



AVALIAÇÃO MULTITEMPORAL DA EUTROFIZAÇÃO POR PROCESSO DE SEDIMENTAÇÃO DE UM LAGO DA PLANÍCIE COSTEIRA DO AMAPÁ, BRASIL

Maria de Fátima Alves de Matos

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Departamento de Geologia. Campus Universitário – Lagoa Nova, Caixa Postal - 1639, CEP.: 59078-970, Natal- RN

fatimaalves@geologia.ufrn.br

Venerando Eustáquio Amaro

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Departamento de Geologia

amaro@geologia.ufrn.br

Luis Roberto Takiyama

Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá

luis.takiyama@iepa.ap.gov.br

Odete Fátima Machado da Silveira

Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências

silveira@ufpa.br

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma análise multitemporal do processo de sedimentação do Lago Comprido de Baixo localizado na planície costeira do estado do Amapá, Região Amazônica Brasileira. A área está dentro dos limites jurisdicionais da Reserva Biológica do Lago Piratuba. O estudo faz uma avaliação qualitativa do processo de sedimentação do lago, com base em análise multitemporal entre os anos de 1972 a 2009. A região está distantes cerca de 50 km da linha de costa, recebe influência do regime sazonal amazônico, e dos efeitos das macromarés semidiurnas, que atualmente alcança o lago. A metodologia do trabalho foi a partir das interpretações das imagens de satélites de sensores ativos e passivos, por meio dos quais foram calculados os parâmetros morfométricos pelas análises geostatísticas multitemporais em ambiente de Sistema de Informações Geográficas – SIG. Pelas análises dos períodos estudados, entre os anos de 1998 a 1999, as alterações ocorridas encadearam processos irreversíveis de sedimentação nos lagos, pondo em risco a própria funcionalidade do sistema lacustre como um todo, caso medidas e ações não sejam feitas para conter o processo acelerado de sedimentação, poderá ocorrer o desaparecimento dos lagos.

PALAVRAS-CHAVE: processos costeiros, lago, Amapá-Brasil.

ABSTRACT

This paper presents a multitemporal analysis of the settling process active in lake located in the coastal plain of Amapá, Brazilian Amazon Region, which are part of the Belt South Lacustrine Biological Reserve Piratuba's Lake: Comprido de Baixo Lake. The study is a qualitative analysis of the process of sedimentation in this lakes, associated with a multitemporal analysis between 1972 to 2009. The region, about 50 km distant from the coastline, wich are influenced by seasonal Amazonian regime, under the influence of semidiurnal macrotidal. The study was conducted from interpretations of satellite images from active and passive sensors, which were extracted the morphometric analysis in



multitemporal Geostatistics Environment Geographic Information Systems – GIS. By analysis of the periods studied, between the period from 1998 to 1999, changes in the chained irreversible processes of sedimentation in lakes, endanger the proper functioning of the lake system as a whole, If measures and actions are not taken to stem the accelerated process of sedimentation should culminate disappearing of lakes.

INTRODUÇÃO

Os lagos não são elementos permanentes das paisagens da terra, pois são fenômenos de curta durabilidade na escala geológica, e portanto surgem e desaparecem no decorrer do tempo (Esteves, 1988). Os sistemas lacustres naturais do Amapá são poucos conhecidos e correm o risco de ter seu funcionamento natural alterado antes de serem estudados.

Os sistemas lacustres naturais do Amapá estão ligados a própria evolução morfológica da planície costeira (Guerra, 1954). Ackermann (1964) advoga que a gênese dos lagos do Amapá, está associada ao movimento isostático da Formação da Cordilheira dos Andes; para Boaventura e Narita (1974) são decorrentes da deposição de diques marginais do Cabo Norte do Amazonas. São lagos residuais de água doce (Mendes, 1994) que se estabeleceram na planície durante a fase Pré-Holocênica com a desorganização da rede de drenagem da planície costeira do Amapá (Silveira, 1998).

O Lago caracteriza-se por sedimentação do tipo pelítica, com predominância de silte e silte arenoso (Santos, 2008), associados à planície fluvial-estuarina, sob influências das marés (Silveira, 1998; Silveira & Santos, 2006), com elevada taxa de matéria orgânica em decomposição (Santos, 2008). Este lago possui atualmente 1.225.492,04 m² de área total, profundidade máxima de 10 metros na porção sul do lago e possui forma alongada se orientando no sentido Oeste-Leste.

É composto por solos do tipo hidromórfico e bordejado por vegetação nas margens interna do tipo macrófitas aquáticas, e nas margens externas a vegetação é constituída por espécies como aningas (*Montrichardia arborencens*), *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms e outras associações do tipo palmeiras (Costa Neto *et al.*, 2006).

O Lago Comprido de Baixo, juntamente com demais lagos: Lago Comprido de Cima, Lago da Bacia, Lago Lodão, Lago dos Ventos e Lago Mutuco, formam o chamado “*Cinturão Lacustre Meridional*”. É o lago mais próximo do Rio Araguari, devido a conexão do Igarapé Tabaco, e este rio deságua no Oceano Atlântico. Em função da conexão do igarapé



Tabaco, o Lago Comprido de Baixo recebe influência das marés e da troca de águas e de sedimentos oriundos da Costa.

Localização da Área de Estudo

A área de estudo está situada nesta região entre as coordenadas: UTM/Z-22N – 151600N/571000E, 147300N/571000E, 151600N/580000E, 147300N/580000E (Figura 1). Esta área encontra-se dentro dos limites jurisdicional de uma unidade de conservação integral, “Reserva Biológica do Lago Piratuba”.

