígenas**. *Ciência Geográfica*, 2020. XXIV(2): p. 535-553.
17. Costa, M.D.R., A.K.O. Homma, F.K. Rebello, A.D.S. Souza Filho, et al. **Atividade agropecuária no Estado do Pará**. *Documentos / Embrapa Amazônia Oriental*, 2017(432): p. 174.
18. Homma, A.K.O. e I.C.G. Vieira. **Colóquio sobre dendezeiro: prioridades de pesquisas econômicas, sociais e ambientais na Amazônia**. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, 2012. 8(15): p. 79-90.
19. Fróes-Jr, P.S.M., W.L.C.D. Aviz, F.K. Rebello, e M.A.S.D. Santos. **Sources of growth and spatial concentration of coconut crop in the state of Pará, Brazilian Amazon**. *Journal of Agricultural Science*, 2019. 11(2): p. 159-168.

# Pecuária

Os búfalos foram introduzidos no Brasil pela primeira vez na década de 1890. Essa introdução ocorreu na Ilha do Marajó por causa da extensão de seus campos alagados e da adaptação desses bovinos às áreas alagadas. Os búfalos foram originalmente introduzidos para a produção de carne, mas nas décadas de 1980 e 1990 o interesse pela produção leiteira aumentou [1, 2]. Os búfalos são hoje parte integrante da cultura e da paisagem dos campos alagados da Ilha do Marajó e são utilizados não só para alimentação, mas também para tração e transporte em fazendas e, muitas vezes, em centros urbanos, inclusive fazendo parte da polícia montada da região. Hoje, o rebanho bubalino no Brasil é de mais de 1,5 milhão de animais e o estado do Pará possui o segundo maior



A criação do búfalo exótico é preferida em relação ao gado zebuino na maioria das áreas alagáveis da Amazônia Oriental. Esta é uma espécie semiaquática que é encontrada em grande número na Ilha do Marajó e na Costa do Amapá.





O mapa mostra a distribuição dos rebanhos bovino e bubalinos no Estuário Amazônico conforme indicado pelos municípios. Note que os búfalos dominam os campos do norte e o gado os do sul do Pará. Os búfalos são hoje uma grande força ambiental nas áreas alagadas.

rebanho bovino e o primeiro maior rebanho bubalino do Brasil, sendo o Amapá o segundo maior rebanho bubalino. Os maiores rebanhos bovinos são encontrados no sul do estado do Pará, fora das bacias que deságuam diretamente no Estuário Amazônico. A única área do estuário que tem um expressivo rebanho bovino é a Bacia do Pacajá, que deságua no rio Pará e é cortada pela Rodovia Transamazônica em seu trecho superior, onde a expansão agrícola continua. Em contrapartida, os rebanhos bubalinos estão concentrados no Estuário Amazônico, onde está localizado cerca de 82% do rebanho, o que representa cerca de metade do rebanho de todo o Brasil [3].



Pecuária de búfalos durante a estação chuvosa na Ilha do Marajó, quando grande parte dos campos ficam alagados e o gado precisa ser conduzido para terras mais altas.



Gado zebu durante a estação seca na savana oriental da Ilha do Marajó. Os animais ficam altamente estressados durante a estação seca devido à falta de alimento e, muitas vezes, de água.





Búfalo nas savanas do Amapá durante a estação seca. Os animais engordam principalmente durante a estação chuvosa, período em que as plantas herbáceas, das quais se alimentam, mais crescem.

## Referências

1. Bernardes, O. **Bubalinocultura no Brasil: situação e importância econômica.** Revista Brasileira de Reprodução Animal, 2007. 31(3): p. 293-298.
2. Rosa, B.R.T., M.M.G. Ferreira, M.L. Avante, D.Z. Zangirolami Filho, et al. **Introdução de búfalos no Brasil e sua aptidão leiteira.** Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, 2007. 8: p. 1-6.
3. FAPESPA. **Boletim agropecuário do Pará 2021**, E.e.P.S.e.A. Conjuntural, Editor. 2021, FAPESPA: Belém, PA. p. 82 p.

# Mineração e Minerais

A Bacia Amazônica e suas áreas costeiras são ricas em recursos minerais devido à sua geologia diversificada, favoráveis à concentração de vários elementos, que vão desde algumas das formações mais antigas da terra até sub-bacias sedimentares relativamente modernas. Os países europeus coloniais tinham grandes esperanças de encontrar riquezas minerais sob a floresta tropical e nos rios, especialmente ouro e pedras preciosas [1], mas grandes riquezas minerais só se tornaram realidade após levantamentos geológicos em larga escala a partir das décadas de 1940 e 1950 [2]. Os estados do Pará e Amapá são atualmente os maiores produtores de alumínio, cobre, ferro e manganês e um dos principais produtores de cromo, estanho, ouro e níquel do Brasil [3]. A maioria desses locais



A imagem mostra a mina de manganês que opera desde a década de 1970 na Serra do Navio, ao norte de Macapá, na Bacia do Araguari.





Algumas das principais áreas minerais na Região do Estuário Amazônico que já estão sendo lavradas ou que estão em processo de concessão.

de mineração está dentro de bacias que drenam diretamente para o Estuário Amazônico, sendo especialmente importantes as áreas geologicamente antigas do Escudo das Guianas, ao norte do rio Amazonas, a Província Transamazônica Maroni-Itacaiúnas, ao sul do rio Amazonas, e a Província Sedimentar Parnaíba ou Meio Norte, no sudeste do Estuário Amazônico [4, 5].

Os minerais mais importantes da Região do Estuário Amazônico incluem bauxita, ouro, ferro, calcário e argila [6-8]. Os primeiros grandes projetos de mineração ou de processamento mineral na região do Estuário Amazônico ocorreram na década de 1950, com o início da exploração do manganês, na Serra do Navio, na Bacia do Araguari e no estado do Amapá; e na década de 1970, com a exploração da bauxita na Bacia do Trombetas, no estado do Pará, que era transportada para uma fábrica de processamento perto de Belém. Ainda na década de 1970 e após o começo da exploração de manganês e bauxita, teve início a extração de caulim em Mazagão, hoje Vitória do Jari, no Amapá, e na Bacia do rio Jari. Na década de 1980, o grande complexo Albras-Alunorte foi estabelecido nas margens do rio Pará, logo a jusante da confluência com o rio Tocantins, próximo a Barcarena, a sudoeste de Belém. Lá, a bauxita era transformada em alumina para então ser refinada para a produção de alumínio [2]. A bauxita é geralmente um material macio avermelhado, rico em alumínio, que é encontrado na rocha na forma de alumina. Na maioria dos casos, a extração de bauxita é economicamente rentável quando a rocha contém entre 50 e 55% de alumina, com teor mínimo aceitável de até 30%. Na região amazônica, a bauxita geralmente é encontrada próxima a superfície, abaixo de uma camada de argila amarelada de até 25 metros de profundidade. A lavra da bauxita é feita a céu aberto após a retirada dessa camada de argila [9, 10]. Os principais locais de mineração de bauxita incluem Trombetas, Juruti, Paragominas, Almerim, Mazagão e Carajás [11].



Garimpo em São Lourenço, no rio Calçoene, a leste da cidade de Calçoene, na região da Costa do Amapá.





Usina de processamento de alumínio na orla do rio Pará, a montante de Belém.

A Província de Bauxita de Paragominas abriga um dos maiores depósitos de bauxita do mundo e está situada entre as bacias dos rios Guamá e Gurupi, numa área de aproximadamente 50.000 km<sup>2</sup>, dominada por planaltos baixos que variam de cerca de 180 a 350 m de altitude [8, 10]. Esta região está na borda da Bacia Amazônica, tendo em vista que a Bacia do Guamá deságua no Estuário Amazônico e a do Gurupi deságua diretamente no Atlântico. O Brasil é um importante produtor de alumina e alumínio do mundo e grande parte é produzido no estado do Pará, embora as exportações de alumina sejam cerca de cinco vezes maiores do que as de alumínio processado [12]. A reserva mundial de bauxita gira em torno de 33,4 bilhões de toneladas, das quais 10% estão no Brasil e a maior parte no estado do Pará [9].

O caulim é encontrado principalmente em depósitos sedimentares e é composto essencialmente pelo mineral argiloso caulinita. Possui diversos usos industriais, inclusive na fabricação de papel e de materiais refratários a pressão, calor e produtos químicos. O caulim amazônico, com baixos níveis de impurezas, é encontrado em grande quantidade em áreas sedimentares [7]. A extração do caulim é feita por decapeamento e lavra a céu aberto por escavadeiras e máquinas de terraplanagem [13]. O Brasil está entre os 10 maiores produtores de caulim do mundo e suas principais reservas no Brasil (>90%) estão no estado do Pará, na região do Estuário Amazônico [14]. As principais empresas produtoras de caulim no estuário estão localizadas ao longo do rio Capim, na Bacia do Guamá, e na margem direita do rio Jari [8].





A refinaria da Hydro Alunorte processa bauxita em alumina-alumínio e está localizada na orla do rio Pará, a cerca de 30 km a sudoeste e a montante de Belém. Este processo consome muita água e energia, esta última proveniente da hidrelétrica de Tucuruí. Por ser uma fonte potencial de poluição da água e do ar, essa atividade necessita de monitoramento ambiental constante.



Depósito de rejeito sólido da refinaria de bauxita em alumina-alumínio, da Hydro Alunorte em Barcarena, na orla do rio Pará.





Tanques de sedimentação de caulim em primeiro plano e a fábrica de celulose com chaminé fumegante na parte central em Laranjal do Jari, no baixo Jari.

Na Amazônia oriental, o ouro é encontrado em depósitos aluviais, principalmente nas áreas dos escudos das Guiana e do Brasil, sendo que os estados do Pará e Amapá respondem por cerca de 28% da produção de ouro do Brasil. A mineração de ouro é feita desde o final da década de 1970 tanto por garimpeiros legais quanto ilegais, especialmente na Bacia do Tocantins, na sub-bacia de Itacaiúnas, que fica acima da Barragem de Tucuruí. A principal produção do Estado do Pará está na região de Carajás, na Bacia do Tocantins. No entanto, a que está mais próxima do Estuário Amazônico é a do Amapá [15]. A exploração formal de ouro no Amapá começou no século 19 na região de Lourenço, que fica nas cabeceiras do rio Calçoene, próximo à fronteira do Brasil com a Guiana Francesa. A extração era feita por garimpeiros tradicionais e, posteriormente, por cooperativas de garimpeiros; e somente em 2005 começou a produção industrial de ouro [16]. Com uma produção de 80 toneladas, o Brasil foi o décimo maior produtor mundial de ouro em 2017. O ouro é de grande importância para a economia do estado do Amapá, sendo responsável por mais da metade do valor de todas as exportações em 2021 [12]. As minas de ouro estão dispersas nas bacias dos rios Jari, Araguari, Oiapoque, Caciporé, Calçoene e Vila Nova [8].

As reservas de ferro na região da Pedra Branca do Amapari, na Bacia do Araguari, foram estimadas em 250 milhões de toneladas. Sua exploração teve início em 2007, quando aproximadamente 22.000 toneladas foram exportadas no mesmo ano. Uma sequência de empresas se revezou na operação da mina, mas um acidente no porto de embarque e a queda no preço do ferro afetaram profundamente sua operação. Mesmo com essas dificuldades, as exportações de minério de ferro em 2021 representaram 19% das exportações do estado do Amapá [12, 16].

Registros de uma antiga paleolaguna marinha são encontrados em grande parte do nordeste do Pará, onde ocorrem grandes depósitos de calcário formados a partir do acúmulo das conchas de carbonato de cálcio de organismos marinhos. O calcário é o principal componente do cimento e a Costa do Pará possui importantes jazidas próximas à superfície ao redor do município de Capanema. A mina de cimento Capanema extrai o calcário de uma camada de 20 metros de espessura, que está coberta por uma camada de apenas 3 metros de material que não é aproveitado industrialmente, que é removido durante o processo de extração. A exploração de calcário para a fabricação de cimento começou em 1962 com uma produção anual de cerca de 100.000 toneladas, que agora se expandiu para mais de 500.000 toneladas. Estima-se que a mina de Capanema possa ser explorada por pelo menos mais 50 anos [17-19]. A mina de calcário que é explorada atualmente e várias outras que estão previstas para serem exploradas no futuro estão dispersas nas bacias hidrográficas que deságuam diretamente no oceano na Costa do Pará, sendo as principais as dos rios Maracanã, Tracuateua e Caeté [8].

O uso da argila para cerâmica e utensílios no Estuário Amazônico tem uma rica história anterior à conquista europeia, como a cerâmica da Ilha do Marajó, que é bem documentada e admirada por seus grandes vasos [20]. A maior parte da argila é extraída próximo das margens dos rios e, em alguns casos, em praias e lamaçais durante as marés baixas. O setor cerâmico no Estuário Amazônico é composto principalmente por produtores informais e pequenas empresas que fabricam telhas, tijolos e artesanato. Existem dois polos de produção de argila para produtos cerâmicos: os de Abaetetuba, Igarapé-Miri e Muaná, ao longo do rio Pará; e os de São Miguel do Guamá e Irituia, na Bacia do Guamá. A argila usada pelas olarias pode ser obtida de minas próprias ou comprada de minas independentes [21].

## Referências

1. Machado, I.F. e S.F. de M. Figueirôa. **500 years of mining in Brazil: a brief review**. Resources Policy, 2001. 27(1): p. 9-24.
2. ANA. **Plano estratégico de recursos hídricos dos afluentes da margem direita do rio Amazonas: diagnóstico**. Vol. 1. 2013, Brasília: Agência Nacional de Águas: ANA.
3. ANM. **Anuário Mineral Brasileiro: principais substâncias metálicas**. 2020, Brasília: Agência Nacional de Mineração.



4. Bizzi, L.A., C. Schobbenhaus, R.M. Vidotti, e J.H. Gonçalves. **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG**. 2003, Brasília: CPRM - Serviço Geológico do Brasil.
5. Hoorn, C. e F.P. Wesselingh. **Amazonia, landscape and species evolution: a look into the past**. 2010: John Wiley & Sons. 447 p.
6. Cordani, U.G. e C. Juliani. **Potencial mineral da Amazônia: problemas e desafios**. Revista de Estudios Brasileños, 2019. 6(11): p. 91-108.
7. dos Santos, S.C.A., C.A.F.D. Rocha Junior, L.N. da Silva, R.S. Angélica, et al. **Caulins amazônicos: possíveis materiais de referência**. Cerâmica, 2013. 59: p. 431-441.
8. DNPM. **Dados de Mineração do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM): Shapefile para Download**. n.d. [cited 2022 18/11/2022]; Available from: <https://sogisbr.com/2011/06/21/dados-de-mineracao-para-download/>.
9. Sampaio, J.A., M.C.D. Andrade, e A.J.B. Dutra. **Bauxita**, in Rochas & minerais industriais: usos e especificações, A.B.d. Luz and F.A.F. Lins, Editors. 2005, CETEM/MCT: Rio de Janeiro. p. 279-304.
10. Negrão, L.B.A., M.L.d. Costa, e H. Pöllmann. **The Belterra Clay on the bauxite deposits of Rondon do Pará, Eastern Amazon**. Brazilian Journal of Geology, 2018. 48(3): p. 473-484.
11. Carvalho, A., B. Boulangé, A.J. Melfi, e Y. Lucas. eds. **Brazilian bauxites**. 1997, USP, FAPESP: São Paulo.
12. Comex. **Comex Stat**. n.d.; Available from: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/comex-vis>.
13. Luz, A.B.d., A.R.d. Campos, E.A.d. Carvalho, e L.C. Bertolino. **Caulim**, in Rochas & minerais industriais: usos e especificações, A.B.d. Luz and F.A.F. Lins, Editors. 2005, CETEM/MCT: Rio de Janeiro. p. 231-262.
14. Campos, A.P., C.C. Monteiro, J.P.A.d. Silva, e R.D. Silva. **Caulim: Sumário Mineral Brasileiro**, in Sumário Mineral: Série Estatísticas e Economia Mineral. 2018, Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM: Brasília.
15. Heider, M. e R.H.P.d. Andrade. **Ouro: Sumário Mineral Brasileiro**, in Sumário Mineral: Série Estatísticas e Economia Mineral. 2018, Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM: Brasília.
16. de Oliveira, M.J. e A. Mathis. **O recente ciclo de mineração no estado Amapá: uma análise preliminar com base na produção mineral, arrecadação de royalties e taxa anual por hectare**. Papers do NAEA, 2017. 26(1): p. 1-27.
17. Távora, V.A., E.S.F. Silveira, e J.M. Milhomem Neto. **Mina B-17, Capanema, PA: Expressivo registro de uma Paleolaguna do Cenozóico Brasileiro.**, in Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil., M. Winge, et al., Editors. 2009, CPRM: Brasília.
18. Kalife, K.D.R. **Mineração de calcário no município de Capanema, estado do Pará: uma análise a partir da percepção dos moradores do entorno da Jazida B-17**, in Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido (PDTU). 2013, Universidade Federal do Pará: Belém, PA. p. 118 p.
19. de Araújo Távora, V., N. Mesquita, S.R. de Souza, A.S.M. Cacula, et al. **Sistemática e tafonomia dos crustáceos decápodes da ecofácies Capanema da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), Estado do Pará**. Brazilian Journal of Geology, 2008. 32(2): p. 223-230.
20. Oliveira, J., S.S. Almeida, e R. Vilhena-Potyguara. **Espécies vegetais produtoras de fibras utilizadas por comunidades amazônicas**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Botânica, 1991. 7(2): p. 395-430.
21. Chaves, D.A. **Pequenas empresas no setor mineral do Estado do Pará e as ações do Estado**, in Será o Antropoceno a era do colapso ambiental? 2019, UNICAMP: Campinas, SP. 20 p.

# Recreação e Cultura nas Paisagens Aquáticas

O Estuário Amazônico é dotado de uma variedade de recursos físicos e biológicos que são de interesse para os setores econômicos relacionados ao lazer e turismo. Embora a festa religiosa católica conhecida como Círio de Nazaré, centrada em Belém, atraia mais de dois milhões de pessoas anualmente, muitas de fora da região, especialmente do Brasil, não há no momento uma atração turística para o turismo de natureza que atraia uma grande clientela que não seja da região. O Círio de Nazaré culmina em uma procissão de terra e rio que une simbolicamente o ambiente aquático e o espiritual. Outras cidades da região também recebem procissões fluviais para comemorar suas importantes datas religiosas. Em geral, os turistas externos que visitam a Amazônia Oriental são levados pelo desejo de experimentar a floresta amazônica, a Ilha do Marajó ou a cidade de Belém. No entanto, por se encontrar isolado por rodovias das áreas mais populosas do Brasil, o turismo no estado do Amapá é basicamente feito pela população local.



Procissão fluvial na baía do Guajará da festa religiosa do Círio de Nazaré, um dos eventos aquáticos mais importantes do Estuário Amazônico.





O turismo de praia no nordeste da Ilha do Marajó continua a aumentar com a melhoria do transporte fluvial de Belém. Durante boa parte do ano essas praias são banhadas por água salgada/salobra, que são mais transparentes e atrativas do que os trechos a montante dominados pelo rio Amazonas.



Embora as águas do rio Pará sejam bastante turvas perto de Belém, suas praias próximas às cidades são atraentes para os turistas, como mostra a imagem da praia do Murubira, na ilha do Mosqueiro.



Praia de Atalaia perto da cidade de Salinópolis, um destino popular para banhistas do Pará e de outros lugares.

A partir do final da década de 1970, à medida que as viagens aéreas para a região se expandiam rapidamente, o Governo Federal brasileiro lançou iniciativas para promover o turismo na Amazônia. Com a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro, Brasil, mais conhecida como Rio92, várias políticas públicas para promover o ecoturismo na região foram promulgadas. Devido ao interesse mundial na Amazônia, o ecoturismo foi implementado no Brasil como um segmento de atividade turística baseado na conservação e no uso sustentável dos recursos naturais e do patrimônio cultural. Como parte do desenvolvimento do ecoturismo, o governo brasileiro criou 14 polos de ecoturismo no país com base em atrativos naturais, históricos, urbanos, culturais ou de lazer. Entre esses polos estava Belém, juntamente com a Costa Atlântica do Pará e a Ilha do Marajó, na Região do Estuário Amazônico [1]. O polo Belém/Costa Atlântica incorpora Belém, capital do estado do Pará, e as cidades costeiras atlânticas de Curuçá, Marapanim, Maracanã, São João de Pirabas, Salinópolis, Tracuateua, Bragança, Augusto Corrêa e Viseu. Essas cidades estão interligadas por rodovias e possuem uma ampla gama de serviços públicos ou privados para os turistas, como agências de viagens, transporte público, hospedagem, restaurantes e espaços para eventos, entretenimento e lazer [2].

O polo do Marajó abrange dezesseis cidades do estado do Pará, sendo elas: Afuá, Anajás, Bagre, Breves, Cachoeira do Arari, Chaves, Currálinho, Gurupá, Melgaço, Muaná, Ponta de Pedras, Portel, Salvaterra,





A Feira do Açaí no Mercado do Ver-o-Peso, nas primeiras horas da manhã. O açaí é comercializado em cestas tradicionais tecidas artesanalmente, chamadas de paneiro. Esta feira situa-se num bairro histórico de Belém, à beira da baía de Guarajá, e é um destino turístico bastante popular.

Santa Cruz do Arari, São Sebastião da Boa Vista e Soure. Essas cidades são geralmente alcançadas por transporte fluvial através do Arquipélago do Marajó. Os pontos de venda turística geralmente incluem aspectos culturais antigos e modernos, como sítios arqueológicos remanescentes do período indígena, a famosa cerâmica marajoara, a pecuária de búfalos e as extensas paisagens de campos alagados, unidos em algumas áreas com florestas tropicais ou manguezais. Apesar desses argumentos de venda, o Polo do Marajó, em geral, ainda é pouco desenvolvido e os atrativos e as ações turísticas para o Arquipélago do Marajó estão, em grande parte, restritos aos dois municípios litorâneos, Soure e Salvaterra, em razão de suas praias e o acesso de barco mais fácil a partir de Belém [3]. Além dos polos de ecoturismo, há interesse em desenvolver o ecoturismo em unidades de conservação que possuam uso múltiplo sustentável dos recursos naturais. Este é o caso da Floresta Nacional de Caxiuanã/Melgaço (PA), localizada a mais de 350 km de barco de Belém, que tem atrativos para observação de aves, turismo de base comunitária e turismo científico. No entanto, a ausência geral de políticas orientadoras e recursos financeiros por parte do governo, que regulariam as ações e operações de ecoturismo em áreas protegidas, compromete a implementação de iniciativas sólidas [4].





O Parque Ambiental Mangal das Garças margeia a confluência do rio Guamá com a baía do Guajará, ao longo da orla de Belém. Um píer construído sobre uma praia de lama coberta de aninga proporciona uma boa vista da baía.

O Parque Ambiental Mangal das Garças oferece um espaço urbano para recreação e educação ambiental, entretenimento e gastronomia, e serve de exemplo de como integrar a natureza litorânea com Belém.







O Parque Zoobotânico do Museu Paraense Emílio Goeldi, no centro de Belém, é um dos lugares mais visitados tanto por turistas quanto pela população local. Suas grandes árvores e a diversidade de sua flora e fauna apresentaram a natureza a milhões de pessoas.



A gigante Vitória Régia flutuante e os lírios d'água menores margeados por palmeiras são imagens estimulantes da natureza que podem ser encontradas no Museu Goeldi, Parque Zoobotânico.





O turismo local inclui belos passeios de canoa por riachos que margeiam florestas de maré, como mostra a imagem obtida em Joanes, na Ilha do Marajó.

