

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida
Silvestre

Renata Cristina Henedino Amancio

**FATORES QUE AFETAM A QUANTIDADE E QUALIDADE DA MATÉRIA
ORGÂNICA DISSOLVIDA EM LAGOS NATURAIS TROPICAIS NO MÉDIO
RIO DOCE**

Belo Horizonte

2022

Renata Cristina Henedino Amancio

**FATORES QUE AFETAM A QUANTIDADE E QUALIDADE DA MATÉRIA
ORGÂNICA DISSOLVIDA EM LAGOS NATURAIS TROPICAIS NO MÉDIO
RIO DOCE**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. José Fernandes Bezerra-Neto

Coorientadora: Profa. Dra. Luciana Pena Mello Brandão

Belo Horizonte

2022

- 043 Amancio, Renata Cristina Henedino.
Fatores que afetam a quantidade e qualidade da matéria orgânica dissolvida em lagos naturais tropicais no Médio Rio Doce [manuscrito] / Renata Cristina Henedino Amancio. – 2022.
65 f. : il. ; 29,5 cm.
- Orientador: Prof. Dr. José Fernandes Bezerra Neto. Coorientadora: Profa. Dra. Luciana Pena Mello Brandão.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre.
1. Ecologia. 2. Matéria Orgânica. 3. Sólidos Dissolvidos. 4. Fotodegradação. 5. Lagos. 6. Ciclo do Carbono. I. Bezerra Neto, José Fernandes. II. Brandão, Luciana Pena Mello. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. IV. Título.
- CDU: 502.7



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA, CONSERVAÇÃO E MANEJO DA VIDA SILVESTRE

FOLHA DE APROVAÇÃO

"Fatores que afetam a quantidade e qualidade da matéria orgânica dissolvida em lagos naturais tropicais no Médio Rio Doce"

Renata Cristina Henedino Amancio

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia 9 de dezembro de 2022, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

Doutor(a) Ludmila Silva Brighenti
(UEMG)

Doutor(a) André Megali Amado
(UFJF)

Doutor(a) José Fernandes Bezerra Neto
(Presidente da Banca)

Belo Horizonte, 9 de dezembro de 2022.

Assinaturas dos Membros da Banca



Documento assinado eletronicamente por **Jose Fernandes Bezerra Neto, Professor do Magistério Superior**, em 29/12/2022, às 10:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **André Megali Amado, Usuário Externo**, em 09/01/2023, às 14:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ludmila Silva Brighenti, Usuária Externa**, em 10/01/2023, às 15:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 1995259 e o código CRC DDC01780.

APOIO FINANCEIRO E INSTITUCIONAL

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -CAPES
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico –CNPq

Proc. nº478901/2013-5

Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração -PELD

Projeto COCLAKE-CAPES Proc. nº 88881.030499/2013-01

Instituto Estadual de Florestas – IEF Parque Estadual do Rio

Doce –PERD

DEDICATÓRIA

Sou uma, mas não sou só.

A todos aqueles que me fortaleceram durante este processo, ofereço-lhes este trabalho e a minha mais profunda gratidão.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho, apesar de dar a oportunidade de conceder um título somente a mim, definitivamente não seria possível se eu estivesse só. Portanto, gostaria primeiramente de agradecer ao meu orientador, Professor José Fernandes, que desde 2016 tem me acolhido com carinho em seu laboratório e à minha coorientadora, Dra. Luciana Brandão. Zé, palavras não são suficientes para agradecer as oportunidades que você me proporcionou durante minha formação acadêmica. Se pessoas descrentes de que seus futuros sejam na academia vierem até mim, tudo o que eu poderia lhes desejar é que encontrassem mentores como vocês em seus percursos... Mentores que lhes deem oportunidades, tenham paciência com seus processos de aprendizagem, lhes façam sentir parte daquilo, os motivem a ser melhores a cada dia e, principalmente, sejam abertos a entender e a respeitar suas vivências. Zé, eu não tenho palavras para agradecer todo o conhecimento que me foi gentilmente cedido ao longo dos anos em seu laboratório. Lu, sem você e a sua orientação nada disso seria possível. Todo o conhecimento e toda vivência que eu obtive durante todos esses anos no laboratório abriram novas perspectivas de vida para mim e para a minha família, e por isso, eu sou eternamente grata.

Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado e pelo tempo adicional cedido frente às dificuldades enfrentadas pelo período de pandemia. Agradeço ao Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF – MG) e a administração do Parque Estadual do Rio Doce (PERD), pela contribuição importantíssima em meu aprendizado e de tantos outros pesquisadores brasileiros. Neste momento aproveito também para agradecer a todos os componentes da banca que prontamente se propuseram a melhorar este trabalho através de suas valiosas contribuições.

Ao Programa de pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, gostaria de parabenizar pelo ótimo trabalho de todos os técnicos, secretários e auxiliares durante esse período e por sua colocação frente às dificuldades geradas pela pandemia. Muito obrigada pelo empenho de todos, principalmente aos amados professores do departamento que, com muita boa vontade, se reinventaram e transmitiram conhecimento de qualidade mesmo em momentos tortuosos.

Gostaria de agradecer à toda equipe da minha segunda casa, o LIMNEA! Tive momentos inesquecíveis com cada um de vocês. Obrigada pela convivência maravilhosa que me proporcionaram, pela experiência acolhedora, por todos os risos, conhecimentos e pelo companheirismo... desejo a vocês

tudo de melhor desse mundo! Nominalmente, gostaria de expressar a minha gratidão à Marina, Elisa e Carlos não só pelos ótimos momentos em nossa convivência no laboratório, mas também por todo o apoio e suporte que vocês me ofereceram durante a pandemia e continuam oferecendo. Vocês são excepcionais! À Anelise, eu gostaria de agradecer em especial. Muito obrigada por estar sempre presente, pelos conselhos, por ser minha confidente e por acreditar em mim a todo momento.

Ofereço também os meus mais sinceros agradecimentos ao Diego Pujoni e à Debora Dutra, duas pessoas que foram essenciais para a execução deste trabalho, onde prontamente transmitiram seus conhecimentos com muita dedicação e carinho, tornando possível a execução deste trabalho. Neste âmbito, também gostaria de agradecer imensamente à Dra. Laura Gagliardi, responsável pela aquisição dos dados *in situ* coletados nos anos de 2012 e 2013, que foram obtidos através de muito esforço e um trabalho de equipe excepcional, e possibilitaram a elaboração desta dissertação em um momento tão complexo para os pesquisadores brasileiros, frente à pandemia de Covid-19.

Não menos importante, agradeço também aos meus amigos e parentes pelo apoio. À minha mãe e ao meu pai, pelo suporte e educação concedidos em casa. À Thaís, minha irmã, por ser minha fiel companheira e trazer até mim palavras de conforto e novas perspectivas nos momentos difíceis. Ao Alessandro e à sua família por todo amor, acolhimento e cuidado comigo nos momentos mais necessários. À minha avó que sempre foi o meu suporte e é a razão de eu poder realizar este trabalho... sem o apoio e o amor de vocês nada disso seria possível.

Por fim, adoraria que fosse possível agradecer nominalmente a todos que me ajudaram de todas as formas imagináveis, confiaram e torceram por mim, para que tudo tenha acontecido dessa forma. Então aqui gostaria de agradecer coletivamente a todos aqueles que através da coleta de dados, da disponibilização de informações, transmissão de conhecimentos, caronas, almoços, palavras amigas, pensamentos positivos e até através da fé me ajudaram a concluir mais essa etapa. Muito obrigada!

RESUMO

A matéria orgânica dissolvida (DOM) é amplamente encontrada em rios e lagos e é a maior fração da matéria orgânica (MO) em águas naturais. É um componente químico importante e ativo nos ecossistemas terrestres e aquáticos, desempenhando um importante papel no ciclo biogeoquímico de elementos, como carbono, nitrogênio e fósforo. As fontes da DOM em lagos podem ser classificadas de acordo com sua origem (autóctone ou alóctone), onde apresentam características ópticas e biodisponibilidade distintas. Dessa forma, a quantidade e a qualidade da DOM afetam diferentemente o metabolismo de ecossistemas aquáticos, uma vez que é determinada por fatores ambientais (morfométricos e climáticos), que são frequentemente afetados por distúrbios antrópicos. Apesar do crescente entendimento sobre a ciclagem do carbono em regiões temperadas, o nosso entendimento a respeito da modulação e o processamento da MO em áreas tropicais ainda é escasso. Desta forma, trabalho procurou responder se: 1) existe variação entre a quantidade e a qualidade da matéria orgânica dissolvida entre as lagoas e; 2) quais são os principais fatores capazes de modular as variações observadas na qualidade e na quantidade da DOM em lagos tropicais. Foi possível observar grande variação na quantidade de carbono orgânico dissolvido (DOC) e na qualidade da DOM nos ambientes avaliados, no qual lagos inseridos na mesma matriz (Mata Atlântica), com características morfométricas e concentrações de DOC similares apresentaram diferenças significativas na qualidade do carbono encontrado. A concentração de DOC, o índice de aromaticidade ($SUVA_{254}$) e a matéria orgânica dissolvida colorida (CDOM)(coeficiente de absorção UV- $CDOM_{254}$) dessas moléculas foram influenciados positivamente por parâmetros relativos à bacia de drenagem, enquanto o ângulo espectral ($S_{275-295}$) e a razão espectral (S_R) foram correlacionados com os parâmetros físicos e químicos. Visto a grande importância da entrada de matéria orgânica alóctone na absorção de radiação e, conseqüentemente, no metabolismo de lagos tropicais, o entendimento de seus principais moduladores oferece subsídios para o reforço de estratégias de conservação de ambientes aquáticos, além de gerar implicações importantes para o entendimento do processamento do carbono em lagos tropicais.

Palavras-chave: matéria orgânica dissolvida (DOM), matéria orgânica dissolvida colorida (CDOM), fotodegradação, lagos tropicais, ciclo do carbono.

ABSTRACT

Dissolved organic matter (DOM) is widely found in rivers and lakes and is considered the largest pool of organic matter (OM) that occurs in natural waters. It is an essential and active chemical component in terrestrial and aquatic ecosystems. It plays a vital role in the biogeochemical cycle of elements such as carbon, nitrogen and phosphorus. DOM sources in lakes can be classified according to their origin (autochthonous or allochthonous), where they have distinct optical characteristics and bioavailability. Thus, the quantity and quality of DOM affect the metabolism of aquatic ecosystems differently since it is determined by environmental factors (morphometric and climatic), which are often affected by anthropic disturbances. Despite the growing understanding of carbon cycling in temperate regions, our understanding of OM modulation and processing in tropical areas is still scarce. Thus, the objective of this work was 1) to evaluate the quantity and quality of organic matter in twelve tropical lakes inserted in different matrices (Atlantic Forest, forestry and pasture) within the lake system of the Médio Rio Doce (MG); and 2) identify the main factors responsible for the regional variation in the quantity and quality of DOM. It was possible to observe significant variation in the amount of dissolved organic carbon (DOC) and in the quality of DOM in the evaluated lakes, in which lakes inserted in the same matrix (Atlantic Forest), with similar morphometric characteristics and concentrations of DOC showed significant differences in the quality of carbon found. The DOC concentration, the aromaticity index (SUVA) and the Colored dissolved organic matter (CDOM₂₅₄) of these molecules were positively influenced by parameters related to the drainage basin. On the other hand, the spectral slope (S₂₇₅₋₂₉₅) and slope ratio (S_R) were correlated with physical and chemical parameters. Considering the great importance of the entry of allochthonous organic matter in the absorption of light and, consequently, in the metabolism of tropical lakes, the understanding of its main modulators offers subsidies for the reinforcement of strategies for the conservation of aquatic environments, in addition to generating important implications for the understanding of carbon processing in tropical lakes.

Key-words: dissolved organic matter (DOM), colored dissolved organic carbon (CDOM), photodegradation, tropical lakes, carbon cycle.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO..... | 12 |
| INTRODUÇÃO GERAL | 13 |
| Histórico do termo DOM e suas classificações | 13 |
| Frações da Matéria Orgânica e suas características..... | 15 |
| Índices de DOM e sua aplicabilidade | 17 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 19 |
| Fatores que afetam a variação regional da quantidade e qualidade da matéria orgânica dissolvida em lagos tropicais no Médio Rio Doce | 23 |
| Resumo | 23 |
| Introdução | 24 |
| Materiais e Métodos | 26 |
| Local de estudo..... | 26 |
| Coleta de Dados..... | 28 |
| Resultados | 34 |
| Variação da matéria orgânica dissolvida entre lagos e demais parâmetros avaliados..... | 34 |
| Fatores que influenciam a DOM nos lagos estudados..... | 38 |
| Discussão | 42 |
| Quantidade e qualidade da DOM em lagos tropicais | 42 |
| Conclusões | 46 |
| Declaração de Conflitos de Interesses..... | 46 |
| Referências Bibliográficas | 47 |
| MATERIAL SUPLEMENTAR | 51 |

APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A estrutura da dissertação foi organizada conforme descrito nos seguintes tópicos:

- ***Introdução geral:*** possui como objetivo contextualizar historicamente o desenvolvimento da ideia de matéria orgânica dissolvida (DOM), assim como de revisar os conceitos ecológicos a ele relacionados e suas aplicações.

- ***Fatores que afetam a variação regional da quantidade e qualidade da matéria orgânica dissolvida em lagos tropicais no Médio Rio Doce:*** procura verificar possíveis características morfométricas e ambientais responsáveis pela variação regional da quantidade e da qualidade de DOM em lagos tropicais.

Esta dissertação foi escrita durante os anos de pandemia da COVID-19, desta forma, os dados *in situ* utilizados para análise foram obtidos através do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração - PELD e pelo Projeto COCLAKE-CAPES Proc. nº 88881.030499/2013-01, coletados entre os anos de 2012 e 2013 pela Dra. Laura Gagliardi e pelos diversos pesquisadores do LIMNEA atuantes neste período, com o intuito de verificar alterações no metabolismo dos lagos frente às baixas pluviosidades observadas nestes anos. Desta forma, neste trabalho analisamos os dados já coletados na intenção de complementar as pesquisas realizadas nestes locais, a partir da identificação de fontes de contribuição de carbono orgânico para os lagos e de *drivers* de seu processamento, visto a grande importância da DOM na ecologia desses ambientes.

INTRODUÇÃO GERAL

Histórico do termo DOM e suas classificações

O conceito de matéria orgânica dissolvida (DOM, do inglês *dissolved organic matter*) foi discutido inicialmente na teoria sobre a dinâmica trófica, nomeada como “OOZE” por Lindeman em 1942. Inicialmente a DOM seria resultado do ambiente “não-vivo”, formado através da morte de organismos e rapidamente utilizado pelas bactérias como fonte energética na produção de matéria inorgânica que é incorporada por organismos fotossintéticos (**Figura 1 -A**) (Aitkenhead-Peterson; McDowell; Neff, 2003). Atualmente, DOM é a nomenclatura que damos para um amplo conjunto de biomoléculas compostas por açúcares, proteínas, ácidos carboxílicos e substâncias húmicas que são encontrados na forma dissolvida ou coloidal (Zhang et al. 2010). Em ambientes aquáticos a matéria orgânica (MO) é encontrada principalmente nessa forma, o que faz com que a DOM seja um componente muito importante no ciclo de carbono global (Findlay & Sinsabaugh, 2003). Além disso, a DOM também pode ser classificada por sua origem, podendo ser alóctone, geralmente composta de carbono orgânico, nitrogênio, fósforo e enxofre derivados do ecossistema terrestre presente na bacia de drenagem, ou de origem autóctone, sendo sintetizados por cianobactérias, fitoplâncton, bactérias heterotróficas e macrófitas ou liberados na coluna d’água por lise celular, exsudação e excreção, como resultantes de pastoreio e alimentação superficial. (Castillo et al., 2010; Seymour et al., 2017).

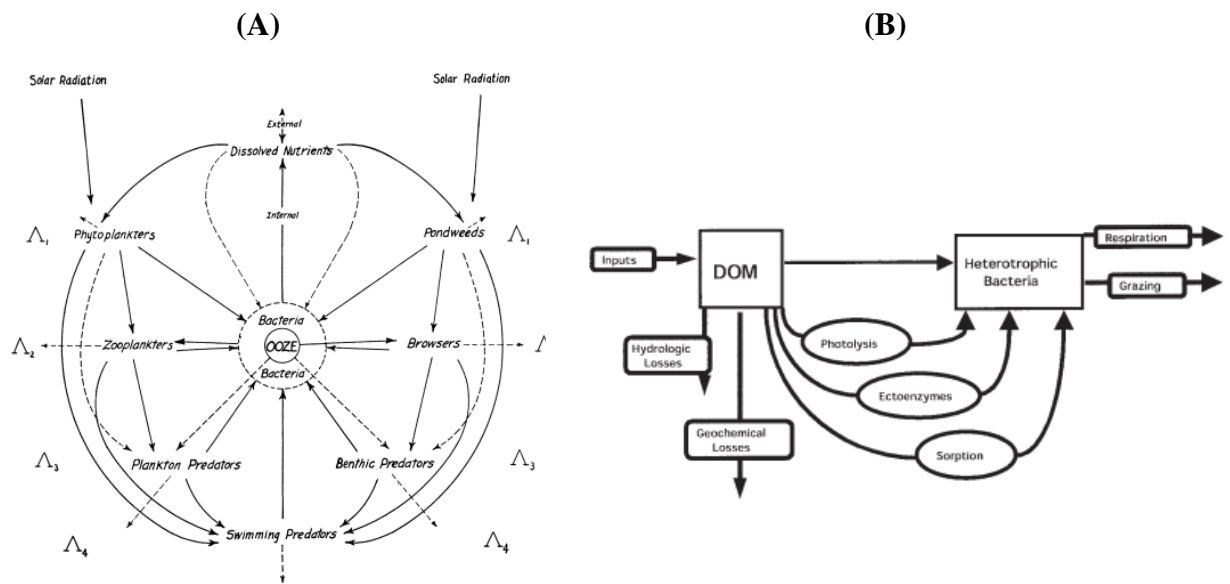


Figura 1- (A) Modelo da dinâmica trófica proposta por Lindeman, em 1942. (B) Modelo conceitual de processamento de DOM em ambientes aquáticos. Fonte: FINDLAY & SINSABAUGH, 2003.

A importância e as interações dos diferentes tipos de DOM em ecossistemas aquáticos dependem intrinsecamente do sistema avaliado. Em águas interiores, é comum observar proporções muito maiores de DOM alóctone em detrimento do DOM autóctone, devido aos processos de transporte de MO para dentro dos ecossistemas aquáticos por escoamento superficial (Aitkenhead-Peterson; McDowell; Neff, 2003).

De forma geral, os ecossistemas aquáticos eram considerados exclusivamente como condutores do carbono terrestre para o mar. Atualmente se reconhece que, juntamente com a atmosfera e os oceanos, os ecossistemas aquáticos continentais representam *hotspots* ativos de carbono, capazes de armazenar, processar e emitir quantidades de carbono desproporcionais à sua área de ocupação global (**Figura 2**) (Tranvik et al., 2009; Raymond et al., 2013; Tömming et al., 2020).

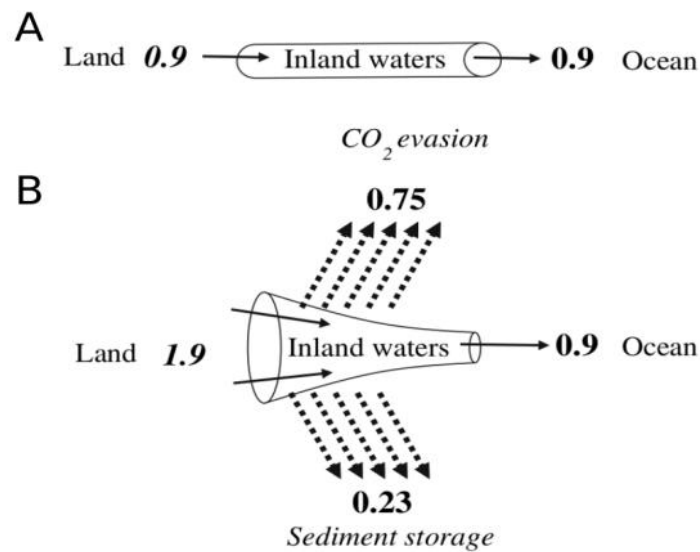


Figura 2 - Esquema simplificado do equilíbrio global de Carbono. (A) Ecosistemas aquáticos continentais vistos como "tubo" de transporte de carbono e (B) visão contemporânea, reconhecendo as águas interiores como componentes ativos do ciclo de carbono. Valores estão em Pg. C. ano⁻¹. Fonte: COLE et al., 2007.

Frações da Matéria Orgânica e suas características

A matéria orgânica encontrada em ambientes aquáticos pode ser, de forma operacional, dividida em matéria orgânica dissolvida (DOM) e matéria orgânica particulada (POM, do inglês *particulate organic matter*) baseadas nos tamanhos de suas moléculas. Dessa forma, a POM é composta de moléculas complexas e orgânicas, no qual se incluem fitoplâncton, células bacterianas, detritos, proteínas, lipídeos e carboidratos - com tamanho acima de 0,7 μm (He et al., 2016). Enquanto a DOM é um conjunto de biomoléculas compostos por açúcares, proteínas, ácidos carboxílicos e substâncias húmicas que são encontrados na forma dissolvida ou coloidal (menores que 0,7 μm), geralmente produtos da dissolução de gases da atmosfera dissolvida e de metabólitos primários e secundários de microrganismos (Hawkes et al., 2018). A DOM é a principal forma na qual o carbono se encontra em lagos e são compostos responsáveis pela manutenção dos ciclos biogeoquímicos do carbono, nitrogênio e fósforo (Coble et al., 2014), entre outros (Aitkenhead-Peterson; McDowell; Neff, 2003). No ciclo do nitrogênio, A DOM atua em conjunto com o ferro e oxigênio como fator limitante para o processo de fixação de N₂ realizado por organismos fixadores (Landolfi et al., 2013). Já no ciclo do fósforo, a DOM é resultado da disponibilidade de fatores limitantes da produção primária, como o fósforo inorgânico dissolvido e o fósforo orgânico

dissolvido, uma vez que as concentrações destes compostos afetam a assimilação de carbono e sua consecutiva mineralização através da respiração (Esteves, 2011).

