



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DAS ÁGUAS  
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**KESIANE MAGNO SANTOS**

**GÊNERO *Frustulia* RABENHORST, 1853 (BACILLARIOPHYCEAE) EM  
IGARAPÉS DA REGIÃO DA CALHA NORTE (PARÁ- BRASIL): TAXONOMIA**

**Santarém – Pará  
2023**

**KESIANE MAGNO SANTOS**

**GÊNERO *Frustulia* RABENHORST, 1853 (BACILLARIOPHYCEAE) EM  
IGARAPÉS DA REGIÃO DA CALHA NORTE (PARÁ- BRASIL): TAXONOMIA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Bacharelado em  
Ciências Biológicas da Universidade Federal  
do Oeste do Pará, para a obtenção do título  
de Bacharel em Ciências Biológicas.  
Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andreia Cavalcante  
Pereira

**Santarém – Pará  
2023**

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

---

- S237g Santos, Kesiane Magno  
Gênero *Frustulia Rabenhorst*, 1853 (Bacillariophyceae) em igarapés da Região da Calha Norte (Pará - Brasil): Taxonomia. / Kesiane Magno Santos. – Santarém, 2023. 39 p.: il.  
Inclui bibliografias.
- Orientadora: Andreia Cavalcante Pereira.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Curso Bacharelado em Ciências Biológicas.
- I. Cursos d'água. 2. Amazônia. 3. Descrição de espécies. 4. Diatomáceas. I. Pereira, Andreia Cavalcante, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 551.48098115


**KESIANE MAGNO SANTOS**

**GÊNERO *Gomphonema* EHRENBERG, 1832 (BACILLARIOPHYCEAE) EM IGARAPÉS E RIOS DA REGIÃO CALHA NORTE (PARÁ, BRASIL): TAXONOMIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Oeste do Pará, para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.


Conceito: APROVADA

Data da aprovação: 07/06/2023

Documento assinado digitalmente  
 ANDREIA CAVALCANTE PEREIRA  
Data: 19/06/2023 15:33:58-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Profa. Dra. Andreia Pereira - Orientadora  
Universidade Federal do Oeste do Pará

Documento assinado digitalmente  
 EVELEISE SAMIRA MARTINS CANTO  
Data: 19/06/2023 20:53:48-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profa. Dra. Eveleise Samira Martins Canto  
Universidade Federal do Oeste do Pará

Documento assinado digitalmente  
 SERGIO DE MELO  
Data: 19/06/2023 18:55:36-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Sérgio de Melo  
Universidade Federal do Oeste do Pará

Dedico a minha família, meu esposo Joel Moreira e meus filhos Pedro Vitor e João Lucas que são a base para esta conquista, que me deram forças nos momentos de dificuldade.

À minha mãe Lidia Magno um exemplo de força, uma mulher guerreira.

A minha vózinha Leonor Magno e meus tios Analdo Magno e Léia Magno que “combateram o bom combate, acabaram a carreira e guardaram a fé”.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, pela vida, saúde, força, direção e sabedoria que me garantiu, mais uma vitória. Toda honra, toda glória, toda adoração sejam dadas ao Senhor.

À professora, Dr.<sup>a</sup> Andreia Cavalcante Pereira pela presteza das orientações, pela paciência, ensinamentos, sem o qual este trabalho não teria a mesma qualidade. Foi um privilégio ter você como minha orientadora, muito obrigada por abrir as portas do seu laboratório e me acolher tão bem, também pela confiança, respeito, conversas e conselhos você é **“minha malvada favorita”**.

As minhas parceiras de laboratório, Ana, Alice, Gabriele, Ivone, Jannah, Luana, Luanna, Larissa, Talia e Maira, vocês são maravilhosas, me ajudaram muito desde o primeiro dia até finalizar esse ciclo, Jannah e Talia me ajudaram nas fotos, Gabi me ensinou a fazer as pranchas, Ivone, Luana e Luanna me ajudaram a identificar as espécies, foram inúmeras contribuições para realização desse trabalho. Valeu, meninas!!!!

As minhas amigas e irmãs que ganhei ao longo desses anos, Aline Maelen, Claudiane, Daniela, Ivone, Josiane, Natália e Reniandria, pelo suporte e encorajamento, vocês foram essenciais nessa jornada as melhores babás da universidade, sem vocês tudo seria muito difícil. Foram momentos de alegria e companheirismo que levarei para sempre em meu coração, amigas da faculdade para a vida. “As bunita” obrigada!

À minha mãe pelas orações poderosas e palavras de conforto, minhas irmãs, Katicilene, Katiciane, Katecione, Kennedy e Lidiene.

As minhas irmãs em Cristo que dobraram os joelhos e me ajudaram em oração.

Ao meu filho Pedro Vitor que foi meu braço direito e esquerdo o melhor irmão do mundo, compartilhou comigo momentos de alegria e lágrimas, você foi incrível cuidando de seu irmão João Lucas que nasceu durante esse período essa conquista é nossa. Amo vocês!

Ao meu companheiro de vida Joel Moreira pela compreensão, incentivo, investimento e esforço sem medidas para a realização desse sonho. Obrigada querido.

Muitos são os planos no coração do homem, mas é o propósito do SENHOR que prevalece. (Provérbios 19:21)

## RESUMO

A bacia hidrográfica amazônica constitui a maior rede hidrográfica do planeta. É composta de diversos tipos de corpos d'água desde grandes rios, lagos e numerosos pequenos igarapés. Estudos nos ambientes aquáticos da Amazônia tem demonstrado elevada riqueza de espécies do gênero *Eunotia* e *Pinnularia*, sendo escassos para o gênero *Frustulia* por exemplo. Para o Estado do Pará, a contribuição pioneira de material para Bacillariophyceae foi realizado por Dickie, com amostras oriundas dos rios Trombetas, Tapajós e Tocantins e das cidades de Óbidos e Santarém. O principal objetivo do presente trabalho foi realizar um estudo taxonômico das espécies de *Frustulia* e a sua distribuição em igarapés amazônicos. Coletas foram realizadas em seis igarapés nos meses de janeiro e dezembro na região da Calha Norte nos municípios de Alenquer e Monte Alegre, Estado do Pará. As amostras de plâncton foram obtidas com auxílio de rede e as de perifíton por coleta e remoção das diatomáceas aderidas a rochas e plantas. Foram confeccionadas lâminas permanentes contendo material oxidado. Um total de 13 táxons foi identificado, sendo uma espécie, *F. quadrissinuata*, primeira citação para Amazônia brasileira e, quatro citações pioneiras para o estado do Pará: *F. acidophilissima*, *F. crassinervia*, *F. saxoneotropica* e *F. undosa*. Por outro lado, *F. saxonica* e *F. undosa* foram comuns em todos os igarapés analisados. Considerando a enorme presença da rede de igarapés na região estudada, onde existem, até o momento, ambientes não explorados por cientistas, consideramos que a identificação sobre a flora do gênero *Frustulia* encontra-se em fase inicial e a continuidade dos estudos se faz necessária para ampliar o conhecimento do referido gênero e demais representantes de microalgas.

**Palavras-Chave:** Amazônia. Cursos d'água. Descrição de espécies. Diatomáceas.



## ABSTRACT

The Amazon hydrographic basin constitutes the largest hydrographic network on the planet. It is composed of several types of water bodies from large rivers, lakes and numerous small streams. Studies in the aquatic environments of the Amazon have shown a high species richness of the genus *Eunotia* and *Pinnularia*, being scarce for the genus *Frustulia*, for example. For the State of Pará, the pioneer contribution of material for Bacillariophyceae was carried out by Dickie, with samples from the Trombetas, Tapajós and Tocantins rivers and from the cities of Óbidos and Santarém. The main objective of the present work was to carry out a taxonomic study of *Frustulia* species and their distribution in Amazonian streams. Collections were carried out in six streams in January and December in the Calha Norte region in the municipalities of Alenquer and Monte Alegre, State of Pará. The plankton samples were obtained using a net and the periphyton samples by collecting and removing diatoms attached to rocks and plants. Permanent slides containing oxidized material were made. A total of 13 taxa were identified, one species, *F. quadrissinuata*, the first citation for the Brazilian Amazon, and four pioneer citations for the state of Pará: *F. acidophilissima*, *F. crassinervia*, *F. saxoneotropica* and *F. undosa*. On the other hand, *F. saxonica* and *F. undosa* were common in all analyzed streams. Considering the enormous presence of the network of igarapés in the region studied, where there are, until now, environments not explored by scientists, we consider that the identification of the flora of the genus *Frustulia* is in its initial phase and the continuity of the studies is necessary to expand the knowledge of that genus and other representatives of microalgae.

**Keywords:** Amazon. Water courses. Species description. Diatoms.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização geográfica dos pontos de amostragens.....	15
Figura 2 - Vista valvar do gênero <i>Frustulia</i> .....	21
Figura 3 - Vista valvar do gênero <i>Frustulia</i> .....	23
Figura 4 - Vista valvar do gênero <i>Frustulia</i> .....	25
Figura 5 - Vista valvar do gênero <i>Frustulia</i> .....	27
Figura 6 - Vista valvar do gênero <i>Frustulia</i> .....	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Referências das amostras coletadas na região Calha Norte indicando o número de registro no herbário (HSTM-UFOPA), números de tombo, pontos de coleta, sigla, coordenadas geográficas, data da coleta e tipo de amostra (P=plâncton e Pe=perifíton) .....	17
Tabela 2 - Riqueza e distribuição dos táxons de <i>Frustulia</i> com base na presença e ausências nos igarapés estudados (+ presença; - ausência) em 2020. E = Esporádicas, R = Frequentes, C = Constante, R = Raras .....	32

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
2.1 Objetivo Geral .....	17
2.2 Objetivos Específicos .....	17
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
3.1 Área de Estudo .....	18
3.2 Amostragem .....	19
3.3 Preparação de amostra (procedimento laboratorial) .....	20
3.4 Identificação .....	21
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>22</b>
4.1 Composição Taxonômica .....	22
4.1.1 Sistema de classificação do gênero <i>Frustulia</i> .....	22
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>37</b>
1. Identificação do autor .....	14
2. Identificação da obra.....	14
3. Informação de disponibilização do documento: .....	14
4. Termo de autorização.....	14

## 1 INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica amazônica constitui a maior rede hidrográfica do planeta em termos de área de drenagem e vazão estendendo-se aproximadamente sete milhões de quilômetros quadrados (SILVA, 2010). É composta de diversos tipos de corpos d'água desde grandes rios, lagos e numerosos pequenos igarapés (JUNK *et al.*, 1983).