Do ponto de vista físico, as praias do interior e litoral parecem ser o atrativo mais importante para o turismo na região do Estuário Amazônico. As atividades humanas associadas às praias da região geram empregos e renda significativos [5]. Existem aproximadamente 500 praias arenosas no Estuário Amazônico, que apresentam grande variabilidade em suas características e acessibilidade. A descarga de sedimentos em suspensão do rio Amazonas produz uma paisagem lamacenta ao longo de suas margens, inclusive em grande parte da drenagem ao redor do oeste do Marajó, como ocorre ao longo da Costa do Amapá. As praias barrentas produzidas pelos sedimentos do rio Amazonas as tornam geralmente pouco atrativas para o turismo. Em contraste, a costa leste da Ilha do Marajó, ou costa oeste da baía do Marajó, tem praias de areia relativamente extensas, situadas de frente para os ventos alísios orientais e das ondas vindas do Atlântico. A Costa do Pará é altamente recortada por baías em forma de funil, que possuem extensas praias arenosas, que podem se estender por até 2 km em direção ao mar e que estão expostas às ondas do Atlântico [6, 7]. Essas praias são altamente atrativas para o turismo, sendo Salinópolis mais atraente historicamente e mais fácil de ser acessada por rodovias. Outras, como Algodual, precisam de barco para chegar.





A cidade de São Domingos do Capim, no rio Guamá, a mais de 100 km de Belém, festeja o evento da pororoca durante o equinócio de março, quando as marés estão mais altas. Mesmo estando distante da costa, a pororoca atrai surfistas, jet-skis e outros entusiastas do esporte aquático.



O surfista brasileiro Fábio Gouveia ilustra dramaticamente a onda da pororoca perto da foz do rio Amazonas, no braço do rio conhecido como Canal Perigoso, perto da cidade de Chaves. Surfistas famosos ajudaram a inaugurar o surf da pororoca como um esporte que atrai participantes de todo o mundo.



Jet skis perto do encontro do rio Guamá com a baía do Marajó, com a ilha do Combu ao fundo.

Embora o Estuário Amazônico tenha extensas áreas de floresta alagada, até hoje esse ambiente tem sido muito menos importante para o turismo do que as praias. Próximo de Belém, no entanto, existem restaurantes e outros locais localizados em áreas de mata de maré que proporcionam contato com esse importante habitat. Os campos da Ilha do Marajó são, em sua maioria, paisagens culturais dominadas por fazendas de gado, embora outras atividades agrícolas tenham se expandido nas últimas décadas, como o cultivo de abacaxi e coco. Os turistas parecem ser especialmente atraídos por passeios em búfalos, uma espécie introduzida e que agora é parte integrante da cultura do Marajó. Algumas observações de aves também ocorrem, como os guarás, que se alimentam em pequenas poças espalhadas nos campos alagados [3].

Muitos turistas gostam de fazer passeios de barco para ver as zonas úmidas de uma perspectiva da paisagem aquática. Há uma grande variedade de barcos de passeios que são oferecidos por agências de turismo e alguns esportes aquáticos motorizados, como caiaque ou jet ski, ocorrem em diferentes regiões do Estuário Amazônico. A pesca recreativa tem aumentado rapidamente na Amazônia nas últimas décadas, embora seja relativamente restrita no Estuário Amazônico [8]. As áreas de pesca esportiva mais importantes da região estão centradas em torno de Salinópolis e São Caetano de Odivelas, onde os alvos são as espécies marinhas e salobras, como pescada amarela e corvina [8, 9]. Um dos esportes aquáticos mais singulares do Estuário Amazônico é o surf de maré (pororoca) para





Fruta do açaí açaí embalado em cestas tradicionais de fibra para venda nos mercados locais do estuário amazônico.

aproveitar a altura das ondas do rio de até 3 metros [10]. As agências de turismo oferecem facilidades para os surfistas aproveitarem a temporada de pororoca, que ocorre principalmente durante as marés equinociais (março e setembro) para surfar ondas de água doce ou salobra em vários rios estuarinos onde ocorrem. As instalações podem envolver barcos, lanchas, jet skis e helicópteros [6].

Embora o turismo gastronômico possa não ser o principal motivo para visitar o Estuário Amazônico, ele é, no entanto, um importante ativo que melhora a experiência. Os alimentos locais também ajudam a refletir a cultura e a biodiversidade do Estuário Amazônico, alguns dos quais datam dos povos indígenas. O peixe tem um papel especial na gastronomia amazônica devido à grande diversidade de espécies alimentares, que no Estuário Amazônico incluem espécies de água doce e marinhas. Pratos tradicionais são invariavelmente itens de destaque nos cardápios de hotéis e restaurantes da região e fora dela, onde foram copiados nacional e internacionalmente. O turismo gastronômico no Estuário Amazônico vai desde pratos tradicionais de peixe até as experiências mais peculiares, como quebrar caranguejos estuarinos para extrair sua carne (caranguejo toc-toc) ou engolir inteiro o inusitado turu (*Neoteredo reynei*), um molusco de mangue em forma de serpentina [11]. Mercados de peixe, como o Ver-o-Peso, em Belém, também atraem turistas por causa de sua agitação e grande variedade de espécies [11]. O alimento mais famoso internacionalmente do Estuário Amazônico é o fruto do açaí, hoje é utilizado de diversas formas ao redor do mundo, como em sorvetes, vitaminas e energéticos [12, 13].



O açaí é hoje uma fruta conhecida internacionalmente e altamente identificada com o Estuário Amazônico.

Uma variedade de usos locais do açaí proporciona uma curiosidade culinária para os turistas. A imagem mostra em primeiro plano a polpa (ou o vinho, como é chamado localmente) do açaí, e da bacaba, que é outra palmeira cujos frutos são bastante apreciados, em segundo plano.



Belém é conhecida por sua grande variedade de frutas tropicais, das quais o açaí é talvez a fruta mais consumida localmente. O sorvete roxo escuro no canto inferior direito é o de açaí.



## Referências

1. Nóbrega, W.R.d.M. **Participação popular e as políticas públicas de turismo na Amazônia: o Proecotur no distrito de Mosqueiro, Belém-PA.** Revista Turismo & Desenvolvimento, 2010. 2(13/14): p. 783-794.
2. Nascimento, V.L.Q. e L.T.L. Simonian. **A política de ecoturismo no Polo Belém/Costa Atlântica (PA).** Revista Brasileira de Ecoturismo, 2014. 7(3): p. 618-645.
3. Bartholo, R., D.G. Sansolo, e I. Bursztyrn. eds. **Turismo de base comunitária: diversidade de olhares e experiências brasileiras.** 2009, Letra e Imagem: Rio de Janeiro. 501 p.
4. Cruz, S.H.R., F.L. de Siqueira Mendes, e R.I.R. de Campos. **Ecoturismo e desenvolvimento local na Floresta Nacional de Caxiuanã/Melgaço (PA).** Revista Brasileira de Ecoturismo, 2016. 9(6): p. 737-750.
5. Pessoa, R.M.C., J.A. Jiménez, R.M.d. Costa, e L.C.C. Pereira. **Federal conservation units in the Brazilian amazon coastal zone: An adequate approach to control recreational activities?** Ocean & Coastal Management, 2019. 178.
6. Santos, V.F.D., A.D. Short, e A.C. Mendes. **Beaches of the Amazon Coast: Amapá and West Pará,** in Brazilian Beach systems. 2016, Springer, Cham. p. 67-93.
7. Pereira, L.C.C., A. Vila-Concejo, e A.D. Short. **Coastal Morphodynamic Processes on the Macro-Tidal Beaches of Pará State Under Tidally-Modulated Wave Conditions,** in Brazilian Beach Systems, D.A. Short and d.F.A.H. Klein, Editors. 2016, Springer International Publishing: Cham. p. 95-124.
8. Freire, K.M.F., R.A. Tubino, C. Monteiro-Neto, M.F. Andrade-Tubino, et al. **Brazilian recreational fisheries: current status, challenges and future direction.** Fisheries Management and Ecology, 2016. 23(3-4): p. 276-290.
9. Frédou, T., L.D. Figueiredo Filho, D.G. Torres, P.R.C. Ferreira, et al. **Diagnóstico, tendência, potencial, e políticas públicas para o desenvolvimento da pesca esportiva,** in Diagnóstico da pesca e aquicultura do estado do Pará. 2008, Universidade Federal do Pará.: Belém. p. 137p.
10. Silva Dos Santos, E., P.P. Pinheiro Lopes, H.H. da Silva Pereira, O. de Oliveira Nascimento, et al. **The impact of channel capture on estuarine hydro-morphodynamics and water quality in the Amazon delta.** Science of the Total Environment, 2018. 624: p. 887-899.
11. Barthem, R.B. e M. Goulding. **An unexpected ecosystem: The Amazon as revealed by fisheries.** 2007, Lima, Peru: Amazon Conservation Association; Missouri Botanical Garden Press. 241.
12. Peixoto Araujo, N.M., H.S. Arruda, D.R.P. Marques, W.Q. de Oliveira, et al. **Functional and nutritional properties of selected Amazon fruits: A review.** Food Research International, 2021. 147: p. 110520.
13. Goulding, M. e N. Smith. **Palms: sentinels for Amazon conservation.** 2007: Missouri Botanical Garden Press. 356.







## PARTE 5

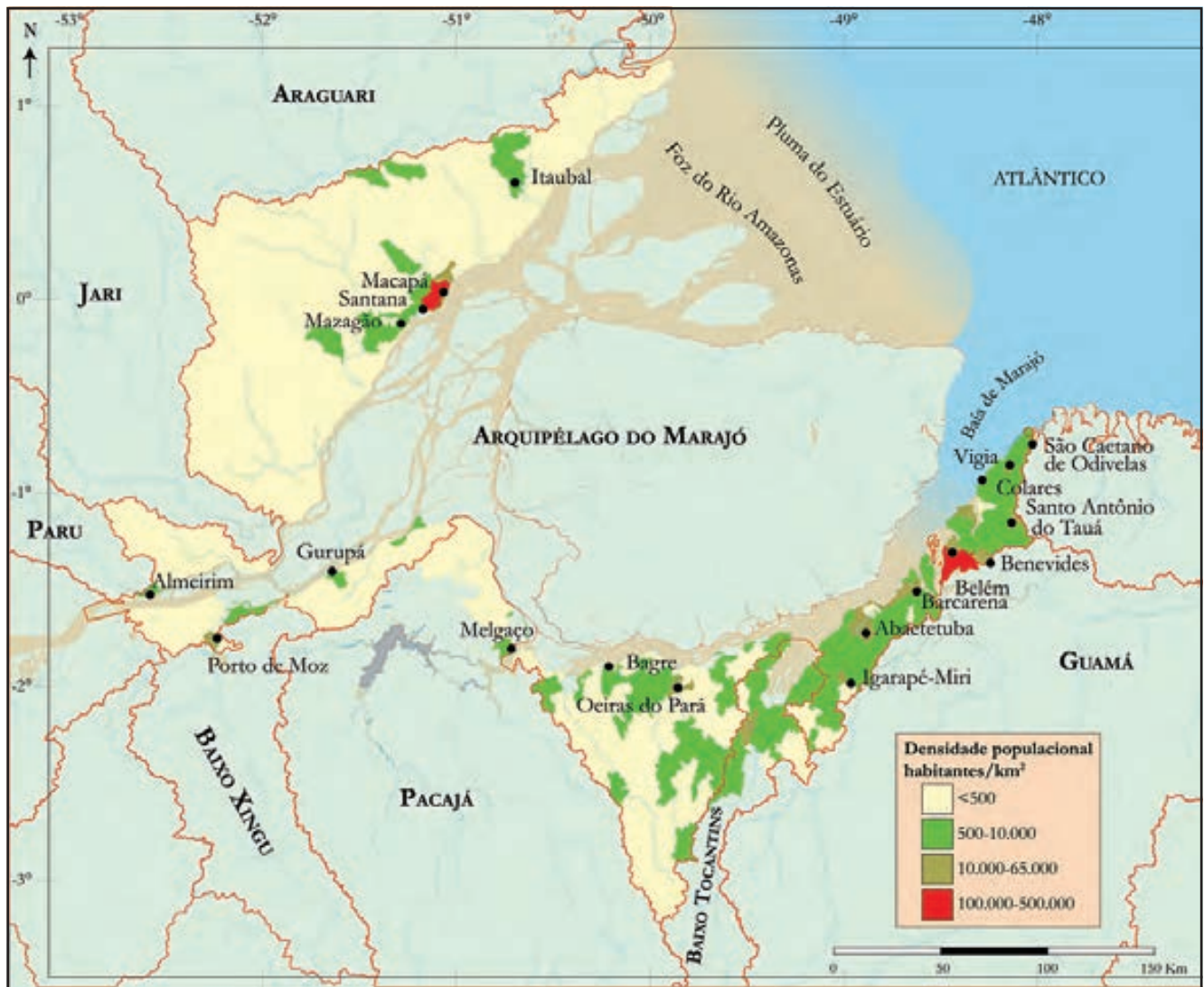
# O Estuário Amazônico e as Regiões Costeiras

---

◀ ◀ ◀ Vista do encontro do rio Guamá e baía do Guajará e do mirante do píer do Parque Zoobotânico Mangal das Garças, que avança sobre uma praia dominada por aninga.



# A Franja do Estuário



Densidade populacional na Franja do Estuário. A margem sul contém a maior parte da população humana do Estuário Amazônico.

Com mais de três milhões de habitantes, a Franja do Estuário, a região que margeia o rio Pará e a baía do Marajó ao sul e o rio Amazonas ao norte, tem mais da metade da população que vive no Estuário Amazônico, sendo a maioria habitantes das cidades de Belém e Barcarena, no Pará, e Macapá, no Amapá. A Franja do Estuário tem algumas das áreas mais modificadas do Estuário Amazônico devido ao desmatamento e urbanização, mas também algumas das áreas florestais mais preservadas.



Belém é a maior cidade do Estuário Amazônico e os altos edifícios residenciais são a característica dominante de grande parte do centro da cidade.



Macapá é a maior cidade do Amapá. A área verde é a Fortaleza de São José do Macapá, forte militar construído entre 1764 e 1782 durante o período colonial. A cidade margeia o Canal do Norte do rio Amazonas e se encontra a cerca de 170 km da costa.





Porcentagem de desmatamento na Franja do Estuário. A maior parte da Franja do Estuário tem menos de 30% de área desmatada.

Os maiores portos estão nesta região e o tráfego fluvial anual em rios e baías está aumentando. A indústria de processamento de alumina e alumínio em Barcarena é, de longe, o maior complexo industrial da região leste e, juntamente com sua proximidade com Belém, apresenta um desafio sinérgico para o controle da poluição das águas causadas pela combinação de fontes industriais e urbanas na margem sul do Estuário Amazônico. Na periferia sul, a maior parte da produção agrícola é baseada no açaí, dendê e coco, para os quais existem mercados nacionais e internacionais de exportação. Os mercados de exportação provavelmente continuarão a aumentar com a crescente popularidade desses produtos. Na orla norte, próximo de Macapá, plantações de pinus, dendê e eucalipto e a pecuária de búfalos têm sido os principais impulsores do desmatamento. A demanda internacional por cavacos de madeira provavelmente determinará até que ponto as



Plantação de eucalipto adulto para produção de celulose no Amapá.





O desmatamento nas áreas alagáveis na Franja do Estuário Amazônico ocorreu antes do monitoramento por satélite e por isso não foi registrado. A imagem mostra campos que são alagados durante a estação chuvosa.



Floresta convertida em plantação de eucalipto ao norte de Macapá. O eucalipto tolera a intensa estação seca desta região.



Áreas protegidas da Franja do Estuário. A Reserva Extrativista Cajari, no Amapá, é única grande área protegida.

plantações de árvores aumentarão na orla do Amapá. A pecuária bubalina tem modificado áreas marginais e de cerrado do Amapá, aumentando as áreas de pastagens sazonais. A pesca é artesanal e a piscicultura produz cerca de 700 toneladas por ano.

A Franja do Estuário possui três reservas extrativistas relativamente grandes, todas a oeste da Ilha do Marajó. A do rio Cajari, no Amapá, é a maior reserva extrativista e se destaca por fazer divisa com o rio Amazonas. As demais unidades de conservação são pequenas áreas estaduais de proteção ambiental. Como a maior parte da população na Franja do Estuário é urbana, existem oportunidades para promover a conservação de florestas e campos alagados, que podem ser associados ao bem-estar urbano.



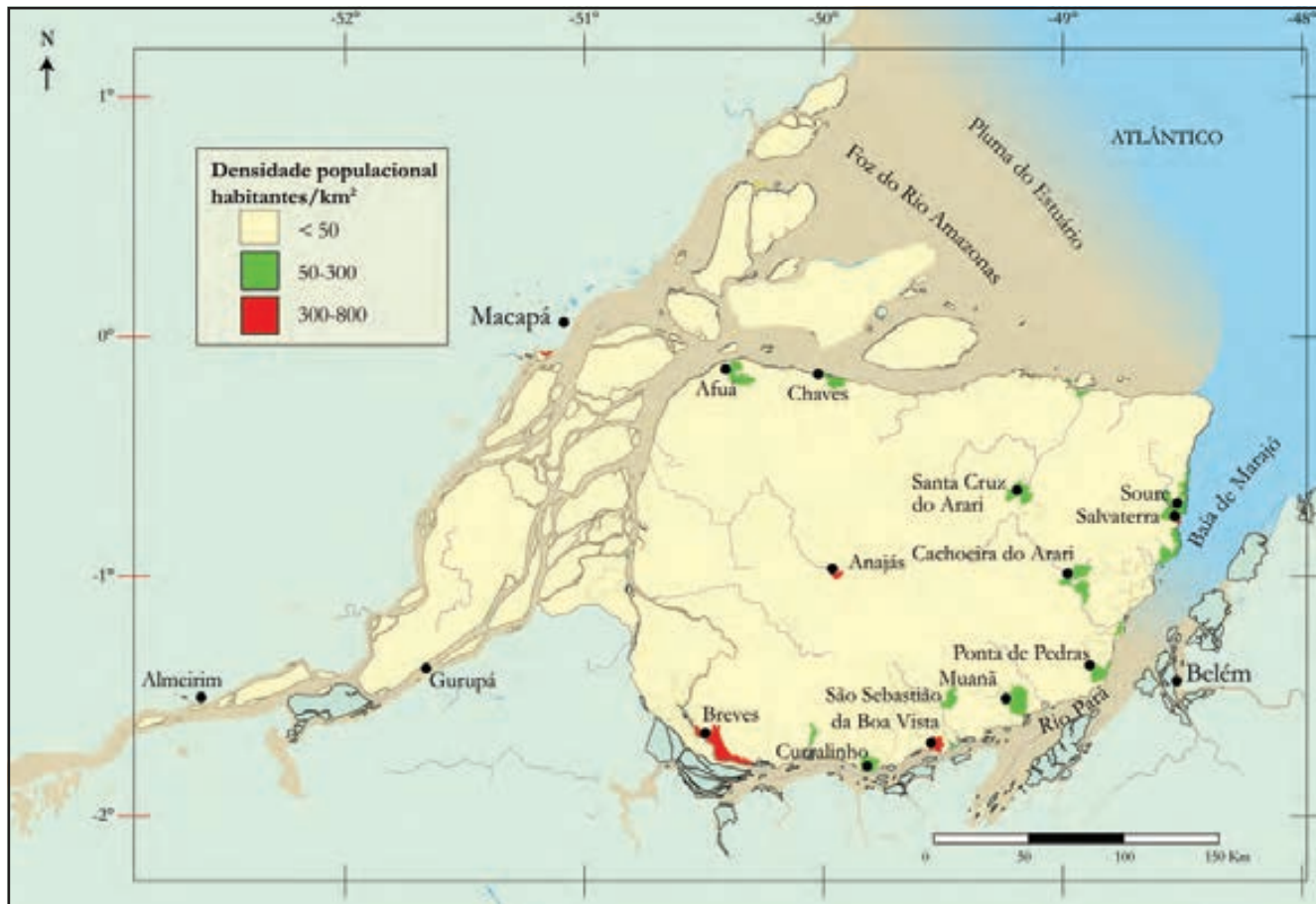


Campos alagados que são protegidos ou que estão próximo da Área de Proteção Ambiental do lago Curiaú, perto de Macapá, Amapá.



A Área de Proteção Ambiental do lago Curiaú criada pelo estado do Amapá é inundada tanto pelo rio Amazonas quanto pela chuva local. É um corpo d'água raso que suporta uma variedade de plantas herbáceas aquáticas.

# Arquipélago do Marajó



Densidade populacional no Arquipélago do Marajó. A maior parte da área é pouco povoada e a região mais urbanizada encontra-se ao longo da costa sul da Ilha do Marajó.

A população do Arquipélago do Marajó é de aproximadamente 300.000 habitantes, com a maioria das pessoas vivendo ao longo das áreas costeiras da Ilha do Marajó. O centro e o leste da Ilha do Marajó foram fortemente modificados pelo desmatamento e incêndios descontrolados nas áreas de savana. Desse modo, a vasta área de áreas alagadas da savana é, em grande parte, antropogênica e provavelmente maior do que seria sem os incêndios anuais que impediram o retorno das comunidades arbustivas e arbóreas. A Ilha do Marajó oferece oportunidades para a produção de arroz em larga escala, embora a expansão seja problemática, devido ao desenvolvimento histórico da pecuária baseada em grande parte em búfalos e, em certa medida, no gado, e porque tecnicamente toda a área tem status de conservação. Pode-se esperar que a produção de açaí se expanda com pomares manejados e, talvez, plantações em terras altas. A produção de madeira continuará a diminuir porque as espécies mais valiosas já foram sobre-exploradas. A pesca comercial na baía do Marajó e na



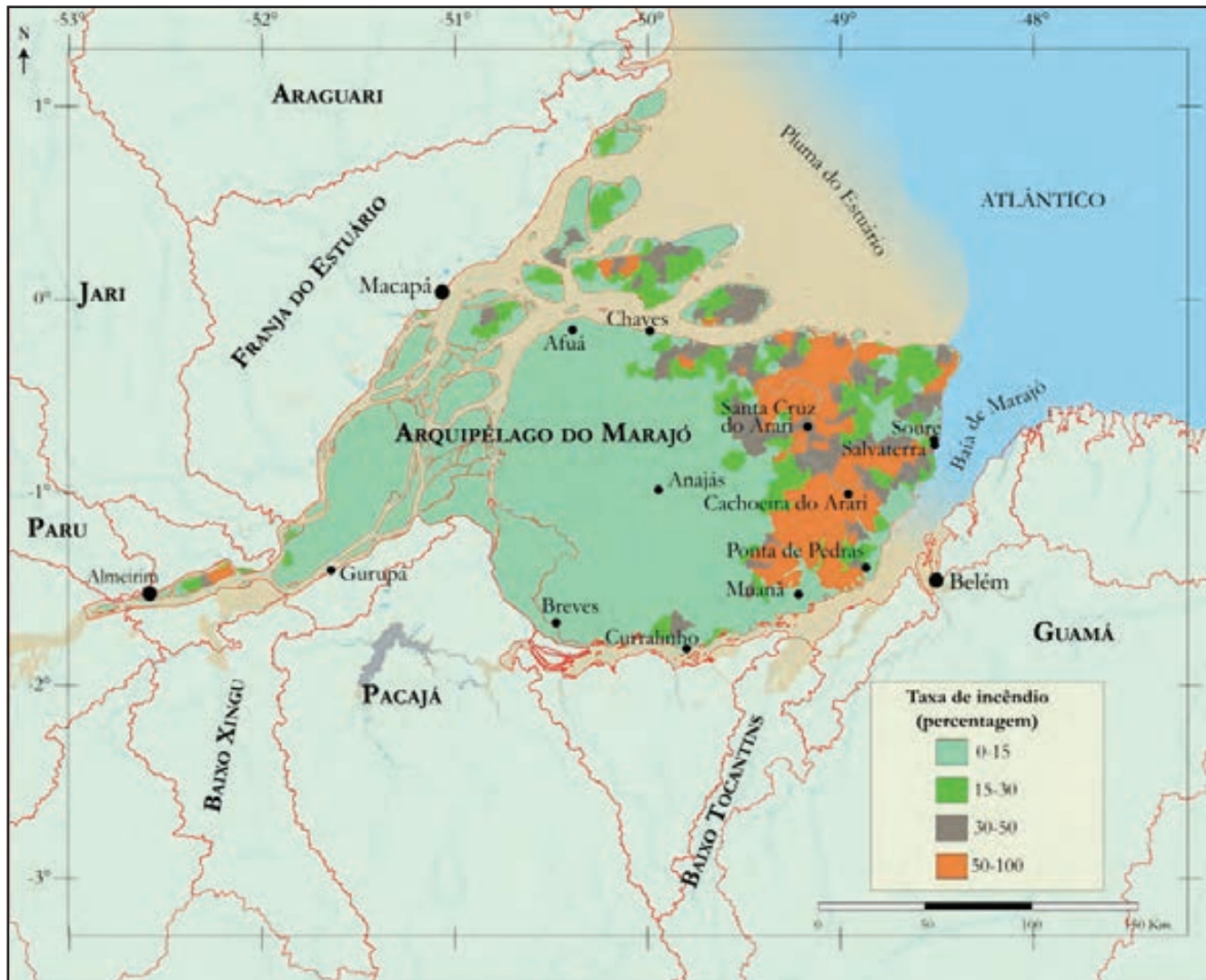


A cidade de Cachoeira do Arari situa-se às margens do rio Arari, a cerca de 30 km da costa leste da Ilha do Marajó.



