



**Universidade Federal do Oeste do Pará
Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas
Curso Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**ASPECTOS LIMNOLÓGICOS DE LAGO DE VÁRZEA E DE TERRA FIRME NA
CONFLUÊNCIA DOS RIOS AMAZONAS E TAPAJÓS NO PERÍODO DE ÁGUAS
ALTAS**

ADRIELE DE CASTRO TOMÉ

**Santarém - Pará
2017**

ADRIELE DE CASTRO TOMÉ

**ASPECTOS LIMNOLÓGICOS DE LAGO DE VÁRZEA E DE TERRA FIRME NA
CONFLUÊNCIA DOS RIOS AMAZONAS E TAPAJÓS NO PERÍODO DE ÁGUAS
ALTAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas da Universidade Federal do Oeste do Pará – Campus de Santarém, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Área de concentração:
Limnologia Aplicada

Orientador:
Prof. Dr. José Reinaldo Pacheco Peleja

**Santarém – Pará
2017**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFOPA

T655a Tomé, Adriele de Castro
Aspectos limnológicos de lago de várzea e de terra firme na confluência dos rios Amazonas e Tapajós no período de águas altas / Adriele de Castro Tomé. - Santarém, 2017.

51 f. : il.

Inclui referências bibliográficas.

Orientador: José Reinaldo Pacheco Peleja.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental, 2017.

1. Limnologia - Pará. 2. Várzeas. I. Peleja, José Reinaldo Pacheco, *orient.* II. Título.

CDD: 23.ed. 551.48098115

Bibliotecário-documentalista: Rogério Aoyama CRB 2/1506

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome do Autor: TOMÉ, Adriele de Castro

Título: Aspectos limnológicos de lago de várzea e de terra firme na confluência dos rios Amazonas e Tapajós no período de águas altas

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas da Universidade Federal do Oeste do Pará – Campus de Santarém, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Data da aprovação:

Banca Examinadora

_____ Orientador e Presidente

Prof. Dr. José Reinaldo Pacheco Peleja
Curso Universidade Federal do Oeste do Pará

_____ Membro Titular

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior
Curso Bacharelado em Gestão Ambiental /Universidade Federal do Oeste do Pará

_____ Membro Titular

Prof. Dr. Keid Nolan Silva Sousa
Curso Bacharelado em Engenharia de Pesca /Universidade Federal do Oeste do Pará

Dedico a finalização deste trabalho a minha prezada família, pelo desvelo e suporte durante esta caminhada.

AGRADECIMENTO

Agradeço, primeiramente a Deus, razão de esperança, fé e caminho para quem crê em suas palavras.

À minha estimada família pelo suporte durante essa fase da minha vida. Aos meus pais Tomé e Francisca, por me encorajarem a continuar seguindo sempre em frente, pelo amor, companheirismo, zelo, cuidado e pela fé depositada em mim. Aos meus queridos irmãos pelo carinho. À minha irmã e amiga Adrienne, pela gratidão e companhia. Amo todos vocês.

Ao meu prezado orientador, Dr^o Reinaldo Peleja, pela confiança e pela riquíssima oportunidade propositada a mim. Pela ajuda constante no desenvolvimento dessa pesquisa, sempre atencioso e paciente durante as reuniões para troca de ideias e orientações. Obrigada pelas dicas sobre o trabalho durante todos esses meses e, principalmente, pela escolha acertada de um tema que descobri com o tempo o ineditismo e a enorme contribuição científica, que certamente nortearão trabalhos sobre o tema.

Deixo meu muito obrigado a toda família do Laboratório de Biologia Ambiental da UFOPA, por compartilharem seu conhecimento durante meu período de estágio. Aos técnicos Edvaldo Lemos e Flávia Lima, pela paciência ao ensinar técnicas e procedimentos para análises de amostras. Aos caros colegas estagiários do laboratório, pelos momentos de descontração.

Aos professores e técnicos do Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, em especial aos meus professores da graduação com quem tive aula e formaram parte da minha vida acadêmica e meu intelecto. Obrigado a todos os amigos da turma BESA 2012 pelo companheirismo durante esses anos de graduação.

Agradeço ainda a banca de avaliação, tanto a de pré-projeto quanto de defesa, que se mostraram pessoas incríveis, realmente merecedoras do posto que ocupam, afinal tiveram sempre o cuidado e a vontade de contribuir com este trabalho.

Quero deixar aqui meu muito obrigado para aquelas pessoas que de fato se envolveram na pesquisa, agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram. Que Deus os abençoe.

*Feliz o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento.
Provérbios 3.13*

Lista de ilustrações

Figura 1 Mapa de localização dos pontos de coleta no Município de Santarém. Lago do Juá e Maicá e Rio Tapajós e Amazonas	22
Figura 2 Valores médios do parâmetro pH entre os quatro sistemas.	29
Figura 3 Valores médios do parâmetro condutividade elétrica entre os quatro sistemas.....	30
Figura 4 Valores médios do parâmetro totais de sólidos dissolvidos entre os quatro sistemas.	31
Figura 5 Valores médios do parâmetro turbidez entre os quatro sistemas.	32
Figura 6 Valores médios do parâmetro temperatura entre os quatro sistemas.	33
Figura 7 Valores médios do parâmetro oxigênio dissolvido entre os quatro sistemas.....	34
Figura 8 Perfil da temperatura ao longo da coluna d'água nos ambientes.....	36
Figura 9 Perfil vertical da concentração de oxigênio.	38
Figura 10 Agrupamento dos sistemas em função das variáveis limnológicas através de análise de cluster.	39
Figura 11 Dispersão das variáveis limnológicas por análise multivariada de correspondência.....	40
Figura 12 Dispersão das variáveis limnológicas por análise multivariada de correspondência.....	41

RESUMO

TOMÉ, A.C. **Aspectos limnológicos de lago de várzea e de terra firme na confluência dos rios Amazonas e Tapajós no período de águas altas.** 2017. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Limnologia aplicada) – Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Oeste do Pará.

Os sistemas fluviais Amazonas e Tapajós e seus lagos associados, Maicá e Juá, respectivamente, apesar de estarem muito próximos geograficamente podem apresentar características limnológicas comuns ou distintas entre si. De acordo com a feição geomorfológica da região, o lago Juá está inserido na planície de inundação do rio Tapajós e o lago do Maicá na planície do rio Amazonas. A presente pesquisa objetivou comparar os perfis limnológicos entre os canais principais dos Rios Tapajós e Amazonas e entre dois lagos conectados a cada um desses sistemas, avaliando suas similaridades limnológicas. Oito parâmetros foram investigados: profundidade, temperatura, transparência, oxigênio dissolvido, condutividade, sólidos totais dissolvidos, pH e turbidez. Os resultados aferidos superficialmente e ao longo da coluna d'água, demonstram a existência de diferenças limnológicas significativas entre os corpos d'água. Os parâmetros condutividade elétrica, totais de sólidos dissolvidos e turbidez foram os que mais contribuíram para a diferenciação limnológica do rio Amazonas em relação aos demais. O parâmetro oxigênio dissolvido foi o que determinou a particularização limnológica do lago Juá. Este lago está contido na planície de inundação do rio Tapajós, contudo suas águas não refletem a composição limnológica daquele. Assim, infere-se que a maior contribuição para as características limnológicas do referido lago, sejam advindas das águas internas da bacia de drenagem via seus pequenos igarapés formadores. A água que circula no lago Maicá, mesmo este estando contido na planície de inundação do rio Amazonas, apresenta mais características limnológicas das águas do rio Tapajós. Isso deve-se ao fato, de que no local que estes rios confluem em frente à cidade de Santarém, suas calhas parecem ainda se ajustar paralelamente, e assim devido a intensa pressão que a vazão do rio Amazonas exerce sobre a calha do rio Tapajós, as águas deste, desviam o seu fluxo para dentro da planície de inundação da margem direita do rio Amazonas, abastecendo o lago Maicá. Assim, a água do lago do Maicá, é uma água mista composta por águas dos rios Amazonas e Tapajós, esta última assumindo maior presença dentro do lago, a qual determina a assinatura limnológica do mesmo. Apenas no lago Juá foram evidenciadas estratificação química e térmica características de lagos limnologicamente verdadeiros. O lago do Maicá não é um lago limnologicamente verdadeiro e, sim, uma restinga em avançado estágio de colmatção fluvial, o que é corroborado pela ausência de estratificação observada nesse sistema. Por fim, é provável que em uma curta escala de tempo geológico a dinâmica da paisagem amazônica influencie na transformação do lago Maicá, para um ambiente totalmente colmatado.

Palavra-chave: Aspecto limnológico. Sistemas fluviais e lacustre. Similaridade.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO DA LITERATURA	16
3.1 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA BACIA AMAZÔNICA	16
3.2 ECOSISTEMAS AQUÁTICOS CONTINENTAIS BRASILEIROS	18
3.3 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS AVALIADAS	19
4 MATERIAL E MÉTODO	21
4.1 ÁREA DE ESTUDO	21
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO	23
4.3 PONTOS DE COLETA E FREQUÊNCIA AMSTRAL	24
4.4 PROCEDIMENTOS DE COLETA.....	25
4.5 ANÁLISE DOS DADOS	26
5 RESULTADOS.....	27
5.1 CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA DOS SISTEMAS ESTUDADOS.....	27
5.2 COMPARAÇÃO DOS PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS ENTRE OS AMBIENTES	29
5.2.1 Potencial Hidrogeniônico - pH.....	29
5.2.2 Condutividade Elétrica.....	30
5.2.3 Totais de Sólidos Dissolvidos - TDS.....	31
5.2.4 Turbidez.....	32
5.2.5 Temperatura.....	33
5.2.6 Oxigênio Dissolvido.....	34
5.3 GRADIENTE DE TEMPERATURA NA COLUNA D'ÁGUA DOS CORPOS D'ÁGUA	35
5.4 COMPORTAMENTO DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA COLUNA D'ÁGUA DOS ECOSISTEMAS	37
5.5 GRAU DE SIMILARIDADE LIMNOLÓGICA ENTRE OS AMBIENTES	39
6 DISCUSSÃO.....	42
6.1 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	42
6.2 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS	43
6.3 TURBIDEZ.....	43
6.4 TEMPERATURA	44
6.5 OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....	45
6.6 AMBIENTES LACUSTRES	46
7 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

A bacia Amazônica abrange uma imensa área do território nacional e internacional, situada entre o Planalto das Guianas (cerca de 5000m de altitude) e o Planalto Central Brasileiro (com 700m de altitude), possui uma extensão de área de aproximadamente 3870 mil de Km² (BORMA et al., 2013; GOULDING, 1996) envolvendo sete estados: Acre, Amazonas, Amapá, Rondônia, Mato Grosso, Roraima e Pará (IBGE, 2010).

É a maior e mais extensa bacia do planeta. Vários estudos fazem referência à área da bacia amazônica. Alguns indicam 7.165281 km² (NOVOA, 1997; INPE, 2008); o da Agência Nacional de Águas do Brasil (BRASIL: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2006), 6.100.000 km². Tem uma descarga média, anual de aproximadamente 200.000 m³/seg, provavelmente pouco menos na época normal com uma vazão escassamente de 100.000 m³/seg. Na época de enchentes provavelmente o dobro ou mais. A bacia Amazônica compreende mais de 20% de toda água fluvial escoada para o oceano.

O principal rio, o Amazonas, é formado pela confluência do rio Solimões, originário da confluência dos rios Ucayali e Marañon, no Peru, nascidos nos Andes, com o rio Negro, vindo do escudo das Guianas atravessando a extensa planície pediplanizada com baixo desnível altimétrico e com vastas cobertura florestal. Duzentos quilômetros a jusante, o Rio se encontra com o Rio Madeira, vindo dos Andes bolivianos. Os tributários que encontram o Rio no médio Amazonas, Trombetas, Tapajós e Xingu, são oriundos do escudo brasileiro. Esses tributários são classificados, segundo Sioli (1984) de acordo com a presença de matéria orgânica dissolvida e material em suspensão caracterizando suas colorações.

Compõe esse cenário um incontável número de grandes e pequenos rios e igarapés. Os rios da Bacia Amazônica são física, química e biologicamente diferentes. Destacam-se com uma ampla variedade na composição, devido especialmente a nascente dos rios serem de terrenos diversos, ou seja, os rios pertencentes a bacia Amazônica foram classificados de acordo com a sua formação geológica de sua bacia de drenagem. Dessa forma, Sioli (1984) classificou os rios amazônicos, levando em consideração as propriedades físicas e químicas das águas propondo a seguinte tipologia: rios de água branca, rios de água clara e rios de água preta.

[...] Os rios de águas barrentas, amareladas, têm suas origens nas serranias situadas, em sua maior parte, nos Andes.[...] onde morainas depositadas em períodos glaciais são erodidas, tem-se uma visão das quantidades de material transportados desta cabeceira de rios para a baixada amazônica. [...] Águas claras. Estas provêm, em parte, dos antiquíssimos maciços, em sua maior parte fortemente aplainados, que são, respectivamente, o das Guianas e o do Brasil central, os quais em virtude do relevo mais regular, oferecem possibilidades bem menores de erosão. [...] Mais límpidos e mais pobres em partículas suspensas são, contudo, aqueles rios que têm sua origem na própria bacia amazônica, revestida pela floresta. [...] O denso e contínuo dossel de copas da floresta revela-se. Também aqui, como a mais eficaz proteção do solo contra erosão (SIOLI, 1984; p.31 - 37).

O rio Amazonas, maior representante de águas brancas, nasce nas encostas dos Andes trazendo consigo elevada quantidade de sedimentos e substratos em suspensão. A Cordilheira dos Andes foi soerguida a partir do encontro das placas Sulamericana com a de Nazca. Desenvolveu-se a partir de rochas sedimentares e vulcânicas. Possui um relevo bastante elevado e acidentado. É uma grande fonte de sedimento para a formação da bacia amazônica e ainda hoje fornece altas taxas de material sedimentar para a bacia devido a processos erosivos que ocorrem devido à alta declividade dos Andes (GUYOT et al, 1992).

Percorre o Peru e a Colômbia ao longo desse trajeto recebe várias denominações chegando ao Brasil como Solimões. Ao se unir as águas do rio Negro próximo à cidade de Manaus-AM se torna O Amazonas. Além disso, o rio Amazonas conforme sua classificação de águas barrentas possui como característica inerente a volubilidade dos seus leitos apresentando modificações em seus cursos pela ação simultânea de sedimentação e erosão.

Os rios de águas claras por sua vez, possuem elevada transparência, nascem em regiões onde os solos são menos erosivos.

[...] o rio Tapajós, que provém do Brasil Central e desemboca no baixo Amazonas, próximo à cidade de Santarém. Seu curso superior, isto é, enquanto corre pelo Maciço Central brasileiro, apresenta um leito fluvial, que, limitado pelas margens estáveis, atravessa terrenos ondulados de morros do escudo do Brasil Central, constituídos, em sua maioria, de granito ou arenito, e frequentemente interrompidos por imponentes corredeiras. (SIOLI, 1985; p.37 – 38).