Uma parte da DOM caracteriza-se pela presença de cromóforos. Esses compostos são capazes de absorver radiação ultravioleta e visível, denominando essa fração de DOM como matéria orgânica dissolvida cromofórica ou colorida (CDOM, do inglês *coloured dissolved organic matter*) (Coble, 2007). Assim, lagos com altos valores de CDOM normalmente apresentam uma camada de mistura relativamente rasa e o hipolímnio mais frio em relação aos lagos de baixos valores de CDOM (Persson & Jones, 2008). Em sistemas que apresentam alta concentração de CDOM, a atenuação da luz pode impactar a produtividade primária, reduzindo a produção de algas bentônicas, sombreando o fitoplâncton (Karlsson et al., 2009) e, conseqüentemente alterando a dinâmica de oxigênio no hipolímnio (Cole et al., 2011; Karlsson et al., 2012). A absorção da luz causada pelos cromóforos da DOM ocasiona a muitos corpos d'água uma tonalidade marrom e absorve fortemente radiação ultravioleta (UV) e fotossintética ativa (PAR, do inglês *Photosynthetically active radiation*) (Morris et al., 1995). Ao absorver radiação, a DOM também influencia na distribuição vertical do calor dentro da coluna de água em lagos rasos. Dessa forma, os impactos do CDOM na produção primária podem ter conseqüências para toda a cadeia alimentar, resultando na redução da biomassa de algumas espécies de peixes em lagos com grandes concentrações da DOM (Finstad et al., 2014) (**Figura 3**).

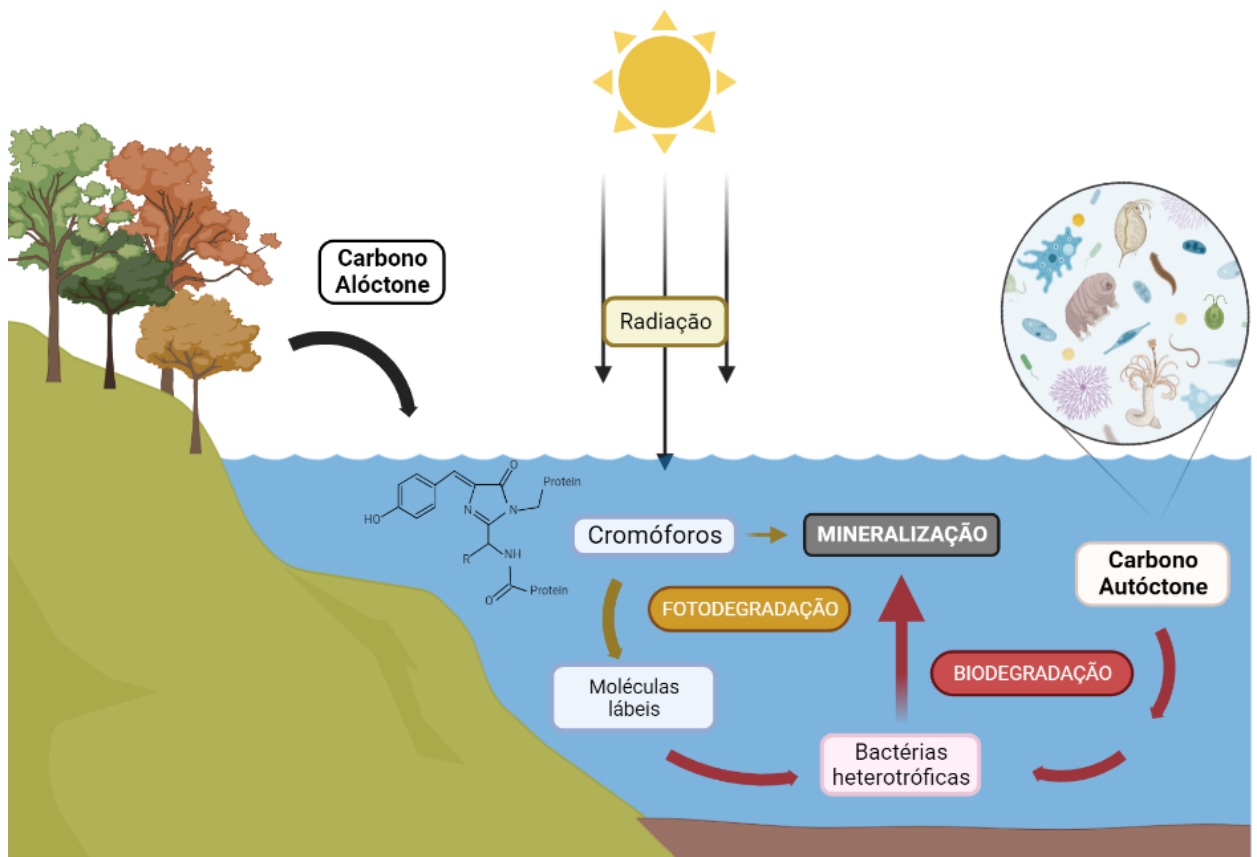


Figura 3- Esquema representando as fontes de matéria orgânica nos ambientes aquáticos e seu processamento. Setas em vermelho indicam o processo de Biodegradação, enquanto setas em amarelo indicam a fotodegradação da DOM.

Índices de DOM e sua aplicabilidade

A qualidade da DOM pode ser caracterizada de várias maneiras diferentes. Devido a propriedade cromofórica do CDOM, métodos que utilizam características ópticas fornecem um dos meios mais relevantes tanto para caracterizar fontes de DOM, quanto para potenciais impactos em sistemas aquáticos. Dessa forma, para extrair informações sobre as propriedades do CDOM, vários parâmetros, principalmente índices de absorção, foram definidos. (Amaral et al., 2016; Hansen et al., 2016)

A absorvância na frequência de 254 nm ($CDOM_{254}$) é considerada um índice de CDOM que indica absorção de radiação ultravioleta (UV) enquanto a absorvância específica de DOC ($SUVA_{254}$) está altamente correlacionada com o grau de aromaticidade do *pool* de DOM (Weishaar et al., 2003). Esta maior aromaticidade de DOM atribui características recalcitrantes ao mesmo e,

por isso, apresenta baixa disponibilidade biológica para comunidades microbianas (McKnight et al., 2003; Anésio et al., 2005). Além disso, as características espectrais da absorvância da DOM são capazes de fornecer informações ecológicas importantes sobre a bioquímica do *pool* de MO nesses ambientes. Por exemplo, a inclinação espectral $S_{275-295}$ é uma medida da inclinação da absorvância da amostra nos comprimentos de onda de 275 nm a 295 nm e está inversamente relacionada ao peso molecular médio do DOM (Fichot & Benner, 2012). Este carbono de baixo peso molecular representa uma fonte de energia lábil, ou seja, que pode ser prontamente utilizada por bactérias e pode estimular a heterotrofia líquida em lagos (Berggren et al., 2010; Solomon et al., 2013).

A razão espectral S_R (do inglês, *spectral slope ratio*) é a razão entre as inclinações espectrais $S_{275-295}$ e $S_{350-400}$, no qual o resultado dessa razão é inversamente relacionado ao peso molecular (Helms et al., 2008). Em contraste com a matéria orgânica aromática de alto peso molecular e menos biodisponível, aminoácidos de baixo peso molecular altamente lábeis, polissacarídeos, lipídios, proteínas e carboidratos são tipicamente derivados de fonte autóctone, originados de produtores primários aquáticos (McDonald et al., 2004; Helms et al., 2008).

Quadro 1- Descrição das métricas utilizadas neste manuscrito

| Métrica | Indicador | Detalhes |
|----------------|---|--|
| S_R | Tamanho molecular médio (qualidade do DOM) | S_R é a razão da inclinação espectral em 275-295 nm dividida pela inclinação espectral em 350-400nm. (Helms et al., 2008). |
| $S_{275-295}$ | Tamanho molecular médio (qualidade do DOM) | $S_{275-295}$ é a inclinação espectral entre os comprimentos de onda 275-295 nm. Aumenta com o fotobranqueamento. Valores baixos de $S_{275-295}$ estão associados à DOM de origem terrestre (Helms et al., 2008). |
| $CDOM_{254}$ | Absorção de radiação ultravioleta (UV) | $CDOM_{254}$ indica o coeficiente de absorção de CDOM para radiação UV. |

| | | |
|---------------------|--|---|
| | (qualidade do DOM) | |
| SUVA ₂₅₄ | Aromaticidade (qualidade do DOM) | SUVA ₂₅₄ é a razão entre a absorvância a 254 nm e a concentração de DOC. Apresenta forte correlação com aromaticidade ($r^2 > 0.97$) (Weishaar et al., 2003). Maiores valores SUVA ₂₅₄ estão diretamente relacionados à matéria orgânica alóctone (Cory & McKnight, 2005). |
| DOC | Concentração de carbono orgânico dissolvido (quantidade de DOM) | Medida de quantificação de carbono dada em mg/L. |

Quando analisadas em conjunto, essas métricas ópticas podem fornecer uma grande quantidade de informações sobre a composição, fonte e até mesmo sobre o grau de degradação da DOM em lagos, permitindo inferir sobre os processos biogeoquímicos que acontecem em ambientes aquáticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITKENHEAD-PETERSON, Jacqueline A.; MCDOWELL, William H.; NEFF, Jason C. Sources, production, and regulation of allochthonous dissolved organic matter inputs to surface waters. In: Aquatic ecosystems. Academic Press, p. 25-70, 2003.

AMARAL, Valentina et al. Strong linkages between DOM optical properties and main clades of aquatic bacteria. *Limnology and Oceanography*, v. 61, n. 3, p. 906-918, 2016.

ANESIO, Alexandre M. et al. Effect of humic substance photodegradation on bacterial growth and respiration in lake water. *Applied and environmental microbiology*, v. 71, n. 10, p. 6267-6275, 2005.

BERGGREN, Martin et al. Lake secondary production fueled by rapid transfer of low molecular

weight organic carbon from terrestrial sources to aquatic consumers. *Ecology Letters*, v. 13, n. 7, p. 870-880, 2010.

CASTILLO, Cristina Romera et al. Production of chromophoric dissolved organic matter by marine phytoplankton. *Limnology and Oceanography*, v. 55, n. 1, p. 446-454, 2010.

COBLE, Paula G. et al. (Ed.). *Aquatic organic matter fluorescence*. Cambridge University Press, 2014.

COBLE, Paula G. *Marine optical biogeochemistry: the chemistry of ocean color*. *Chemical reviews*, v. 107, n. 2, p. 402-418, 2007.

COLE, Jonathan J. et al. Plumbing the global carbon cycle: integrating inland waters into the terrestrial carbon budget. *Ecosystems*, v. 10, n. 1, p. 172-185, 2007.

COLE, Jonathan J. et al. Strong evidence for terrestrial support of zooplankton in small lakes based on stable isotopes of carbon, nitrogen, and hydrogen. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 108, n. 5, p. 1975-1980, 2011.

CORY, Rose M.; MCKNIGHT, Diane M. Fluorescence spectroscopy reveals ubiquitous presence of oxidized and reduced quinones in dissolved organic matter. *Environmental science & technology*, v. 39, n. 21, p. 8142-8149, 2005.

ESTEVEZ, F. 2011. *Fundamentos de Limnologia*. 3a. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

FICHOT, Cédric G.; BENNER, Ronald. The spectral slope coefficient of chromophoric dissolved organic matter (S_{275–295}) as a tracer of terrigenous dissolved organic carbon in river-influenced ocean margins. *Limnology and Oceanography*, v. 57, n. 5, p. 1453-1466, 2012.

FINDLAY, Stuart EG et al. Metabolic and structural response of hyporheic microbial communities to variations in supply of dissolved organic matter. *Limnology and oceanography*, v. 48, n. 4, p. 1608-1617, 2003.

FINSTAD, Anders G. et al. Unimodal response of fish yield to dissolved organic carbon. *Ecology letters*, v. 17, n. 1, p. 36-43, 2014.

HANSEN, Angela M. et al. Optical properties of dissolved organic matter (DOM): Effects of biological and photolytic degradation. *Limnology and oceanography*, v. 61, n. 3, p. 1015-1032, 2016.

HAWKES, Jeffrey A. et al. Extreme isomeric complexity of dissolved organic matter found across aquatic environments. *Limnology and Oceanography Letters*, v. 3, n. 2, p. 21-30, 2018.

HE, Wei et al. Dynamic exchanges between DOM and POM pools in coastal and inland aquatic ecosystems: A review. *Science of the Total Environment*, v. 551, p. 415-428, 2016.

HELMS, John R. et al. Absorption spectral slopes and slope ratios as indicators of molecular weight, source, and photobleaching of chromophoric dissolved organic matter. *Limnology and oceanography*, v. 53, n. 3, p. 955-969, 2008.

HERTKORN, Norbert et al. Characterization of a major refractory component of marine dissolved organic matter. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 70, n. 12, p. 2990-3010, 2006.

KARLSSON, Jan et al. Light limitation of nutrient-poor lake ecosystems. *Nature*, v. 460, n. 7254, p. 506-509, 2009.

KARLSSON, Jan et al. Terrestrial organic matter support of lake food webs: Evidence from lake metabolism and stable hydrogen isotopes of consumers. *Limnology and Oceanography*, v. 57, n. 4, p. 1042-1048, 2012.

LANDOLFI, Angela et al. Overlooked runaway feedback in the marine nitrogen cycle: the vicious cycle. *Biogeosciences*, v. 10, n. 3, p. 1351-1363, 2013.

LINDEMAN, Raymond L. The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology*, v. 23, n. 4, p. 399-417, 1942.

MCDONALD, Suzanne et al. Analytical chemistry of freshwater humic substances. *Analytica Chimica Acta*, v. 527, n. 2, p. 105-124, 2004.

MCKNIGHT, D. M.; HOOD, E.; KLAPPER, L. Trace organic moieties of dissolved organic material in natural waters. In: *Aquatic ecosystems*. Academic Press. p. 71-96, 2003.

MORRIS, Donald P. et al. The attenuation of solar UV radiation in lakes and the role of dissolved

organic carbon. *Limnology and Oceanography*, v. 40, n. 8, p. 1381-1391, 1995.

PERSSON, Irina; JONES, Ian D. The effect of water colour on lake hydrodynamics: A modelling study. *Freshwater Biology*, v. 53, n. 12, p. 2345-2355, 2008.

RAYMOND, Peter A. et al. Global carbon dioxide emissions from inland waters. *Nature*, v. 503, n. 7476, p. 355-359, 2013.

ROSE, Kevin C. et al. Does allochthony in lakes change across an elevation gradient?. *Ecology*, v. 96, n. 12, p. 3281-3291, 2015.

SEYMOUR, Justin R. et al. Zooming in on the phycosphere: the ecological interface for phytoplankton–bacteria relationships. *Nature microbiology*, v. 2, n. 7, p. 1-12, 2017.

SOLOMON, Christopher T. et al. Ecosystem respiration: drivers of daily variability and background respiration in lakes around the globe. *Limnology and Oceanography*, v. 58, n. 3, p. 849-866, 2013.

TOMING, Kaire et al. Predicting lake dissolved organic carbon at a global scale. *Scientific reports*, v. 10, n. 1, p. 1-8, 2020.

WEISHAAR, James L. et al. Evaluation of specific ultraviolet absorbance as an indicator of the chemical composition and reactivity of dissolved organic carbon. *Environmental science & technology*, v. 37, n. 20, p. 4702-4708, 2003.

WETZEL, Robert G. Dissolved organic carbon: detrital energetics, metabolic regulators, and drivers of ecosystem stability of aquatic ecosystems. In: *Aquatic Ecosystems*. Academic Press. p. 455-477, 2003.

ZHANG, Jan et al. Long-term patterns of dissolved organic carbon in lakes across eastern Canada: Evidence of a pronounced climate effect. *Limnology and Oceanography*, v. 55, n. 1, p. 30-42, 2010.

Fatores que afetam a variação regional da quantidade e qualidade da matéria orgânica dissolvida em lagos tropicais no Médio Rio Doce

Renata Cristina Henedino Amancio*¹, Luciana Pena Mello Brandão¹, Débora Joana Dutra ², Laura Martins Gagliardi¹ e José Fernandes Bezerra-Neto¹

¹Laboratório de Limnologia, Ecotoxicologia e Ecologia Aquática (LIMNEA), Instituto de Ciências Biológicas (ICB), Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos 6627, CP 627, 31270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.

² Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), Estrada Dr. Altino Bondesan 500 - Distrito de Eugênio de Melo, CEP 12247-016, São José dos Campos, São Paulo, Brazil.

* Corresponding author: renatacha@ufmg.com

Resumo

Este estudo tem como objetivo identificar os principais fatores responsáveis pela modulação da quantidade e da qualidade da matéria orgânica dissolvida (DOM) em doze lagos tropicais, inseridos em diferentes matrizes (Mata Atlântica, silvicultura e pasto) dentro do sistema lacustre do Médio Rio Doce (MG). Para isso, avaliamos características relativas à bacia de drenagem, características morfométricas e físico-químicas. Encontramos grande variação na quantidade de carbono orgânico dissolvido (DOC) e na qualidade da DOM entre os lagos, incluindo entre lagos inseridos na mesma matriz e com características morfométricas similares. A concentração de DOC, o índice de aromaticidade ($SUVA_{254}$) e o índice de absorção UV ($CDOM_{254}$) foram influenciados positivamente por parâmetros relativos à bacia de drenagem, enquanto a inclinação espectral ($S_{275-295}$) e a razão espectral (S_R) foram correlacionados com os parâmetros físicos e químicos. Visto a grande importância da DOM na absorção de radiação solar e no metabolismo de lagos tropicais, o entendimento de seus principais moduladores oferece subsídios para o reforço de estratégias de conservação de ambientes aquáticos, além de gerar implicações importantes para o entendimento do processamento do carbono em lagos tropicais.

Palavras-chave: Matéria Orgânica Dissolvida (DOM), Carbono orgânico dissolvido colorido (CDOM), Fotodegradação, Lagos tropicais, Ciclo do carbono.

Introdução

A matéria orgânica dissolvida (DOM) é composta por uma mistura de diferentes biomoléculas menores que 0,7 μm de origem alóctone ou autóctone (Wetzel, 2001; Hawkes et al., 2018). A DOM autóctone é produzida principalmente a partir de produtores primários aquáticos (fitoplâncton, macrófitas), enquanto que a DOM alóctone é proveniente da bacia de drenagem do lago, geralmente carregada através do escoamento superficial. As distintas origens da DOM geram diferenças fundamentais em suas características ópticas e químicas, que são capazes de influenciar diretamente os mecanismos pelos quais é degradada (Bertilsson & Tranvik, 2000). A DOM alóctone, de uma maneira geral, apresenta maior peso molecular e compostos aromáticos (cromóforos) capazes de absorver radiação visível e ultravioleta (UV) e, dessa forma se encontra mais suscetível à fotodegradação (Amon e Benner, 1994; McKnight et al., 2001; Benner, 2002; Helms et al., 2008). Estes compostos são coletivamente nomeados de matéria orgânica dissolvida cromofórica ou colorida (CDOM) e são responsáveis pela cor marrom nos ambientes onde CDOM se encontra em alta concentração. A DOM autóctone, originária do fitoplâncton consiste principalmente em moléculas simples (carboidratos, proteínas, aminoácidos) de baixo peso molecular e é tipicamente mais lábil para a comunidade microbiana (Fontes et al., 2013). Devido às diferentes características das moléculas da DOM, sua interação com os processos físicos acontece tanto nas restrições do ambiente físico ao fornecimento, retenção e reatividade da DOM aquática, quanto em sua capacidade de afetar a biogeoquímica do sistema ao afetar a transparência e mediar a reatividade de nutrientes inorgânicos, metais, compostos tóxicos e enzimas (Sinsabaugh & Findlay, 2003). A importação maciça da DOM alóctone, típico de muitos lagos, afeta a estrutura trófica, podendo estimular a heterotrofia em lagos, enquanto a produção primária pode ser suprimida devido à grande atenuação de radiação solar na coluna d'água causada pelas substâncias húmicas (Souza & Pedrosa, 2019). As alterações na dinâmica da radiação subaquática influenciam todo o metabolismo aquático, podendo alterar a biogeoquímica do lago e, conseqüentemente, a distribuição de organismos aquáticos (Phillips, 2020; Boscarino et al., 2009).

Lagos são *hotspots* no processamento e no armazenamento de carbono e, apesar da baixa amostragem em lagos tropicais, as projeções atuais estimam que 729 Tg de carbono estejam armazenados em sistemas lacustres à níveis globais (Toming, et al. 2020). Tendo em vista a grande influência da DOM no ciclo de carbono e energia em ecossistemas lacustres, a identificação de fatores capazes de modular a concentração e a qualidade da DOM torna-se crítico para o

entendimento do funcionamento desses ambientes. Dada a grande interação entre os sistemas aquáticos e terrestres, e das características ópticas intrínsecas da DOM, a conformação da bacia de drenagem, assim como aspectos físicos são relatados como importantes fatores de modulação da DOM nesses ambientes. Especificamente, tais fatores podem ser: as propriedades físicas da bacia, características morfométricas do lago, propriedades climáticas, a taxa de produção autóctone dos lagos, e a mineralização biótica e abiótica do carbono (Toming, et al., 2020, Sobek, et al., 2007; Aitkenhead, et al., 1999; Hanson, et al., 2011; Creed et al., 2003 e 2008, Cory, RM & Kling, 2018; Obernosterer, I. & Benner, 2004). Todos esses fatores podem afetar de forma individual ou interativamente a quantidade e a qualidade da DOM que entra e é processada nesses sistemas. Devido à singularidade das influências nos moduladores de entrada de DOM nos lagos, é comum observar diferenças na dinâmica da DOM entre ambientes tropicais e temperados. Nos trópicos, a sazonalidade das chuvas tem se mostrado como principal modulador da DOM alóctone para os sistemas (Suhett et al., 2006), enquanto que em sistemas temperados, a dinâmica da DOM é mais afetada pelas bruscas alterações de temperatura (Olson, Fisher & Hayashi, 2022).