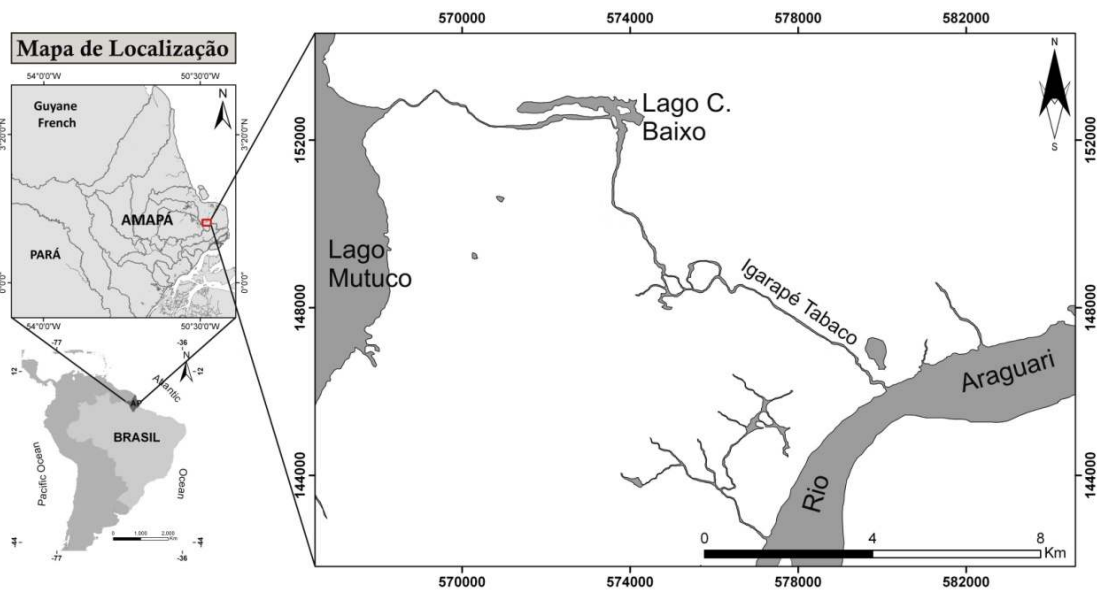


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado com base nas interpretações das imagens de satélites de sensores orbitais ativos e passivos (RADAR, LANDSAT-TM, LANDSAT-ETM, CBERS-2 e CBERS-2B), por meio dos quais foram calculados os parâmetros morfométricos definidos pelos valores de largura, comprimento máximo e área total.

Em seguida, usando a técnica das análises geostatísticas multitemporais conforme empregada por Matos (2009) em ambiente de Sistema de Informação Geográfica – SIG, foram calculados valores em km², m² e percentuais de área sedimentada, área de ganho e área



estável. E por fim, a partir desses valores criou-se os mapas multitemporais para cada período entre os anos de 1972 a 2008.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nas análises das imagens de radar e sensores ópticos de 1972 até 1984, observou-se dois períodos distintos com alterações e mudanças no comportamento morfológico do Lago Comprido de Baixo: o primeiro período é entre os anos de 1972 à 1998, onde os processos de colmatção e sedimentação ocorrentes na área está associado à evolução morfológica da planície costeira (Silveira, 1998; 2006), portanto, ocorrentes de forma gradual; o segundo período é a partir de 1999 a 2008, que marca o rompimento da barreira de matéria orgânica na parte sul do lago, tornando-o um sistema “*aberto*” conectando ao Igarapé Tabaco e o avanço acelerado do processo de sedimentação do Lago Comprido de Baixo.

Análise Multitemporal do Avanço da Eutrofização do Lago Comprido de Baixo entre 1972 a 2008

O principal fator associado à eutrofização do Lago Comprido de Baixo envolve o processo de sedimentação que está relacionado às próprias características morfológicas e das condicionantes regionais a que a região está submetido, sob efeito do regime sazonal Amazônico. Além, dos fatores de ordem natural a atuação de ações antropogênicas ocorridas na região posterior a criação da Reserva Biológica do Lago Piratuba, em 1980, também contribuiu para um acelerado processo de sedimentação do Lago Comprido de Baixo, conforme será apresentado a seguir nos mapas multitemporais.

Entre o período de 1972 a 1984, o balanço de área foi maior de área sedimentada, com 325.806,4 m² em relação a área estável do lago, sendo as porções leste e oeste do Lago as margens mais afetadas pela sedimentação. Alguns trechos nas porções sul e norte, ocorreu ganho, o equivalente a 120.793,3 m² de área em relação a área estável.

Próximo das margens do Rio Araguari, o Igarapé Tabaco, alterou significativamente seu curso natural, que até 1972 restringia-se a apenas 2 km de extensão, em 1984 migrou seu curso natural para noroeste e 7 km a mais de extensão. Conforme Mendes (1994) as mudanças no comportamento das drenagens estão relacionadas ao controle estrutural da região. Outro fator importante que envolve a área do Igarapé Tabaco tem haver com a presença nesse



período de gado bubalino de antigas fazendas remanescente na área após a criação da unidade de conservação integral.

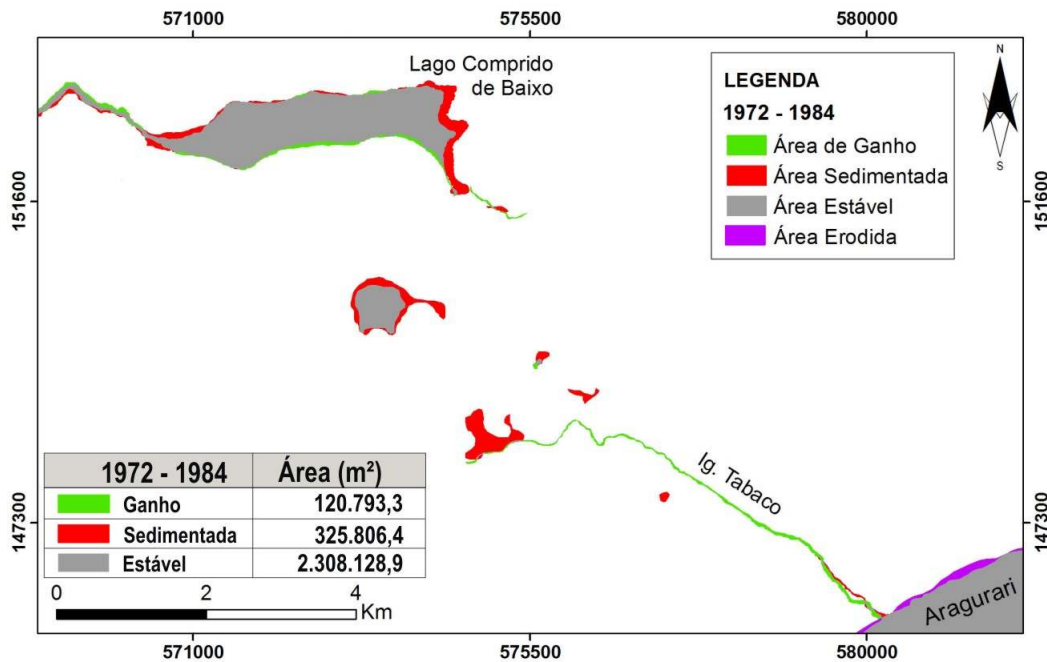


Figura 2 – Evolução multitemporal de áreas de ganho, sedimentada e estável do Lago Comprido de Baixo entre 1972 a 1984.

Posteriormente, entre os anos de 1984 a 1992 (Figura 3) as margens que apresentaram maiores alterações, é a porção sul e leste com 172.271,7 m² de área afetada pela sedimentação; e toda a porção norte, com 307.059,1 m² de área de ganho. Observa-se na porção leste do lago, é marcada ainda pelo avanço da sedimentação.