Na Amazônia um dos principais rios com esse tipo de água é o grande Tapajós. O rio Tapajós ocupa terrenos dos estados de Mato Grosso, Pará e Amazonas até desaguar na margem direita do rio Amazonas em frente à cidade de Santarém.

As relações entre a química e a biologia das águas amazônicas com a geologia da região são próprias. Nas proximidades da cidade de Santarém-PA, os rios Amazonas e Tapajós proporcionam o contraste e a beleza do “encontro das águas”. A geomorfologia nas confluências do rio Amazonas de águas brancas e Tapajós de águas claras caracteriza um complexo e dinâmico sistema em constante transformação, influenciado pela morfologia de seus leitos e pelas suas características químicas e biológicas (SIOLI, 1950).

É possível afirmar, portanto a influência da atividade geológica da enorme bacia Amazônica e de seus principais rios Amazonas e Tapajós na modificação do ambiente e na formação dos principais lagos amazônico: Lagos de várzea e de terra firme, respectivamente (ESTEVES, 2011). Para Santos e Ferreira (1999) na Amazônia, com raríssimas exceções, não existem lagos verdadeiros, essa denominação normalmente se aplica a corpos d'águas resultantes do transbordamento do canal principal de um rio por ocasião da enchente e que permanecem parcial ou apenas temporariamente isolados.

Para Tundisi (2008) a origem e a morfologia dos lagos têm papel relevante nas suas condições físicas, químicas e biológicas, uma vez que, em conjunto com os processos climatológicos regionais, contribuem para o seu funcionamento.

A classificação dos lagos – tomados como ecossistemas e como mosaicos importantes da paisagem – está relacionada, evidentemente, com a origem, a qual determina algumas de suas propriedades gerais, tais como morfometria e composição química básica das águas. [...]. Embora cada lago apresente uma individualidade muito marcada, certas semelhanças regionais podem ser encontradas. Isso em parte, deve-se à sua origem e morfometria, que estabelecem alguns padrões de funcionamento muito claros (TUNDISI, 2008; p. 304).

Esteves (2011) classificou os lagos amazônicos como lagos de terra firme e lagos de várzea. Estes são, geralmente, ecossistemas pequenos e com pouca profundidade.

Os lagos de terra firme na região amazônica são formados quando o rio principal carrega grandes quantidades de sedimentos que é depositado ao longo de seu leito. Esta deposição ocasiona uma elevação do nível do leito, provocando um represamento de seus afluentes, então transformados em lagos Tundisi (2008).

Os lagos de terra firme da Amazônia são alongados e muito dendríticos [...]. Foram formados principalmente a partir dos rios de “água branca”, capazes de transportar grande

quantidade de aluviões. Podem ter até centenas de quilômetros de comprimento e chegam a 7 Km de largura (ESTEVEES, 2011; p. 95).

A superfície da bacia Amazônica é em grande parte plana, com poucas elevações e com uma declividade em torno de 20 cm/Km. Esta declividade, associada à descarga de água e sedimentos favorece a formação de uma paisagem de complexos sistemas de rios meândricos, que apresentam um processo dinâmico de construção e destruição de suas margens. Como afirma Esteves (2011, p. 97).

A formação desses lagos ocorre geralmente quando os rios Maduros (senis) que percorrem planícies e que já atingiram o seu nível de base (ponto-limite abaixo do qual a erosão das águas corrente não pode trabalhar, por vezes o próprio nível do mar) apresentam um curso sinuoso. As sinuosidades apresentadas por esses rios são chamadas de meandros. Estes lagos são formados através do isolamento de meandros por processo de erosão e sedimentação das margens.

Os lagos de várzea amazônicos possuem seus fluxos de água regulados pelos níveis do rio, que por sua vez dependem do regime hidrológico de seus afluentes e das precipitações (JUNK, 1989).

Os lagos de várzeas ocorrem nas depressões das planícies amazônicas, em locais ainda não totalmente colmatados pelo material transportado pelo rio, no processo normal de formação de várzea. [...] Na região Amazônica, no período de cheias, os ecossistemas aquáticos recebem grande quantidade d'água, o que resulta no aumento de área e profundidade dos rios e lagos. Neste período ocorre a intercomunicação de vários lagos e rios, formando um único sistema. Já na época da seca, com a queda do nível d'água, os diferentes sistemas permanecem isolados, ou comunicam-se por canais (ESTEVEES 2011; p. 100).

No sistema rio-planície fluvial amazônico, é natural que os lagos associados a este sistema, em algum momento, reflitam consideravelmente características físicas, química e biológicas dos canais principais mais próximos.

Assim, este trabalho visa fazer um levantamento comparativo dos perfis limnológicos dos canais principais dos rios Amazonas e Tapajós e do lagos Maicá e Juá, associados aos referidos rios, respectivamente.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Comparar os perfis limnológicos de dois lagos (Juá e Maicá) conectados aos canais principais dos Rios Tapajós (água clara) e Amazonas (água branca) no período de água alta.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Descrever os perfis limnológicos dos rios (Tapajós e Amazonas) e dos lagos (Juá e Maicá) quanto aos seguintes parâmetros: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), transparências (m), oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), totais de sólidos dissolvidos (mg.L^{-1}), pH e Turbidez (UNT) comparando-os, além de determinar a zona eufótica.
- ✓ Identificar a ocorrência de estratificação térmica (Temperatura) e química (Oxigênio dissolvido) nos ambientes estudados.
- ✓ Avaliar o grau de similaridade limnológica dos ambientes aquáticos estudados.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA BACIA AMAZÔNICA

Conforme Shiklomanov (1999) existem aproximadamente 1386 milhões de km³ de água na Terra. Contudo, pesquisas recentes revelam, que apenas 2,5% da água existente no planeta Terra são águas doces e estas, um quinto encontra-se na Amazônia. Sendo a mais extensa, de maior massa líquida da Terra e complexa rede de hidrográfica, a bacia do Amazonas, ramifica-se por todos os países do norte da América Latina, desde das encostas andinos até sua voz no Oceano Atlântico (EVA e HUBER, 2005), contando com 25.000 km de rios navegáveis em cerca de sete milhões de km², dos quais 3,8 milhões estão no Brasil (IBGE, 2010). Os corpos d'água de todas as formas e origens criam um plano topográfico singular com um extensivo conjunto de áreas de transição entre o ambiente aquático e a terra firme, que Sioli (1984) denominou de “aquatic landscape”.

Constituem a bacia hidrográfica do Amazonas, várias sub-bacias de outras regiões, completamente misto formado por todos os perfis de canal, como meandrante, entrelaçado, retilíneo e anastomosados no interior da floresta (BAKER, 1978). A diversidade e complexidade ambiental na Amazônia é ainda ampliada pelos diferentes tipos de água.

Wallace (1853), foi o primeiro naturalista a dividir metodicamente as águas da bacia Amazônica considerando a extensa variabilidade da composição dos rios. Depois dele, Sioli (1984) requalificou esta divisão levando em consideração as propriedades físicas, químicas e biológicas das águas.

Nesse contexto, a partir da análise das características químico-físicas, é possível atestar e reconhecer a estreita relação entre a química e a biologia das águas amazônicas com a geologia e a mineralogia da região (MARINHO *et al.*, 2015) ao considerar as áreas de nascente e terrestres adjacentes como fatores de extrema influência nos parâmetros como transparência e coloração. Isso significa que as características das águas é o resultado de determinada área topográfica e os diversos fatores e dinâmica particulares que ocorrem neste ambiente.

Os fenômenos naturais que ocorrem na região amazônica com intemperismo, processo de erosão de margens de terrenos argilo-arenoso mal consolidado e transporte de sedimento, são

influenciados pela grande oscilação do nível das águas durante as enchentes, fato proporcionador de uma relação dinâmica entre os ecossistemas aquáticos e terrestre. Essas erosões por sua vez, são fonte adicionais de material argiloso encontrado em suspensão nos rios, principalmente no Amazonas. Sioli (1985) aponta a importância do rio Amazonas na constante remodelação do leito, engendrando em certos trechos, intensa erosão dando origem ao fenômeno denominado terras caídas, bem característico na região.

Participa com menor expressividade das mudanças físicas na região a flutuação diária do nível do rio por meio da atividade da propagação da maré pela descarga fluvial do canal principal isso é observada principalmente no período de água baixa quando o efeito é mais intenso.

O Amazonas atua como um coletor final de um complexo sistema de drenagem. As águas barrentas do rio Amazonas apresentam pH próximo ao neutro e elevada condutividade elétrica devido à alta concentração de íons dissolvidos e pela grande quantidade de material em suspensão proveniente dos Andes e das margens dos rios, baixos níveis de carbono orgânico dissolvido e níveis de nutrientes relativamente mais altos do que os encontrados nos demais tipos de água da região.

Os rios de águas claras, se caracterizam pelo extremo diminuto transporte de sedimentos argilosos, possuem elevada transparência, apresenta cor esverdeada e nascem em regiões onde os solos são menos erosivos. Apresentam baixos níveis de nutrientes e partículas em suspensão com pH que pode variar entre ácido e neutro (entre 5 e 7) e sua condutividade é baixa (entre $10\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e $50\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) (SIOLI, 1985; JUNK *et al.*, 2011; MARINHO *et al.*, 2015). Na Amazônia, a bacia hidrográfica do rio Tapajós está localizado na calha sul do rio Amazonas, Apresenta uma vazão de $12,434\text{ m}^3/\text{s}$, e disponibiliza $4.148\text{ m}^3/\text{s}$ de recursos hídricos.

Este rio contém pouco teor de substâncias húmicas ou minerais em suspensão – O conteúdo húmico do Rio Tapajó é $2,26\text{ mg/litro}$. A areia oriunda, na sua maior parte, da meteorização das rochas pré-cambrianas dos escudos norte e sul amazônico - constitui o material básico na sedimentação provocada pelos rios de águas claras fato que justifica a riqueza em praias e bancos de areias (coroas), emergentes nas vazantes. Apresentam baixa turbidez e na questão de perfil trófico, o rio Tapajós caracteriza-se como oligotrófico, sendo baixas as concentrações de fósforo total.

No período de vazante tendo os rios menores volume ficam evidentes na configuração do leito maior as alterações ocasionadas pelos processos de erosão, transporte e deposição. Neste

período do ano, os bancos de areia tornam-se notórios na paisagem local, alterando principalmente a segurança do transporte fluvial.

O volume e a frequência de chuvas não são iguais na Bacia Amazônica promovendo grandes variações no volume de água de rios e lagos da região, resultando em períodos bem definidos de cheia e seca, Junk (2010) chamou esta variação como “pulso de inundação”.

3.2 ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS CONTINENTAIS BRASILEIROS

A atividade geológica dessa enorme rede hidrográfica complexa e heterogênea é responsável, também, pela formação da maioria dos lagos brasileiros. Os lagos amazônicos têm os seus níveis de água regulados pelo afluxo dos rios e por isso geralmente são raso, com flutuação máxima de sua profundidade oscilando em torno de 10 metros, de acordo com o regime hidrológico dos rios que os abastecem.

As várzeas da região amazônica são caracterizadas pela variação permanente nas suas formas e tamanhos devido à oscilação do nível d'água de rios de águas brancas ou em função da precipitação (JUNK *et al*, 1989). Durante o período de cheia ocorre à intercomunicação dos lagos com o rio principal, formando um único sistema. E no período de seca, com a queda do nível de água, os dois sistemas permanecem separado ou conectado através de canal (ESTEVEES, 2011).

Anualmente, penetra nos sistemas de lagos de várzea durante as cheias, grande quantidade de material em suspensão relativamente rico em nutrientes. Isso explica sua fertilidade e produtividade (SIOLI, 1985).

Os lagos de terra firme amazônicos surge quando uma grande quantidade de sedimento transportado pelo rio principal são disposto ao longo do seu leito. Os afluentes são então represados tornando-se lagos. Comumente são alongados e dendríticos (ESTEVEES, 2011).

São moldados geralmente a partir dos rios de águas brancas, capazes de transportar grande quantidade de aluviões.

3.3 VARIÁVEIS LIMNÓLOGICAS AVALIADAS

Segundo Tundisi e Matsumura Tundisi (2008) os sólidos totais dissolvidos (TDS) compreendem todos os sais presentes na água e os componentes não iônicos; compostos orgânicos dissolvidos contribuem para os sólidos totais dissolvidos. Os valores de sólidos totais dissolvidos (TDS) tem correlação direta e proporcional com a condutividade elétrica devido a concentração de íons presente nas amostras.

A condutância específica ou condutividade elétrica é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. A capacidade de conduzir a corrente elétrica estar sujeito a concentração iônicas. Quanto maior for a concentração de íons dissolvidos na água (partículas carregadas eletricamente) maior será a condutividade elétrica (TUNDISI e MATSUMURA TUNDISI, 2008).

A atividade iônica de uma solução é dependente de sua temperatura. Com o aumento de 2% a cada °C. Além da temperatura, o pH da amostra pode influenciar os valores da condutividade elétrica. Em águas cujos valores de pH se localizam nas faixas extremas ($\text{pH} > 9$ ou $\text{pH} < 5$), os valores de condutividade são devidos apenas às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os quais os mais frequentes são o H^+ e o OH^- (ESTEVEES, 2011).

Em águas continentais os valores de condutividade estão mais relacionados, entre outros, com as características geoquímicas da região onde se localizam e com as condições climáticas (estação seca e de chuva) (PETRUCIO *et al*, 2005). A condutividade elétrica dos corpos d'água fornecem importantes informações das províncias geológicas, evidenciando desta maneira a interação entre os sistemas aquáticos e terrestre (FITTKAU, 1971b).

O termo pH (potencial hidrogeniônico) é usado universalmente para expressar o grau de acidez ou basicidade de uma solução, ou seja, é o modo de expressar a concentração de íons de hidrogênio de uma solução. A avaliação de pH é uma das determinações de qualidade da água mais frequentemente usadas sendo considerada ácida (quando $\text{pH} < 7$); neutra (quando $\text{pH} = 7$) e básica (quando $\text{pH} > 7$).

Em geral, os ecossistemas amazônicos apresentam valores de pH em torno de 5, principalmente lagos amazônicos, que apresentam solos ácidos, ou os ecossistemas de águas escuras, ricos em substâncias húmicas (ESTEVEES, 2011).

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio, é um dos mais importantes e com frequências avaliados na caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio na água se deve a produção pelos organismos produtores primários via fotossíntese e pela troca com a atmosfera.

