

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO OCEANOGRÁFICO

CRISTIAN TABOADA TIMOSZCZUK

**Alcanos e alquenonas como indicadores da origem e distribuição da  
matéria orgânica sedimentar em *mudbelts* da plataforma continental sul  
do Brasil durante os últimos 100 anos**

São Paulo  
2022

Cristian Taboada Timoszczuk

**Alcanos e alquenonas como indicadores da origem e distribuição da matéria orgânica sedimentar em *mudbelts* da plataforma continental sul do Brasil durante os últimos 100 anos**

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Química

Orientadora: Profa. Dra. Márcia Caruso Bicego

São Paulo

2022

TIMOSZCZUK, Cristian Taboada. **Alcanos e alquenonas como indicadores da origem e distribuição da matéria orgânica sedimentar em *mudbelts* da plataforma continental sul do Brasil durante os últimos 100 anos.** Dissertação (Mestrado) apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Química.

Aprovado em: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Versão corrigida

Banca examinadora

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição \_\_\_\_\_

Julgamento \_\_\_\_\_ Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição \_\_\_\_\_

Julgamento \_\_\_\_\_ Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição \_\_\_\_\_

Julgamento \_\_\_\_\_ Assinatura \_\_\_\_\_

## **Agradecimentos**

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado (134110/2019-6). À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelos auxílios ao projeto (15/17763-2 e 16/18348-1 ). O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço imensamente à minha querida orientadora, Márcia Bicego, por todos os ensinamentos, suporte, confiança, carinho e amizade ao longo de todos estes anos de IO. Obrigado por todas as oportunidades e por sempre acreditar no meu potencial, e me lembrar de fazer o mesmo.

À querida Satie Taniguchi, por todo o esforço, dedicação, cuidado, carinho (e muita paciência!) comigo e com cada um que já pisou no LabQOM. Muito obrigado por sempre me socorrer nos momentos difíceis, resolvendo todos os tipos de problemas como só você consegue fazer.

Ao grande Lourival, pela companhia, amizade e ajuda nos momentos de laboratório, e a todo o pessoal do LabQOM, que ao longo de todos esses anos, tornaram a experiência de trabalhar em um laboratório de química analítica em algo incrível. Obrigado Prof Rafael, Josi, Lígia, Felipe, Basílio, Dani, Júlio, MariB, Lu, Rafael, Lucas, Derley, Matheus, Sílvio e muitos outros que passaram por aqui :).

Aos Profs. Rubens Figueira e Michel Mahiques, por todas as contribuições a este trabalho e pela realização das análises isotópicas, elementares, de granulometria e datação dos testemunhos.

Aos amigos da Turma XIII, que hoje são amigos da vida. Muito obrigado Thalão, Pots, Querido, Mauê, Doug, Pedrinho, Kinha e muitos outros, que são e sempre serão muito importantes para mim.

À minha família, que é pequena mas é boa. Agradeço a todos que estão ao meu lado mas também aos que tiveram que partir mais cedo. Vocês são o meu bem mais precioso.

À minha irmã e aos meus pais, cuja importância é impossível de ser colocada em palavras. Obrigado mãe e pai, por toda a dedicação, sacrifícios e amor durante a minha vida. Obrigado por sempre confiarem em mim e por me darem a oportunidade de chegar aonde estou hoje.

À minha mãe. Minha maior inspiração. Obrigado por tudo.

## Resumo

TIMOSZCZUK, Cristian Taboada. **Alcanos e alquenonas como indicadores da origem e distribuição da matéria orgânica sedimentar em *mudbelts* da plataforma continental sul do Brasil durante os últimos 100 anos.** 2022. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

A fim de avaliar a origem, distribuição e possíveis mudanças na deposição da matéria orgânica (MO) na plataforma continental sul do Brasil, nove testemunhos de alta resolução foram coletados em *mudbelts*, distribuídos ao longo da plataforma continental média, entre 25 e 33°S. A avaliação dos marcadores moleculares mostrou-se muito útil para a compreensão da distribuição e variação no aporte da MO terrígena para a região de *mudbelts* no sul do Brasil. Os resultados de n-alcenos indicaram a predominância de fontes terrígenas. As semelhanças entre a maior parte dos testemunhos indicou uma fonte predominante, relacionada ao aporte do Rio da Prata, e que não apresentou grandes variações durante os últimos 100 anos. O gradiente latitudinal nos valores da temperatura da superfície do mar (TSM), calculada a partir das alquenonas, está relacionado ao transporte de águas frias provenientes do sul, como a Água Subantártica de Plataforma e a Pluma do Rio da Prata, com menores temperaturas na região sul da área de estudo e aumento na direção norte. A presença da Frente Subtropical de Plataforma não influenciou a deposição da matéria orgânica terrígena. Os dois testemunhos coletados próximos à região de Itajaí, em Santa Catarina, distinguiram-se significativamente do restante, com as variações mais expressivas ao longo do tempo. Tais diferenças estão relacionadas à maior influência de fontes locais para esta região, em especial ao aporte fluvial do Rio Itajaí-Açu, o que permitiu observar mudanças no regime de chuvas e impacto de ações antrópicas na região do Vale do Itajaí.

**Palavras-chave:** biomarcadores moleculares, testemunhos sedimentares, geoquímica orgânica, plataforma continental

## Abstract

TIMOSZCZUK, Cristian Taboada. **Alcanos e alquenonas como indicadores da origem e distribuição da matéria orgânica sedimentar em *mudbelts* da plataforma continental sul do Brasil durante os últimos 100 anos.** 2022. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

In order to assess the origin, distribution and possible changes in organic matter (OM) deposition on the southern continental shelf of Brazil, nine high-resolution cores distributed along the middle continental shelf, between 25 and 33 °S were collected in mudbelt regions. The evaluation of molecular biomarkers showed to be very useful to understand the distribution and variation in the contribution of terrigenous OM to the mudbelt region in southern Brazil. The results of n-alkanes indicated the predominance of terrigenous sources. The similarity in most of the cores indicated a predominant source for terrigenous OM, related to the La Plata River outflow, which did not present great variations during the last 100 years. The latitudinal gradient in sea surface temperature (SST) values, calculated from alkenones, is related to the transport of cold water from the southern region, such as Sub-Antarctic Shelf Water and the La Plata River Plume, presenting lower temperatures in the southern region of the study area and an increase towards the north. The presence of the Subtropical Shelf Front did not influence the deposition of terrigenous organic matter. The two cores collected near the region of Itajaí, in Santa Catarina, differed significantly from the others, and presented the most expressive variations over time. Such differences are related to the greater influence of local sources for this region, especially the fluvial input from the Itajaí-Açu River, that presented variations related to changes in the rainfall regime and to the anthropic impact in the Itajaí Valley region.

**Keywords:** molecular biomarkers, sedimentary cores, organic geochemistry, continental shelf

## Lista de Figuras

1	a) Ilustração do principal mecanismo de formação de um <i>mudbelt</i> , com a presença de uma fonte fluvial dominante (Adaptado de: Hanebuth <i>et al.</i> (2015). b) Perfil sísmico (3,5 kHz) de uma região da área de estudo com a presença de um <i>mudbelt</i> (Créditos: Michel Michaelovitch de Mahiques). . . . .	2
2	Estrutura típica de um n-alcano, neste caso um n-alcano de 17 carbonos (nC <sub>17</sub> ). . . . .	8
3	Estrutura das alquenonas di e tri-insaturadas, C <sub>37:2</sub> e C <sub>37:3</sub> . . . . .	13
4	Mapa da área de estudo, com a localização dos testemunhos coletados. . . . .	16
5	Deslocamento da Corrente do Brasil e da Corrente Costeira do Brasil, entre os meses de inverno (a) e verão (b). . . . .	18
6	Fluxograma das etapas de análise dos marcadores moleculares. . . . .	26
7	Taxa de sedimentação e respectivas idades aproximadas para os testemunhos #573, #576, #583, #367, #373, #377 e #378. . . . .	33
8	Granulometria (% Finos) dos testemunhos analisados. . . . .	35
9	Box plot dos resultados de isótopos de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) em cada um dos testemunhos analisados. . . . .	36
10	Variação vertical dos resultados de isótopos de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) em cada um dos testemunhos analisados. . . . .	37
11	Box plot dos resultados de carbono orgânico total (% COT) em cada um dos testemunhos analisados. . . . .	38
12	Variação vertical dos resultados de carbono orgânico total (% COT) em cada um dos testemunhos analisados. . . . .	38
13	Box plot dos resultados de nitrogênio total (% NT) em cada um dos testemunhos analisados. . . . .	39
14	Variação vertical dos resultados de nitrogênio total (% NT) em cada um dos testemunhos analisados. . . . .	40
15	Correlação linear entre os resultados de carbono orgânico total (%COT) e nitrogênio total (%NT) em cada um dos testemunhos analisados.. . . .	41
16	Box plot da concentração total de n-alcenos (soma dos n-alcenos de 12 a 35 carbonos) em cada um dos testemunhos analisados. . . . .	42
17	Variação vertical da concentração total de n-alcenos (soma dos n-alcenos de 12 a 35 carbonos) em cada um dos testemunhos analisados. . . . .	42
18	Concentração média dos n-alcenos de 27, 29, 31 e 33 carbonos (nC <sub>27</sub> , nC <sub>29</sub> , nC <sub>31</sub> e nC <sub>33</sub> ), em cada um dos testemunhos analisados. . . . .	43
19	Distribuição dos n-alcenos no testemunho #373 em três diferentes períodos: 1843-1976, 1976-2005 e 2005-2017 . . . . .	44
20	Contribuição relativa dos n-alcenos de 27, 29, 31 e 33 carbonos (nC <sub>27</sub> , nC <sub>29</sub> , nC <sub>31</sub> e nC <sub>33</sub> ), em cada um dos testemunhos analisados. . . . .	45

21	Box plot dos resultados do Índice de Preferência de Carbono (IPC), em cada um dos testemunhos analisados. . . . .	46
22	Variação vertical dos resultados do Índice de Preferência de Carbono (IPC), em cada um dos testemunhos analisados. . . . .	47
23	Box plot dos resultados do Índice Alcano (IA), em cada um dos testemunhos analisados. . . . .	48
24	Variação vertical dos resultados do Índice Alcano (IA), em cada um dos testemunhos analisados. . . . .	49
25	Box plot dos resultados da razão Tamanho Médio de Cadeia (TMC), em cada um dos testemunhos analisados. . . . .	50
26	Variação vertical dos resultados da razão Tamanho Médio de Cadeia (TMC), em cada um dos testemunhos analisados. . . . .	51
27	Box plot dos resultados de temperatura média da superfície do mar, calculada a partir das alquenonas, em cada um dos testemunhos analisados. . . . .	52
28	Variação vertical dos resultados de temperatura média da superfície do mar, calculada a partir das alquenonas, em cada um dos testemunhos analisados. . . . .	52
29	Resultados do Índice Alcano (IA) e tamanho médio de cadeia (TMC) nos testemunhos #367 e #373, assim como a distribuição dos n-alcanos em cada um dos períodos em que houveram variações nos índices. . . . .	57
30	Intensidade dos eventos de <i>El Niño</i> entre os anos de 1901 e 2017 (WANG <i>et al.</i> , 2019). . . . .	60
31	Médias mensais de precipitação na região de Itajaí entre 1941 e 2021 (Dados: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - Estação Luiz Alves). . . . .	61
32	Ocorrências de enxurradas bruscas na região de Santa Catarina entre os anos de 1980 e 2010. Adaptado de: Catarina (2014) . . . . .	62
33	Perfil típico de distribuição de massas d'água na porção norte da área de estudo, entre os meses de inverno e verão. Adaptado de: CAMPOS <i>et al.</i> , 2000. . . . .	64
34	Circulação de massas d'água na plataforma continental sul da América do Sul. A linha em cinza representa a isóbata de 200m. Adaptado de: BERDEN <i>et al.</i> , 2020. . . . .	66

## Lista de Tabelas

1	Principais fontes de n-alcenos para o ambiente marinho. . . . .	9
2	Interpretação dos valores das razões diagnósticas e respectivas fontes predominantes. . .	12
3	Informações da posição geográfica, profundidade local e comprimento dos testemunhos.	22
4	Condições cromatográficas de injeção das amostras no GC-FID. . . . .	27
5	Resultados do controle de qualidade, com a concentração dos compostos ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) e porcentagem de recuperação dos compostos (%). . . . .	30
6	Resultados da análise do material de referência certificado ( $\text{ng g}^{-1}$ ), com os valores certificados, assim como os respectivos intervalos de confiança. . . . .	31

## Lista de Abreviaturas e Siglas

<b>AC</b>	Água Costeira
<b>ACAS</b>	Água Central do Atlântico Sul
<b>ASAP</b>	Água Subantártica de Plataforma
<b>AT</b>	Água Tropical
<b>ANOVA</b>	Análise de Variância
<b>ASAS</b>	Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul
<b>CB</b>	Corrente do Brasil
<b>CCB</b>	Corrente Costeira do Brasil
<b>COT</b>	Carbono Orgânico Total
<b>CRS</b>	<i>Constant Rate of Supply</i>
<b>DCM</b>	Diclorometano
<b>FSTP</b>	Frente Subtropical de Plataforma
<b>GC-FID</b>	Cromatógrafo a gás equipado com detector de ionização de chama
<b>IA</b>	Índice Alcano
<b>IPC</b>	Índice Preferencial de Carbono
<b>LD</b>	Limite de Detecção
<b>LQ</b>	Limite de Quantificação
<b>MO</b>	Matéria Orgânica
<b>MRC</b>	Material de Referência Certificado
<b>NT</b>	Nitrogênio Total
<b>OIP</b>	Oscilação Interdecadal do Pacífico
<b>OM</b>	<i>Organic matter</i>
<b>PCSB</b>	Plataforma Continental Sul do Brasil
<b>PLdP</b>	Pluma da Lagoa dos Patos
<b>PRD</b>	Percentual relativo da diferença
<b>PRdP</b>	Pluma do Rio da Prata

<b>SST</b>	<i>Sea surface temperature</i>
<b>SMFs</b>	Sistemas Meteorológicos Frontais
<b>TMC</b>	Tamanho Médio de Cadeia
<b>TSM</b>	Temperatura da Superfície do Mar

# Sumário

<b>Resumo</b>	<b>i</b>
<b>Abstract</b>	<b>ii</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>iii</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>v</b>
<b>Lista de Abreviaturas e Siglas</b>	<b>vi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 Considerações iniciais . . . . .	1
1.2 Matéria orgânica sedimentar . . . . .	3
1.3 Composição elementar e isotópica da matéria orgânica . . . . .	4
1.4 Marcadores orgânicos moleculares . . . . .	6
1.4.1 n-alcenos . . . . .	8
1.4.2 Alquenonas . . . . .	12
<b>2 OBJETIVO</b>	<b>15</b>
<b>3 ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>16</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>21</b>
4.1 Coleta e armazenamento das amostras . . . . .	21
4.2 Determinação das taxas de sedimentação e datação . . . . .	22
4.3 Características composicionais do sedimento . . . . .	24
4.4 Análise dos marcadores orgânicos moleculares . . . . .	25
4.4.1 Preparo dos materiais, solventes e reagentes . . . . .	25
4.4.2 Determinação dos n-alcenos e alquenonas . . . . .	26
4.4.3 Controle de qualidade . . . . .	28

4.5	Análise estatística . . . . .	32
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>33</b>
5.1	Taxa de sedimentação e datação dos testemunhos . . . . .	33
5.2	Características composicionais do sedimento . . . . .	34
5.2.1	Granulometria . . . . .	34
5.2.2	Isótopos estáveis de carbono . . . . .	35
5.2.3	Carbono orgânico total, nitrogênio total e razão C/N . . . . .	37
5.3	Concentração e composição dos n-alcenos . . . . .	41
5.4	Razões diagnósticas . . . . .	45
5.4.1	Índice preferencial de carbono . . . . .	45
5.4.2	Índice alceno . . . . .	47
5.4.3	Tamanho médio de cadeia . . . . .	49
5.5	Alquenonas e temperatura da superfície do mar . . . . .	51
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>53</b>
6.1	Fontes da matéria orgânica terrígena . . . . .	53
6.2	Influência do Rio Itajaí-Açu . . . . .	56
6.3	Variação latitudinal da temperatura da superfície do mar . . . . .	63
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>67</b>
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>68</b>
	<b>Referências</b>	<b>69</b>
	<b>Anexos</b>	<b>79</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações iniciais

Plataformas continentais são importantes ambientes transitórios entre o continente e o oceano. As taxas relativamente altas de sedimentação e produtividade biológica das plataformas continentais as torna importantes locais para a deposição de matéria orgânica (MO), com um papel fundamental no ciclo global do carbono. Aproximadamente 90% do carbono orgânico armazenado em sedimentos marinhos modernos está acumulado em margens continentais (HEDGES; KEIL, 1995). Devido a composição variada da matéria orgânica, aos regimes sedimentológicos e à complexidade dos processos geoquímicos, os processos de acumulação, preservação e remineralização da matéria orgânica ainda apresentam grande potencial de estudo.

Um dos principais fatores que favorecem o acúmulo da MO é a granulometria do sedimento. Devido à afinidade dos compostos orgânicos a partículas finas, depósitos lamosos, dentre os quais se inserem os *mudbelts*, são excelentes arquivos sedimentares da MO preservada nos oceanos. Estes depósitos lamosos alongados se distribuem paralelamente aos contornos batimétricos e com ligeira inclinação em direção ao oceano aberto (HANEBUTH *et al.*, 2015), podendo apresentar características sedimentológicas que refletem o condicionamento tectônico, o clima do continente adjacente, aporte fluvial e dinâmica da plataforma continental (EDWARDS, 2002; LANTZSCH *et al.*, 2009; ROSE; KUEHL, 2010).

O alongamento dos *mudbelts* é resultado do transporte advectivo de sedimento fino paralelamente à costa (Figura 1). Presume-se que este transporte não ocorre necessariamente de forma contínua, mas impulsionado por recorrentes eventos de ressuspensão e deposição (LIM

*et al.*, 2007). Os mecanismos de transferência desse sedimento a partir da fonte podem ou não estar relacionados à existência de uma fonte fluvial dominante (LIN *et al.*, 2002; PALANQUES *et al.*, 2008).