O Igarapé Tabaco manteve sua extensão estável, porém, como se observa em alguns trechos a margem direita mostrou a atuação do processo de sedimentação, enquanto que a margem esquerda evidenciou aumento com áreas de ganho, ou tipicamente, uma margem marca processo de assoreamento e a outra margem, associada a erosão.

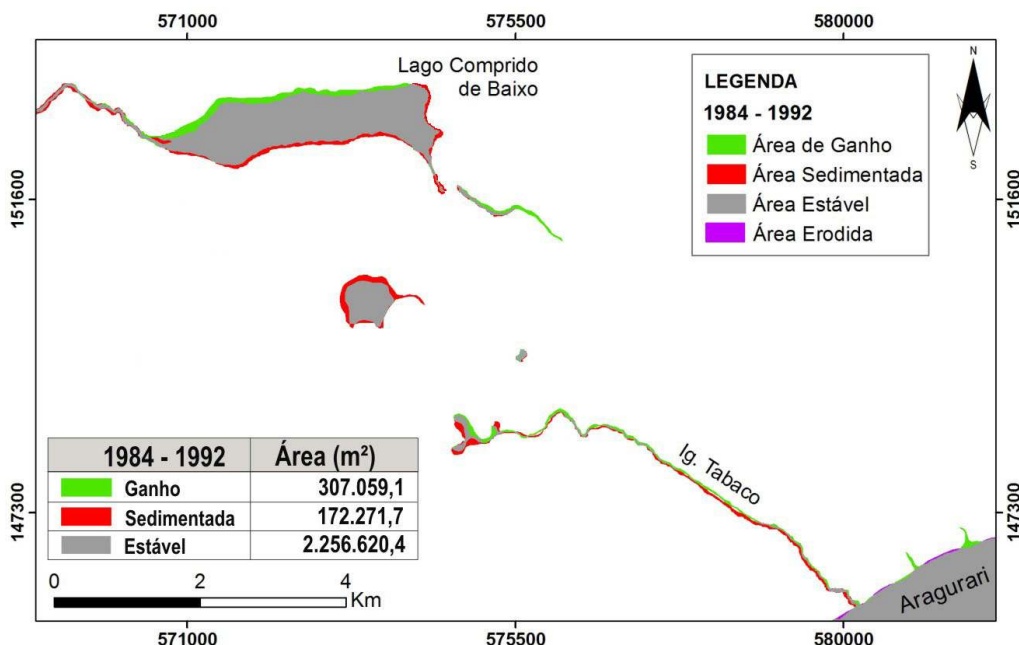


Figura 3 - Evolução multitemporal de áreas de ganho, sedimentada e estável do Lago Comprido de Baixo entre 1984 a 1992.

Entre as análises do período de 1992 a 1998, o balanço de áreas foi mais significativo, principalmente na área do Igarapé Tabaco, o qual estabelecerá influência direta no Lago Comprido de Baixo a partir de 1999 (Figura 4).

Restritamente a área do Lago Comprido de Baixo, evidencia um ganho de área na parte leste, com 77.197,9 m², que em relação aos anos anteriores, esta porção foi marcada por processo de sedimentação. Possivelmente fatores relacionados às condições típicas da região, regidas pelo pulso de inundação e intensidade do fluxo hídrico. Nas demais margens o lago foi marcado por área de sedimentação, equivalente a 214.141,1 m² de área em relação a área estável.

O Igarapé Tabaco mostrou-se mais dinâmico com mudança de curso, com migração no sentido norte e noroeste conectando a um pequeno lago isolado na porção central da área que passou por processo de sedimentação. Para esse período o Igarapé Tabaco, obteve 10 km de extensão. ainda na extensão do Igarapé Tabaco, pode se observar o surgimento de pequenos afluentes na margem esquerda do igarapé.

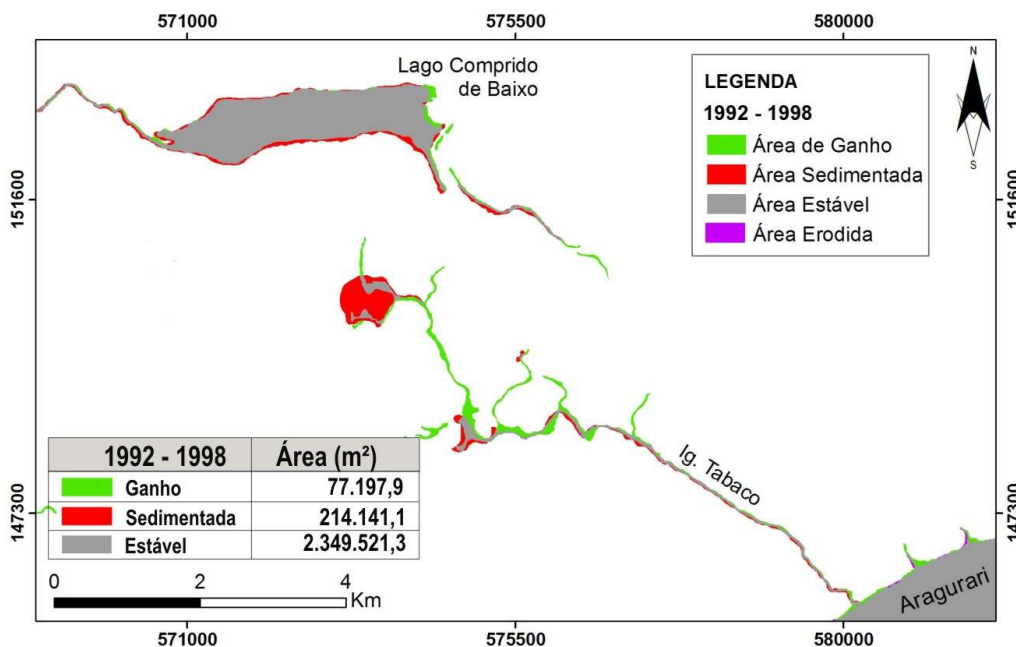


Figura 4 – Evolução multitemporal de áreas de ganho, sedimentada e estável do Lago Comprido de Baixo entre 1992 a 1998.

Entre o período de 1998 a 1999 (Figura 5), é considerando o período mais crítico das análises multitemporais, marcado pela maior alteração da área do Lago Comprido de Baixo.

O equilíbrio que o Cinturão Lacustre Meridional até então mantinha enquanto “*sistema tipicamente fechado*”, com mudanças graduais em seus cursos naturais, altera completamente expondo o Lago Comprido de Baixo a influência da maré, intensificação do escoamento superficial, troca de fluxos de águas e sedimentos oriundos da costa e possivelmente mudança no comportamento da biota local.