No Brasil existem diversos complexos lacustres e, devido à grande extensão territorial e consequente diversidade de usos do solo e aspectos climáticos, os ambientes aquáticos podem apresentar dinâmicas temporais de DOM distintas, apesar de grande parte dos estudos demonstrarem maior importância da DOM alóctone (Brandão et al., 2018; Paulo et al., 2011; Suhett et al., 2013). A entrada da DOM alóctone pode ser influenciada pela sazonalidade das chuvas através do escoamento superficial, ocorrendo de setembro a abril, ou está relacionada à pulsos hidrológicos capazes de elevar o nível da água e alagar florestas (Amado et al., 2006). O complexo lacustre do Médio Rio Doce é composto por aproximadamente 300 lagos naturais e é considerado o terceiro maior complexo lacustre do Brasil. Localizado em uma matriz heterogênea composta por fragmentos de Mata Atlântica preservados, cidades, pastos, silviculturas e mineração, muitos destes lagos sofrem pressões antrópicas constantes através do uso para abastecimento público, pesca e entretenimento, além de serem utilizados na agricultura, mineração e dessedentação de animais. Apesar de próximos, os lagos apresentam um amplo espectro de características de bacias de drenagem e distintas características morfométricas (Bezerra-Neto et al., 2008 e 2010). Diversos estudos demonstram importantes variações na dinâmica de DOM entre lagos deste complexo lacustre (Bezerra-Neto et al., 2019, Brandão et al., 2018 e 2021; Gagliardi et al., 2019; Tadeu et al., 2021, Brighenti et al., 2015 e 2018).

A partir da importância dos lagos nesta região e das discussões sobre a influência do uso do solo na modulação de DOM em lagos, este trabalho procurou responder se: 1) existe variação entre a quantidade e a qualidade da matéria orgânica dissolvida entre as lagoas e; 2) quais são os principais fatores capazes de modular as variações observadas na qualidade e na quantidade da DOM em lagos tropicais. Nossa hipótese é que existem variações importantes da quantidade e da qualidade da DOM entre as lagoas avaliadas. Acreditamos que as características morfométricas das bacias e dos lagos (p/ ex.: a inclinação média das bacias de drenagem, profundidade média, porcentagem e tipo de cobertura vegetal no entorno dos lagos) apresentam maior relevância na modulação da quantidade e qualidade de DOM em lagos em escala regional, em detrimento das variáveis ambientais (como a transparência da água, pluviosidade, nutrientes, temperatura, dentre outros fatores), demonstrando a grande importância do gerenciamento do uso do solo nesses ambientes para a manutenção dos processos e dos serviços ecossistêmicos prestados por estes lagos para a população local.

Materiais e Métodos

Local de estudo

Este estudo foi realizado em 12 lagos naturais localizados no complexo lacustre da bacia do Médio Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. A região é o maior remanescente de Mata Atlântica do estado de Minas Gerais, representado no Parque Estadual do Rio Doce (PERD). Esta unidade de conservação possui cerca de 36.000 ha, dos quais 9,8% são ocupados por 50 dos quase 300 lagos que compõem o Sistema Lacustre do Médio Rio Doce. A vegetação típica desta região é a Mata Atlântica que atualmente está restrita à pequenos fragmentos. O clima da região é tropical semiúmido e usualmente dividido em duas estações principais. O verão, período quente e úmido (dezembro a abril, temperatura média = temperatura média = 25°) e o inverno caracterizado pela ausência de chuvas e com temperaturas amenas (junho a agosto). A precipitação máxima ocorre em dezembro (350mm) e a mínima em julho/agosto (10mm) (INMET, 2022). Dentre os lagos estudados, seis estão localizados no interior do Parque Estadual do Rio Doce (PERD). Os demais lagos estão localizados no entorno do PERD, caracterizado pela presença de silviculturas, pastos e pequenas cidades tendo diferentes formas de utilização pela população local (**Figura 1**).

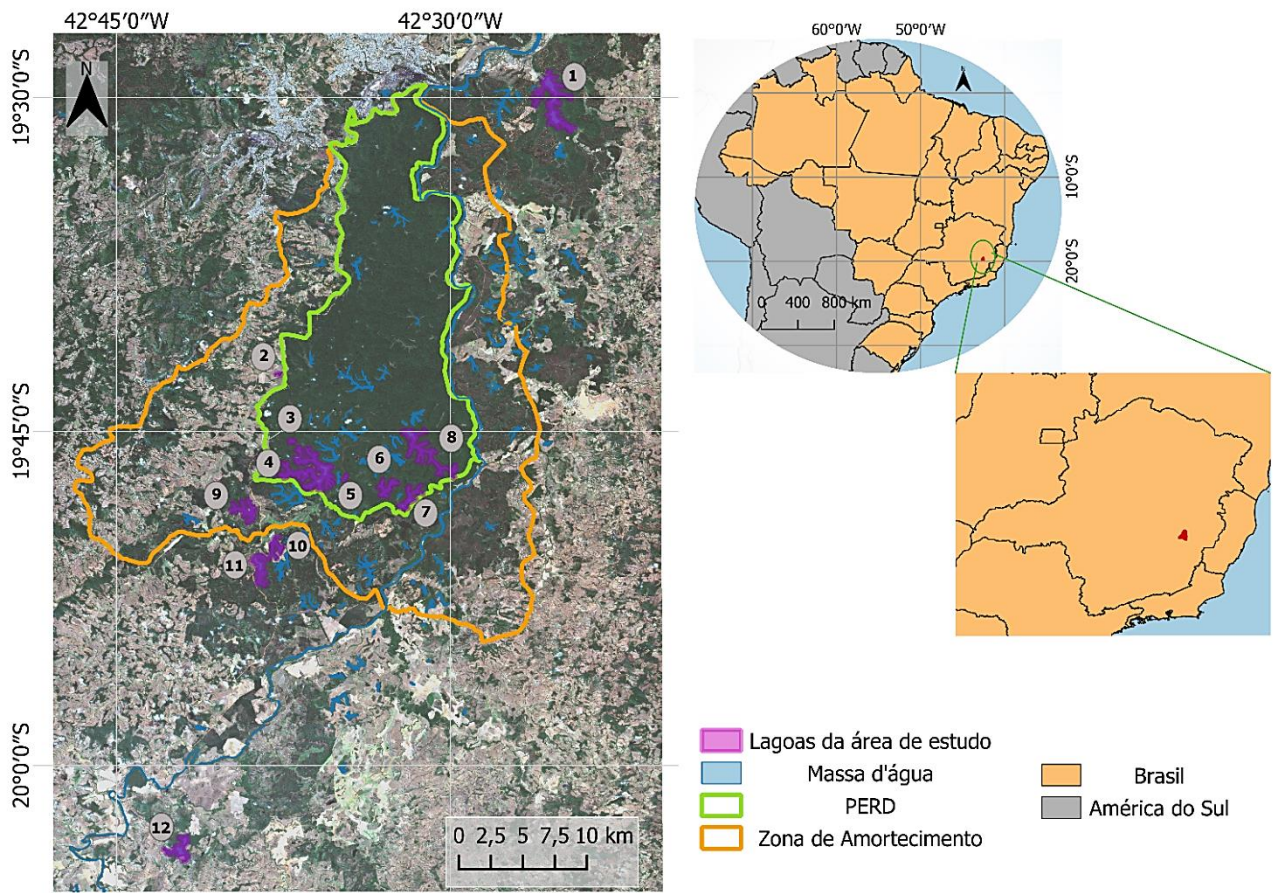


Figura 1 - Mapa da localização do Parque Estadual do Rio Doce, MG. Observamos os limites do PERD (em verde) e de sua zona de amortecimento (em laranja). É possível observar o complexo lacustre da região. As lagoas avaliadas neste estudo estão destacadas em roxo. 1-Lagoa Silvana (SIL), 2- Lagoa Benerrico (BEN), 3- Lagoa Carioca (CAR), 4- Lagoa Dom Helvécio (DH), 5- Lagoa Gambazinho (GAM), 6- Lagoa Santa Helena (STH), 7- Lagoa dos Patos (PAT), 8- Lagoa Aníbal (ANB), 9- Lagoa Jacaré (JAC), 10- Lagoa Verde (VER), 11- Lagoa Aguapé (AGU) e 12- Lagoa Grande (GRA).

As lagoas avaliadas neste estudo foram: Lagoa Aguapé (AGU), Aníbal (ANB), Benerrico (BEN), Carioca (CAR), Dom Helvécio (DH), Lagoa Grande (GRA), Jacaré (JAC), Lagoa dos Patos (PAT), Silvana (SIL), Lagoa Santa Helena (STH) e Lagoa Verde (VER). As coordenadas destes ambientes e suas utilizações pela população local estão na **Tabela 1**.

Tabela 1 - Localização e utilização das lagoas avaliadas.

| Lagoa | Coordenadas (UTM) | Utilização |
|--------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Aguapé | 23K 0746940 E / 7803515 S | Clube de pesca |
| Aníbal | 23K 0759753 E / 7812698 S | PERD* |
| Benerrico | 23K 0748361 E / 7819207 S | Dessedentação de animais |
| Carioca | 23K 0749570 E / 7813623 S | PERD* |
| Dom Helvécio | 23K 0752364 E / 7810799 S | PERD* |
| Gambazinho | 23K 0753614 E / 7810470 S | PERD* |
| Grande | 23K 0739689 E / 7770796 S | Recreação e Dessedentação de animais |
| Jacaré | 23K 0746306 E / 7807680 S | Clube de pesca |
| Patos | 23K 0758706 E / 7808630 S | PERD* |
| Silvana | 23K 0770640 E / 7839986 S | Recreação, navegação e pesca |
| Santa Helena | 23K 0756777 E / 7809267 S | PERD* |
| Verde | 23K 0747881 E / 7804849 S | Cultivo de Tilápia |

*PERD: Lagoas localizadas no interior do Parque Estadual do Rio Doce, com o objetivo de proteção ambiental.

Coleta de Dados

Dados Morfométricos

Alguns dos parâmetros morfométricos dos lagos estudados e as características de suas bacias foram adquiridas através de conjuntos de imagens SRTM, enquanto a cobertura do solo foi estimada a partir de imagens de satélite Landsat – 5. Ambos os conjuntos de imagens foram processados no software ArcGis, versões 10.3 e 9.3, respectivamente. A partir das imagens georreferenciadas foi possível obter a área superficial dos lagos (LA), o perímetro (L), a área das bacias de drenagem (DA), a declividade média das bacias e o fator de envolvimento (DR). Também se calculou desenvolvimento do perímetro (DP) dos lagos seguindo Von-Sperling (1999) e as

porcentagens das bacias de drenagem compostas por vegetação nativa (%NF) e áreas alteradas de formas antrópicas (%AA). Os parâmetros morfométricos secundários dos lagos (p. ex.: volume, profundidade média) foram retirados de cartas batimétricas (Gagliardi, dados não publicados) e dados de literatura (Bezerra-Neto & Pinto Coelho, 2008 e Bezerra-Neto et al., 2010). As características morfométricas dos lagos e das suas respectivas bacias de drenagem são apresentadas na **Tabela 2**. Os mapas referentes à área da bacia de drenagem de cada lago podem ser observados na **Figura S-1** de A até L (Material Suplementar).

Os dados climatológicos foram obtidos através da estação meteorológica A511, localizada no município de Timóteo (-19.5736, -42.6222), disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), onde foi possível obter dados de precipitação acumulada, calculada a partir do somatório da pluviosidade nos 30 dias antes da implementação e da retirada dos sensores.

Tabela 2 – Morfometria dos lagos e propriedades das bacias.

| | Lagos | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--|------------------------------|
| | Aguapé (AGU) | Aníbal (ANB) | Benerrico (BEN) | Carioca (CAR) | Dom Helvécio (DH) | Gambazinho (GAM) | Grande (GRA) | Jacaré (JAC) | Patos (PAT) | Silvana (SIL) | Sta. Helena (STH) | Verde (VER) |
| Entorno | Silvicultura | Mata Atlântica | Pasto | Mata Atlântica | Mata Atlântica | Mata Atlântica | Pasto | Silvicultura | Mata Atlântica | Silvicultura | Mata Atlântica | Silvicultura |
| Área do lago (Km ²) | 1.62 | 3.00 | 0.08 | 0.14 | 5.18 | 0.10 | 1.68 | 1.27 | 1.10 | 4.60 | 0.92 | 0.88 |
| Área da Bacia (Km ²) | 20.59 | 16.65 | 0.48 | 0.73 | 18.57 | 0.35 | 22.41 | 9.18 | 5.30 | 61.34 | 3.59 | 2.83 |
| Volume (x10 ⁶) | 5.14 | - | 0.27 | 0.67 | 59.40 | 0.51 | - | 4.23 | 4.65 | 19.70 | 5.38 | 7.97 |
| Área de bacia/ Volume (Km ² .m ⁻³) | 4.01 | - | 1.78 | 1.09 | 0.31 | 0.69 | - | 2.17 | 1.14 | 3.11 | 0.67 | 0.36 |
| Área de bacia/ Área do Lago (Km ²) | 12.71 | 5.55 | 6.00 | 5.41 | 3.58 | 3.50 | 13.34 | 7.23 | 4.82 | 13.33 | 3.90 | 3.22 |
| Desenvolvimento de Perímetro | 2.38 | 4.42 | 1.72 | 1.30 | 4.56 | 1.28 | 2.08 | 3.02 | 2.57 | 3.76 | 2.27 | 2.45 |
| Inclinação (%) | 11.90 | 10.00 | 5.65 | 9.80 | 9.52 | 8.83 | 13.13 | 12.20 | 10.65 | 11.88 | 9.90 | 7.36 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Perímetro (Km ²) | 10.80 | 27.35 | 1.74 | 1.70 | 37.03 | 1.45 | 9.64 | 12.14 | 9.62 | 28.81 | 7.77 | 8.21 |
| Profundidade média (m) | 3.17 | - | 3.38 | 4.96 | 11.47 | 5.10 | - | 3.33 | 4.23 | 4.28 | 5.85 | 9.06 |
| Profundidade máxima (m) | 9.14 | 10.00 | 7.87 | 11.80 | 39.20 | 10.30 | 11.35 | 9.38 | 10.38 | 14.29 | 9.74 | 23.25 |
| Floresta Natural (%) | 36.14 | 80.48 | 1.36 | 79.79 | 69.40 | 82.49 | 7.43 | 71.43 | 78.04 | 34.10 | 75.33 | 37.92 |
| Área Alterada (%) | 54.29 | - | 83.01 | 0.00 | 0.13 | 0.00 | - | 0.48 | 0.00 | 53.87 | 0.00 | 21.97 |

Implantação das Sondas de Medição Contínua e Coleta de amostras

As coletas de dados foram realizadas em três períodos, sendo dois períodos chuvosos (fevereiro e março dos anos de 2012 e 2013) e um período de seca (julho e agosto do ano de 2012). Foram montadas duas estações flutuantes equipadas com sensores de alta frequência que coletavam dados de irradiância na superfície (E0 – WE300, Global Water) e radiação subaquática e temperatura (ONSET - HOBO UA-002-64). Para obter um perfil de radiação subaquática, cinco sensores foram dispostos verticalmente ao longo da coluna d'água (subsuperfície, 1.5m, 2.5m, 3.5m e 5m). Cada estação foi implantada na região limnética de cada lago, medindo dados a cada 15 minutos por seis a dez dias. Após este período as estações foram retiradas, os dados coletados, as sondas limpas e recalibradas para posteriormente serem implantadas em outros dois lagos.

No dia de implantação e no dia de retirada das estações foram realizadas coletas de água a 0.5m de profundidade. Parte da água coletada foi imediatamente filtrada para análise de clorofila-a (Chl-a, do inglês *chlorophyll a*) (filtro Millipore com poro de 0.47 μm , fibra de vidro) onde os filtros foram congelados até a análise. As amostras de água também foram filtradas para análise de carbono orgânico dissolvido (DOC) e matéria orgânica dissolvida colorida (CDOM, filtro com poro de 0.22 μm , membrana Millipore). Essas amostras foram armazenadas em vidro âmbar (pré-lavado com ácido hidrocloreídrico a 10%) e mantidos refrigerados no escuro a 4°C. A medição da profundidade máxima da lagoa foi feita juntamente com o perfil vertical de temperatura, condutividade elétrica, pH e turbidez, no ponto central da lagoa utilizando uma sonda Hydrolab DS5.

Em laboratório, as amostras de Chl-a foram filtradas e a concentração foi obtida através da extração por acetona (90%) de acordo com APHA (2005). As concentrações de DOC foram obtidas pela oxidação catalítica a altas temperaturas utilizando o TOC Analyzer (Shimadzu Inc.).]

A absorvância do CDOM (250 a 700 nm, intervalo de 1nm) foi realizada em espectrofotômetro (UV-VIS Shimadzu) utilizando cubas de quartzo de 5 cm e água Milli-Q como referência (Helms et al. 2008).

Os coeficientes de absorção ($a(\lambda)$) foram derivados das medições de absorvância ($A(\lambda)$) de acordo com a equação:

$$a(\lambda)m^{-1} = 2.303A(\lambda)L^{-1}$$

onde L é o caminho óptico da cubeta (em metros). Os coeficientes de absorção foram corrigidos para retroespalhamento, subtraindo o valor do coeficiente a 700 nm. O coeficiente de absorção do carbono a 254 nm foi utilizado como índice de absorção na faixa da radiação ultravioleta (UV) e de compostos aromáticos e será retratado neste trabalho como $CDOM_{254}$ (Xu et al., 2017).

A inclinação espectral $S_{275-295}$ (nm^{-1}) foi calculada utilizando-se regressão linear dos coeficientes de absorbância log-transformados nos intervalos 275-295 nm. A razão espectral (S_R) foi calculada pela razão entre a inclinação espectral $S_{275-295}$ e a inclinação espectral $S_{350-400}$. A absorbância UV específica - SUVA ($mg\ C\ L^{-1}m^{-1}$) foi calculada dividindo-se a $CDOM_{254}$ (m^{-1}) pela concentração de DOC ($mg\ L^{-1}$) (Weishaar et al.2003).

Profundidade da camada de mistura e clima óptico

O K_{dPAR} foi calculado como a inclinação linear entre a profundidade e o logaritmo natural da radiação medida (Viana et al., 2021). As profundidades que recebiam 10% de luz foram estimadas a partir da profundidade de Secchi e a profundidade da Zona Eufótica (Zeu) foi estimada como a razão de $4,6/K_d$.

Os perfis verticais de temperatura ($^{\circ}C$) foram utilizados para calcular a profundidade da camada de mistura (Z_{MIX}) utilizando-se o software Lake Analyzer (Read et al., 2011). A disponibilidade média diária de Luz, E_{mean} , foi estimada segundo Staehr and Sand-Jensen (2007), que define:

$$E_{mean} = \frac{E_0 (1 - \beta)(1 - e^{-K_d * Z_{mix}})}{K_d * Z_{mix}}$$

onde, E_0 é a irradiância média diária ($mol\ fótons\ m^{-2}\ d^{-1}$), β é uma constante de reflexão e difusão superficial da luz igual a 0.1, K_d é a atenuação da luz e Z_{MIX} a profundidade da camada de mistura.

Análises Estatísticas

Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R (R Core Team, 2022). De maneira inicial, as análises foram realizadas levando em consideração o período de amostragem e,

uma vez que não foram observadas diferenças estatísticas entre os períodos, a avaliação conjunta dos dados foi realizada. Para observar as diferenças na quantidade e na qualidade da matéria orgânica dissolvida (DOM) entre os 12 lagos estudados utilizamos análise de variância (ANOVA) seguido de teste de post hoc (Tukey ou Dunn), utilizando o pacote emmeans (Lenth et al., 2022). A avaliação da normalidade de resíduos dos testes foi verificada através de Shapiro-Wilk. Para entender as relações entre a DOM encontrado e as características ambientais e morfométricas avaliadas, foi realizada uma análise exploratória, através da análise de componentes principais (PCA) com matriz de correlação, utilizando os parâmetros de qualidade e quantidade de DOM (DOC, CDOM₂₅₄, SUVA₂₅₄, S₂₇₅₋₂₉₅, S_R), Chl-a, Kd_{PAR}, profundidade média, fator de envolvimento (DR), volume (Vol), temperatura, pluviosidade, inclinação média da bacia, desenvolvimento de perímetro (DP), porcentagem de área natural (%NF), Z_{MIX}, a razão entre a área de drenagem e o volume dos lagos (DA/VOL) e a estabilidade da coluna d'água através de Brunt-Vaisala (BV). A partir das relações encontradas na PCA, foram realizados modelos mistos (LMER), onde os parâmetros foram escolhidos baseados em conhecimento prévio associado aos menores valores de AIC obtidos através de seleção automatizada de modelos e média de modelos, com limites de até cinco parâmetros explicativos para cada variável, adquiridos utilizando o pacote glmulti (Calcagno, 2020), com o objetivo de verificar as relações observadas. Para as principais relações observadas realizamos regressões lineares simples e múltiplas utilizando o pacote básico de estatística do R. Os gráficos foram realizados utilizando os softwares GraphPrism® e R.