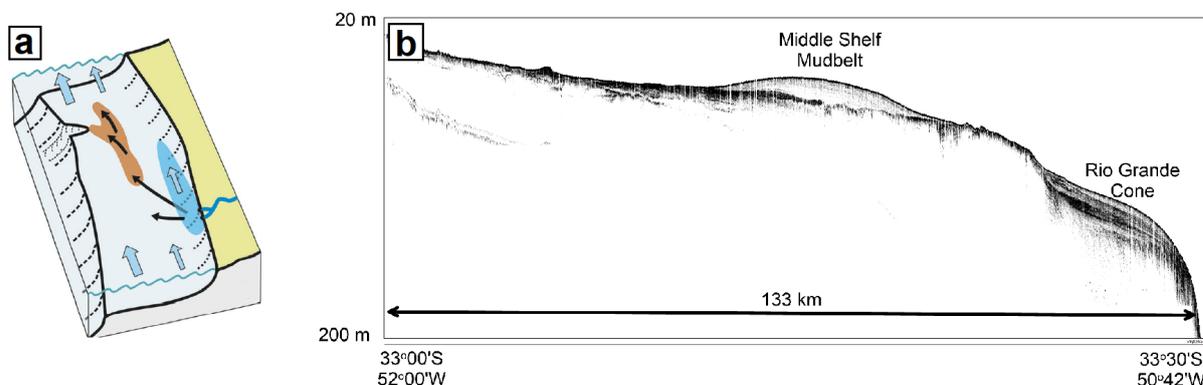


Figura 1: a) Ilustração do principal mecanismo de formação de um *mudbelt*, com a presença de uma fonte fluvial dominante (Adaptado de: Hanebuth *et al.* (2015). b) Perfil sísmico (3,5 kHz) de uma região da área de estudo com a presença de um *mudbelt* (Créditos: Michel Michaelovitch de Mahiques).

As regiões de formação desses depósitos estão normalmente relacionadas a ambientes baixa energia hidrodinâmica, nos quais o sedimento fino é depositado. A presença destas feições pode estar relacionada a zonas de subsidência do fundo oceânico, que mantêm o sedimento constantemente abaixo do nível base de formação de ondas de tempestade, ou à presença de barreiras geográficas. Devido às variadas condições ambientais em ambientes de plataforma continental, os *mudbelts* podem ser formados tanto em regiões de plataforma interna, média e externa, com espessura variando tipicamente entre 1 e 15 m (MCCAVE, 1972).

O potencial dos *mudbelts* como destino final da matéria orgânica continental já foi descrito por vários autores (LIN; CHEN, 1996; GONZALEZ *et al.*, 2007; HARTWELL, 2008; PALANQUES *et al.*, 2008; TAMBURRINO *et al.*, 2019), indicando a importância desses depósitos para estudos sobre mudanças ambientais registradas no fundo oceânico. Estudos a respeito dos *mudbelts* distribuídos ao longo da plataforma continental brasileira são recentes e ainda muito escassos (MAHIQUES *et al.*, 2016; MAHIQUES *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2020;

TIMOSZCZUK *et al.*, 2021), de modo que a composição e características desses depósitos sedimentares no território brasileiro ainda não estão bem determinadas.

A fim de compreender a composição e origem da matéria orgânica acumulada nestes depósitos lamosos da plataforma continental sul do Brasil, pode-se aplicar o estudo de biomarcadores moleculares. Estes indicadores, em conjunto com a análise da composição elementar e isotópica da matéria orgânica sedimentar, permitem a distinção de fontes marinhas e terrígenas, sendo possível assim estimar o aporte de ambas as fontes para a composição da MO sedimentar.

## **1.2 Matéria orgânica sedimentar**

A matéria orgânica compreende uma mistura complexa de compostos constituintes dos tecidos e detritos de organismos marinhos e terrestres (VOLKMAN; TANOUE, 2002). Os estudos existentes sobre a deposição da MO em margens continentais apontam a complexidade de mecanismos por trás da distribuição e preservação da MO sedimentar (PRAHL, 1985; XU *et al.*, 2006; SAMPERE *et al.*, 2008; FANG *et al.*, 2014; SEOPELA *et al.*, 2020).

O acúmulo de matéria orgânica é influenciado por mecanismos de transporte e deposição do sedimento (WAKEHAM; CANUEL, 2006). Ambientes menos energéticos facilitam a deposição da MO, assim como a sua preservação. A remobilização e ressuspensão do sedimento é descrita como um dos fatores que aumenta a susceptibilidade da matéria orgânica a ser degradada, devido ao aumento da exposição a oxigênio (COWIE *et al.*, 1995; MOODLEY *et al.*, 2005). Entre as diferentes frações da matéria orgânica, são observados diferentes padrões de transporte e potencial de preservação, variando de acordo com a estabilidade físico-química de cada classe de compostos orgânicos. Frações mais recalcitrantes, como a MO continental produzida por plantas superiores, apresentam um maior potencial de preservação do que a fração proveniente de algas ou do fitoplâncton (PRAHL *et al.*, 1980).

A diversidade de fontes de MO é um fator comum à maioria das plataformas continentais. A matéria orgânica de origem terrígena é acumulada em conjunto à MO marinha, estuarina e lacustre, derivada tanto de organismos autótrofos como heterótrofos. Cerca de ~99% da matéria orgânica que atinge ou é produzida nos oceanos é degradada ao longo da coluna d'água, de modo que apenas ~1% acumula em regiões de mar profundo. Já em plataformas continentais, a degradação desse sedimento é substancialmente menor, e em alguns casos, até ~40% da matéria orgânica chega a ser preservada (VOLKMAN, 2006). A matéria orgânica depositada representa um potencial arquivo sobre os organismos e as condições ambientais relacionadas ao momento em que foi depositada. Essas informações podem ser extraídas através da composição química da matéria orgânica, a nível elementar, isotópico e molecular.

### **1.3 Composição elementar e isotópica da matéria orgânica**

A análise da composição elementar da MO em termos de C e N apresenta informações básicas quanto a origem da MO sedimentar. A razão entre os conteúdos C e N (razão C/N) é um indicador amplamente utilizado na distinção de fontes autóctones (marinhas) e alóctones (terrestres) da MO (PRAHL *et al.*, 1994; GONI *et al.*, 2005; TESI *et al.*, 2007; RAMASWAMY *et al.*, 2008; GU *et al.*, 2017; SOBRINHO *et al.*, 2021).

Tal diferenciação é possível devido a diferenças na composição da estrutura de organismos marinhos e terrestres. Enquanto grande parte da MO de plantas terrestres é composta por estruturas ricas em carbono, como celulose e lignina, organismos marinhos não apresentam estas moléculas em suas estruturas, tendendo a apresentar maiores contribuições relativas de nitrogênio, proveniente de estruturas como proteínas e ácidos nucleicos (ASPINALL, 1970; BIANCHI; CANUEL, 2011).

Em geral, valores da razão C/N entre 4 e 10 são indicativos da predominância de fontes

marinhas, enquanto valores superiores a 20 são indicativos de fontes terrígenas (MEYERS, 1997). Para que seja viável a utilização da razão C/N é necessário verificar que o nitrogênio analisado seja em sua maioria de origem orgânica, já que altos conteúdos de N inorgânico podem gerar uma falsa assinatura da origem C/N (MEYERS, 1997). Uma correlação positiva e forte ( $r^2 > 0,85$  e  $p < 0,05$ ) entre os valores de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) indica que a maior parte do nitrogênio é de origem orgânica, e valida o uso da razão C/N.

Embora seja amplamente utilizada, a razão C/N carrega uma série de incertezas associadas a processos de remineralização e decomposição durante o transporte e deposição da MO (RICE; HANSON, 1984; TENORE *et al.*, 1984), exigindo a aplicação de marcadores complementares, tais como a análise de isótopos estáveis de carbono.

A ocorrência natural dos isótopos estáveis de carbono é amplamente utilizada na avaliação da origem da MO sedimentar (GU *et al.*, 2017; DAN *et al.*, 2019). Por não sofrer decaimento radioativo, a concentração do isótopo 13 do carbono se mantém relativamente constante ao longo do tempo e bem preservada no registro sedimentar. A razão isotópica do carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) é alterada tanto por processos bióticos (respiração e fotossíntese) como por processos abióticos (mudanças de temperatura, evaporação e precipitação), sendo que dentre esses a fotossíntese é o processo mais relevante, e pode ser utilizada para distinguir as fontes terrestres e marinhas da matéria orgânica (BOUILLON *et al.*, 2011).

Para plantas terrestres, a distinção entre as fontes se dá a partir da maneira como o  $\text{CO}_2$  é assimilado pelos diferentes grupos de plantas. Plantas de padrão fotossintético do tipo C3 (ciclo Calvin-Benson) tendem a apresentar uma maior distinção na assimilação dos isótopos  $^{12}\text{C}$  e  $^{13}\text{C}$ , apresentando valores de  $\delta^{13}\text{C}$  entre -23‰ e -34‰. Já em plantas de padrão fotossintético do tipo C4 (ciclo Hatch-Slack) a diferença de assimilação entre os isótopos é menor, com valores de  $\delta^{13}\text{C}$  entre -9‰ e -17‰ (SCHUBERT; CALVERT, 2001).

Por outro lado, para organismos marinhos, o carbono é assimilado em sua forma dissolvida inorgânica, podendo ser na forma de  $\text{CO}_2$  (aq),  $\text{HCO}_3^-$  ou  $\text{CO}_3^{2-}$ , com diferenças em relação ao enriquecimento em  $^{13}\text{C}$ . Devido ao menor enriquecimento em  $^{13}\text{C}$ , o carbono orgânico de origem fitoplanctônica tende a apresentar valores de  $\delta^{13}\text{C}$  entre -23‰ a -12‰ (SCHUBERT; CALVERT, 2001).

A análise em nível elementar e isotópico se tornaram essenciais em estudos geoquímicos da MO, apresentando informações primordiais para a avaliação da composição da MO. Marcadores a nível molecular constituem um próximo passo na análise geoquímica, garantindo maior robustez assim como informações adicionais aos estudos geoquímicos.

#### **1.4 Marcadores orgânicos moleculares**

Marcadores orgânicos moleculares, ou biomarcadores, são compostos de natureza específica e resistentes a processos de degradação, cuja estrutura química está ligada intrinsecamente a precursores biológicos (COLOMBO *et al.*, 1989). Os biomarcadores são poderosas ferramentas geoquímicas e têm sido amplamente utilizados em estudos paleoclimáticos e em reconstruções de condições ambientais (MEYERS, 2003; ROBINSON *et al.*, 2006; ROTHWELL; RACK, 2006; MULABAGAL *et al.*, 2013; PEDROSA-PÀMIES *et al.*, 2015; SAWADA *et al.*, 2020).

Idealmente, um bom biomarcador para estudos ambientais deve apresentar as seguintes características (MARLOWE *et al.*, 1984; POYNTER; EGLINTON, 1991; BRASSELL, 1993):

1. Procedimento analítico validado e bem estabelecido, para análise em uma variedade de matrizes.
2. Especificidade de fonte biológica, com organismos de nicho ecológico bem definido.
3. Alta estabilidade físico-química.

4. Apresentar mecanismos de transporte definidos, desde a sua produção até sua deposição.

Dentre estes aspectos, a estabilidade físico-química e a especificidade de fonte são fundamentais na seleção dos marcadores moleculares. Entre os múltiplos componentes da matéria orgânica, os compostos lipídicos se destacam pela sua resistência a processos de degradação, conferindo-lhes um alto potencial de preservação em ambientes aquáticos (WAKEHAM *et al.*, 1997). Além disso, os lipídios apresentam uma grande variedade estrutural de suas moléculas, apresentando fontes variadas e específicas (ex: fitoplâncton, zooplâncton, plantas vasculares) (PARRISH *et al.*, 2000; VOLKMAN, 2006).

Os lipídeos são moléculas orgânicas constituintes da maior parte dos seres vivos. Devido às suas características físico-químicas, os compostos lipídicos se associam ao material particulado e são acumulados ao longo do tempo no sedimento. Após depositados, esses compostos permanecem no fundo, fornecendo um registro que pode ser estudado através de testemunhos sedimentares. Entre os diferentes compostos lipídicos há uma grande diferença quanto a sua reatividade, com compostos que são degradados em semanas ou meses, até compostos que perduram por milhares de anos no sedimento ou na composição do petróleo (WAKEHAM; CANUEL, 2006). A sucessão de sedimentos depositados no fundo marinho pode indicar eventos ou fornecer informações sobre a fonte e transporte do sedimento, assim como mudanças climáticas ou oceanográficas (HYUN *et al.*, 2015; YAN *et al.*, 2021).

Dentre as classes de compostos usualmente aplicados como biomarcadores, estão os n-alcenos e alquenonas, amplamente distribuídos em ecossistemas marinhos. Variações dos níveis e distribuição desses compostos podem fornecer informações tanto da origem da MO sedimentar como condições ambientais do momento em que o sedimento foi depositado (MEDEIROS; SIMONEIT, 2008; MÉJANELLE; LAUREILLARD, 2008; BELICKA; HARVEY, 2009).

### 1.4.1 n-alcenos

Os n-alcenos são hidrocarbonetos saturados de cadeia linear (Figura 2) que apresentam alta estabilidade e resistência a degradação, podendo ser preservados por milhares de anos no sedimento (EGLINTON; LOGAN, 1991). São sintetizados por grande parte dos seres vivos, entretanto, suas principais fontes naturais para o ambiente marinho são as plantas terrestres e o fitoplâncton (XING *et al.*, 2011; IZART *et al.*, 2012). A biossíntese dos n-alcenos ocorre a partir da descarboxilação dos ácidos graxos, que tem, predominantemente, número par de átomos de carbono. Assim, os n-alcenos produzidos pelos seres vivos apresentam a predominância de cadeias carbônicas contendo número ímpar de átomos de carbono (KILLOPS; KILLOPS, 2005).

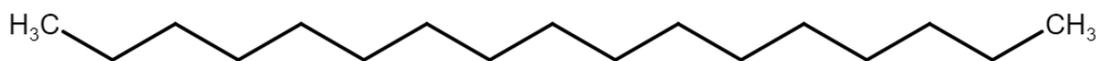


Figura 2: Estrutura típica de um n-alceno, neste caso um n-alceno de 17 carbonos (nC<sub>17</sub>).

A distribuição entre os n-alcenos varia de acordo com a sua fonte predominante. Os n-alcenos de cadeia ímpar e curta, entre nC<sub>15</sub> e nC<sub>21</sub>, são usualmente indicativos do fitoplâncton, zooplâncton e algas (BLUMER *et al.*, 1971; VOLKMAN; MAXWELL, 1986; CARRO *et al.*, 2006; BIANCHI; CANUEL, 2011). Já os n-alcenos nC<sub>21</sub>, nC<sub>23</sub> e nC<sub>25</sub>, são produzidos especialmente por macrófitas aquáticas (FICKEN *et al.*, 2000; MEAD *et al.*, 2005). Alguns estudos apontam que os n-alcenos de cadeia média e par, entre nC<sub>12</sub> e nC<sub>24</sub> são sintetizados especialmente por bactérias (NISHIMURA; BAKER, 1986; GRIMALT; ALBAIGÉS, 1987).

Os n-alcenos produzidos por plantas superiores correspondem à maior fração dos alcanos terrígenos que são transportados e preservados no ambiente marinho. Os principais mecanismos de transporte destes compostos ao meio marinho incluem aporte fluvial e drenagem continental, podendo também, embora em menor parte, serem transportados via atmosfera. Estes n-alcenos compõem as ceras epicuticulares de plantas, e apresentam cadeias longas com 25 a 35 carbo-

nos, predominando o nC<sub>27</sub>, nC<sub>29</sub>, nC<sub>31</sub> e nC<sub>33</sub> (EGLINTON; HAMILTON, 1967; BIANCHI; CANUEL, 2011). A predominância entre estes alcanos depende essencialmente do tipo de vegetação predominante. Plantas com padrão fotossintético do tipo C3, correspondente às plantas vasculares, tendem a sintetizar maiores quantidades de nC<sub>27</sub> e nC<sub>29</sub>, enquanto plantas do tipo C4, representado em sua maior parte pelas gramíneas, sintetizam mais intensamente nC<sub>31</sub> e nC<sub>33</sub> (XIE *et al.*, 2002; ZHANG *et al.*, 2006; ZECH *et al.*, 2010; DAMSTÉ *et al.*, 2011). A Tabela 1 apresenta um resumo da distribuição de n-alcanos relacionada a cada fonte, com a referência em questão.

Tabela 1: Principais fontes de n-alcanos para o ambiente marinho.

<b>n-alcanos Predominantes</b>	<b>Fonte</b>	<b>Referência</b>
nC <sub>15</sub> e nC <sub>17</sub>	Algas Marinhas	(BLUMER <i>et al.</i> , 1971; YOUNGBLOOD <i>et al.</i> , 1971)
nC <sub>17</sub> a nC <sub>24</sub>	Fitoplâncton e Zooplâncton	(CRANWELL <i>et al.</i> , 1987)
nC <sub>21</sub> , nC <sub>23</sub> e nC <sub>25</sub>	Macrófitas aquáticas	(FICKEN <i>et al.</i> , 2000)
Alcanos pares entre nC <sub>16</sub> e nC <sub>28</sub>	Bactérias marinhas	(CRANWELL, 1982)
nC <sub>27</sub> e nC <sub>29</sub>	Plantas superiores tipo C3	(EGLINTON; HAMILTON, 1967)
nC <sub>31</sub> e nC <sub>33</sub>	Plantas superiores tipo C4	(XIE <i>et al.</i> , 2002)

Para auxiliar na interpretação dos resultados, e distinção entre as diferentes fontes de n-alcanos para o meio marinho, diversos estudos empregam o uso de razões diagnósticas. O índice preferencial de carbono (IPC) avalia o predomínio de n-alcanos ímpares de cadeia longa sobre o restante dos alcanos de cadeia longa, com entre 24 e 34 carbonos (BRAY; EVANS, 1961). A avaliação deste índice pode indicar a contribuição de plantas terrígenas para a MO marinha, sendo calculada a partir das concentrações dos n-alcanos e através da seguinte equação:

$$IPC = \frac{1}{2} \left( \frac{[nC_{25}] + [nC_{27}] + [nC_{29}] + [nC_{31}] + [nC_{33}]}{[nC_{24}] + [nC_{26}] + [nC_{28}] + [nC_{30}] + [nC_{32}]} + \frac{[nC_{25}] + [nC_{27}] + [nC_{29}] + [nC_{31}] + [nC_{33}]}{[nC_{26}] + [nC_{28}] + [nC_{30}] + [nC_{32}] + [nC_{34}]} \right) \quad (1)$$

Tipicamente, valores altos de IPC (superiores a 3) indicam o predomínio de plantas terrígenas na MO sedimentar, enquanto valores inferiores a isso, podem indicar a contribuição de algas marinhas para a MO (EGLINTON *et al.*, 1962; EGLINTON; HAMILTON, 1963; CLARK JR; BLUMER, 1967; BI *et al.*, 2005). De modo similar, variações de IPC ao longo do testemunho podem sugerir um aumento ou diminuição no aporte da MO terrígena, podendo ou não estar relacionadas a mudanças na produção de matéria orgânica marinha (COLLISTER *et al.*, 1994).