Neste período, a área que rompeu ao sul do Lago, foi basicamente toda a área de ganho adquirida, o equivalente a 840.724,5 m², a largura do rompimento foi significativa a 811,5 m.

Com essa abertura, o Lago Comprido de Baixo que possui em 1998 2.426.737,1 m², aumentou para 2.999.524,7 m² em 1999.

O fato ocorrido se restringe a uma ação de natureza antropogênica no ano de 1997. Para tornar possível o acesso de pequenas embarcações entre o município de Tartarugalzinho-AP e o Rio Araguari, com o objetivo de reduzir o tempo de viagem entre as áreas, foi feito a



abertura de um canal de ligação entre o Lago Comprido de Baixo e o Igarapé Tabaco (Silveira, 2006).

A ação antrópica temporária, evidenciou a alta fragilidade do ambiente e posteriormente, o avanço acelerado do processo de sedimentação e do comportamento morfodinâmico e hidrodinâmico de todo o sistema lacustre como um todo, visto que os mesmos estão conectados entre si.

No Igarapé Tabaco, os afluentes que surgem nas margens se intensificam, influenciando o balanço de áreas de ganho, sedimentada e estável, além dos trechos que apresentam processos de erosão. A extensão do Igarapé aumentou para 11 km em 1999, mantendo-se até o ano de 2008 com a mesma extensão.

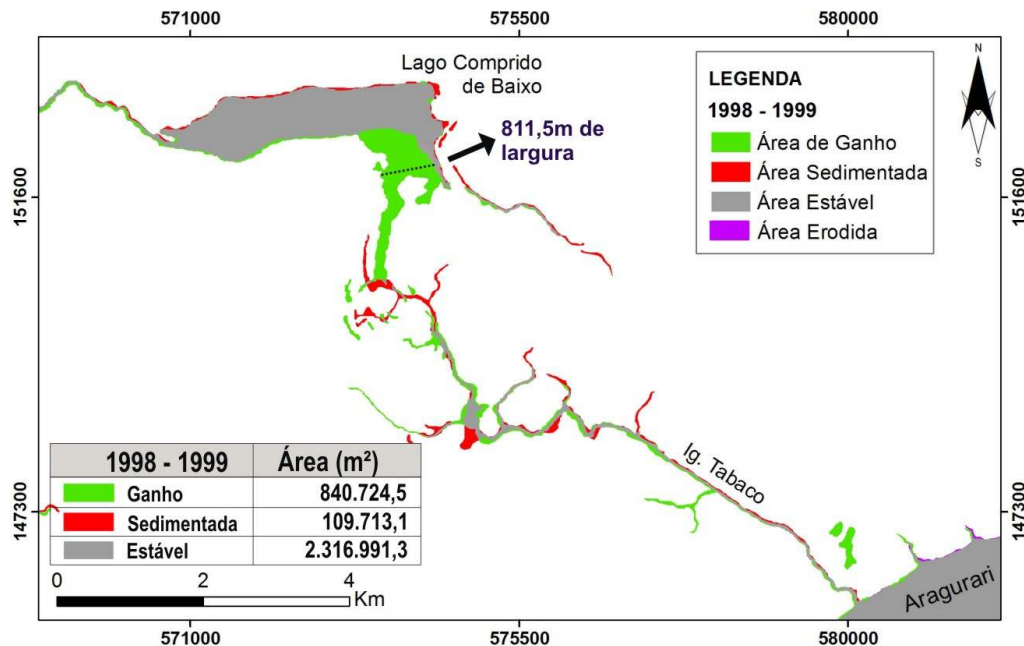


Figura 5 – Evolução multitemporal de áreas de ganho, sedimentada e estável do Lago Comprido de Baixo entre 1998 a 1999.

Silveira (1998) indicava o Lago Comprido de Baixo como o principal sangradouro da região dos lagos, devido a observação um desnível topográfico localizada no Lago Comprido de Baixo (Figura 6), num local definido por como “Cachoeirinha”. Apesar de os lagos estarem em altitude acima da Referência de Nível - RN estabelecido na foz do Igarapé Tabaco em 2005 a partir do nivelamento topográfico deste igarapé, Martins *et al.* (2006)



reconheceu na margem esquerda do Igarapé Tabaco, a presença de desníveis topográficos ao longo do curso como se observa na Figura 6.

O primeiro ponto, a qual foi estabelecido o RN da área, (foz do Igarapé Tabaco), deste até os 1,1 km de trecho, o ambiente dominante é de campo de várzea, com presença de valas artificiais criadas pela presença do gado bubalino que ainda se encontram dentro da área, das antigas fazendas existentes na área antes da criação da Reserva Biológica do Lago Piratuba.

O segundo ponto topográfico, entre os mais significativos, é a maior altitude de toda a extensão do Igarapé Tabaco, com 1,83 cm de altitude, localizado no ambiente de domínio de várzea, com vegetação de maior porte se misturando com tipos de palmeiras e floresta densa.

Posteriormente, no ponto central do Igarapé Tabaco, há a menor altitude de toda a extensão do perfil, com -0,17 cm em relação ao RN. Esse ponto coincide com uma área de campo, onde nas margens são marcadas por processos erosivos e de assoreamento.

Esta mesma área é conhecida como a região do “*Ceboleira*”, justamente por apresentar uma complexa evolução ao longo dos 36 anos do Igarapé Tabaco.

O último ponto selecionado é próximo a entrada do Lago Comprido de Baixo, onde a altitude apresentada é de 0,74 cm em relação ao RN, ou seja, está acima do nível da foz do Igarapé Tabaco. Pelo perfil topográfico, é possível perceber um leve escalonamento morfo-sedimentar, desde o Lago Comprido de Baixo até o rio Araguari.

Durante o período seco a “*Cachoeirinha*” fica exposta, assim como também outras feições morfológicas do Lago Comprido de Baixo como pode ser observado na Figura 7.

Silveira (1998) advoga que todo Cinturão Lacustre Meridional está submetido a uma colmatação progressiva, com alto teor de concentração de depósitos de matéria orgânica no Lago Comprido de Baixo, favorecendo assim, o aumento na concentração de nutrientes (Fragoso Júnior *et al.*, 2007) a tais níveis que permite a proliferação, crescimento e fixação de plantas aquáticas tanto planctônicas quanto aderidas (Thomann *et al.*, 1987; Von Sperling, 1995), tornando assim, a área útil do Lago reduzida.

Para os anos posterior a 1999, os processos de redução da área útil, redução do volume de águas, redução da profundidade, e conseqüentemente a sedimentação no Lago Comprido de Baixo tornou-se mais acelerado.