Resultados

Variação da matéria orgânica dissolvida entre lagos e demais parâmetros avaliados

Os resultados brutos dos parâmetros químicos, biológicos e ópticos medidos de amostras de água dos diferentes lagos estão apresentados na **Tabela S-1** (Material Suplementar). Diferenças significativas nas concentrações de DOC foram observadas entre os lagos avaliados ($p < 0,001$). As concentrações de DOC nas lagoas amostradas variaram de um mínimo de 1,57 mg.L⁻¹ a um máximo de 10,49 mg.L⁻¹, com um valor médio de $5 \pm 1,85$ mg.L⁻¹. Neste período, a menor média de concentração de DOC foi encontrada em BEN ($1,99 \pm 0,29$), enquanto AGU obteve a maior média de concentração de DOC ($7,7 \pm 1,6$) (**Figura 2-A**).

Os valores de $CDOM_{254}$ encontrados na região variaram significativamente entre os lagos durante todo o período analisado ($p < 0,001$), apresentando coeficiente de absorção mínimos de $5,45 \text{ m}^{-1}$, máximos de $60,6 \text{ m}^{-1}$ e média de $6,61 \pm 14,19 \text{ m}^{-1}$ (**Figura 2-B**). O SUVA também apresentou diferenças significativas entre os lagos ($p < 0,001$), com valores médios de $3 \pm 1,36$ durante o período estudado, variando entre 1,26 e $7,89 \text{ m}^2.\text{mg.L}^{-1}$. Os maiores valores para ambos os parâmetros foram observados em PAT ($24,32 \pm 4,63 \text{ nm}$ para $CDOM_{254}$ e $4,69 \pm 1,89 \text{ m}^2.\text{mg.L}^{-1}$ para SUVA), enquanto GAM obteve as menores médias em ambos os índices, obtendo valores médios de $8,9 \pm 2,37 \text{ nm}$ para $CDOM_{254}$ e $2,19 \pm 0,77 \text{ m}^2.\text{mg.L}^{-1}$ para SUVA. As lagoas BEN ($8,06 \pm 1,32$), STH ($8,15 \pm 1,82$) e DH ($8,72 \pm 2,75$) também apresentaram valores similares a GAM para $CDOM_{254}$ (**Figura 2-C**).

A inclinação espectral $S_{275-295}$, também foi significativamente distinta entre os ambientes avaliados ($p < 0,001$), variando entre 0,016 e $0,031 \text{ m}^{-1}$, com média de $0,023 \text{ m}^{-1}$ nos lagos estudados.

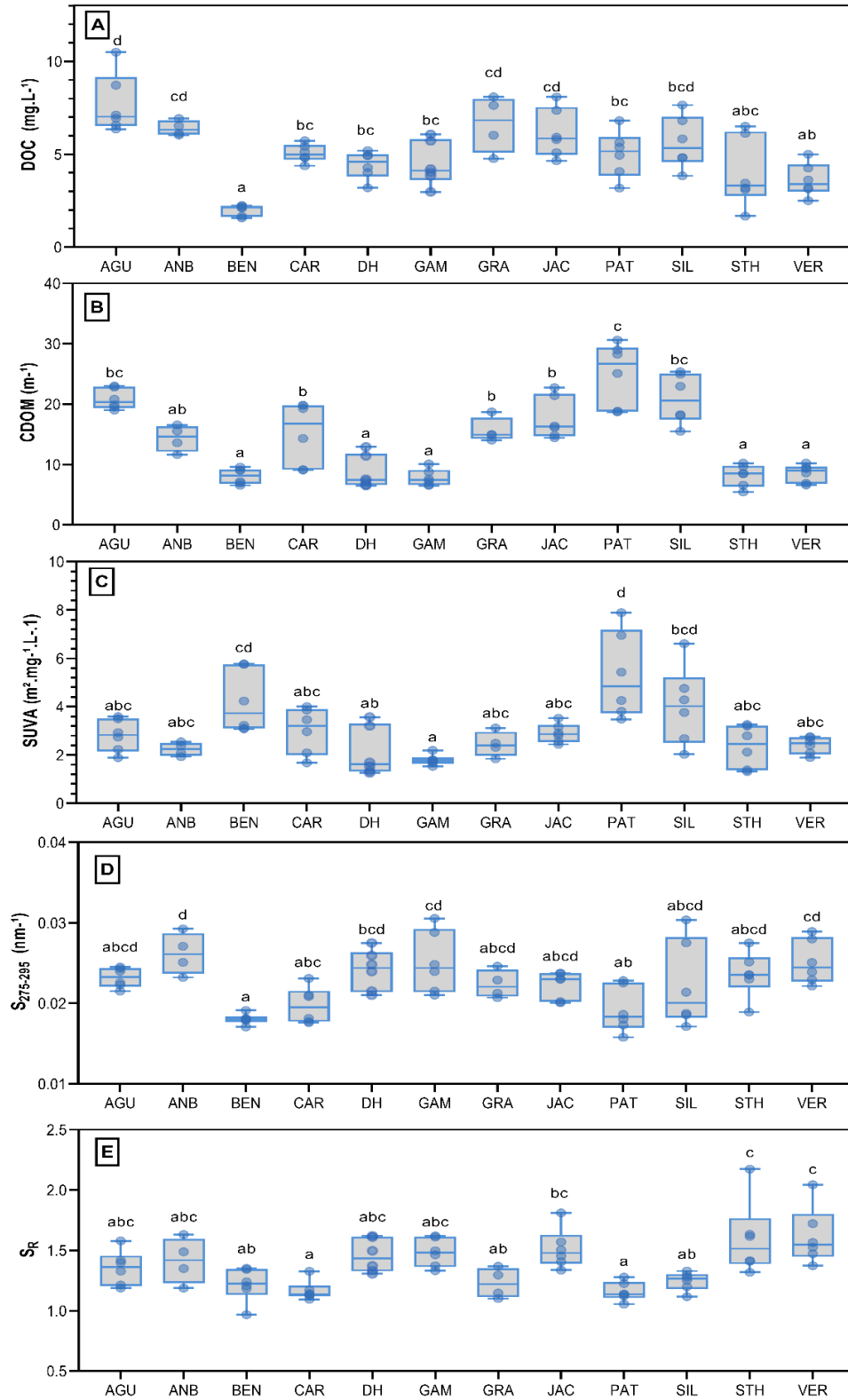


Figura 2 - Variação da concentração de carbono orgânico dissolvido (a) e dos parâmetros relacionados à qualidade da DOM (b-e). Para esta análise os dados de todos os períodos (seca e chuva) foram avaliados de

forma conjunta. Os boxplots apresentam os valores mínimos e máximos, a média e os percentis (5% e 95%) da concentração de DOC e dos parâmetros relativos à qualidade de DOM. Os pontos inseridos nos boxplots representam os dados brutos por lagoa obtidos durante todo o período avaliado.

Os menores valores de $S_{275-295}$ foram observados em BEN ($0,018 \pm 0,0006$), enquanto os maiores valores deste índice foram observados em ANB ($0,026 \pm 0,002$) (**Figura 2-D**). O índice S_R também foi estatisticamente diferente entre as lagoas ($p < 0,001$), apresentando valor médio nos locais amostrados de $1,37 \pm 0,22$, com valores mínimos e máximos de 0,97 e 2,17, respectivamente. As maiores e menores médias foram encontradas nos lagos VER ($1,62 \pm 0,24$) e PAT ($1,29 \pm 0,26$) (**Figura 2-E**).

Os resultados obtidos das comparações par a par realizadas pela análise de pos-hoc estão apresentados na **Tabela S-2** (Material Suplementar). Ao realizarmos a análise de contraste, identificamos que lagoas com características morfométricas distintas apresentaram concentrações de DOC similares, mas não se agruparam na avaliação dos índices de DOM. Por exemplo, as lagoas DH, GAM, PAT e CAR apresentaram concentrações similares de DOC ($p > 0,05$), onde CAR e GAM apresentaram características morfométricas semelhantes, mas diferiram completamente das características morfométricas de PAT e DH. Entretanto, CAR e GAM apresentaram valores distintos de $CDOM_{254}$ ($p < 0,01$) mesmo tendo concentrações semelhantes de $SUVA_{254}$ ($p = 0,61$), $S_{275-295}$ ($p = 0,07$) e S_R ($p = 0,06$).

K_{dPAR} foi observado com valores entre 0,34 e 2,88 m^{-1} , com média de $0,9 \pm 0,35 m^{-1}$ nos lagos avaliados. Os menores valores médios de K_{dPAR} foram observados nos lagos DH e STH ($0,65 \pm 0,29$ e $0,56 \pm 0,1 m^{-1}$).

As concentrações de Chl-a foram observadas com valor mínimo de $0,56 \mu g. L^{-1}$ e máximo de $12,95 \mu g. L^{-1}$. A média da concentração de Chl-a nos lagos avaliados foi de $4,16 \pm 2,87 \mu g.L^{-1}$. Os maiores valores foram observados em AGU, com média de $6,79 \pm 2,55 \mu g.L^{-1}$ e os menores valores foram observados em PAT, com média de $2,57 \pm 1,98 \mu g.L^{-1}$.

As profundidades de Z_{MIX} dos locais amostrados variaram de um mínimo de 0,75m a um máximo de 27m, com um valor médio de $7,4 \pm 4,34 m$. Por fim, a lagoa com maior média de Z_{MIX} foi DH ($13,67 \pm 10,4 m$), enquanto AGU demonstrou a menor profundidade de Z_{MIX} , com profundidade média de $4,51 \pm 0,3 m$. Em toda a região, a pluviosidade média obtida nos dois anos de estudo foi de $33,55 \pm 79,13 mm$. A temperatura média obtida na subsuperfície dos lagos durante todo o período observado foi de $27,62 \pm 3,13 ^\circ C$ e os valores de Brunt-Vaisala (BV) foram

observados nos lagos com valor médio de $0,0037 \pm 0,0035$.

Fatores que influenciam a DOM nos lagos estudados

A PCA foi conduzida na intenção de verificar interações de prováveis variáveis capazes de influenciar a concentração e a qualidade de DOM em escala regional. Dessa forma, os dois primeiros eixos da análise de componentes principais foram responsáveis por 42,8% de explicação da variação dos dados (**Figura 2**).

A concentração de DOC foi correlacionada com a inclinação da bacia de drenagem, demonstrando certa influência das características da bacia de drenagem no input de DOM nos lagos da região, juntamente com pluviosidade. Em relação aos índices de qualidade de DOM, $CDOM_{254}$ foi positivamente influenciado pela razão entre área da bacia de drenagem e volume (DA/VOL) e o tamanho da área de drenagem (DR), onde lagos com pouco volume em relação a grandes áreas de drenagem da bacia, apresentaram maiores valores de $CDOM_{254}$. $S_{275-295}$ correlacionou-se positivamente com o volume do lago, Z_{MIX} , %NF e profundidade média, além de correlacionar-se negativamente com Kd_{PAR} e $SUVA_{254}$. Os valores de $SUVA_{254}$ apresentaram correlação positiva com Kd_{PAR} , e negativa com a profundidade média. S_R demonstrou comportamento oposto, no qual se correlacionou negativamente com Kd_{PAR} e positivamente com a profundidade média dos lagos, %NF, Volume e Z_{MIX} . As lagoas avaliadas demonstraram grande variação entre si com destaque para as lagoas BEN e DH.

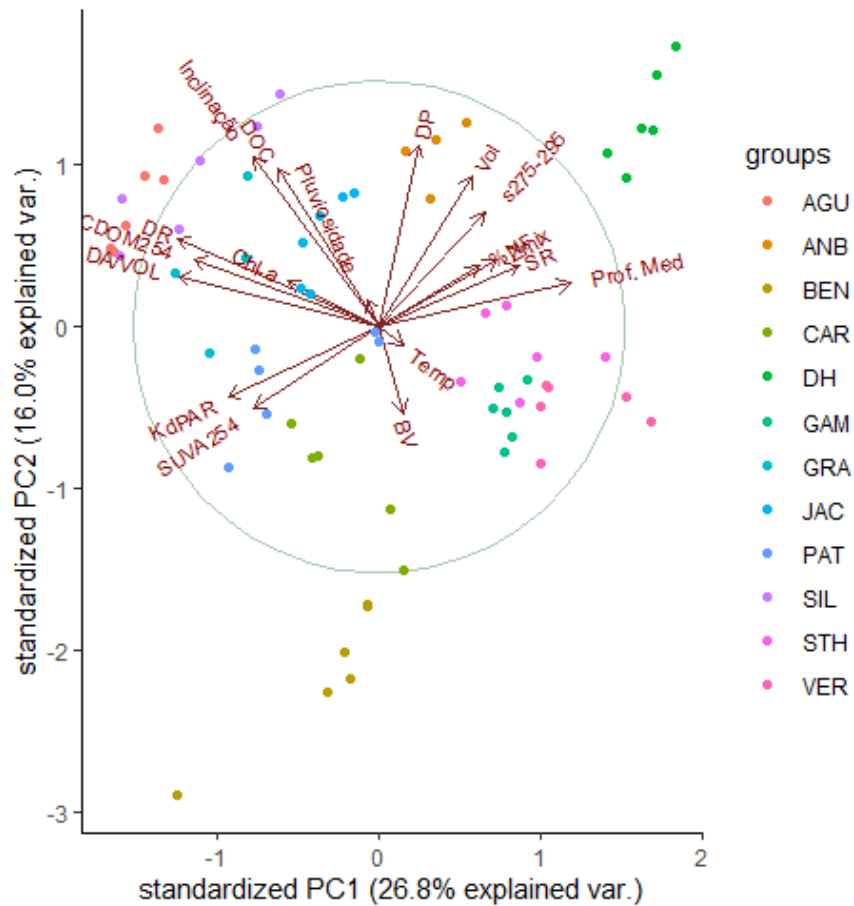


Figura 2 - Análise de componentes principais demonstrando as principais associações do DOM com características morfométricas e ambientais. As variáveis utilizadas foram: desenvolvimento de perímetro (DP), Volume (Vol), Z_{MIX} , $S_{275-295}$, S_R , porcentagem de florestas naturais (%NF), profundidade média dos lagos (Prof Méd), temperatura da água (Temp), Brunt-Vaisalla (BV), SUVA (SUVA254), KD_{PAR} , razão entre área de drenagem e volume dos lagos (DA/VOL), área de drenagem (DR), CDOM, clorofila (Chl-a), pluviosidade média, Inclinação média da bacia (Inclinação), carbono orgânico dissolvido (DOC).

Com o objetivo de observar relações de causa e efeito nas relações observadas na PCA, realizamos os modelos mistos. Os resultados dos modelos podem ser observados na **Tabela 3**.

Tabela 3 - Resultados dos modelos mistos. O valor de b é igual ao tamanho do efeito observado da variável, acompanhado do desvio padrão (dp), grau de liberdade (DF, do inglês *degrees of freedom*), valor do teste estatístico (qui quadrado) e significância estatística ($p < 0,05$)

| Var Y | Efeitos aleatórios | Fontes de Variação | b | dp | DF | χ^2 | p |
|-------|--------------------|------------------------------|------|------|----|----------|------------|
| DOC | l lagoa | Área de Drenagem/Volume | 0,96 | 0,23 | 1 | 17,41 | <0,001 *** |
| | | Desenvolvimento de Perímetro | 0,97 | 0,26 | 1 | 12,81 | <0,001 *** |
| | | Inclinação | 0,76 | 0,10 | 1 | 55,70 | <0,001 *** |
| | | Profundidade Média | 0,42 | 0,12 | 1 | 12,32 | <0,001 *** |

| | | | | | | | | |
|----------------------|---------|------------------------------|-----------|----------|---|-------|--------|----|
| | | Clorofila-a | -0,16 | 0,050 | 1 | 8,350 | <0,01 | ** |
| CDOM | 1 lagoa | Área de Drenagem/Volume | 0,58 | 1,46 | 1 | 0,160 | 0,68 | |
| | | Inclinação | 1,92 | 0,83 | 1 | 5,370 | <0,05 | * |
| | | Kd _{PAR} | 3,14 | 1,73 | 1 | 3,310 | 0,07 | |
| | | Z _{MIX} | -0,22 | 0,14 | 1 | 2,570 | 0,1 | |
| | | Nitrogênio Total | 0,01 | 0,01 | 1 | 1,050 | 0,3 | |
| | | Desenvolvimento de Perímetro | 1,20 | 0,680 | 1 | 3,110 | 0,080 | |
| SUVA ₂₅₄ | 1 lagoa | Inclinação | -0,56 | 0,350 | 1 | 2,540 | 0,110 | |
| | | Profundidade Média | -0,55 | 0,260 | 1 | 4,600 | <0,05 | * |
| | | % Floresta Natural | 0,02 | 0,020 | 1 | 0,840 | 0,350 | |
| | | Clorofila-a | 0,13 | 0,045 | 1 | 7,370 | <0,01 | ** |
| | | Pluviosidade | -9,53E-06 | 5,16E-03 | 1 | 4,790 | <0,05 | * |
| S ₂₇₅₋₂₉₅ | 1 lagoa | Temperatura | 4,30E-04 | 4,35E-06 | 1 | 5,610 | <0,05 | * |
| | | Kd _{PAR} | -1,89E-03 | 1,17E-03 | 1 | 2,590 | 0,11 | |
| | | Clorofila-a | -2,07E-04 | 1,70E-04 | 1 | 1,480 | 0,22 | |
| | | Brunt-Vaissalla | -4,03E-01 | 1,34E-01 | 1 | 9,050 | <0,001 | ** |
| | | % Floresta Natural | -1,00E-05 | 0,001 | 1 | 0,009 | 0,92 | |
| S _R | 1 lagoa | Kd _{PAR} | -0,19 | 0,08 | 1 | 6,28 | <0,05 | * |
| | | Clorofila-a | -0,02 | 8,00E-03 | 1 | 5,81 | <0,05 | * |
| | | Z _{MIX} | 0,01 | 5,00E-04 | 1 | 6,13 | <0,05 | * |

Nas lagoas avaliadas as características morfométricas apresentaram efeitos positivos no *input* de DOC nos lagos, confirmando a relação de DOC com inclinação média da bacia observada na PCA ($b=0,76 \pm 0,1$, $DF=1$, $\chi^2=55,7$, $p < 0,001$), e ainda estabelece relações de DOC com DA/VOL ($b=0,96 \pm 0,23$, $DF=1$, $\chi^2=17,41$, $p < 0,001$) (**Figura 3**), DP ($b=0,97 \pm 0,26$, $DF=1$, $\chi^2=12,81$, $p < 0,001$) e Profundidade média ($b=0,42 \pm 0,12$, $DF=1$, $\chi^2=12,32$, $p < 0,001$), demonstrando que essas variáveis são capazes de afetar positivamente a concentração de DOC.

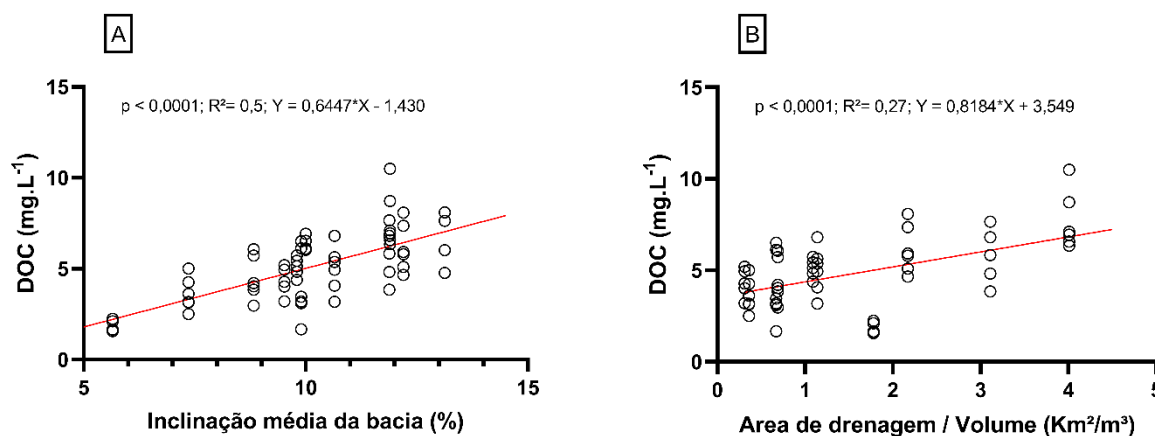


Figura 3- Regressões lineares demonstrando a influência da inclinação média da bacia (a) e DA/VOL (b) na concentração de DOC das lagoas estudadas.

Para CDOM₂₅₄ foi observada uma relação positiva com a inclinação média das bacias de drenagem ($b = 1,92 \pm 0,83$, DF=1, $\chi^2 = 5,37$, $p < 0,05$).

O modelo de avaliação da variação de SUVA demonstrou a relação negativa observada na PCA com a profundidade média ($b = -0,55 \pm 0,26$, DF=1, $\chi^2 = 4,6$, $p < 0,05$) e estabeleceu relação positiva entre SUVA₂₅₄ e Chl-a ($b = -0,13 \pm 0,45$, DF=1, $\chi^2 = 7,37$, $p < 0,01$).