Definidos como pequenos cursos d'água navegáveis os igarapés são componentes indispensáveis das florestas tropicais, formando uma heterogeneidade estrutural (LIMA; GASCON, 1999). O excessivo sombreamento oriundo da intensa cobertura da vegetação sobre o leito dos igarapés, diminuindo a quantidade de luz no sistema, resultando em baixa produção primária, e reduzida biomassa de algas e macrófitas aquáticas (JUNK & FURCH, 1985; WALKER, 1995; LOWE-MCCONNELL, 1999) As algas diatomáceas destacam-se pela adaptação cromática, característica favorável para esse tipo de ambiente aquático (SOMMER, 1988).

A divisão Bacillariophyta é composta por um dos mais diversos grupos de algas, denominadas diatomáceas (ROUND *et al.* 1990). REVIERS, (2006) reconhece a existência de 285 gêneros entre 10.000 a 12.000 espécies descritas, porém, para (SMOL; STOERMER, 2010) com o uso de novas ferramentas tecnológicas de microscopia eletrônica o número de espécies na natureza pode subir. São organismos protistas, unicelulares, eucariontes, possuem formas solitárias as vezes formam colônias, com reprodução assexuada e sexuada, apresentam tamanhos entre 2 a 200µm (ROCHA, 2008; KOOISTRA *et al.*, 2007).

O grupo das diatomáceas fazem parte do fitoplâncton, sendo responsáveis por uma grande parte da produção de oxigênio na atmosfera grande importância ecológica como produtores primários. São geograficamente de ampla distribuição, habitando nos diferentes ecossistemas desde ambientes aquáticos, aos mais variados substratos em ambientes terrestre, presentes em superfícies úmidas e ambientes extremos (ESTEVES, 2011; ARMBRUST, 2009; REVIERS 2006; MORENO *et al.*, 1996). Podem ser de vida livre ou habitar vários substratos, conforme a preferência de habitat são classificadas como, solo (edáficas), rochas (epilíticas), plantas, (epífita, quando habita o tronco) e (epífila, quando habita as folhas), animais (epizóicas), grãos de areia (episamon) ou sedimento (epipelon) (ROUND *et al.*, 1990).

Existe uma estrutura específica na morfologia das diatomáceas denominadas frústulas. A frústula apresenta uma parede celular silicosa e consiste em três partes, duas valvas sobrepostas e o cingulo, dessa forma a epiteca é formada pela epivalva parte maior mais epicingulo, já a hipoteca compõem-se da hipovalva parte menor mais hipocingulo (ROUND *et al.*, 1990). As diversas formas e tamanhos e diferentes ornamentações das frústulas de diatomáceas, possibilita a identificação taxonômicas desse grupo (SMOL; STOERMER, 2010). A simetria dessa frústula classifica as diatomáceas em dois grupos distintos: a ordem Centrales, são as diatomáceas cêntricas, cuja estrutura da valva possui simetria radial, e ordem Pennales, diatomáceas penadas, estrutura valvar com simetria bilateral (WETHERBEE *et al.*, 1998). Neste contexto, as diatomáceas são divididas em 3 classes: Coscinodiscophyceae, quando cêntricas, Bacillariophyceae, penadas e com rafe, e Fragilariophyceae, simetria bilateral a ausência de rafe (ROUND *et al.*, 1990).

Consideradas como excelentes indicadoras das condições de qualidade dos ecossistemas aquáticos as diatomáceas têm ganhado destaque em estudos de biomonitoramento (LOBO *et al.*, 2004; SOININEN *et al.*, 2004; MORAIS *et al.*, 2018). O papel ecológico como bioindicadoras ambientais, é devido principalmente responderem rapidamente às diferentes modificações ocorridas nos corpos hídricos, como por exemplo, eutrofização (ROUND *et al.*, 1990; SMOL; STOERMER, 2010).

Estudos taxonômicos de diatomáceas nos ambientes aquáticos da Amazônia tem demonstrado elevada riqueza de espécies, principalmente para os gêneros *Eunotia* e *Pinnularia*. Considerando abordagens com o gênero *Frustulia*, são poucos os estudos abordando taxonomicamente em apenas nas publicações de METZELTIN; LANGE-BERTALOT (1998, 2007) e DÍAZ-CASTRO *et al.* (2003).

O gênero *Frustulia* integra a ordem Naviculales que foi estabelecida por Bessey, em 1907 e posteriormente foi emendada por D.G. Mann (Citar o trabalho do Mann). Essa ordem é composta por 18 famílias e aproximadamente 139 gêneros, uma das mais representativas dentro da classe Bacillariophyceae com aproximadamente 5.700 espécies (GUIRY; GUIRY, 2020), a maioria dos representantes ocorrem em águas doces (PATRICK; REIMER, 1966). Família Amphipleuraceae é uma das famílias que pertencem a ordem Naviculales na qual encontram-se, de acordo com Round *et al.* (1990), gêneros *Amphipleura*, *Frustulia*, *Frickea* e *Cistula*.

As espécies do gênero *Frustulia* caracterizam-se por apresentar células solitárias posicionada na visão da válvula e apresenta plastídios em forma de H. As

espécies deste gênero, habitam água doce a ligeiramente salobra. São epipélica ou largamente associada a macrófitas. É facilmente diferenciada de outros táxons pelo contorno e estrutura valvar. As margens laterais podem variar de lisas até onduladas. Valvas linear-lanceoladas a lanceoladas. Sistema da rafe reto ou ligeiramente biarcuado (ROUND *et al.*, 1990). Apresenta costelas silicosas internamente, chamados de nervuras longitudinais, em ambos os lados da rafe. (ROUND *et al.*, 1990; LANGE-BERTALOT, H. 2001).

No ápice das espécies de *Frustulia*, as nervuras longitudinais se fundem distalmente com a helictoglossa formando um nódulo semelhante a uma “ponta de lápis”, onde o tamanho e a forma também podem ser usados para distinguir as espécies. Terminações centrais da rafe interna simples, externamente, as extremidades proximais da rafe são retas ou em forma de T. As extremidades distais são retas ou em forma de T externamente, enquanto internamente terminam em helictoglossa. A estrutura da rafe é uma característica aparente suficiente para separar *Frustulia* de outros gêneros da Família Amphipleuraceae. Para *Amphipleura* Kützing (com ramos da rafe restritos às extremidades valvares) e *Frickea* Heiden (em que o helictoglossa nunca se fundem com as costelas, sendo estas separadas da fenda da rafe por pelo menos duas fileiras de aréolas (ROUND *et al.*, 1990).

No norte do Brasil, em especial para o Estado do Pará, a contribuição pioneira de material para Bacillariophyceae foi realizado por Dickie, com amostras oriundas dos rios Trombetas, Tapajós e Tocantins e das cidades de Óbidos e Santarém. Metzeltin & Lange-Bertalot, (1998, 2007) citaram para a região da Amazônia sete espécies, a saber: *F. crassipunctata* (Metzeltin & Lange-Bertalot) encontrada no Rio Tapajós; *F. magna* (Metzeltin & Lange-Bertalot) para o Lago Calado e Rio Negro; *F. saxoneotropica* (Metzeltin & Lange-Bertalot) encontradas no Igarapé do Tento e Lago Jurucuí; *F. magaliesmontana* (Metzeltin & Lange-Bertalot) encontrada no Rio Amazonas; *F. saxonica* (Rabenhorst, 1853) encontrada no Rio Tapajós; *F. sanctaraerosae* (Lange-Bertalot & Sterrenburg) encontrada no Lago Jurucuí; *F. turfosa* (Metzeltin & Lange-Bertalot) encontrada no Rio Arapiuns. Dentre estes, *F. saxoneotropica* é oriunda como espécie típica no igarapé do Tento, Estado do Pará.

Essas publicações fornecem uma análise morfológica da assembleia de *Frustulia*, permitindo o conhecimento taxonômico do grupo. Considerando a contribuição científica sobre o gênero nos ambientes aquáticos da Amazônia e

levando em consideração a extensa rede hidrográfica, estudos que apresentam informações taxonômicas e ecológicas são ínfimos, indicando a necessidade de ampliar o conhecimento da diversidade deste grupo. Neste contexto, o principal objetivo do presente trabalho foi realizar um estudo taxonômico das espécies de *Frustulia* e a sua distribuição em igarapés amazônicos.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Realizar um estudo taxonômico das espécies de *Frustulia* Rabenhorst (Bacillariophyceae) em igarapés da região Calha Norte no Estado do Pará.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Identificar e caracterizar espécies de *Frustulia* Rabenhorst (Bacillariophyceae) em ambientes aquáticos da região Calha Norte.

Registrar as variabilidades morfológicas e morfométricas de *Frustulia*, contribuindo e ampliando com o conhecimento e distribuição geográfica na região Norte do Brasil.

Avaliar a frequência de ocorrência dos táxons através do índice de constância das espécies em ambientes distintos.