Vista da cidade de Salvaterra em primeiro plano, do rio Paracauari no meio do quadro, de Soure do outro lado do rio e da baía do Marajó no canto superior direito.





Intensidade do fogo no Arquipélago do Marajó em porcentagem de área queimada. Grande parte do desmatamento no leste da Ilha do Marajó ocorreu antes das imagens de satélite estarem disponíveis, não sendo possível avaliar a sua dimensão absoluta. Desse modo, os incêndios anuais são um melhor indicador da transformação da vegetação nas últimas décadas.

costa do Arquipélago do Marajó continuará sendo diversificada, com a intensa atuação das frotas artesanais e industriais e uma produção anual de dezenas de milhares de toneladas de pescado, enquanto a pesca em lagos e rios no interior do estuário se manterá artesanal, com uma produção anual na ordem de centenas de toneladas. A piscicultura na Ilha do Marajó está se expandindo e sua produção anual alcança centenas de toneladas de peixes. Espera-se uma expansão do turismo na região, especialmente no nordeste da Ilha do Marajó, nos municípios de Soerg e Salvaterra, devido ao acesso ao interior da ilha e às praias ao longo da baía do Marajó. O transporte fluvial na margem ocidental do Arquipélago do Marajó aumentará com o crescimento da economia amazônica, especialmente se novas rotas de exportação de soja e outros produtos forem direcionadas para os portos do rio Pará e da baía do Marajó.

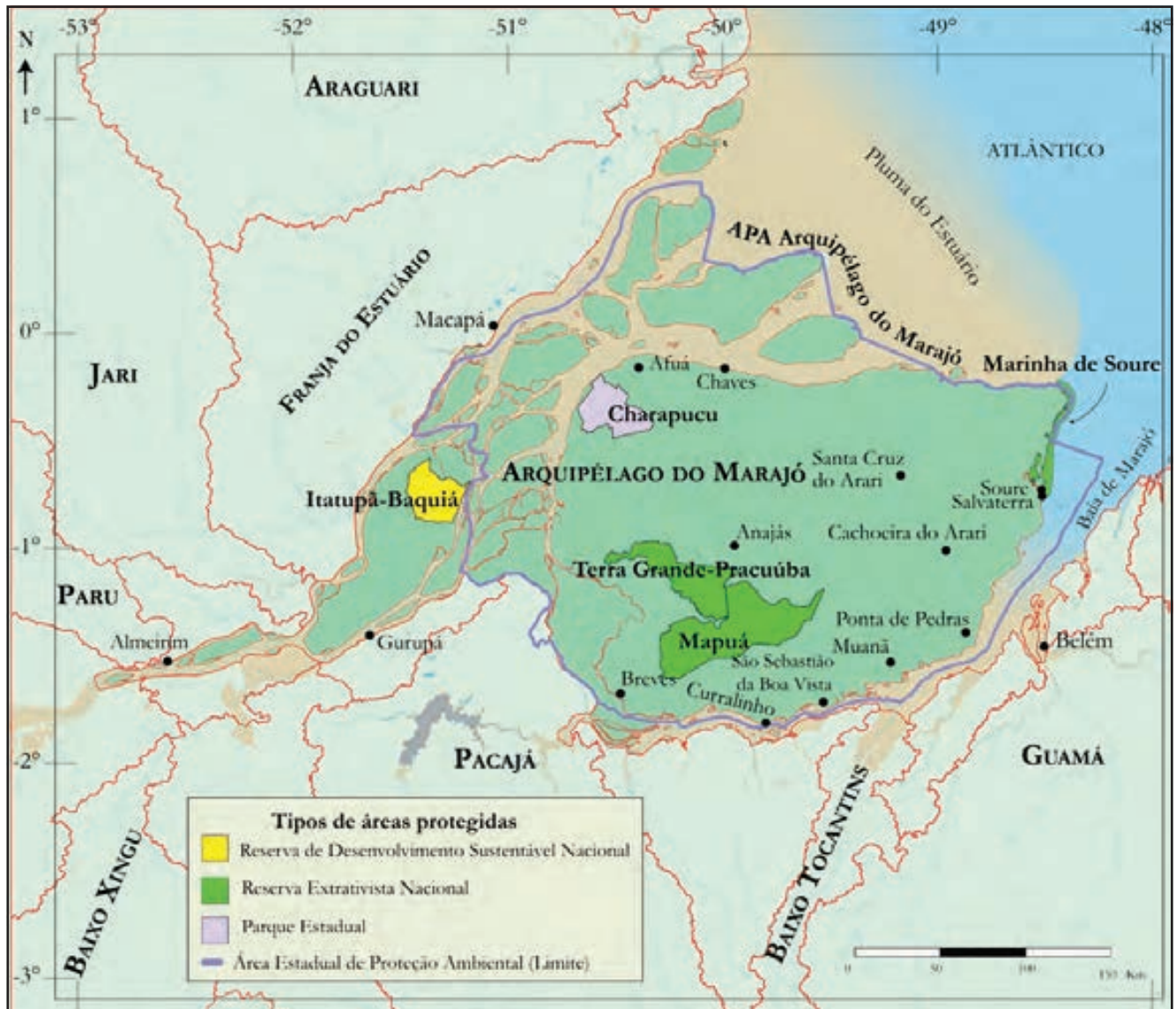




Incêndios atingindo a costa nordeste da Ilha do Marajó, onde a maior parte da vegetação foi modificada historicamente.



A intensa estação seca torna a região de cerrado do leste do Marajó altamente vulnerável ao fogo. No passado, provavelmente havia mais manchas florestais dispersas nas áreas mais baixas dos campos alagados.



Áreas protegidas no Arquipélago do Marajó. A maior parte do Arquipélago do Marajó está legalmente sob alguma forma de proteção ambiental, embora pouco tenha sido implementado. As áreas alagadas da maior parte do Arquipélago do Marajó não possuem proteção integral.

Embora o Arquipélago do Marajó possua extensas áreas de conservação, estas são pouco protegidas por falta de infraestrutura e recursos financeiros. O grande polígono de conservação que circunda a Ilha do Marajó é designado como Área de Proteção Ambiental (APA) e seus recursos são intensamente explorados. As áreas de conservação de proteção integral representam menos de um por cento da área. No entanto, é importante ressaltar que a estrutura básica das florestas alagadas, incluindo as florestas de várzea e de mangue fora das áreas de savana, ainda se encontram relativamente intactas, embora as queimadas anuais durante a estação seca precisem ser controladas, pois avançam cada

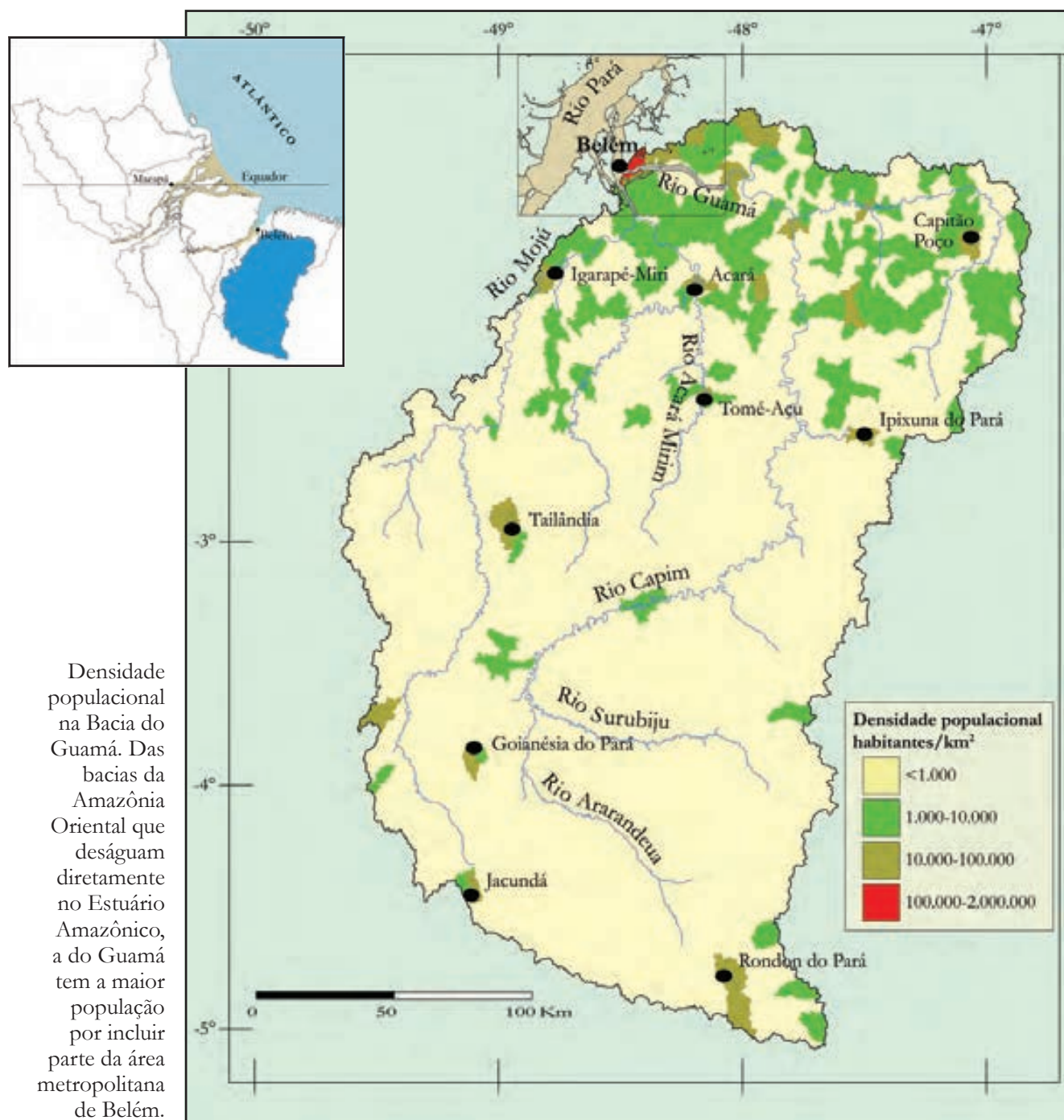




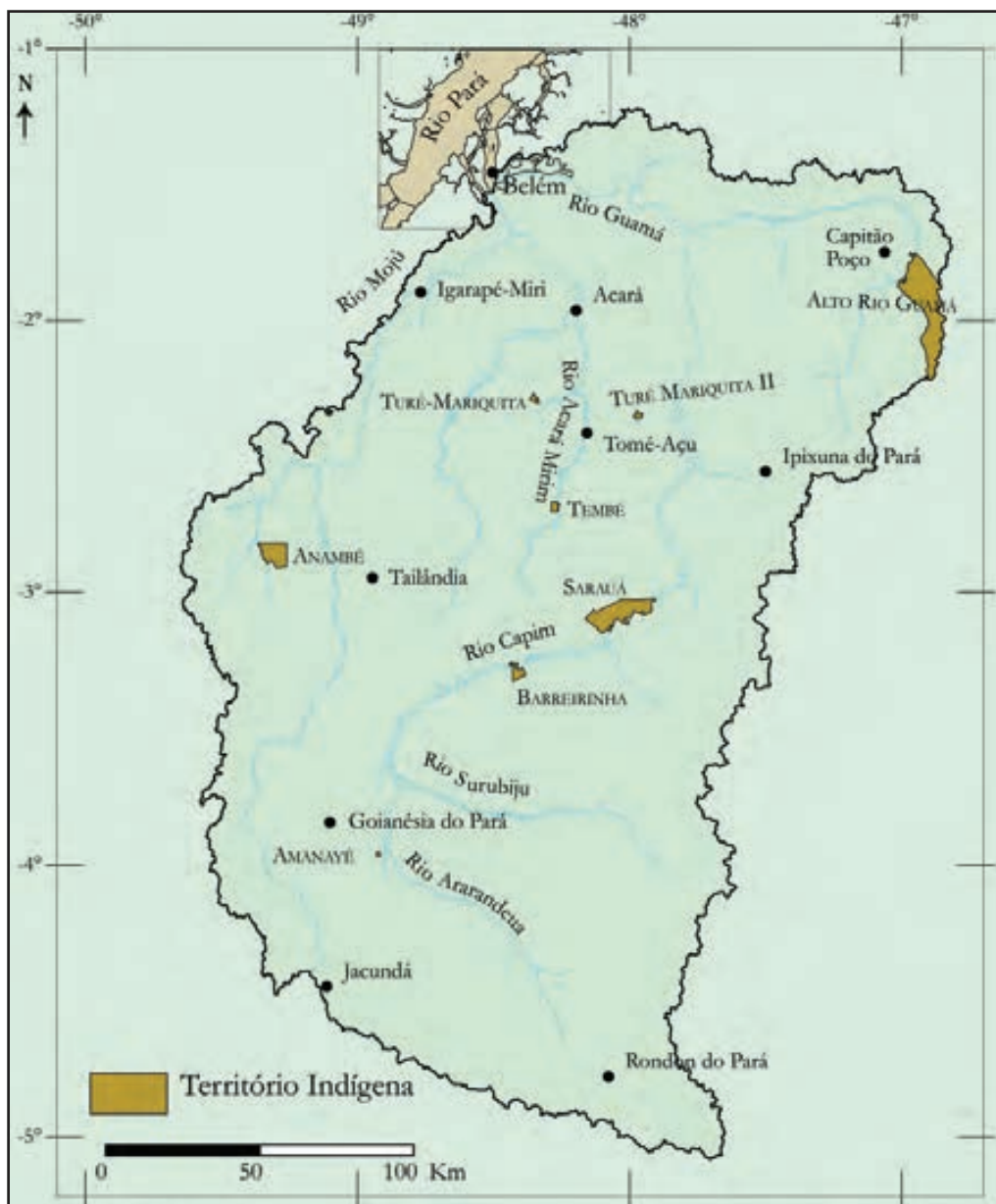
O lado nordeste do Marajó está dentro da Reserva Extrativista Marinha de Soure. A imagem mostra a praia do Céu às margens da baía do Marajó.

vez mais para essas florestas. Apesar das grandes áreas de campos alagados no leste do Marajó, relativamente pouca atenção de conservação tem sido dada a este habitat de áreas úmidas que tem sido fortemente modificado por búfalos e incêndios sazonais. A gestão do Arquipélago do Marajó necessita da cooperação dos estados do Amapá e Pará, tendo em vista que grande parte se encontra próxima do Amapá, embora todo o Arquipélago do Marajó esteja no estado do Pará.

# Bacia do Guamá

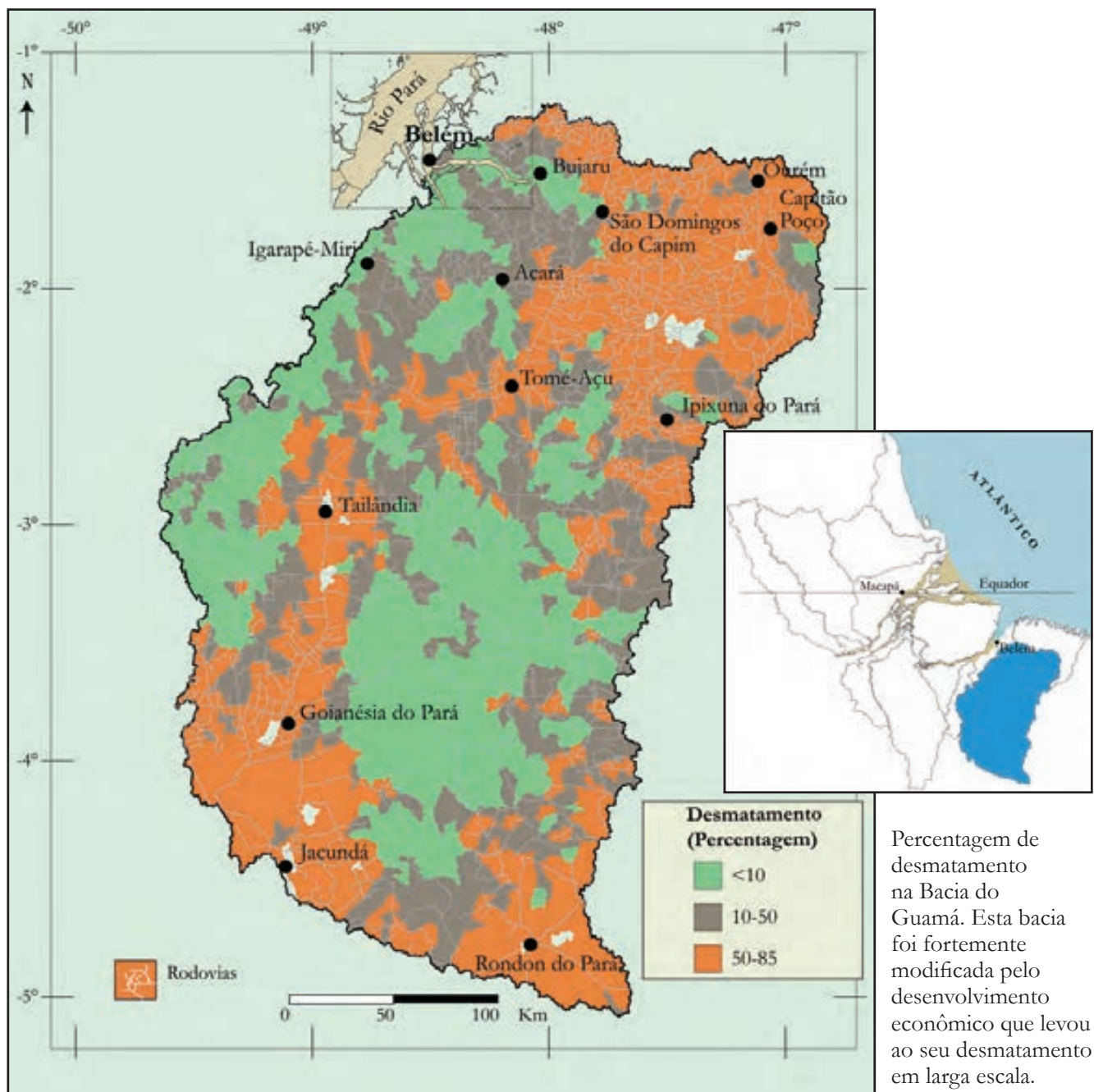






Terras indígenas na Bacia do Guamá. Apesar de ser a maior sub-bacia que deságua diretamente no Estuário Amazônico, a Bacia do Guamá possui apenas alguns pequenos territórios indígenas protegidos.

Depois da Franja do Estuário, a Bacia do Guamá contém a maior população do Estuário Amazônico, com mais de um milhão de habitantes. Uma vasta malha rodoviária estende-se por toda a bacia, mantendo a conexão entre as cidades e com as regiões Nordeste e Centro-Oeste do Brasil. O rio Guamá margeia a cidade de Belém antes de desaguar no rio Pará, assim a bacia mais desenvolvida da região encontra a maior cidade da região. A Bacia do Guamá foi fortemente modificada pelas diversas frentes madeireiras que avançaram sobre ela e causaram um intenso desmatamento, especialmente nas regiões sul e nordeste da bacia. Fragmentos florestais ainda existem nas várzeas do rio Guamá e ao longo do rio Moju, no centro da bacia, mas a colonização agrícola continua avançando sobre essas áreas. A Bacia do Guamá possui a agricultura mais diversificada e em expansão da Amazônia Oriental, sendo grande produtora de açaí, banana, pimenta-do-reino, coco, mandioca, dendê,



arroz e soja. É também uma grande produtora de gado, especialmente na parte sul da bacia. A mineração é baseada principalmente em bauxita e caulim, e está se expandindo para a montante do rio Capim, um afluente do rio Guamá, desde a sua área central até as cabeceiras. Outras pescarias, que não a de subsistência, não têm importância na Bacia do Guamá. Em contraste, a bacia suporta as maiores operações de piscicultura na Amazônia Oriental, produzindo mais de mil toneladas de peixes anualmente. O tráfego fluvial no rio Guamá provavelmente aumentará com a dragagem e aprofundamento do canal e a construção de um complexo portuário fluvial que visa atender o interior com um sistema integrado de transporte rodoviário e fluvial.





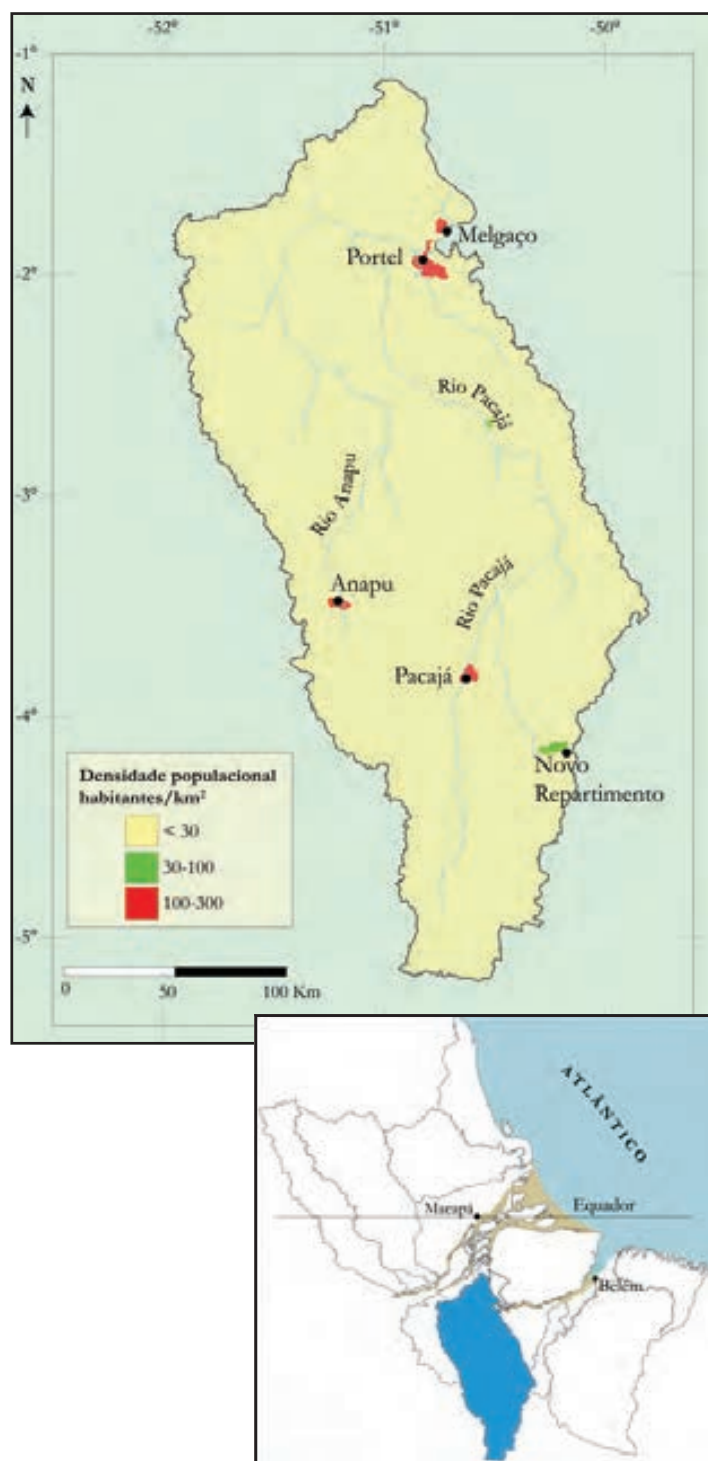
Instalações de uma plantação de dendê ao fundo e, no primeiro plano, a terra exposta mostrando o tipo de solo utilizado para o plantio dessas palmeiras.