Para S₂₇₅₋₂₉₅ e S_R as características físicas e ambientais parecem ter maior importância. No modelo realizado, foi estabelecida relações negativas das variáveis Pluviosidade e BV no S₂₇₅₋₂₉₅ ($b = -9,53E-06 \pm 5,16E-03$, DF=1, $\chi^2 = 4,79$, $p < 0,05$ e $b = -0,403 \pm 0,134$, DF=1, $\chi^2 = 9,05$, $p < 0,001$, respectivamente), enquanto a Temperatura demonstrou ser um fator importante no aumento do *spectral slope* (S₂₇₅₋₂₉₅) ($b = -9,53E-06 \pm 5,16E-03$, DF=1, $\chi^2 = 4,79$, $p < 0,05$). Para S_R os resultados indicam relações negativas com Kd_{PAR} ($b = -0,19 \pm 0,08$, DF=1, $\chi^2 = 6,28$, $p < 0,05$) e Chl-a ($b = -0,02 \pm 0,008$, DF=1, $\chi^2 = 5,81$, $p < 0,05$), enquanto que o Z_{MIX} mostrou-se positivamente relacionado com S_R ($b = 0,01 \pm 5,0E-04$, DF=1, $\chi^2 = 6,13$, $p < 0,05$).

Ao analisarmos as contribuições de características referentes ao entorno, apesar de verificarmos grande variação na qualidade e na quantidade de DOC entre as lagoas avaliadas, foi possível observar diferenças do entorno na quantidade de DOM apenas entre lagoas circundadas por pasto e as demais vegetações ($p < 0,01$) (ver **Tabela S-3 e Figura 4-A**). O status de proteção

concedido pelo Parque Estadual do Rio Doce (PERD) também foi avaliado, onde não foram obtidas diferenças significativas na concentração ($p = 0,37$) e na qualidade ($p > 0,05$) da DOM ao avaliarmos lagos que se encontram dentro ou fora do Parque (**Figura 4-B**). Neste estudo também não foi possível observar diferenças estatísticas na quantidade e na qualidade de DOM entre as estações chuvosas e seca ($p > 0,05$) (ver **Tabela S-4 e Figura 4-C**) (Material Suplementar).

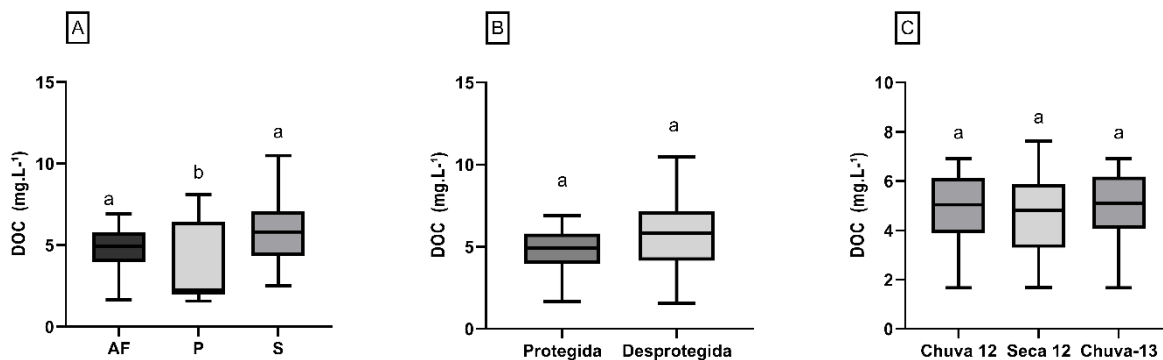


Figura 4- Boxplots apresentando médias e valores máximos e mínimos de DOC para (A) lagoas de diferentes entornos onde AF = Mata atlântica, P = Pasto e S = Silvicultura; (B) Lagoas localizadas dentro e fora do PERD e (C) nas diferentes estações avaliadas.

Discussão

Quantidade e qualidade da DOM em lagos tropicais

Foram observadas variações significativas na quantidade e na qualidade de DOC entre as lagoas avaliadas e as características da bacia de drenagem e a morfometria dos lagos demonstraram ser importantes moduladores da dinâmica da DOM em lagos tropicais, sendo fatores que influenciam a quantidade e qualidade de DOM entre lagos em uma escala regional. Em nosso estudo, lagos com maiores valores de inclinação média da bacia de drenagem apresentaram maiores concentrações de DOC, diferentemente de estudos em regiões temperadas que relatam correlações negativas da concentração de DOC com o aumento da inclinação (Aitkenhead et al., 1999). Em regiões tropicais, onde não há mudanças abruptas na temperatura, uma maior declividade da bacia de drenagem pode aumentar a concentração de DOC nos lagos em função de um maior aporte de matéria orgânica em épocas chuvosas, como um fator importante no processo de escoamento superficial. Maiores índices de desenvolvimento de perímetro (DP) também foram correlacionados

positivamente com a concentração de DOC, assim como a relação entre área da bacia de drenagem e o volume dos lagos. Estes resultados demonstram a importância da relação da bacia de drenagem na concentração de DOC nestes lagos. A observação de maiores concentrações de DOC em lagos que possuem intensa interação com o entorno, associados à retenção de pouco volume e áreas substancialmente extensas de drenagem, demonstram a grande importância da entrada de material alóctone nessas lagoas.

Ao analisarmos as contribuições de características referentes ao entorno, apesar de verificarmos grande variação na qualidade e na quantidade de DOC entre as lagoas avaliadas, foi possível observar diferenças do entorno na quantidade de DOM apenas entre lagoas circundadas por pasto e as demais vegetações. A matriz vegetal de pasto foi encontrada apenas ao redor dos lagos BEN e PAT e foram o grupo de lagoas que obtiveram as menores médias de DOC. Estudos referentes ao uso do solo na manutenção de ecossistemas aquáticos e no *input* de DOC têm sido de grande relevância para o entendimento do efeito da paisagem nos ecossistemas aquáticos (Dang, et al.,2022; Anderson et al.,2013). No entanto estes estudos demonstram uma diferença na composição do carbono total, onde são observados que, em lagos impactados por pastos e áreas de cultivo, são encontradas maiores proporções de carbono inorgânico, em detrimento do carbono orgânico. Este processo pode ser refletido neste trabalho ao encontrarmos as menores concentrações médias de DOC em lagos inseridos em pastos (**Figura 4**), mas devido a não equitabilidade entre o número amostral de lagos inseridos nesta vegetação em comparação às demais, não foi possível confirmar a ocorrência deste padrão nos lagos estudados.

A dinâmica da DOM em lagos tropicais do Médio Rio Doce é diretamente relacionada ao regime de chuva e às características da bacia de drenagem (Brandão et al., 2021). No entanto, nos anos avaliados neste estudo (janeiro, fevereiro e março, junho e julho de 2012, e nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2013), a região do médio Rio Doce apresentou padrões de pluviosidade diferentes do que as normais climatológicas para a região, marcados por uma precipitação baixa durante período do ano que deveria ser chuvoso (Brighenti et al., 2015, Cupolillo et al., 2021).

Estudos prévios utilizando os mesmos dados desse trabalho (ver Gagliard et al., 2019 e Bezerra-Neto et al., 2019) identificaram que grande parte dos lagos avaliados apresentaram dois períodos distintos. O primeiro período foi caracterizado pela circulação completa da coluna d'água

durante o período de seca, em 2012, e as lagoas apresentaram altas concentrações de TN e baixa disponibilidade de luz. Já o segundo período ocorreu durante as estações chuvosas dos anos de 2012 e 2013, caracterizado pela estratificação dos lagos, mas sob condições de pluviosidade diferentes das usuais, onde comparativamente a estratificação foi mais branda durante o período de chuvas de 2013. Essas alterações foram fortemente correlacionadas a um aumento na produção primária dessas lagoas e pronunciada em lagos menores com grande área de drenagem (relações entre área do lago (LA) e bacia de drenagem (DR) altas). Além disso, Gagliardi e colaboradores (2019) também observaram que em grande parte dos lagos o metabolismo foi similar entre os períodos de seca e chuva, associando este resultado à diminuição da pluviosidade no período. A partir deste conhecimento, ao avaliarmos todo o período estudado, a profundidade média dos lagos foi um dos parâmetros que se correlacionaram positivamente com o DOC. Ao considerar a falta de chuvas nos anos amostrados e a característica de circulação dos lagos estudados, a ocorrência de maiores valores de DOC em lagos profundos pode estar associado à observação de estudos anteriores referentes ao aprofundamento da camada de mistura e a uma estratificação não tão intensa observada nestes lagos, onde a ressuspensão do sedimento durante grande parte do período avaliado pode ter influenciado a quantidade de DOC e nutrientes encontrado na coluna d'água. Adicionalmente, a correlação negativa observada entre DOC e clorofila foi atribuída ao mesmo processo, uma vez que houve um aumento na produção primária desses locais, sendo caracterizado pelo aumento de organismos autotróficos.

O padrão observado para concentração de DOC também foi observado para os parâmetros referentes à matéria orgânica alóctone. $CDOM_{254}$ foi correlacionado positivamente com a inclinação média da bacia, enquanto $SUVA_{254}$ foi correlacionado negativamente com a profundidade média dos lagos. Estes resultados demonstram que há influência de características da bacia de drenagem na entrada de carbono alóctone e também que características morfométricas dos lagos influenciam seu processamento na coluna d'água. Isso pode ser visto em função dos menores valores de $SUVA_{254}$ em lagos mais profundos. A dinâmica de luz subaquática em lagos tropicais está intimamente associada à quantidade de $CDOM$ dos lagos e, conseqüentemente ao seu processamento. Vários estudos em áreas tropicais (Gagliardi et al., 2019; Bezerra-Neto et al., 2018; Brandão et al., 2018; Brighenti et al., 2015; Tadeu et al., 2020) observaram que a fotodegradação tem um importante papel na quebra do carbono aromático nesses locais e que tais fenômenos tem maior probabilidade de ocorrer durante o período de estratificação. Bezerra-Neto e colaboradores (2018), ao analisarem esses mesmos lagos, observaram que, de fato, a grande maioria destes

ambientes apresentaram queda do coeficiente de atenuação difusa da radiação aquática (K_d) durante o processo de estratificação. Dessa forma, ao avaliarmos todas as lagoas e todos os períodos de forma conjunta, é esperado que não observemos grandes quantidades de moléculas aromáticas na subsuperfície de lagos profundos e sim, de compostos de menor peso molecular. Por fim os resultados obtidos para $S_{275-295}$ e S_R demonstram a importância das características climáticas no processamento do carbono. A correlação negativa observada entre $S_{275-295}$, pluviosidade e a estabilidade da coluna d'água (BV) indicam um efeito indireto da sazonalidade, uma vez que durante o período chuvoso (estratificação), acontecem os maiores valores de estabilidade da coluna d'água e, concomitantemente, há o maior aporte de material alóctone, que é caracterizado por moléculas de grande peso molecular. Por outro lado, a correlação positiva entre $S_{275-295}$ e temperatura também remetem à sazonalidade, já que a elevação da temperatura é um *proxy* importante no processamento do carbono de forma biótica e abiótica, aumentando a quantidade de compostos de menor peso molecular na coluna d'água (Tadeu et al., 2020, Gudasz et al., 2010, Bartosiewicz, 2019). Da mesma forma, S_R demonstrou correlação negativa com K_d e clorofila, indicando que estes parâmetros demonstram a menor disponibilidade de luz na coluna d'água, diminuindo o processo de fotodegradação que ocorre nessas lagoas. Adicionalmente foi identificado uma correlação positiva com o Z_{MIX} , que corrobora a grande importância da fotodegradação do carbono durante o período de estratificação.

Em relação ao status de proteção fornecido pelo Parque Estadual do Rio Doce (PERD), nós verificamos que, mesmo considerando as características do entorno - representadas por lagos em matrizes de vegetação diferentes -, as áreas de drenagem dos lagos ainda apresentavam no mínimo 34% de florestas naturais (com exceção de BEN, que apresentou somente 1,36%). Dessa forma, a influência das diferentes vegetações presentes nas bacias de drenagem para a entrada de MO nos lagos pode ser sido subestimada por este fator.

De forma geral, este trabalho demonstrou que as características da bacia (principalmente a inclinação e as relações entre área de drenagem e volume dos lagos) são importantes na concentração de DOC e na qualidade da DOM, no entanto, as características ambientais (principalmente aspectos referentes à sazonalidade) demonstram, mesmo que de forma indireta, serem aspectos-chave no processamento da DOM em lagos tropicais.

Conclusões

Este estudo demonstra a importância do *input* de material alóctone nos lagos do médio Rio Doce que ocorre durante o período chuvoso. A ausência da sazonalidade de DOC neste estudo corrobora com a ideia de que estes lagos apresentam maior contribuição de carbono alóctone e ressalta a importância das características das bacias de drenagem na manutenção desses ecossistemas.

Neste trabalho, a não relação do COD com a sazonalidade ou com o uso do solo não refletem na absolvição desses fatores na entrada de MO nos lagos avaliados devido a característica anômala da pluviosidade que ocorreu nos locais avaliados ao longo deste estudo. A grande importância da inclinação das bacias de drenagem na concentração de DOC revela a grande necessidade da conservação das vegetações presentes em encostas da região, como forma de mitigar a entrada massiva de DOC durante o período chuvoso.

Dessa forma, o entendimento dos *inputs* de DOC regionalmente podem contribuir em políticas públicas que visem mitigar os efeitos adversos causados pelas mudanças climáticas. Uma vez que em regiões tropicais são esperados eventos climáticos extremos e secas mais frequentes, a entrada abrupta de DOC durante estes períodos vai alterar a dinâmica do metabolismo dos lagos e a contribuição no estoque ou na emissão de CO₂ e metano desses ambientes aquáticos. Ademais, alterações na dinâmica do carbono são importantes na dinâmica de luz subaquática, influenciando diretamente as comunidades presentes nestes ambientes, alterando inclusive a disponibilidade de serviços ecossistêmicos oferecidos por esses ambientes.

Uma vez que a matéria orgânica é principalmente advinda da bacia, estudos de paisagem, que sejam capazes de rastrear a origem do carbono, como por exemplo as análises de isótopos estáveis, ou capazes de agrupar e categorizar as moléculas de carbono por sua estrutura, como as análises de fluorescência se fazem de grande necessidade para se entender como os diferentes usos do solo impactam esses ambientes e como a sazonalidade pode alterar estes impactos.

Declaração de Conflitos de Interesses

Os autores declaram que não há conflitos de interesses associados a este manuscrito.

Referências Bibliográficas

AITKENHEAD, J. A.; et al. The relationship between dissolved organic carbon in stream water and soil organic carbon pools at different spatial scales. *Hydrological Processes*, v. 13, n. 8, p. 1289-1302, 1999.

AMADO, A. M. et al. Complementary pathways of dissolved organic carbon removal pathways in clear-water Amazonian ecosystems: photochemical degradation and bacterial uptake. *FEMS Microbiology Ecology*, v. 56, n. 1, p. 8-17, 2006.

AMON, R.M.W; BENNER, R. Rapid cycling of high-molecular-weight dissolved organic matter in the ocean. *Nature*, v. 369, n. 6481, p. 549-552, 1994.

ANDERSON, N. J.; DIETZ, R. D.; ENGSTROM, D. R. Land-use change, not climate, controls organic carbon burial in lakes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 280, n. 1769, 2013.

APHA: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed., American Public Health Association, Washington, 2005.

BARTOSIEWICZ, M. et al. Hot tops, cold bottoms: Synergistic climate warming and shielding effects increase carbon burial in lakes. *Limnology and Oceanography Letters*, v. 4, n. 5, p. 132-144, 2019.

BERTILSSON, S.; TRANVIK, L. J. Photochemical transformation of dissolved organic matter in lakes. *Limnology and Oceanography*, v.45, n.4, p.753-762, 2000.

BEZERRA-NETO, J. F. & PINTO-COELHO, R. M. New morphometric study of Lake Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce (PERD), Minas Gerais: utilization of advanced methodology for bathymetric mapping. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v.20, p.117-130, 2008.

BEZERRA-NETO, J. F.; BRIGUENTI, L. S.; PINTO-COELHO, R. M. A new morphometric study of Carioca Lake, Parque Estadual do Rio Doce (PERD), Minas Gerais State, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v.32, n.1, p. 49-54, 2010.

BEZERRA-NETO, J. F., GAGLIARDI, L. M., BRANDÃO, L. P. M., BRIGHENTI, L. S. AND BARBOSA, F. A. R. Effects of precipitation on summer epilimnion thickness in tropical lakes. *Limnologica*, v.74, p.42-50, 2019.

BRANDÃO, L. P. M. et al. Distinctive effects of allochthonous and autochthonous organic matter on CDOM spectra in a tropical lake. *Biogeosciences*, v. 15, n. 9, p. 2931-2943, 2018.

BRANDÃO, L. P. M., et al. Rainfall and Drainage Basin Shape Strongly Control Temporal and Spatial Variation of Dissolved Organic Matter In a Tropical Lake. *Limnology*, v.23, n.1, p. 207-217. doi: 10.1007/s10201-021-00684-w

BRIGHENTI, L. S., STAEHR, P. A., GAGLIARDI, L. M., BRANDAO, L. P. M., ELIAS, E. C., DE MELLO, N. A. S. T., BARBOSA, F. A. R. AND BEZERRA-NETO, J. F. Seasonal changes in metabolic rates of two tropical lakes in the Atlantic Forest of Brazil. *Ecosystems*, v.18, n.4, p.589-

604, 2015.

BRIGHENTI, L. S., STAEHR, P. A. M. BRANDÃO, L. P., BARBOSA, F. A. and BEZERRA-NETO, J. F. Importance of nutrients, organic matter and light availability on epilimnetic metabolic rates in a mesotrophic tropical lake. *Freshwater Biology*. v.63, n.9, p.1143-1160, 2018.

BOSCARINO, Brent T. et al. Importance of light, temperature, zooplankton and fish in predicting the nighttime vertical distribution of *Mysis diluviana*. *Aquatic Biology*, v. 5, n. 3, p. 263-279, 2009.

CALCAGNO V. Glmulti: Model Selection and Multimodel Inference Made Easy. R package version 1.0.8. 2020. <<https://CRAN.R-project.org/package=glmulti>>

CORY, R. M. and KLING, G. W. Interactions between sunlight and microorganisms influence dissolved organic matter degradation along the aquatic continuum. *Limnology and Oceanography Letters*, v.3, n.3, p.102-116, 2018.

CREED, I. F., BEALL, F. D., CLAIR, T. A., DILLON, P. J. and HESSLEIN, R. H. Predicting export of dissolved organic carbon from forested catchments in glaciated landscapes with shallow soils. *Global biogeochemical cycles*, v. 22, n.4, 2008.

CREED, I. F., SANFORD, S. E., BEALL, F. D., MOLOT, L. A. and DILLON, P. J. Cryptic wetlands: integrating hidden wetlands in regression models of the export of dissolved organic carbon from forested landscapes. *Hydrological Processes*, v.17 n.18, p.3629-3648, 2003.

CUPOLILLO, F., LIMA, J. M., PUJONI, D. G. F., BRIGHENTI, L. S., NETO, J. F. B. and BARBOSA, F. A. R., 2021. Características hidroclimáticas do Parque Estadual do Rio Doce (MG). *Revista Científica MG. Biota*, v.14, n.1, p.20-33, 2021.

DANG, C., KONG, F., LI, Y., JIANG, Z. and XI, M. Soil inorganic carbon dynamic change mediated by anthropogenic activities: An integrated study using meta-analysis and random forest model. *Science of The Total Environment*, v.835, 2022.

ESTEVEES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência: p. 826, 2011.

FONTES, E. S., AMADO, A. M., MEIRELLES-PEREIRA, F., ESTEVES, F. A., ROSADO, A. S. and FARJALLA, V. F. The combination of different carbon sources enhances bacterial growth efficiency in aquatic ecosystems. *Microbial ecology*, v.66, n.4, p.871-878, 2013.

GAGLIARDI, L. M., BRIGHENTI, L. S., STAEHR, P. A., BARBOSA, F. A. R. and BEZERRA-NETO, J. F. Reduced rainfall increases metabolic rates in upper mixed layers of tropical lakes. *Ecosystems*, v.22, n.6, p.1406-1423, 2019.

GUDASZ, C., BASTVIKEN, D., STEGER, K., PREMKE, K., SOBEK, S. and TRANVIK, L. J. Temperature-controlled organic carbon mineralization in lake sediments. *Nature*, v.466, p.478-481, 2010.

HANSON, P. C. et al. Fate of allochthonous dissolved organic carbon in lakes: a quantitative approach. *Plos One* v.6, 2011.

HAWKES, J. A., PATRIARCA, C., SJÖBERG, P. J., TRANVIK, L.J. and BERGQUIST, J. Extreme isomeric complexity of dissolved organic matter found across aquatic environments. *Limnology and Oceanography Letters*, v.3, n.2, p.21-30, 2018.

HELMS, J. R., STUBBINS, A., RITCHIE, J. D., MINOR, E. C., KIEBER, D. J. and MOPPER, K. Absorption spectral slopes and slope ratios as indicators of molecular weight, source, and photobleaching of chromophoric dissolved organic matter. *Limnology and Oceanography*, v.53, n.3, p.955-969, 2008.

LENTH, R. V. emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package version 1.7.4-1. 2022. <<https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>>

MACKERETH, F. J. H., HERON, J. and TALLING, J. F. Water analysis: some revised methods for limnologists. Ambleside: Freshwater Biological Association, v.36, 1978.

MAIA-BARBOSA, P., BARBOSA, L., BRITO, S., GARCIA, F., BARROS, C., SOUZA, M., MELLO, N., GUIMARÃES, A. and BARBOSA, F. Limnological changes in Dom Helvécio Lake (South-East Brazil): natural and anthropogenic causes. *Braz. J. Biol.*, v.70, p.795-802, 2010.

MAIA-BARBOSA, P. M., BARROS, C. F. A., SOUZA, M. B. G.; FARIA, V. R., BARBOSA, L. G., BRITO, S. L., SOUZA, R. A., RIELTZER, A., SANT'ANNA, E. E. and BARBOSA, F. A. R. The middle Rio Doce lakes, southeast Brazil: biodiversity and its controlling forces at local and regional scales. *Verh. Internat. Verein. Limnol*, v.29, p.2063-2067, 2006.

MCKNIGHT, D. M., BOYER, E. W., WESTERHOFF, P. K., DORAN, P. T., KULBE, T. and ANDERSEN, D. T. Spectrofluorometric characterization of dissolved organic matter for indication of precursor organic material and aromaticity. *Limnology and Oceanography*, v.46, n.1, p.38-48, 2001.

OBERNOSTERER, I. and BENNER, R. Competition between biological and photochemical processes in the mineralization of dissolved organic carbon. *Limnology and Oceanography*, v.49, n.1, p.117-124, 2004.

OLSON, M. H., FISCHER, J. M. and HAYASHI, M. Temporal dynamics of dissolved organic matter (DOM) in mountain lakes: the role of catchment characteristics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v.79, n.2, p.289-299, 2022.

PAULO, J. G. et al. Allochthonous and autochthonous organic matter in an urban tropical estuarine area of northeastern Brazil. *Journal of Coastal Research*, p. 1798-1801, 2011.

PHILLIPS, Joseph S. Time-varying responses of lake metabolism to light and temperature. *Limnology and Oceanography*, v. 65, n. 3, p. 652-666, 2020.

READ, J. S., HAMILTON, D. P., JONES, I. D., MURAOKA, K., WINSLOW, L. A., KROISS, R., WU, C. H. and GAISER, E. Derivation of lake mixing and stratification indices from high-resolution lake buoy data. *Environmental Modelling & Software*, v.26, n.11, p.1325-1336, 2011.

SINSABAUGH, R. L. and FINDLAY, S. Dissolved organic matter: out of the black box into the mainstream. *Aquatic Ecosystems*. Academic Press. p. 479-498, 2003.

- SOBEK, S., TRANVIK, L. J., PRAIRIE, Y. T., KORTELAJINEN, P. and COLE, J.J. Patterns and regulation of dissolved organic carbon: An analysis of 7,500 widely distributed lakes. *Limnology and Oceanography*, v.52, n.3, p.1208-1219, 2007.
- SOUZA, J. S. and PEDROSA, P., Matéria orgânica dissolvida cromófora e não cromófora em sistemas fluviais tropicais. *Oecologia Australis*, v.23, n.1, 2019.
- STAEHR, P. A. and SAND-JENSEN, K. Temporal dynamics and regulation of lake metabolism. *Limnology and Oceanography*, v.52, n.1, p.108-120, 2007.
- SUHETT, A. L., AMADO, A. M., BOZELLI, R. L., ESTEVES, F. A. and FARJALLA, V. F. O papel da foto-degradação do carbono orgânico dissolvido (COD) nos ecossistemas. *Oecologia Brasiliensis*, v.10, n.2, 2006.
- SUHETT, A. L., AMADO, A. M., MEIRELLES-PEREIRA, F., SCOFIELD, V., JACQUES, S. M. D. S., LAQUE, T., & FARJALLA, V. F. Origin, concentration, availability and fate of dissolved organic carbon in coastal lagoons of the Rio de Janeiro State. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v.25, p.326-340, 2013.
- TADEU, C. M. O., BRANDÃO, L. P. M., BEZERRA-NETO, J. F., PUJONI, D. G. F. and BARBOSA, F. A. R. Photodegradation of autochthonous and allochthonous dissolved organic matter in a natural tropical lake. *Limnologica*, v.87, 2021.
- TOMING, K., KOTTA, J., UUEMAA, E., SOBEK, S., KUTSER, T. AND TRANVIK, L. J. Predicting lake dissolved organic carbon at a global scale. *Scientific reports*, v.10, n.1, p.1-8, 2020.
- VIANA, E. A. P. A redução de volume leva a um aumento nas taxas de produção primária e respiração em um lago tropical natural. Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 66p., 2021.
- VON SPERLING, M.; FRÓES, C. M. V. Determination of the required surface area for activated sludge final clarifiers based on a unified database. *Water Research*, v. 33, n. 8, p. 1884-1894, 1999.
- WEISHAAR, J. L., AIKEN, G. R., BERGAMASCHI, B. A., FRAM, M. S., FUJII, R., and MOPPER, K. Evaluation of specific ultraviolet absorbance as an indicator of the chemical composition and reactivity of dissolved organic carbon. *Environmental science & technology*, v.37, n.20, p.4702-4708, 2003.
- WETZEL, R. G. *Limnology: lake and river ecosystems*. gulf professional publishing, 2001.
- XU, J., WANG, Y., GAO, D., YAN, Z., GAO, C., & WANG, L. Optical properties and spatial distribution of chromophoric dissolved organic matter (CDOM) in Poyang Lake, China. *Journal of Great Lakes Research*, v.43, n.4, p.700-709, 2017.

Tabela S-1- Dados físico-químicos

| Lago | Estação | Pluviosidade | Temp | Secchi | Zmix | Kd _{PAR} | Chl-a | TN | TP | BV | DOC | CDOM | S _R | SUVA | S ₂₇₅₋₂₉₅ |
|------|----------|--------------|-------|--------|------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|-----------------------|---------------------|----------------|---------------------------------------|----------------------|
| | | (mm) | °C | (m) | (m) | (m ⁻¹) | (µg L ⁻¹) | (µg L ⁻¹) | (µg L ⁻¹) | | (mg.L ⁻¹) | (nm ⁻¹) | | (m ² .mg.L ⁻¹) | (nm ⁻¹) |
| AGU | chuva 12 | 155.80 | 29.80 | 1.50 | 4.06 | 1.13 | 6.76 | 350.30 | 13.33 | 0.0045 | 6.57 | 23.00 | 1.19 | 3.50 | 0.022 |
| | | 46.20 | 29.23 | 1.17 | 5.00 | 1.27 | 7.88 | 493.90 | 6.66 | 0.0023 | 6.35 | 22.82 | 1.21 | 3.59 | 0.023 |
| | seca 13 | 3.20 | 23.47 | 1.80 | 4.50 | 1.07 | 10.42 | 423.00 | 35.36 | 0.0001 | 6.94 | 19.01 | 1.40 | 2.74 | 0.024 |
| | | 0.60 | 23.20 | 0.90 | 4.50 | 1.16 | 7.60 | 447.20 | 45.29 | 0.0026 | 7.11 | 20.80 | 1.33 | 2.93 | 0.022 |
| | chuva 13 | 0.00 | 29.44 | 1.53 | 4.50 | 1.30 | 4.79 | 499.10 | 15.74 | 0.0008 | 10.49 | 19.85 | 1.58 | 1.89 | 0.024 |
| | | 0.00 | 29.12 | 1.20 | 4.50 | 1.29 | 3.10 | 507.70 | 41.38 | 0.0008 | 8.72 | 19.48 | 1.42 | 2.23 | 0.025 |
| ANB | chuva 12 | 395.50 | 30.15 | 3.10 | 6.72 | 0.78 | 5.07 | 361.90 | 19.48 | 0.0035 | 6.92 | 16.55 | 1.49 | 2.39 | 0.023 |
| | | 24.80 | 30.74 | 3.10 | 6.31 | 0.62 | 4.22 | 340.30 | 8.24 | 0.0044 | 6.11 | 15.55 | 1.35 | 2.55 | 0.025 |
| | seca 13 | 4.00 | 24.43 | 3.23 | 9.00 | 0.75 | 7.32 | 439.90 | 33.60 | 0.0011 | 6.03 | 11.64 | 1.19 | 1.93 | 0.029 |
| | | 3.20 | 24.94 | 2.85 | 9.00 | 0.71 | 4.51 | 535.90 | 30.27 | 0.0007 | 6.53 | 13.59 | 1.63 | 2.08 | 0.027 |
| BEN | chuva 12 | 46.20 | 28.13 | 2.40 | 4.25 | 2.88 | 4.51 | 72.90 | 18.42 | 0.0055 | 1.66 | 9.57 | 0.97 | 5.75 | 0.017 |
| | | 30.80 | 29.32 | 2.90 | 4.13 | 1.39 | 1.41 | 89.50 | 4.45 | 0.0075 | 2.24 | 6.91 | 1.21 | 3.08 | 0.019 |
| | seca 13 | 0.80 | 22.63 | 2.70 | 7.00 | 0.99 | 4.79 | 316.10 | 21.84 | 0.0020 | 2.11 | 6.54 | 1.35 | 3.11 | 0.018 |
| | | 0.40 | 22.69 | 2.40 | 7.00 | 1.02 | 3.10 | 318.50 | 21.76 | 0.0015 | 2.22 | 7.17 | 1.34 | 3.22 | 0.018 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|--------|-------|------|-------|------|-------|--------|-------|---------|------|-------|------|------|-------|
| | chuva 13 | 0.00 | 28.02 | 2.12 | 5.6 | 1.02 | 2.53 | 111.70 | 89.18 | 0.0039 | 2.14 | 9.07 | 1.24 | 4.24 | 0.018 |
| | | 0.00 | 28.08 | 2.12 | 5.7 | 1.04 | 1.69 | 84.28 | 21.24 | 0.0038 | 1.57 | 9.07 | 1.18 | 5.77 | 0.018 |
| CAR | chuva 12 | 35.80 | 29.14 | 1.80 | 3.75 | 1.09 | 4.51 | 269.60 | 14.65 | 0.0054 | 5.13 | 19.79 | 1.17 | 3.86 | 0.021 |
| | | 36.40 | 30.02 | 2.60 | 3.75 | 1.06 | 3.94 | 246.10 | 5.60 | 0.0074 | 5.73 | 19.79 | 1.13 | 3.46 | 0.021 |
| | seca 13 | 0.80 | 22.76 | 1.30 | 10.00 | 0.99 | 10.98 | 640.70 | 12.65 | 0.0009 | 4.83 | 14.31 | 1.33 | 2.97 | 0.023 |
| | | 0.60 | 22.42 | 1.30 | 10.00 | 1.02 | 10.98 | 513.10 | 16.52 | 0.0031 | 4.82 | 19.27 | 1.13 | 4.00 | 0.018 |
| | chuva 13 | 0.00 | 33.67 | 2.50 | 2.86 | 0.85 | 2.25 | 308.40 | 11.62 | 0.0211 | 5.43 | 9.10 | 1.14 | 1.68 | 0.018 |
| | | 0.00 | 29.29 | 2.48 | 5.88 | 0.84 | 3.94 | 294.70 | 24.16 | 0.0091 | 4.38 | 9.14 | 1.09 | 2.09 | 0.018 |
| DH | chuva 12 | 259.20 | 29.66 | 2.50 | 5.21 | 0.34 | 1.13 | 0.00 | 66.49 | 0.0047 | 4.94 | 6.63 | 1.62 | 1.34 | 0.021 |
| | | 36.40 | 29.75 | 3.10 | 6.24 | 0.47 | 1.69 | 359.60 | 6.71 | 0.0038 | 5.19 | 6.53 | 1.33 | 1.26 | 0.025 |
| | seca 13 | 0.80 | 23.76 | 2.37 | 27.00 | 0.87 | 5.91 | 407.80 | 6.71 | -0.0005 | 4.28 | 7.23 | 1.50 | 1.69 | 0.024 |
| | | 0.80 | 23.76 | 2.50 | 27.00 | 1.13 | 6.48 | 412.00 | 7.77 | 0.0035 | 4.92 | 7.57 | 1.61 | 1.54 | 0.022 |
| | chuva 13 | 0.00 | 29.94 | 3.90 | 7.71 | 0.56 | 2.53 | 261.20 | 20.32 | 0.0042 | 4.02 | 12.91 | 1.37 | 3.21 | 0.026 |
| | | 0.00 | 29.94 | 3.32 | 8.83 | 0.55 | 1.13 | 262.90 | 14.07 | 0.0055 | 3.20 | 11.44 | 1.31 | 3.57 | 0.027 |
| GAM | chuva 12 | 243.40 | 28.91 | 3.70 | 5.56 | 0.61 | 1.69 | 196.80 | 1.71 | 0.0028 | 2.97 | 6.53 | 1.33 | 2.19 | 0.025 |
| | | 36.40 | 30.20 | 3.80 | 5.73 | 0.59 | 3.38 | 190.60 | 1.71 | 0.0037 | 4.03 | 7.23 | 1.50 | 1.80 | 0.024 |
| | seca 13 | 0.80 | 23.44 | 2.00 | 10.00 | 0.80 | 5.35 | 290.30 | 24.25 | 0.0007 | 4.20 | 7.57 | 1.61 | 1.80 | 0.022 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|-------|-------|------|-------|------|------|--------|-------|--------|------|-------|------|------|-------|
| | | 0.40 | 23.42 | 2.00 | 10.00 | 0.71 | 5.07 | 261.80 | 26.57 | 0.0001 | 3.84 | 6.63 | 1.62 | 1.73 | 0.021 |
| | chuva 13 | 0.00 | 29.94 | 2.00 | 6.46 | 0.75 | 1.69 | 235.10 | 16.52 | 0.0063 | 6.07 | 10.09 | 1.37 | 1.66 | 0.029 |
| | | 0.00 | 29.94 | 1.50 | 6.46 | 0.74 | 1.13 | 254.40 | 15.69 | 0.0063 | 5.72 | 8.77 | 1.46 | 1.53 | 0.031 |
| GRA | seca 13 | 22.00 | 23.16 | 2.00 | 7.50 | 1.09 | 4.79 | 227.30 | 38.37 | 0.0006 | 7.63 | 14.03 | 1.30 | 1.84 | 0.025 |
| | | 31.60 | 23.16 | 1.80 | 7.50 | 1.14 | 4.79 | 200.00 | 15.69 | 0.0006 | 4.77 | 14.88 | 1.37 | 3.12 | 0.023 |
| | chuva 13 | 0.00 | 28.55 | 1.64 | 0.75 | 1.35 | 1.13 | 258.90 | 29.99 | 0.0088 | 6.02 | 14.95 | 1.15 | 2.48 | 0.021 |
| | | 0.00 | 29.27 | 1.17 | 6.22 | 1.65 | 0.84 | 357.00 | 16.48 | 0.0030 | 8.09 | 18.70 | 1.10 | 2.31 | 0.021 |
| JAC | chuva 12 | 46.20 | 30.14 | 3.00 | 4.20 | 0.87 | 5.63 | 517.10 | 2.96 | 0.0060 | 5.09 | 16.12 | 1.34 | 3.17 | 0.023 |
| | | 46.20 | 29.77 | 1.64 | 5.27 | 0.92 | 4.22 | 368.20 | 3.75 | 0.0051 | 4.65 | 16.37 | 1.41 | 3.52 | 0.023 |
| | seca 13 | 0.40 | 23.37 | 2.40 | 10.00 | 0.74 | 3.94 | 391.50 | 28.88 | 0.0006 | 5.92 | 14.42 | 1.50 | 2.44 | 0.024 |
| | | 0.80 | 23.60 | 2.30 | 10.00 | 0.76 | 4.51 | 398.10 | 34.39 | 0.0001 | 5.79 | 14.80 | 1.45 | 2.56 | 0.024 |
| | chuva 13 | 0.00 | 29.29 | 1.97 | 6.75 | 0.92 | 0.84 | 360.30 | 23.84 | 0.0053 | 7.36 | 21.40 | 1.57 | 2.91 | 0.020 |
| | | 0.00 | 29.52 | 1.93 | 7.18 | 0.89 | 0.84 | 357.70 | 22.86 | 0.0070 | 8.08 | 22.74 | 1.81 | 2.82 | 0.020 |
| PAT | chuva 12 | 34.20 | 30.40 | 2.90 | 2.80 | 0.99 | 3.94 | 309.00 | 1.06 | 0.0053 | 4.07 | 28.27 | 1.06 | 6.95 | 0.017 |
| | | 46.00 | 30.06 | 3.46 | 4.08 | 0.91 | 4.51 | 342.10 | 5.37 | 0.0046 | 6.81 | 28.99 | 1.14 | 4.26 | 0.018 |
| | seca 13 | 0.40 | 23.38 | 2.10 | 10.50 | 0.84 | 3.10 | 425.50 | 31.56 | 0.0033 | 5.63 | 30.60 | 1.12 | 5.43 | 0.016 |
| | | 14.60 | 23.66 | 2.80 | 10.50 | 0.84 | 5.63 | 374.30 | 20.64 | 0.0002 | 3.18 | 25.09 | 1.14 | 7.89 | 0.019 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|--------|-------|------|-------|------|-------|--------|--------|---------|------|-------|------|------|-------|
| | chuva 13 | 2.60 | 30.33 | 2.75 | 7.00 | 0.72 | 1.13 | 274.50 | 30.73 | 0.0015 | 5.37 | 18.69 | 1.23 | 3.48 | 0.023 |
| | | 33.80 | 30.33 | 3.25 | 7.00 | 0.78 | 0.56 | 262.70 | 12.50 | 0.0015 | 4.94 | 18.82 | 1.28 | 3.81 | 0.023 |
| SIL | chuva 12 | 398.80 | 29.35 | 1.80 | 3.75 | 0.86 | 9.01 | 343.40 | 41.47 | 0.0061 | 3.84 | 25.36 | 1.20 | 6.61 | 0.019 |
| | | 25.20 | 29.43 | 1.30 | 3.86 | 0.96 | 2.53 | 344.50 | 37.81 | 0.0054 | 5.83 | 24.96 | 1.33 | 4.29 | 0.019 |
| | seca 13 | 3.20 | 24.04 | 1.20 | 8.50 | 0.99 | 12.95 | 459.20 | 38.78 | 0.0000 | 4.82 | 22.94 | 1.12 | 4.76 | 0.017 |
| | | 0.60 | 23.71 | 1.16 | 8.50 | 0.91 | 10.42 | 485.40 | 25.69 | 0.0001 | 4.82 | 18.10 | 1.28 | 3.76 | 0.021 |
| | chuva 13 | 0.00 | 30.20 | 1.54 | 5.17 | 0.95 | 1.69 | 326.30 | 147.78 | 0.0024 | 6.81 | 18.26 | 1.29 | 2.68 | 0.028 |
| | | 2.00 | 30.20 | 1.45 | 5.17 | 0.97 | 0.84 | 358.50 | 108.85 | 0.0024 | 7.65 | 15.48 | 1.25 | 2.02 | 0.030 |
| STH | chuva 12 | 34.20 | 30.98 | 2.00 | 4.75 | 0.64 | 6.19 | 204.10 | 27.50 | 0.0054 | 6.50 | 8.52 | 1.62 | 1.31 | 0.023 |
| | | 46.00 | 30.92 | 2.40 | 4.75 | 0.64 | 3.94 | 198.20 | 12.17 | 0.0044 | 6.12 | 8.48 | 1.63 | 1.38 | 0.025 |
| | seca 13 | 0.40 | 24.12 | 2.00 | 13.50 | 0.59 | 6.76 | 310.00 | 27.77 | 0.0011 | 3.19 | 10.21 | 1.32 | 3.20 | 0.019 |
| | | 14.60 | 24.52 | 2.70 | 13.50 | 0.62 | 5.07 | 294.70 | 18.74 | 0.0001 | 1.67 | 5.45 | 1.41 | 3.26 | 0.028 |
| | chuva 13 | 2.60 | 31.02 | 2.85 | 7.76 | 0.42 | 0.84 | 162.30 | 36.19 | 0.0060 | 3.45 | 9.66 | 1.41 | 2.80 | 0.024 |
| | | 33.80 | 31.02 | 2.70 | 7.76 | 0.43 | 0.84 | 170.40 | 46.98 | 0.0060 | 3.10 | 6.58 | 2.17 | 2.12 | 0.024 |
| VER | chuva 12 | 46.20 | 29.43 | 2.88 | 6.75 | 0.78 | 3.38 | 242.40 | 17.22 | 0.0121 | 4.26 | 10.21 | 1.47 | 2.40 | 0.024 |
| | | 30.80 | 30.33 | 3.00 | 6.43 | 0.63 | 4.22 | 227.20 | 26.75 | 0.0072 | 5.00 | 9.49 | 1.37 | 1.90 | 0.025 |
| | seca 13 | 0.40 | 24.07 | 3.40 | 13.00 | 0.80 | 5.07 | 284.30 | 16.66 | -0.0004 | 3.62 | 9.32 | 1.57 | 2.57 | 0.022 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|------|-------|------|-------|------|------|--------|-------|---------|------|------|------|------|-------|
| | 0.80 | 23.87 | 1.70 | 13.00 | 0.85 | 3.94 | 309.40 | 0.47 | -0.0031 | 3.14 | 8.61 | 1.53 | 2.74 | 0.023 |
| chuva 13 | 0.00 | 29.46 | 2.94 | 7.83 | 0.64 | 0.56 | 238.20 | 28.65 | 0.0045 | 3.17 | 6.60 | 1.72 | 2.08 | 0.029 |
| | 0.00 | 30.29 | 2.99 | 7.98 | 0.64 | 0.56 | 180.30 | 15.87 | 0.0075 | 2.50 | 6.88 | 2.04 | 2.76 | 0.028 |

Tabela S-2- Valores de p resultante das análises par a par realizadas pelo teste de pos hoc (ANÁLISE DE CONTRASTE). Valores em vermelho destacam correlações com p significativo ($p < 0,05$)

| DOC | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|
| | AGU | ANB | BEN | CAR | DH | GAM | GRA | JAC | PAT | SIL | STH | VER |
| AGU | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| ANB | 0.8699 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| BEN | <.0001 | <.0001 | 1.00 | | | | | | | | | |
| CAR | 0.0160 | 0.8430 | 0.0024 | 1.00 | | | | | | | | |
| DH | 0.0009 | 0.3324 | 0.0374 | 0.9988 | 1.00 | | | | | | | |
| GAM | 0.0011 | 0.3677 | 0.0311 | 0.9994 | 1.00 | 1.00 | | | | | | |
| GRA | 0.9623 | 1.00 | <.0001 | 0.6686 | 0.1892 | 0.2139 | 1.00 | | | | | |
| JAC | 0.5309 | 1.00 | <.0001 | 0.9082 | 0.3670 | 0.4085 | 1.00 | 1.00 | | | | |
| PAT | 0.0127 | 0.8076 | 0.0031 | 1.00 | 0.9995 | 0.9998 | 0.6224 | 0.8784 | 1.00 | | | |
| SIL | 0.1393 | 0.9972 | 0.0001 | 0.9995 | 0.8423 | 0.8732 | 0.9769 | 0.9998 | 0.9988 | 1.00 | | |
| STH | 0.0001 | 0.1100 | 0.1649 | 0.9301 | 1.00 | 0.9999 | 0.0527 | 0.1087 | 0.9505 | 0.4582 | 1.00 | |
| VER | <.0001 | 0.0302 | 0.4566 | 0.6393 | 0.9892 | 0.9832 | 0.0128 | 0.0252 | 0.6904 | 0.1658 | 1.00 | 1.00 |
| A254 | | | | | | | | | | | | |
| | AGU | ANB | BEN | CAR | DH | GAM | GRA | JAC | PAT | SIL | STH | VER |
| AGU | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| ANB | 0.0781 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| BEN | <.0001 | 0.1016 | 1.00 | | | | | | | | | |
| CAR | 0.1044 | 1.00 | 0.0094 | 1.00 | | | | | | | | |
| DH | <.0001 | 0.2098 | 1.00 | 0.0277 | 1.00 | | | | | | | |
| GAM | <.0001 | 0.0748 | 1.00 | 0.0061 | 1.000 | 1.00 | | | | | | |
| GRA | 0.3139 | 1.00 | 0.0180 | 1.00 | 0.0452 | 0.0124 | 1.00 | | | | | |
| JAC | 0.8247 | 0.8832 | 0.0001 | 0.9696 | 0.0004 | 0.0001 | 0.9972 | 1.00 | | | | |
| PAT | 0.4454 | 0.0001 | <.0001 | 0.0001 | <.0001 | <.0001 | 0.0010 | 0.0061 | 1.00 | | | |
| SIL | 1.00 | 0.0757 | <.0001 | 0.1009 | <.0001 | <.0001 | 0.3068 | 0.8172 | 0.4549 | 1.00 | | |
| STH | <.0001 | 0.1134 | 1.00 | 0.0110 | 1.00 | 1.00 | 0.0206 | 0.0001 | <.0001 | <.0001 | 1.00 | |
| VER | <.0001 | 0.1708 | 1.00 | 0.0202 | 1.00 | 1.00 | 0.0345 | 0.0003 | <.0001 | <.0001 | 1.00 | 1.00 |
| SUVA | | | | | | | | | | | | |
| | AGU | ANB | BEN | CAR | DH | GAM | GRA | JAC | PAT | SIL | STH | VER |
| AGU | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| ANB | 0.9990 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| BEN | 0.4269 | 0.1260 | 1.00 | | | | | | | | | |
| CAR | 1.00 | 0.9874 | 0.6538 | 1.00 | | | | | | | | |
| DH | 0.9837 | 1.00 | 0.0277 | 0.9124 | 1.00 | | | | | | | |
| GAM | 0.8209 | 0.9999 | 0.0054 | 0.6123 | 1.00 | 1.00 | | | | | | |
| GRA | 1.00 | 1.00 | 0.2431 | 0.9991 | 1.00 | 0.9968 | 1.00 | | | | | |
| JAC | 1.00 | 0.9963 | 0.5273 | 1.00 | 0.9618 | 0.7342 | 0.9999 | 1.00 | | | | |
| PAT | 0.0035 | 0.0008 | 0.7431 | 0.0100 | <.0001 | <.0001 | 0.0023 | 0.0057 | 1.00 | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| SIL | 0.6328 | 0.2255 | 1.00 | 0.8362 | 0.0628 | 0.0138 | 0.3928 | 0.7315 | 0.5402 | 1.00 | | |
| STH | 0.9996 | 1.00 | 0.0846 | 0.9909 | 1.00 | 0.9977 | 1.00 | 0.9980 | 0.0002 | 0.1705 | 1.00 | |
| VER | 0.9999 | 1.00 | 0.1091 | 0.9960 | 1.00 | 0.9944 | 1.00 | 0.9993 | 0.0003 | 0.2124 | 1.00 | 1.00 |
| S275-295 | | | | | | | | | | | | |
| | AGU | ANB | BEN | CAR | DH | GAM | GRA | JAC | PAT | SIL | STH | VER |
| AGU | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| ANB | 0.8947 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| BEN | 0.0952 | 0.0023 | 1.00 | | | | | | | | | |
| CAR | 0.6185 | 0.0387 | 0.9958 | 1.00 | | | | | | | | |
| DH | 1.00 | 0.9928 | 0.0215 | 0.2663 | 1.00 | | | | | | | |
| GAM | 0.9894 | 1.00 | 0.0034 | 0.0703 | 1.00 | 1.00 | | | | | | |
| GRA | 1.00 | 0.7586 | 0.4448 | 0.9517 | 0.9980 | 0.9348 | 1.00 | | | | | |
| JAC | 1.00 | 0.6170 | 0.3031 | 0.9164 | 0.9927 | 0.8520 | 1.00 | 1.00 | | | | |
| PAT | 0.3929 | 0.0165 | 0.9999 | 1.00 | 0.1323 | 0.0286 | 0.8440 | 0.7558 | 1.00 | | | |
| SIL | 1.00 | 0.6129 | 0.3067 | 0.9186 | 0.9923 | 0.8488 | 1.00 | 1.00 | 0.7598 | 1.00 | | |
| STH | 1.00 | 0.9593 | 0.0511 | 0.4509 | 1.00 | 0.9986 | 0.9999 | 0.9996 | 0.2554 | 0.9996 | 1.00 | |
| VER | 0.9873 | 1.00 | 0.0031 | 0.0656 | 1.00 | 1.00 | 0.9277 | 0.8389 | 0.0265 | 0.8356 | 0.9982 | 1.00 |
| SR | | | | | | | | | | | | |
| | AGU | ANB | BEN | CAR | DH | GAM | GRA | JAC | PAT | SIL | STH | VER |
| AGU | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| ANB | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| BEN | 0.9467 | 0.7724 | 1.00 | | | | | | | | | |
| CAR | 0.7053 | 0.4631 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | |
| DH | 0.9946 | 1.00 | 0.3435 | 0.1200 | 1.00 | | | | | | | |
| GAM | 0.9677 | 1.00 | 0.2058 | 0.0614 | 1.000 | 1.00 | | | | | | |
| GRA | 0.9886 | 0.9036 | 1.00 | 1.00 | 0.5965 | 0.4307 | 1.00 | | | | | |
| JAC | 0.8707 | 0.9985 | 0.1004 | 0.0256 | 1.00 | 1.00 | 0.2636 | 1.00 | | | | |
| PAT | 0.6628 | 0.4252 | 1.00 | 1.00 | 0.1031 | 0.0519 | 1.00 | 0.0213 | 1.00 | | | |
| SIL | 0.9909 | 0.9041 | 1.00 | 0.9994 | 0.5412 | 0.3624 | 1.00 | 0.1986 | 0.9989 | 1.00 | | |
| STH | 0.3482 | 0.8664 | 0.0100 | 0.0019 | 0.9486 | 0.9892 | 0.0468 | 0.9994 | 0.0015 | 0.024 | 1.00 | |
| VER | 0.2225 | 0.7506 | 0.0047 | 0.0008 | 0.8650 | 0.9556 | 0.0257 | 0.9940 | 0.0007 | 0.0121 | 1.00 | 1.00 |

Tabela S-3 – Análise experimental que verifica o N amostral necessário para obter 80% de poder de testes estatísticos capazes de detectar as diferenças nas médias de concentração de DOC entre os diferentes entornos, a partir do desvio padrão dos valores obtidos.

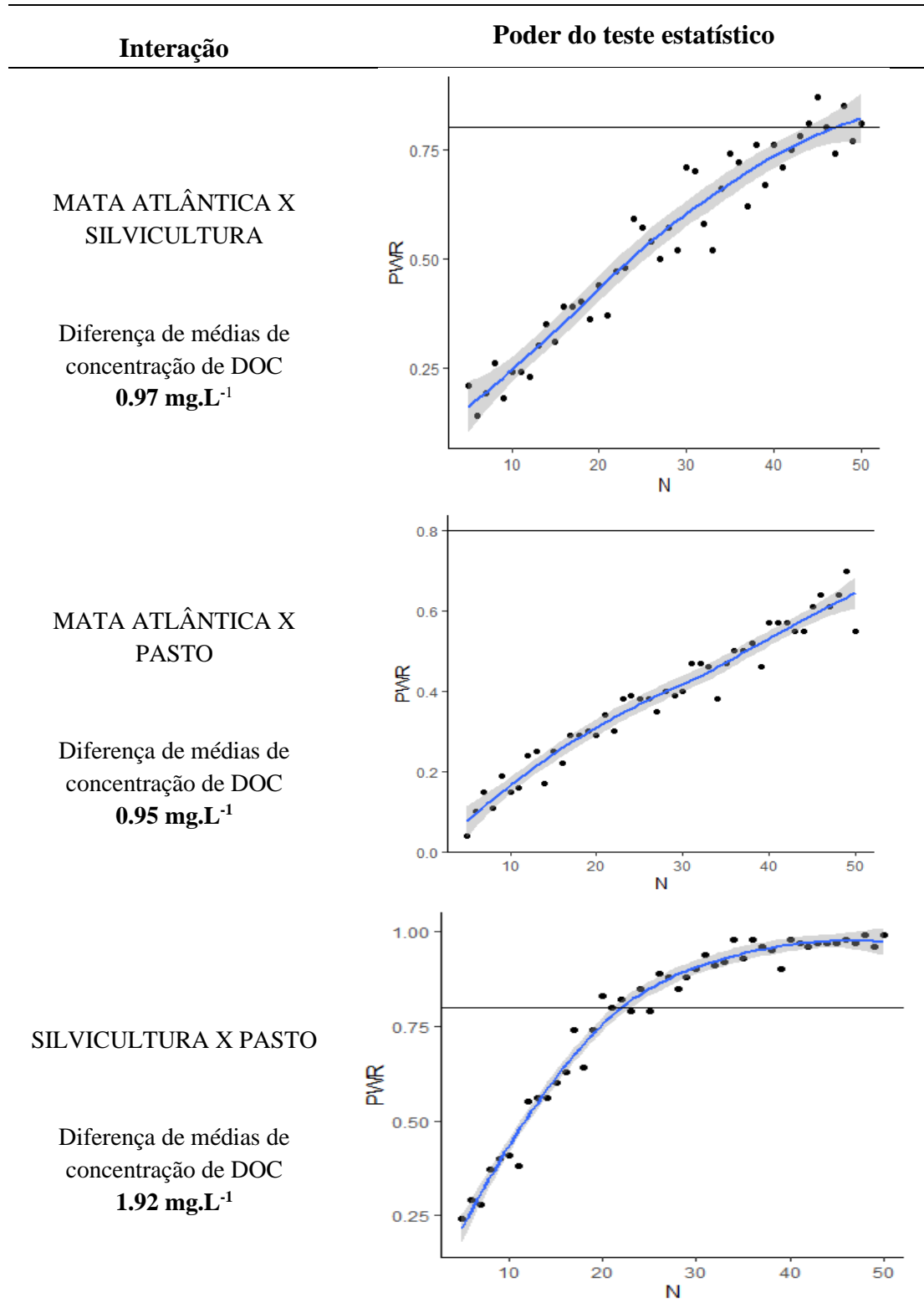


Tabela S-4 – Análise experimental que verifica o N amostral necessário para obter 80% de poder de testes estatísticos capazes de detectar as diferenças nas médias de concentração de DOC entre as estações secas e chuvosas, a partir do desvio padrão dos valores obtidos.

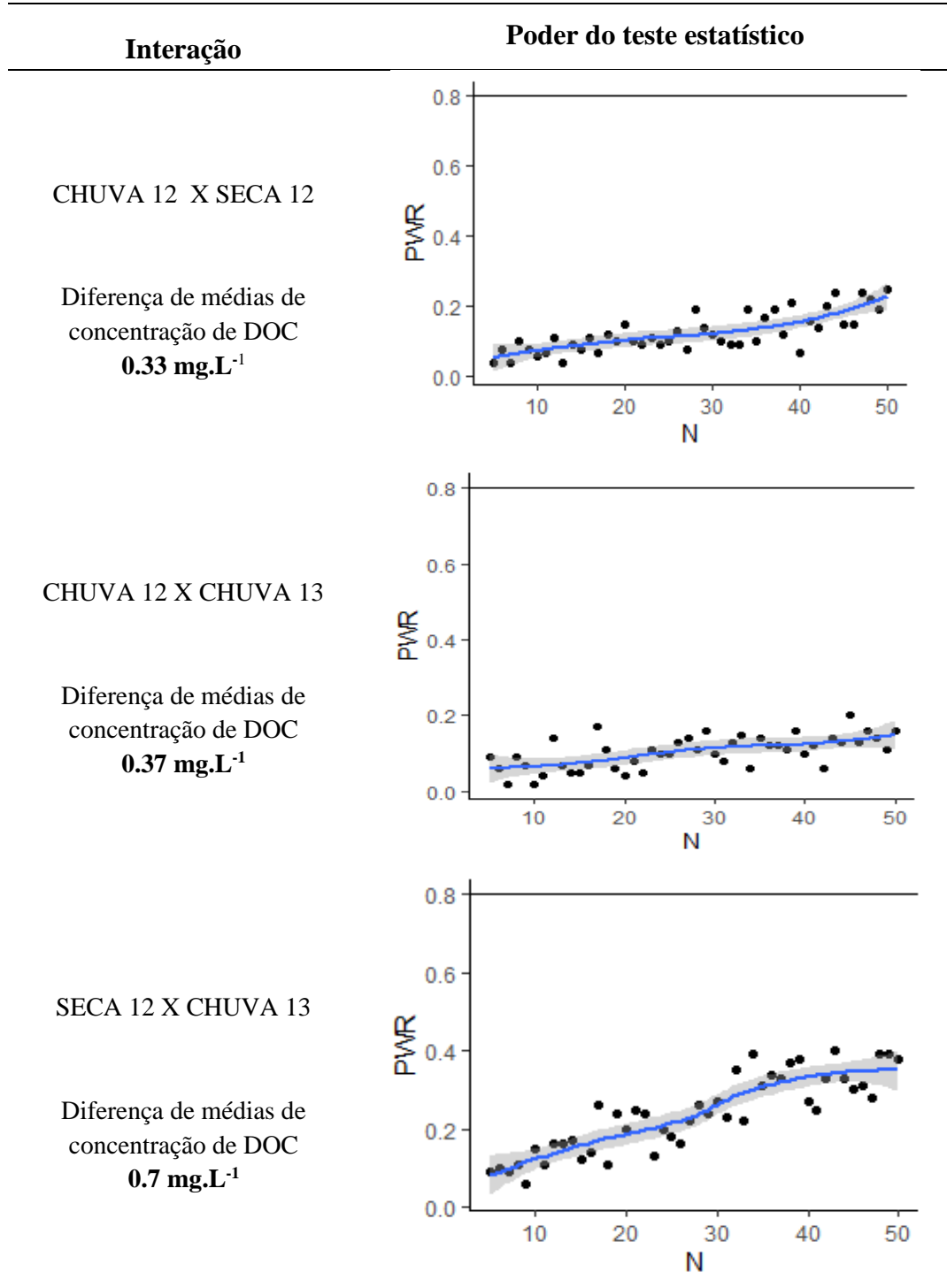
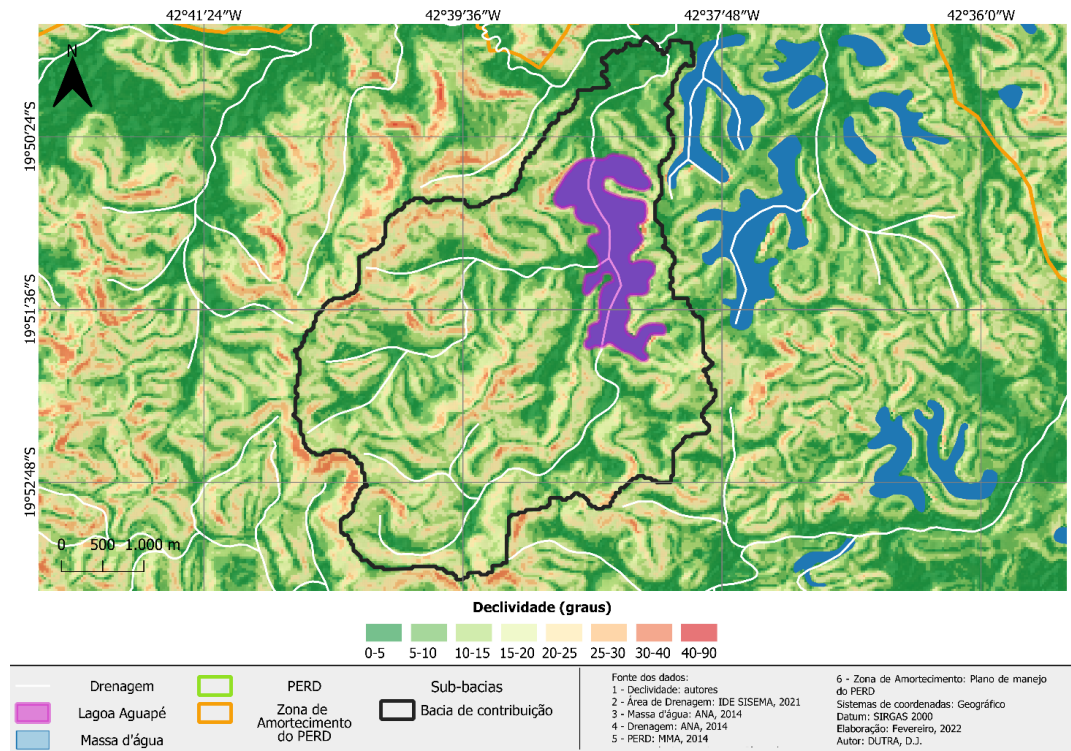
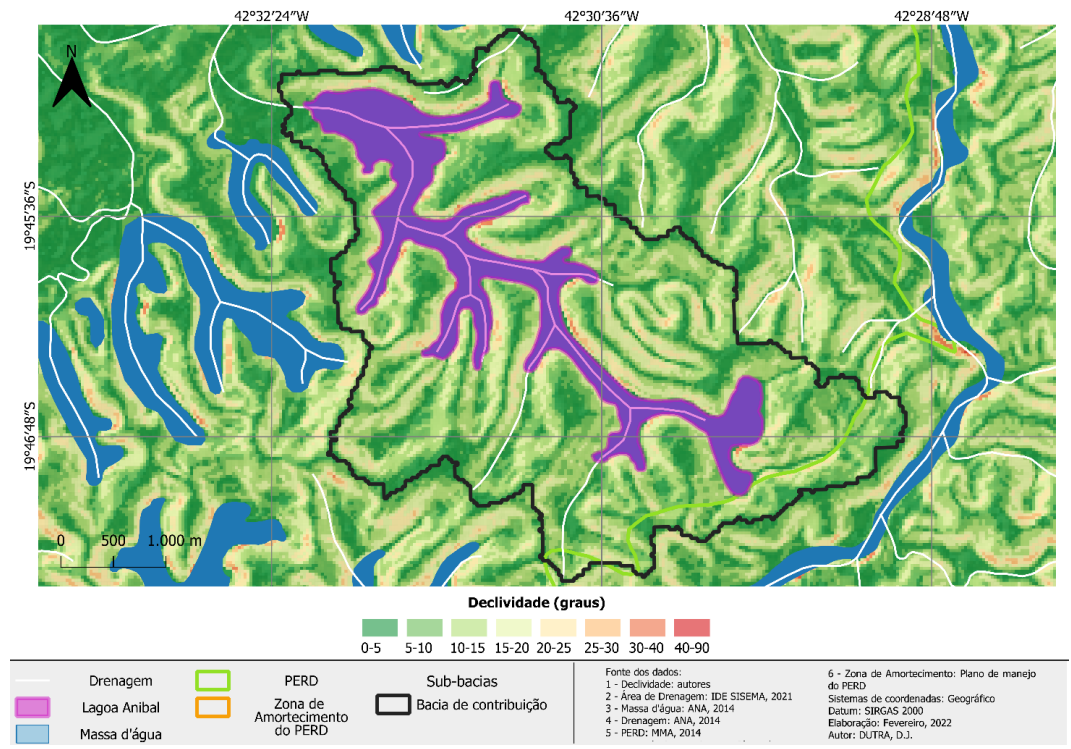