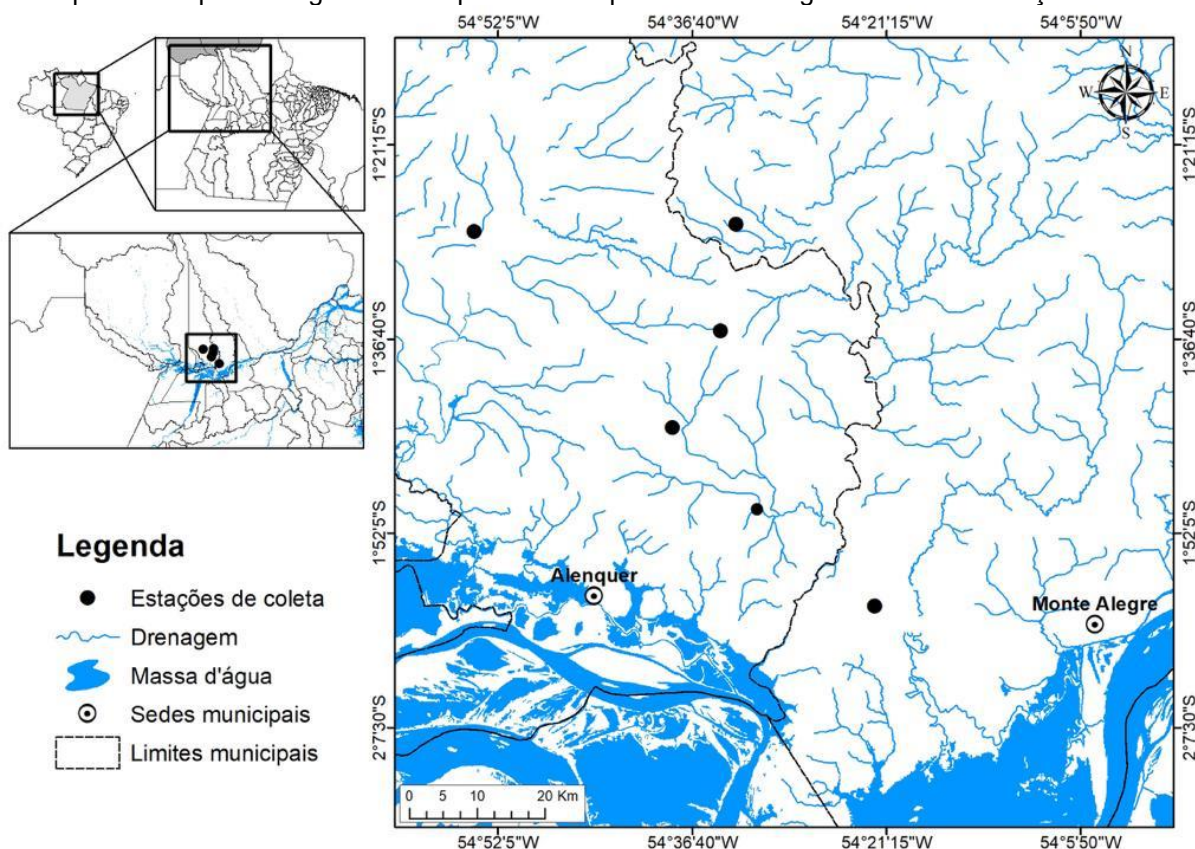
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de Estudo

A região da Calha Norte é uma das sete regiões hidrográficas do Estado do Pará, localizando-se na Mesorregião do Baixo Amazonas, ocupa uma área que perfaz 22% da área estadual, sendo compreendida pelas Bacias dos Rios Nhamundá, Trombetas, Cuminapanema, Maecurú, Parú e Jarí. É formada por nove municípios: Faro, Terra Santa, Oriximiná, Óbidos, Curuá, Alenquer, Monte Alegre, Prainha e Almerim.

A área de estudo incluiu cinco igarapés localizados em dois municípios que compõe a Calha Norte paraense, Alenquer e Monte Alegre (FIGURA 1).

Figura 1 – Localização geográfica indicando a área de estudo, parte da região hidrográfica da Calha Norte paraense que abrange os municípios de Alenquer e Monte Alegre e das cinco estações de coleta.



Fonte: Luan Imbiriba (2023).

O município de Monte Alegre, está localizado às margens do Rio Amazonas na porção noroeste do estado do Pará na Microrregião de Santarém, ocupando uma

área aproximada de 20.400 km<sup>2</sup> (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.* 1999), onde mais de 50% dessa área são áreas protegidas, excepcional em recursos naturais, apresenta grande números de igarapés e áreas de várzea, constituindo um ambiente preservado (BRASIL, 2009). De acordo com dados do IBGE (2021) a estimativa de sua população é de 58.289 habitantes, com densidade demográfica de 3,06 hab./km<sup>2</sup>.

A rede hidrográfica do município é constituída por três bacias, que têm como principais cursos d'água os rios Amazonas, Maecuru e Jauari, respectivamente. Além dos referidos rios, integram essas bacias inúmeros lagos, igarapés e paranás, além de outros cursos d'água de menor porte (BRASIL, 2009)

O município de Alenquer-PA, situa-se na mesorregião do Baixo Amazonas e pertence à Sub-bacia do Rio Tapajós (RODRIGUES, 2018). Limita-se ao norte com os municípios de Óbidos e Monte Alegre, ao sul, com Santarém e Juruti, a leste, com Monte Alegre e a oeste, com Curuá e Óbidos. O município ocupa uma área territorial de 23.645,452 km<sup>2</sup>, com densidade demográfica de 2,23hab/km<sup>2</sup>, a população totaliza 57.390 habitantes (IBGE, 2021). No Município de Alenquer o rio Amazonas e o rio Curuá, são as maiores influências desta sub-bacia na região (SZLAFSZTEIN; JUNIOR, 2013). Parte do município localiza-se nas áreas sujeitas à inundação, por sua localização em baixa altitude e nos domínios da Planície Amazônica, apresentando numerosos setores atingidos no período da enchente (JUNIOR; SZLAFSZTEIN, 2010).

### **3.2 Amostragem**

O material estudado foi coletado em seis igarapés no ano de 2020, sendo três amostras perifíticas coletadas em janeiro, um planctônica em janeiro e duas perifíticas em dezembro, totalizando seis amostras.

A amostra planctônica foi obtida com auxílio de uma rede de plâncton com abertura de malha 20 µm, através de arrastos verticais e horizontais. Já o material perifítico obtido através de raspagens com escova de dente, aplicando jatos de água destilada cuidadosamente, sobre pedaços de rochas e parte de plantas aquáticas.

As amostras foram condicionadas em frascos de vidro de 100 mL e fixadas com solução de Transeau na proporção 1:1 (BICUDO; MENEZES, 2006). Posteriormente etiquetado e contendo as seguintes informações: local, data e horário de amostragem, posterior o estudo foram depositadas no Herbário da Universidade Federal do Oeste do Pará – HSTM, que estão especificados na Tabela 1.

Tabela 1 – Referências das amostras coletadas na região Calha Norte indicando o número de registro no herbário da Universidade Federal do Oeste do Pará (HSTM-UFOPA), números de tombo, pontos de coleta, sigla, coordenadas geográficas, data da coleta e tipo de amostra (P=plâncton e Pe= perifíton).

Herbário	Material Examinado				Tipo de
HSTM	Igarapés	Sigla	Coordenadas	Data	Amostra
16938	Pancada	IPA	01°28'08" S 54°53'59" W	17/10/2020	P
16922	Fazenda Sem Permissão	ISP	01°43'41" S 54°38'15" W	13/01/2020	Pe
16904	Murumuru	IMU	01°57'52" S 54°22'09" W	09/01/2020	Pe
16982	Espingarda	IES	01°27'32" S 54°33'12" W	07/12/2020	Pe
16920	Boa Água	IBA	01°35'59" S 54°30'26" W	13/01/2020	Pe
16975	Setor 12	IS12	01°29'47" S 54°15'6" W	04/12/2020	Pe

Fonte: Kesiane Santos e Andreia Cavalcante (2023)

### 3.3 Preparação de amostra (procedimento laboratorial)

Para o estudo das diatomáceas as amostras foram tratadas quimicamente no Laboratório de Ecologia e Taxonomia de Algas para retirada de matéria orgânica, segundo o método de oxidação de Stosch (1970), que utiliza igual volume da amostra de ácido nítrico a três vezes o volume da amostra de ácido sulfúrico levando-se ao fogo brando por um período de tempo equivalente a três minutos, efetuando posteriormente, sucessivas lavagens com água destilada para a eliminação do excesso de ácido.

Para confecções das lâminas permanentes, o material oxidado foi montado entre lâminas e lamínulas com resina Naphrax (Índice de refração 1,74) como meio de colagem. De cada amostra foram montadas entre 3 a 5 lâminas permanentes.

### 3.4 Identificação

As análises das lâminas permanentes foram realizadas no microscópio óptico da marca Zeiss, com uma câmera fotográfica digital acoplada, equipada com objetivas de aumentos 10x, 25x, 40x e 100x. Cada lâmina foi observada e as espécies encontradas foram fotografadas.

A identificação taxonômica das espécies de diatomáceas baseou-se em características morfológicas e morfometrias da frústula, utilizando algumas obras taxonômicas clássicas de (METZELTIN; LANGE-BERTALOT, 1998, RABENHORST, 1853, LANGE-BERTALOT; KRAMER, 1996), e consultas a algumas publicações periódicas, dissertações e teses disponíveis de taxonomia recentes.

Foi calculado com base na presença e ausência dos táxons, o índice de constância através da equação  $C = (p \times 100) / P$  (DAJOZ, 1978; PEREIRA *et al.* 2012), onde; p é o número de coletas contendo a espécie, P é o número total de coletas,  $C > 80$  representam espécies constantes;  $50 < C < 80$  representam espécies frequentes;  $20 < C < 40$  representam espécies esporádicas;  $C < 20$  representam espécies raras.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Composição Taxonômica

#### 4.1.1 Sistema de classificação do gênero *Frustulia*

**Divisão:** Bacillariophyta

**Subdivisão:** Bacillariophytina

**Classe:** Bacillariophyceae

**Ordem:** Naviculales

**Família:** Amphipleuraceae

**Gênero:** *Frickea*

**Gênero:** *Amphipleura*

**Gênero:** *Cistula*

**Gênero:** *Frustulia*

#### **Gênero *Frustulia***

***Frustulia acidophilissima*** Wydrzycka & Lange-Bertalot, Brenesia, p. 9-10, figs. 1-9. 2001.

Figura 2A-2E

**Descrição:** Valvas linear-lanceoladas, ligeiramente rômbricas, sem ondulações na margem, extremidades subcapitadas, amplamente arredondadas. Área axial linear e estreita, área central alongada nitidamente côncavo. Costelas lineares paralelas entre si, ligeiramente convexas contornando a rafe. Rafe filiforme com extremidades proximais retas e extremidades distais em forma de ponta de lápis curta, acabando antes ápice. Estrias transapical paralelas na região média da valva com baixa visibilidade, convergindo no ápice.