A solubilidade do oxigênio na água como todos os gases depende de dois fatores principais: temperatura e pressão. Com a elevação da temperatura, ocorre redução da solubilidade do oxigênio na água. Por outro lado, com o aumento da pressão ocorre uma maior solubilidade de oxigênio na água (ESTEVES, 2011)

Santos (2010) diz que a turbidez da água é diretamente proporcional à quantidade de luz que passa por ela é, ou seja, é a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar certa quantidade de águas. A turbidez é causada por matéria sólida em suspensão que geram uma aparência turva na água. A turbidez é modificada devido do assoreamento e da erosão das margens.

A transparência da água pelo ponto de vista ótico, pode ser considerado o oposto da turbidez. Sua determinação é feita de maneira simples usando o disco de *Secchi*. A profundidade de desaparecimento do disco de *Secchi* corresponde a profundidade na qual a radiação de 400 a 740 nm, portanto o espectro visível, refletida do disco não é mais sensível ao olho humano. A profundidade em metros, obtida é denominada transparência do disco de *Secchi* (ESTEVES, 2011).

Em sistemas aquáticos de águas claras a transparência é mais real, visto que a pouca dispersão da radiação. Por outro lado em ambientes aquáticos com grande altas concentrações de compostos dissolvidos e partículas em suspensão, ocorre grande dispersão da radiação.

A temperatura da água é um parâmetro no qual continuamente varia sofre influência de inúmeras fatores ambientais. Esses fatores que modificam a temperatura corroboram no retardamento ou aceleração do metabolismo dos ecossistemas aquáticos e nas propriedades físicas e químicas da água. Variações de temperatura são parte do regime climático normal, e corpos d'água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura da água é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade.

Em geral, à medida que a temperatura aumenta, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto que a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam a solubilidade com a elevação da temperatura (ESTEVES, 2011).

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi fundamentado em amostras coletadas em dois rios: Rio Amazonas e Rio Tapajós e dois lagos: Lago do Maicá e Lago do Juá (Figura 1). As coletas foram realizadas em uma única coleta no mês de Maio de 2012, período caracterizado pelas águas altas na região, todos os pontos de coleta localizados na área próxima de Santarém-PA.

Os rios desempenham uma função de vital importância ao servir de meio de transporte de carga e passageiros no habitual amazônico fluvial e os lagos são o recanto de várias espécies de peixes e fonte de renda, beneficiando de modo sustentável famílias de pescadores que vivem entorno dos lagos.

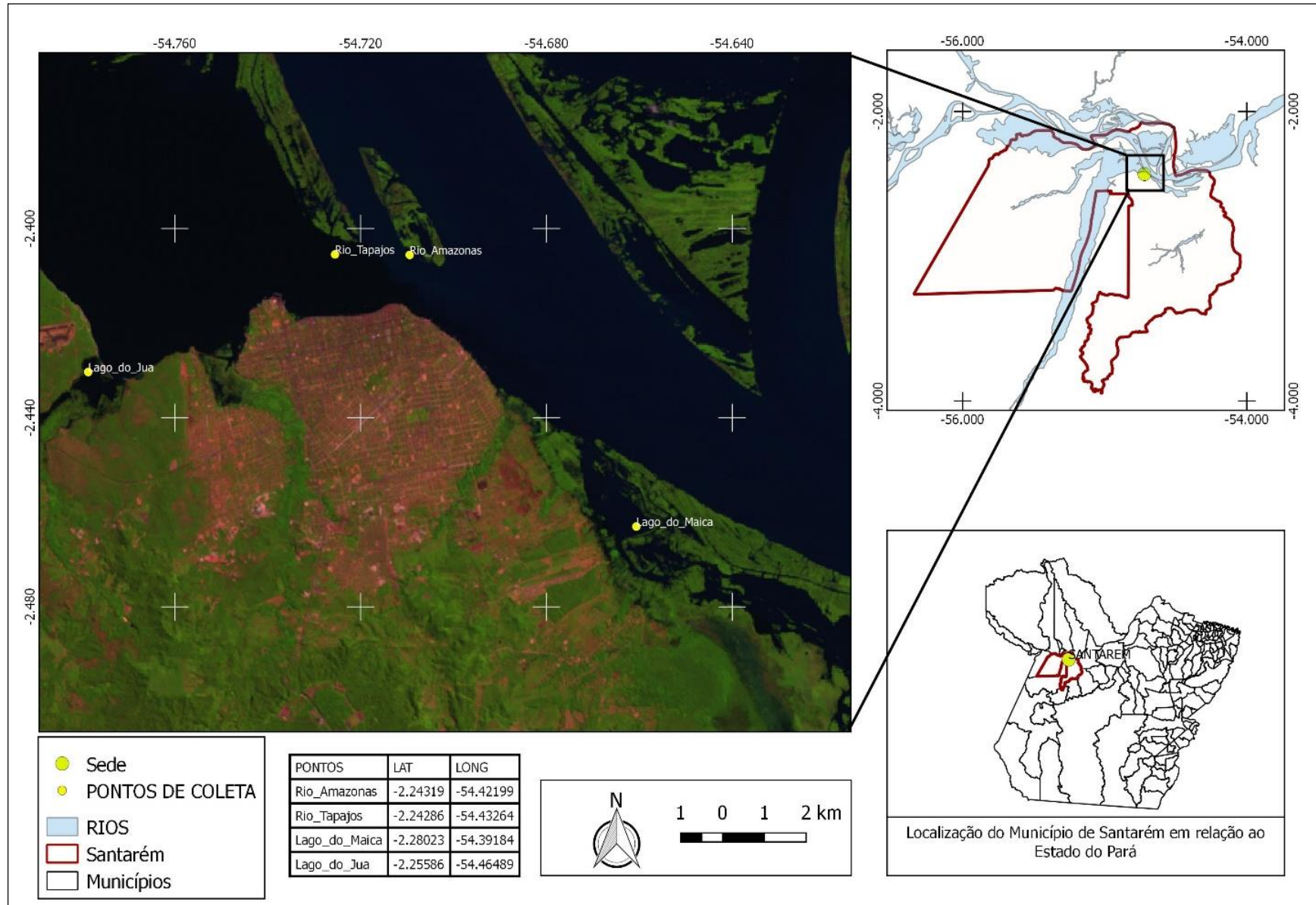


Figura 1 Mapa de localização dos pontos de coleta no Município de Santarém. Lago do Juá e Maicá e Rio Tapajós e Amazonas.

O lago do Maicá está localizado a aproximadamente 30km do centro de Santarém-PA. Está localizado na planície de inundação da margem direita do rio Amazonas, com predomínio de terras inundáveis periodicamente de Dezembro a Maio e áreas de terra firme que se estendem na região de planalto, tem cerca de 161 Km² de área aquática disponível (ISAAC e CERDEIRA, 2004).

O lago Maicá está localizado dentro da área de proteção ambiental – APA MAICÁ, criado em 21 de Junho de 2016. Área de proteção no qual abrange no furo do Maicá seguindo até o igarapé do jacaré, tendo como finalidade preservar a integridade das nascentes das micro-bacias e consequentemente a quantidade e qualidade das águas dos mananciais

Na planície de inundação do baixo rio Tapajós pode ser encontrado o lago do Juá localizado à margem direita do rio, à cerca de 9km do centro de Santarém-PA. O lago do Juá está localizado dentro dos limites da Área de Proteção Ambiental do Juá criado em 28 de Dezembro de 2012, com área total de 126,3465 ha.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

A região apresenta condições gerais de clima quente úmido, também conhecido como clima equatorial ou tropical úmido, caracterizado por temperaturas elevadas e precipitação pluvial abundante. As temperaturas mostram pequenas variações sendo as máximas anuais oscilando entre 37-40°C, com variação diurna de 10°C (HIGUCHI *et al.*, 2004).

Os valores anuais de precipitação pluviométrica oscilando aproximadamente em torno de 2.000 mm, com distribuição irregular, tanto a nível espacial, quanto a nível temporal, com dois períodos bem marcados, compreendendo entre Novembro e Março o período mais chuvoso, concentrando mais de 70% da precipitação anual (Embrapa, 2001) e Maio e Setembro sendo o período de seca (poucas chuvas).

A umidade relativa do ar é muito elevada em toda a Amazônia, alterando-se naturalmente com as mudanças de temperatura no decurso do dia, mas alcançando à noite, em quase toda parte, 100% de saturação.

A cobertura vegetal do município de Santarém e região é composta por quatro formações florestais bem distintas que são: floresta equatorial subperenifólia e cerrado equatorial

subperenifólio, na terra firme, floresta equatorial higrófila de várzea e campos equatoriais higrófilos de várzeas, nas áreas sujeitas a inundação (EMBRAPA, 2001).

4.3 PONTOS DE COLETA E FREQUÊNCIA AMOSTRAL

Com o objetivo de confrontar os perfis limnológicos entre os canais principais dos Rios Tapajós (água clara) e Amazonas (água branca) e entre os lagos Juá e Maicá conectados a cada um desses sistemas fluviais, respectivamente, foi realizada uma única coleta no período de águas altas em cada ambiente.

No rio Amazonas as amostras foram coletadas a uma distância relativa do nível de confluência com o rio Tapajós; da mesma forma o ponto de amostragem no rio Tapajós foi realizado em seu canal principal distante do nível de confluência com o rio Amazonas. Quantos aos sistemas de lago, tanto Maicá quanto o lago do Juá foram realizados amostragens em escala vertical (perfil/coluna d'água) em um único ponto, correspondente a zona limnética dos respectivos sistemas (Tabela 1).

Tabela 1 - Georeferenciamento dos pontos de coleta dos corpos d'água estudados.

<i>Ponto</i>	<i>Localização</i>	<i>Coordenada</i>
Rio Amazonas	Canal principal/à montante da zona de confluência com o Tapajós	S02°24'31,9" W054°42'19,9"
Rio Tapajós	Canal Principal/à montante da zona de confluência com o Amazonas	S02°24'28,6" W054°43'26,4"
Lago do Maicá	Região Limnética	S 02°28'02,3" W 054°39'18,4"
Lago do Juá	Região Limnética	S02°25'58,6" W054°46'48,9"

Os pontos de coleta estudados foram georeferenciados com um GPS- (Global Position System) da marca GARMIN® com leitura das coordenadas geográficas em UTM (Universal Transverse Mercator Coordinates).

4.4 PROCEDIMENTOS DE COLETA

Oito parâmetros foram analisados: profundidade, temperatura, transparência, oxigênio dissolvido, condutividade, sólidos totais dissolvidos, pH e turbidez.

Em todos os pontos de coletas foram tomadas medições *in loco* com aparelho portátil (TecnoPON® MPA210/MPA-210p), sólidos totais dissolvidos - TDS, com analisador de TDS, turbidez com turbidímetro PoliControl AP2000, oxigênio dissolvido, pH-potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica com a sonda multiparâmetro modelo Senso Direct 150. Profundidade com trena métrica e temperatura com oxímetro portátil.

A transparência da água foi determinada através da profundidade de desaparecimento do disco de *Secchi*. Para a coleta de água em todos os pontos nos diferentes estratos do perfil/coluna d'água foi utilizado a garrafa de Van Dorn, operada por meio de um mensageiro, peça metálica pesada que corre ao longo da corda que sustenta o aparelho para desarmar o mecanismo de trava das tampas. Os parâmetros limnológicos, métodos analíticos e equipamentos utilizados estão apresentados na tabela 2.

Utilizou-se a profundidade do disco de *Secchi* de cada ambiente para a determinação da extensão da zona eufótica (iluminada) dos mesmos, e para tal, multiplicou-se o valor de cada profundidade do disco de *Secchi* pelo fator 3, conforme Esteves (2011).

Tabela 2 - Parâmetros limnológicos, métodos analíticos e equipamentos utilizados.

<i>Parâmetros Limnológicos</i>	<i>Unidades</i>	<i>Métodos e respectivos códigos conforme Standard Methods (2012).</i>	<i>Equipamentos</i>
Profundidade	m	<i>Medição in situ</i>	<i>Trena métrica</i>
Temperatura	°C	<i>Medição in situ - Sonda termométrica digital (Cód.: 2550 B)</i>	<i>Oxímetro portátil</i>
Transparência	m	<i>Medição in situ</i>	<i>Disco de Secchi</i>
Oxigênio dissolvido	mg/L	<i>Medição in situ – Eletrodo (Cód.: 4500-O G)</i>	<i>Sonda Multiparâmetros</i>
Condutividade elétrica	µS.cm	<i>Condutivimetria (Cód.: 2510 A)</i>	<i>Sonda Multiparâmetros</i>
Sólidos Totais Dissolvidos TDS	mg/L	<i>Potenciometria (Cód.: 2510 A)</i>	<i>Analisador de TDS</i>
Potencial Hidrogeniônico	-	<i>Potenciometria (Cód.: 4500-H B).</i>	<i>Sonda Multiparâmetros</i>
Turbidez	UNT	<i>Nefelométrico (Cód.: 2130A)</i>	<i>Turbidímetro</i>

As coletas de água foram realizadas em extratos verticais das colunas d'água, considerando-se a profundidade total da coluna d'água de cada sistema, de acordo com os procedimentos previstos em APHA (1998).

4.5 ANÁLISE DOS DADOS

No intuito de verificar a existência ou não, de diferenças significativas ($p = <0,05$) entre os parâmetros físico-químicos foi realizado o teste estatístico Análise de Variância (ANOVA one-way) fatorial sem repetição.

Foram realizado análise de regressão simples e após foi gerado gráficos de dispersão com eixos invertidos para determinar o perfil limnológico dos rios Amazonas e Tapajós e dos lagos Juá e Maicá

Foi feito o agrupamento dos sistemas em função das variáveis limnológicas através de análise de cluster e uma análise multivariado de correspondência para identificar o grau de similaridade dos perfis limnológico dos rios Amazonas e Tapajós com os perfis dos lagos Juá e Maicá.

Todos os resultados estatísticos determinados nesse trabalho foram gerados mediante o manuseio da ferramenta STATISTICA-7.0.

5 RESULTADOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA DOS SISTEMAS ESTUDADOS

O rio Amazonas apresentou profundidade de 25 metros no ponto de coleta, com valores de temperatura variando de 28,8 a 29,0°C, de pH entre 6,8 a 7,2, oxigênio dissolvido entre 2,1 e 4,2 mg.L⁻¹, de condutividade elétrica entre 44,46 a 46,75 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, TDS entre 22,3 a 23,7 mg.L⁻¹ e turbidez entre 64,4 a 77,1 (Tabela 3).

A temperatura no rio Tapajós manteve-se quase estável, entre 29,2 a 29,6°C, o oxigênio dissolvido variou entre 3 a 5,7 mg.L⁻¹, condutividade de 15,09 a 24,56 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, TDS entre 7,73 a 12,23 mg.L⁻¹ e pH oscilou de 4,5 a 7 e a de turbidez de 3,67 e 4,37 (Tabela 3).