Entre as fontes terrígenas da MO, a predominância relativa de plantas do tipo C3 ou C4 pode ser avaliada através do Índice Alcano (IA), que relaciona as concentrações de nC<sub>29</sub> e nC<sub>31</sub> através da equação 2 (SCHEFUß *et al.*, 2003). Além disso, a adaptação fisiológica das plantas devido a um possível estresse hídrico pode fazer com que haja diferenças na distribuição dos homólogos de nC<sub>29</sub> e nC<sub>31</sub>. Plantas terrestres sob um maior estresse hídrico tendem a exibir o máximo de distribuição de n-alcenos no nC<sub>31</sub>, enquanto as de clima mais úmido mostram o máximo em nC<sub>29</sub> (HORIKAWA *et al.*, 2010). Valores de IA > 0,5 indicam predomínio de plantas de clima mais seco e/ou do tipo C4, enquanto o predomínio das de clima mais úmido e/ou do tipo C3 é indicado por valores de IA < 0,5 (ZHANG *et al.*, 2006).

$$IA = \frac{[nC_{31}]}{[nC_{29}] + [nC_{31}]} \quad (2)$$

De modo semelhante, o índice de Tamanho Médio de Cadeia (TMC), proposto por Poynter e Eglinton (1990), também pode auxiliar na distinção entre diferentes fontes terrígenas. Mudanças ambientais no continente, como variações na temperatura e umidade, regime de chuvas, erosão, etc., podem apresentar um impacto direto na distribuição dos n-alcenos. O sinal da vegetação terrestre nos sedimentos está relacionado não apenas ao tipo de vegetação continental, mas também às condições climáticas que controlam a produção e o transporte de marcadores moleculares para o ambiente marinho (SCHULZ; ZABEL, 2006; EGLINTON; EGLINTON, 2008). Em resposta ao estresse hídrico, as plantas terrestres tendem a produzir n-alcenos com cadeias carbônicas maiores para promover uma cobertura de cera mais eficiente e assim evitar a perda de água (RULLKÖTTER, 2006; SACHSE *et al.*, 2006). Mudanças como esta podem ser avaliadas através do índice de Tamanho Médio da Cadeia (TMC), apresentado na equação 3, cujo valor do resultado se aproxima ao número de átomos de carbono do n-alceno de cadeia longa predominante.

$$TMC = \frac{25[nC_{25}] + 27[nC_{27}] + 29[nC_{29}] + 31[nC_{31}] + 33[nC_{33}]}{[nC_{25}] + [nC_{27}] + [nC_{29}] + [nC_{31}] + [nC_{33}]} \quad (3)$$

Deste modo, valores maiores de TMC seriam indicativos do predomínio de plantas do tipo C4 ou de períodos de clima seco, enquanto valores menores de TMC estariam relacionados à vegetação do tipo C3 ou de períodos mais úmidos no continente. A Tabela 2 apresenta um resumo das razões diagnósticas e suas referências, relacionando o resultado de cada índice à fonte predominante dos n-alcenos.

Tabela 2: Interpretação dos valores das razões diagnósticas e respectivas fontes predominantes.

Índice	Valor	Fonte Predominante	Referência
IPC	1-2	Poucas plantas superiores, predominância de algas	(EGLINTON <i>et al.</i> , 1962; BI <i>et al.</i> , 2005)
	>3	Predominância de plantas superiores	(RAO <i>et al.</i> , 2009)
IA	<0,5	Plantas do tipo C3 e/ou clima úmido	(ZHANG <i>et al.</i> , 2006)
	>0,5	Plantas do tipo C4 e/ou clima seco	
TMC	Baixo (<29)	Plantas de menor temperatura e/ou maior umidade	(POYNTER; EGLINTON, 1990)
	Alto (>29)	Plantas de maior temperatura e/ou menor umidade	

#### 1.4.2 Alquenonas

Alquenonas são cetonas de cadeia longa e insaturada, produzidas por algumas espécies de microalgas da classe *Prymnesiophyceae*, principalmente pelo cocolitoforídeo *Emiliania huxleyi* (VOLKMAN *et al.*, 1980). Em baixas latitudes, o cocolitoforídeo *Gephyrocapsa oceanica* também pode ser uma fonte importante (VOLKMAN *et al.*, 1995). Essas espécies habitam a camada superficial dos oceanos (entre 20-30 m) e no Atlântico Sul são associadas a águas com alto conteúdo de nutrientes e baixa temperatura (WINTER, 1994; BOECKEL *et al.*, 2006).

As alquenonas apresentam uma larga e ampla distribuição em todos os oceanos, devido à grande abundância e caráter cosmopolita dessas microalgas. A aplicabilidade das alquenonas em estudos geoquímicos se dá a partir da sua capacidade de registrar variações na temperatura da superfície do mar (TSM). Estas cetonas de cadeia longa apresentam excelente estabilidade e preservação no sedimento, permitindo avaliar a TSM no passado (CONTE *et al.*, 1992; GRIMALT *et al.*, 2000; PRAHL *et al.*, 2000). Esse registro ocorre a partir da relação entre a TSM e o grau de insaturação das moléculas de alquenonas (BRASSELL *et al.*, 1986; MÜLLER *et al.*, 1998; PRAHL; WAKEHAM, 1987).

O nível de insaturação, ou quantidade de ligações duplas, nas moléculas de alquenonas varia de tal forma que quanto menor a temperatura no ambiente em que a microalga habitava, maior o grau de insaturação das alquenonas sintetizadas. Com isso, foi proposto um índice, denominado  $U_{37}^{k'}$ , calculado a partir das concentrações das alquenonas  $C_{37:2}$  e  $C_{37:3}$  (Figura 3). Este índice foi inicialmente calculado por Brassell *et al.* (1986), e então reajustado por Prahl e Wakeham (1987), como apresentado na Equação 4:

$$U_{37}^{k'} = \frac{[C_{37:2}]}{[C_{37:2}] + [C_{37:3}]} \quad (4)$$

onde  $C_{37:2}$  e  $C_{37:3}$  são cetonas de 37 átomos de carbono, com duas e três ligações duplas, respectivamente.

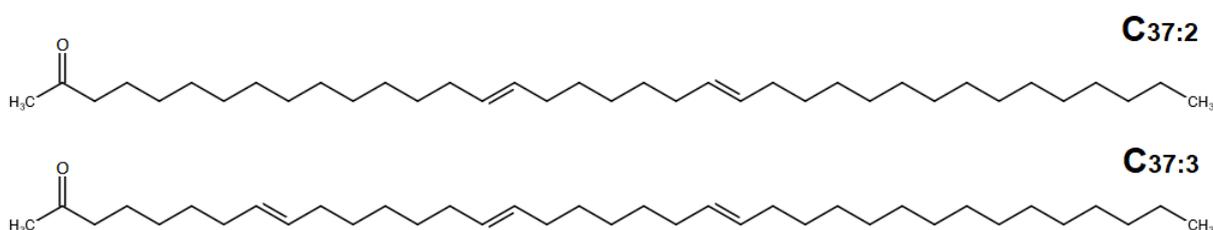


Figura 3: Estrutura das alquenonas di e tri-insaturadas,  $C_{37:2}$  e  $C_{37:3}$ .

Prahl e Wakeham (1987) realizaram experimentos em laboratório com culturas de *Emiliana huxleyi* em diferentes temperaturas, observando uma relação linear entre o índice  $U_{37}^{k'}$  e a temperatura de cultivo. A partir disso, diversos autores apresentaram calibrações para diferentes regiões do globo (SIKES *et al.*, 1991; ROSELL-MELÉ *et al.*, 1995; CONTE *et al.*, 2006). Atualmente, a calibração estabelecida por Müller *et al.* (1998) é a mais utilizada, realizada a partir de diversas amostras coletadas entre 60°N e 60°S, e com ampla variação nos valores de média anual de TSM (0-29°C) (Equação 5).

$$TSM(^{\circ}C) = \frac{U_{37}^{k'} - 0,044}{0,033} \quad (5)$$

Esta equação tem sido amplamente utilizada em estudos paleoceanográficos, com um erro padrão de  $\pm 1,5^{\circ}C$ . Na região do Atlântico Sul, a calibração de Müller *et al.* (1998) é a mais utilizada e com bons resultados para essa região de estudo (MAHIQUES *et al.*, 2005; CORDEIRO *et al.*, 2014; RODRIGUES, 2019).

## 2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar a variabilidade espacial e temporal da origem e distribuição da matéria orgânica sedimentar depositada em *mudbelts* distribuídos ao longo da plataforma continental média da região sul do Brasil, entre 25 e 33°S, durante os últimos 100 anos. A avaliação foi feita através do estudo de marcadores orgânicos moleculares, especificamente n-alcenos e alquenonas, em conjunto com marcadores a nível elementar e isotópico, em testemunhos de alta resolução.

### 3 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a plataforma continental sul do Brasil (PCSB), desde a região sul do Embaiamento de São Paulo até o extremo sul da plataforma continental brasileira (Figura 4). Se trata de uma região de plataforma larga, de extensão variada entre 80 e 230 km, com quebra da plataforma entre 120 e 180 m de profundidade (ZEMBRUSCKI, 1979), sendo que porção do Embaiamento de São Paulo apresenta os maiores valores de extensão e profundidade de quebra em toda a região de estudo. Os contornos batimétricos de fundo tendem a acompanhar os recortes e morfologia da costa, em um relevo tipicamente suave e com as isóbatas dispostas paralelamente à costa.

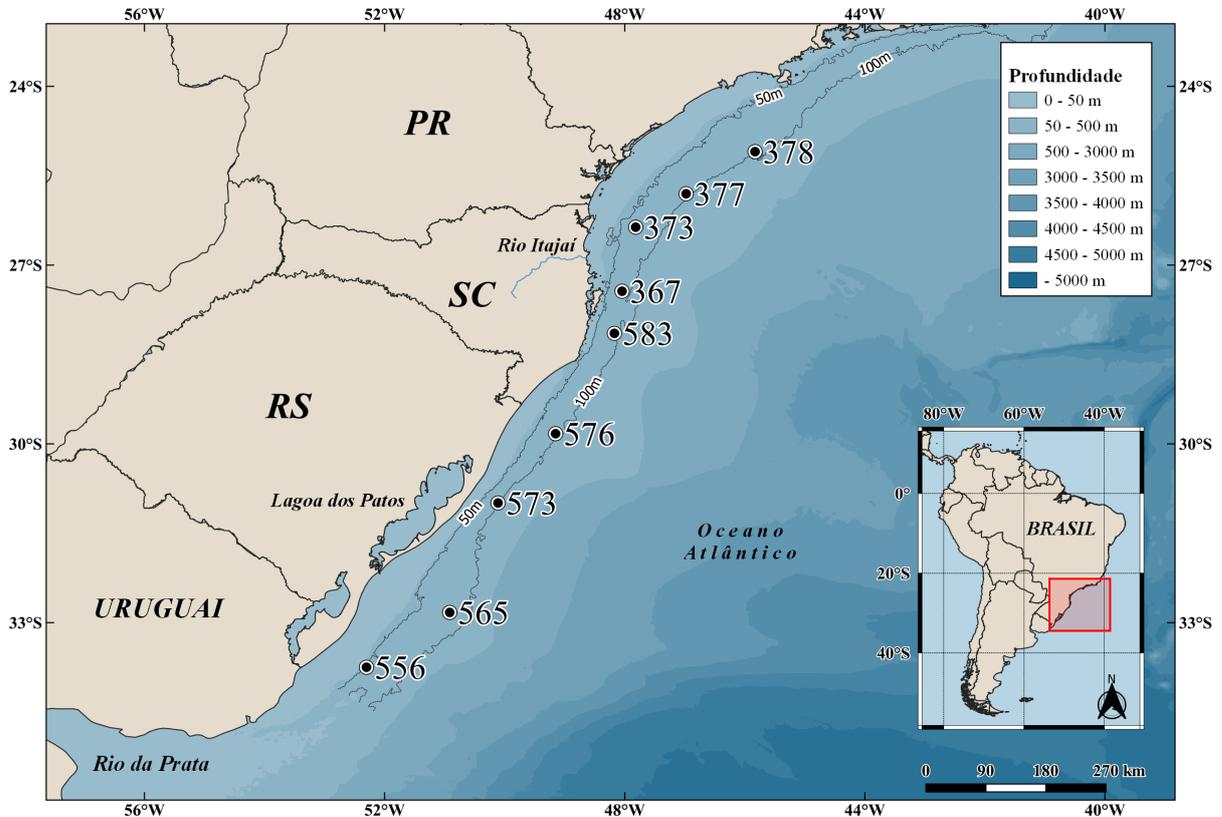


Figura 4: Mapa da área de estudo, com a localização dos testemunhos coletados.

A PCSB é um ambiente caracterizado pela baixa estratificação e alto grau de mistura de águas, sendo em geral dominado pela Água Tropical (AT) entre as profundidades entre 0 e 200m. (MIRANDA, 1985; CASTRO; LB, 1998; SILVEIRA *et al.*, 2004; SOUTELINO *et al.*, 2013). Na região interna da plataforma continental, a influência do aporte continental se mistura com a AT, sendo comumente denominada como Água Costeira (AC). Na plataforma externa é possível observar a presença da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), apresentando baixa temperatura e salinidade ( $T=5-18^{\circ}\text{C}$  e  $S=34,3-35,8$ ) (CASTRO; LB, 1998).

A interação entre essas massas d'água apresenta forte dependência sazonal. Durante os meses de primavera-verão, a estratificação na coluna d'água é maior, com a presença da AC na superfície e AT ao fundo, com ocasionais intrusões da ACAS sobre a plataforma continental, com possíveis eventos de afloramento à superfície (CARVALHO *et al.*, 1998; HILLE, 2009; CECHINEL, 2015). Já durante o outono-inverno, a influência dos ventos de sul é maior, provocando menor estratificação na coluna d'água. O transporte de águas frias e de baixa salinidade domina a plataforma interna e média, empurrando massas d'água com a AT e ACAS para a região de plataforma externa (PIOLA *et al.*, 2000; PIOLA *et al.*, 2005; PIMENTA *et al.*, 2005; MÖLLER *et al.*, 2008; MACEDO-SOARES *et al.*, 2014).

A hidrodinâmica da plataforma continental sul do Brasil é marcada pela presença e interação de duas principais correntes: a Corrente do Brasil (CB), fluindo em direção sul, e a Corrente Costeira do Brasil (CCB), em direção norte (SOUZA; ROBINSON, 2004). A Corrente do Brasil é a corrente de contorno oeste associada ao giro subtropical do Atlântico Sul. Ela se origina em aproximadamente  $10^{\circ}\text{S}$ , devido à bifurcação da Corrente Sul Equatorial, formando a Corrente Norte do Brasil, que flui em direção norte, e a CB, fluindo em direção sul (PETERSON; STRAMMA, 1991; SILVEIRA *et al.*, 1994). A CB domina a circulação e transporte de massas d'água em toda a plataforma externa e talude sudeste, transportando a AT

(e a ACAS, em maiores profundidades) e sedimento para maiores latitudes. A influência da CB diminui tanto com o aumento da latitude quanto com a diminuição da profundidade, sendo que na plataforma interna a hidrodinâmica é dominada por fluxos forçados pelo vento.

A CCB se desloca mais próxima à costa (Figura 5), transportando águas de menor temperatura e salinidade e sedimentos provenientes de descargas fluviais do Rio da Prata e de outros corpos d'água menores como a Lagoa dos Patos (SOUZA; ROBINSON, 2004; MÖLLER *et al.*, 2008; MAHIQUES *et al.*, 2008). O comportamento da CCB está intimamente relacionado a variações sazonais da descarga fluvial do Rio da Prata, além de fatores sinóticos como mudanças no regime de ventos. Esses fatores alteram não apenas o alcance da pluma do Rio da Prata, mas também a estrutura vertical e horizontal de massas d'água na plataforma continental sul (PIOLA *et al.*, 2000).

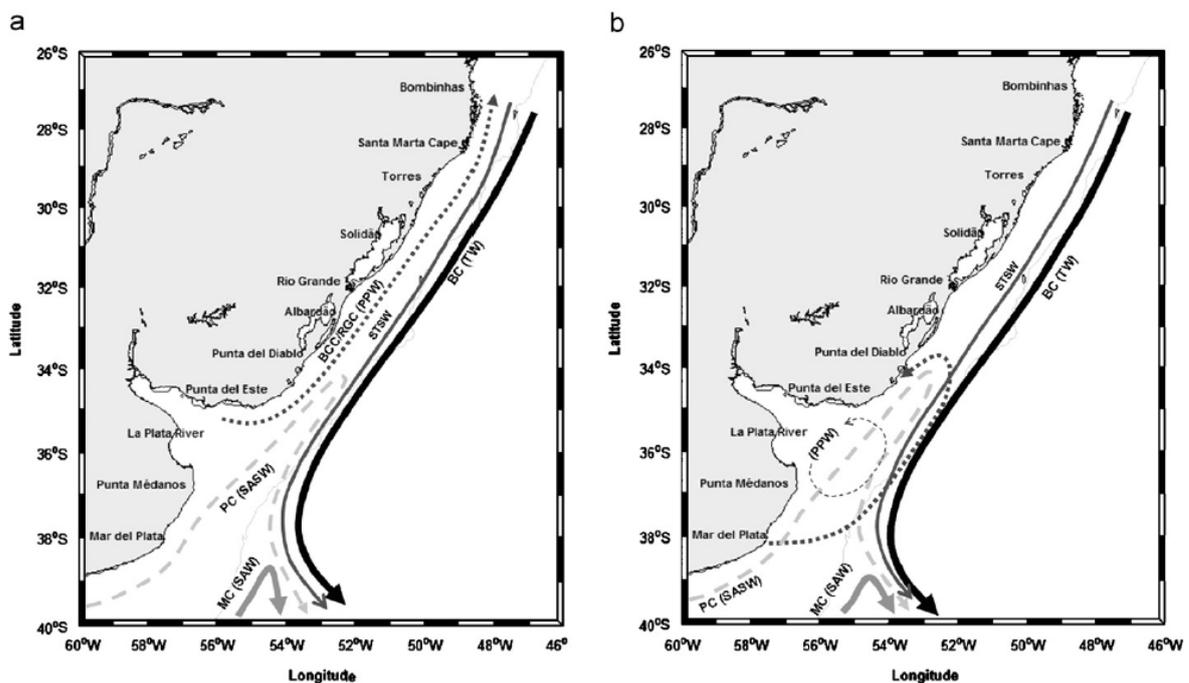


Figura 5: Deslocamento da Corrente do Brasil e da Corrente Costeira do Brasil, entre os meses de inverno (a) e verão (b).