**Morfometria:** Comprimento: 43,16-48,07  $\mu\text{m}$ ; largura: 10,58-12,78  $\mu\text{m}$ .

**Ocorrência nas amostras:** ISP.

**Comentário:** Os espécimes observados, concordam morfometricamente e morfológicamente com *F. acidophilissima* descrita por Wydrzycka & Lange-Bertalot, (2001). Os espécimes observados assemelham-se a *F. saxonica* Rabenhorst, porém, difere pela largura valvar por apresentar-se maiores (12,5 – 17,5  $\mu\text{m}$ ). Além disso, o ápice de Rabenhorst (1850) apresentam ápices ligeiramente constrictos e

estritamente arredondados.

***Frustulia crassinervia*** (Brébisson) Lange-Bertalot & Krammer, *Iconographia Diatomologica*, v. 2, p. 57, pl. 38, figs. 7-9. 1996.

Figura 2F-2J

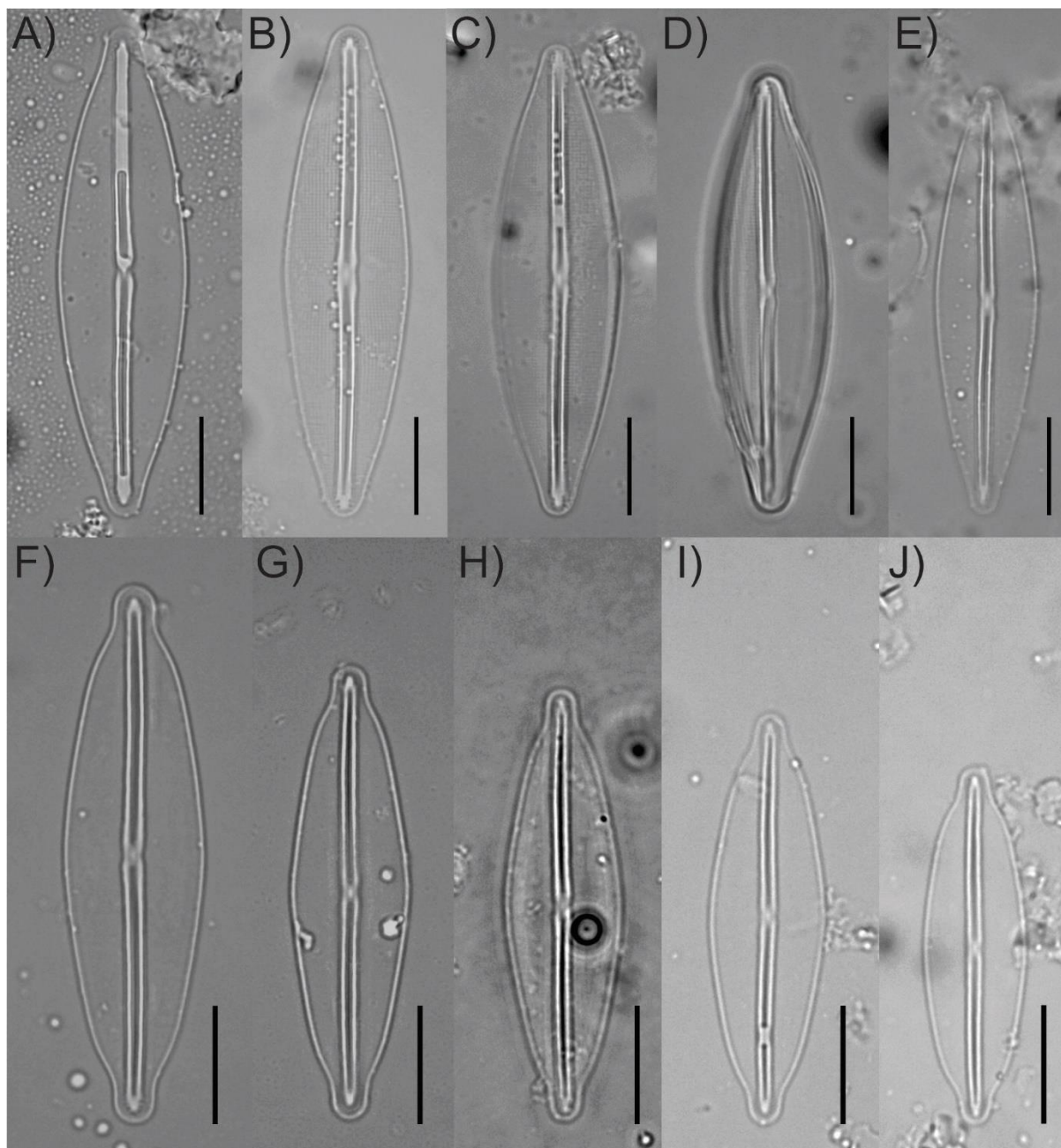
**Descrição:** Valvas lanceoladas a romboides, margens levemente tri-onduladas, extremidades rostradas a subcapitadas, área axial linear constricta, área central elíptica discretamente contraída. Costela linear, silicosa envolvendo a rafe. Rafe filiforme ligeiramente curvada com extremidades proximais retas e extremidades distais em forma de ponta de lápis curta com pequena distância do ápice. Estrias transapicais paralelas, inconspícuas, levemente convergentes no sentido das extremidades, estrias longitudinais onduladas.

**Morfometria:** Comprimento: 35,30-44 µm; largura: 9,12-10.13 µm.

**Ocorrência nas amostras:** ISP, IPA, IBA.

**Comentário:** Os exemplares registrados nesta pesquisa conferem com os dados morfométricos e morfológicos da espécie típica em Lange-Bertalot & Krammer (1996). Alguns táxons assemelham-se com *F. saxonica*, *F. undosa* Lange-Bertalot e *F. neocaledonica* Manguin. No entanto, Patrick & Reimer (1966) afirmam haver dificuldade para distinguir *F. crassinervia* e *F. saxonica*, sendo esta última apresentada como principal característica distintiva o contorno valvar sem ondulações. *Frustulia undosa* é outro táxon que difere de *F. crassinervia* por apresentar ondulações mais pronunciadas e menor largura valvar.

Figura 2 – Vista valvar do gênero *Frustulia*. 2A-2E) *F. acidophilissima*; 2F-2J) *F. crassinervia*. Escala: 10 µm.



Fonte: Kesiane Santos e Jannah Alves (2023)

***Frustulia crassipunctata*** Lange-Bertalot, Iconographia Diatomologica, v. 5, p.94, pl.112, figs.1-6. 1998.

Figura 3A-3E

**Descrição:** Valvas rombo a lanceoladas, marginalmente delicadas trindulações, extremidades ligeiramente subcapitados, amplamente arredondadas. Área axial linear contraída, área central elíptica levemente reduzida. Costela linear moderadamente arqueada, envolvendo a rafe. Rafe filiforme com extremidades proximais retas e extremidades distais em forma de ponta de lápis curta com pequena distância do ápice.



Estrias transapicais, paralelas, estrias longitudinais levemente convergindo nas pontas de difícil visualização.

**Morfometria:** Comprimento: 88,30-93,92  $\mu\text{m}$ ; largura: 17,63-19,19  $\mu\text{m}$ .

**Ocorrência nas amostras:** IES.

**Comentário:** Os espécimes registrados, estão de acordo morfometricamente e morfológicamente *F. crassipunctata* descrita por Metzeltin & Lange-Bertalot (1998). *F. saxonica* assemelha-se a essa espécie, porém, são diferentes no contorno valvar. *F. crassipunctata* ondulações nas margens, *F. saxonica* margens lisas.

***Frustulia quadrissinuata*** Lange-Bertalot, Iconographia Diatomologica, v. 2, p. 59, pl. 38, 119, figs. 10-12, 1-2. 1996.

#### Figura 3F-3I

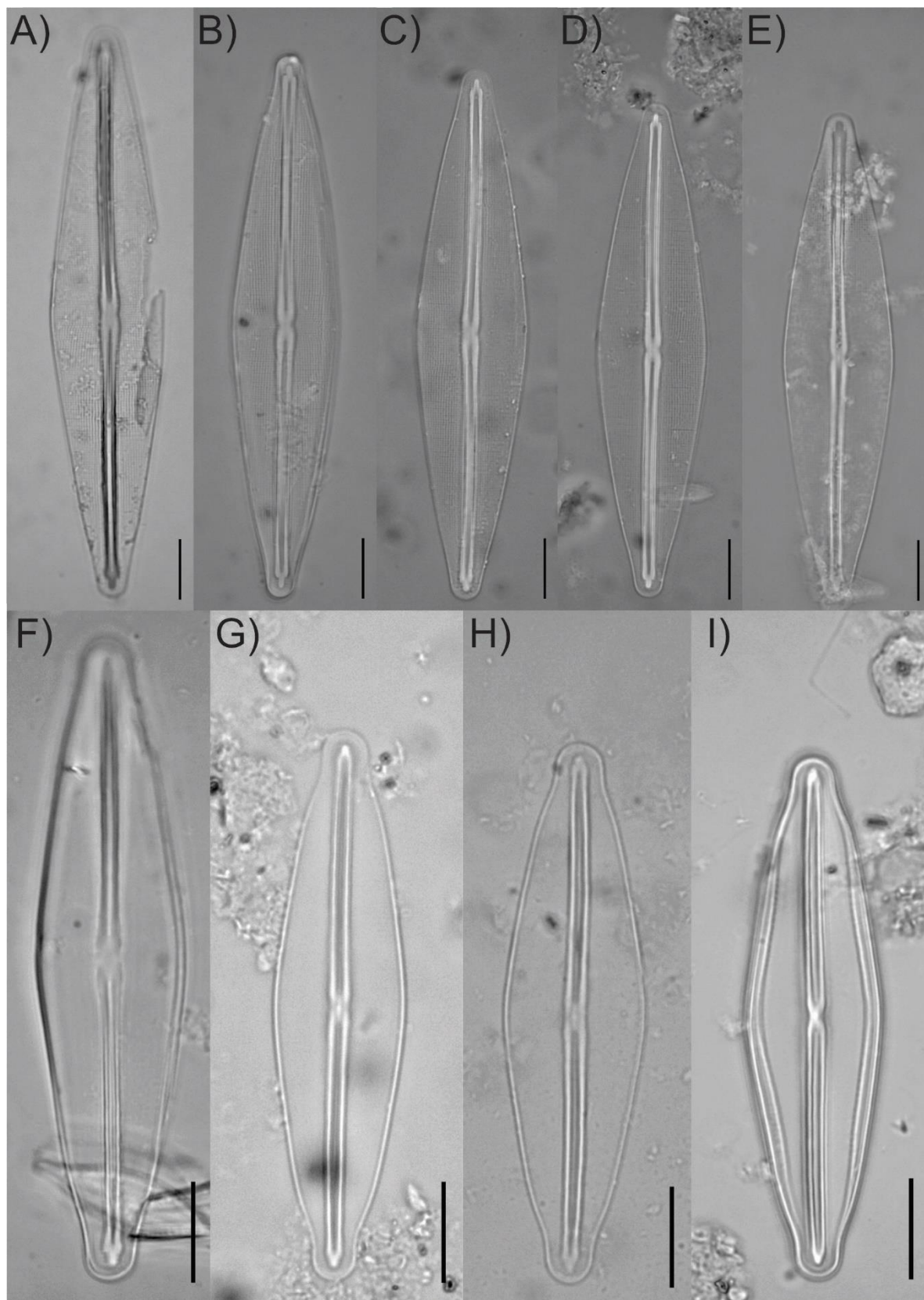
**Descrição:** Valvas rômbricas-lanceoladas, margens valvares com leve tri-ondulações, extremidades moderadamente largas, subcapitado-arredondadas. Área axial linear, área central elíptica constricta. Costelas longitudinais ligeiramente convexa contornando a rafe. Rafe filiforme com extremidades proximais reta e extremidades distais em forma de ponta de lápis. Estias transapicais inconspícuas, estrias longitudinais onduladas ligeiramente convergentes próximo do ápice.

