



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

---

**TESE DE DOUTORADO Nº165**

**HIDRODINÂMICA, TRANSPORTE E PROVENIÊNCIA  
SEDIMENTAR NO BAIXO RIO XINGU E SUA IMPORTÂNCIA  
COMO “TIDAL RIVER” AMAZÔNICO**

**Tese apresentada por:**

**LUCIO CARDOSO DE MEDEIROS FILHO**

**Orientador: Prof. Dr. Nils Edvin Asp Neto (UFPA)**

**Coorientador: Prof. Dr. Jean-Michel Lafon (UFPA)**

---

**BELÉM-PA  
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

M488h Medeiros Filho, Lucio.  
HIDRODINÂMICA, TRANSPORTE E PROVENIÊNCIA  
SEDIMENTAR NO BAIXO RIO XINGU E SUA  
IMPORTÂNCIA COMO "TIDAL RIVER" AMAZÔNICO / Lucio  
Medeiros Filho. — 2022.  
153 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Nils Asp  
Coorientador(a): Prof. Dr. Jean-michel Lafon  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de  
Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e  
Geoquímica, Belém, 2022.

1. Hidrodinâmica. 2. Geoquímica. 3. Sedimentos. 4.  
Modelagem hidrodinâmica. 5. Maré. I. Título.

CDD 016.55

---



**Universidade Federal Do Pará**  
**Instituto de Geociências**  
**Programa de Pós Graduação em Geologia e Geoquímica**

**HIDRODINÂMICA, TRANSPORTE E PROVENIÊNCIA  
SEDIMENTAR NO BAIXO RIO XINGU E SEU PAPEL COMO  
“TIDAL RIVER” AMAZÔNICO**

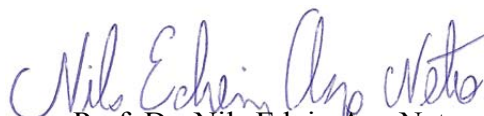
**Tese apresentada por**

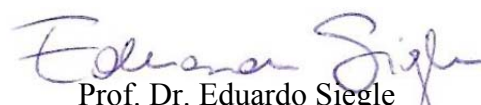
**LUCIO CARDOSO DE MEDEIROS FILHO**


**Como requisito parcial à obtenção de Grau de Doutor em Ciências na Área de GEOLOGIA e  
Linha de Pesquisa GEOLOGIA MARINHA E COSTEIRA.**

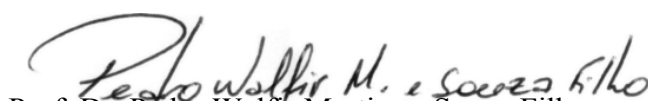
**Data da Aprovação: 14 / 07 / 2022**

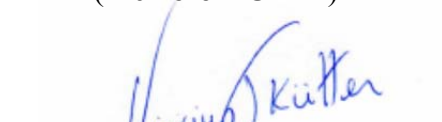
**Banca Examinadora:**

  
Prof. Dr. Nils Edvin Asp Neto  
(Orientador-UFGPA)

  
Prof. Dr. Eduardo Siegle  
(Membro – USP)

  
Dr. José Francisco Berrêdo Reis da Silva  
(Membro – MPEG)

  
Prof. Dr. Pedro Walfr Martins e Souza Filho  
(Membro – UFGPA)

  
Prof. Dr. Vinicius Tavares Kutter  
(Membro – UFGPA)

*Aos meus pais e minha família,  
em especial minhas duas flores,  
Maria e Ana  
Amor imensurável.*

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) através da bolsa UFPA-PROEX, Programa de Excelência Acadêmica e posteriormente do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Processo n° 170652/2017-3, modalidade Doutorado-GD.

Agradecer a Deus, por sempre nortear meus caminhos.

Agradeço minha família, meu maior alicerce e motivação nessa trajetória acadêmica e profissional.

Minha esposa Ariel por acreditar junto comigo nessa empreitada.

Minhas filhas Maria Alice e Ana Liz, amor incondicional. Maria nascida no início do doutorado e Ana quase no término, sem dúvidas me impulsionaram para seguir cada vez mais convicto dos meus objetivos, reafirmando meu desejo em seguir na pesquisa mesmo diante dos percalços.

A minha mãe, minha maior incentivadora nos estudos, com orgulho gostaria de retribuir todo o esforço empenhado com a finalização deste doutorado.

A minha sogra Jandira, pelo apoio irrestrito, uma segunda mãe pra mim. Sempre presente e gentil. Obrigado por acreditar em mim.

Meu orientador, Prof<sup>a</sup> Nils Asp, por ter aceitado me orientar, muito solícito em subsidiar as campanhas de campo, análises de laboratório. Apesar do fator distância, cada troca ao longo desses anos foi muito valiosa para construção de ideias e novos caminhos para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao meu coorientador, Prof<sup>o</sup> Jean Michel Lafon, parte dessa tese foi fruto da imersão no universo da geoquímica, o que me possibilitou agregar ainda mais conhecimento como pesquisador desde o mestrado.

Aos amigos e colegas do IG, UFRA, MPEG, ex-colegas de graduação, muitos que se tornaram grandes amigos, com quem tive o prazer da companhia e de trocar e partilhar conhecimento, sem mencionar nomes, para não esquecer ninguém. A cada um que contribuiu de forma direta ou indireta, deixo registrado todo meu agradecimento.