O Rio da Prata representa o segundo maior sistema fluvial da América do Sul, com uma descarga média anual de  $23\,000\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$  (PIOLA *et al.*, 2018). O deslocamento da pluma do Rio

da Prata apresenta forte relação com a ação de ventos de sudoeste/sul (SW/S), assim como uma dependência sazonal (PIOLA *et al.*, 2000). Durante os meses de inverno, a pluma se estende por mais de 1.200km da desembocadura do Rio da Prata, quando pode atingir até o sul do estado de São Paulo (MAHIQUES *et al.*, 2008). Já nos meses de primavera e verão, a pluma permanece contida próxima à costa, alcançando em média até 32°S. Durante esse período, os ventos predominantes deixam de ser SW/S e passam a ser de nordeste/norte (NE/N).

Este regime de ventos é condicionado principalmente pelo Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e pelos Sistemas Meteorológicos Frontais (SMFs) (SATYAMURTY *et al.*, 1998). A sazonalidade e alternância entre esses dois sistemas meteorológicos condiciona os padrões de correntes e propriedades das águas da PCSB, em especial nas regiões de plataforma interna e média em que o vento é a forçante mais importante. Durante os meses de verão e primavera, o ASAS se desloca ao sul, fazendo que se enfraqueça, que combinado com o maior gradiente de pressão, faz com que os ventos de nordeste sejam intensificados. Já durante o inverno, o ASAS está mais ao norte e o gradiente de pressão é mais ameno, intensificando os ventos do quadrante sul. Este processo ainda pode ser alterado devido aos fenômenos de *El Niño* e *La Niña* (MÄCHEL *et al.*, 1998; DEGOLA, 2013).

Além do Rio da Prata, um dos principais aportes fluviais da PCSB corresponde à Lagoa dos Patos. Os grandes rios na região sul da área de estudo, fluem em sua grande maioria para a Bacia do Prata, de modo que são poucos os cursos fluviais que deságuam no Oceano Atlântico (SOARES; JR, 2001). A partir do estado de Santa Catarina, há um aumento na quantidade de rios que desembocam no Atlântico, sendo que entre os principais está o Rio Itajaí-Açu. No entanto, a sua influência sobre a plataforma continental ainda é pouco estudada, em especial quando às regiões de plataforma média e externa.

Em relação à distribuição superficial de sedimentos na plataforma continental da região

de estudo, são observadas variações latitudinais e batimétricas na granulometria dos sedimentos (MAHIQUES *et al.*, 2004). A plataforma interna (até a isóbata de 50 m) é marcada pela predominância de sedimentos mais grossos, com mais de 50% dos sedimentos apresentando composição arenítica. Na plataforma média, entre as isóbatas de 50 e 100m, passam a predominar sedimentos finos, como siltes e argilas. Já na plataforma externa, na região do Embaiamento de São Paulo, é observado um aumento no conteúdo de sedimentos grossos, devido a fenômenos como o padrão de meandramento da Corrente do Brasil na região de plataforma externa e talude superior. No restante da área de estudo, a plataforma externa segue o padrão de predominância de sedimentos finos com o aumento da profundidade (URIEN; EWING, 1974; MAHIQUES *et al.*, 2002).

Os *mudbelts* presentes na região de estudo estendem-se na plataforma média, eventualmente alcançando a plataforma externa. Seus controles batimétricos, morfológicos e hidrodinâmicos ainda são pouco conhecidos, embora estudos a respeito indiquem a existência de uma fonte clara, relacionada à descarga do Rio da Prata, até 27° S, ao passo que, entre essa latitude e 25° S os sedimentos parecem apresentar uma fonte mista e mais complexa (MAHIQUES *et al.*, 2008).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Coleta e armazenamento das amostras

Para este estudo foram utilizadas amostras coletadas durante os cruzeiros oceanográficos MUDBELTS I e II, ambos realizados a bordo do Navio Oceanográfico Alpha Crucis do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo e financiados através do projeto temático “Mudbelts do Sul e Sudeste do Brasil: Implicações sobre as influências antrópicas no ambiente marinho” (processo FAPESP nº 2015/17763-2). Os embarques foram realizados durante os meses de junho de 2017 e janeiro de 2019.

O sedimento foi coletado com amostrador de testemunhos sedimentares do tipo *multiple corer*. A seleção dos pontos de coleta foi feita a partir dos dados obtidos em uma linha de ecossondagem com o sistema Chirp 3260 da Knudsen, instalado no casco do navio, com a finalidade de identificar pontos de acumulação de sedimentos lamosos. Devido à magnitude da área de estudo, para este trabalho foram selecionados pontos localizados próximos à isóbata de 90m, mantendo o contexto do estudo na plataforma continental média. As informações da posição geográfica, profundidade local e comprimento dos testemunhos estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Informações da posição geográfica, profundidade local e comprimento dos testemunhos.

Cruzeiro	Estação	Latitude	Longitude	Profundidade de coleta (m)	Comprimento do testemunho (cm)
MUDBELTS I	#378	25° 05,811'S	045°49,820'W	94	41
	#377	25° 48,198'S	046°58,721'W	93	42
	#373	26° 21,858'S	047°49,158'W	62	40
	#367	27° 26,348'S	048°02,788'W	84	40
MUDBELTS II	#583	28° 8,807'S	48° 10,430'W	93	18
	#576	29° 49,846'S	49° 9,213'W	97	40
	#573	30° 59,603'S	50° 6,744'W	100	32
	#565	32° 49,865'S	50° 55,059'W	71	40
	#556	33° 45,057'S	52° 18,272'W	67	26

Após coletados, os MUCs foram fatiados e amostrados em intervalos contínuos de 1 cm. As amostras foram identificadas e transferidas para bandejas de alumínio, sendo armazenadas a frio (-15°C) até serem transportadas para o laboratório em São Paulo. As amostras foram liofilizadas durante 72 horas em liofilizador Thermo Savant – modulyo D, e em seguida foram maceradas e homogeneizadas em almofariz com pistilo e armazenadas em frascos de vidro previamente muflados a 400°C por 4 horas.

#### 4.2 Determinação das taxas de sedimentação e datação

Os testemunhos foram datados a partir de método de determinação da atividade  $^{210}\text{Pb}$ , com validação das datas por meio do  $^{137}\text{Cs}$ , como descrito anteriormente em Figueira (2000). Parte dos resultados de geocronologia utilizados neste estudo já foram publicados em outros trabalhos (MAHIQUES *et al.*, 2020; KIM *et al.*, 2021; TIMOSZCZUK *et al.*, 2021). A atividade dos radionuclídeos foram determinadas por espectrometria gama de alta resolução, com o uso de um espectrômetro gama Ge hiperpuro, modelo GMX25190P da EG&G ORTEC, com resolução média de 1,97 keV para o pico de 1332,35 keV de  $^{60}\text{Co}$ . A espectrometria gama foi analisada utilizando o software MAESTRO (EG&G ORTEC, versão 5.1). Os resultados dos

níveis de  $^{210}\text{Pb}$  permitiram estabelecer as taxas de sedimentação e datação dos testemunhos, como apresentado nos trabalhos de Figueira *et al.* (2007) e Ferreira *et al.* (2013).

Para a análise de espectrometria gama, foram pesados entre 10 e 20 g de sedimento liofilizado de cada amostra. As amostras foram então armazenadas em recipientes de polietileno, próprios para a análise, e deixadas durante aproximadamente 20 dias reservadas antes da medição de atividade dos radionuclídeos. Este período é necessário para que o radionuclídeo  $^{226}\text{Ra}$  mantenha o equilíbrio radioativo com o  $^{222}\text{Rn}$ , possibilitando a análise das suas atividades.

O cálculo da taxa de sedimentação foi realizado pelos níveis de  $^{210}\text{Pb}$ , o qual se deposita relativamente rápido no sedimento (KRISHNASWAMY *et al.*, 1971). Há diversos modelos que calculam a taxa de sedimentação com  $^{210}\text{Pb}$ . O que foi utilizado neste trabalho foi o modelo CRS (*Constant Rate of Supply*) (APPLEBY; OLDFIELD, 1978), o qual considera que: 1) o suprimento do  $^{210}\text{Pb}$  não suportado para os sedimentos é constante ao longo do tempo, (2) a concentração inicial de  $^{210}\text{Pb}$  no sedimento é variável e (3) o aporte de sedimentos é variável. Optou-se pelo modelo CRS, principalmente, devido à larga extensão da área de estudo assim como a complexidade hidrodinâmica, não sendo viável considerar uma taxa de sedimentação constante.

Em conjunto com a análise da atividade dos radionuclídeos  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{226}\text{Ra}$ , a análise do  $^{137}\text{Cs}$  confere uma maior precisão para a datação das amostras de sedimento. O  $^{137}\text{Cs}$  é um isótopo radioativo produzido através da fissão do  $^{235}\text{U}$ . Para a região do Atlântico Sul, a principal fonte de  $^{137}\text{Cs}$  para os sedimentos marinhos corresponde ao *fallout* radioativo devido aos testes nucleares realizados durante a década de 60 (FIGUEIRA *et al.*, 2006). Desse modo, é possível assumir que no testemunho analisado, o pico de atividade do  $^{137}\text{Cs}$  represente o ano de 1963, conferindo um grau de precisão maior às datas calculadas pela atividade do  $^{210}\text{Pb}$  (FERREIRA *et al.*, 2015).

### 4.3 Características composicionais do sedimento

Para a análise das características composicionais do sedimento, foram determinadas a granulometria (%finos), o teor de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) e a razão isotópica de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ).

A granulometria das amostras foi determinada no Laboratório de Sedimentologia do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, através do analisador Malvern Mastersizer 2000. A partir dos resultados granulométricos foi calculada a porcentagem de finos das amostras, correspondente à fração menor que 62,5  $\mu\text{m}$ .

Para a determinação do teor de COT e da razão isotópica do carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ), uma alíquota do sedimento foi tratada com HCl para remoção do  $\text{CaCO}_3$ . Para as análises de NT foi utilizado o sedimento sem a remoção dos carbonatos. Para ambas as análises, aproximadamente 10 mg de sedimento foram transferidos para cartuchos de estanho (5 x 9mm) e submetidos a análise elementar e isotópica no analisador elementar Costec Instruments Elemental Combustion System acoplado ao detector de espectrometria de massas com razão isotópica *Thermo Scientific Delta V Advantage Isotope Ratio MS*.

Os valores de COT e NT são expressos em termos de porcentagem (%) com relação à massa e % no padrão de referência, como apresentado na equação a seguir:

$$\% \text{amostra} = \frac{\% \text{padrão} \times \text{massa padrão}}{\text{área padrão}} \times \text{área amostra} \quad (6)$$

Os valores da razão isotópica  $\delta^{13}\text{C}$  são calculados com relação ao padrão de referência, utilizando a seguinte fórmula:

$$\delta = \left( \frac{R_{\text{amostra}}}{R_{\text{padrão}}} - 1 \right) \times 1000 \quad (7)$$

onde  $R_{\text{amostra}}$  corresponde à razão isotópica medida na amostra ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) e  $R_{\text{padrão}}$  corresponde à razão isotópica medida no padrão de referência.

#### 4.4 Análise dos marcadores orgânicos moleculares

O procedimento analítico para análise dos marcadores orgânicos moleculares foi feito seguindo protocolo de rotina utilizado no Laboratório de Química Orgânica Marinha do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, adaptado de Lourenço (2007) e publicado em Santos *et al.* (2020).

##### 4.4.1 Preparo dos materiais, solventes e reagentes

Todo o material de vidraria utilizado nas análises foi previamente lavado em banho alcalino com Extran, enxaguado com água corrente, seco em estufa a 150°C e aquecido em mufla a 450°C durante um período de 4 horas. Os materiais que não podem passar pelas etapas de aquecimento (ex: colunas cromatográficas e materiais volumétricos) foram lavados no mesmo banho de Extran, enxaguados com água destilada e secos em temperatura ambiente, para serem então lavados 3 vezes com a mistura n-hexano e diclorometano (1:1, v:v) antes da utilização.

Os solventes utilizados, tanto o n-hexano como o diclorometano (DCM), tinham grau de pureza adequado para análise de resíduos de pesticidas, fabricados pela PanReac AppliChem, da Espanha/Alemanha. A alumina, utilizada como adsorvente no preparo das colunas de purificação, foi aquecida em mufla a 450°C durante 4 horas e armazenada em dessecador. No momento de preparo das colunas de purificação, a alumina foi aquecida em estufa a 150°C, e

deixadas em dessecador a vácuo. Após resfriada, a alumina foi de 5% desativada (relação à massa total) com água Milli-Q, previamente extraída 5 vezes com n-hexano.

#### 4.4.2 Determinação dos n-alcenos e alquenonas

A determinação dos compostos orgânicos consistiu nas etapas de extração, purificação, e análise por cromatografia em fase gasosa. A Figura 6 apresenta um fluxograma resumindo o procedimento analítico. Uma alíquota de 10 gramas de sedimento foi extraída em sistema Soxhlet com 80 mL de n-hexano/diclorometano 50% (v/v) durante 8 horas. Antes da extração, foram adicionados alguns fios de cobre em cada balão volumétrico, para a remoção do enxofre possivelmente presente no sedimento. Além disso, foram adicionados em todas as amostras 100  $\mu\text{L}$  do padrão *surrogate*, contendo n-hexadeceno e n-eicoseno em concentrações de  $50 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1}$ .

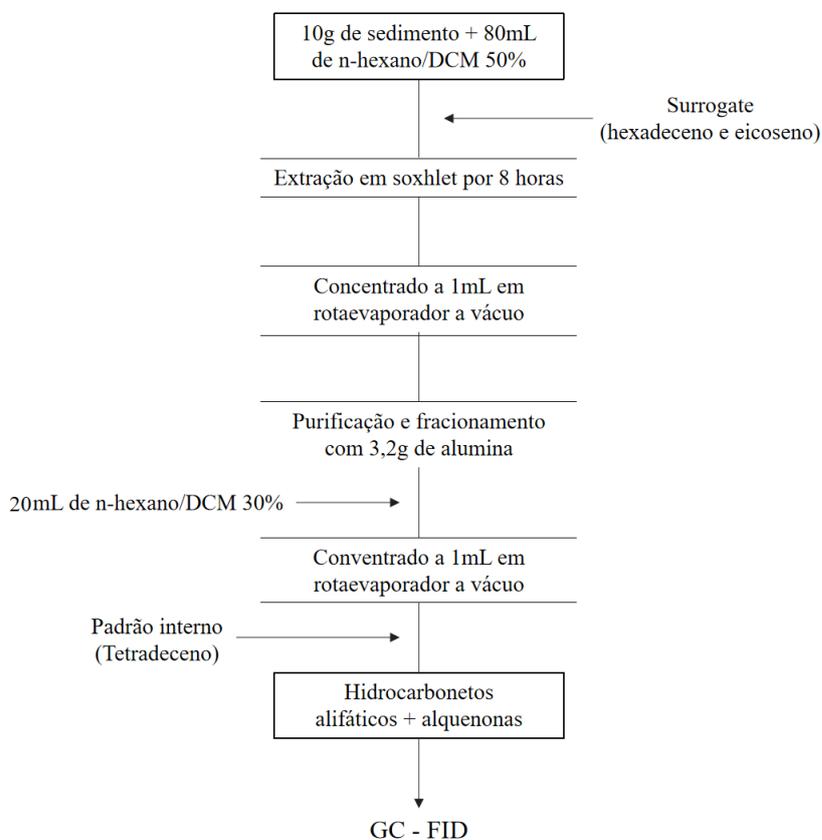


Figura 6: Fluxograma das etapas de análise dos marcadores moleculares.

Após a extração, as amostras foram concentradas a um volume aproximado de 1 mL em um evaporador rotativo a vácuo. Este extrato foi então eluído em uma coluna com 3,2 g de alumina (5% desativada com água Milli-Q), utilizando 20mL de n-hexano. As amostras foram então novamente concentradas, dessa vez a um volume de 0,5 mL, e transferidas para ampolas de vidro, onde foram adicionados 50 µL do padrão interno tetradeceno 50 ngµL<sup>-1</sup>.

A etapa final consistiu na injeção de uma alíquota das amostras em cromatógrafo a gás. Para a análise dos n-alcenos e alquenonas, foi utilizado um cromatógrafo a gás 6890 da Agilent Technologies equipado com detector de ionização de chama (GC-FID). Foi utilizada uma coluna cromatográfica 50 m x 0,32 mm x 0,17 µm (Agilent J&W), com a fase estacionária composta por 5% difenil e 95% dimetilpolisiloxano. As condições de injeção do cromatógrafo estão resumidas na Tabela 4. A rampa de aquecimento utilizada consistiu na temperatura inicial de 40°C, seguido de um aquecimento a 20°C min<sup>-1</sup> até 60°C, um aquecimento a 5°C min<sup>-1</sup> até 250°C, aquecimento a 300°C a 20°C min<sup>-1</sup> e aquecimento a 320°C a 6°C min<sup>-1</sup>, mantendo a temperatura de 320°C por 30 minutos.

Tabela 4: Condições cromatográficas de injeção das amostras no GC-FID.

<b>Parâmetro</b>	<b>GC-FID</b>
Temperatura do injetor	280 °C
Temperatura do detector	325 °C
Temperatura inicial da coluna	40 °C
Fase móvel (gás de arraste)	H <sub>2</sub>
Fluxo da fase móvel	1,2 ml/min
Modo de injeção	<i>splitless</i>
Volume de injeção	1 µl

Para a identificação dos compostos injetados no GC-FID foi feita a comparação dos tempos de retenção com os de padrões externos previamente injetados. Para a quantificação, foi utilizada a relação de massa/área de cada pico do cromatograma, a partir da curva analítica preparada para o controle de qualidade.

#### **4.4.3 Controle de qualidade**

Antes da análise das amostras foi feito um controle de qualidade do método, seguindo modelo apresentado por Wade e Cantillo (1994), adaptado para as análises de rotina realizadas no Laboratório de Química Orgânica Marinha do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. Este procedimento analítico é utilizado para certificar que o método utilizado é eficaz para a análise dos compostos de interesse, garantindo parâmetros como precisão e exatidão do método. Durante essa etapa foram analisados brancos, amostras duplicata, brancos fortificados, matrizes fortificadas e o Material de Referência Certificado (MRC).

- **Branco do método**

Para avaliar possíveis contaminações das amostras com os analitos de interesse, uma série de brancos foi analisada tanto na etapa de validação do método com também entre cada 20 amostras analisadas. Através da análise de brancos é possível verificar possíveis contaminações dos solventes, reagentes, adsorventes ou vidrarias. Um branco aceitável não pode apresentar em seu cromatograma mais que três picos referentes aos analitos de interesse ou picos cujo tempo de retenção coincida com o de algum analito.