**Morfometria:** Comprimento: 55,03-55,64  $\mu\text{m}$ ; largura: 13,53-14,01  $\mu\text{m}$ .

**Ocorrência nas amostras:** IBA.

**Comentário:** Os exemplares encontrados apresentam dados morfológicos semelhantes a bibliografia consultada (Lange-Bertalot, 1996), porém com apresentam ligeiramente menor largura valvar que a espécie típica (14-16  $\mu\text{m}$ ).

Figura 3 – Vista valvar do gênero *Frustulia*. 3A-3E) *F. crassipunctata*; 3F-3J) *F. quadrissinuata*. Escala: 10  $\mu\text{m}$ .



Fonte: Kesiane Santos e Jannah Alves (2023)

***Frustulia saxoneotropica*** Metzeltin & Lange-Bertalot, *Iconographia Diatomologica*, v. 5, p. 142, pl. 134-135, figs: 6-10, 1-6. 2007.

## Figura 4A-4D

Valvas linear-lanceoladas a elíptica-lanceoladas, convexa na região mediana, sem ondulações na margem, extremidades captadas a subcapitados-arredondados. Área axial linear e estreita, área central alongada com pequena constrição. Costela linear ligeiramente curvada, envolvendo a rafe. Rafe filiforme com extremidades proximais ligeiramente curvada para o mesmo lado e extremidades distais em forma de ponta de lápis. Estrias transapicais paralelas com baixa visibilidade, estrias longitudinais paralelas inconspícuas.

**Morfometria:** Comprimento: 51-60  $\mu\text{m}$ ; largura: 11,43-12,41  $\mu\text{m}$ .

**Ocorrência nas amostras:** IBA, IMU.

**Comentário:** Os exemplares foram similares morfológicamente a descrição original (Metzeltin & Lange-Bertalot, 2007), porém com comprimento ligeiramente maior (43-57  $\mu\text{m}$ ). Essa espécie é oriunda do igarapé do Tento, no Estado do Pará. Segundo Metzeltin & Lange-Bertalot (2007), *Frustulia saxoneotropica* difere de *F. saxonica* por apresentar dimensões valvares menores.

***Frustulia saxonica*** Rabenhorst, Die Süßwasser-Diatomaceen (Bacillarien.): für Freunde der Mikroskopie, p. 50, pl. 7, fig. 1. 1853.

## Figura 3E-3I

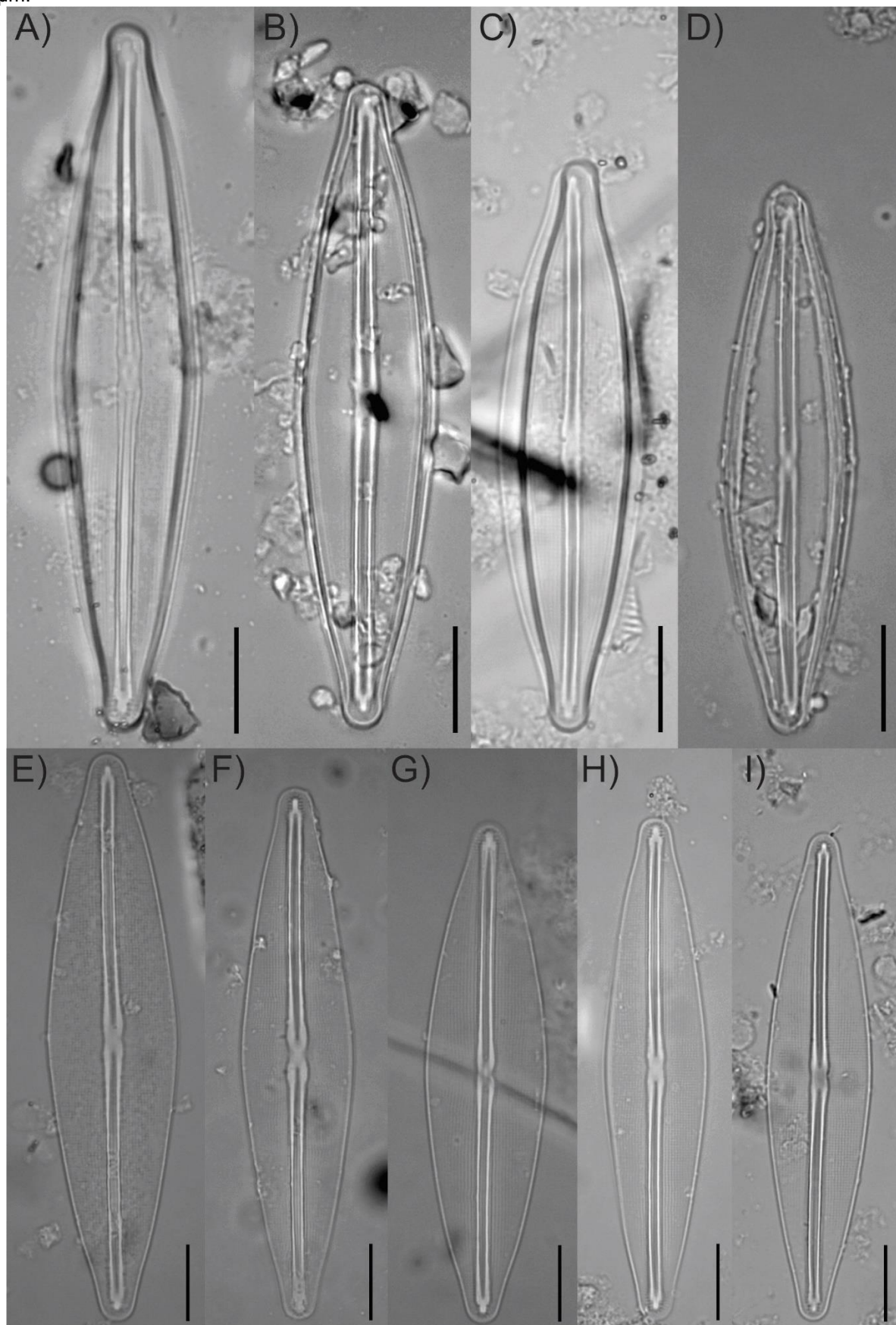
**Descrição:** Valvas rômbo-lanceoladas, sem ondulação na margem, extremidades rostrada-arredondadas. Área axial linear e estreita, área central alongada com pequena constrição. Costela linear ligeiramente curvada, envolvendo a rafe. Rafe filiforme com extremidades proximais reta e extremidades distais em forma de ponta de lápis. Estrias transapicais com baixa visibilidade, estrias longitudinais paralelas inconspícuas.

**Morfometria:** Comprimento: 61,16-69,43  $\mu\text{m}$ ; largura: 12,62-14,25  $\mu\text{m}$ .

**Ocorrência nas amostras:** IPA, ISP, IMU, IES, IBA.

**Comentário:** Os exemplares foram semelhantes morfológicamente e morfometricamente ao material ilustrado por Metzeltin & Lange-Bertalot (1998) citado para região da bacia amazônica. Segundo Metzeltin & Lange-Bertalot (1998), este táxon difere de *Frustulia pararhomboides* pelo ápice obtuso, conforme reportado na literatura consultada.

Figura 4 – Vista valvar do gênero *Frustulia*. 4A-4E) *F. saxoneotropica*; 4F-4J) *F. saxonica*. Escala: 10  $\mu\text{m}$ .



Fonte: Kesiane Santos, Jannah Alves e Talia Santos (2023)

***Frustulia undosa*** Lange-Bertalot, Iconographia Diatomologica, v. 5, p.105, pl. 116, 117, figs. 14-18; 1-7. 1998.

Figura 5A-5E

**Descrição:** Valvas lanceoladas a rômbico, margem tri-ondulada, extremidades estreitamente arredondadas a rostrado. Área axial linear, estreita, área central da valva elíptica com constrição. Costelas lineares paralelas, contornando a rafe. Rafe filiforme reta com extremidades proximais reta e extremidades distais em forma de ponta de lápis. Estrias transapicais paralelas na região central da valva, estrias longitudinais onduladas, ambas de difícil visualização.

**Morfometria:** Comprimento: 33,50-47,77  $\mu\text{m}$ ; largura: 8,33-10,13  $\mu\text{m}$ .

**Ocorrência nas amostras:** IPA, ISP, IMU, IES, IBA.

**Comentário:** Os exemplares encontrados apresentaram morfometria e morfologia similar a literatura consultada, registrada por Metzeltin & Lange-Bertalot (1998) a partir de material coletado na Venezuela. As características morfológicas deste táxon são semelhantes a *F. crassinervia*, porém difere pela forma da margem valvar serem menos pronunciadas e pela maior largura (9-10,5  $\mu\text{m}$ ).