A temperatura da água no lago Maicá pouco oscilou, indo de 29,1 a 29,3°C, o pH variou de 5,9 a 7,5, TDS de 7,8 a 8,8 mg.L⁻¹ e a turbidez de 4,53 a 7,12. No lago Maicá foram aferidos os menores valores de oxigênio dissolvido, entre 1,9 a 2,2 mg.L⁻¹. Já a condutividade elétrica variou de 14,8 a 17,05 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ (Tabela 3).

No lago Juá a variação de temperatura foi mais acentuada, indo de 27,4 a 29,3°C. O pH variou entre 4,3 a 7,6, o oxigênio dissolvido entre 5,9 a 6,4 mg.L⁻¹, a condutividade elétrica entre 9,8 a 15,35 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, turbidez entre 5,21 a 9,47 e TDS entre 4,75 a 7,27 mg.L⁻¹ (Tabela 3).

A profundidade do disco de *Secchi* variou entre os rios Amazonas (0,25m) e Tapajós (1,66m) e entre os lagos Maicá (1,57m) e Juá (1,47), sendo a diferença entre os rios mais acentuada que a dos lagos (Tabela 3).

Sendo assim, as extensões das zonas eufóticas encontradas foram as seguintes: Rio Amazonas (0,75m), rio Tapajós (4,98), lago Maicá (4,71m) e lago Juá (4,41m). Esses resultados são admitidos como correspondente a 10% da radiação superficial (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores absolutos das variáveis limnológicas registradas na superfície e coluna d'água dos diferentes sistemas - Rio Amazonas, Rio Tapajós, Lago Juá e Lago Maicá, Santarém-PA.

Sistemas	Profundidade	Temperatura	pH	OD	Condutividade	TDS	Turbidez
	m	°C	-	mg.L ⁻¹	µS.cm ⁻¹	mg.L ⁻¹	UNT
Rio Amazonas	Superfície	29	6,8	4,2	46,75	23,67	75,9
	1	28,9	6,9	2,8	46,97	23,7	74,4
	2	29	6,9	2,6	44,46	22,3	77,1
	3	29	7	2,4	46,27	22,78	64,4
	4	29	7,1	2,3	45,79	22,96	69,3
	5	29	7	2,2	45,59	22,6	58,2
	10	28,8	7,2	2,1	45,71	22,9	64,2
Média	-	29,0	7,0	2,7	45,9	23,0	69,1
Rio Tapajós	Superfície	29,6	5,7	6,4	24,56	12,23	3,68
	1	29,2	6,2	5,7	15,09	7,52	3,95
	2	29,5	6,1	4,9	15,94	7,73	4,37
	3	29,4	6,5	4,3	17,53	8,82	4,17
	4	29,3	4,5	3,7	16,29	8,17	3,85
	5	29,4	6,8	3,3	16,43	8,14	4,02
	10	29,2	7	3	15,38	7,74	3,67
Média	-	29,37	6,11	4,47	17,32	8,62	3,96
Lago Maicá	Superfície	29,3	6	2,2	15,81	8,09	6,87
	1	29,2	5,9	2,1	14,97	7,83	4,53
	2	29,1	6	2,1	16,78	7,95	6,55
	3	29,2	7,5	2,1	15,23	7,8	6,57
	4	29,3	7,3	2	14,8	8,29	6,55
	5	29,3	7,4	1,9	17,05	8,8	7,12
Média	-	29,2	6,7	2,1	15,8	8,1	6,4
Lago Juá	Superfície	29,3	7,4	5,9	19,3	7,27	5,21
	1	29,3	7,6	6,0	15,35	7,06	6,74
	2	29,1	7,2	6,1	14,09	6,79	6,79
	3	29,2	7,00	6,1	11,59	5,65	7,08
	4	28,0	4,8	6,3	10,43	5,63	8,34
	5	27,4	4,3	6,4	9,8	4,75	9,45
Média	-	28,7	6,4	6,1	13,4	6,2	7,3

Profundidade (m), temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹), condutividade (µS.cm⁻¹), sólidos totais dissolvidos (mg.L⁻¹), pH = Potencial hidrogeniônico, Turbidez (UNT).

5.2 COMPARAÇÃO DOS PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS ENTRE OS AMBIENTES

5.2.1 Potencial Hidrogeniônico - pH

Não foram observadas diferenças significativas ($F_{3,22} = 1,206$, $p = 0,330$) quanto aos valores médios de pH entre os ambientes (Figura 2). O pH médio do rio Amazonas (7,0) se aproximou mais da faixa da neutralidade, enquanto nos demais sistemas os valores apresentaram-se levemente ácidos - rio Tapajós (6,11), lago Maicá (6,7) e lago Juá (6,4).

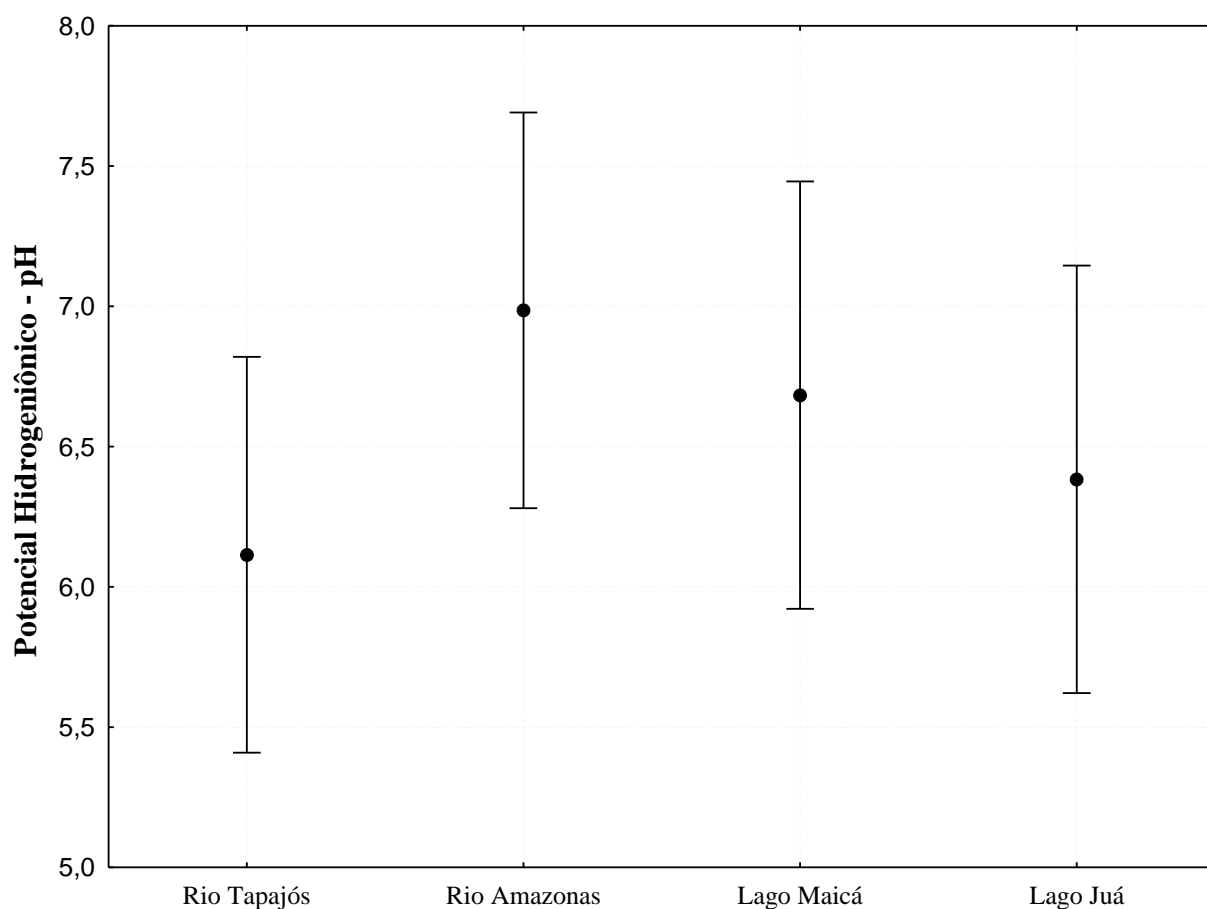


Figura 2 Valores médios do parâmetro pH entre os quatro sistemas.

5.2.2 Condutividade Elétrica

Os valores de condutividade elétrica dos ambientes de rios e de lagos são apresentados na figura 3. Como pode ser observado, há diferenças expressivas entre os valores de condutividade elétrica nos diferentes sistemas ($F_{3,22} = 253,01$, $p = 0,000$).

O menor valor médio registrado para a condutividade elétrica foi de $13,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no lago Juá. O maior valor registrado foi de $45,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no rio Amazonas. O rio Tapajós apresentou média de $17,32 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para condutividade elétrica e o lago Maicá de $15,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

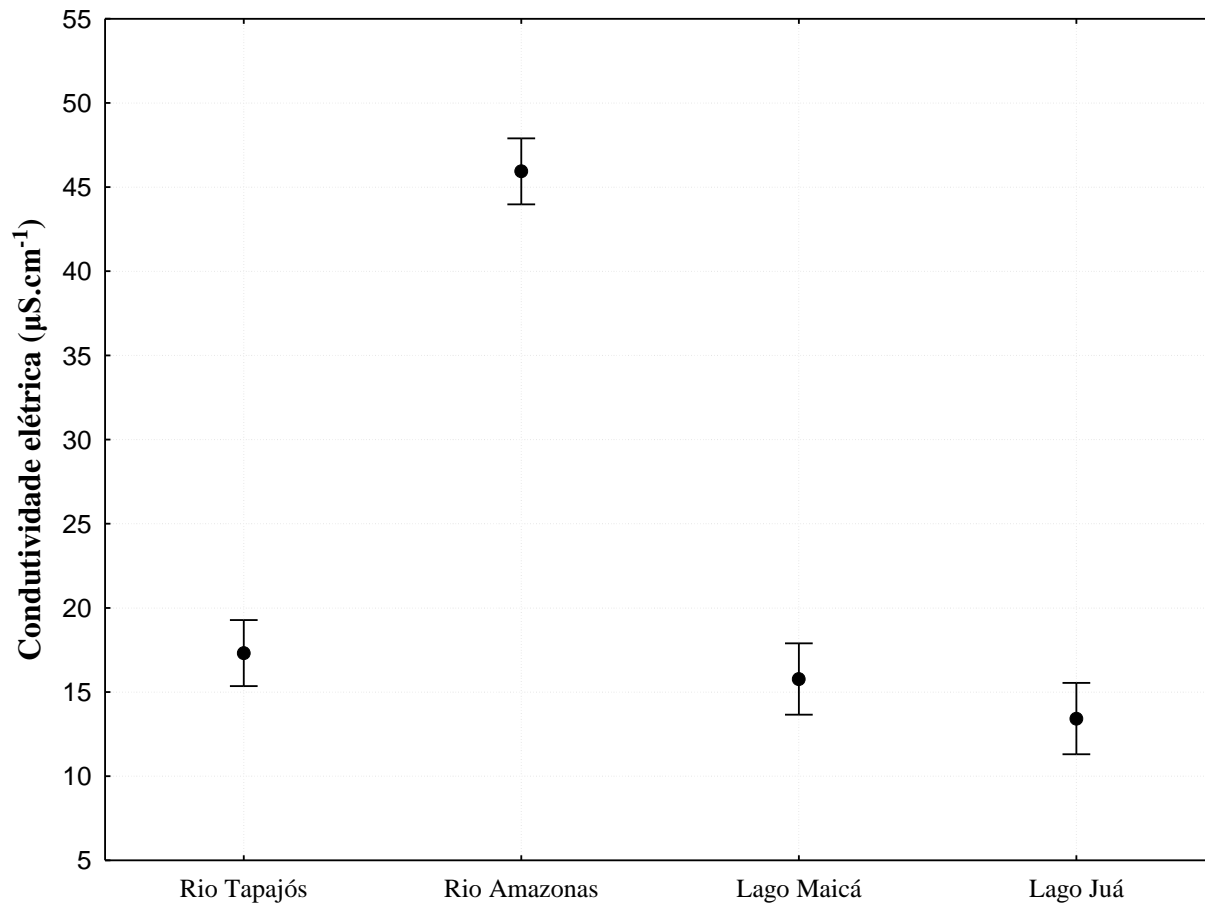


Figura 3 Valores médios do parâmetro condutividade elétrica entre os quatro sistemas

5.2.3 Totais de Sólidos Dissolvidos - TDS

Dentre as principais diferenças entre os sistemas estudados pode-se citar o parâmetro totais de sólidos dissolvidos ($F_{3,22} = 376,03$, $p = 0,000$). O Rio Amazonas apresenta concentração média de $23,0 \text{ mg.L}^{-1}$ de TDS sendo este diferente dos demais sistemas (figura 4). O rio Tapajós com concentração de $8,62 \text{ mg.L}^{-1}$, o lago Maicá com $8,1 \text{ mg.L}^{-1}$ e o lago Juá com $6,2 \text{ mg.L}^{-1}$.