- **Duplicata**

A análise de amostras duplicatas é utilizada para garantir a homogeneidade e precisão do método, avaliada na presença de uma matriz representativa. Os resultados em duplicata devem apresentar diferença inferior a 25%, calculada a partir do percentual relativo da diferença (PRD),

apresentado na equação 8.

$$PRD(\%) = \frac{(Cma - Cmd)}{(Cma + Cmd)/2} * 100 \quad (8)$$

*Cma* = concentração medida do analito na amostra

*Cmd* = concentração medida do analito na amostra duplicata

- **Branco fortificado e amostra fortificada**

O branco fortificado e amostra fortificada são ambos utilizados para verificar a recuperação de cada um dos analitos de interesse sob a presença, ou não, de uma matriz representativa. Uma recuperação aceitável deve conter 80% dos analitos no limite entre 50 e 120% de recuperação e a análise em duplicata deve apresentar um percentual relativo da diferença (PRD) menor ou igual a 25%. Os resultados da análise do branco, das amostras fortificadas e duplicatas se enquadraram dentro dos critérios estabelecidos para validação do método (Tabela 5).

Tabela 5: Resultados do controle de qualidade, com a concentração dos compostos ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) e porcentagem de recuperação dos compostos (%).

	Branco	Branco Fortificado	Recuperação Branco	Amostra	Amostra Replicata	PRD	Amostra Fortificada	Recuperação Amostra
C12	0,01	0,21	71,58	0,01	0,01	11,93	0,20	67,52
C13	0,01	0,26	86,33	0,02	0,02	11,18	0,25	84,60
C14	0,01	0,25	84,95	0,01	0,01	2,56	0,23	75,83
C15	<0,006	0,27	90,58	0,02	0,02	4,36	0,25	81,75
C16	0,01	0,27	90,31	0,01	0,01	1,67	0,24	81,42
C17	<0,006	0,28	92,61	0,04	0,04	0,14	0,27	90,72
C18	0,01	0,28	92,28	0,01	0,01	6,72	0,25	82,79
C19	<0,006	0,27	90,77	0,02	0,02	2,46	0,24	80,64
C20	<0,006	0,25	86,21	0,01	0,01	4,10	0,23	75,12
C21	<0,006	0,28	92,43	0,07	0,07	2,14	0,29	96,47
C22	0,01	0,28	93,36	0,02	0,02	4,05	0,25	84,12
C23	<0,006	0,28	93,46	0,09	0,09	5,52	0,30	99,77
C24	<0,006	0,27	90,09	0,05	0,05	7,29	0,25	84,93
C25	<0,006	0,29	95,59	0,33	0,34	3,03	0,26	87,73
C26	<0,006	0,28	94,52	0,06	0,07	4,68	0,27	88,36
C27	<0,006	0,29	98,22	0,42	0,48	12,86	0,25	84,06
C28	<0,006	0,29	96,42	0,10	0,11	11,02	0,23	76,78
C29	<0,006	0,28	92,50	0,95	1,00	5,13	0,28	94,52
C30	<0,006	0,27	89,30	0,10	0,10	3,36	0,22	74,40
C31	<0,006	0,26	87,38	0,74	0,82	11,09	0,29	95,82
C32	<0,006	0,27	91,41	0,10	0,11	13,54	0,21	70,83
C33	<0,006	0,27	88,90	0,38	0,44	13,45	0,27	89,77
C34	<0,006	0,27	89,24	0,03	0,04	18,15	0,25	83,66
C35	<0,006	0,27	90,14	0,11	0,13	14,65	0,22	71,83

- **Material de referência certificado**

O material de referência certificado é utilizado para confirmar a exatidão do método analítico. O MRC consiste de uma amostra bem caracterizada com relação aos analitos de interesse. No certificado de análise que acompanha a amostra, constam os valores certificados e suas incertezas. A análise do material de referência deve apresentar ao menos 80% dos compostos com concentrações dentro dos intervalos de confiança apresentados. Neste estudo foi utilizado o material de referência certificado IAEA-417, da Agência internacional de Energia

Atômica. Este MRC certifica as concentrações do nC<sub>17</sub>, nC<sub>18</sub> e da somatória dos n-alcenos de 14 a 34 carbonos. Os resultados da análise do MRC apresentaram todos os parâmetros dentro dos intervalos certificados (Tabela 6).

Tabela 6: Resultados da análise do material de referência certificado (ng g<sup>-1</sup>), com os valores certificados, assim como os respectivos intervalos de confiança.

	MRC (ng g <sup>-1</sup> )	Valor Certificado (ng g <sup>-1</sup> )	Intervalo de Confiança
<b>C17</b>	251,3	200	120-280
<b>C18</b>	185,3	230	120 – 350
<b>Soma C<sub>14</sub>-C<sub>34</sub></b>	8098,1	9500	5700 – 13000

- **Recuperação do padrão interno e *surrogate***

O padrão *surrogate* é um composto com característica similar aos analitos estudados e é adicionado em cada amostra no início da análise, passando por as etapas do procedimento analítico, enquanto o padrão interno, é adicionado antes da etapa de injeção. Desse modo, a relação entre as quantidades do *surrogate* e do padrão interno permite avaliar possíveis variações do *surrogate*, que empiricamente representa todos os analitos ao longo do método. Dessa maneira, pode-se corrigir a concentração dos compostos em função da recuperação do *surrogate*. A análise só é considerada válida se a recuperação do *surrogate* ficar entre 50% a 120%. Os padrões *surrogate* utilizados neste estudo foram o hexadeceno e eicoseno, enquanto o padrão interno utilizado foi o tetradeceno.

- **Curva analítica**

A quantificação dos analitos foi feita seguindo um método de padronização interna. Para isso, foi elaborada uma curva analítica, contendo os analitos de interesse em 7 concentrações diferentes, sendo estas: 0,25; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 ng µL<sup>-1</sup>. Estas concentrações foram escolhidas levando em conta as concentrações esperadas nas amostras analisadas neste estudo, já que os resultados devem se enquadrar dentro da faixa escolhida para a curva analítica. A

regressão linear entre as concentrações dos compostos e as áreas dos picos devem apresentar coeficiente de correlação de Pearson maior ou igual a 0,995 ( $r \geq 0,995$ ), para cada analito de interesse.

- **Limite de quantificação**

A determinação do limite de quantificação representa uma importante etapa de qualquer procedimento analítico. O limite de quantificação (LQ) representa a menor concentração que pode ser determinada analiticamente, assumindo conceitos como precisão, exatidão e incerteza (RIBANI *et al.*, 2007; (ICH), 2005; INMETRO INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, 2011; KONIECZKA; NAMIEŚNIK, 2018). O método adotado foi basear o conceito de LQ na curva analítica, já que ela determina a faixa linear de trabalho (INMETRO INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, 2011). Assim, o LQ foi adotado como o ponto de menor concentração da curva analítica,  $0,25 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1}$  ou  $0,006 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ .

#### 4.5 Análise estatística

Para avaliar as diferenças entre os testemunhos, foram realizadas análises de variância (ANOVA) acompanhadas do Teste de Tukey. As análises foram feitas utilizando o software Past versão 4.07b. A presença de valores *outliers* foi analisada através do teste de Grubbs. As premissas de normalidade e homocedasticidade foram verificadas a través dos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. No caso de as amostras não apresentarem as premissas, foram realizadas transformações *box-cox* sobre o conjunto de dados. Foi atribuído o intervalo de confiança de 95% para as análises, com nível de significância (p valor) de 0,05.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Taxa de sedimentação e datação dos testemunhos

Entre os testemunhos analisados neste trabalho, foram determinadas as taxas de sedimentação e idade dos testemunhos #573, #576, #583, #367, #373, #377 e #378. Os resultados de taxa de sedimentação, assim como a idade aproximada calculada para cada amostra, são apresentadas na Figura 7.

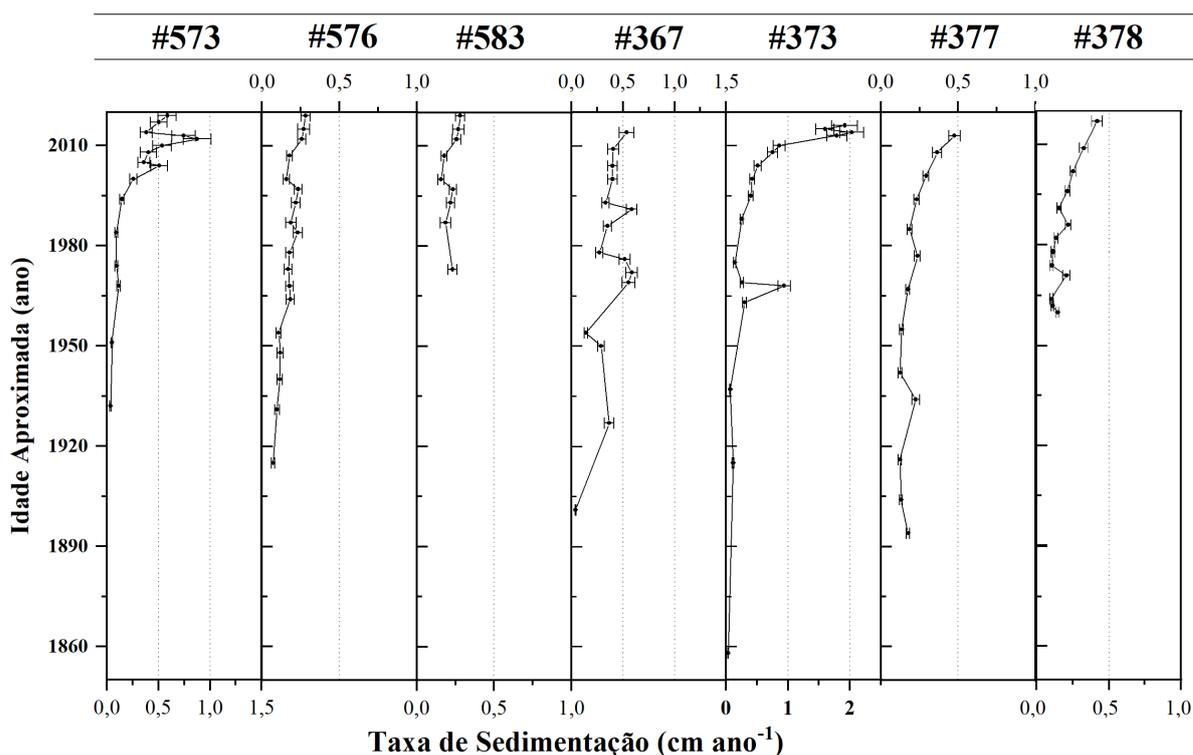


Figura 7: Taxa de sedimentação e respectivas idades aproximadas para os testemunhos #573, #576, #583, #367, #373, #377 e #378.

A taxa de sedimentação foi semelhante entre a maior parte dos testemunhos, variando entre 0,03 e 0,58 cm ano<sup>-1</sup>. O testemunho #373 apresentou as maiores taxas, até 2,03 cm ano<sup>-1</sup>. De modo geral, foram observadas poucas variações ao longo do tempo, com exceção dos

testemunhos #573 e #373. Nestes testemunhos, há um aumento na taxa de sedimentação a partir dos anos 2000, sendo que no #373 esta mudança é mais pronunciada, atingindo o máximo de 2,03 cm ano<sup>-1</sup> em 2014. O período coberto pelos testemunhos compreende aproximadamente os últimos 100 anos, com exceção do #583 que possui um comprimento menor, compreendendo apenas os últimos 50 anos. Os períodos exatos correspondentes a cada testemunho foram os seguintes: 1927-2019 (#573); 1908-2019 (#576); 1974-2019 (#583); 1901-2017 (#367); 1858-2017 (#373); 1894-2017 (#377); 1959-2017 (#378).

O estudo de Ferreira *et al.* (2020) avaliou as taxas de sedimentação em testemunhos distribuídos ao longo da plataforma continental média e externa da região sul do Brasil. Os resultados indicaram que, ao longo dos últimos 100 anos, não houve mudanças significativas no padrão de sedimentação dessa região. Mahiques *et al.* (2011) também determinaram as taxas de sedimentação na região, atribuindo as maiores variações a ambientes de plataforma interna, em especial a regiões ressurgência e próximas a fontes fluviais. Considerando estes trabalhos e o fato de que os testemunhos deste trabalho foram coletados em regiões de *mudbelts*, formados a partir de semelhantes processos hidrodinâmicos e deposicionais, é possível considerar que o restante dos testemunhos que não puderam ser datados apresentem taxas de sedimentação semelhantes e compreendam um período de tempo similar, correspondente ao último século.

## **5.2 Características composicionais do sedimento**

### **5.2.1 Granulometria**

A granulometria das amostras está apresentada pela porcentagem de finos dos testemunhos (Figura 8), correspondente à somatória dos conteúdos de silte e argila no sedimento, conforme classificação proposta por Wentworth (1922). Os resultados indicaram a predominância de sedimento lamoso em todos os testemunhos, com conteúdos de lama superiores a 66% em

todas as amostras. Os testemunhos #556, #565, #576, #583, #377 e #378 apresentaram os maiores percentuais de finos, superiores a 97%. Embora um pouco inferior, o conteúdo de lama nos testemunhos #573, #367 e #373 também foram altos, apresentando valores entre 66 e 95,5%. Em geral, ocorreram poucas variações na granulometria ao longo dos testemunhos, e a predominância de sedimentos finos foi constante ao longo do tempo.

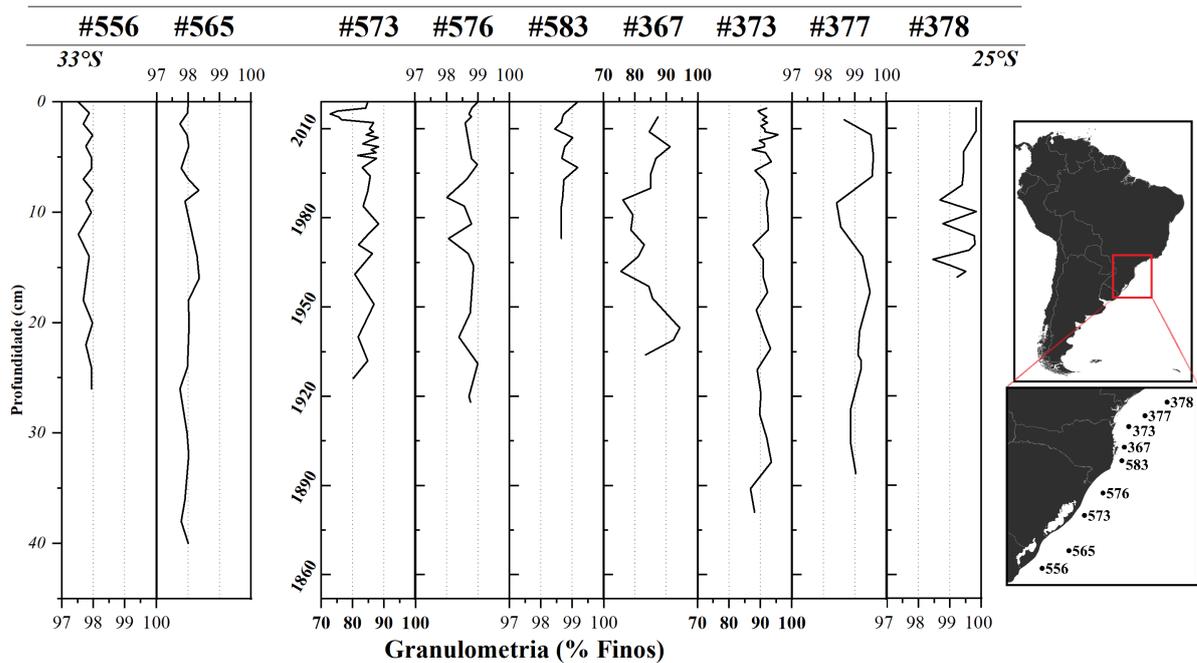


Figura 8: Granulometria (% Finos) dos testemunhos analisados.

### 5.2.2 Isótopos estáveis de carbono

Os resultados de isótopos de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) tiveram poucas variações para a maior parte dos testemunhos, com valores entre entre -22,57 e -19,22‰ e sem diferença significativa (Figura 9), com exceção do #373. Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  encontrados na maior parte dos pontos são tipicamente associados a matéria orgânica de origem marinha (FRY; SHERR, 1989; BIANCHI; CANUEL, 2011). No entanto, os valores estão próximos ao limite de referência para a matéria orgânica de origem terrestre de -23‰, o que pode indicar mistura de fontes marinhas e terrígenas da matéria orgânica (SCHUBERT; CALVERT, 2001).

Entre os resultados, não há uma tendência clara de variação latitudinal nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$ . Os testemunhos #556, #565, #573 e #377 apresentaram valores ligeiramente maiores, com valores médios próximos a  $-21\text{‰}$ . Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  no #576, #583, #367 e #378 foram um pouco menores, em média próximos a  $-21,5\text{‰}$ . O testemunho #373 se diferenciou bastante dos demais testemunhos. Embora o valor médio de  $\delta^{13}\text{C}$  seja semelhante ao restante das amostras ( $-21,06\text{‰}$ ), o intervalo dos resultados foi mais amplo ( $-24,92$  a  $-16,97\text{‰}$ ).

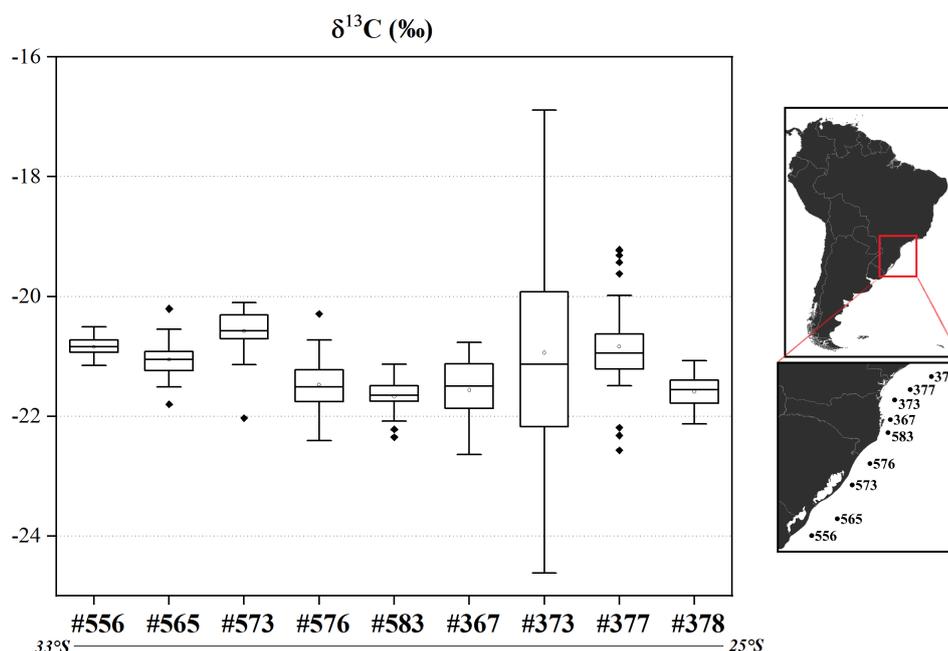


Figura 9: Box plot dos resultados de isótopos de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) em cada um dos testemunhos analisados.