No período seco, com a redução do nível de água, assim como os demais lagos, extensas feições morfológicas são expostas a superfície (Figura 7), sendo que boa parte já se



encontram vegetada por macrófitas aquáticas, como indicado nas setas de cor vermelha (Figura 7B e 7D). São feições morfológicas semelhantes a um escalonamento de seqüência paralela a forma do Lago, de noroeste para sudeste. Na foto aérea (Figura 5A), percebe-se a permanência do canal (indicado pela seta da cor azul e tracejado amarelo) de escoamento na parte sul do Lago, contornando a margem direita. Canal este, com profundidade de 10 metros.

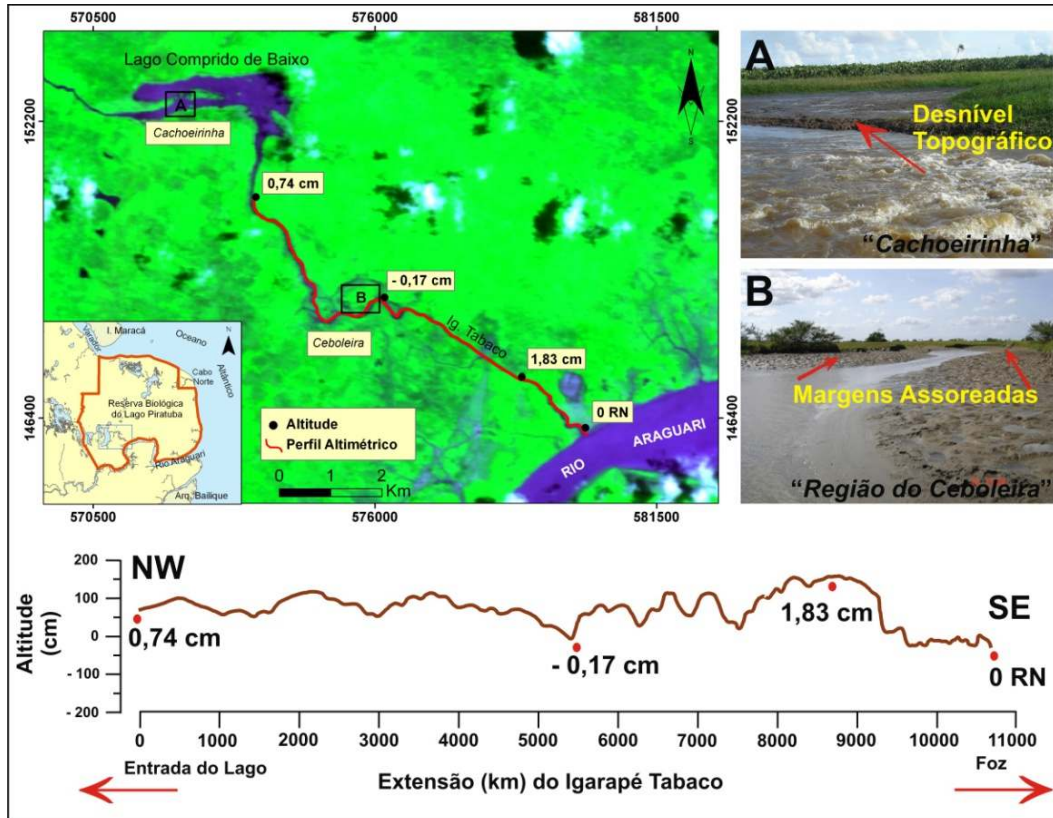


Figura 6 - Perfil topográfico da margem esquerda do Igarapé Tabaco com evidências de desníveis topográficos. **A)** Foto do local conhecido como “Cachoeirinha”, evidenciando o primeiro desnível topográfico dos lagos; **B)** local central do igarapé Tabaco, área de campo, mostrado ser o ponto mais inferior ao RN. **Fotos:** **A)** Odete Silveira (2005) e **B)** Acervo CPAQ/IBAMA (2005).

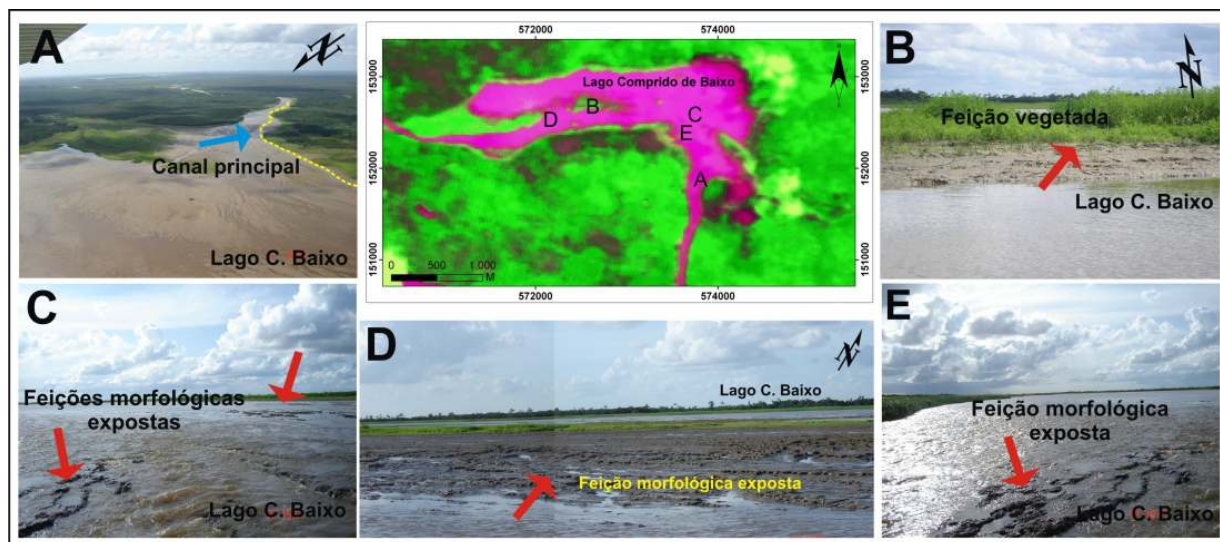


Figura 7 – Feições morfológicas do Lago Comprido de Baixo, durante o período seco: **A)** Foto aérea mostrando a as feições da parte sul do Lago em outubro de 2005 (Autor da Foto: Odete Silveira); **B)** Foto evidenciando a feição morfológica vegetada do Lago, exposta durante o período seco, foto registrada em novembro de 2005 (Autor da Foto: Maxley Dias); **C)** e **E)** Foto mostrando a extensa feição morfológica e corrente no sentido S do Lago Comprido de Baixo, em novembro de 2005 (Autor da Foto: Odete Silveira); **D)** Mosaico de fotos mostrando a feição morfológica exposta vegetada por macrófitas aquáticas no centro do Lago, com avanço de W para E.

Entre os anos de 1999 e 2000 (Figura 8), período após o rompimento da barreira de matéria orgânica na porção sul do Lago Comprido de Baixo, foi observado que na porção oeste do lago seguindo sentido centro, houve grande avanço de área sedimentada; na porção sudeste, após a abertura da porção sul, foi evidenciado processo de sedimentação, no total foram 759.958,4 m² de área sedimentada, enquanto que a área de ganho houve pequena concentração na porção norte do lago, com 40.256,3 m² em relação a área estável.

No Igarapé Tabaco as mudanças estão associadas ao processo de erosão e assoreamento, das margens, principalmente na porção central do Igarapé, como verificado na Figura 6B.

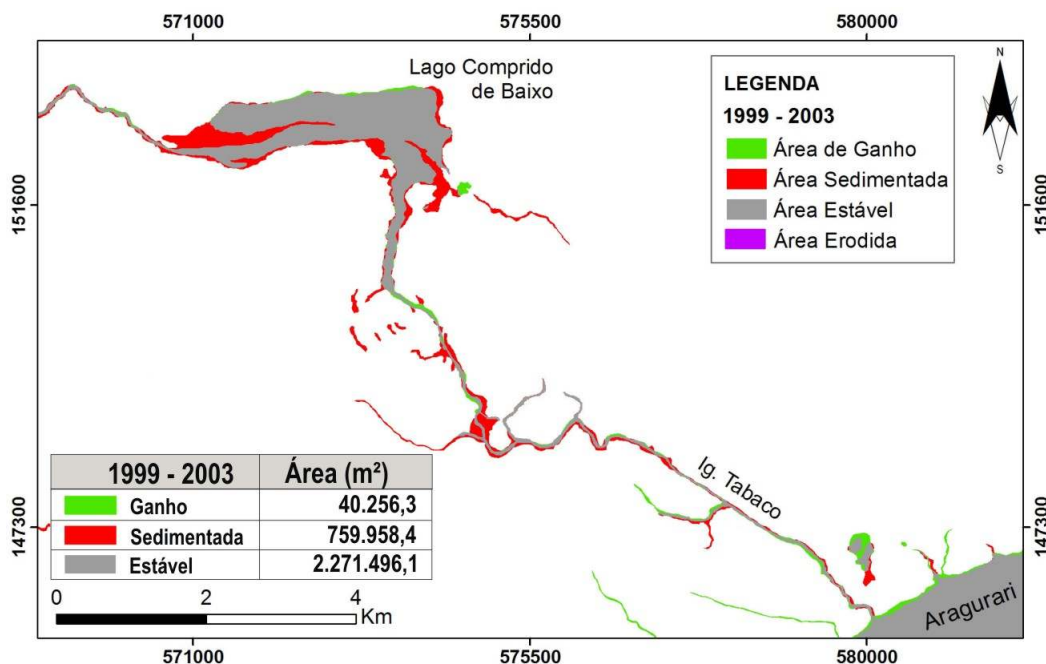


Figura 8 – Evolução multitemporal de áreas de ganho, sedimentada e estável do Lago Comprido de Baixo entre 1999 a 2003.

No período seguinte 2003 a 2005 (Figura 9), baseado pelas análises das imagens de satélites, as mudanças já se mostram evidente quanto à redução de área útil de água do Lago Comprido de Baixo, ocasionada pelo processo de sedimentação e ocupação por macrófitas aquáticas da parte oeste para o centro do lago. Em termos de área sedimentada nesse período foram 438.728,4 m², processo evidenciado por toda margem. A área estável, já se encontra com 1.872.960,3 m², que em relação á 1972 (2.308.128,9 m²) são 18,66% de área eutrofizada.

O avanço se dá nas áreas mais rasas do lago, no sentido oeste para leste. Com o avanço na parte sul do lago, é observado a definição um canal, por onde há possibilidade de navegação durante o período seco.

Até 2005, conforme registros batimétricos, a região sul do Lago apresentava uma profundidade máxima de 6 metros em período cheio.

No Igarapé Tabaco, algumas pequenas drenagens afluentes do igarapé na parte central, foram completamente alteradas. Quanto na região próxima e nas margens do Rio Aragarari surgiram diversas ramificações de drenagens.

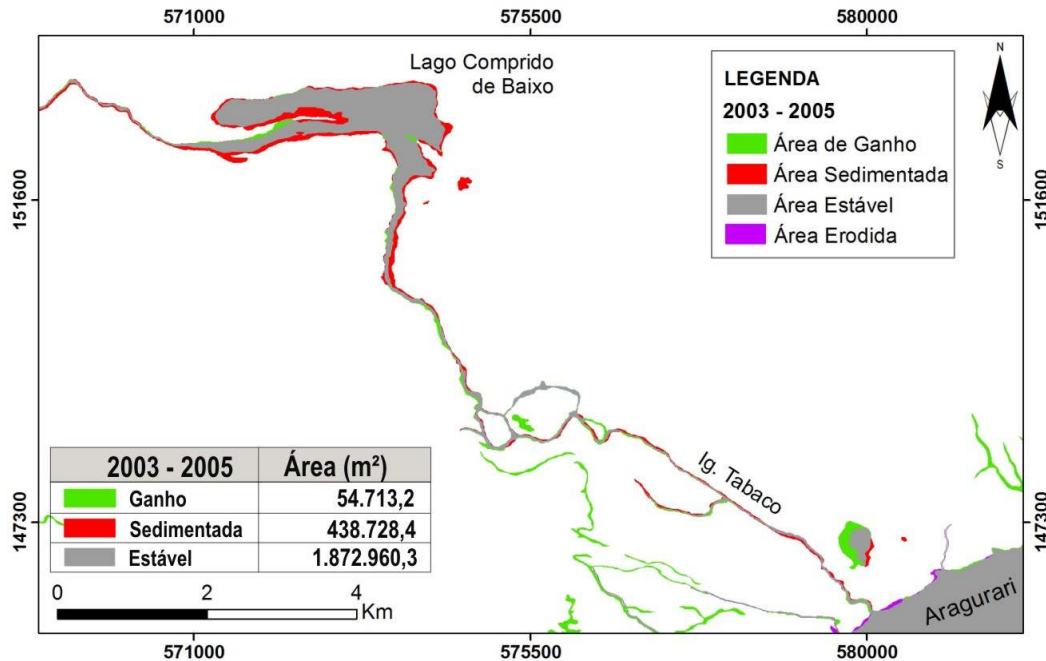


Figura 9 - Evolução multitemporal de áreas de ganho, sedimentada e estável do Lago Comprido de Baixo entre 2003 a 2005.