A atividade agrícola tem cada vez mais substituído a pecuária em muitas áreas da Bacia do Guamá. A imagem mostra uma plantação de pimenta-do-reino em primeiro plano e dendê em segundo plano.

As áreas protegidas e os territórios indígenas na Bacia do Guamá são poucos e pequenos. A mais relevante parece ser uma reserva particular relativamente grande ao longo do rio Moju. No entanto, muitas das matas ciliares ainda persistem ao longo de rios e córregos na Bacia do Guamá e sua conservação é especialmente importante, considerando o desmatamento em larga escala que margeia esses rios.

# Bacia do Pacajá



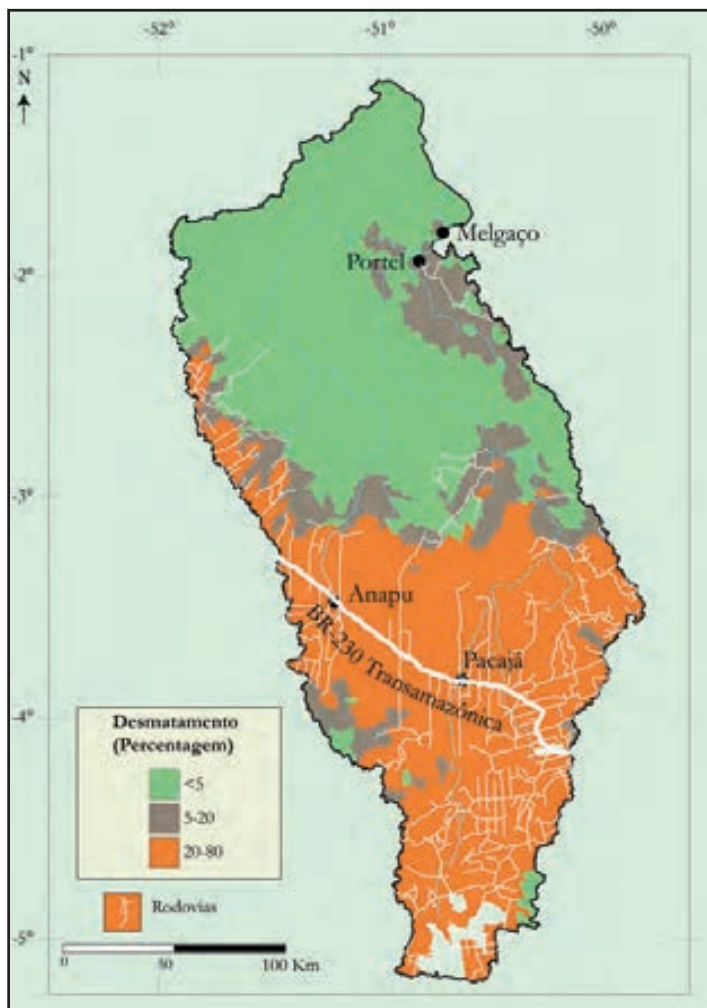
A Bacia do Pacajá está localizada entre o Baixo Tocantins e o Baixo Xingu. A maior parte da bacia é escassamente povoada e a maioria dos habitantes vive em quatro pequenas cidades. Dentre as bacias que deságuam diretamente no sul do estuário amazônico, as áreas do norte da Bacia do Pacajá estão entre as mais isoladas e naturais, em contraste com as áreas do sul, que estão entre as mais desmatadas. A rodovia Transamazônica cortou diagonalmente a Bacia do Pacajá no final dos anos 1960 e início dos anos 1970 e tornou-se um dos principais focos da colonização agrícola. A fronteira agrícola avançou para o norte e hoje ocupa mais da metade da Bacia do Pacajá. A parte mais alta da bacia foi desmatada desde o final da década de 1970 e hoje conta com uma agricultura diversificada e em expansão, com produção baseada principalmente em gado, cacau, mandioca e banana. Mais recentemente, uma segunda fronteira agrícola avançou a partir da cidade de Portel, que é conectada por estrada com o Baixo Tocantins e pelo transporte fluvial através da baía do Portel e rio Pará. A Bacia do Alto Pacajá é uma região rica em minerais de interesse para as empresas mineradoras, mas ainda relativamente pouco explorada. A exceção é a exploração do ouro, que grande parte é feita por garimpo ilegal.

Densidade populacional na Bacia do Pacajá. Apesar do intenso desmatamento, parte da Bacia do Pacajá é pouco povoada. A maior parte da população encontra-se próxima à cidade de Pacajá e ao longo da Rodovia Transamazônica.





Parte da cidade de Pacajá às margens da Rodovia Transamazônica. A área é colonizada desde o início da década de 1970 e está sujeita a fogo e fumaça durante a estação seca.



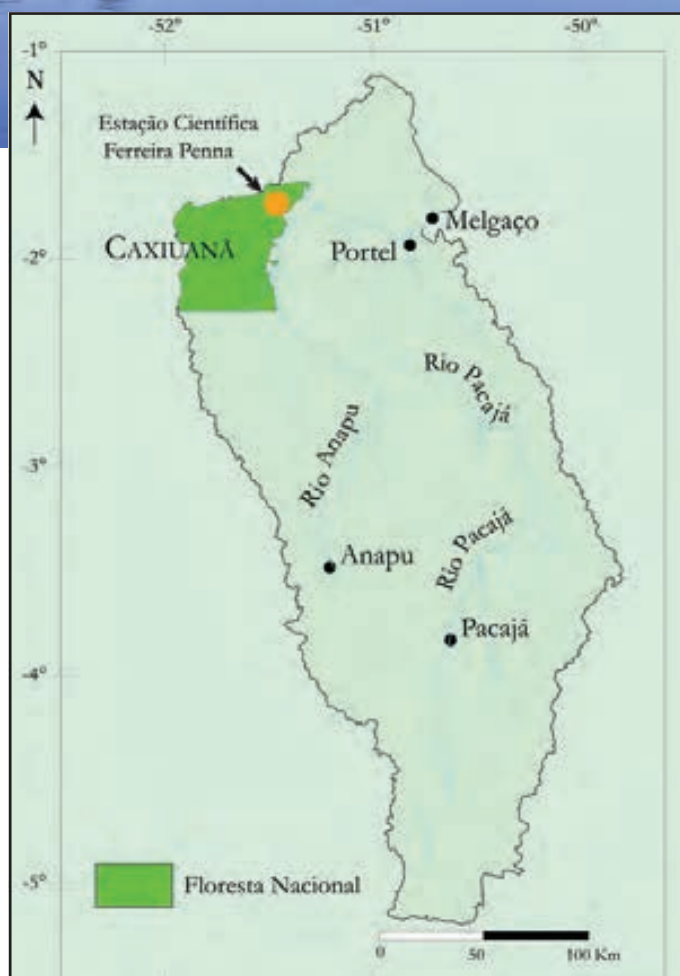
Porcentagem de desmatamento na Bacia do Pacajá. Observe que a maior parte do desmatamento está centrada na Rodovia Transamazônica, embora fronteiras agrícolas mais recentes estejam se desenvolvendo no nordeste da bacia, em áreas próximas às cidades de Melgaço e Portel.

A pesca, onde existe, destina-se basicamente para subsistência. A piscicultura expandiu-se em áreas do alto Pacajá e hoje produz cerca de 200 toneladas anuais.

Há apenas uma área protegida na região, a Floresta Nacional de Caxiuanã, localizada no nordeste da Bacia do Xingu, na qual está a Estação Científica Ferreira Penna, administrada pelo Museu Paraense Emílio Goeldi, localizado em Belém.



Vista da floresta preservada da Floresta Nacional de Caxiuanã na baía de Caxiuanã.



A Bacia do Pacajá é pouco protegida, contando com apenas a Floresta Nacional de Caxiuanã.



# Baixo Tocantins

O Baixo Tocantins é o trecho inferior do rio Tocantins que deságua no rio Pará, a sudoeste de Belém, e tem como limite superior a hidrelétrica de Tucuruí, onde antes de sua construção havia corredeiras que indicavam o antigo Escudo do Brasil. A população do Baixo Tocantins é de mais de 300 mil habitantes, sendo a maioria dos habitantes distribuídos em quatro cidades. Uma grande malha viária circunda a grande ria do Baixo Tocantins, a partir do qual ocorreu a colonização agrícola e, conseqüentemente, o desmatamento, principalmente no entorno da cidade de Tucuruí. O Baixo



Densidade populacional no Baixo Tocantins.



Áreas protegidas e territórios indígenas no Baixo Tocantins.



Muitas das ilhas do rio Tocantins e da área de confluência com o rio Pará abrigam florestas de várzea de maré, como a floresta de buriti e açá mostradas na imagem, que são pouco protegidas.

Tocantins possui uma agricultura diversificada e em expansão, com uma produção agrícola baseada principalmente em mandioca, arroz e pimenta-do-reino. A Usina Hidrelétrica de Tucuruí provocou grandes mudanças ecológicas no sistema fluvial nas primeiras décadas após a sua construção, em meados da década de 1980, com consequências negativas para a pesca a jusante. Com o tempo, a produção pesqueira aumentou, mas a sobrepesca e a ausência de registros de pesca dificultam a análise dos impactos das barragens. A pesca artesanal é importante e produz cerca de dois mil toneladas por ano, com destaque para o desembarque do mapará, uma espécie de bagre que se alimenta de plâncton. Além da produção pesqueira, a aquicultura é uma atividade importante na região com uma produção anual de 700 toneladas. O turismo no Baixo Tocantins, especialmente nas proximidades da cidade de Mocajuba, localizada na margem direita do rio Tucuruí e ao longo da rodovia entre Belém e Tucuruí, vem aumentando devido às facilidades para observação de botos. A interação entre os povos e os botos na Amazônia está inserida em um rico folclore, que foi ainda mais aprimorado no Baixo Tocantins por efeito de uma interessante simbiose entre pescadores e botos. Os golfinhos atacam cardumes de peixes e os forçam para a costa, onde são capturados pelos pescadores. Estes, em troca, recompensam os botos com parte de suas capturas e reforçam o relacionamento. Agora, essa relação é reforçada pelo turismo, embora necessite de uma melhor regulamentação, uma vez que os golfinhos podem ser superalimentados e sujeitos a doenças devido ao contato próximo com humanos.



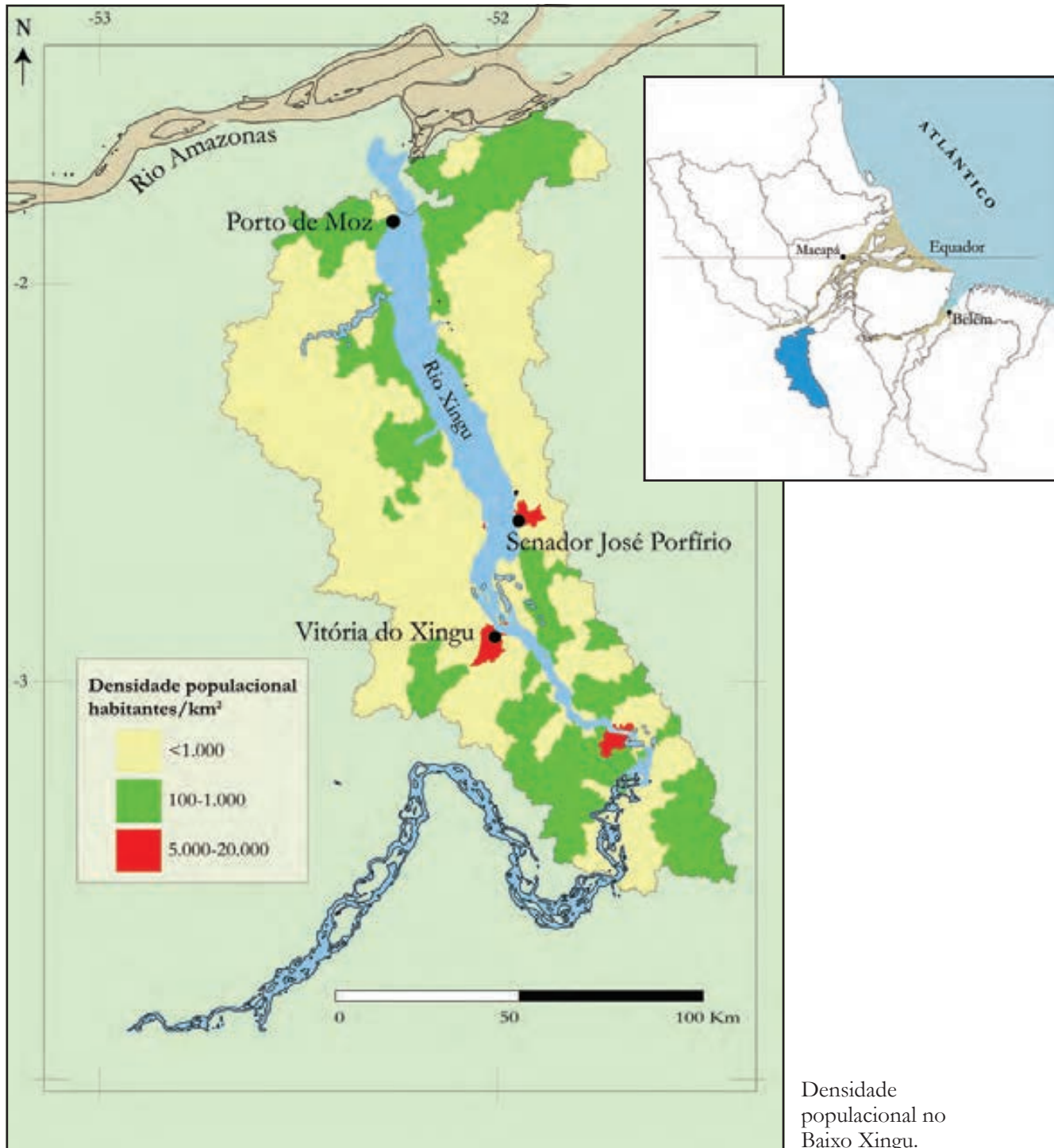


Área portuária de Cametá à beira da ria (rio-lago) do Baixo Tocantins.

Percentagem de desmatamento no Baixo Tocantins. O desmatamento nessa região foi influenciado por assentamentos associados à Rodovia Transamazônica e pela barragem de Tucuruí.

Há duas unidades de conservação no Baixo Tocantins, sendo a maior a Reserva Extrativista Ipaú-Anilzinho e, a relativamente menor, a Terra Indígena Trocará. As áreas de floresta de várzea das numerosas ilhas e ao longo das margens do rio Tucuruí ainda estão em grande parte intactas, mas apenas uma pequena parte delas é protegida, incluindo a Reserva Extrativista Ipaú-Anilzinho. As principais áreas de desova e alimentação de peixes migradores no Baixo Tocantins estão desprotegidas.

# Baixo Xingu



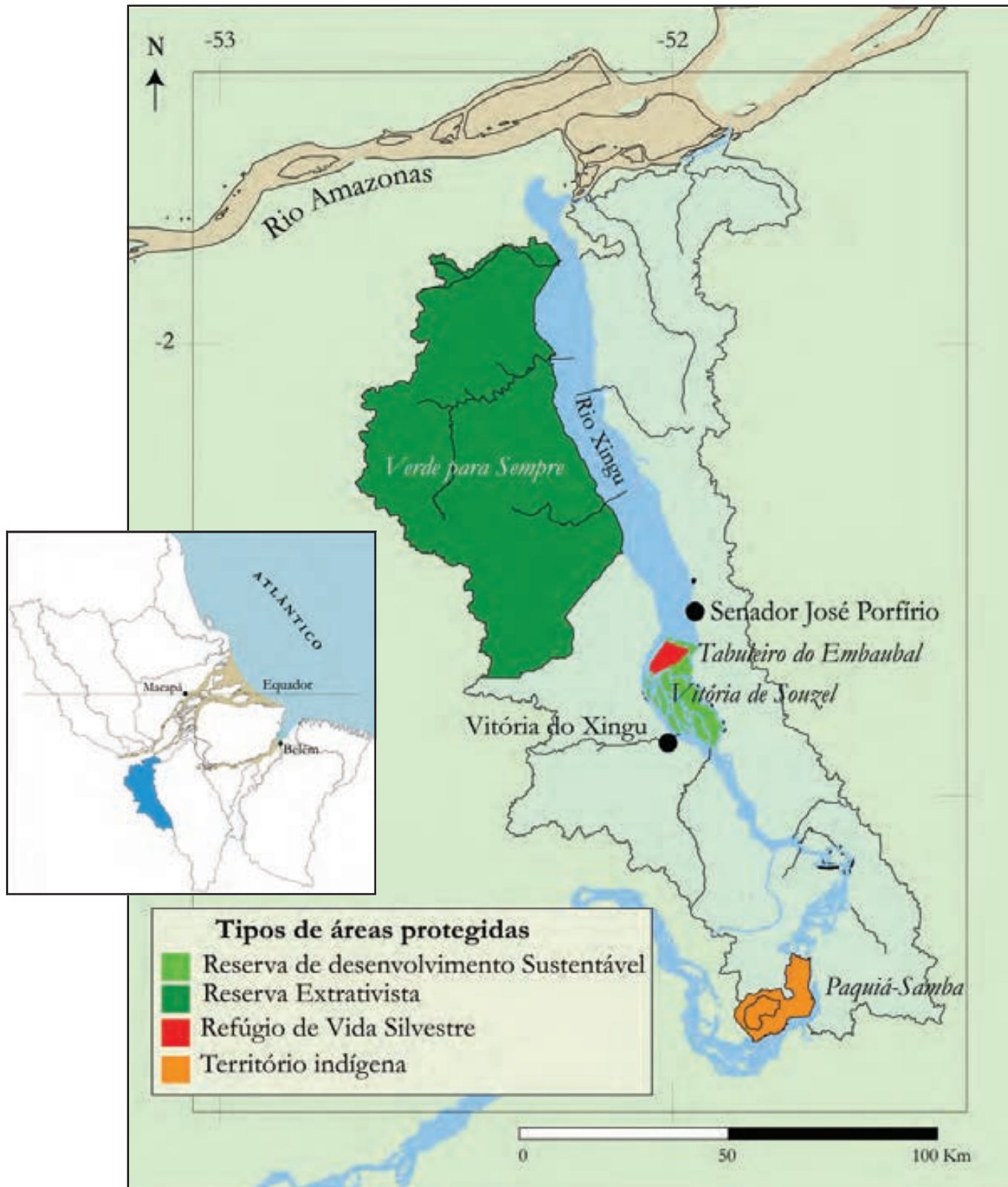




Vista da ampla ria (rio-lago) do Baixo Xingu e da cidade de Porto Moz.

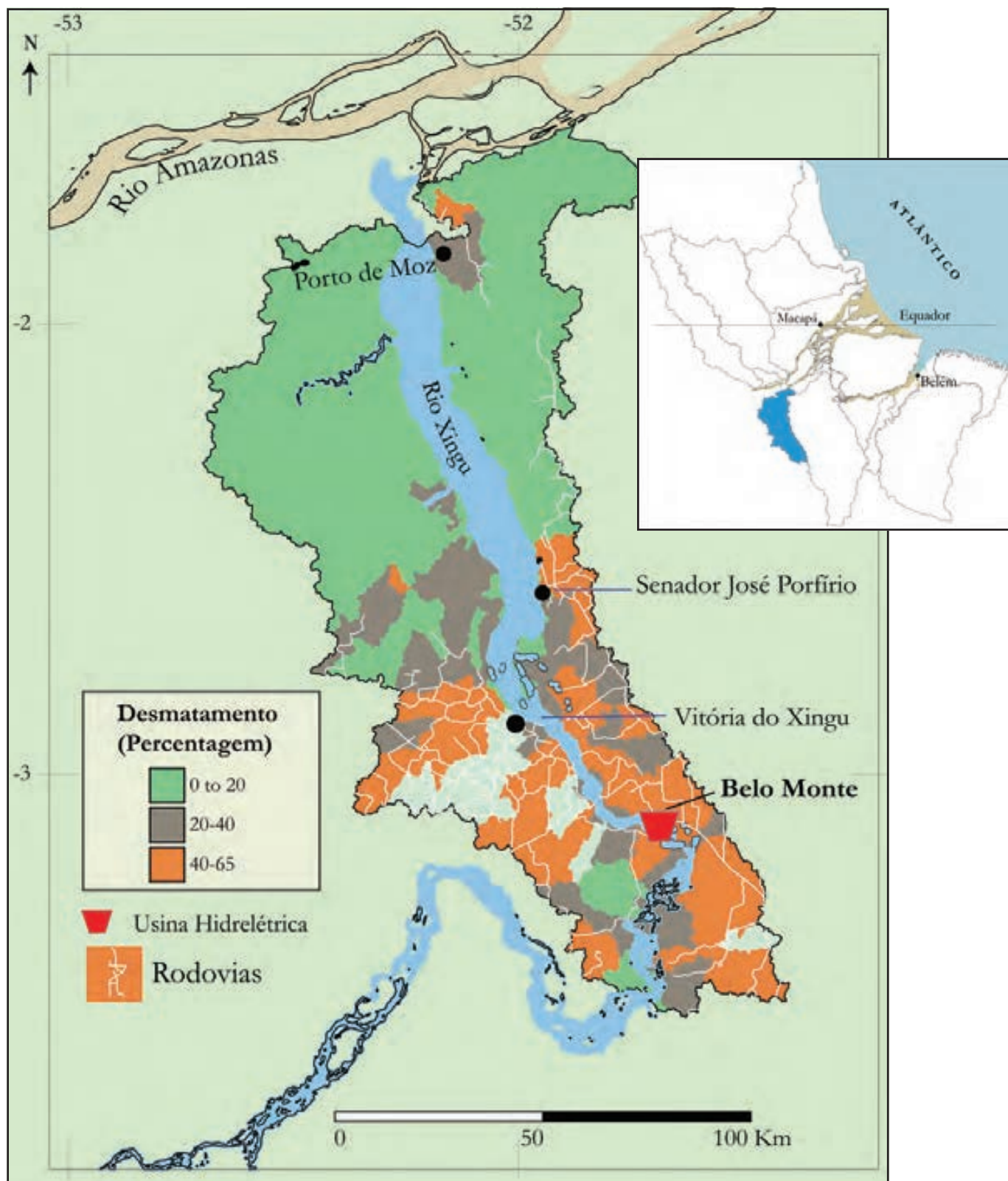
A região aqui designada como Baixo Xingu inclui o trecho do rio Xingu entre as primeiras cachoeiras (a Volta Grande), onde hoje está localizada a hidrelétrica de Belo Monte, e sua foz. Esta região está incluída no contexto regional do Estuário Amazônico devido à influência das marés e de sua grande ria em seu curso inferior. A população do baixo Xingu é de cerca de 70.000 habitantes, sendo que a maioria dos habitantes vive nas cidades de Senador José Porfírio e Vitória do Xingu. O terço superior do Baixo Xingu tem sido fortemente desmatado desde a década de 1970 por causa das atividades agrícolas associadas à rodovia Transamazônica. A metade inferior é relativamente pouco desmatada, embora uma ligação rodoviária ao Porto de Moz, próxima à foz do rio Xingu, possa mudar isso. Os impactos a jusante da hidrelétrica de Belo Monte, relacionados a migrações de peixes e áreas de desova, ainda não são totalmente compreendidos e precisariam considerar uma área ainda mais a montante e a jusante do represamento. A principal atividade agrícola a jusante da usina de Belo Monte inclui plantações de cacau e banana. A mineração legal e ilegal de ouro continua aumentando na área próxima à hidrelétrica de Belo Monte, mas não está claro até que ponto está causando poluição na grande ria a jusante. A pesca artesanal é importante e cerca de 500 toneladas de peixes são capturadas anualmente na área de ria, sendo o bagre mapará o mais importante. A piscicultura na região do Baixo Xingu contribui com cerca de 100 toneladas anuais.