Avaliando o perfil vertical dos dados de  $\delta^{13}\text{C}$ , as maiores oscilações foram nos testemunhos #373 e #377 (Figura 10). Nos demais, os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  apresentaram pouca variabilidade ao longo do tempo. No testemunho #377, com resultados entre  $-22,57$  e  $-19,22\text{‰}$ , não foi observada uma tendência clara. O testemunho #373 apresentou pouca mudança até 1935, com valores de  $\delta^{13}\text{C}$  próximos a  $-21\text{‰}$ , semelhante aos demais testemunhos. De 1935 até a década de 1970 há um aumento no  $\delta^{13}\text{C}$ , até  $-16,89\text{‰}$  em 1971. A partir disso, os valores apresentaram uma ampla variação, entre  $-24,62$  e  $-16,97\text{‰}$ , no entanto, sem uma tendência clara de aumento ou diminuição.

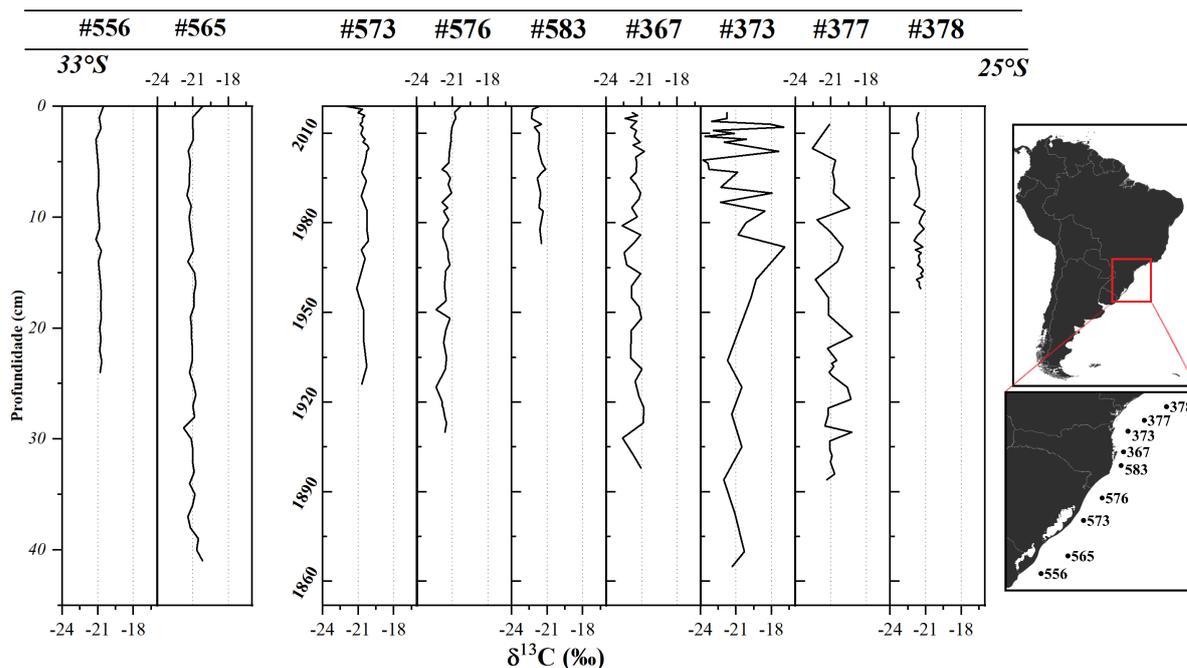


Figura 10: Variação vertical dos resultados de isótopos de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) em cada um dos testemunhos analisados.

### 5.2.3 Carbono orgânico total, nitrogênio total e razão C/N

O teor de carbono orgânico apresentou variações mais pronunciadas (Figura 11), com diferença significativa entre os testemunhos ( $p < 0,05$ ). Os valores para os testemunhos #556, #565, #576 e #378 foram semelhantes, entre 1,2 e 1,79%, com média próxima a 1,4%. Os testemunhos #573, #583, #373 e #377 apresentaram valores ligeiramente inferiores com média de 1,1%, e maiores variações (0,44 - 1,67%). O testemunho #367 apresentou o maior intervalo entre os resultados obtidos, entre 0,21 e 1,58% e média de 0,66%.

Os conteúdos de carbono orgânico encontrado nas amostras de sedimento deste trabalho são comparáveis a outras regiões de plataforma média com a presença de depósitos lamosos. Valores entre 1 e 1,5% foram encontrados em estudos conduzidos em outras regiões do mundo, como a plataforma continental de Portugal (BURDLOFF *et al.*, 2008), do Mar da China Oriental (SUN *et al.*, 2020) e da Baía de Biscay, a oeste da França (DUBOSQ *et al.*, 2021).

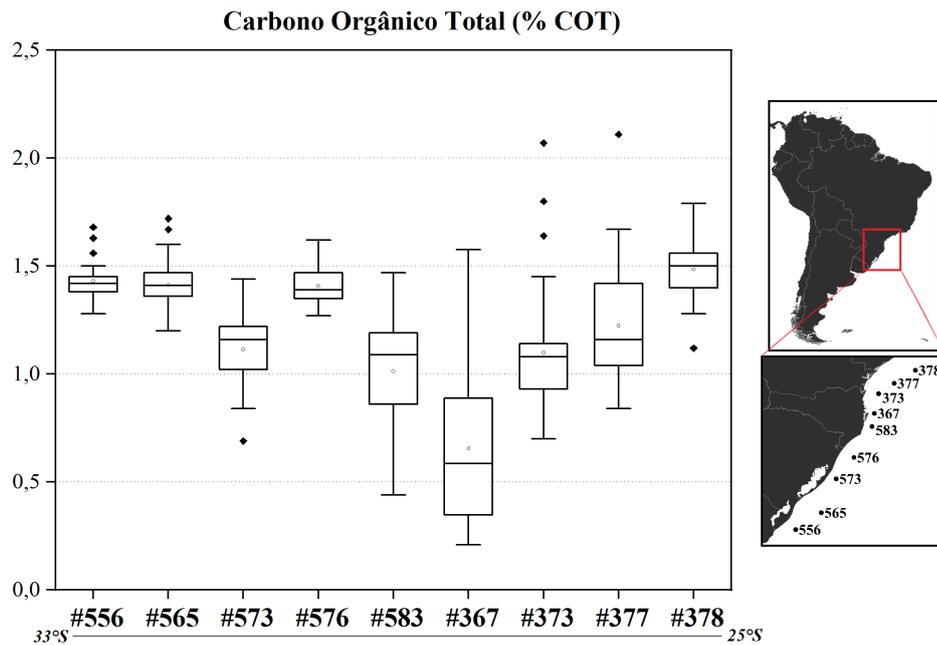


Figura 11: Box plot dos resultados de carbono orgânico total (% COT) em cada um dos testemunhos analisados.

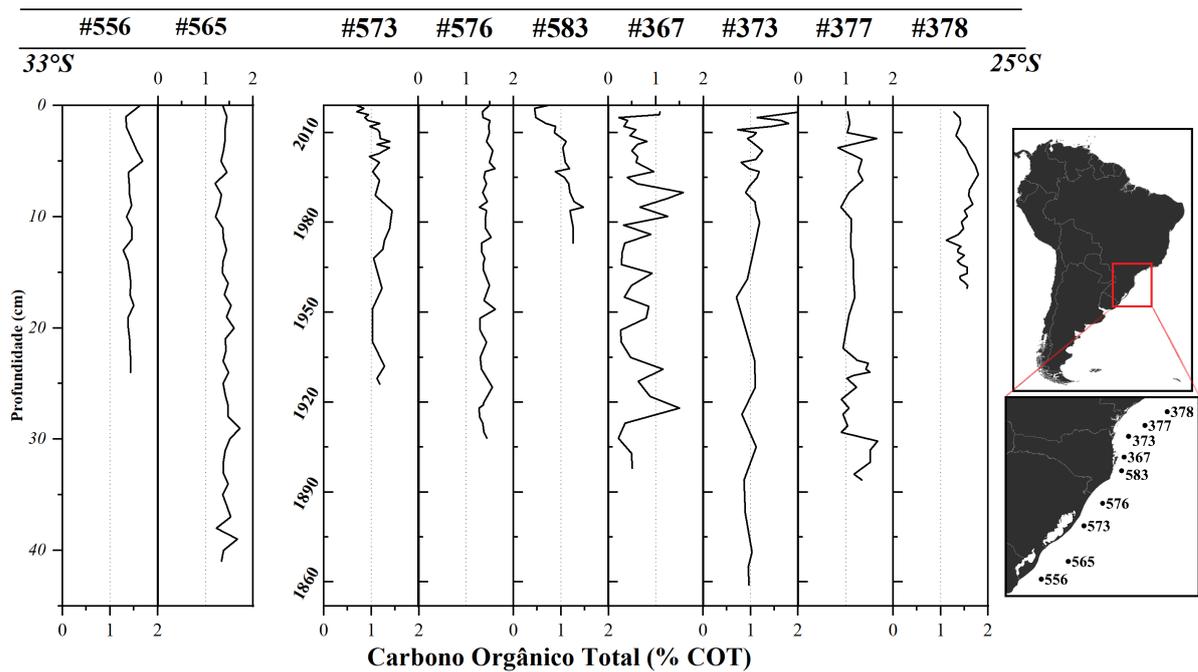


Figura 12: Variação vertical dos resultados de carbono orgânico total (% COT) em cada um dos testemunhos analisados.

Ao longo dos testemunhos, não é possível observar tendências no conteúdo de COT, com exceção dos testemunhos #573 e #583 (Figura 12). Nestas amostras, é possível observar uma leve diminuição a partir de 2008. O testemunho #367 apresentou as maiores variações, porém

não é possível apontar nenhuma tendência clara.

Assim como os resultados de carbono orgânico, os conteúdos de nitrogênio total foram bastante diferentes entre os testemunhos (Figura 13). Em geral, os maiores valores foram observados nos testemunhos #556, #565, #576, #377 e #378, em que os valores variaram entre 0,13 e 0,18%. Os testemunhos #573, #583, #367 e #373 apresentaram valores um pouco inferiores, variando entre 0,09 e 0,16%.

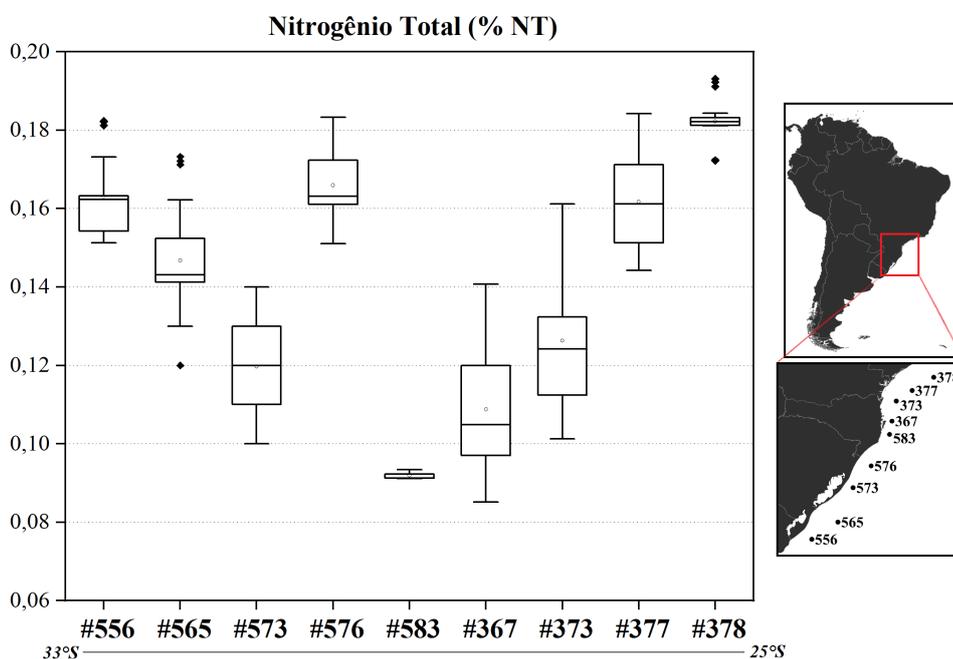


Figura 13: Box plot dos resultados de nitrogênio total (% NT) em cada um dos testemunhos analisados.

Os testemunhos #573, #367, #373 e #377 apresentaram maior variabilidade (Figura 14). Algumas tendências podem ser observadas ao longo do testemunho #367, em que os resultados de NT apresentam um aumento para valores próximos a 0,12% entre os anos de 1955 e 1995, seguido de uma diminuição para 0,10% após esse período. Nos testemunhos #576, #373 e #377 é possível observar uma pequena tendência de aumento nos valores de NT em direção ao topo destes testemunhos.

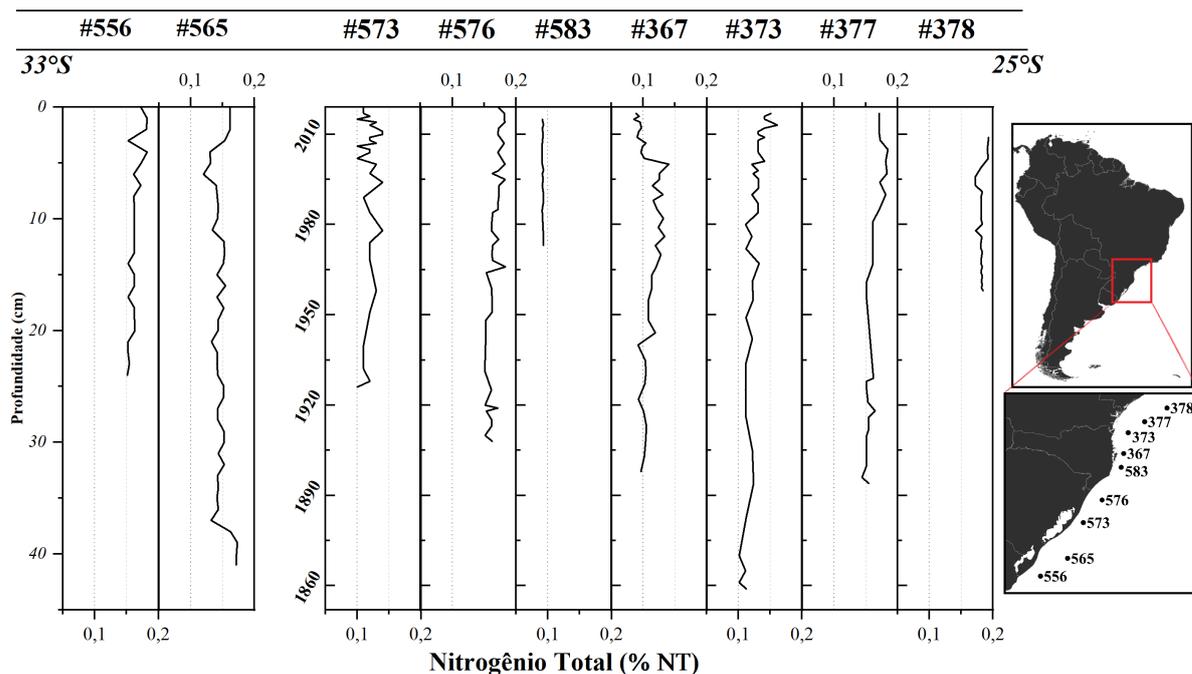


Figura 14: Variação vertical dos resultados de nitrogênio total (% NT) em cada um dos testemunhos analisados.

A análise do NT inclui tanto a fração orgânica como inorgânica do nitrogênio, enquanto que com o carbono é realizada a determinação direta do carbono orgânico (MEYERS, 1997). Para o uso da razão C/N, é necessário avaliar o carácter orgânico do nitrogênio analisado (KILLOPS; KILLOPS, 2005; BIANCHI; CANUEL, 2011). A correlação linear positiva entre os resultados de COT e NT indica a natureza orgânica do nitrogênio e viabiliza o uso da razão C/N. Entre os testemunhos analisados, não foi observada uma boa correlação entre os dados de NT e COT, indicando que o nitrogênio analisado não apresenta origem essencialmente orgânica, impossibilitando a análise da razão C/N (Figura 15).

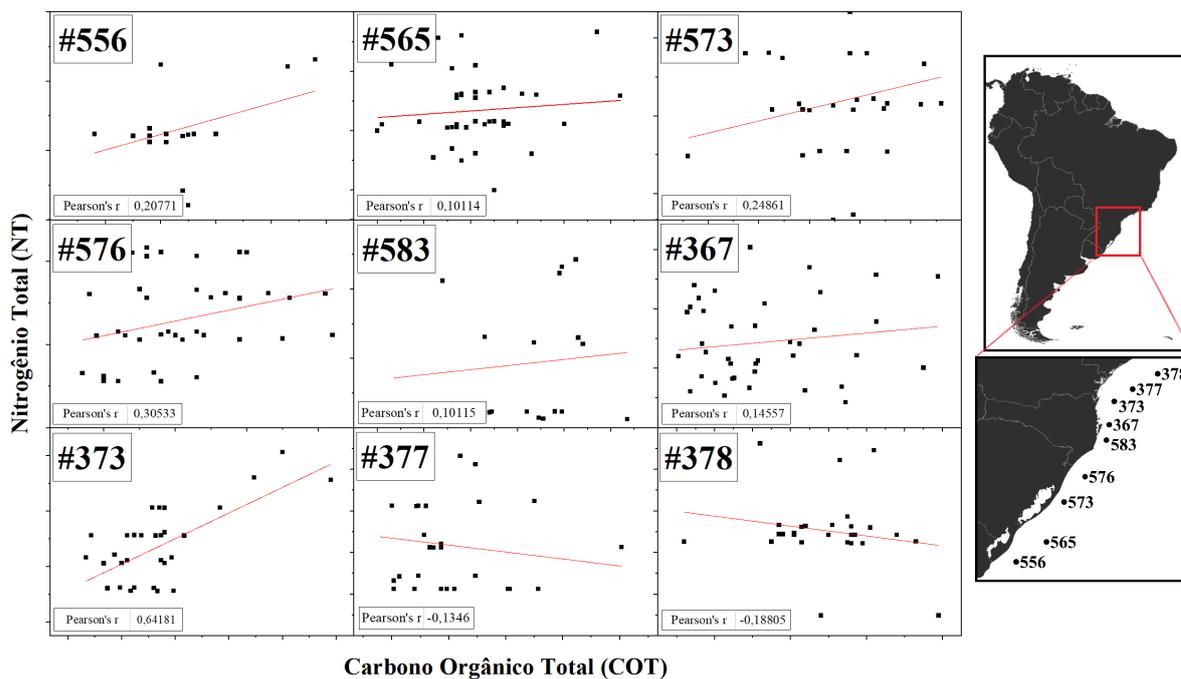


Figura 15: Correlação linear entre os resultados de carbono orgânico total (%COT) e nitrogênio total (%NT) em cada um dos testemunhos analisados..