Aos colegas de onde atuo atualmente na SEMAS/PA, foi uma troca muito enriquecedora entre geólogos e engenheiros que tenho o prazer de conviver diariamente, sem dúvida alguma, muito desses anos de experiência também se reflete no desenvolvimento desta pesquisa.

A Universidade Federal do Pará, mais especificamente o Instituto de Geociências, lugar onde fui acolhido por mais de uma década ao longo de toda essa jornada acadêmica desde a graduação em Oceanografia.

*A dúvida é o princípio da sabedoria.*

*Aristóteles*

## RESUMO

Esta pesquisa é fundamentada na investigação dos processos (geológicos e hidrodinâmicos) que regem a evolução recente de um grande tributário do baixo Amazonas, o rio Xingu. O intuito foi investigar a evolução sedimentar e fluxos hidrológicos, a partir de dados já consolidados sobre o preenchimento de sua ria e como tem se estabelecido seus padrões de transporte e aprisionamento de sedimentos, seus efeitos sazonais e de maré, além compreender o papel do rio Amazonas como regulador na dinâmica de seu afluente. Medições hidrodinâmicas de vazão, velocidade e nível d'água juntamente com amostras de sedimentos de fundo e MPS foram coletados em 3 períodos anuais (fevereiro, junho e novembro). Os resultados deram subsídios para investigação da interação Xingu-Amazonas e a evolução da morfologia de fundo do baixo Xingu. Os resultados sugerem um enchimento da ria tanto pelo próprio rio Xingu, formando um proeminente delta de cabeceira, quanto pelo rio Amazonas, onde as variações das marés transportam sedimentos a montante no rio Xingu. Por outro lado, grandes áreas na parte central da ria indicam uma sedimentação lamosa. A geoquímica elementar permitiu traçar parte da história dos sedimentos e rochas de origem, juntamente com a análise dos elementos imóveis (Al, Ti, Zr, Hf, Th) e dos elementos terras raras (ETR) por serem pouco fracionados durante os processos de intemperismo e concentram-se nos sedimentos de fundo em detrimento da fração dissolvida dos rios. Os depósitos preservados no baixo rio Xingu, além de drenar regiões cratônicas em zonas mais elevadas, ratificam que o material de fundo é derivado de fontes heterogêneas com composições predominantemente ígnea intermediária e que foram submetidos a importante reciclagem durante o transporte fluvial. A modelagem hidrodinâmica permitiu apontar a descarga fluvial como forçante mais relevante para dinâmica de deposição lamosa na ria do Xingu. A partir de um modelo numérico foi possível extrapolar a dinâmica de fluxo e transporte para além das fronteiras abertas, ou seja, a porção central da ria, elucidando o mecanismo de interação entre a descarga fluvial e maré e a dinâmica sedimentar associada. A determinação das amplitudes e fases das componentes de maré, sejam as de origem puramente astronômico ou decorrentes de águas rasas, assim como do nível médio e a descarga horária mostraram-se fundamentais para o entendimento dos processos regentes.

Palavras-chave: Rio Xingu, Rio Amazonas, hidrodinâmica, marés, geoquímica, sedimentos



## ABSTRACT

This research is based on the investigation of the processes (geological and hydrodynamic) that govern the recent evolution of a large tributary of the lower Amazon, the Xingu River. The aim was to investigate its aspects of sedimentary evolution and hydrological flows, from already consolidated data on the filling of its ria and how its patterns of transport and sediment trapping, its seasonal and tidal effects have been established, in addition to understanding the role of the Amazon River as a regulator in the dynamics of its tributary. Hydrodynamic measurements of flow, velocity and water level along with bottom sediment and MPS samples were collected at 3 annual seasons (February, June and November). The results provided support for the investigation of the Xingu-Amazonas interaction and the evolution of the bottom morphology of the lower Xingu. The results suggest a filling of the ria both by the Xingu River, forming a prominent headwater delta, and the Amazon River, where tidal variations transport sediments upstream in the Xingu River. On the other hand, large areas in the central part of the ria indicate muddy sedimentation. Elemental geochemistry allowed us to trace part of the history of sediments and source rocks, together with the analysis of immobile elements (Al, Ti, Zr, Hf, Th) and rare earth elements (REE) because they are poorly fractionated during weathering processes. and they are concentrated in the bottom sediments to the detriment of the dissolved fraction of the rivers. The deposits preserved in the lower Xingu River, despite draining cratonic regions in higher areas, confirm that the bottom material is derived from heterogeneous sources with predominantly intermediate igneous compositions and that they underwent important recycling during fluvial transport. The hydrodynamic modeling allowed to indicate the fluvial discharge as the most relevant forcing for the muddy deposition dynamics in the Xingu estuary. From a numerical model, it was possible to extrapolate the flow and transport dynamics beyond the open boundaries, that is, the central portion of the ria, elucidating the interaction mechanism between river and tidal discharge and the associated sedimentary dynamics. The determination of the amplitudes and phases of the tidal components, whether of purely astronomical origin or resulting from shallow waters, as well as the average level and the hourly discharge proved to be fundamental for the understanding of the governing processes.

Keywords: Xingu River, Amazon River, hydrodynamics, tides, geochemistry, sediments