A parte noroeste do Baixo Xingu inclui grande parte da Reserva Extrativista Verde para Sempre, também compartilhada com a planície de inundação do rio Amazonas. Duas unidades de conservação contíguas entre as cidades de Senador José Porfírio e Vitória do Xingu incluem um complexo sistema de canais fluviais anastomosados. A maior parte desta área está classificada como Reserva de Desenvolvimento Sustentável Vitória de Souza. Ao norte deste complexo de canais está o Tabuleiro do Embaubal, um importante refúgio de vida selvagem que abriga a maior área de nidificação da Amazônia Oriental da tartaruga gigante do rio Amazonas. Há algumas evidências de que as tartarugas nascidas aqui poderiam migrar até o Estuário Amazônico para se alimentar em áreas alagadas pela maré.



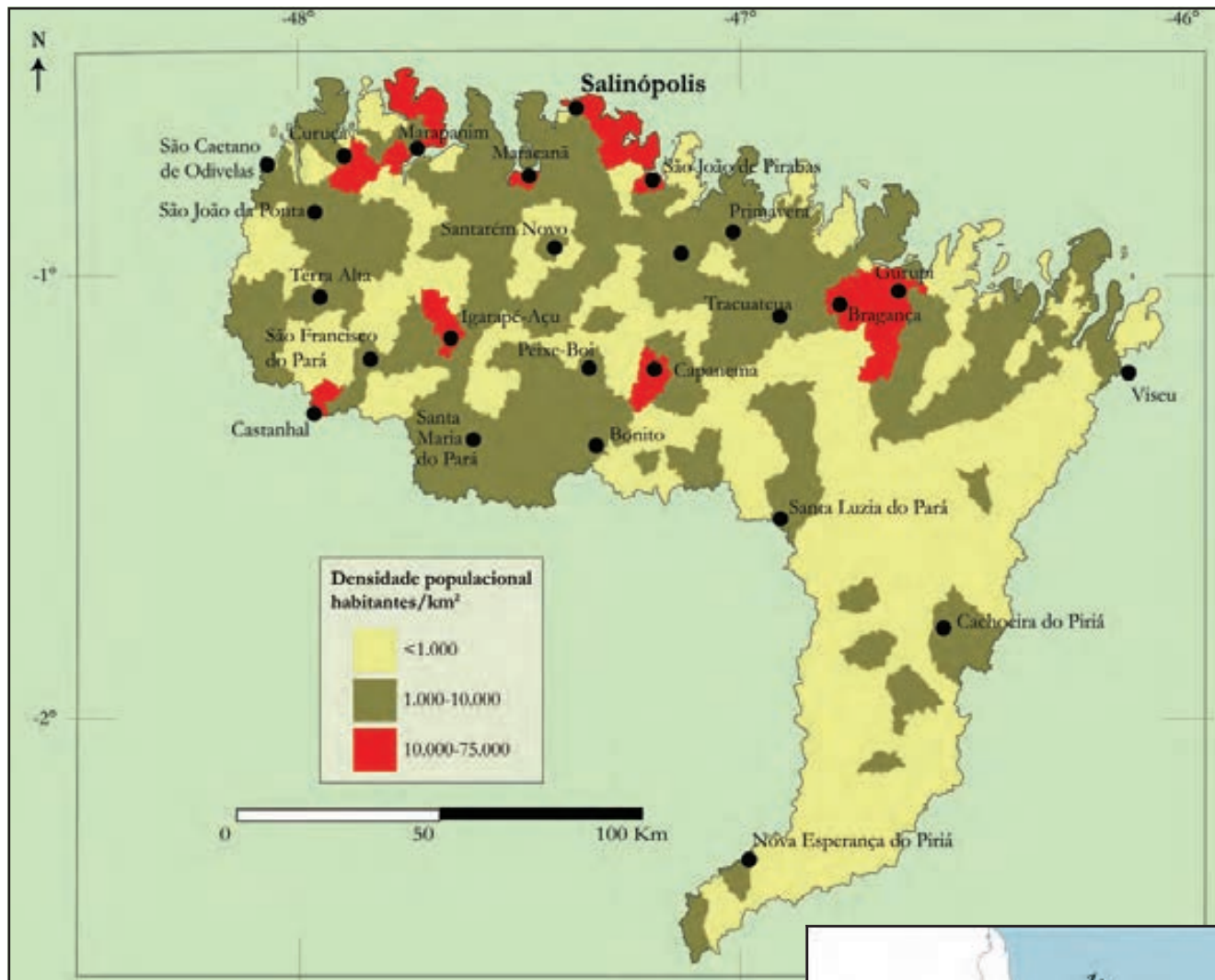
Áreas protegidas e territórios indígenas no Baixo Xingu.





Percentagem de desmatamento no Baixo Xingu.

# Costa do Pará



Densidade populacional na Costa do Pará.

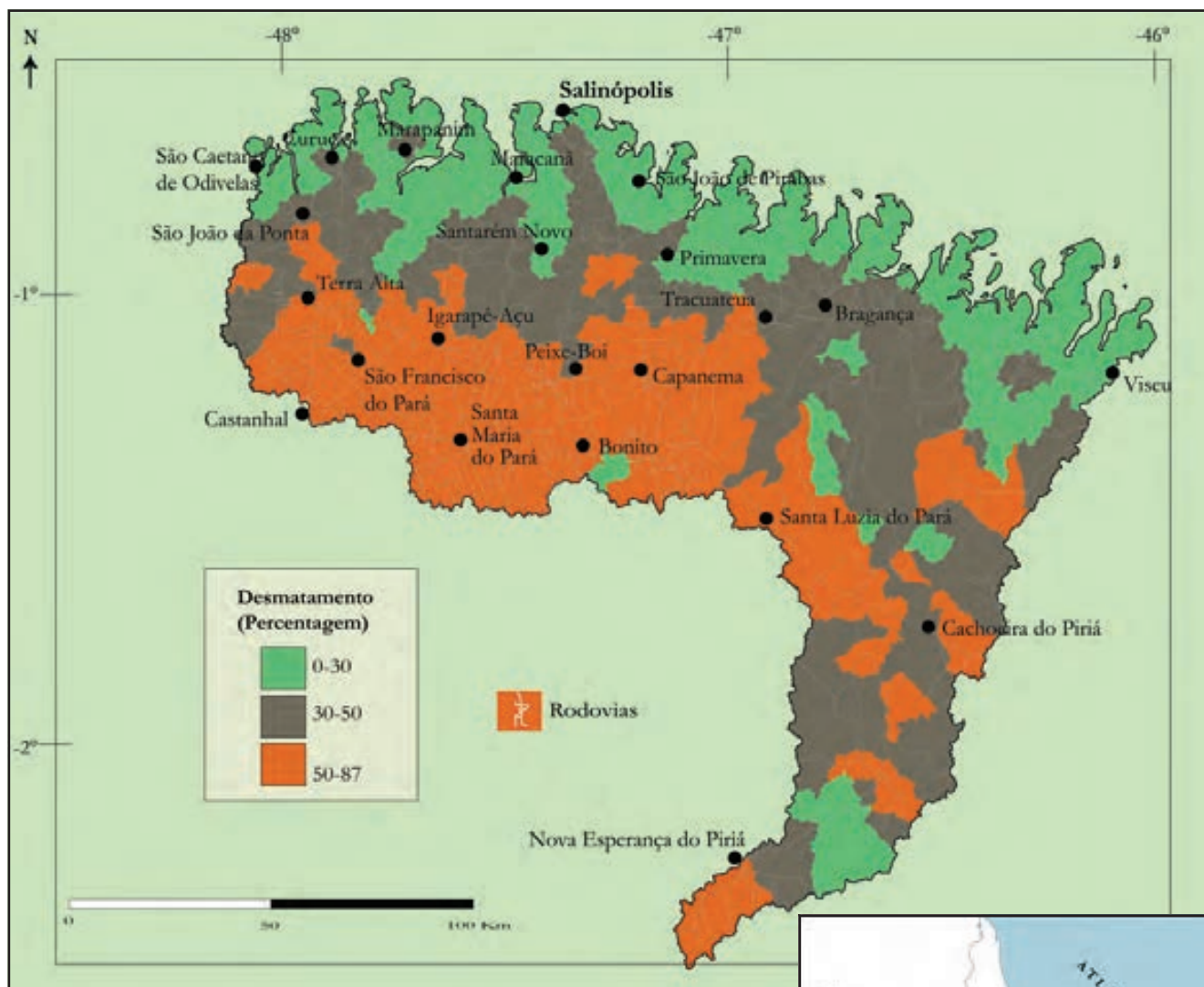






Vista de Salinópolis, também conhecida como Salinas, que exemplifica a urbanização numa área de mangue.

A população da Costa do Pará é de cerca de 700.000 habitantes, a maioria vivendo em pequenas cidades do interior, conectadas por uma malha rodoviária bem desenvolvida e integrada com a Bacia do Guamá e a Franja do Estuário Amazônico. Há décadas que a Costa do Pará é uma fronteira de desenvolvimento econômico, com sua força econômica inicial baseada na extração de madeira e pecuária e que recentemente foi suplantada pela produção agrícola. Desde a década de 1970, o desmatamento tem sido intenso e crescente das rodovias do interior em direção ao litoral. As principais culturas agrícolas incluem pimenta-do-reino, coco, mandioca e arroz. A mineração de calcário para fabricação de cimento tem potencial para se expandir ainda mais e por várias décadas. O turismo é importante para a economia da Costa do Pará e está centrado em algumas cidades litorâneas, especialmente Salinópolis, mais conhecida localmente como Salinas, onde tem acesso às atrativas praias atlânticas e conta com serviços de hotéis e restaurantes. A pesca na Costa do Pará captura anualmente dezenas de milhares de toneladas de pescado e abrange desde operações artesanais até uma grande frota industrial, que explora pargos para exportação nacional e internacional. A piscicultura está crescendo na Costa do Pará, com uma produção anual de cerca de 100 toneladas. O tráfego marítimo no litoral paraense pode aumentar com o início da exploração de petróleo ou gás na costa amazônica.



Desmatamento em pequenas bacias na Costa do Pará.



Embora existam áreas de conservação ao longo da Costa do Pará, elas são pequenas e pouco protegidas, apesar das extensas florestas de manguezal. Felizmente, a maior parte da floresta de mangue se mantém conservada, embora a atividade agrícola que se desloca em sua direção seja um desafio a ser enfrentado. A população local utiliza os manguezais para a exploração de caranguejos e mexilhões, o que justifica o interesse da conservação dessas comunidades vegetais e animais.

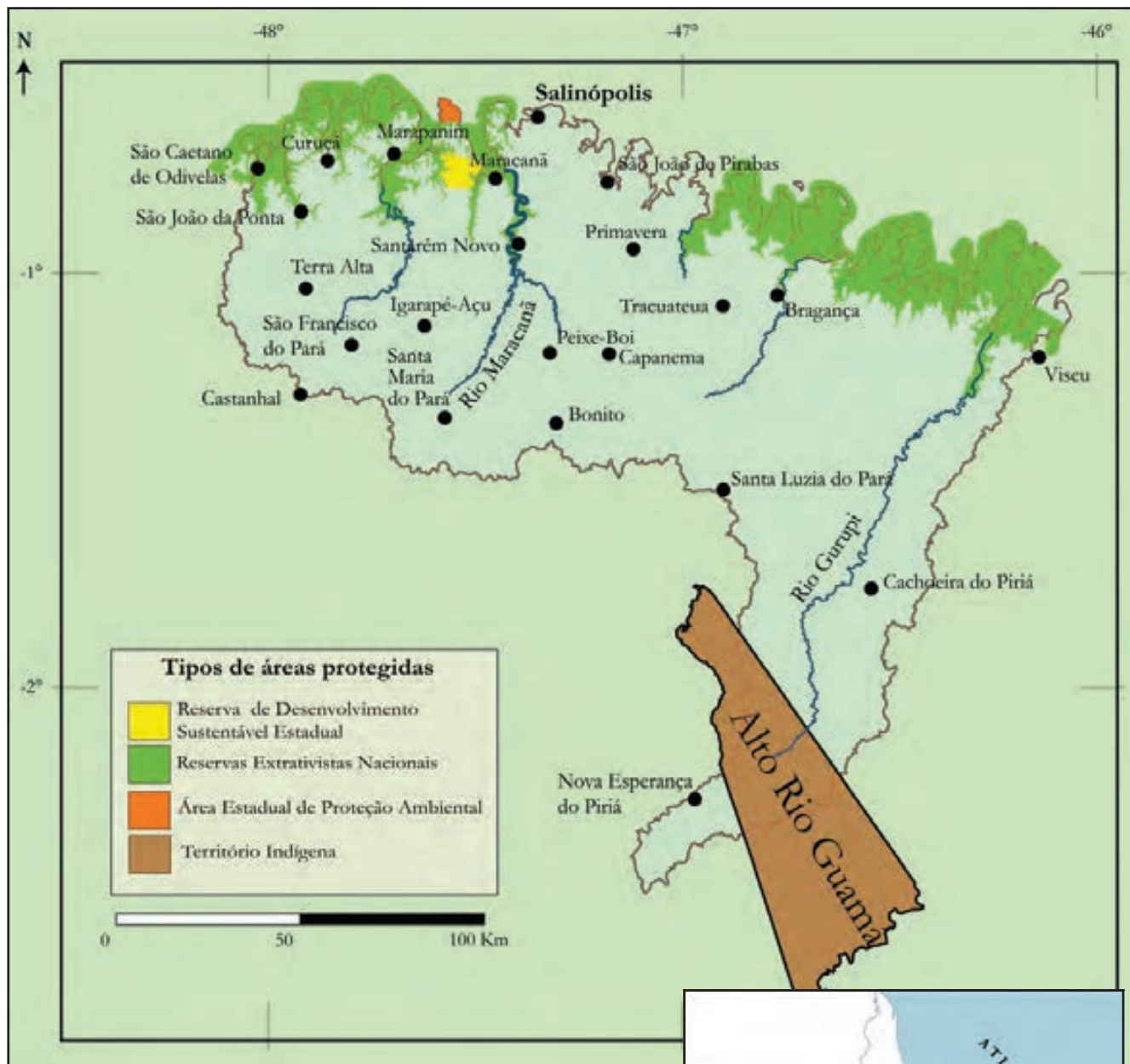




Manguezal morto na Costa do Pará. A construção de uma rodovia afetou a drenagem deste manguezal, o que tornou a área permanentemente alagada e matou suas árvores.



Algumas das ilhas ao longo da Costa do Pará oferecem oportunidades para integrar o turismo e a conservação de praias e manguezais. A imagem mostra praia e mangue na ilha de Algodão.



Áreas protegidas e territórios indígenas na Costa do Pará. As áreas de mangue não tem proteção integral.



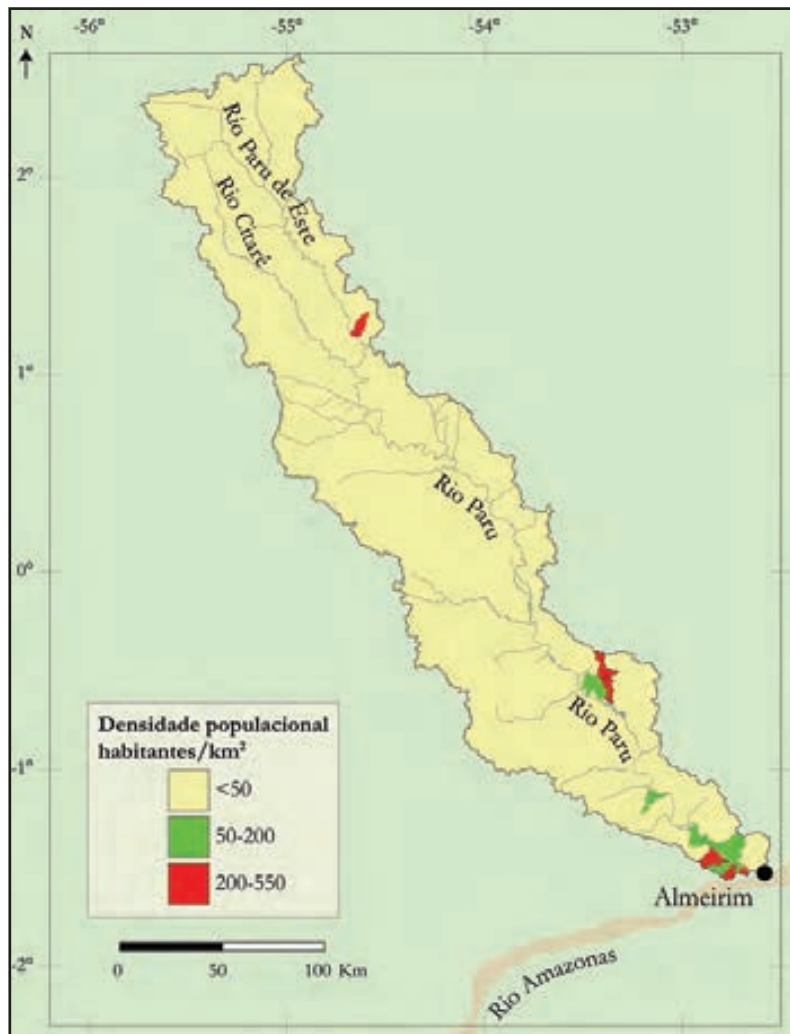




Quase toda a floresta de mangue ao longo da Costa do Pará é considerada parte das Reservas Extrativistas. Aqui é mostrado mangue e praia na ilha de Algodoal.

# Bacia do Paru

A Bacia do Paru deságua no rio Amazonas logo acima do Arquipélago do Marajó e é a bacia mais bem preservada do Estuário Amazônico. Excluindo Almeirim, que tecnicamente está no canal principal do rio Amazonas, a Bacia do Paru tem uma população escassa e nenhuma urbanização. Uma combinação de áreas protegidas, territórios indígenas e relativo isolamento até agora tem obstruído o desmatamento, as atividades de mineração e a construção de hidrelétricas nesta bacia. Próximo à foz do rio Paru, existe a criação de búfalos associada à cidade de Almeirim, no rio Amazonas, mas que não se expandiu muito para dentro da bacia. As atividades extrativistas, como a pesca, parecem ser mínimas e, em sua maioria, de subsistência. Os grandes territórios indígenas Rio Paru d'Este e Tucumaque ocupam a metade superior da bacia, e a Reserva Biológica Macuru e a Floresta Estadual do Paru ocupam grande parte da metade inferior.



Densidade populacional na Bacia do Paru. A bacia é uma das áreas menos povoadas da região do Estuário.

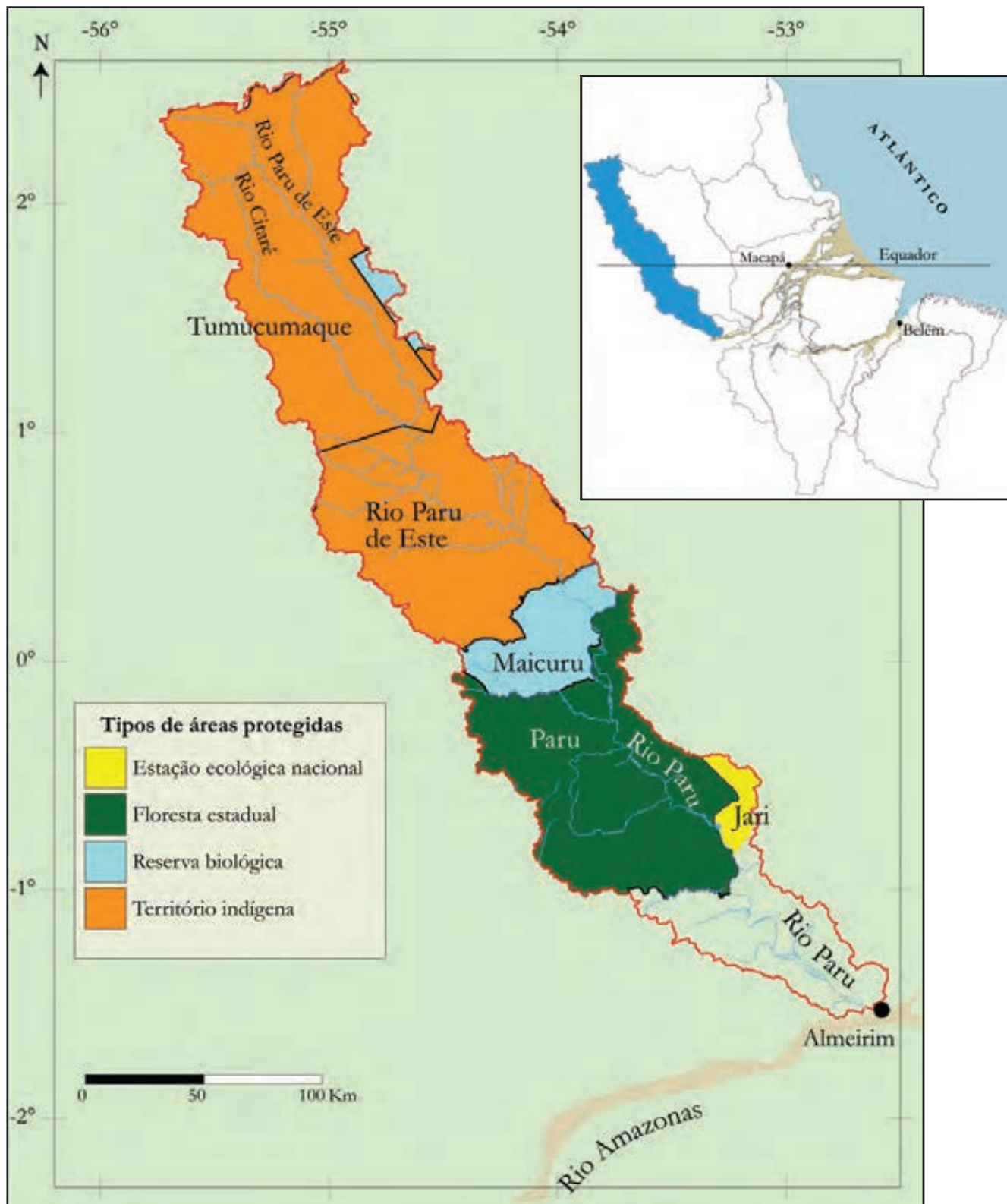




A espetacular Cachoeira do Panamá está localizada a cerca de 100 km a montante da confluência do rio Paru com o rio Amazonas. Embora não tenha conexão rodoviária com Almeirim, uma rede de rodovias que parte de Laranjal do Jari e vai até a Cachoeira do Panamá abriu novas áreas de assentamento e desmatamento. A Cachoeira do Panamá representa as últimas grandes corredeiras da Região Amazônica Oriental que não foram represadas.