### 5.3 Concentração e composição dos n-alcenos

As concentrações totais dos n-alcenos são apresentadas na Figura 16. Em geral, não há variações expressivas ao longo do tempo, com exceção do testemunho #373. Nos testemunhos #556, #565, #367 e #377 as concentrações médias foram próximas a  $1 \mu\text{g g}^{-1}$ , variando entre 0,46 e  $1,59 \mu\text{g g}^{-1}$ . Nos testemunhos #573, #583 e #378 as concentrações de n-alcenos totais foram ligeiramente menores, com valores médios próximos a  $0,5 \mu\text{g g}^{-1}$ , entre 0,26 e  $1,01 \mu\text{g g}^{-1}$ . As maiores variações foram observadas nos pontos #576 e #373, entre 0,39 e  $1,52 \mu\text{g g}^{-1}$  e 0,38 e  $4,62 \mu\text{g g}^{-1}$ , respectivamente.

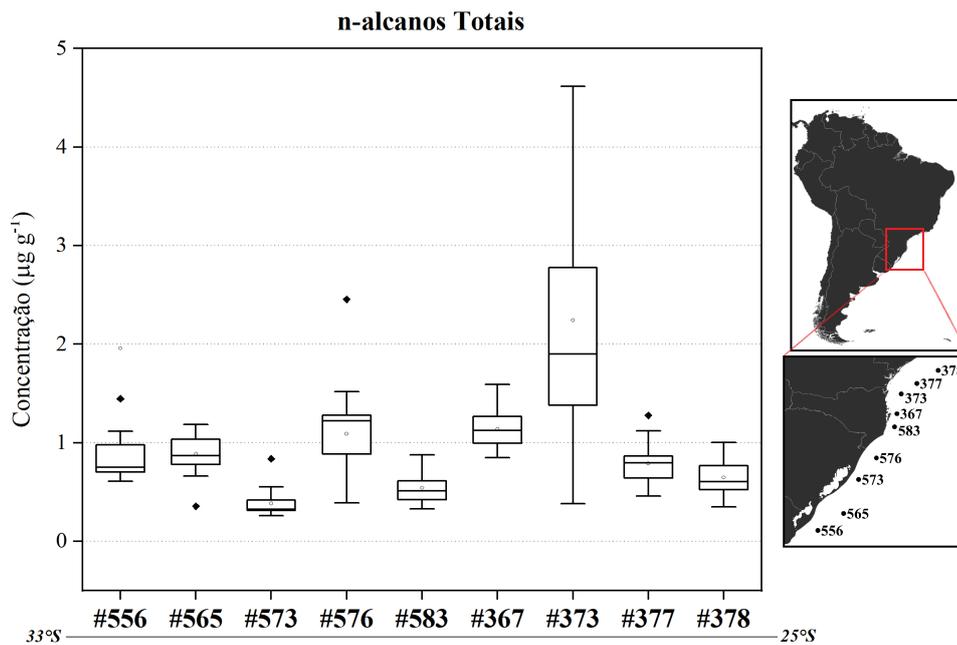


Figura 16: Box plot da concentração total de n-alcenos (soma dos n-alcenos de 12 a 35 carbonos) em cada um dos testemunhos analisados.

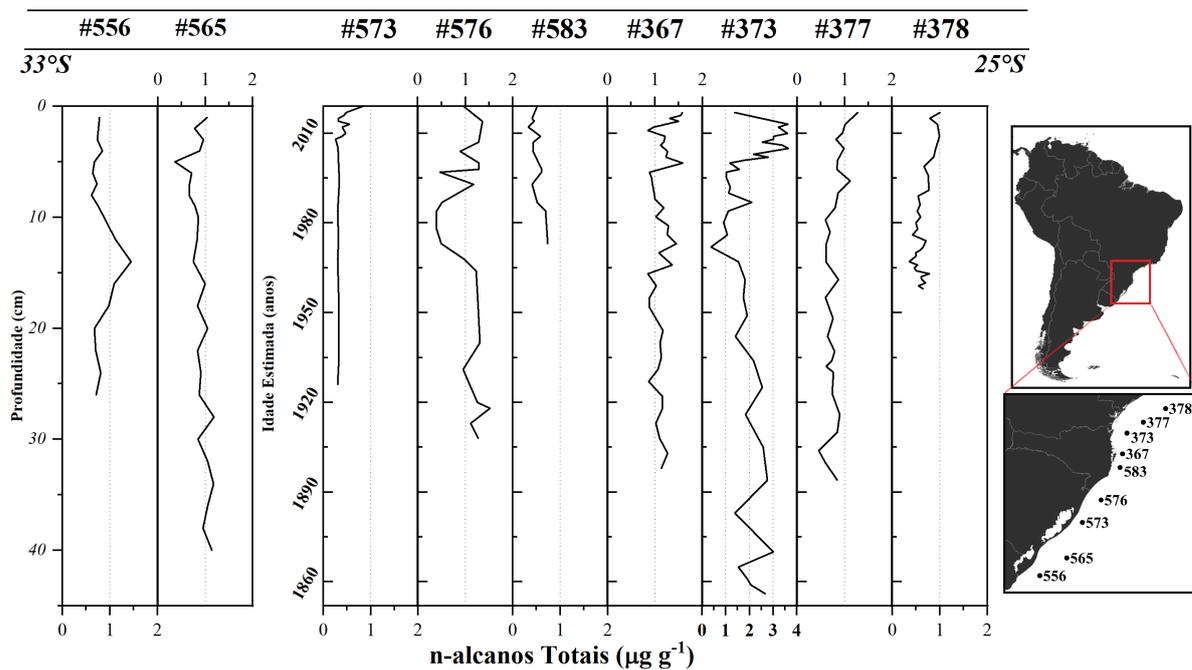


Figura 17: Variação vertical da concentração total de n-alcenos (soma dos n-alcenos de 12 a 35 carbonos) em cada um dos testemunhos analisados.

Com relação à variabilidade temporal (Figura 17), no testemunho #576 é possível observar uma diminuição na concentração de n-alcenos entre os anos de 1965 e 1995. No testemunho #373, observou-se um aumento nas concentrações a partir dos anos 2000, que também coincide com

um aumento na taxa de sedimentação observada no testemunho #373.

Entre os n-alcenos analisados houve uma predominância dos n-alcenos ímpares de cadeia longa, ou seja, nC27, nC29, nC31 e nC33. A contribuição dos n-alcenos de 12 a 26 carbonos foi consideravelmente inferior, sendo que a média da soma dos n-alcenos de 12 a 26 variou entre 0,08 e 0,35  $\mu\text{g g}^{-1}$ , entre os testemunhos analisados. A predominância dos alcenos de 27 a 33 carbonos é um indicativo do predomínio de fontes terrígenas para os n-alcenos da região de estudo (EGLINTON; HAMILTON, 1967; BIANCHI; CANUEL, 2011). Na maior parte dos testemunhos, o alceno com maiores concentrações foi o nC31, seguido pelo nC33, nC29 e nC27 (Figura 18). Essa distribuição foi constante ao longo dos testemunhos #556, #565, #573, #576, #583, #377 e #378. Já os pontos #367 e #373 apresentaram distribuições distintas, sendo que no testemunho #367 o nC29 foi o n-alceno predominante.

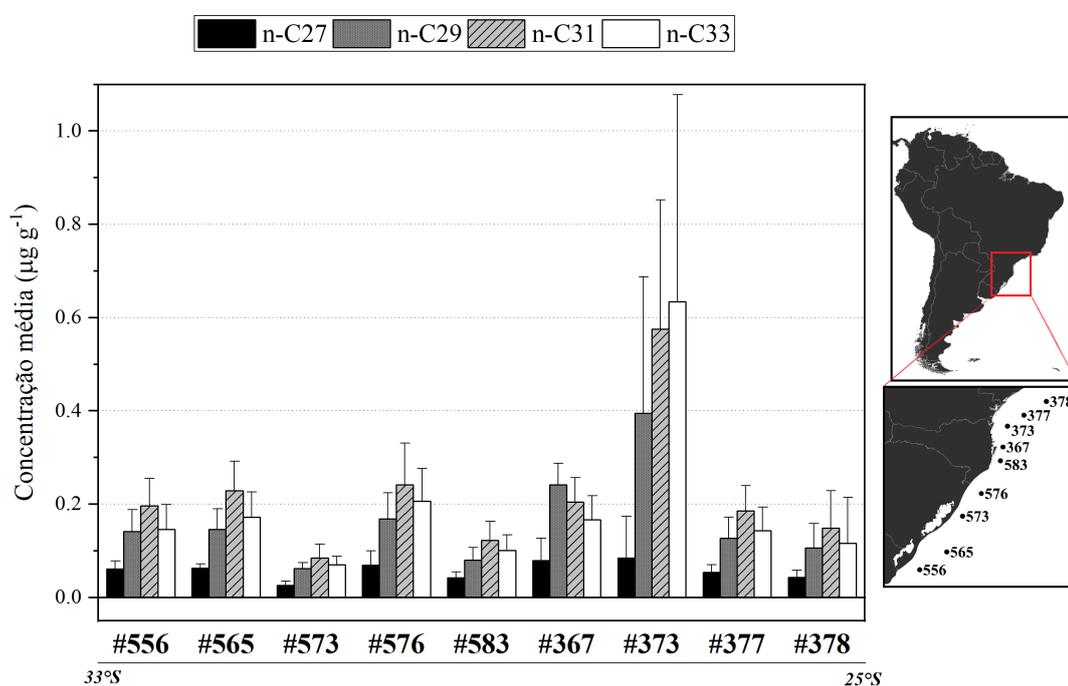


Figura 18: Concentração média dos n-alcenos de 27, 29, 31 e 33 carbonos (nC27, nC29, nC31 e nC33), em cada um dos testemunhos analisados.

Nos resultados do #373, avaliando a distribuição média ao longo de todo o testemunho, as maiores concentrações foram do nC33, seguido pelo nC31, nC29 e nC27 (Figura 19). No

entanto, o desvio padrão da concentração de cada um destes compostos foi o maior entre todos testemunhos. Este desvio médio está relacionado não apenas às variações nas concentrações de n-alcenos totais, que apresentaram as maiores diferenças ao longo do tempo, mas também a mudanças na distribuição de n-alcenos. Entre a base do testemunho e 1976, é observado o mesmo padrão de distribuição encontrado na maior parte dos testemunhos, com predominância do nC31, seguido pelo nC33, nC29 e nC27. Entre 1976 até meados de 2000, o perfil de distribuição dos alcanos tem uma mudança, com leve predominância do nC33, seguido do nC31, nC29 e nC27. A partir de 2005, há uma predominância mais clara do nC33, com também um aumento nas concentrações de nC29, mais próximas às do nC31.

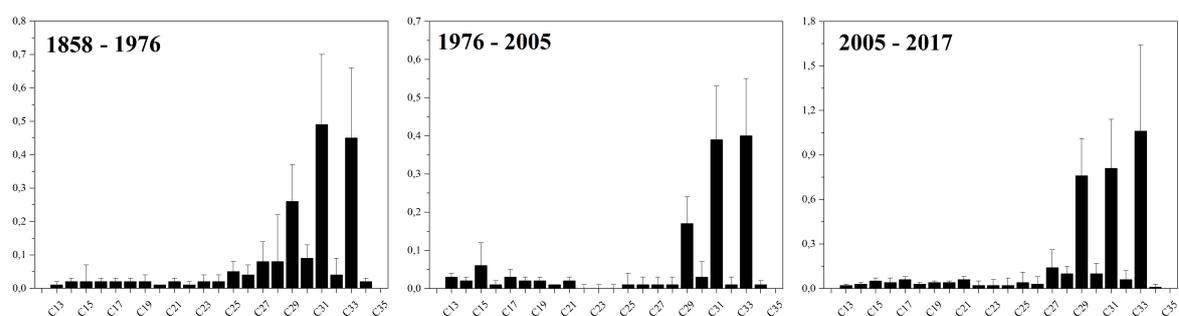


Figura 19: Distribuição dos n-alcenos no testemunho #373 em três diferentes períodos: 1843-1976, 1976-2005 e 2005-2017

Para avaliar melhor as diferenças espaciais na assinatura dos n-alcenos, foi calculada a contribuição relativa (Figura 20) de cada n-alceno (nC27, nC29, nC31 e nC33) sobre a soma dos n-alcenos terrígenos (nC27 a nC33). A contribuição do nC27 foi bastante semelhante entre os testemunhos, próxima a 10%, sendo a única exceção o testemunho #373, em que sua contribuição foi de 5%. A contribuição relativa do nC29 foi diferente apenas no testemunho #367, em que foi próxima de 35% ao invés dos 25% observados no restante dos testemunhos. O testemunho #367 teve a menor contribuição do nC31, próxima a 30%, enquanto nos outros testemunhos ela foi próxima a 35%. Já a contribuição do nC33 foi diferente no #367 (24%) e #373 (38%), quando comparada ao restante das amostras, em que foi próxima a 29%. Considerando as diferenças de

predominância dos n-alcenos ímpares de 27 a 33 átomos de carbono encontrada nos testemunhos #367 e #373, é provável que exista uma diferença quanto às principais fontes da MO na região destas amostras, em relação ao restante dos testemunhos.

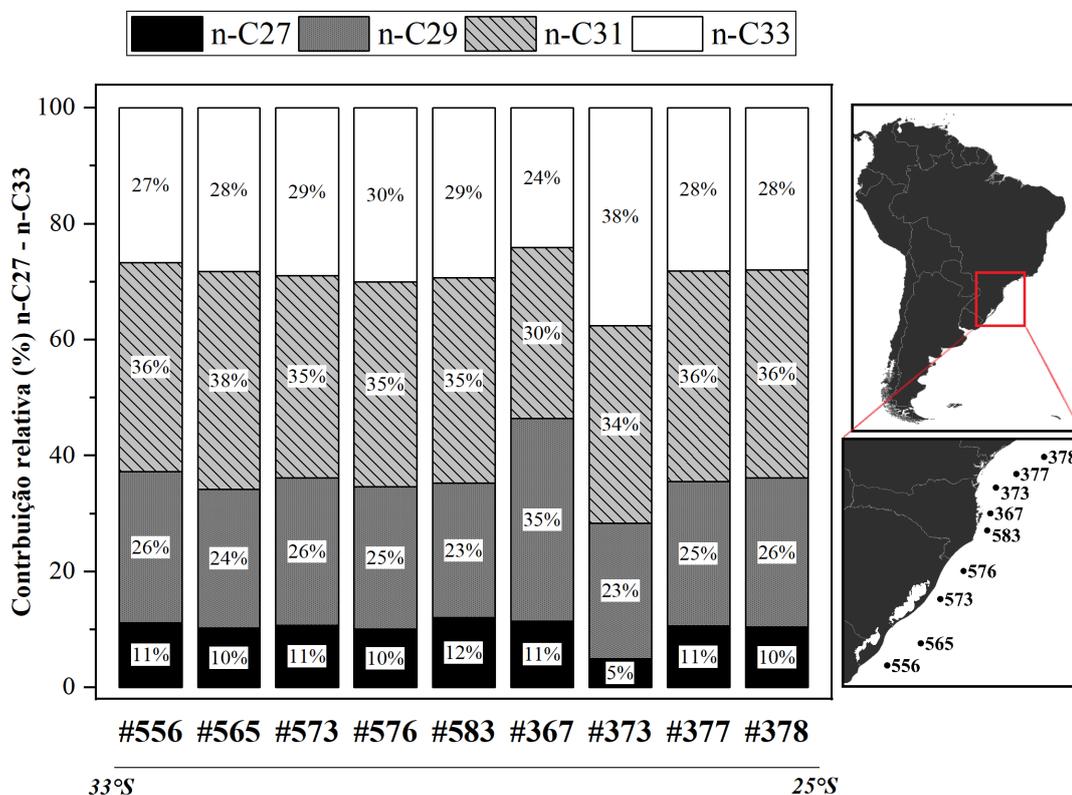


Figura 20: Contribuição relativa dos n-alcenos de 27, 29, 31 e 33 carbonos (nC27, nC29, nC31 e nC33), em cada um dos testemunhos analisados.

## 5.4 Razões diagnósticas

### 5.4.1 Índice preferencial de carbono

Os resultados do índice preferencial de carbono foram semelhantes na maior parte dos pontos, com exceção dos testemunhos #367 e #373 (Figura 21). Nos testemunhos #556, #565, #573, #576 e #583, os valores médios de IPC foram próximos a 5, variando entre 2,51 e 7,91. Estes resultados indicam o predomínio de fontes terrígenas sobre fontes marinhas para o sedimento da área de estudo (EGLINTON *et al.*, 1962). Os testemunhos #377 e #378 apresentaram valores ligeiramente menores, com médias próximas a 3,5, entre 2,11 e 4,53. Os

resultados da ANOVA entre as amostras indicaram diferença significativa para os testemunhos #565, #367 e #373 ( $p < 0,05$ ). Os resultados dos pontos #367 e #373 apresentaram grandes variações, com diferença significativa em relação a todos os outros testemunhos ( $p < 0,05$ ). Os valores de IPC nestes pontos foram entre 3,61 e 14,38, no #367, e entre 0,99 e 17,68, no #373. Os maiores valores de IPC nestas amostras podem ser um indicativo da maior influência de fontes de MO terrígena sobre esta área.