***Frustulia cf. modesta*** Lange-Bertalot, Iconographia Diatomologica, v. 5, p.100, pl.115, figs.1-6. 1998.

Figura 5F-5I

**Descrição:** Valvas lanceoladas-romboides, margem sem ondulações, extremidades arredondadas. Área axial linear, área central da valva elíptica com uma leve constrição. Costelas lineares paralelas levemente convexas, margeando a rafe. Rafe filiforme com extremidades proximais ligeiramente curvadas para o mesmo lado e extremidades distais em forma de ponta de lápis. Estrias transapicais paralelas com baixa visibilidade, estrias longitudinais ligeiramente onduladas.

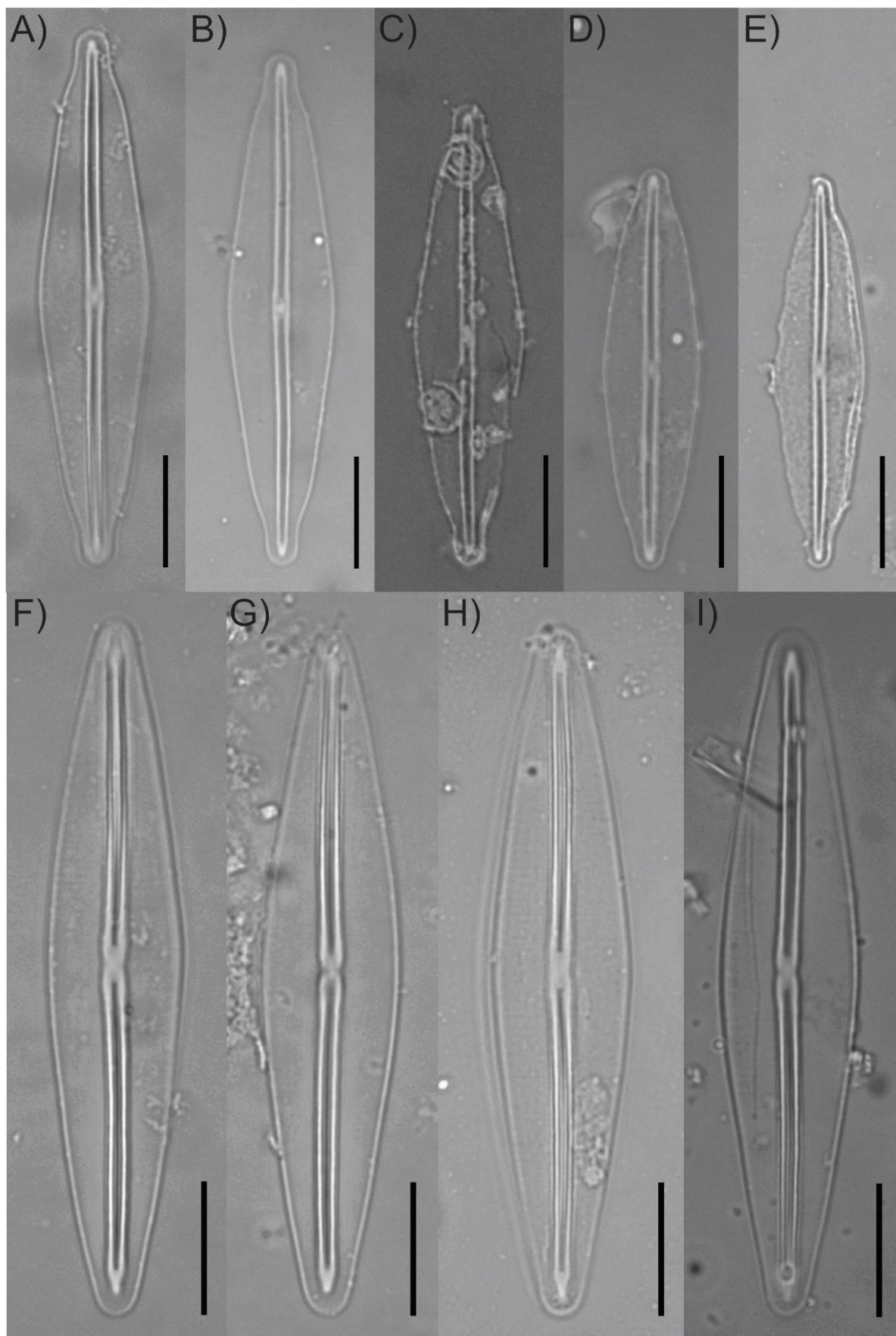
**Morfometria:** Comprimento: 50,82-52,57  $\mu\text{m}$ ; largura: 10-10,54  $\mu\text{m}$ .

**Ocorrência nas amostras:** ISP, IBA.

**Comentário:** Os exemplares apresentam afinidades morfológicas com *Frustulia modesta*, material ilustrado por Metzeltin & Lange-Bertalot (1998) a partir de amostras colombianas, no entanto os espécimes de Metzeltin & Lange-Bertalot (1998) apresentam margens valvares mais pronunciadas.



Figura 5 – Vista valvar do gênero *Frustulia*. 5A-5E) *F. undosa*; 5F-5J) *F. cf. modesta*. Escala: 10  $\mu$ m.



Fonte: Kesiane Santos e Jannah Alves (2023).

***Frustulia* sp. 1**

Figura 6A-6B

**Descrição:** Valvas linear-lanceoladas, sem ondulações na margem, extremidades rostradas a subcapitadas. Área axial linear e estreita, área central elíptica nitidamente contraída. Costela longitudinal envolvendo a rafe. Rafe filiforme ligeiramente curvada com extremidades proximais retas e extremidades distais em forma de ponta de lápis curta terminando antes ápice. Estrias inconspícuas em microscopia óptica.

**Morfometria:** Comprimento: 29,90-36,71µm; largura: 8,51-9,62 µm.

**Ocorrência nas amostras:** ISP, IPA

**Comentário:** Os exemplares analisados, quando comparados com a *F. lebouvieri*, apresentam similaridades morfológica ao descrito por B. Van de Vijver & N. Gremmen, (2006). Essa espécie é originária da Antártida, porém apresentam dimensões de comprimento (40-75µm) e largura (11-15µm) maiores quando comparadas com a população deste estudo.

***Frustulia* sp.2**

Figura 6C-6D

**Descrição:** Valvas linear-elíptico-lanceoladas, margem valvar levemente triondulada, extremidades subcapitadas a rostradas. Área axial linear e estreita, área central pouco constricta, curva para um dos lados. Costela linear ligeiramente curvada, envolvendo a rafe. Rafe filiforme ligeiramente convexa com extremidades proximais retas e extremidades distais em forma de ponta de lápis curta, terminando com pequena distância do ápice. Estrias inconspícuas em microscopia óptica.

**Morfometria:** Comprimento: 32,34-35,62µm; largura: 8,01-9,35µm.

**Ocorrência nas amostras:** IES

**Comentário:** Os espécimes estudados apresentam semelhanças com *F. guayanensis* Bertalot, & M. Rumrich, (2000), pelo formato lanceolado da valva e pelos ápices rostrais. No entanto, diferenciavam-se desta pela morfometria (comprimento 37-50 µm), largura (9,5-12 µm).

***Frustulia* sp.3**

Figura 6E-6H

**Descrição:** Valvas linear-lanceoladas, sem ondulações na margem, extremidades

ligeiramente subcapitado-arredondadas. Área axial linear e estreita, área central da valva apresenta de forma elíptica com pequena constrição. Costelas silicosas lineares, ligeiramente arqueada contornando a rafe. Rafe filiforme ligeiramente convexa com extremidades proximais retas e extremidades distais em forma de ponta de lápis curta, terminando antes do ápice. Estrias transapicais paralelas na região mediana a ligeiramente convergente nos ápices.

**Morfometria:** Comprimento: 43,72-44,76 $\mu\text{m}$ ; largura: 11,64-12,04 $\mu\text{m}$ .

**Ocorrência nas amostras:** ISP, IMU

**Comentário:** Os exemplares apresentam afinidades morfológicas com *Frustulia acidophilissima* (Wydrzycka & Lange-Bertalot, 2001), porém difere por apresentar menor comprimento (comprimento 45-60  $\mu\text{m}$ ) em relação a espécie típica.

#### ***Frustulia* sp.4**

Figura 6I-6J

**Descrição:** Valvas lanceoladas a rômbico-lanceoladas, margem tri-ondulada, sendo a ondulação mediana mais pronunciada, extremidades rostradas. Área axial linear e estreita, área central da valva elíptica com constrição. Costelas silicosas lineares, envolvendo a rafe. Rafe filiforme reta com extremidades proximais retas e extremidades distais em forma de ponta de lápis curta com pequena distância do ápice. Estrias inconspícuas.

**Morfometria:** Comprimento: 41,47-43,02 $\mu\text{m}$ ; largura: 8,02-8,42 $\mu\text{m}$ .

**Ocorrência nas amostras:** IPA

**Comentário:** os exemplares são semelhantes a espécie *Frustulia neocaledonica* Moser, Steindorf & Lange-Bertalot, (1995) encontrada na Nova Caledônia. Não se obteve a determinação da espécie, por haver necessidade de observar mais indivíduos da população. Entretanto, este apresenta maiores dimensões comprimento (62-88  $\mu\text{m}$ ), largura (14-20  $\mu\text{m}$ ).