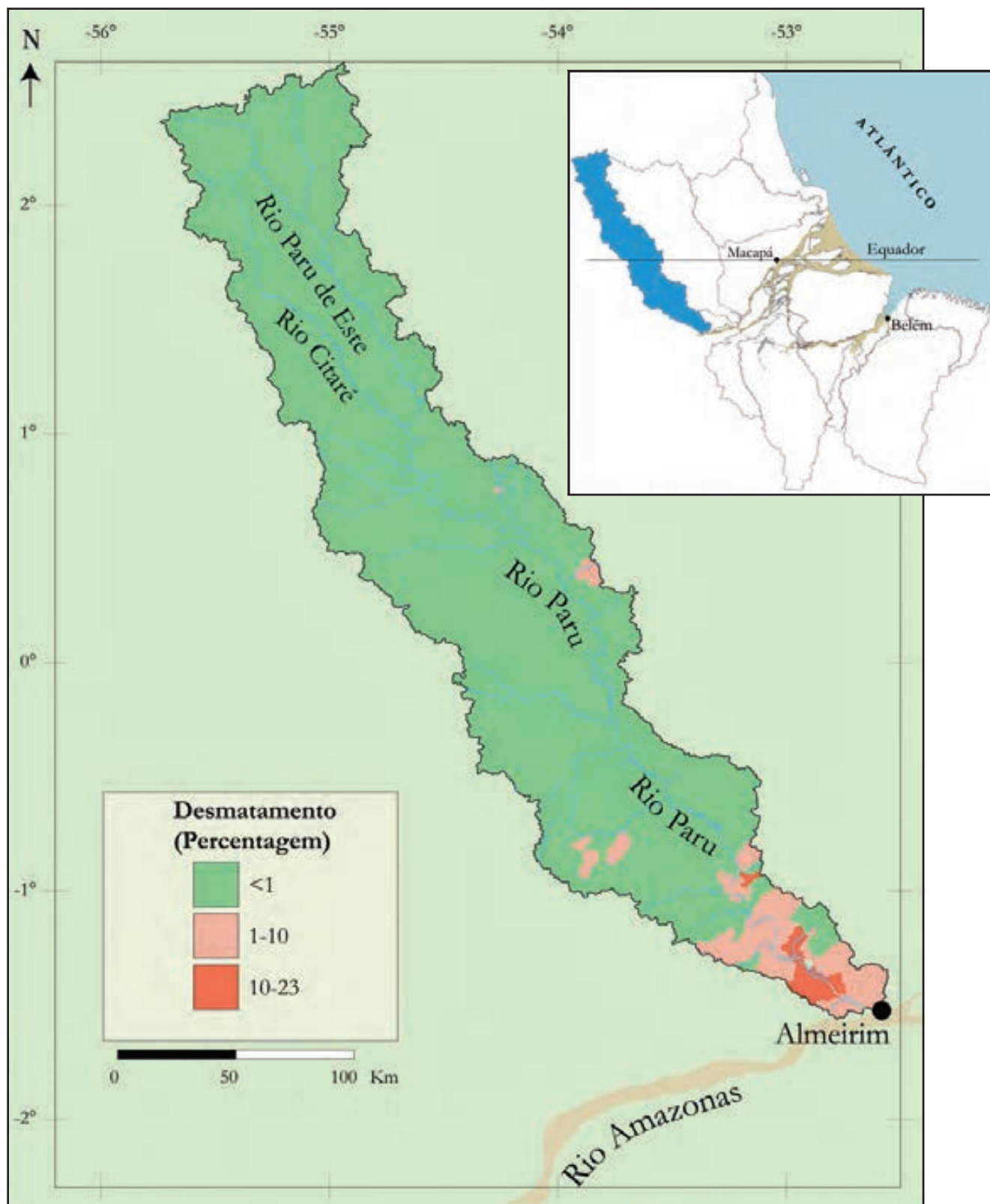


A cidade portuária de Almeirim, no rio Amazonas. Almeirim fica a cerca de 4 km a jusante da foz do rio Paru e é a principal cidade que tem influência direta sobre esta bacia, especialmente nas atividades relacionadas com pesca e turismo.



Áreas protegidas e territórios indígenas na Bacia do Paru. Observe que os territórios indígenas cobrem cerca da metade da Bacia do Paru.



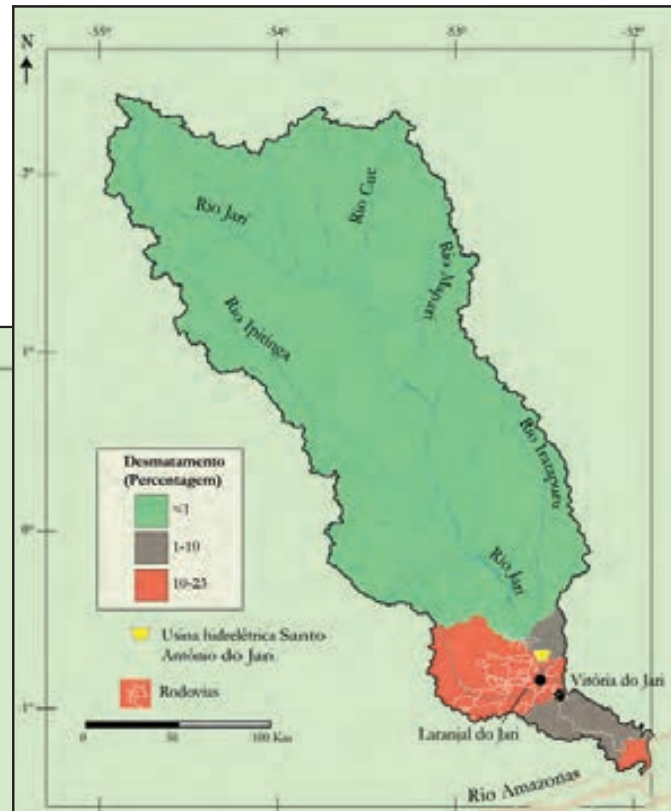
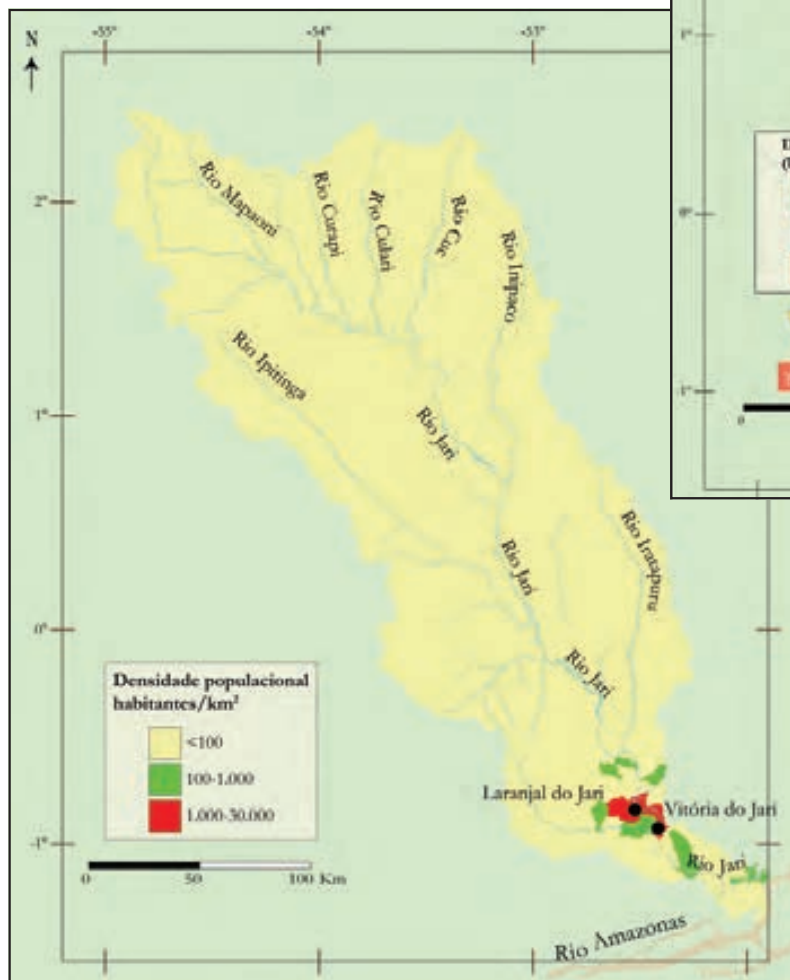


Percentagem de desmatamento na Bacia do Paru. A bacia é uma das menos desmatadas da região do Estuário.

# Bacia do Jari

O rio Jari deságua logo abaixo do rio Paru e sua bacia, com cerca de 70.000 habitantes, é escassamente povoada, com a maior parte da população e do desmatamento concentrados no baixo Jari, nas pequenas cidades de Laranjal do Jari e Vitória do Jari. A hidrelétrica de Santo Antônio do Jari delimita, em grande parte, a área conservada a montante da área modificada pelo homem a jusante por centenas de milhares de hectares de plantações de árvores, que abastecem uma fábrica de

Densidade populacional (esquerda) e  
percentagem de desmatamento (direita)  
na Bacia do Jari.





celulose, e pela mineração, que em grande parte é restrita à mineração de caulim nas cabeceiras de pequenos afluentes da margem esquerda do baixo rio Jari. A qualidade da água do baixo rio Jari é afetada pelos efluentes da fábrica de celulose, da mineração de caulim, dos centros urbanos e da hidrelétrica a montante. A pecuária de búfalos ocorre principalmente nas áreas alagadas próximas à confluência dos rios Jari e Amazonas. A pesca artesanal comercial ocorre próxima à confluência dos rios Amazonas e Jari. A piscicultura produz cerca de 100 toneladas por ano.

Os três quartos superiores da Bacia do Jari possuem quatro tipos de áreas protegidas, sendo a Floresta Estadual do Paru e as Montanhas do Tumucumaque responsáveis por mais de um terço de toda a bacia. As terras indígenas Waiãpi e Tumucumaque acrescentam ainda mais áreas protegidas de cabeceira na Bacia do Paru. Assim como a Bacia do Paru, a falta de infraestrutura e recursos financeiros têm dificultado o monitoramento das áreas a montante, onde há grandes áreas protegidas que também fazem fronteira com o Suriname.



Laranjal do Jari é a maior cidade da Bacia do Jari e é o centro econômico das atividades de celulose e mineração. A cheia do Jari alaga parte da cidade. As colinas ao fundo indicam a presença do antigo Escudo das Guianas.





Vista da cidade Laranjal do Jari e do Jari. A cidade fica a mais de 130 km a montante de sua foz no rio Amazonas.



Fábrica de beneficiamento de caulim e seu porto nas margens do rio Jari, em frente a Vitória do Jari.





Fábrica de celulose nas margens do rio Jari, em frente a Vitória do Jari.



Estufas de eucalipto no primeiro plano e plantação de eucalipto ao fundo.



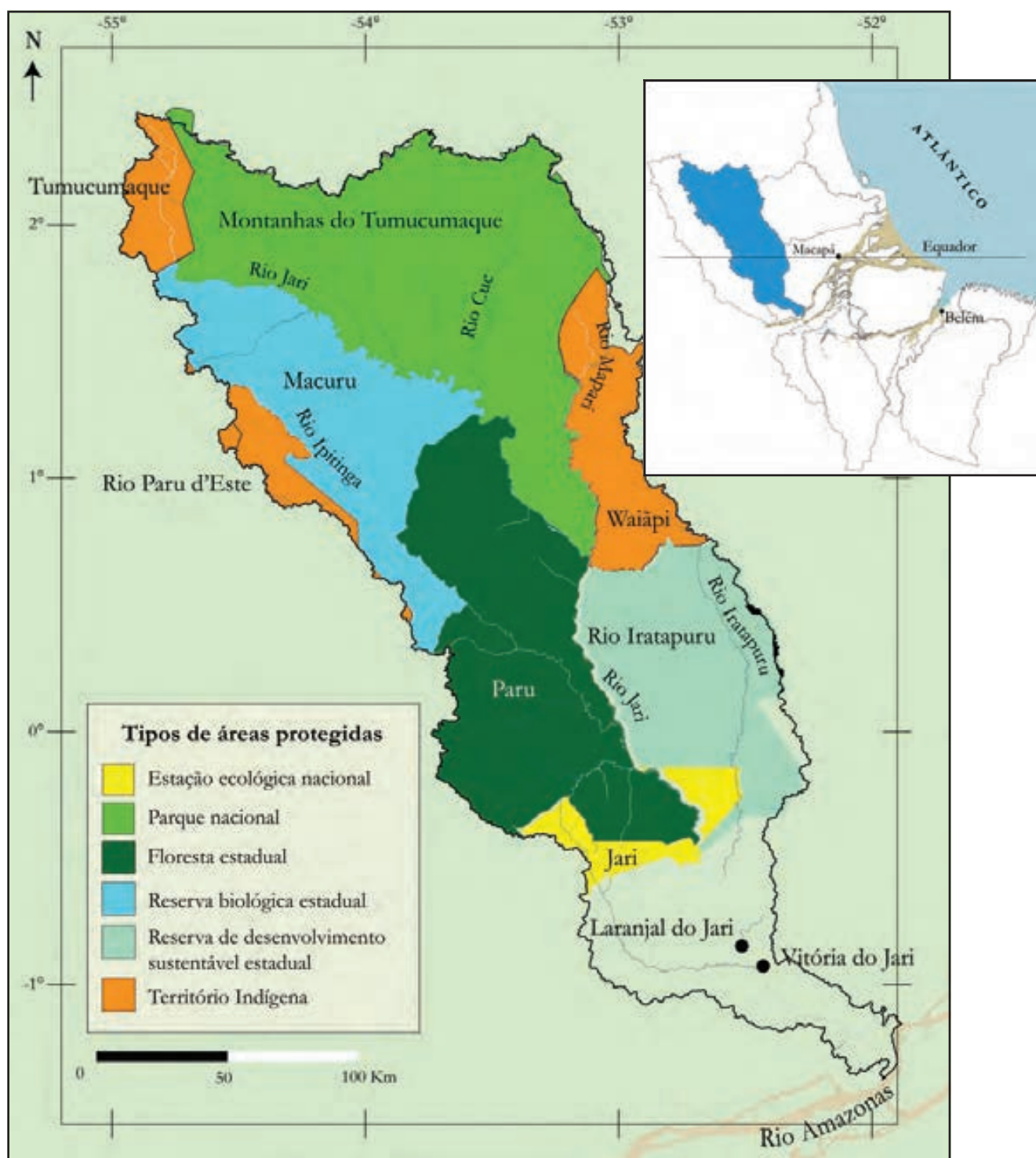


Viveiro de eucalipto próximo a Laranjal do Jari. As mudas serão transplantadas para as extensas plantações de árvores que abastecem a fábrica de celulose.



As plantações de eucalipto substituíram a floresta natural no Baixo Jari.





Áreas protegidas e territórios indígenas na Bacia do Jari. Observe que cerca de três quartos da Bacia do Jari estão protegidos.





Vista da floresta tropical do Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque, nas cabeceiras da Bacia do Jari.

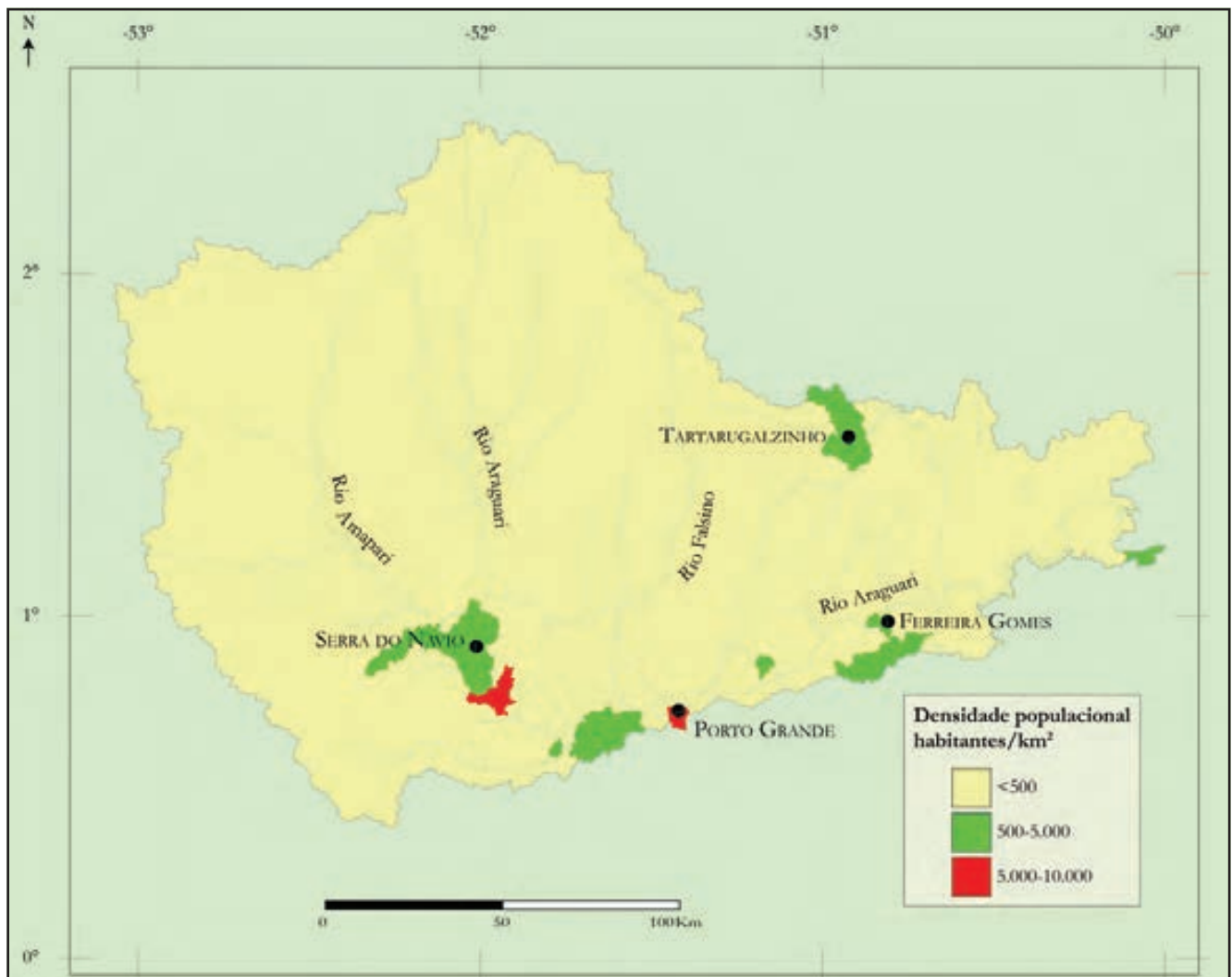


Rio nas cabeceiras do Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque, no alto Jari.

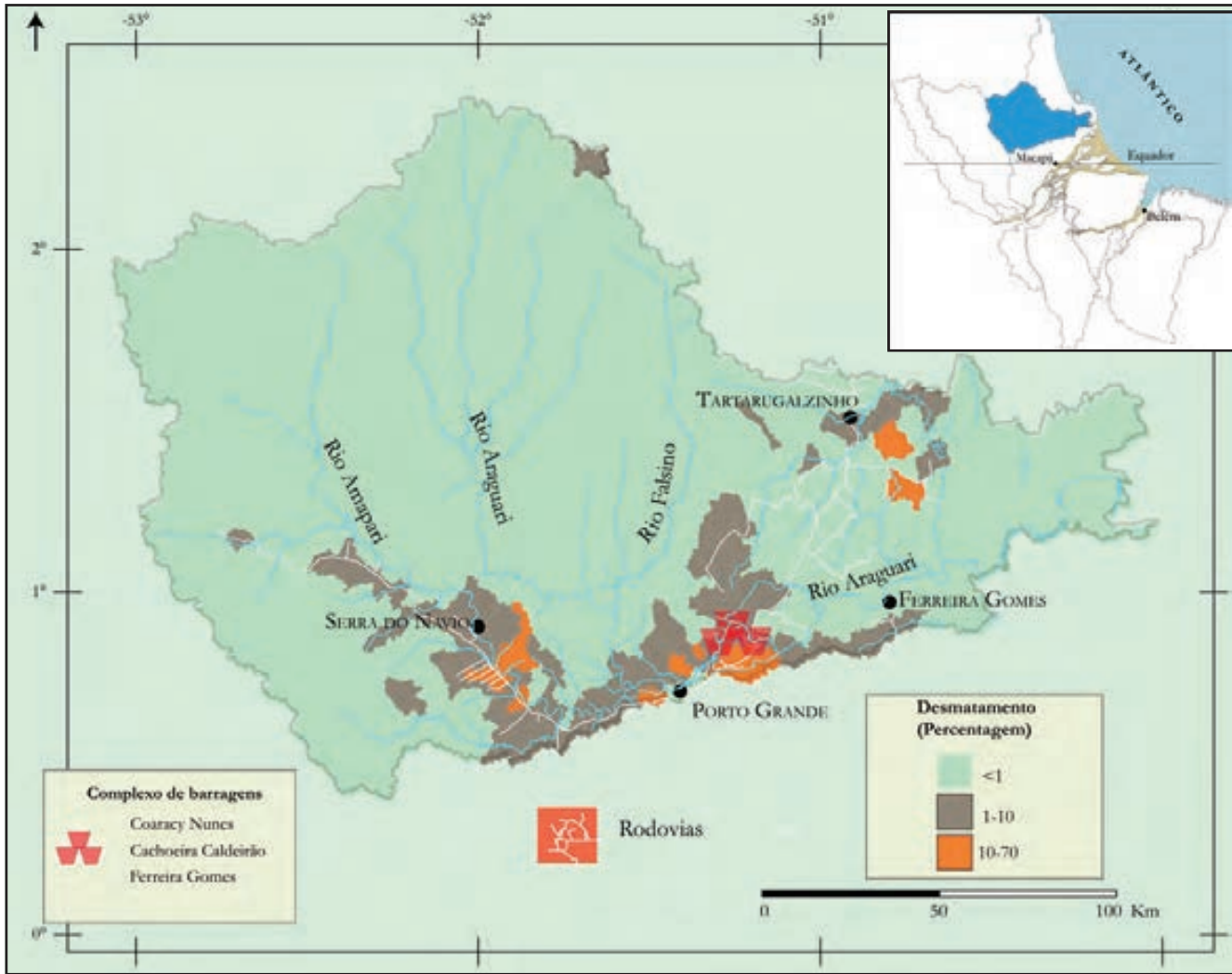


# Bacia do Araguari

A população da Bacia do Araguari é de cerca de 80.000 habitantes, com a maioria dos habitantes vivendo em seis cidades ao longo dos rios Araguari e Tartaruga. O desmatamento concentra-se nas regiões sul e nordeste da bacia, principalmente ao longo das rodovias. As regiões de savana no leste foram provavelmente ampliadas pelo desmatamento e queimadas sazonais, como está ocorrendo com a pecuária de búfalos próxima à foz do rio Araguari. As três hidrelétricas à beira do Escudo das Guianas, no trecho médio do rio Araguari, alteraram o regime hidrológico e o fluxo de sedimentos do rio. Vários minerais são extraídos na Bacia do Araguari nos trechos a montante das barragens, incluindo manganês, ferro e ouro. O garimpo de ouro existe pelo menos desde o início da década



Densidade populacional na Bacia do Araguari.