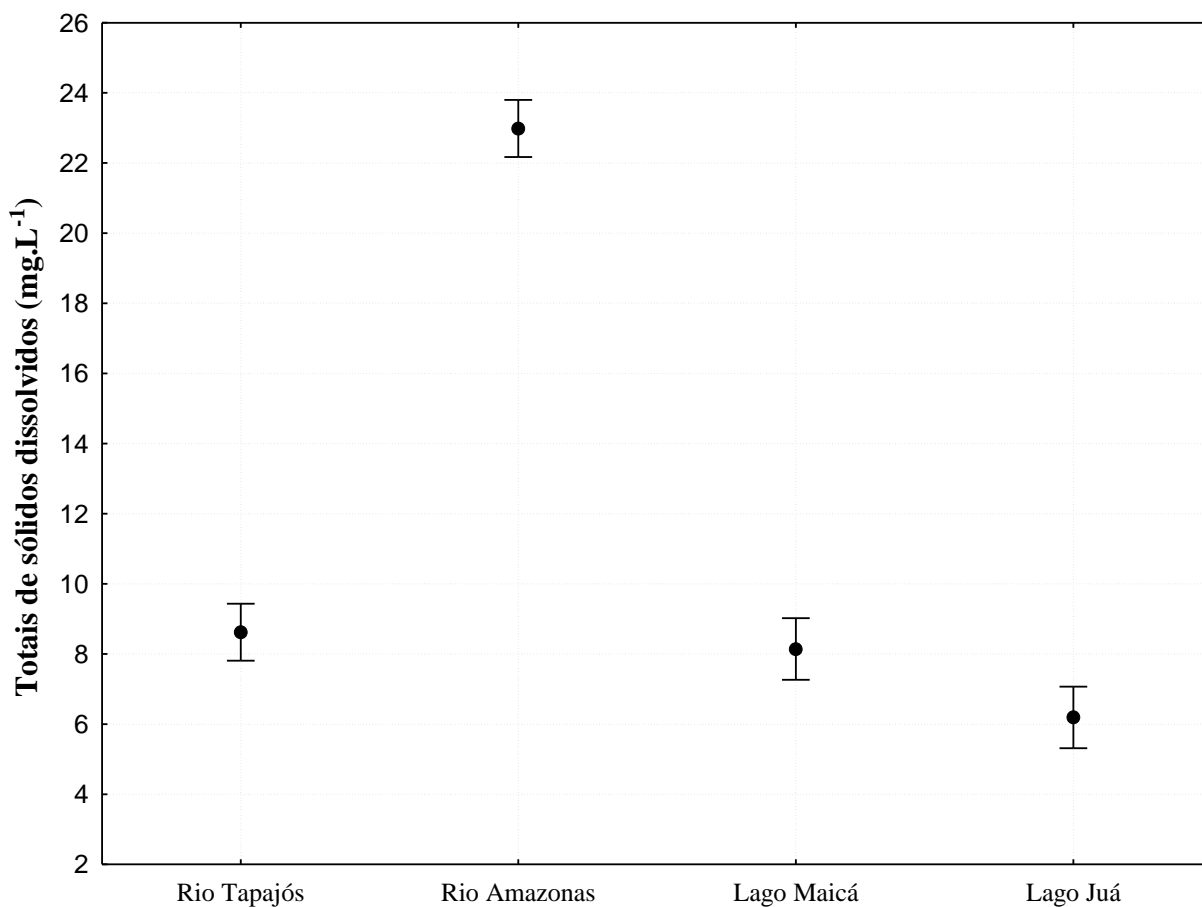


Figura 4 Valores médios do parâmetro totais de sólidos dissolvidos entre os quatro sistemas.

5.2.4 Turbidez

Para dados de turbidez da água, os valores se diferenciaram significativamente ($F_{3,22} = 472,70$, $p = 0,000$) entre os sistemas, sobretudo no rio Amazonas, com 69,1 UNT.

O menor valor médio de turbidez foi registrado no rio Tapajós sendo 3,96 UNT (figura 5). Nos sistemas lacustres os valores de turbidez foram de 6,4 e 7,3 UNT, nos lagos Maicá e Juá, respectivamente.

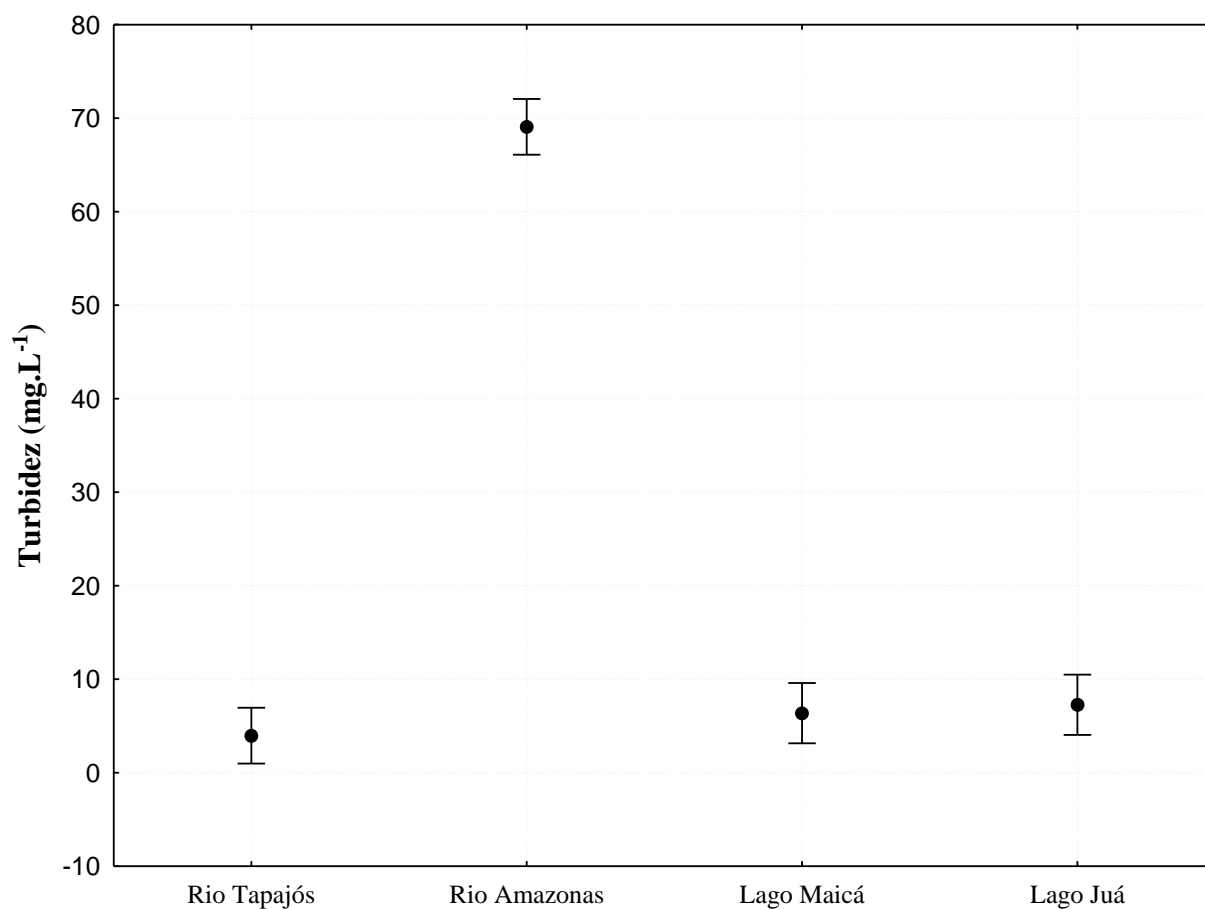


Figura 5 Valores médios do parâmetro turbidez entre os quatro sistemas.

5.2.5 Temperatura

A menor temperatura média encontrada foi no sistema lacustre Juá (28,7°C). As análises revelaram variações significativas ($F_{3,22} = 3,4089$, $p = 0,035$) especialmente entre o rio tapajós e o Lago Juá como pode ser observado na figura 6. Nos rios Amazonas e Tapajós, e no lago Maicá a temperatura permaneceu na casa dos 29°C.

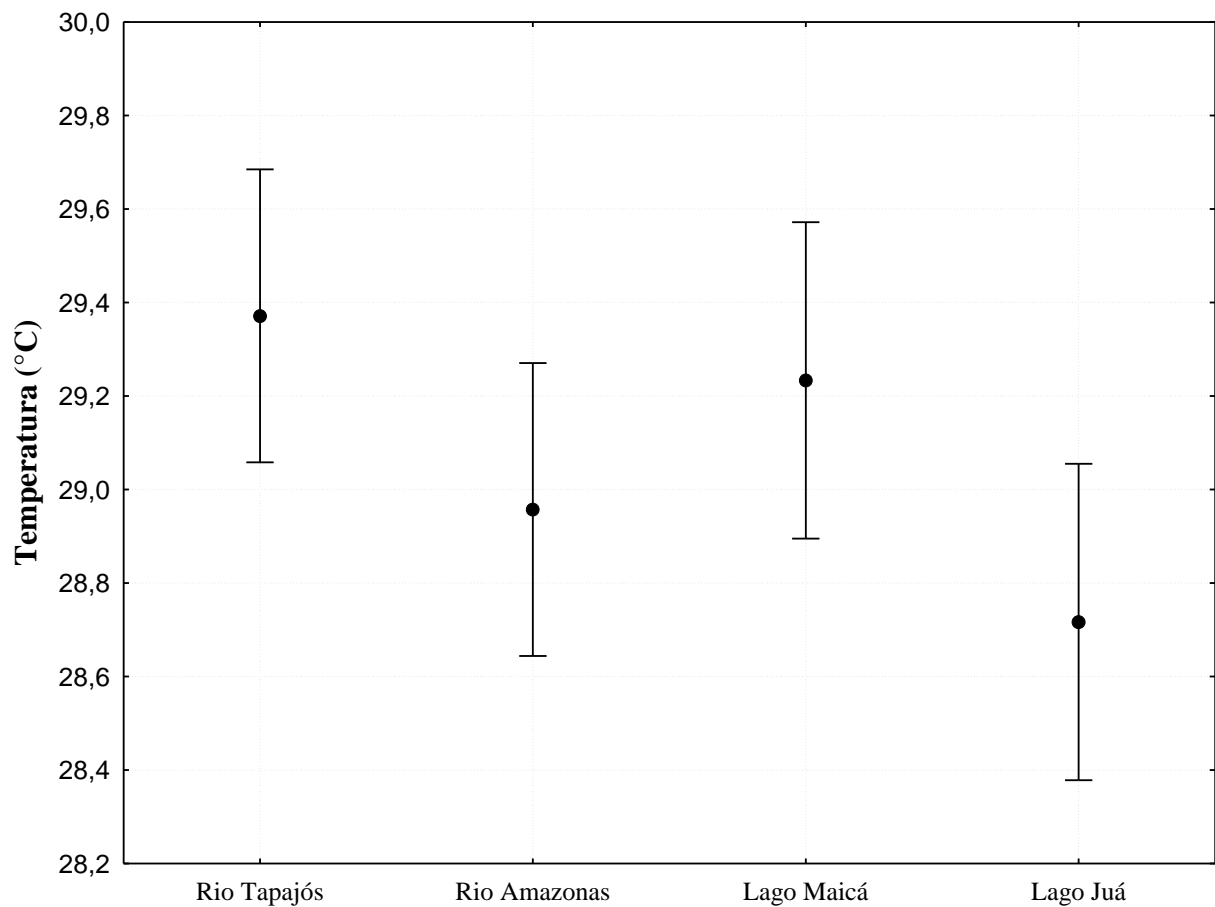


Figura 6 Valores médios do parâmetro temperatura entre os quatro sistemas.

5.2.6 Oxigênio Dissolvido

Quanto a disponibilidade de oxigênio dissolvido nos sistemas estudados, o menor valor médio registrado foi de 2,1 mg.L⁻¹ no lago Maicá. O maior valor de oxigênio dissolvido foi de 6,1 mg.L⁻¹, no lago Juá.

A variação deste parâmetro foi significativamente maior ($F_{3,22} = 35,757$, $p = 0,000$) no Lago Juá em relação aos demais sistemas.

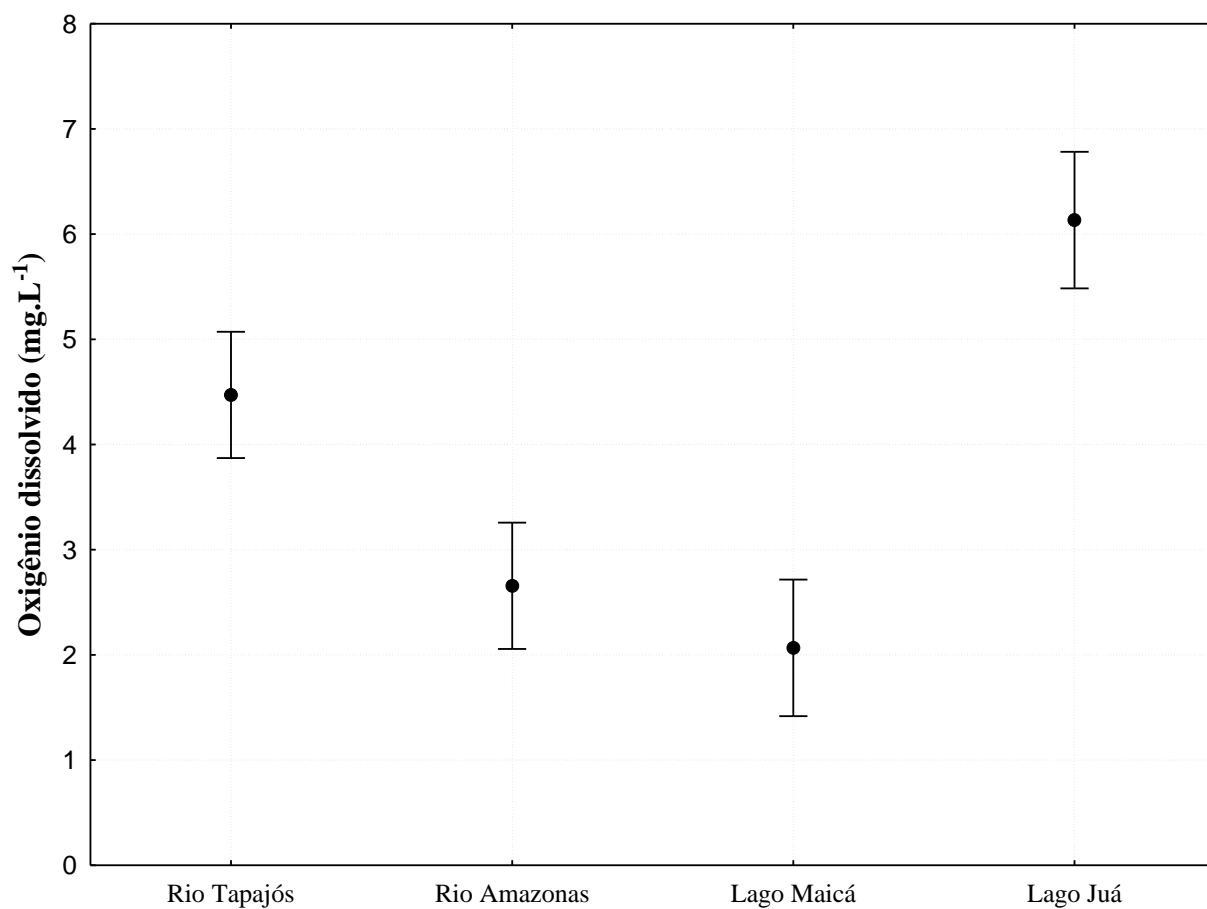


Figura 7 Valores médios do parâmetro oxigênio dissolvido entre os quatro sistemas.

5.3 GRADIENTE DE TEMPERATURA NA COLUNA D'ÁGUA DOS CORPOS D'ÁGUA

As curvas de temperatura ao longo das diferentes profundidades são expressas graficamente na figura 8.

A temperatura foi ligeiramente mais alta nas camadas superficiais dos corpos d'água (Amazonas 29,0°C, Tapajós 29,6°C, Maicá 29,3°C e Juá 29,3°C) trecho que coincide com a zona eufótica (Rio Amazonas 0,25m, rio Tapajós 1,66m, lago Juá 1,47 e lago Maicá 1,57m), e, por conseguinte, região que absorve maior quantidade da radiação refratada.

Evidencia-se (figura 8), portanto, que nos ambientes fluviais (rio Amazonas e Tapajós), não ocorre a flutuação significativa da temperatura ao longo da coluna d'água. As grandes diferenças na estrutura térmica na coluna d'água são evidenciadas comumente em ambientes lacustres.

O perfil térmico do rio Amazonas é caracterizado pela sua uniformidade.

O lago Maicá, devido aos processos geológicos que os originaram, apresenta profundidade reduzida. Essa característica não favorece o fenômeno de estratificação térmica.

O lago Juá não apresenta distribuição de temperatura uniforme. No epilímnio a temperatura reduziu de 29,3°C para 29,1°C no metalímnio. Nesta região a temperatura tem um novo comportamento aumentando para 29,2°C quando finalmente decai para 28,0°C e finalmente 27,4°C. Este comportamento caracteriza a condição de estabilidade térmica, ou seja, o ecossistema está estratificado termicamente. Os dados obtidos a partir das análises estatísticas foram os mais significativos neste sistema ($r^2 = 0,780$, $p = 0,019$).

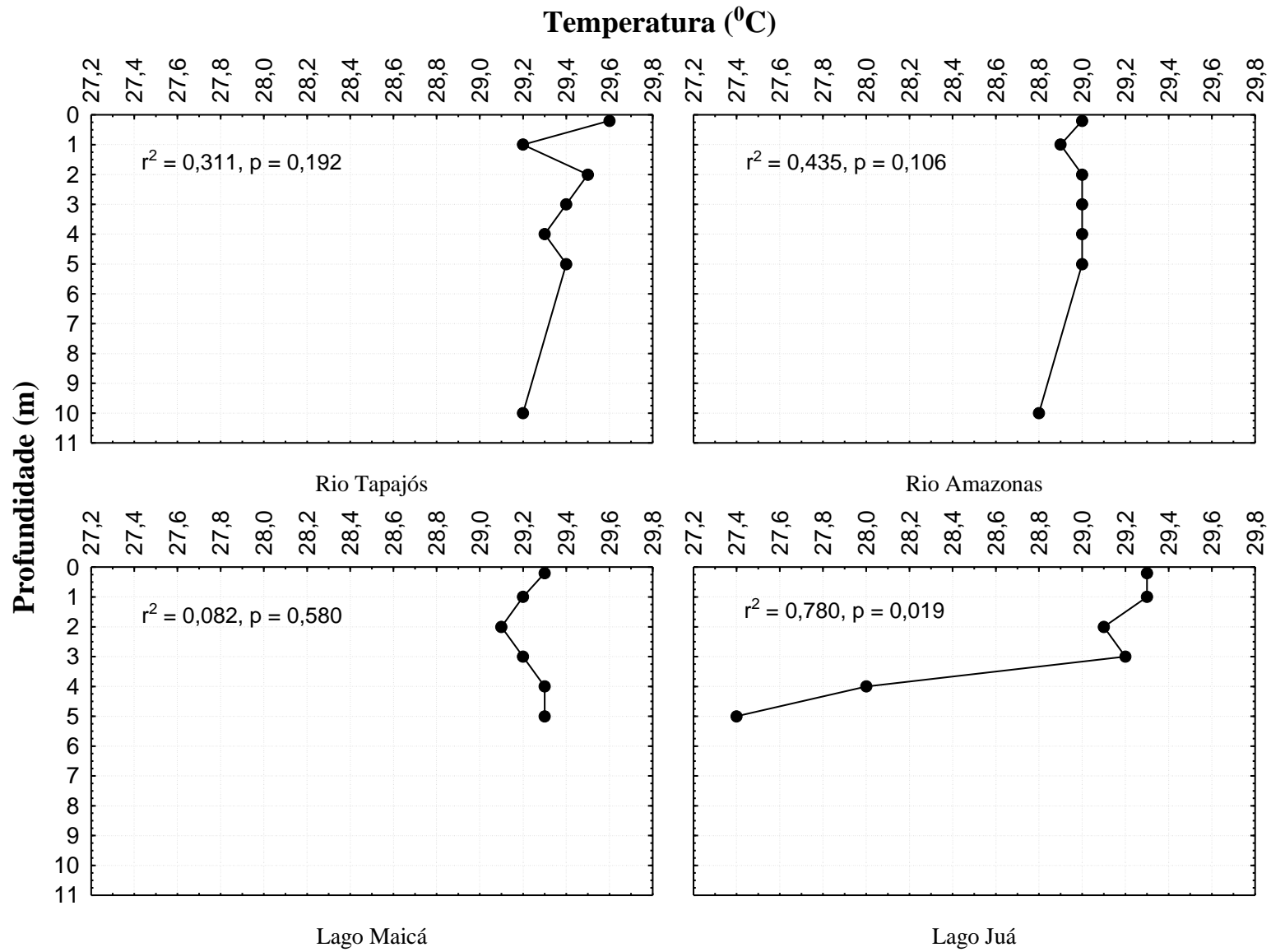


Figura 8 Perfil da temperatura ao longo da coluna d'água nos ambientes.

5.4 COMPORTAMENTO DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA COLUNA D'ÁGUA DOS ECOSISTEMAS

As variações das concentrações de oxigênio dissolvido nas diferentes profundidades estão apresentadas graficamente na figura 8. A propagação de oxigênio dissolvido dentro de um corpo d'água dá-se principalmente pelo seu transporte de massas d'águas (ESTEVEES, 2011).

A queda de oxigênio é mais evidente nos ambientes de rios (figura 9). Caracterizando os ambientes de rios com o perfil de saturação de oxigênio dissolvido do tipo clinogrado. Nestes sistemas a saturação de oxigênio ocorre exclusivamente no epilímnio (ESTEVEES, 2011).

A ocorrência de déficit de oxigênio nos lagos é bastante reduzida. Nos lagos, observa-se a dominância de perfil vertical de oxigênio denominado ortogrado (figura 9), ou seja, a distribuição de oxigênio ocorre em toda coluna de água. O oxigênio se distribui de uma forma uniforme até o fundo geralmente observado em lagos pouco produtivos após a circulação completa.

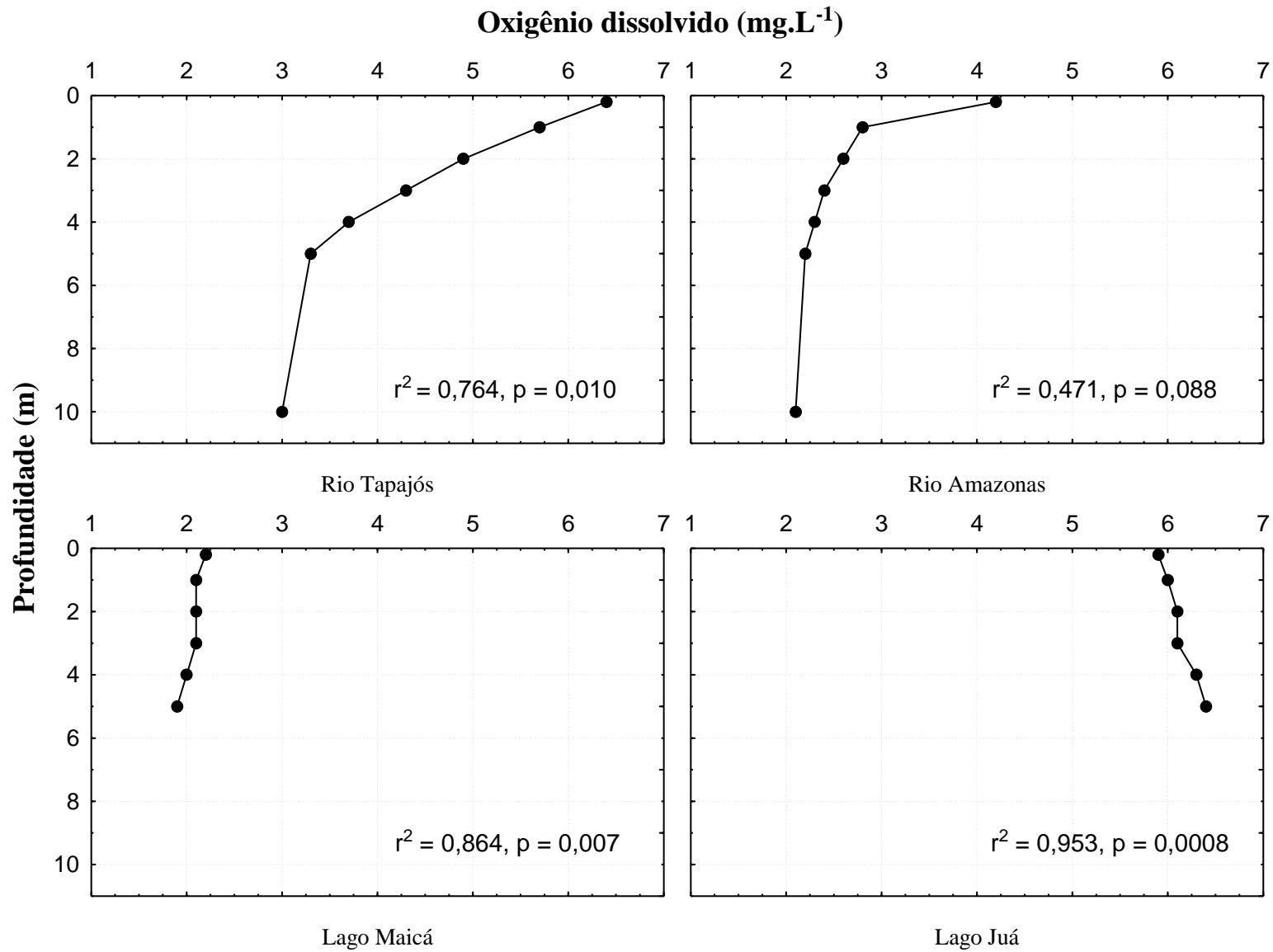


Figura 9 Perfil vertical da concentração de oxigênio.

5.5 GRAU DE SIMILARIDADE LIMNOLÓGICA ENTRE OS AMBIENTES

De acordo com o conhecimento geográfico da região, o lago Juá está inserido na planície de inundação do rio Tapajós e o lago do Maicá na planície do rio Amazonas.

A análise de cluster (figura 10) evidencia, através do agrupamento dos sistemas em função das variáveis limnológicas, a similaridade entre os sistemas fluviais (rio Amazonas e Tapajós) e lacustre (lago Maicá e Juá).

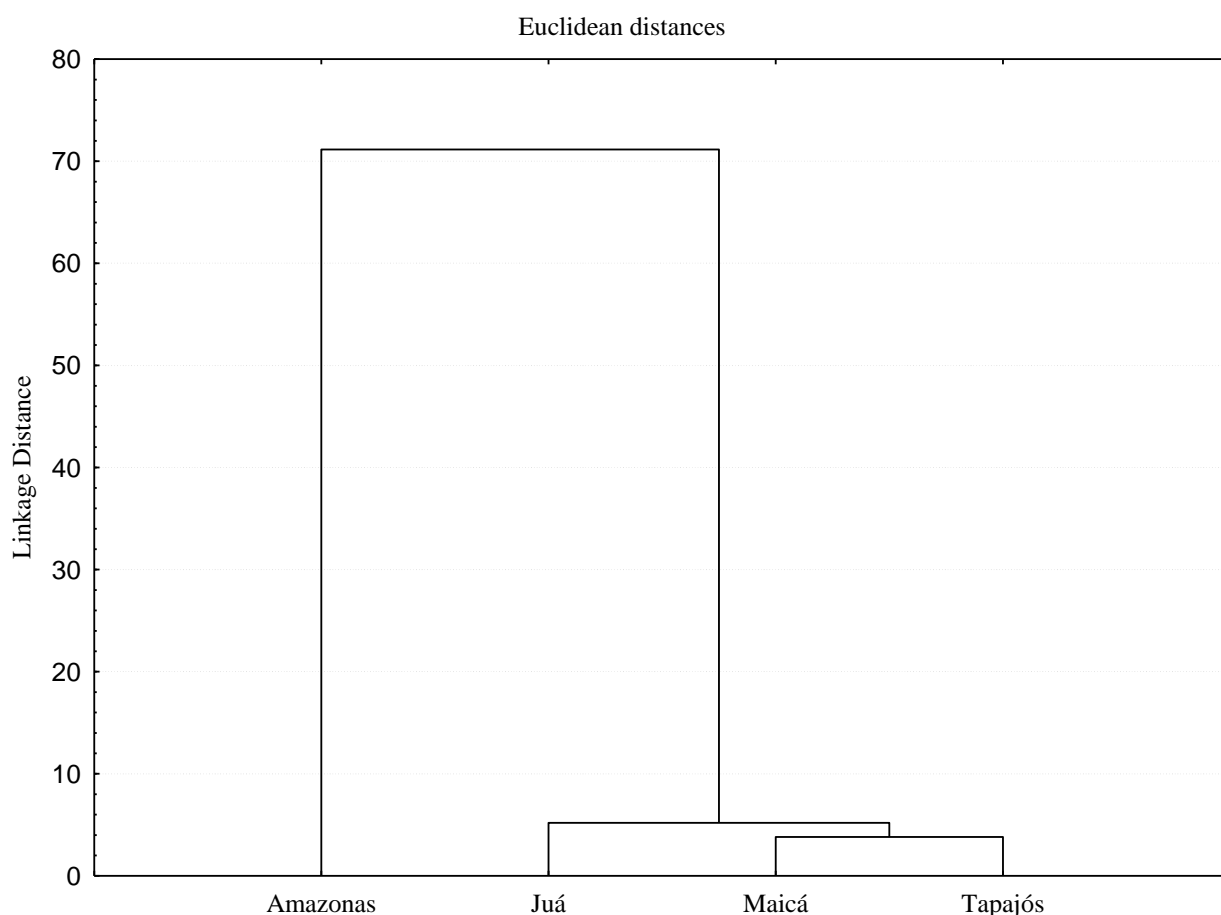


Figura 10 Agrupamento dos sistemas em função das variáveis limnológicas através de análise de cluster.

Na figura 10, pode ser observado a formação de dois grandes grupos. Um grupo formado somente pela unicidade do rio Amazonas e outro grupo formado pela associação dos ambientes de lagos (Juá e Maicá) com o Tapajós. É possível afirmar a irmandade dos sistema a partir da figura 10.

Na figura 11, pode ser observado os ambientes de rios (Amazonas e Tapajós) e sistemas de lagos (Maicá e Juá) e suas associações a partir da dispersão das variáveis limnológicas por análises multivariadas de correspondência. Desse modo, é possível reconhecer quais as variáveis limnológicas são responsáveis pelo agrupamento dos sistemas.