#### ***Frustulia* sp. 5**

Figura 6K

**Descrição:** Valvas linear-lanceoladas, sem ondulações na margem, extremidades capitadas, área axial linear constricto, área central elíptica discretamente contraída. Costelas lineares paralelas envolvendo a rafe. Rafe filiforme ligeiramente arqueada com extremidades proximais retas e extremidades distais em forma de ponta de lápis



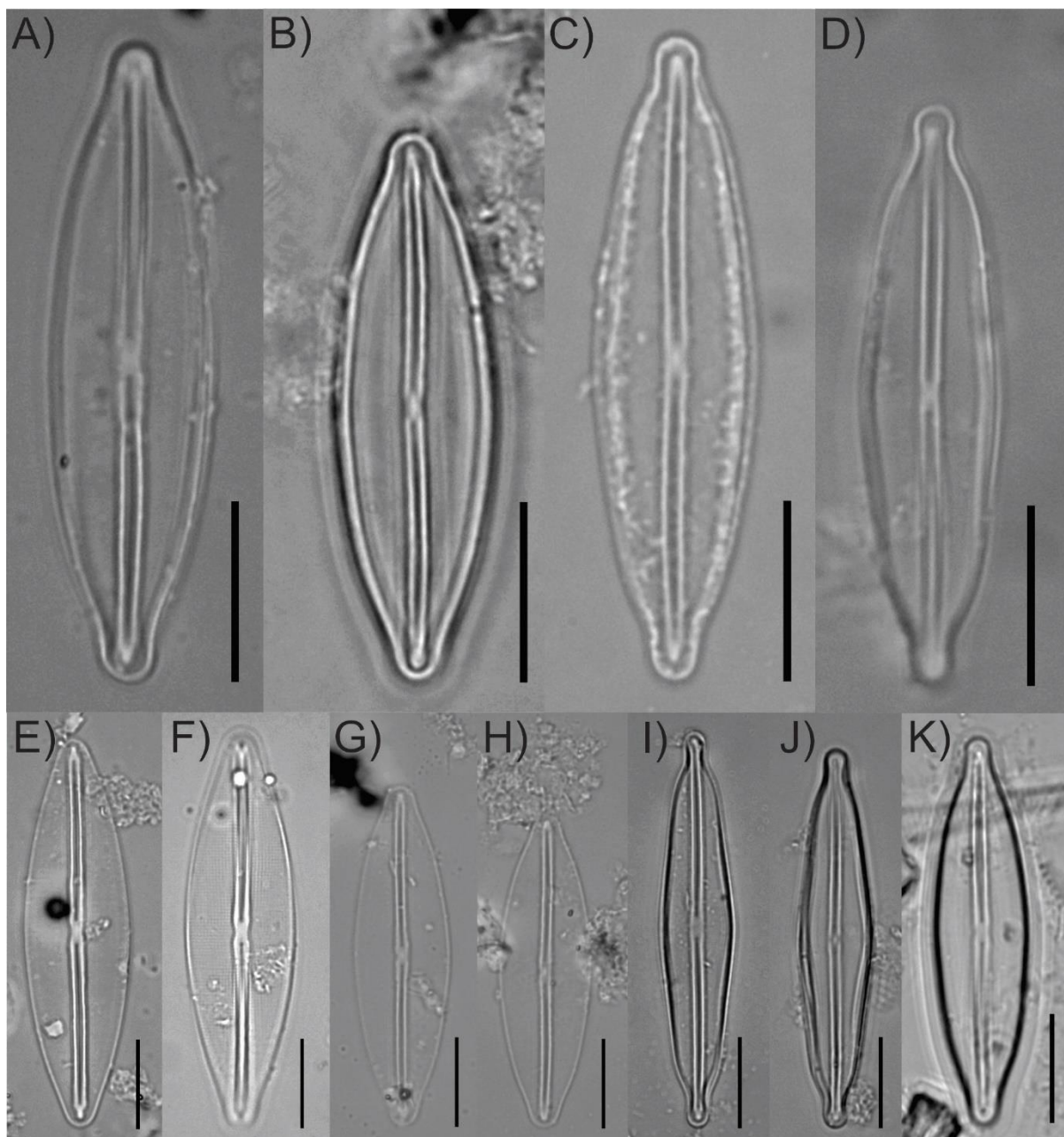
curta com pequena distância do ápice. Estrias inconspícuas.

**Morfometria:** Comprimento: 35,83  $\mu\text{m}$ ; largura: 9,57 $\mu\text{m}$ .

**Ocorrência nas amostras:** IPA

**Comentário:** O exemplar registrado apresentou-se raro, com apenas um indivíduo, sendo semelhante morfometricamente com à *F. crassinervia* (Brébisson) Lange-Bertalot & Krammer (1996), contudo diferencia-se pela forma da margem valvar tri-onduladas e ápices menos capitados. As espécies raras, *Frustulia* sp. 4 e *Frustulia* sp. 5, mostraram ausência da população nas amostras dificultando a sua identificação mais precisa.

Figura 6 – Vista valvar do gênero *Frustulia*. 6A-6B) *F.* sp. 1; 6C-6D) *F.* sp. 2; 6E-6H) *F.* sp. 3; 6I-6K) sp. 4; 6K) *F.* sp.5. Escala: 10  $\mu\text{m}$ .



Fonte: Kesiane Santos e Jannah Alves (2023)

#### 4.2. Riqueza e distribuição dos táxons

Durante este estudo o gênero *Frustulia* esteve composto por 13 táxons. Destes, sete foram identificados a nível de espécie, um a conferir e cinco a nível de gênero. Considerando a distribuição dos táxons entre os ambientes estudados, o Igarapé Sem Permissão apresentou maior riqueza com dez táxons, seguido dos Igarapés Pancada e Boa Água ambos com oito táxons.

Dentre as espécies identificadas, *F. quadrissinuata* é primeira citação para Amazônia brasileira e, outras quatro constituem primeira citação para estado do Pará, a saber: *Frustulia acidophilissima*, *Frustulia crassinervia*, *Frustulia saxoneotropica* e *Frustulia undosa*.

Os estudos taxonômicos de diatomáceas na Amazônia são escassos, em especial com enfoque ao gênero *Frustulia*. Considerando o índice de constância, dos táxons nos pontos estudados, *Frustulia crassinervia*, *Frustulia saxonica* e *Frustulia undosa* foram constantes (TABELA 2). Dentre estas, Wetzel (2011) demonstra que *Frustulia saxonica* apresentou-se raras e *Frustulia undosa* foram comuns para a bacia do Rio Negro, Estado do Amazonas.

Tabela 2 – Riqueza e distribuição dos táxons de *Frustulia* com base na presença e ausências nos igarapés estudados (+ presença; - ausência) em 2020. E = Esporádicas, R = Frequentes, C = Constante, R = Raras.

Espécie/Ambiente	ISP	IP	IES	IBA	IMU	IS12	Fr
<i>Frustulia acidophilissima</i>	+	-	-	+	-	-	E
<i>Frustulia crassinervia</i>	+	+	+	+	-	+	C
<i>Frustulia crassipunctata</i>	-	+	+	+	-	-	F
<i>Frustulia quadrissinuata</i>	+	-	-	+	-	-	E
<i>Frustulia cf. modesta</i>	+	+	-	+	-	-	F
<i>Frustulia saxoneotropica</i>	+	-	-	+	+	-	F
<i>Frustulia saxonica</i>	+	+	+	+	+	+	C
<i>Frustulia undosa</i>	+	+	+	+	+	+	C
<i>Frustulia</i> sp. 1	+	+	-	-	-	-	E
<i>Frustulia</i> sp. 2	+	-	+	-	-	-	E
<i>Frustulia</i> sp. 3	+	-	-	-	+	-	E
<i>Frustulia</i> sp. 4	-	+	-	-	-	-	R
<i>Frustulia</i> sp. 5	-	+	-	-	-	-	R
<b>Total de Espécies</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	

Fonte: Kesiane Santos e Andreia Pereira (2023)

## 5 CONCLUSÃO

Os ambientes deste estudo demonstram uma exuberante flora do gênero *Frustulia*, com amplas variações morfométricas e morfológicas em relação a comparação das espécies descritas na Amazônia. Neste contexto, o presente estudo vem contribuir com informações das características de identificação das espécies.

Considerando a enorme presença da rede de igarapés na região da Calha Norte onde existem, até o momento, ambientes não explorados por cientistas, consideramos que a identificação sobre a flora do gênero *Frustulia* encontra-se em fase inicial e a continuidade dos estudos se faz necessária para ampliar o conhecimento do referido gênero e demais representantes de microalgas.

Do total de espécies encontradas, *F. quadrissinuata* é primeira citação para Amazônia.

É importante mencionar que pesquisas com biodiversidade na Amazônia tem se tornado um foco importante, principalmente pelo aumento do desmatamento e destruição dos corpos d'água na última década. Diante desse fato, obter informações taxonômicas de diatomáceas são fundamentais devido a sua eficácia em verificar a saúde ecológica do ecossistema aquático associadas às condições físicas e químicas, por serem excelentes bioindicadoras além de contribuir com futuras pesquisas nesses ambientes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMBRUST, E. Virgínia. The life of diatoms in the world's oceans. **Nature**, v. 459, n. 7244, 185-192 p., 2009.
- BICUDO, M. Carlos Eduardo; MENEZES, Mariângela. Técnicas para coleta, fixação, preservação e estudo. In: **Gênero de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrição**. RiMa, São Carlos, 7-14 p., 2006.
- BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. Plano de Manejo do Parque Estadual Monte Alegre. Belém. 2009.
- DAJOZ, Roger. **Ecologia geral**. 3º Ed. Editora Vozes LTDA. Petrópolis-Rio de Janeiro. 472 p., 1978.
- DÍAZ-CASTRO, José Geley; SOUZA-MOSIMANN, Roselia Maria De; LAUDARES-SILVA, Roselane; FORSBERG, Bruce Rider. Composição da comunidade de diatomáceas periféricas do rio Jaú, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, 33, 583-606 p., 2003.
- DICKIE, George. Notes on algae from the Amazons and its tributaries. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 18, n. 108, 123-132 p., 1880.
- ESTEVEVES, Francisco Assis. **Fundamentos de Limnologia**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência. 826 p., 2011.
- GUIRY, Michael Dominic; GUIRY, G. M. **AlgaeBase**. Publicação eletrônica mundial, Universidade Nacional da Irlanda, Galway. <https://www.algaebase.org>. 2020.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativa Populacional 2021 (PDF)**. 2021. Disponível em: [https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas\\_de\\_Populacao/Estimativas\\_2021/estimativa\\_dou\\_2021.pdf](https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2021/estimativa_dou_2021.pdf). Acesso em: 08 marc. 2023.
- JUNK, Wolfgang J.; SOARES, Gercilia M.; CARVALHO, Francisco M. Distribution of fish species in a lake of the Amazon River Floodplain near Manaus Lago Camaleão with special reference to extreme oxygen condition. **Amazoniana Limnologia et Oecologia Regionalis Systematis Fluminis Amazonas**, 7: 397-431 p., 1983.
- JUNK, Wolfgang; FURCH, Karin. The physical and chemical properties of Amazonian waters and their relationships with the biota. In: **Key Environments: Amazonia**. pp. 3–17. Edited by G.T. Prance and T.E. Lovejoy. Pergamon Press; Oxford, New York, Toronto, Sydney, Frankfurt. 1985.
- KOOISTRA, Wiebe *et al.* 2007. **The Origin and Evolution of the Diatoms**. In: Evolution of Primary Producers in the Sea. [s.l: s.n.] 207–249 p., 2007.
- LANGE-BERTALOT, Horst; KRAMMER, Kurt. **Iconographia Diatomologica**, v. 2, pl. 38, 119, figs. 10-12, 1-2, 59 p., 1996.

LANGE-BERTALOT, Horst. Navicula sensu stricto. 10 genera separated from Navicula sensu lato, Frustulia. **Diatoms Eur**, v. 2, 1–256 p., 2001.

LIMA, Marcelo G.; GASCON, Claude. The conservation value of linear forest remnants in central Amazonia. **Biological Conservation**, 91: 241-247., 1999.

LOBO, Eduardo Alcayaga *et al.* Use of epilithic diatoms as bioindicators from lotic systems in southern Brazil, with special emphasis on eutrophication. **Acta Limnol. Bras.**, v.16, 25-40 p., 2004.

LOWE McCONNELL, Rosemary. H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. Tradução de Anna Emília A.M. Vazzoler; Angelo A. Agostinho; Patrícia T.M. Cunningham. São Paulo: EDUSP. Título original: Ecological studies in tropical fish communities. 1999.

METZELTIN, Dietmar; LANGE-BERTALOT, Horst. **Tropical diatoms of the South America I**. In: Iconografia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs. (H. LANGE-BERTALOT. Ed.). Koeltz Scientific Books, Germany, v. 5, 1-695 p., 1998.

METZELTIN, Dietmar; LANGE-BERTALOT, Horst. **Iconographia Diatomologica**, v. 5, p. 142, pl. 134-135, figs: 6-10, 1-6., 2007.

MORAIS, Gustavo Filete *et al.* Biological surrogates: A word of caution. **Ecological Indicators**, v.88, 214–218 p., 2018.

MOSER, Gerd; STEINDORF, Astrid; LANGE-BERTALOT, Horst. Neukaledonien Diatomeenflora einer Tropeninsel. **Bibliotheca Diatomologica**, v. 32, p.1-340, 1995.

MORENO, J.L.; LICEA, S. & SANTOYO, H. **Diatomeas del Golfo de California**. La Paz: Universidad Autónoma de Baja California Sur. 272 p., 1996.

OLIVEIRA JÚNIOR, Raimundo Cosme; RODRIGUES, Tarcísio Ewerton; SANTOS, Paulo Lacerda; VALENTE, Moacir Azevedo. Zoneamento Agroecológico do município de Monte Alegre, estado do Pará. **Embrapa Amazônia Oriental**, Belém. 87 p., 1999.

PATRICK, Ruth; REIMER, Charles Wilsom. **The Diatoms of United States**: exclusive of Alaska and Hawaii. Philadelphia: Academy of Natural Sciences, v. 1, n. 13., 1966.

PEREIRA, Andreia Calvacante; TORGAN, Lezilda Carvalho; MELO, Sergio. *Pinnularia* (Bacillariophyta) do curso inferior do rio Negro, Amazonas, Brasil: taxonomia e distribuição temporal. **Acta Amazonica** v. 42, n.3, 305-313 p., 2012.

RABENHORST, Ludwig. **Die Süßwasser-Diatomaceen (Bacillarien.)**: für Freunde der Mikroskopie, pl. 7, fig. 1., 50 p., 1853.

REVIERS, Bruno de. Divisão Ochrophyta. In: **Biologia e filogenia das algas**. 1 a. ed. Porto Alegre RS: Editora Artmed, 155–211 p., 2006.

ROCHA, Angélica Cristina Righetti. **A família Pinnulariaceae (Bacillariophyceae) no estado de São Paulo: levantamento florístico**. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 193 p., 2008.

RODRIGUES, Christianne Pereira. **Mulheres pescadoras: os significados do trabalho de pesca do camarão na comunidade da Salvação, Alenquer, PA**. Tese de Doutorado. Centro de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-AM. 33 p., 2018.

ROUND, Frank Eric; CRAWFORD, Richard M.; MANN, David G. **The diatoms: biology and morphology of the genera**. New York: Cambridge University Press,. 747 p., 1990.

RUMRICH, Ute; LANGE-BERTALOT, Horst; RUMRICH, Manfred. Diatoms of Andes. In: LANGE-BERTALOT, H. (Ed.), **Iconographia Diatomologica**, v. 9, 1- 673 p. 2000. SANTOS, G. M.; FERREIRA, E. J. G. Peixes da Bacia Amazônica. In: LOWE-MCCONNELL, R. H. **Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais**. Edusp, São Paulo. 1999.

SILVA, Joecila Santos. **Altimetria espaciais em zonas úmidas da bacia Amazônica - Aplicações hidrológicas**. Saarbrucken (GE): Édition Unversitaires Européennes, 350 p., 2010.

SMOL, John P.; STOERMER, Eugene F. **The diatoms: Applications for the environmental and earth sciences**. Cambridge University Press. 469 p., 2010.

SOININEN, Janne; ELORANTA, Pertti. Seasonal persistence and stability of diatom communities in rivers: are there habitats specific differences? **European Journal of Phycology**, v.39, 153-160 p., 2004.

SOMMER, Ulrich. Growth and survival strategies of planktonic diatoms. In: **Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton**. Cambridge: University Press, 227-260 p., 1988.

STOSCH, Hans Adolf von. Methods for preparation of small or delicate siliceous elements for the and light microscopy, especially of diatoms and small quantities of material. **Zeitschrift für wissenschaftlichen Mikroskopie**, 70: 20-32 (in German). 1970.

SZLAFSZTEIN, Cláudio Fabian; DA SILVA JUNIOR, Orleno Marques. A importância dos conceitos de ameaça, vulnerabilidade e risco em planos diretores municipais: estudo de caso no município de Alenquer (Pará). **Revista GeoAmazônia**, v. 1, n. 01, 55-71 p., 2013.

SILVA JUNIOR, O.; SZLAFSZTEIN, C. Análise de risco como critério a gestão do território: um estudo do plano diretor do município de Alenquer (PA). **Revista OLAM – Ciência & Tecnologia** – Rio Claro/SP, Brasil. Ano X, Vol. 10, n. 2, 2010.

UHERKOVICH, Gábor; RAI, Hakumat. Phytoplankton, p. 265-310. *In*: Sioli, H. (Ed.). **The Amazon: Limnology and Landscape Ecology a Might Tropical River and its Basin**. Dr W. Junk Publisher, Dordrecht. 1984.

WALKER, Ilse. Amazonian streams and small rivers. pp. 167-193. *In*: TUNDISI, J. G., BICUDO, C. E. M., MATSUMURA-TUNDISI, T. (Eds). **Limnology in Brazil**. Soc. Bras. De Limnologia/Acad. Bras. de Ciências. 1995.

WETHERBEE, Richard *et al*. The first kiss: establishment and control of initial adhesion by raphid diatoms. **Journal of Phycology**, 34: 9-15 p. 1998.

WETZEL, Carlos Eduardo. **Biodiversidade e distribuição de diatomáceas (Ochrophyta, Bacillariophyceae) na bacia hidrográfica do Rio Negro, Amazonas, Brasil 1876 f**. Tese de Doutorado. Tese de Doutorado, Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo. 2011.

WYDRZYCKA, Úrsula; LANGE-BERTALOT, Horst. Las diatomeas (Bacillariophyceae) acidófilas del río Agrio y sitios vinculados con su cuenca, volcán Poás, Costa Rica. **Brenesia**, 55-56: 1-68. Figs. 1-9., 9-10 p. 2001.





UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
REITORIA  
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS

**1. Identificação do autor**

Nome completo: Kesiane Magno Santos

CPF: 001.278.512-16

RG: 6126390

Telefone: (93) 991033054

E-mail: kesya\_stm@hotmail.com

Seu e-mail pode ser disponibilizado na página de rosto?

(x) Sim ( ) Não

**2. Identificação da obra**

( ) Monografia (x) TCC ( ) Dissertação ( ) Tese ( ) Artigo científico ( ) Outros:

Título da obra:

Programa/Curso de pós-graduação: Bacharelado em Ciências Biológicas-BCB

Data da conclusão: 07/06/2023

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andreia Cavalcante Pereira E-mail: [diatomaceas@gmail.com](mailto:diatomaceas@gmail.com)

Examinadores: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eveleise Samira Martins Canto e Prof. Dr. Sergio de Melo

**3. Informação de disponibilização do documento:**

O documento está sujeito a patentes? (x) Sim ( ) Não

Restrição para publicação: ( ) Total (x) Parcial ( ) Sem restrição

Justificativa de restrição total\*:

**4. Termo de autorização**

Autorizo a Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) a incluir o documento de minha autoria, acima identificado, em acesso aberto, no Portal da instituição, no Repositório Institucional da Ufopa, bem como em outros sistemas de disseminação da informação e do conhecimento, permitindo a utilização, direta ou indireta, e a sua reprodução integral ou parcial, desde que citado o autor original, nos termos do artigo 29 da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, e da lei 12.527 de novembro de 2011, que trata da Lei de Acesso à Informação. Essa autorização é uma licença não exclusiva, concedida à Ufopa a título gratuito, por prazo indeterminado, válida para a obra em seu formato original.

Declaro possuir a titularidade dos direitos autorais sobre a obra e assumo total responsabilidade civil e penal quanto ao conteúdo, citações, referências e outros elementos que fazem parte da obra. Estou ciente de que todos os que de alguma forma colaboram com a elaboração das partes ou da obra como um todo tiveram seus nomes devidamente citados e/ou referenciados, e que não há nenhum impedimento, restrição ou limitação para a plena validade, vigência e eficácia da autorização concedida.

Santarém, 07/07/2023

*Kesiane Magno Santos*

Assinatura do autor

**5. Tramitação no curso**

Secretaria / Coordenação de curso

Recebido em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Responsável: \_\_\_\_\_

Siape/Carimbo