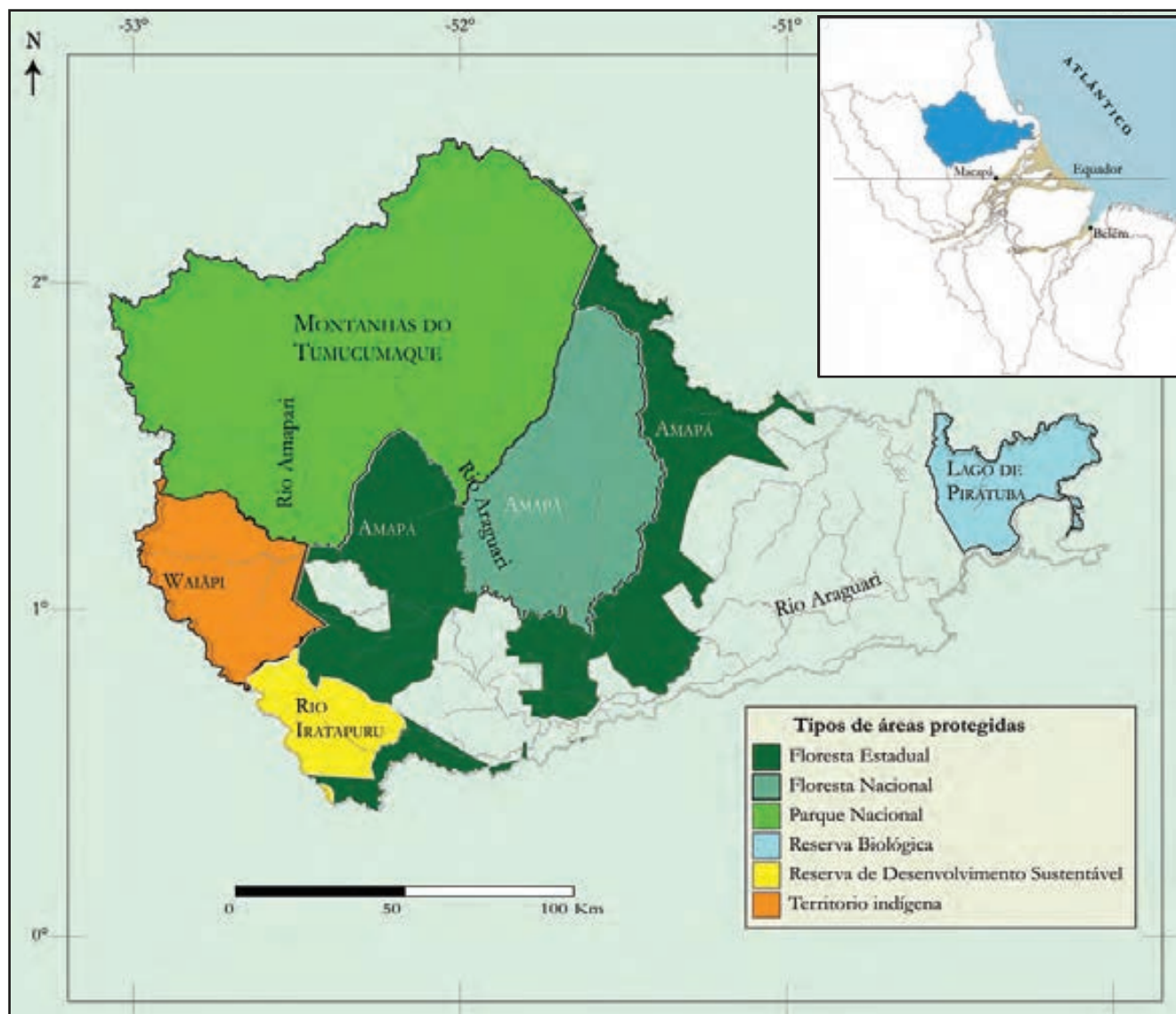


Percentagem de desmatamento na Bacia do Araguari.



Área desmatada para plantações de árvores perto de Ferreira Gomes.





Áreas protegidas e territórios indígenas na Bacia do Araguari.

de 1980. A extração de manganês na Serra do Navio é uma atividade potencialmente poluidora, que opera desde a década de 1970 na região a montante das barragens. Mudanças geomorfológicas relativamente recentes alteraram a direção da descarga do rio Araguari, que anteriormente desaguava diretamente no oceano Atlântico e agora deságua diretamente no rio Amazonas, num trecho próximo a sua foz, através de um novo canal que foi escavado para o sul. O desvio do rio Araguari para o rio Amazonas parece ter sido causado pela sinergia entre os novos regimes hidrológicos, causados pelas barragens, a formação de pequenos canais e riachos, causados por caminhos de búfalos, que podem aumentar a erosão em áreas alagadas, e a dinâmica natural da zona fluvial-marinha do Estuário Amazônico. A pesca artesanal explora os reservatórios das barragens, com uma produção anual de dezenas de toneladas de peixe. A piscicultura na Bacia do Araguari está em expansão e produz anualmente cerca de 300 toneladas de peixes.

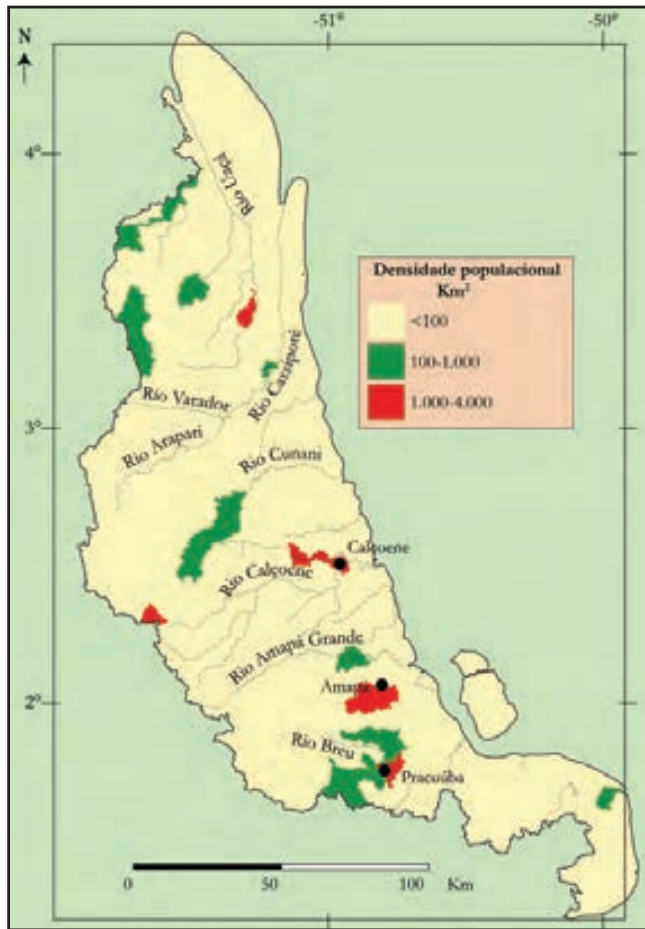


A Reserva Biológica Lago Piratuba contígua a floresta tropical de terra firme.

Mais da metade da Bacia do Araguari é protegida por parte do Parque Nacional das Montanhas do Tucumaque, pela Floresta Nacional do Amapá e pela Floresta Estadual do Amapá. A grande Terra Indígena Waiãpi faz divisa com as duas primeiras citadas acima. O baixo Araguari é pouco protegido, embora o lago de Piratuba, uma importante área alagada localizada ao norte do rio Araguari, tenha status de proteção como reserva biológica. A foz do rio Araguari é atualmente quase um delta e os manguezais ao longo de sua costa ainda estão relativamente intactos, embora suas bordas sejam afetadas pelos incêndios.



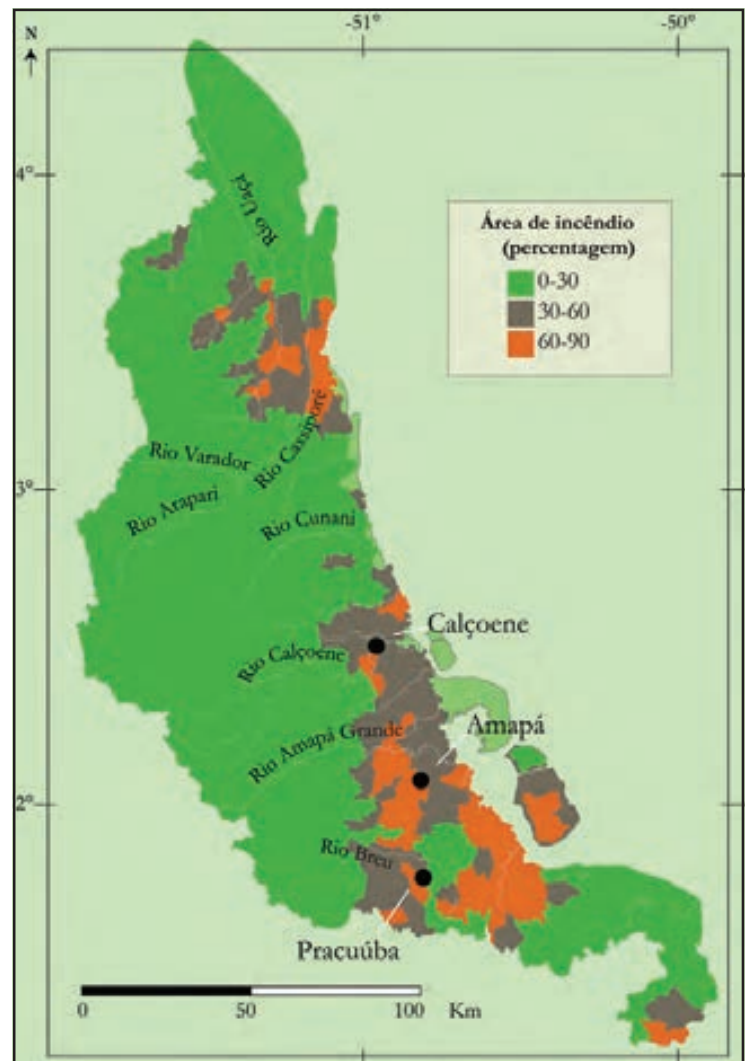
# Costa do Amapá

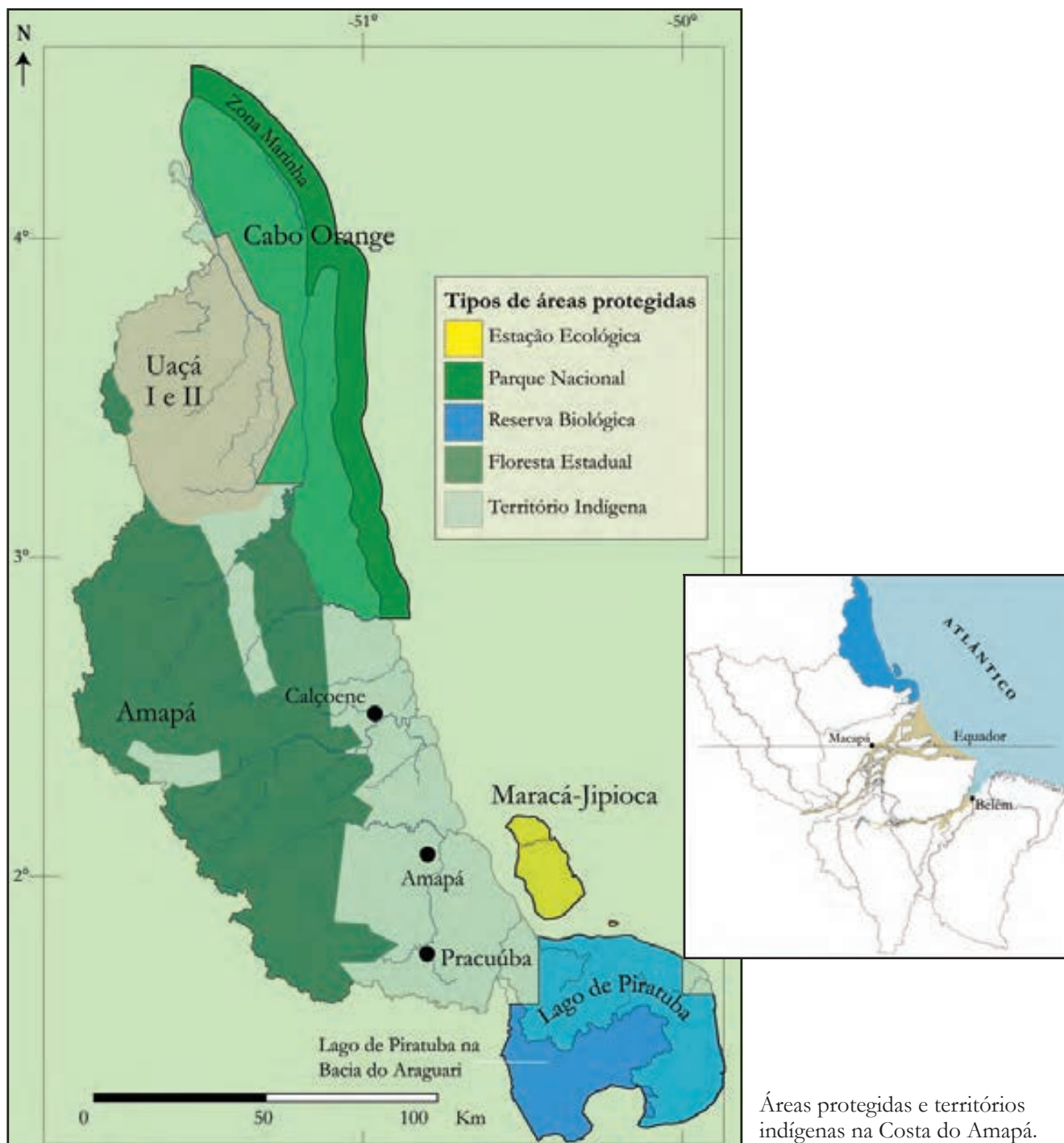


Densidade populacional na Costa do Amapá.



Intensidade de incêndios na Costa do Amapá. A análise do desmatamento no mosaico de vegetação savana e floresta é prejudicada pelas modificações humanas do passado, que pode ter ampliado as áreas de savana antes dos registros das imagens de satélites.





A Costa do Amapá é a região menos povoada do Estuário Amazônico. Possui menos de 20.000 habitantes, que se concentram principalmente em três cidades e suas áreas rurais, e nas áreas de mineração. Esses núcleos urbanos são conectados pela rodovia principal, que vai de Macapá à Guiana Francesa, e por algumas estradas vicinais no litoral do Amapá. O desmatamento está confinado principalmente ao longo da rodovia principal, embora parte dessa área também possa ter sido savana





Floresta de mangue protegida pela Estação Ecológica de Maracá-Jipioca na Costa do Amapá.

natural. Apesar do desmatamento ao longo da rodovia principal, a área não é uma fronteira agrícola importante em termos de produção. Uma das mais antigas áreas de garimpo ainda em operação, Lourenço, fica nas cabeceiras do rio Caciporé, no Escudo das Guianas, que deságua ao sul da fronteira com a Guiana Francesa. Poluição por sedimentos e mercúrio tem sido relatada. O garimpo ilegal também ocorre ao longo do rio Amapá, no Escudo das Guianas, a oeste da cidade do Amapá. Em grande contraste com a Costa do Pará, a Costa do Amapá apresenta poucas oportunidades para o turismo em larga escala, devido aos sedimentos do rio Amazonas, que formam amplas planícies de lama na zona entremarés e tornam as margens dos rios lamacentas. A pesca na Costa do Amapá é realizada tanto pela frota de barcos de arrastos quanto pela frota artesanal e sua produção anual é de dezenas de milhares toneladas de pescado. A piscicultura na Costa do Amapá é incipiente, com produção anual inferior a dez toneladas de pescado.

A Costa do Amapá possui áreas protegidas e territórios indígenas relativamente grandes. O Parque Nacional Cabo Orange também inclui águas marinhas e uma extensa zona de mangue. A grande Floresta Estadual do Amapá e as terras indígenas do Uaçá cobrem a maior parte da região oeste da Costa do Amapá. A Estação Ecológica Maracá-Jipioca inclui as duas ilhas nominais. A Reserva Biológica do Lago de Piratuba inclui uma grande área úmida de água doce que abriga floresta de mangue no litoral.







## PARTE 6

# Escalas de Conservação do Estuário Amazônico

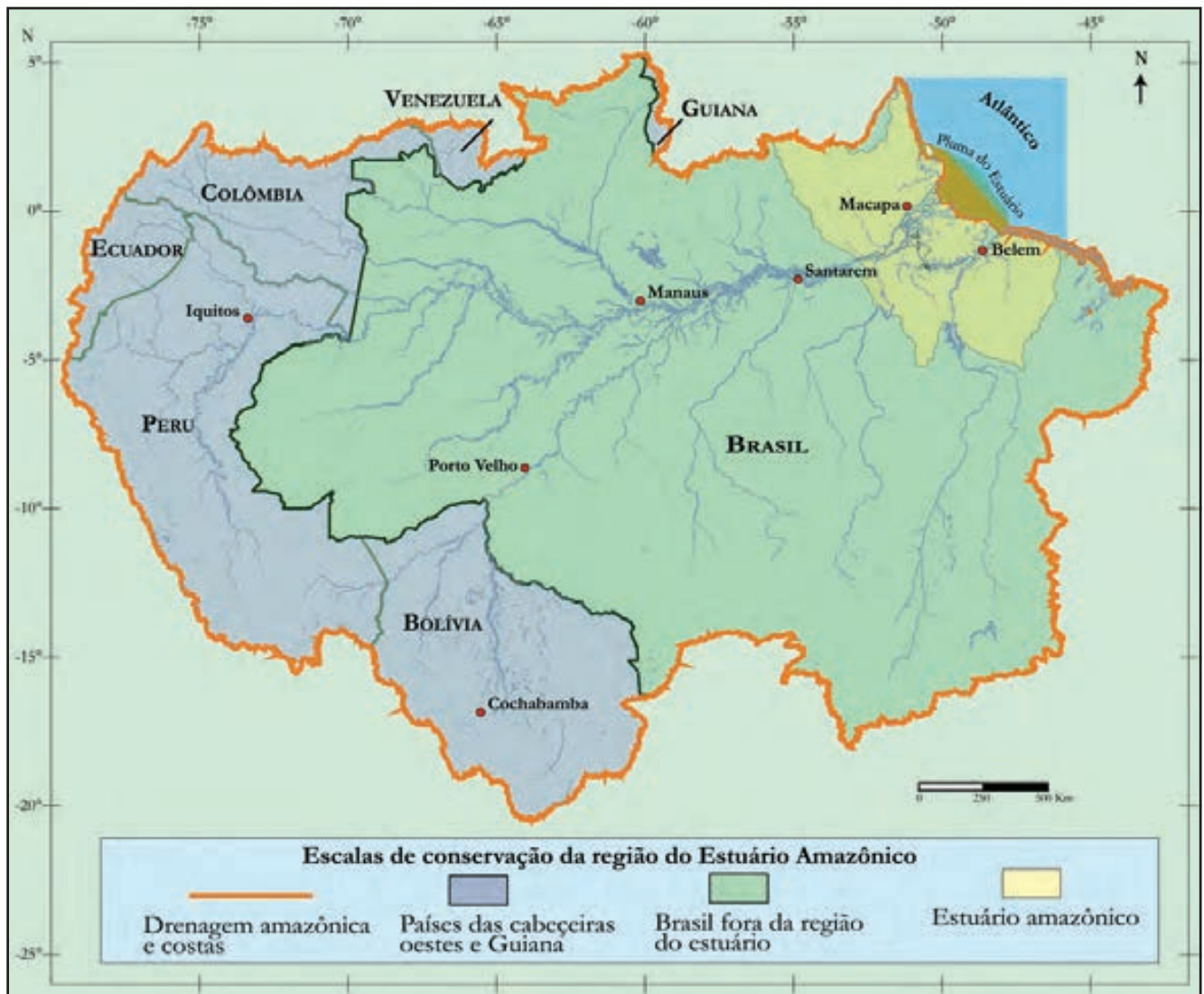
---

◀ ◀ ◀ Vista do rio Pará e da vegetação das ilhas ao redor de Belém, com nuvens cumulus ao fundo e a chuva típica que cai às tardes.



# Escalas de Conservação

Talvez nada desafie mais a gestão e o planejamento da conservação na Amazônia do que a escala que deve ser considerada. A Região do Estuário Amazônico, tal como definida neste Atlas, não é de modo algum uma definição espacial final, mas sim uma primeira aproximação e uma síntese da escala regional local necessária para abordar, a níveis realistas, as questões de manejo e conservação. Um foco apenas na área de influência aquática e das marés ou, ainda mais restritivo, no encontro



A escala ecológica da conservação do Estuário Amazônico poderia ser organizada em hierarquia de regiões, com base na combinação de fluxo de água, bacias e geografia política. Este mapa apresenta um ponto de partida para a Bacia Amazônica como um todo e sua influência no Estuário.



Bares e restaurantes construídos sobre palafitas nas margens da floresta de várzea de maré da ilha do Combu. A grande cidade de Belém está ao fundo. A maioria da população da região do Estuário Amazônico vive hoje em cidades. Portanto, as preocupações de conservação precisam incluir áreas urbanas e rurais juntas.

das águas doce e marinha, ignoraria involuntariamente os processos ao nível do ecossistema. Como grande parte da Região do Estuário Amazônico é diretamente influenciada pelo rio Amazonas, ela está conectada ecologicamente à vasta drenagem do rio principal e aos seus impactos. Em um cenário ideal, haveria monitoramento e regulação transnacional adequados dos Andes ao Atlântico, especialmente ao longo do rio Amazonas, mas essa aspiração parece estar a décadas de distância. No entanto, compreender as várias escalas ambientais e as geopolíticas que precisam ser consideradas pode ajudar a orientar ações específicas e positivas para desenvolver a governança ambiental nessa escala. Em termos de ecossistema aquático, o Estuário Amazônico é potencialmente e, pelo menos, temporalmente o destino de todos os impactos acumulados a montante, que pode permanecer no estuário ou ser despejado no Atlântico. Talvez mais do que em qualquer outro lugar da Amazônia, o Estuário Amazônico exigirá uma visão de toda a bacia para sua gestão de longo prazo.

Os humanos estão na Bacia Amazônica há pelo menos 14.000 anos e na Amazônia oriental entre 5.000-7.000 anos [1, 2]. Arqueologicamente, a maior atenção no Estuário Amazônico tem sido dada à Ilha do Marajó devido ao seu tamanho, ao reconhecimento prévio da qualidade da cerâmica e aos montes artificiais do passado (tesos) [2, 3]. Os primeiros colonizadores da Ilha do Marajó

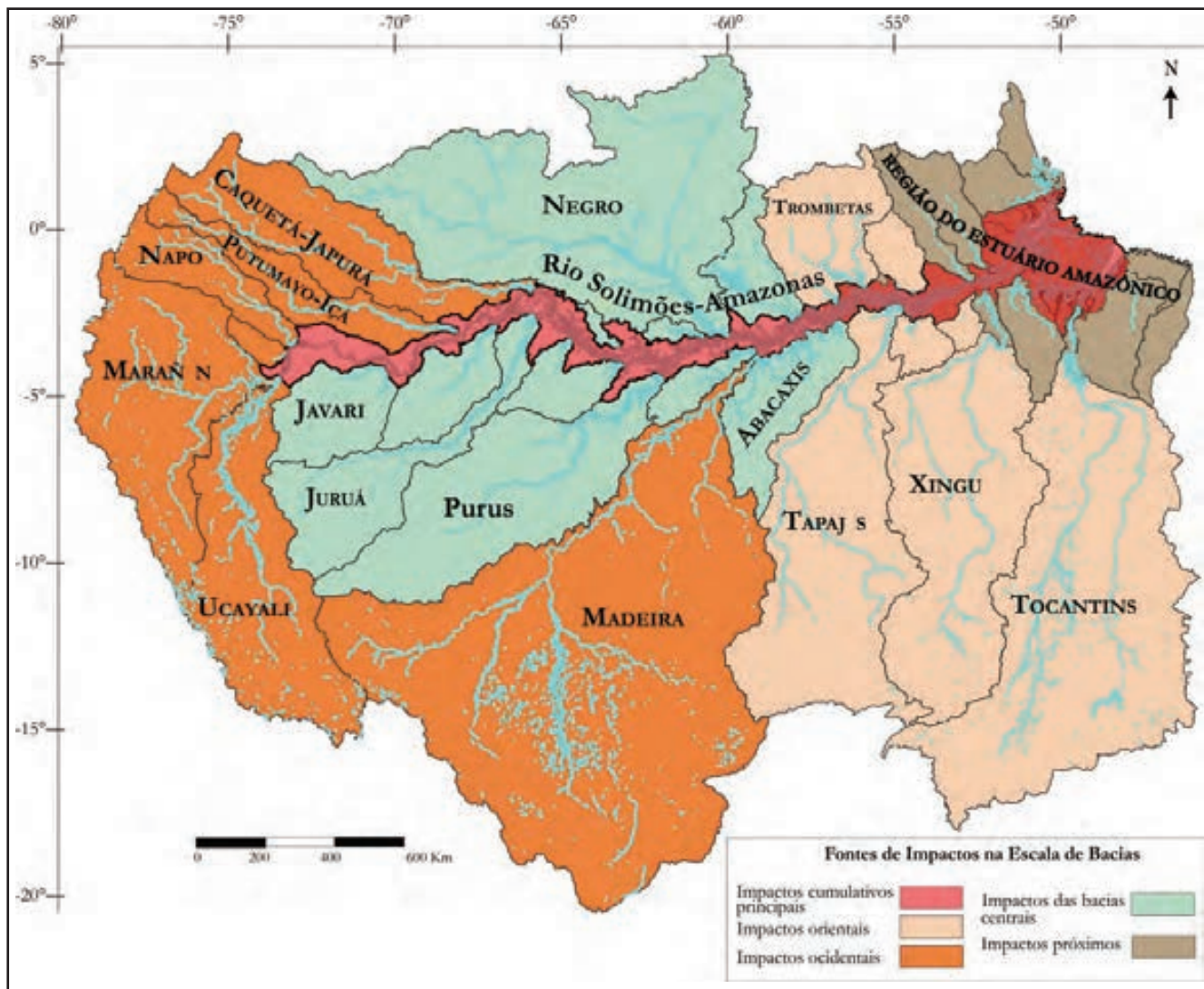


parecem ter sido pescadores ribeirinhos e coletores de conchas, conforme indica os sambaquis analisados [2]. Pequenas comunidades agrícolas associadas à cerâmica foram identificadas a partir de sítios arqueológicos datados de 3.500 anos atrás [1]. É provável que há 1.600 anos havia sociedades administrativamente autônomas, pelo menos no centro da Ilha do Marajó, que trocavam itens com outros grupos relativamente distantes. Houve considerável modificação indígena das áreas alagadas, especialmente com a construção dos tesos (montes artificiais), de pequenas barragens, de estruturas que parecem ter sido viveiros de peixes e de outras obras que visavam aumentar a eficiência hidrológica e o abastecimento de alimentos. Possivelmente, 30 grupos indígenas habitavam a Ilha do Marajó na época da conquista européia, mas grande parte foi dizimada por volta de 1.800 [4]. Hoje, a maior parte da Região do Estuário Amazônico está entre as áreas menos representadas na Bacia Amazônica para povos e territórios indígenas. Nos tempos modernos, tem havido uma emigração em larga escala das áreas rurais para as cidades ou para fora dos estados do Pará e Amapá. Atualmente, mais de três quartos da população humana da Região do Estuário Amazônico vive em cidades localizadas nas margens do rio Amazonas, rio Pará e baía do Marajó.