Para o período de 2005 à 2008, houve intensamente aumento da sedimentação do Lago com 719.788,8 m² de área, como se verifica na figura 10. Observa-se que a parcela de área de ganho foi baixa em relação a área estável. Em relação ao demais anos 2003 e 2008 foram os anos com maior aumento de sedimentação do lago, ambos posterior a abertura da porção sul do lago.

O avanço da sedimentação se dá em toda morfologia do lago, evidenciando a configuração atual e a definição do canal na margem sul, com profundidades de 10 metros registrados em 2008.

Em relação a área estável, foi o período com o menor valor dos anos registrados, com 1.207,702,6 m², que em relação a área de 1972 representou uma redução de 1.426.309,2 m² de área estável.

O Igarapé Tabaco apresentou-se com drenagens mais estáveis, mostrando-se com a configuração atual.

As drenagens que surgiram a partir de 2005 na margem do Rio Aragurari também apresentaram-se mais estáveis.

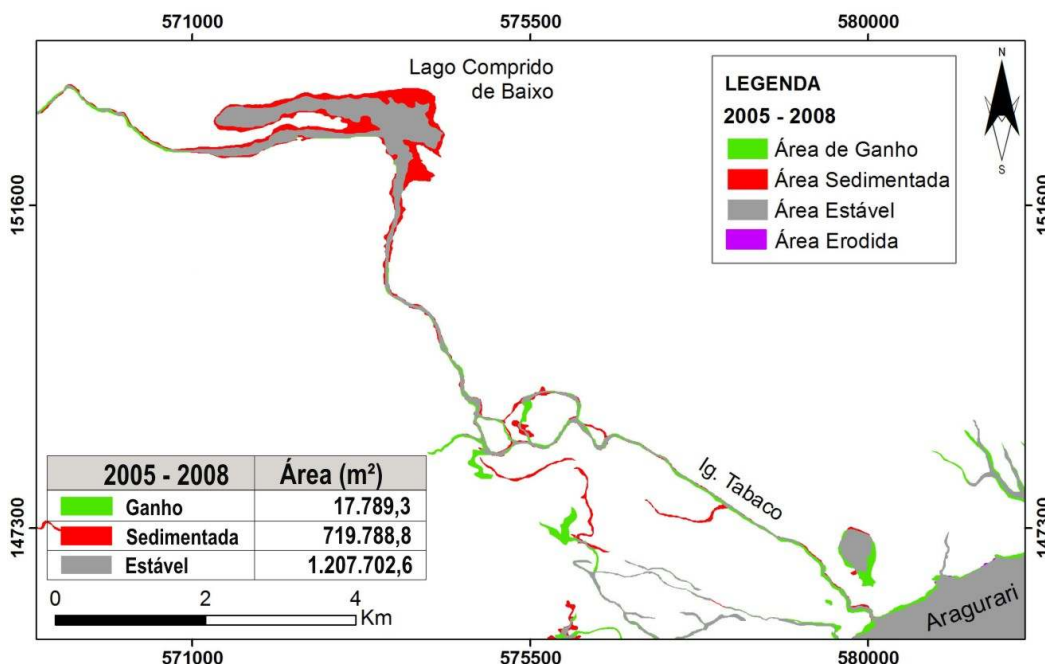


Figura 10 - Evolução multitemporal de áreas de ganho, sedimentada e estável do Lago Comprido de Baixo entre 2005 a 2008.

No cenário geral dos anos estudados, 1972 a 2008, é mostrado o quanto que houve de mudança na configuração do Lago Comprido de Baixo e o curso natural do Igarapé Tabaco, é evidenciado o estágio atual do lago e igarapé (Figura 11).

O nível de redução de área útil do lago por processo de sedimentação em curto período de tempo é preocupante do ponto de vista de sua funcionalidade lacustre. Considerando o estágio do Lago em 1972 com uma área total de 2.634 km², para 2008 com foi reduzida a 1.225,4 km², representando mais de 53 % de área eutrofizada pelo processo de sedimentação, com crescimento excessivo de plantas aquáticas. Boa parte da área sedimentada já encontra-se vegetada por tipos de plantas aquáticas, devido a grande disponibilidade de nutrientes

O processo de eutrofização do Lago Comprido de Baixo é extremamente complexo, uma vez que envolve fatores físicos, biológicos quanto antrópicos. Após a abertura da porção sul do Lago, este, está submetido tanto às influências e variações do regime sazonal Amazônico, como também de processos externos ao sistema lacustre.

No período cheio o nível das águas flúvio-pluviais aumenta causando o transbordamento das margens. Nessa fase, há troca de águas e materiais suspensos para dentro



do sistema lacustre como o todo. Ainda no período das cheias, durante as fases das marés de sizígia há entrada de sedimentos oriundos da costa pela conexão do Rio Araguari e Igarapé Tabaco.

Com isso, o Lago Comprido de Baixo recebe grande concentração de material orgânico, maior disponibilidade de nutrientes, permitindo assim, a proliferação e crescimento excessivo de macrófitas. que tem avançado em estágio acelerado no Lago conforme foi evidenciado pelas análises dos mapas multitemporais dos períodos estudados por meio do cálculo de áreas sedimentadas, áreas de ganho e área estável.

Com esse avanço acelerado da sedimentação, o Lago Comprido de Baixo tende a tornar um canal de escoamento, ou até mesmo poderá conduzi-lo ao desaparecimento. Para Von Sperling (2000), lagos com essas características em regiões tropicais são mais presentes e a dinâmica dos processos é bastante acelerada. E tendem ao desaparecimento, caso não haja controle na fonte e/ou dragagem do material sedimentado. (Von Sperling, 1995).