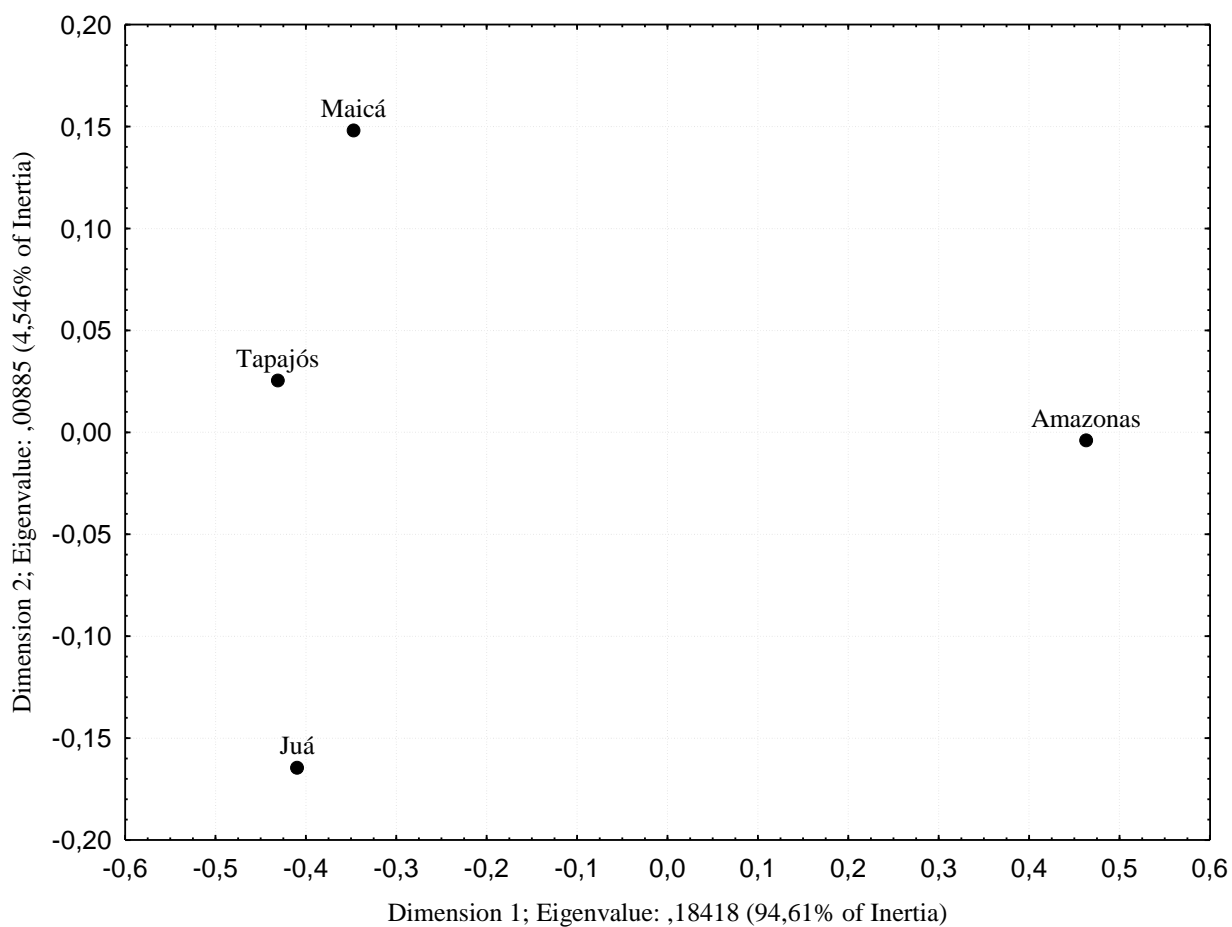


Figura 11 Dispersão das variáveis limnológicas por análise multivariada de correspondência

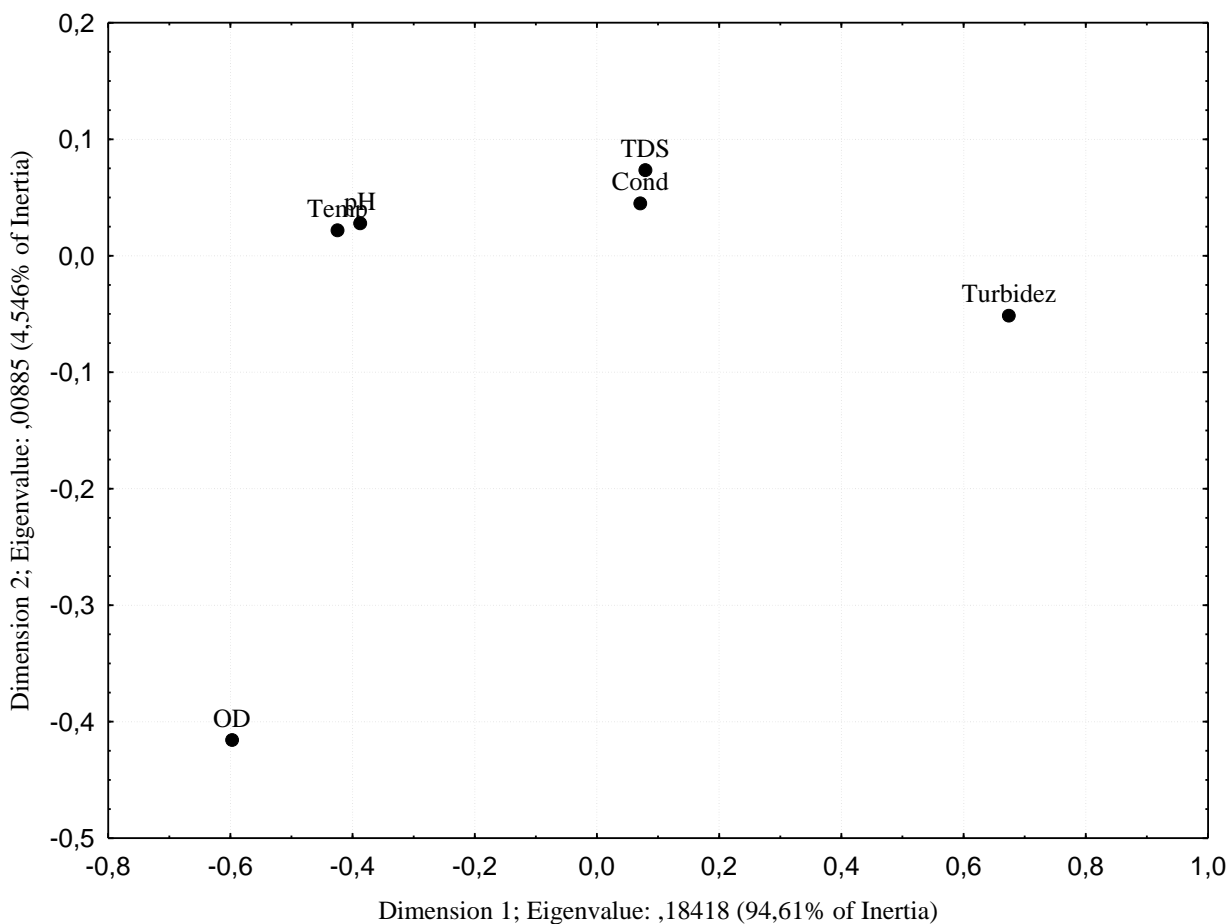


Figura 12 Dispersão das variáveis limnológicas por análise multivariada de correspondência.

Diante disso, pode-se identificar na figura 12, a temperatura e o pH como parâmetros responsáveis pela similaridade entre o ambiente fluvial Tapajós e o ambiente lacustre Maicá. O oxigênio dissolvido é nesse caso o parâmetro determinante da particularidade limnológica do lago Juá.

Torna-se evidente, portanto, que as variáveis limnológicas responsáveis pela diferenciação limnológica do rio Amazonas em relação aos demais corpos d'água, se dá em função da turbidez, totais de sólidos dissolvido e condutividade elétrica.

6 DISCUSSÃO

Os resultados aferidos superficialmente e ao longo da coluna d'água, demonstram a existência de diferenças limnológicas significativas entre os sistemas estudados.

Vários autores já reportaram que a região amazônica apresenta águas com propriedade físicas e químicas diferentes (SIOLI 1984; 1985). A alta carga de material particulado em suspensão (evidenciada pelos valores de turbidez do presente estudo), por exemplo, presente no rio Amazonas resulta em sua distinção ao outro sistema, rio Tapajós, cuja águas claras, são evidenciadas principalmente pela baixa carga sedimentar e reduzida concentração de nutrientes. Sioli (1984), classificou essas águas em branca e clara, respectivamente, evidenciados pela física de suas águas.

Os resultados obtidos no presente trabalho de transparência, condutividade elétrica e pH dos rios Amazonas e Tapajós, se assemelham aos encontrados por Sioli (1984) como demonstrado na tabela 4.

Tabela 4 Comparação entre os dados limnológicos encontrados por SIOLI, 1984 e os resultados encontrados no trabalho, 2017.

Sistemas	Dados Sioli, 1984			Presente trabalho, 2017		
	Transp.	pH	Cond.	Transp.	pH	Cond.
Rio Amazonas	0,10 a 0,50	6,5 a 7,0	60,0 a 70,0	0,25	6,8	46,75
Rios Tapajós	0,80 a 4,0	4,5 a 7,0	0,6 a 50,0	1,66	5,7	24,56

Transp. = transparência (m), pH = Potencial hidrogeniônico, Cond. = condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

Segundo Sioli (1984), o rio Tapajós drena uma região de relevo regular onde a possibilidade de erosão é bem reduzida. Os rios que nascem nessa região transportam quantidade de material em suspensão no período das chuvas, podendo a transparência se reduzir a cerca de 0,80m, com profundidades limites de visibilidade superior a 4m, com pH que pode variar entre 4,5 e 7,0 e condutividade entre 0,6 e 50 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

6.1 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A condutividade elétrica foi um dos parâmetros mais característico do rio Amazonas (média de $45,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Para Silva *et al.* (2008), quanto maior forem as concentrações de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água. Esteves (2011) sugere que em regiões tropicais, os valores de condutividade nos ambientes aquáticos estão relacionados com as características geoquímicas da região onde se localizam e com as condições climáticas (seca e chuva).

A geologia da bacia e o regime das chuvas influenciam a composição iônica dos corpos de água alterando assim o valor da condutividade elétrica (PALMA-SILVA, 1999). Além disso, os altos valores de condutividade elétrica podem estar relacionados a processos antrópicos (CETESB, 2009).

Além disso, a condutividade elétrica é um indicador de modificações na composição da água, especialmente na sua concentração mineral, pois à medida que os sólidos dissolvidos são lixiviados para corpos d'água, a condutividade tende a aumentar (ESTEVES, 2011).

6.2 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

Os valores de sólidos totais dissolvidos tem relação direta e proporcional com a condutividade elétrica devido à concentração de íons presentes nas amostras. A quantidade de sólidos dissolvidos na água aparece como parâmetro acentuado no rio Amazonas (média $23,0 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$).

Segundo Tundisi (2008) os sólidos totais dissolvidos integram todos os sais presentes na água e os componentes não iônicos; compostos orgânicos dissolvidos contribuem para os totais de sólidos dissolvidos.

6.3 TURBIDEZ

A turbidez da água do rio Amazonas é bastante elevada (média de $69,1 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$). Para Esteves (2011) e Carvalho (2008), a principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, pois na época das chuvas as águas pluviais carregam uma quantidade significativa de material sólido para os

corpos d'água. Os principais fatores responsáveis pela turbidez da água, são as partículas suspensas – bactérias, fitoplâncton, detritos orgânicos e inorgânicos – e em menor proporção os compostos dissolvidos (ESTEVES, 2011).

Para Wetzel (1983), as partículas em suspensão nos corpos d'água influenciam a dinâmica de dispersão de luz em lagos, pois parte da energia pode difundir-se antes mesmo de atingir níveis mais profundos da coluna d'água interferindo não só na temperatura e transparência, mas também na produção primária de ecossistemas lacustres. É possível afirmar ainda que a atenuação da radiação geralmente ocorre de maneira diferenciada em diferentes sistemas. O rio Amazonas, por exemplo, se apresenta com grande quantidade de material particulado em suspensão. Assim sendo, acontece forte atenuação da radiação (diminuição da zona eufótica), visto que nestas condições ocorre a interferência sobre a temperatura.

Esteves (2011) concluiu que nos corpos d'água, devido à forte absorção de radiação no primeiro metro de profundidade, deveria ocorrer abaixo desta camada uma queda brusca de temperatura. No entanto, pode-se observar que os ecossistemas não se comportam dessa maneira. Esse fenômeno não ocorre principalmente porque o vento, atua promovendo a turbulência da água, redistribuindo o calor por toda coluna d'água.

6.4 TEMPERATURA

Segundo Junk (2011), a temperatura da água apresenta variações diárias, frequentemente maiores do que as sazonais, isso significa dizer que, na maioria dos lagos amazônicos há um processo de desestratificação diário. Este processo ocorre pela ação do aquecimento diurno e do resfriamento noturno pela perda de calor nas camadas superficiais associadas ao resfriamento da temperatura atmosférico, o que pode resultar na mistura da massa de água (ALMEIDA e MELO 2009).

É pertinente elencar que mesmo em ecossistemas localizados numa mesma região, os padrões de estratificação da coluna d'água são muito variáveis, porque além dos fatores climatológicos, fatores inerentes ao próprio ecossistema têm importante papel nessa dinâmica. (ESTEVES, 2011).

A temperatura atua como fator determinante nos ambientes aquáticos, pois, a elevação desta pode diminuir a solubilidade dos gases, ou seja, temperaturas elevadas dificultam a solubilidade de oxigênio. Carvalho *et al.* (2001) e Esteves (2011) afirmam que a temperatura atua como um condicionante para o oxigênio dissolvido.

6.5 OXIGÊNIO DISSOLVIDO

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio, é um dos mais importante na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 2011). Existem diversas fontes de oxigênio para a água. Os principais são via atmosfera e fotossíntese no entanto, a solubilidade depende de dois fatores: temperatura e pressão. Em sistemas onde a temperatura se apresenta uniforme em toda coluna d'água, como evidenciando no rio Amazonas, a propagação de calor através de toda massa líquida pode acontecer de maneira muito eficiente, pois nestas condições a densidade da água é praticamente igual em toda a profundidade, não havendo, portanto, barreira física à circulação completa (ESTEVES, 2011).

Em ambientes lênticos amazônicos a variação do oxigênio dissolvido é frequentemente grande e estreitamente relacionada com fatores como: área do lago, fase do ciclo hidrológico, hora do dia, intensidade luminosa (presença de nuvens), e profundidade (FURCH, 1984; MELACK, 1984; SOARES *et al.*, 2006). Nesses ambientes, certamente, dois fatores antagônicos importantes atuam na disponibilidade do oxigênio dissolvido presente: de um lado a difusão atmosférica e a produtividade primária e, de outro, a oxidação direta do material orgânico que entra no ambiente, a atividade bacteriana e a respiração da comunidade aquática.