A Região do Estuário Amazônico sustenta uma grande economia baseada na pesca [5], madeira [6], extração de frutas e fibras [7, 8], agricultura [9], extração e processamento de minérios [10] e turismo [11]. Uma combinação de crescimento populacional regional [12], expansão mineral [10], desenvolvimento hidrelétrico [13], urbanização [14] e expansão agrícola [15] requer uma perspectiva escalável do ecossistema para informar tanto as necessidades esperadas de desenvolvimento quanto os marcos de conservação. No nível regional, essas escalas vão desde a Região Amazônica até várias divisões maiores baseadas em bacias hidrográficas, países ou alguma combinação destas.

A estruturação da Bacia Amazônica como um todo em grandes sub-bacias é a forma mais lógica para o gerenciamento combinado dos ambientes de terra firme e aquático. No entanto, apesar do desenvolvimento em larga escala da infraestrutura, em especial a da construção de barragens, a gestão integrada das bacias hidrográficas ainda está em sua infância e se encontra fortemente desafiada pela sua situação geográfica, na qual 10 das 14 grandes bacias que descarregam em território brasileiro são compartilhadas com outros países [16]. O canal principal do rio Amazonas é compartilhado por três países, começando a montante com o Peru, passando pela Colômbia e depois seguindo para o Brasil, onde percorre mais de 75% de sua extensão. Embora não seja uma bacia, o canal principal do rio Amazonas, juntamente com suas planícies de inundação, é muito grande e recebe os impactos cumulativos e sinérgicos dos rios da Bacia Amazônica.

O desenvolvimento econômico nos países andinos, como a construção de barragens, poderia gerar impactos de longo alcance em toda a Bacia Amazônica que se manifestariam de forma diferente em cada sub-bacia [17, 18]. O exemplo mais notório é o dos peixes migratórios que usam o Estuário Amazônico como berçário, mas que desovam no extremo oeste da Amazônia, inclusive no sopé andino. Algumas das pescarias comerciais mais importantes do estuário amazônico são em grande parte baseadas nessas espécies de peixes migradores, como a piramutaba e a dourada [19, 20]. As duas grandes barragens no rio Madeira, no estado de Rondônia, que bloqueiam as migrações de dourada e outras espécies de peixes migradores de longa distância, representam o primeiro grande exemplo de um impacto investigado em nível de ecossistema que tem implicações importantes para a ecologia do Estuário Amazônico.



Esse exemplo hipotético apresenta uma visão espacial das fontes de impactos em todas as sub-bacias e no canal principal do rio Amazonas, sendo este último onde os impactos se acumulam. Esta organização espacial permite uma melhor compreensão da origem dos impactos e do tipo de monitoramento necessário. A categoria de cada área pode mudar dependendo dos impactos considerados.

A maior parte da água que flui pelo Estuário Amazônico é drenada da região a jusante dos países andinos, onde se encontra a vasta planície e as áreas baixas dos antigos escudos, grande parte em território brasileiro. As grandes bacias que se originam nos escudos são importantes para a economia da região, sendo as bacias do Tocantins, Xingu e Tapajós, que se originam no Escudo do Brasil, importantes fronteiras agrícolas, mineradoras e madeireiras, e a do Trombetas, que se origina no Escudo das Guianas, importante para a mineração. Essas bacias deságuam mais próximas do Estuário Amazônico e parecem ter impactos mais imediatos na qualidade de suas águas do que as distantes sub-bacias Andes-Amazônicas.





Um padrão positivo de conservação da vegetação é o manejo dos açaiçais nas margens dos rios, com preservação das matas no interior. Embora a vegetação tenha sido modificada, a floresta ainda permanece em pé e os açais podem ser colhidos.

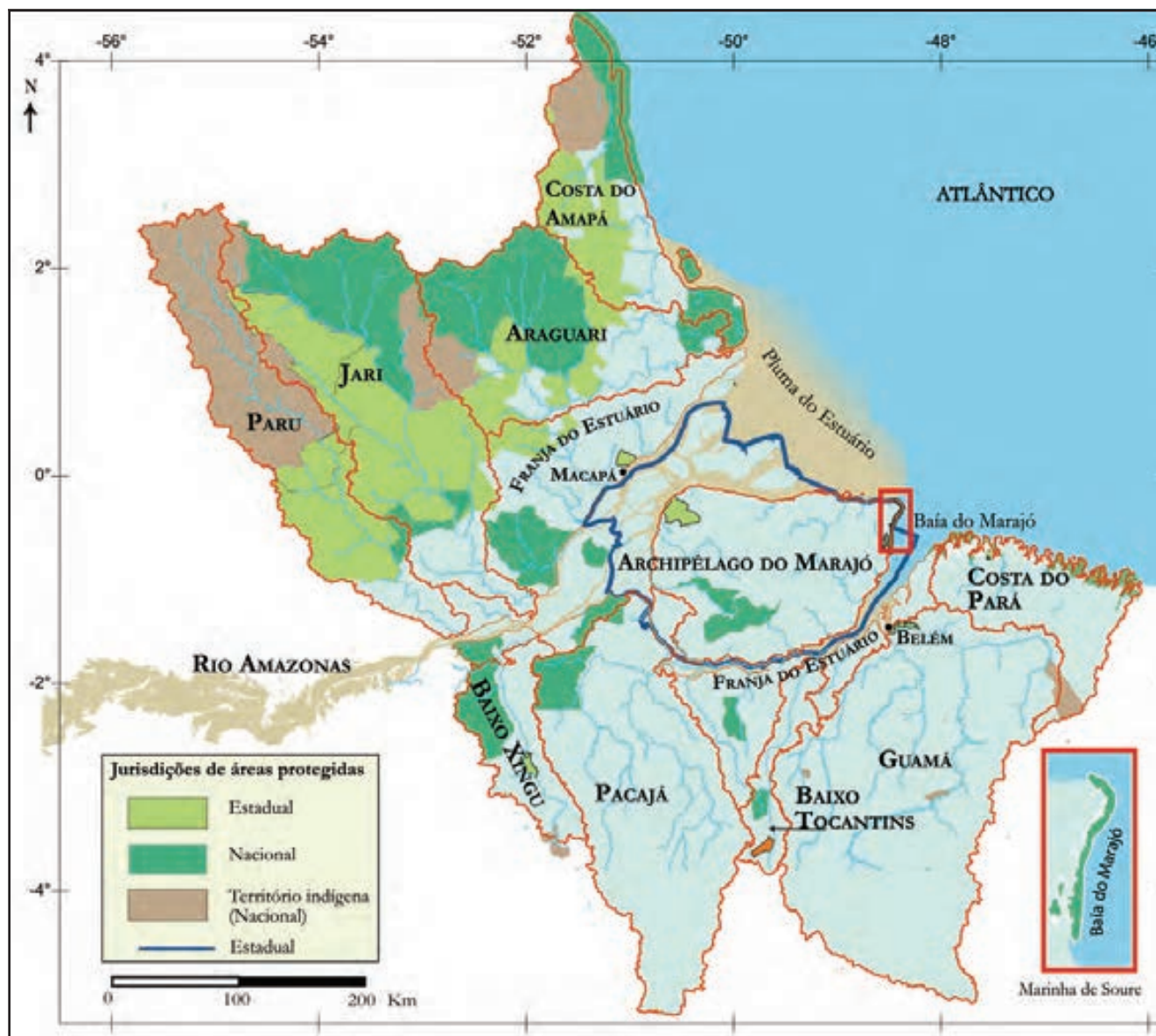
Finalmente, a escala mais ampla considera toda a drenagem da Bacia Amazônica e das bacias das regiões costeiras, totalizando uma área de 6.000.000 km<sup>2</sup>. Estas bacias compartilham o Bioma Floresta Amazônica, cuja distribuição se estende por grande parte da Bacia Amazônica, Guianas e partes sul e leste da Bacia do Orinoco, na Venezuela. Nessa escala, os cientistas levantaram recentemente a hipótese de níveis de ponto de inflexão, na qual uma combinação de cenários de desmatamento e mudanças climáticas levaria a uma transformação de um ecossistema dominado por florestas para um ecossistema mais parecido com a savana[21]. Não está claro como isso afetaria o Estuário Amazônico, pois grande parte das bacias do sul que deságuam diretamente no Estuário Amazônico já foi desmatada, juntamente com o leste da Ilha do Marajó e as costas do Pará e Amapá. Os impactos sobre o ecossistema aquático causados pelo desmatamento em larga escala nessas regiões são pouco compreendidos e mascarados pela grande vazão na região. Além desses impactos potenciais, os cientistas preveem que o aumento do nível do mar causado pelas mudanças climáticas será um grande desafio para as populações rurais e urbanas que vivem nas áreas baixas sob a influência das marés [12].

## Referências

1. Schaan, D. **Long-term human induced impacts on Marajó Island landscapes, Amazon estuary.** Diversity, 2010. 2(2): p. 182-206.
2. Roosevelt, A.C. **Moundbuilders of the Amazon: geophysical archaeology on Marajó Island, Brazil.** 1991: Academic Press.
3. Meggers, B.J. e J. Danon. **Identification and implications of a hiatus in the archeological sequence on Marajo Island, Brazil.** Journal of the Washington Academy of sciences, 1988. 78(3): p. 245-253.
4. Oliveira, A.E.d. **Ocupação Humana,** in Amazônia: Desenvolvimento, Integração e Ecologia. São Paulo: Brasiliense, E. Salati, et al., Editors. 1983, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico: Brasília. p. 144-327.
5. Barthem, R.B. e M. Goulding. **An unexpected ecosystem: The Amazon as revealed by fisheries.** 2007, Lima, Peru: Amazon Conservation Association; Missouri Botanical Garden Press. 241.
6. Barros, A.C. e A. Veríssimo. eds. **A expansão madeireira na Amazônia: impactos e perspectivas para o desenvolvimento sustentável no Pará.** 2002, Imazon: Belém. 168.
7. Anderson, A.B., P. Magee, A. Gély, e M.A.G. Jardim. **Forest management patterns in the floodplain of the Amazon estuary.** Conservation Biology, 1995. 9(1): p. 47-61.
8. Oliveira, J., S.S. Almeida, e R. Vilhena-Potyguara. **Espécies vegetais produtoras de fibras utilizadas por comunidades amazônicas.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Botânica, 1991. 7(2): p. 395-430.
9. Smith, N.J. **Amazon sweet sea: land, life, and water at the river's mouth.** 2002, Austin: University of Texas Press.
10. Cordani, U.G. e C. Juliani. **Potencial mineral da Amazônia: problemas e desafios.** Revista de Estudios Brasileños, 2019. 6(11): p. 91-108.
11. Nascimento, V.L.Q. e L.T.L. Simonian. **A política de ecoturismo no Polo Belém/Costa Atlântica (PA).** Revista Brasileira de Ecoturismo, 2014. 7(3): p. 618-645.
12. Mansur, A.V., E.S. Brondízio, S. Roy, S. Hetrick, et al. **An assessment of urban vulnerability in the Amazon Delta and Estuary: a multi-criterion index of flood exposure, socio-economic conditions and infrastructure.** Sustainability Science, 2016. 11(4): p. 625-643.
13. Tolmasquim, M.T. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica.** 2016, Rio de Janeiro: EPE.
14. Ribeiro, R.M., S. Amaral, A.M.V. Monteiro, e A.P. Dal'Asta. **Os processos de urbanização e conversão florestal na Amazônia paraense – um estudo multiescalar.** Revista Brasileira de Estudos de População, 2019. 35(3): p. 1-30.
15. Costa, M.D.R., A.K.O. Homma, F.K. Rebello, A.D.S. Souza Filho, et al. **Atividade agropecuária no Estado do Pará.** Documentos / Embrapa Amazônia Oriental, 2017(432): p. 174.
16. Venticinque, E., B. Forsberg, R. Barthem, P. Petry, et al. **An explicit GIS-based river basin framework for aquatic ecosystem conservation in the Amazon.** Earth System Science Data, 2016. 8(2): p. 651-661.
17. Forsberg, B.R., J.M. Melack, T. Dunne, R.B. Barthem, et al. **The potential impact of new Andean dams on Amazon fluvial ecosystems.** PloS one, 2017. 12(8): p. e0182254.
18. Anderson, E.P., C.N. Jenkins, S. Heilpern, J.A. Maldonado-Ocampo, et al. **Fragmentation of Andes-to-Amazon connectivity by hydropower dams.** Science advances, 2018. 4(1): p. eao1642.
19. Prestes, L., R. Barthem, A. Mello-Filho, E. Anderson, et al. **Proactively averting the collapse of Amazon fisheries based on three migratory flagship species.** PLoS One, 2022. 17(3): p. e0264490.
20. Barthem, R.B., M. Goulding, R.G. Leite, C. Canas, et al. **Goliath catfish spawning in the far western Amazon confirmed by the distribution of mature adults, drifting larvae and migrating juveniles.** Scientific Reports, 2017. 7: p. 41784.
21. Lovejoy, T.E. e C. Nobre. **Amazon tipping point.** 2018, American Association for the Advancement of Science. p. eaat2340.



# Áreas Protegidas



Áreas protegidas e territórios indígenas no Estuário Amazônico. Observe que grande parte do norte do estuário está protegido por parques e territórios indígenas, em contraste com o sul que é minimamente protegido.

A implementação de áreas protegidas tem sido a principal estratégia de conservação em grande escala na maior parte da Bacia Amazônica. Esta estratégia incorpora os territórios indígenas que, embora não sejam legal e tecnicamente considerados áreas protegidas, são áreas que estão sob jurisdição nacional e que contribuem para a conservação da região. As duas características mais marcantes das



A proteção das florestas de terra firme e alagada é talvez o maior desafio para a conservação no Estuário Amazônico. A imagem mostra florestas de terra firme e de maré onde o rio Muaná deságua no rio Pará, a oeste de Belém, na Ilha do Marajó.

áreas protegidas da região do Estuário Amazônico são, em primeiro lugar, aproximadamente 80% das sub-bacias do norte, incluindo o Paru, Jari e Araguari, estão sob proteção nacional ou estadual; e, em segundo lugar e em grande contraste com as sub-bacias do norte, as áreas protegidas das sub-bacias do sul, incluindo o Guamá e o Pacajá, representam apenas 10% da área total, das quais menos que 1% são territórios indígenas.

Em termos de áreas protegidas, o Arquipélago do Marajó representa uma anomalia, porque, no papel, parece estar altamente protegido pela grande extensão da Área de Proteção Ambiental do Marajó (APA), criada pelo estado do Pará, que inclui toda a Ilha do Marajó e muitas ilhas menores; além de outras unidades de conservação menores dentro desta APA. No entanto, seria enganador supor que esta área recebe uma grande proteção ou a implementação adequada do seu estatuto jurídico, uma vez que o monitoramento e a aplicação institucional é precário.



A Franja do Estuário, proposta neste Atlas, que margeia o rio Amazonas ao norte e o rio Pará ao sul, contém numerosas pequenas bacias. Nesta área vive a maior parte da população humana do Estuário Amazônico e onde estão localizadas as capitais Belém e Macapá. A Franja do Estuário do Amapá possui cerca de 20% de sua área protegida e a do Pará menos de 10%.

Cerca de metade da Costa do Amapá está sob proteção nacional, estadual ou indígena. A Costa do Pará contrasta muito com a do Amapá, pois cerca da metade de sua área litorânea está sob proteção nacional, mas não há grandes áreas protegidas nas áreas afastadas da costa. As áreas litorâneas da Costa do Amapá e do Pará são importantes áreas de mangue e a maior parte dessa floresta ainda está intacta, embora seja preocupante o avanço da agricultura nas áreas próximas aos manguezais. Há também alguma proteção de manguezais ao redor da baía do Marajó, tanto na Ilha do Marajó quanto no continente.

A pluma do estuário e os ambientes costeiro-marinho ou oceânico próximos, onde ocorrem as principais pescarias, não possuem áreas de restrição total à atividade pesqueira. A maior parte da proteção se dá na forma de restrição parcial, sazonal e/ou espacial, da pesca artesanal e industrial.

Em termos de áreas alagadas por água doce, a maior parte da floresta de várzea de maré do Arquipélago do Marajó, embora fortemente derrubada, ainda mantém sua diversidade e estrutura, ainda que a maior parte da floresta protegida desta área pareça ser de terras mais altas. O exemplo notável de proteção combinada de floresta e campos alagados por água doce é a Reserva Biológica Nacional Lago de Piratuba, no Amapá. Embora tenha havido intenso desmatamento nas bacias do Guamá e Pacajá e na Costa do Pará, há ainda extensas matas ciliares que oferecem uma oportunidade de conservação. A Franja do Estuário no Amapá tem poucas áreas protegidas e não está claro até que ponto a floresta alagada foi convertida em campos, de modo que os campos atuais podem ser mais extensos do que os do passado.

## Créditos das fotos

**AGB Photo Library/Alamy Stock Photo**, 186 (abaixo), 186 (acima)  
**Alan Skyrme/Alamy Stock Photo**, 4  
**Andre Dib**, 55 (abaixo), 69, 175 (abaixo), 269  
**Bloomberg-Getty Images Brasil**, 199  
**Brarymi/Alamy Stock Photo**, 85, 97 (acima), 220 (acima)  
**Bruno Kelly/Reuters Pictures**, 174 (abaixo)  
**Chico Ferreira**, 241 (direita)  
**Cultura Creative RF/Alamy Stock Photo**, 10  
**Delfim Martins**, 205 (abaixo), 259 (abaixo), 259 (acima), 260 (acima)  
**Edu Lyra**, 112 (abaixo), 113 (abaixo), 156 (abaixo/direita), 156 (acima/direita), 170  
**Gary Calton/Alamy Stock Photo**, 142 (abaixo)  
**Genevieve Vallee/Alamy Stock Photo**, 32 (acima)  
**Getty Images - Ricardo Lima**, 275, 280  
**Glow Images/Alamy Stock Photo**, 183 (abaixo)  
**Hans Von Manteuffel**, 207, 210  
**J L Bulcão**, 177, 213  
**Jacques Jangoux/Alamy Stock Photo**, 72, 160  
**João Prudente**, 209 (abaixo)  
**John Michaels/Alamy Stock Photo**, 80 (abaixo)  
**Kevin Harrison/Alamy Stock Photo**, 167  
**Leo Francini/Alamy Stock Photo**, 57, 106 (abaixo), 264 (abaixo)  
**Look-Foto**, 277  
**Luciana Whitaker**, 133 (abaixo), 153 (acima/direita), 240  
**Luiz Claudio Marigo**, 155 (acima), 155 (abaixo)  
**Manuel Mata/Alamy Stock Photo**, 14  
**Matyas Rehak/Alamy Stock Photo**, 253 (abaixo)  
**Michael Goulding**, 6, 26, 27, 40, 50, 51, 52, 53 (acima), 54, 55 (acima), 58, 63, 65, 66, 75, 78, 79, 81, 93 (acima), 96, 99, 101, 102, 103, 105 (acima), 105 (abaixo), 107, 108, 111, 113 (acima), 114, 115, 118, 120 (abaixo), 120 (acima), 123 (acima), 123 (abaixo), 124, 125 (abaixo), 125 (acima), 128, 132, 133 (acima), 134 (acima), 134 (abaixo), 136, 140, 142 (acima), 144, 148 (acima), 150, 150 (acima), 151 (abaixo), 152 (acima), 153 (abaixo), 154, 156 (esquerda), 162, 164, 165, 175 (acima), 183 (acima), 185, 189, 195, 200 (acima), 229 (acima), 229 (abaixo), 235 (acima), 235 (abaixo), 249 (acima), 249 (abaixo), 251  
**Nigel Hicks**, 116  
**Nigel Hicks/Alamy Stock Photo**, 53 (abaixo)  
**Paralaxis/Alamy Stock Photo**, 168, 187  
**Paulo Fridman**, 212  
**Paulo Santos/Reuters Pictures**, 8, 206, 211 (abaixo), 247  
**Pulsar Imagens/Alamy Stock Photo**, 33, 34, 43, 60, 89 (abaixo), 94, 95  
**Renata Mello**, 258 (abaixo)  
**Ricardo Azoury**, 32 (abaixo), 88 (abaixo), 93 (abaixo), 106 (acima), 152 (abaixo), 153 (acima/esquerda), 180, 182 (abaixo), 188, 194 (abaixo), 200 (abaixo), 201  
**Ricardo Lima**, 122  
**Ricardo Teles**, 174 (acima), 237 (direita)  
**Rogério Reis**, 39, 48, 76, 121, 198, 225 (abaixo), 262 (abaixo), 262 (acima), 266  
**Roman Rahm**, 225 (acima)  
**Ronaldo Barthem**, 77, 148 (abaixo)  
**Rubens Chaves**, 36, 38 (abaixo), 42, 80 (acima), 90, 129, 130, 131, 176, 182 (acima), 204, 205 (acima), 209 (acima), 214, 220 (abaixo), 227 (abaixo), 227 (acima), 231, 243, 257, 258 (acima), 260  
**Sipa USA/Alamy Stock Photo**, 192  
**Stock Connection Blue/Alamy Stock Photo**, 68, 70, 194 (acima)  
**Tarso Sarraf**, 211 (acima)  
**Tales Azzi**, 208 (abaixo), 208 (acima), 216  
**Tarcísio Schneider**, 88 (acima), 97 (abaixo), 238 (acima)  
**Universal Images Group North America LLC/DeAgostini/Alamy Stock Photo**, 196  
**Vtupinamba/Alamy Stock Photo**, 20  
**Wiki Commons**, 253 (acima)  
**Wirestock, Inc./Alamy Stock Photo**, 169





GORDON AND BETTY  
**MOORE**  
FOUNDATION



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÃO