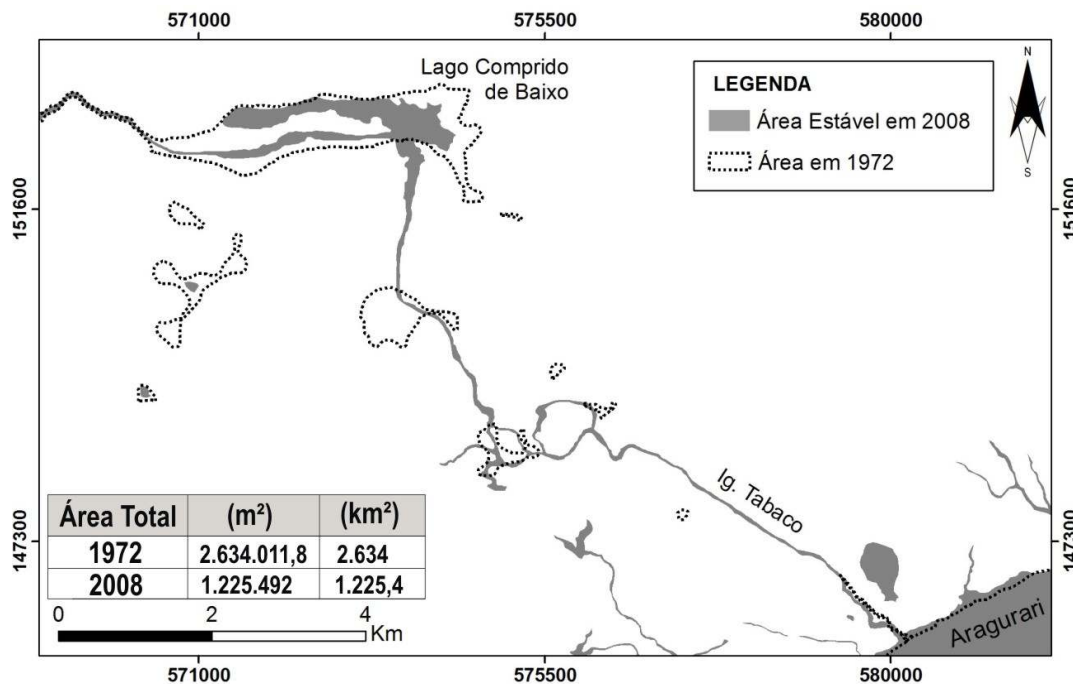


Figura 11 – Evolução multitemporal do Lago Comprido de Baixo entre 1972 a 2008.

CONCLUSÕES

No geral, pelas análises multitemporal da área entre 1972 a 2008, o Lago Comprido de Baixo, em 36 anos de evolução apresentou significativa redução de área útil, foram mais de



53% de área reduzida. Porém, em 36 anos este lago apresentou dois momentos importantes na evolução de área, de 1972 até 1999, com processos morfológicos graduais a ligados a própria evolução, onde o lago obteve pouca redução de área.

O avanço da sedimentação foi mais crítico para os anos seguintes de 1999, posterior a abertura da porção sul do Lago. E mostrou-se em estágio acelerado à eutrofização, com aumento e acúmulo de matéria orgânica sendo depositado, favorecendo a proliferação e fixação de vegetação do tipo macrófitas aquáticas. O estudo mostrou que a sedimentação é irreversível, uma vez que o Lago já se define enquanto um canal de escoamento.

No Igarapé Tabaco, os processos ocorridos em sua evolução também mostraram-se intensamente marcado pela erosão e assoreamento das margens, modificando completamente sua configuração atual.

A ação antrópica ocorrida em um momento mostrou o alto grau de fragilidade do Lago Comprido de Baixo. Os valores de áreas apresentados mostraram uma preocupação alarmante não somente para o Lago Comprido de Baixo, contudo, o avanço da sedimentação e maior escoamento superficial é evidenciado nos demais lagos que compõe o Cinturão Lacustre Meridional, fato este, que poderá comprometer a funcionalidade do sistema como um todo, caso medidas preventivas e corretivas não sejam tomadas para conter o processo de sedimentação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem inicialmente o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); à REDE 05-PETROMAR/2007-CTPETRO/FINEP/PETROBRAS/CNPq. Em especial, os autores agradecem as equipes do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geologia (GEOPRO/UFRN) e ao Núcleo de Pesquisas Aquáticas (NUPAQ/IEPA/Amapá)

REFERÊNCIAS

Ackermann, F.V. Notas sobre a geologia e formação da costa do extremo norte do Brasil.

Revista Brasileira de Geografia: IBGE, Rio de Janeiro, n.2, p.99-111. 1964.



- Boaventura, F.M.C.; Narita, C. Geomorfologia da Folha: NA/NB-22-Macapá. *In: _____*. **Uso potencial da terra**. DNPM, Rio de Janeiro, v.6, 1974. (Levantamento dos Recursos Naturais).
- Costa Neto, S.V.; Senna, C.S.F.; Coutinho, R.S. Vegetação das áreas Sucuriju e Região dos Lagos, no Amapá. *In: Inventário biológico das áreas do Sucuriju e Região dos Lagos no Estado do Amapá*. MMA/PROBIO, Macapá, p.41-79, 2006.
- Esteves, F.A. Fundamentos de limnologia. 2ª ed. Interciência, Rio de Janeiro-RJ, 602p. 1988.
- Fragoso JR, C.R.; Tucci, C.E.M.; Collischonn, W.; Motta Marques, D.M.L. Simulação de eutrofização em lagos rasos: I – Modelo e precisão numérica. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, **12**:23-35, 2007.
- Guerra, A.C. Estudos geográficos do Território Federal do Amapá. IBGE – Conselho Nac. de Geografia. Biblioteca Geográfica Brasileira. Rio de Janeiro, 366p. 1954.
- Matos, M.F.A. Caracterização de processos morfodinâmicos e hidrodinâmicos do cinturão lacustre meridional da Reserva Biológica do Lago Piratuba, Amapá. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN. 135p. 2009.
- Mendes, A.C. Estudo sedimentológico e estratigráfico de sedimentos holocênicos da Costa do Amapá. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, 269p. 1994.
- Martins, M.H.A.; Silveira, O.F.M.; Oliveira, D.M.; Santana, L.O.; Pantoja, J.R.S.; Matos, M.F.A. e Nazaré, A.S. Levantamento batimétrico do Igarapé do Tabaco e lagos Comprido de Baixo, Grande e dos Ventos e nivelamento topográfico da margem esquerda do Igarapé do Tabaco, da foz ao Lago Comprido de Baixo, Reserva Biológica do Lago, Amapá. IEPA/IBAMA, Macapá, [s.n], 2006. (Relatório Técnico).
- Santos, C.A. Caracterização morfo-sedimentar do Igarapé do Tabaco, entre o rio Araguari e o lago Comprido de Baixo, Rebio do Lago Piratuba, AP. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, Belém-PA. 76p. 2008.
- Silveira, O.F.M. A planície costeira do Amapá: dinâmica de ambiente costeiro influenciado por grandes fontes fluviais quaternárias. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, 215p. 1998.
- Silveira, O.F.M.; Santos, V.F. Aspectos geológicos-geomorfológicos da região costeira entre o rio Amapá Grande e a região dos Lagos do Amapá. MMA/PROBIO, Macapá, 30p. 2006. (Relatório Técnico).



- Thomann, R.V.; Mueller, J.A. Principles of surface water quality modeling and control. Harper International Edition, Unites States, 1987.
- Von Sperling, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. SEGRAC, Minas Gerais, v.1, 13p. 1995.
- von Sperling, M. Poluição de ambientes aquáticos: tendências futuras para os países latino-americanos. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27, 2000, Porto Alegre. **Resumos ...** Porto Alegre: ABRH, 2000. CD Rom.