Os perfis ortogrado ou clinogrado, observados nos ambientes fluviais e lacustres (figura 8), acontece principalmente com condições morfológicas dos ecossistemas, visto que estas são determinadas pelo volume do epilímnio e do hipolímnio. (ESTEVES, 2011).

6.6 AMBIENTES LACUSTRES

Compilando dados do estudo realizado por Carvalho (2016) no sistema lacustre Juá no período de abril de 2015 a março de 2016, verifica-se que os valores encontrados se assemelham aos valores da atual pesquisa. A temperatura média do Juá foi de 28,5°C, a disponibilidade de oxigênio dissolvido encontrado no lago foi de 6,29 mg.L⁻¹, a condutividade elétrica alcançou o valor médio de 13,44 µS.cm⁻¹, a quantidade de totais de sólidos dissolvidos foi de 6,54 mg.L⁻¹. Com média de turbidez de 10,29 UNT.

No que se refere ao pH 4,42, este revela um ambiente mais ácido, padrão natural para as águas amazônicas em virtude dos tipos de solo, bem como a presença de ácidos húmicos e fúlvicos, resultado da decomposição da floresta alagada, descrito por Junk *et al.*, (2014) e Marinho *et al.*, (2015). Os menores valores de pH encontrados no lago Juá (pH=4,3), podem em sua maioria ser resultante de comunidades vegetais presentes e animais característicos, apresentando assim elevadas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone (ESTEVEZ, 1998).

Em uma pesquisa recente feita por Pinto (2016) no lago Maicá durante os meses de março a setembro, foram reportados valores de pH variando de 4,24 a 7,32, temperatura entre 26,07 a 30,0°C, oxigênio dissolvido com valor mínimo de 4,62 e máximo de 13,5 mg.L⁻¹, condutividade elétrica de 12,37 a 39,20 µS.cm⁻¹, totais de sólidos dissolvidos entre 6,08 a 19,60 mg.L⁻¹ e turbidez com mínimo de 3,44 e máximo 12,67 UNT.

Os resultados reportados por Pinto (2016) para o lago Maicá são próximos dos valores de temperatura, condutividade, pH, TDS e turbidez, diferenciando-se, contudo, quanto ao nível de oxigênio dissolvido.

Tendo por base os resultados obtidos e considerando-se as condições dos ambientes de rios e lagos para as diferentes variáveis limnológicas é possível afirmar que apesar do lago Juá está contido na planície de inundação do rio Tapajós, sua água não reflete a limnologia primária do canal do mesmo. De modo geral, a interferência do rio Tapajós na composição físico-química da água no lago Juá é bastante reduzida. A composição física e química da água do lago Juá, por sua vez, tem uma maior influência da drenagem local de pequenos igarapés formadores que compõem

sua bacia de drenagem. Estes pequenos igarapés fornecem em diferentes intensidades características que compõem a estruturação da água como um todo.

A água que circula no lago do Maicá, mesmo este estando contido na planície de inundação do rio Amazonas, apresenta mais características limnológicas das águas do rio Tapajós, ou seja, o lago Maicá recebe maior influência das águas do rio Tapajós do que propriamente do rio Amazonas. Isso deve-se ao fato, de que no local que estes rios confluem em frente à cidade de Santarém, suas calhas parecem ainda se ajustar paralelamente, e assim devido a intensa pressão que a vazão do rio Amazonas exerce sobre a calha do rio Tapajós, as águas deste, desviam o seu fluxo para dentro da planície de inundação da margem direita do rio Amazonas, abastecendo o lago Maicá. Assim, a água do lago do Maicá, é uma água mista composta por águas dos rios Amazonas e Tapajós, esta última assumindo maior presença dentro do lago, a qual determina a assinatura limnológica do mesmo.

De modo geral, a condutividade elétrica, a turbidez e o TDS foram os parâmetros analisados que mais contribuíram para a particularização limnológica do rio Amazonas. A quantidade de sedimentos transportados na água pelo rio Amazonas depende diretamente de processos que ocorrem além dos sistemas aquáticos. A mineralogia, desgaste das rochas, relevo e clima na bacia de drenagem determinam, via de regra, a composição físico-química da água. (GIBBS, 1970). A alta carga de material particulado em suspensão, por exemplo, presente no rio Amazonas resulta em sua total distinção limnológica dos outros sistemas, inclusive do lago do Maicá.

No caso dos sistemas do rio Tapajós e lago Maicá, a similaridade entre estes é determinada pelos valores semelhantes de temperatura e pH. A concentração elevada de oxigênio dissolvido foi o parâmetro limnológico que particularizou o lago do Juá.

7 CONCLUSÃO

Apesar da proximidade geográfica dos sistemas, estes se diferenciaram limnologicamente. Os parâmetros condutividade elétrica, totais de sólidos dissolvidos e turbidez foram os que mais contribuíram para a diferenciação limnológicas do rio Amazonas em aos outros corpos d'água.

O parâmetro oxigênio dissolvido foi o que mais contribuiu para a distinção limnológica do lago Juá em relação outros sistemas.

Geomorfologicamente, o lago Juá está contido na planície de inundação do rio Tapajós, contudo não sofre influência limnológica significativa deste. Infere-se que a maior contribuição para as características limnológicas do referido lago, sejam advindas das águas internas da bacia de drenagem através de seus pequenos igarapés formadores.

A bacia do lago Maicá, está associada à planície aluvial do rio Amazonas, todavia neste trecho, o Amazonas exerce pressão sobre a foz do rio Tapajós conduzindo água mista do Amazonas e Tapajós para dentro do sistema de lago Maicá, a qual determina os parâmetros limnológicos do mesmo.

Apenas o lago Juá evidenciou estratificação química e térmica de lagos limnologicamente verdadeiros. O lago do Maicá não é um lago limnologicamente verdadeiro e, sim, uma restinga em avançado estágio de colmatção fluvial, o que é corroborado pela ausência de estratificação observada nesse sistema.

Os lagos não são elementos permanentes da paisagem amazônica. Surgem e desaparecem das paisagem terrestre por diversos fenômenos. É provável que a dinâmica da paisagem amazônica influencie na transformação do lago Maicá, em uma escala geológica curta, para um ambiente totalmente colmatado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.; F., MELO, S. *Considerações limnológicas sobre um lago da planície de inundação (lago Catalão – Estado do Amazonas, Brasil)*. Acta Scientiarum. Biological Sciences, vol. 31, núm. 4, 2009, pp.387-395. Universidade Estadual de Maringá, Brasil.

APHA (1998). *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water.

ANA, 2006. *Agencia Nacional das Águas, Fiscalização dos usos de Recursos Hídricos, Diagnóstico, Critérios e Diretrizes 14*: 1-8 (www.ana.gov.br). Acesso em 15 de dezembro de 2016.

BAKER, V.R. *Adjustment of fluvial systems to climate and source terrain in tropical and subtropical environments*. In: Miall A. D. (ed.) *Fluvial Sedimentology*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 5, 1978. p. 211-230.

BORMA, L.S.; TOMASELLA, J.; ROBALLO, S.T.; CUARTAS, L.A.; RODRIGUES, D.A.; MARENGO, J.A.; NOBRE, C. 2013. *Secas na Amazônia: Causas e consequências*. Organizadores: L. DE S, BORMA; NOBRE, C. – São Paulo: Oficina de Textos.

BRASIL: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS <http://www.inpe.br>
<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>.

CARVALHO.; Z.C.A.P. *Avaliação espacial e temporal das taxas de sedimentação de um lago de água clara associado ao rio Tapajós, lago do Juá, Santarém-Pará-Brasil*. Dissertação (Mestrado em Recursos Aquáticos Continentais da Amazônia) 2016.

CARVALHO, P; BINI, L.M; THOMAZ, S. M.; OLIVEIRA, L. G.; ROBERTSON, B.; TAVECHIO, W. L. G.; DARWISCH, A. J. 2001. *Comparative limnology of South American floodplain lakes and lagoons*. Acta Scientiarum; Maringá, v. 23, n. 2, p. 265-273.

CARVALHO, N. O. *Hidrossedimentologia prática*. 2ªed., ver., atual e ampliada. -Rio de Janeiro: Interciência, p. 11 - 26, 95-323, 2008.

CETESB. *Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem Estado de São Paulo*. 2009.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. *Caracterização dos solos da área do planalto de Se/terra, município de Santarém, Estado do Pará / Tarcísio Ewerton Rodrigues ...et al.* - Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001,55p.; 22cm. - (Embrapa Amazônia Oriental Documentos, 115) <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>

ESTEVEVES, F. A.; (Coordenador). *Fundamentos de Limnologia*. 3. ed.; Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826p.

ESTEVEVES, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro, Interciência, 1998. 602p.

EVA, H.D. e HUBER, O;. *Proposta para definição dos limites geográficos da Amazônia: síntese dos resultados de um seminário de consulta a peritos organizado pela Comissão Européia em colaboração com a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica*, 2005, CCP ISpra 7-8 de junho de 2005. European Commission, OTCA a. e. http://ies.jrc.ec.europa.eu/uploads/fileadmin/Documentation/Reports/Global_Vegetation_Monitoring/EUR_2005/eur21808_bz.pdf (ed.).

FITTKAU, E.J. *Distribution and Ecology of Amazonian Chironomids*. *An Entomot* 1971; 103:407-413.

FURCH, K. 1984. *Water chemistry of the Amazon basin: the distribution of chemical elements among freshwaters*. In: Sioli, H. (Ed.) *The Amazon*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, pp.167–200.

GIBBS, R.J., 1970. “*Mechanisms controlling world water chemistry*”, *Science*, v. 170, n.3962, pp. 1088-1090.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; TEIXEIRA, L.M.; CARNEIRO, V.M.C.; SILVA, R.P.; LIMA, A.J.N.; PINTO, A.C.M; ROCHA, R.M; TRIBUZY, E.S. 2004. *Caracterização da Amazônia e suas potencialidades*. In: M.I.G. Higuchi. (Org.) *A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental*. Manaus, AM: Niro Higuchi, v.1, p. 1-15.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. (www.cidades.ibge.gov.br). Acesso em 18/12/2016.

ISAAC, V.J.; CERDEIRA, R.G.P. 2004. *Avaliação e monitoramento dos impactos dos acordos de pesca. Região do Médio Amazonas*. ProVárzea/IBAMA. Documentos Técnicos. 61 p.

SHIKLOMANOV, I.A. *World water resources at the beginning of the 21st century*. UNESCO 1999; IPH (ON LINE) 25 Jan 2010 (citado em 25 Jan 2010) Disponível em: <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/>.

GOULDING, M. *Pescarias Amazônicas, proteção de habitats e fazendas nas Várzeas: uma visão ecológica e econômica*. Relatório técnico para o projeto (Manejo dos recursos naturais da Várzea), Brasília: IBAMA, 1996.

JUNK, W. J., BAYLEY, P. B., AND SPARKS R. E.. 1989. *The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems*. In *Proceedings of the International Large River Symposium (LARS)*, ed. by D. P. Dodge Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, Ottawa, Canada. pp. 110–127.

- JUNK, W.J., PIEDADE, M.T.F., WITTMANN, F., SCHÖNGART, J., PAROLIN, P. *Amazonian Floodplain Forests Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management*. Springer. 2010. p.3-25.
- JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F.; SCHÖNGART, J.; COHN-HAFT, M.; ADENEY, J.M.; WITTMANN, F. 2011. *A classification of major naturally-occurring Amazonian Lowland Wetlands*. *Wetlands*, 31: 623-640.
- JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F.; LOURIVAL, R.; WITTMANN, F.; KANDUS, P.; LACERDA, L.D.; BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A.; MALTCHIK, L.; SHÖGART, J.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; AGOSTINHO, A. A.; NOBREGA, R.L.B.; CAMARGO, E. 2014. *Definição e Classificação das Áreas Úmidas (AUs)*. *Brasileiras: Base científica para uma nova política de proteção e manejo sustentável*. Instituto Nacional de Áreas Úmidas (INAU). Cuiabá, MT 13-76.
- MARINHO, T. A.S.; PAULA, J.D; *Rios-Villamizar, E.A; Shöngart, J. Conhecendo as Áreas Úmidas da Amazônia: uma viagem pelas várzeas e igapós*. Editoras: Lopes, A; Piedade; M.T.F. Manaus- Amazonas: Editora INPA, 2015.
- MELACK, J.M. 1984. *Amazon floodplain lakes: shape, fetch and stratification*. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22:1278-1282.
- NOVOA, Z.; *El origen del río Amazonas*, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú – Centro de Investigación en Geografía Aplicada, 1997.
- PALMA-SILVA, G.M. *Diagnóstico ambiental, qualidade da água e índice de depuração do Rio Corumbataí - SP*. 1999. 155 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Integrado de Recursos) - Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.
- PETRUCIO, M.M.; BARBOSA F.A.R.; THOMAZ S.M.; (2005) *Bacteria and phytoplankton production rates in eight rivet stretches of the middle Rio Doce hydrographic basin (southeastern Brazil)*. *Braz Arch Technol* 48:487-496.
- PINTO, Y. C.; (2016) *Mercúrio total em macrófitas aquáticas dos gêneros Eichhornia e Paspalum do lago Maicá, Santarém-PA*.
- SANTOS, G.M. & FERREIRA, E.J.G. 1999. *Peixes da Bacia Amazônica*, p. 345–373. In: R.H. LOWE-MCCONNELL. *Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais*. Edusp, São Paulo, 535 p.
- SANTOS, V.O., *Análise físico-química da água do Rio Itapetininga-SP: Comparação entre dois pontos*. *Revista Eletrônica de Biologia*, 2010, v. 3, n. 1, p. 99-115.
- SIOLI, H.; *AMAZÔNIA - Fundamentos da ecologia da maior região de floresta tropicais*. Rio de Janeiro: Petrópolis, 1985. 72p.

SIOLI, H.; *The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river sources, and river types*, 1984. Pages 127-165 In Sioli, H. [ed.] *The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin* (Monographiae Biologicae v.56). Dr. W. Junk Publishers. The Netherlands.

SIOLI, H.; *Das Wasser in Amazonasgebiet. Fosh Fortschr*, 1950; 26 (21-22). 274-280.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN A. V. 2008 *Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus*. *Acta Amazônica*. vol. 38(4) 2008: 733 – 742.

SOARES, M.G.M.; Menezes, N.A. & Junk, W.J. 2006. *Adaptations of fish species to oxygen depletion in a central Amazonian floodplain lake*. *Hydrobiologia* 568:353-367.

TUNDIDI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T.; *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631p.

WALLACE, A. R. *On the Habits of the butterflies of the Amazon Valley*. *The Transactions of the Entomological Society of London*, v.2, p.241-244, 1853a.

WERTZEL, R.G.; *Limnologia*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1993.