Figura S-1 – Mapas de área de drenagem das lagoas da área de estudo

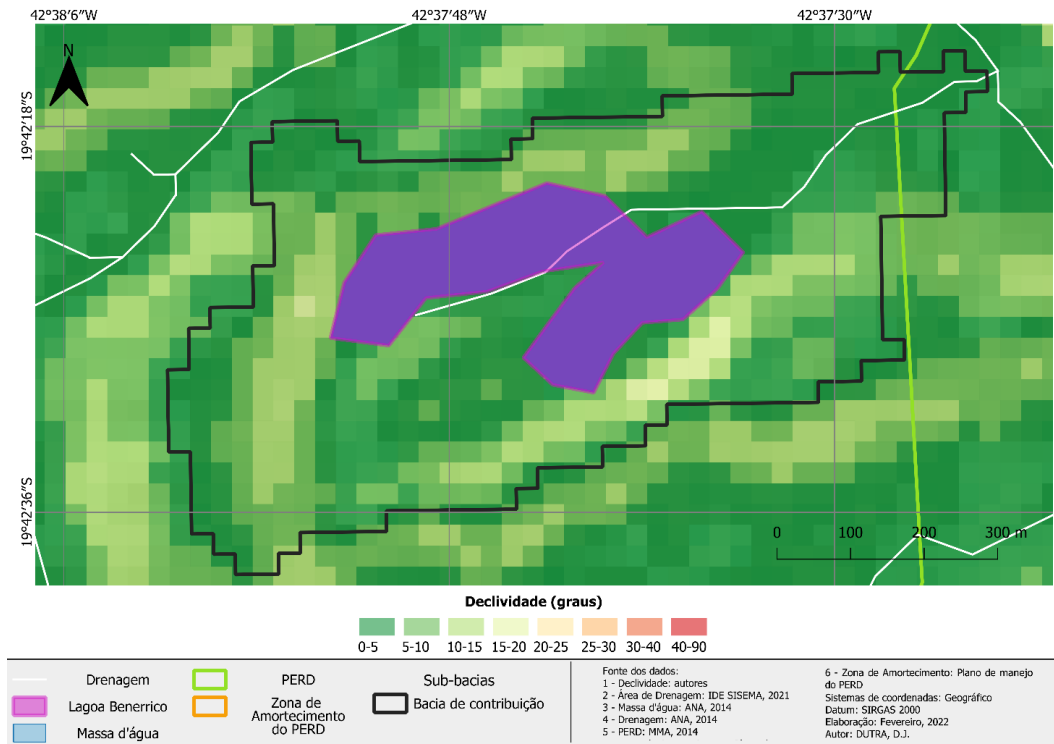
A)



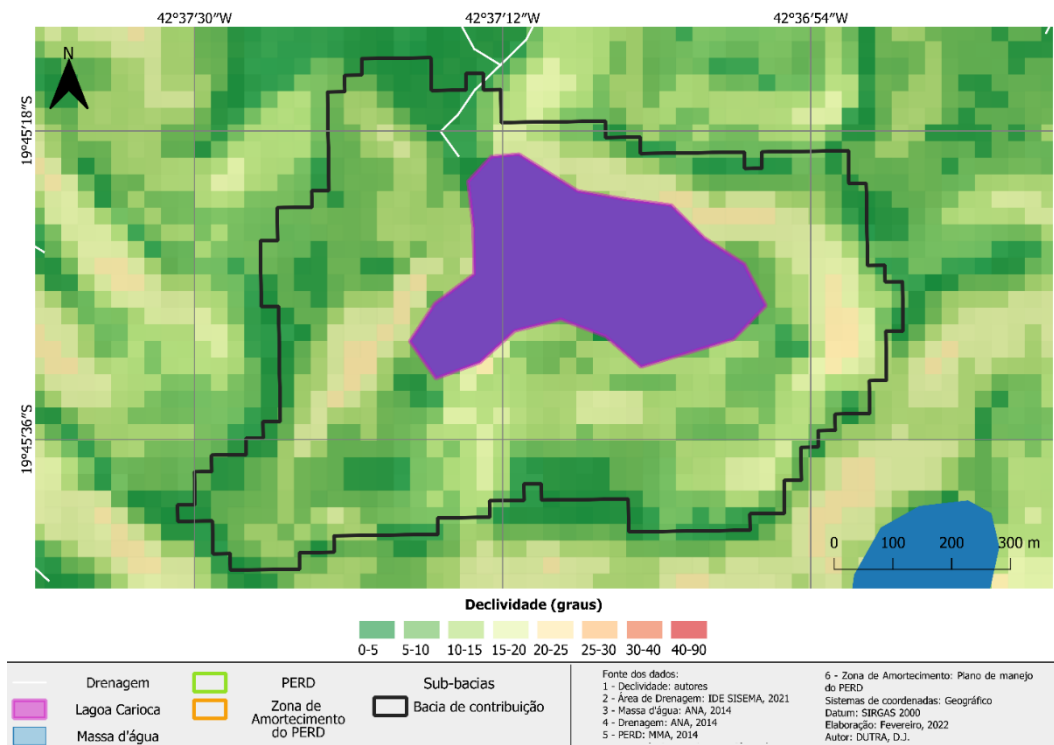
B)



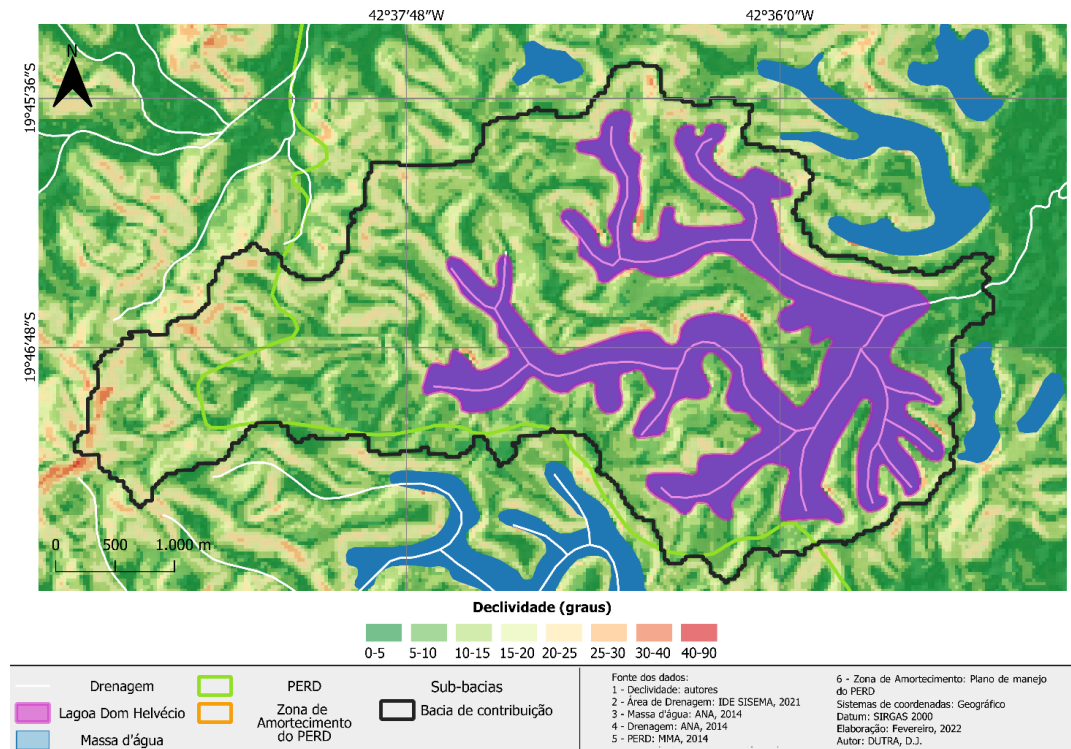
C)



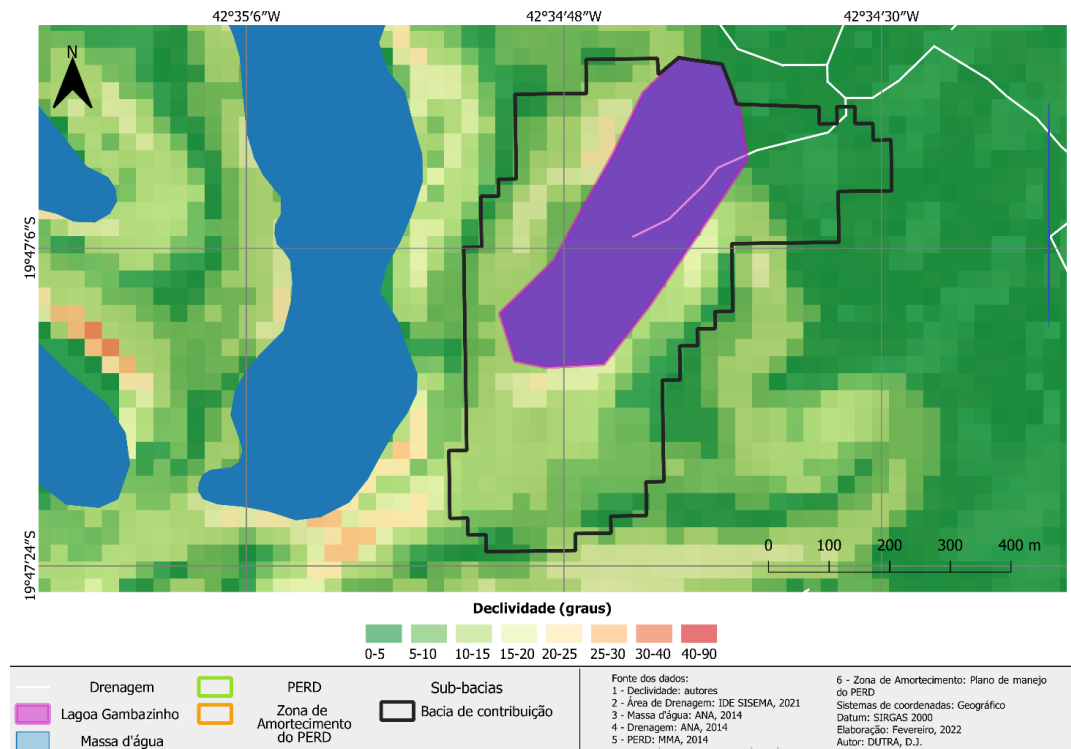
D)



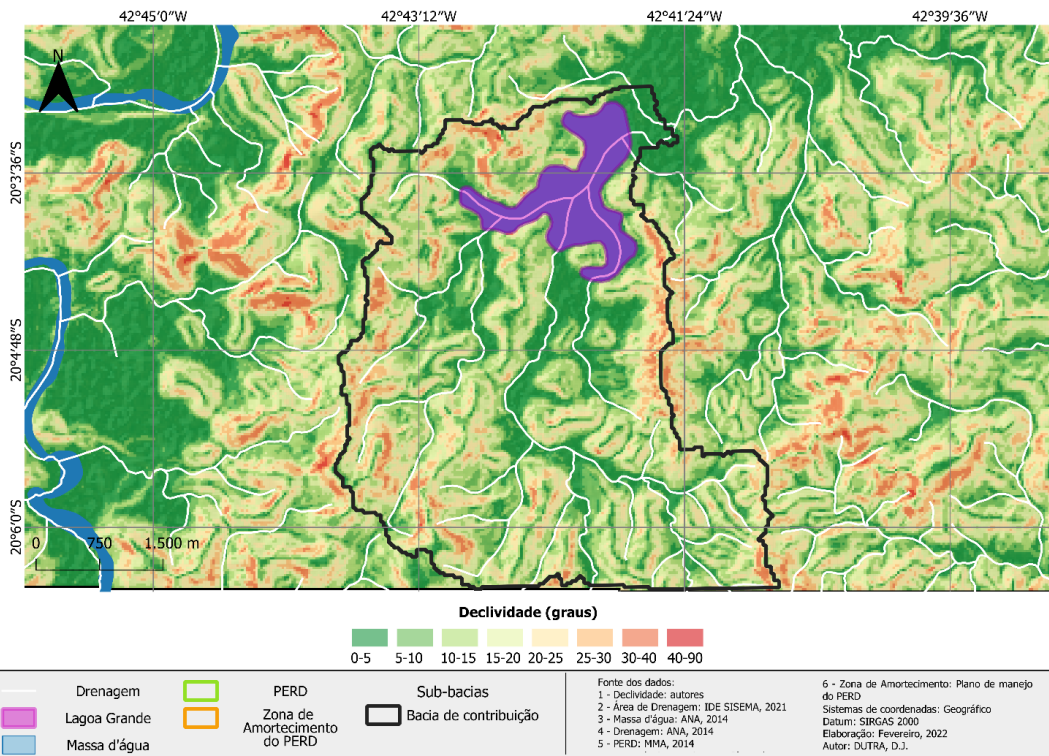
E)



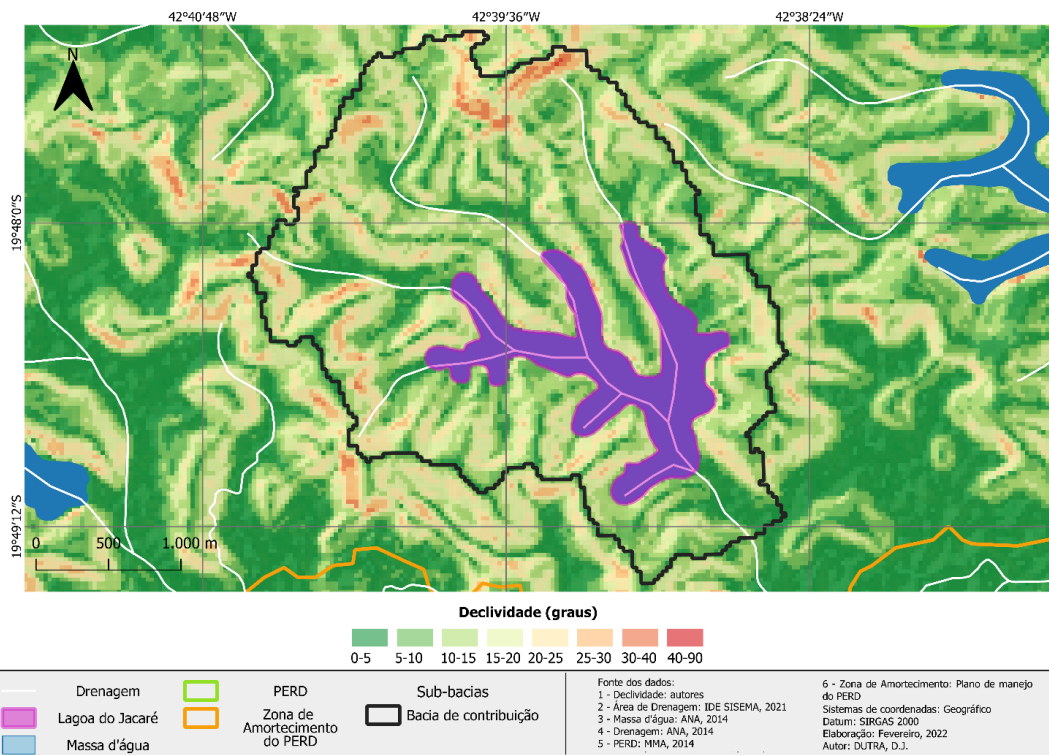
F)



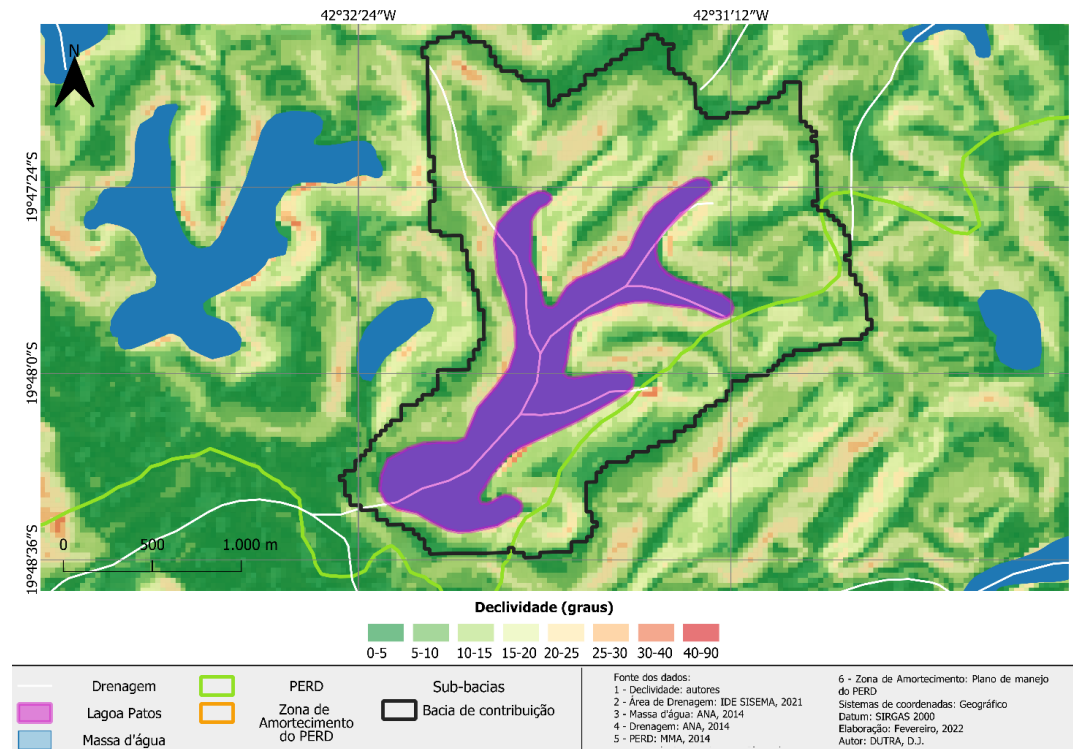
G)



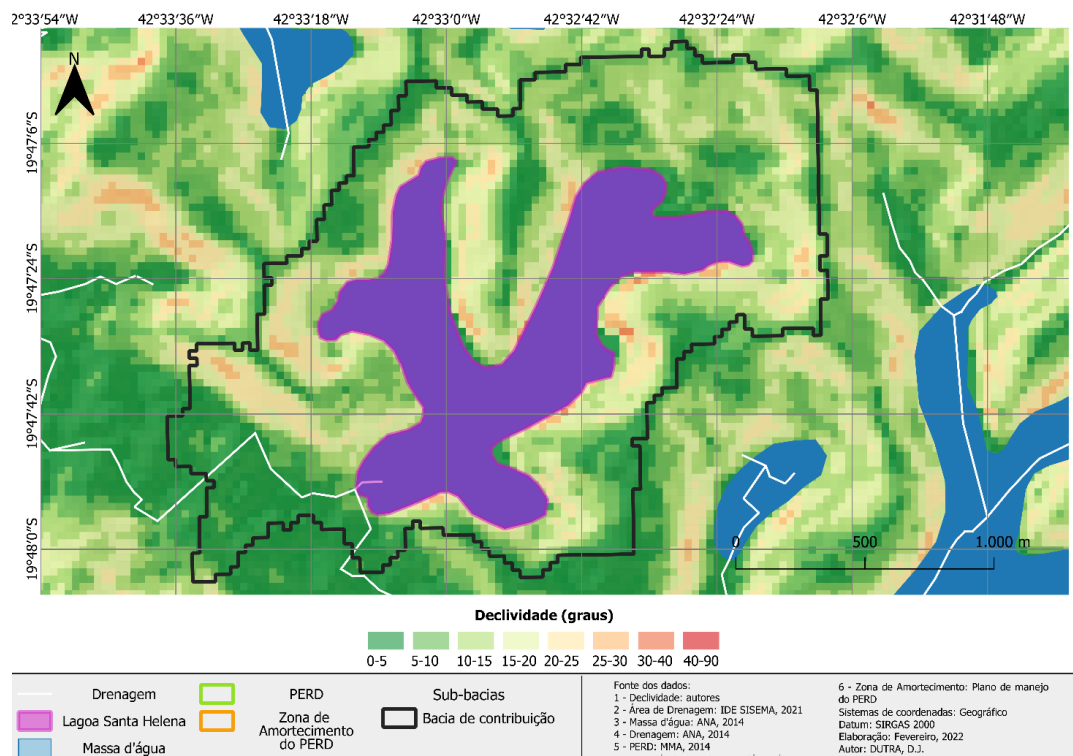
H)



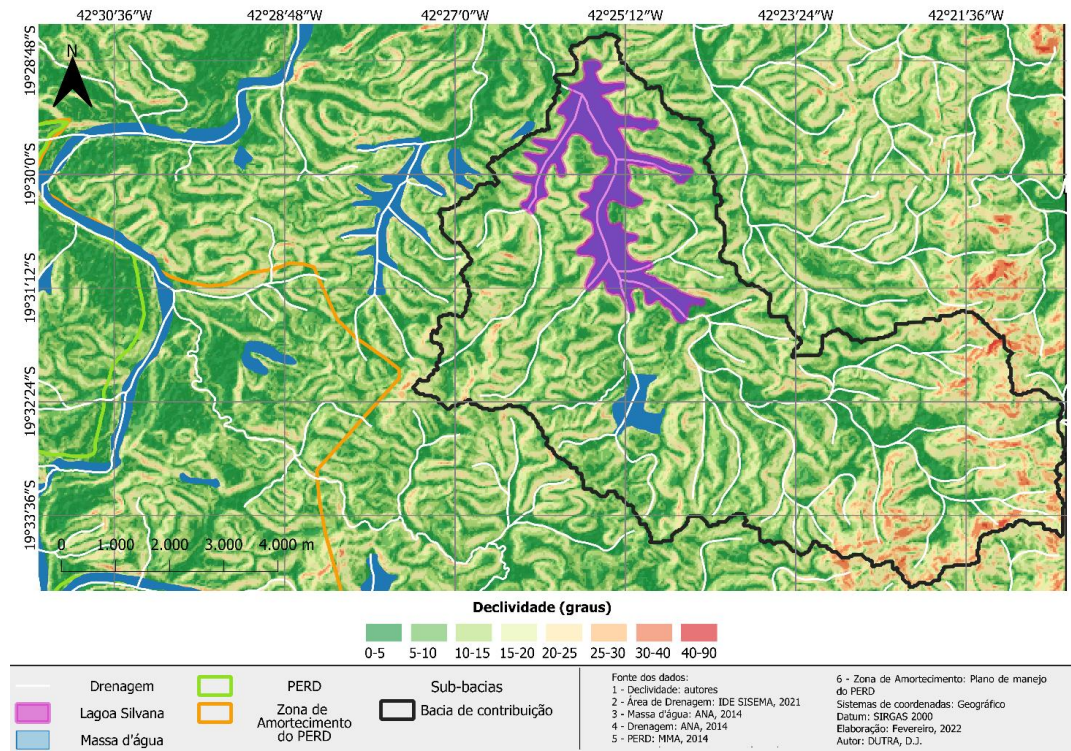
D)



J)



K)



L)