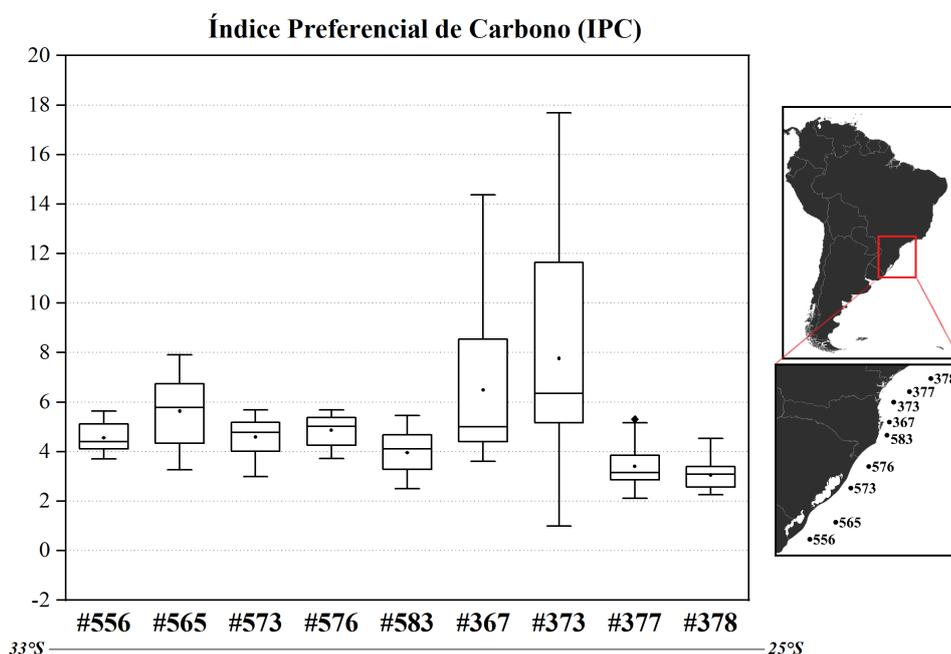


Figura 21: Box plot dos resultados do Índice de Preferência de Carbono (IPC), em cada um dos testemunhos analisados.

Nos testemunhos #573, #576 e #583 os valores de IPC variaram entre 2,79 e 5,68, sem nenhuma tendência clara de aumento ou diminuição (Figura 22). Nos testemunhos #556 e #565 as variações foram um pouco maiores, com uma leve tendência de diminuição do IPC em direção ao topo dos testemunhos. Os testemunhos #377 e #378 apresentaram também uma leve tendência ao longo dos resultados, porém neste caso de aumento nos valores de IPC.

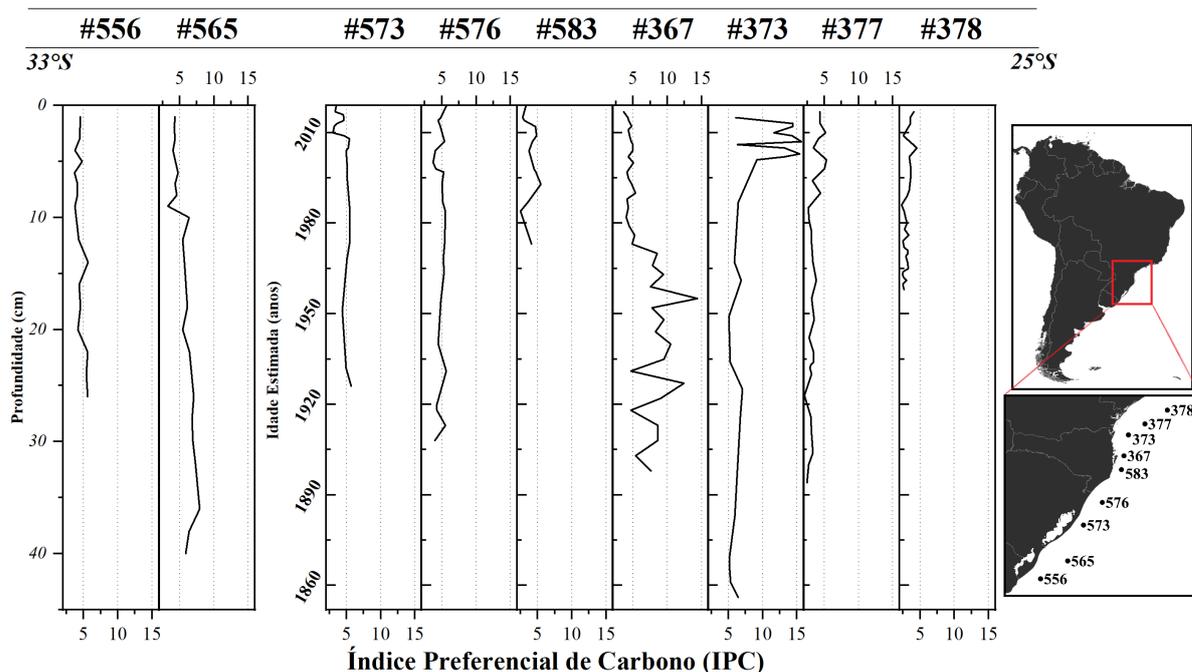


Figura 22: Variação vertical dos resultados do Índice de Preferência de Carbono (IPC), em cada um dos testemunhos analisados.

Os valores de IPC nos testemunhos #367 e #373 foram maiores e compreenderam um intervalo maior entre os resultados ao longo do tempo. No #367 é observada uma clara distinção entre o período anterior a 1975 e o restante mais recente do testemunho. No primeiro período são observados valores mais altos do IPC, variando entre 4,65 e 14,38. Embora o intervalo seja amplo, não é observada nenhuma tendência clara de aumento ou diminuição entre a base do testemunho e 1975. Após 1975, há uma diminuição nos valores de IPC, variando entre 3,61 e 5,33. Já o testemunho #373 apresentou valores de IPC próximos a 5, com uma mudança ocorrendo em 2005, quando passam a haver grandes variações nos valores de IPC, variando entre 0,99 e 17,68.

#### 5.4.2 Índice alcanô

Os resultados do índice alcanô foram bastante semelhantes na maior parte das amostras, com pouca variação e valores próximos a 0,6 nos testemunhos #556, #565, #573, #576, #583,

#377 e #378 (Figura 23). Estes valores, são indicativos da predominância plantas do tipo C4 ou de clima seco para a região de estudo (ZHANG *et al.*, 2006). Apenas o testemunho #367 apresentou valores do IA inferiores a 0,5 (entre 0,36 e 0,51), com diferença significativa do restante dos testemunhos ( $p=0$ ). Os índice IA no testemunho #373 apresentou a maior variabilidade, entre 0,46 e 0,74, porém com valor médio próximo a 0,6 e sem diferença significativa ( $p>0,569$ ).

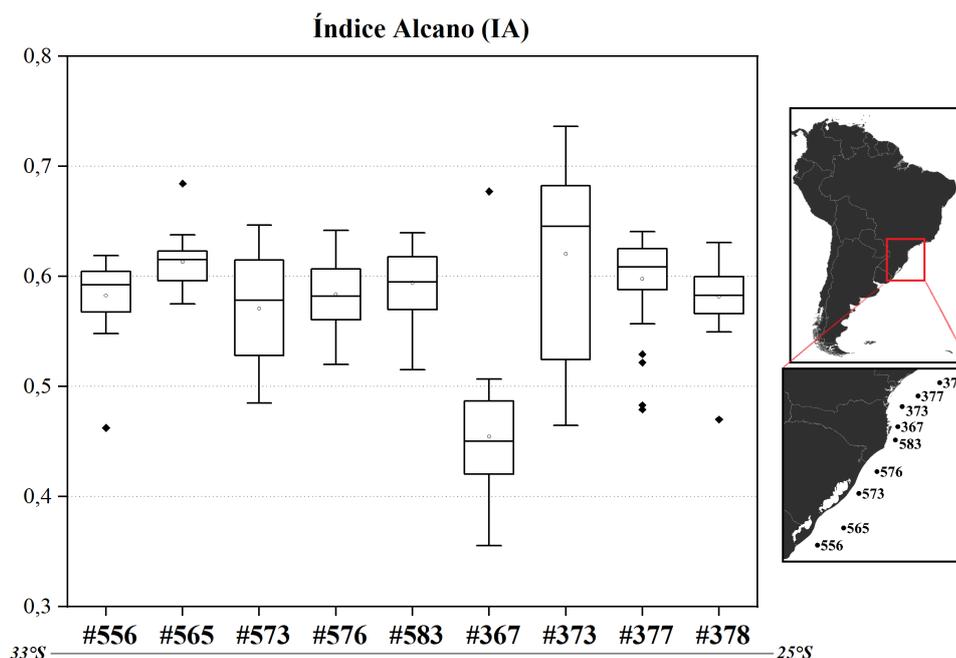


Figura 23: Box plot dos resultados do Índice Alcano (IA), em cada um dos testemunhos analisados.

Quanto as variações, foi observada uma tendência de aumento no valor do IA a partir de 1980 nos testemunhos #573, #576 e #583 (Figura 24). O testemunho #377 apresentou maior variabilidade nos valores de IA a partir de 1980. No testemunho #367 ocorre uma ligeira mudança em 1975, com uma leve diminuição de valores médios próximos a 0,5 para valores próximos a 0,4 no restante do testemunho. O testemunho #373 apresentou as variações mais expressivas, com tendências claras de aumento e diminuição ao longo do testemunho. São observados três períodos: entre a base e 1975, de 1975 a 2000 e de 2000 ao topo do testemunho. Inicialmente são observados valores em média próximos a 0,64 e com pouca variação. No próximo período, há um aumento nos valores, passando a uma média de 0,71, seguido de uma

diminuição a partir de 2000, para valores médios de 0,51.

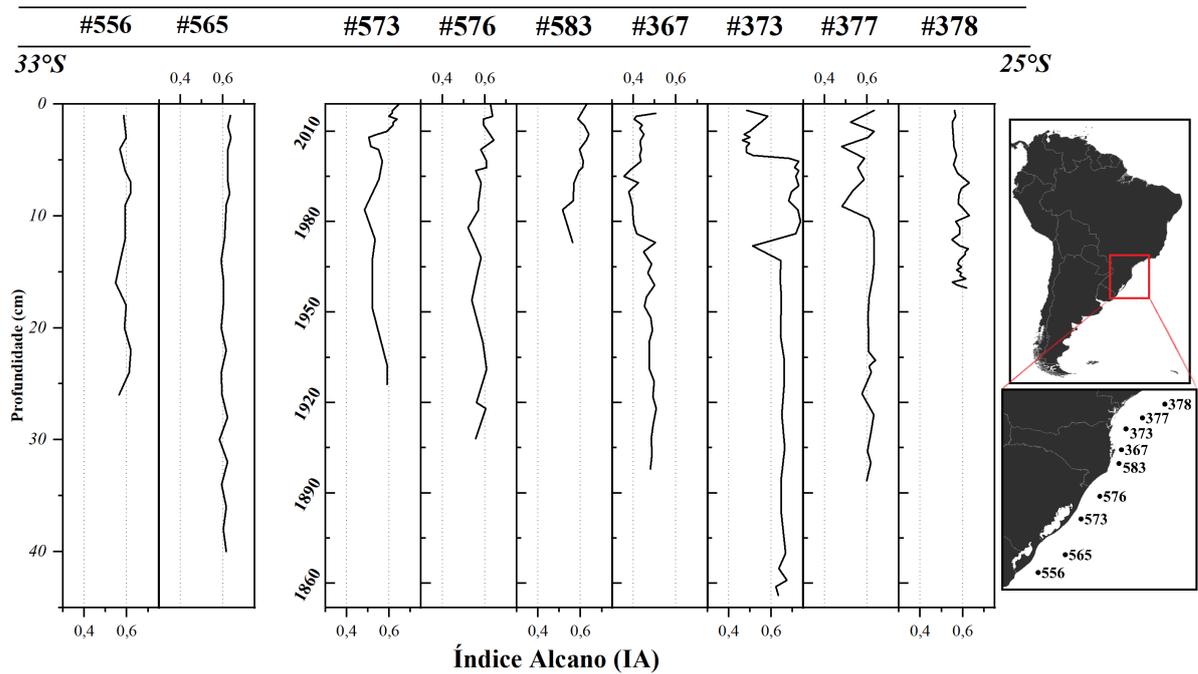


Figura 24: Variação vertical dos resultados do Índice Alcano (IA), em cada um dos testemunhos analisados.

#### 5.4.3 Tamanho médio de cadeia

Os resultados do tamanho médio de cadeia apresentaram médias próximos a 30,6 nos testemunhos #556, #565, #573, #576, #583, #377 e #378 (Figura 25). A variação nos valores do TMC ao longo destes testemunhos foi pequena, 30,26 e 30,84, não apresentando diferença significativa ( $p > 0,05$ ). Os testemunhos #367 e #373 novamente se diferenciaram dos demais, apresentando variações maiores e diferença estatística nas médias ( $p < 0,002$ ). No testemunho #367, o valor médio do TMC foi 30,32, variando 29,74 e 30,83, enquanto no #373 a média foi 31,07, variando entre 30,75 e 31,62.

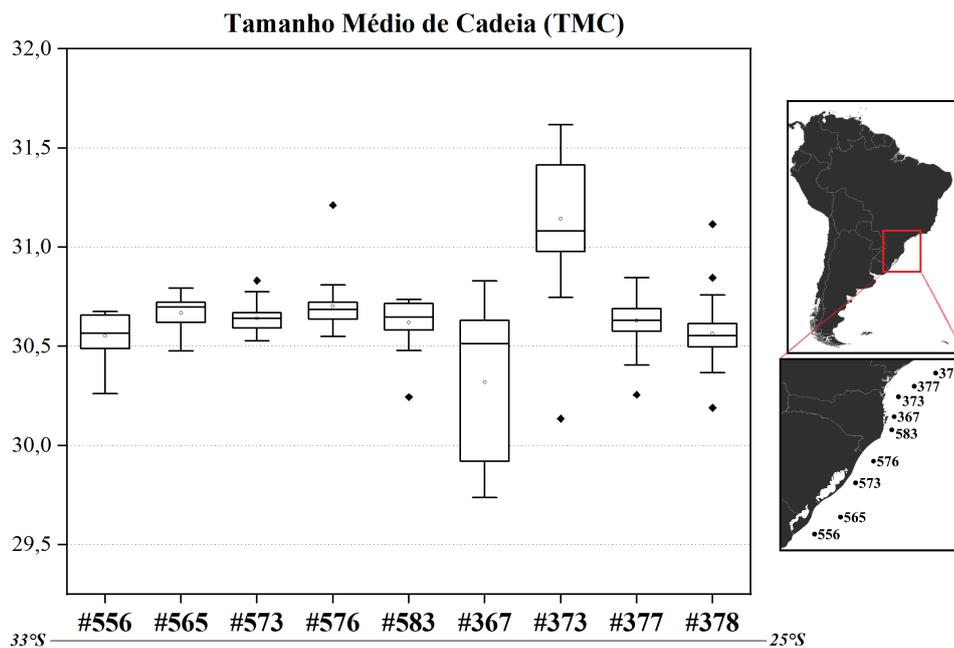


Figura 25: Box plot dos resultados da razão Tamanho Médio de Cadeia (TMC), em cada um dos testemunhos analisados.

Os valores observados nos testemunhos #367 e #373 apresentaram tendências mais claras ao longo do tempo (Figura 26). No testemunho #367, é possível distinguir dois períodos, antes de 1975, em que os valores médios do TMC foram próximos a 30,64, e após 1975, quando há uma diminuição nos valores de TMC, próximos a 30,03. No testemunho #373, de maneira semelhante ao apontado pelos resultados do IA, são observados três períodos: entre a base e 1965, de 1965 a 2000 e de 2000 ao topo do testemunho. Em cada um dos intervalos são observados valores médios do TMC de 30,96, 31,33 e 30,88, respectivamente.

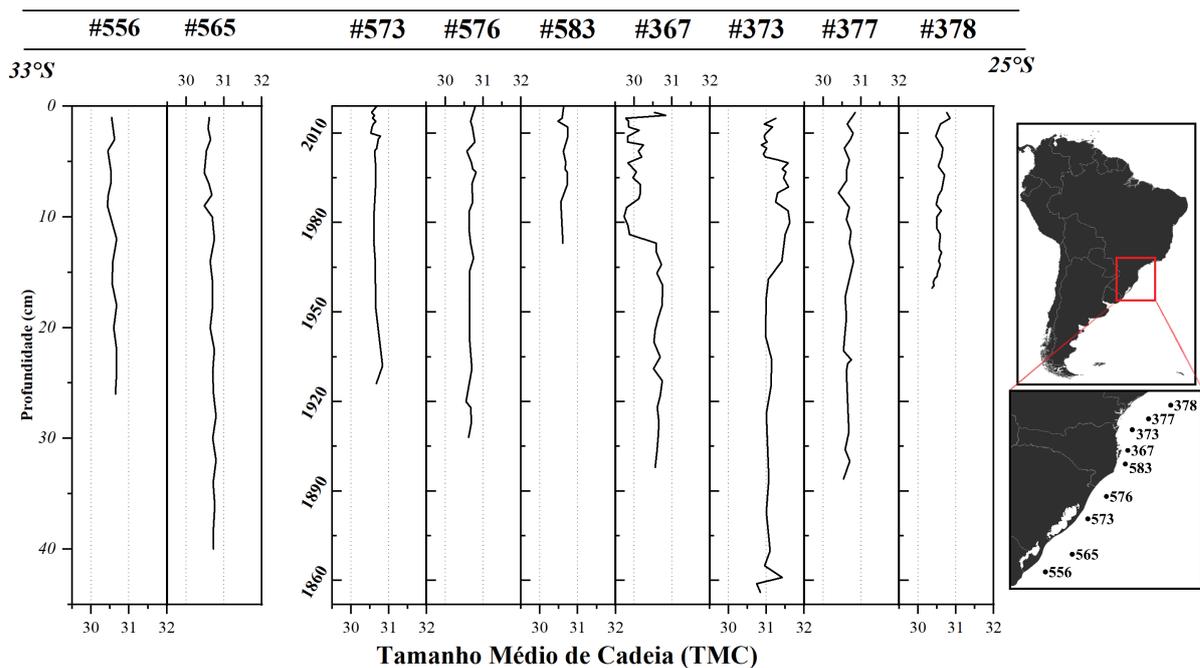


Figura 26: Variação vertical dos resultados da razão Tamanho Médio de Cadeia (TMC), em cada um dos testemunhos analisados.

## 5.5 Alquenonas e temperatura da superfície do mar

Os valores da temperatura da superfície do mar (TSM) calculados a partir das concentrações das alquenonas 37:2 e 37:3 (MÜLLER *et al.*, 1998) apresentaram um gradiente latitudinal entre os resultados. Os testemunhos coletados mais ao sul, #556 e #565, apresentaram as menores temperaturas, com valores entre  $18,16^{\circ}\text{C} (\pm 0,76)$  e  $17,72^{\circ}\text{C} (\pm 0,46)$ .

Há uma tendência de aumento gradual nas temperaturas à medida que se aproxima de menores latitudes (Figura 27), sendo as respectivas médias de temperatura e desvio padrão nos testemunhos: #573 ( $21,5^{\circ}\text{C} \pm 0,48$ ), #576 ( $21,8^{\circ}\text{C} \pm 0,49$ ), #583 ( $22,2^{\circ}\text{C} \pm 0,92$ ), #367 ( $22,7^{\circ}\text{C} \pm 0,40$ ), #373 ( $24,9^{\circ}\text{C} \pm 1,56$ ), #377 ( $22,9^{\circ}\text{C} \pm 0,54$ ) e #378 ( $22,5^{\circ}\text{C} \pm 0,48$ ).

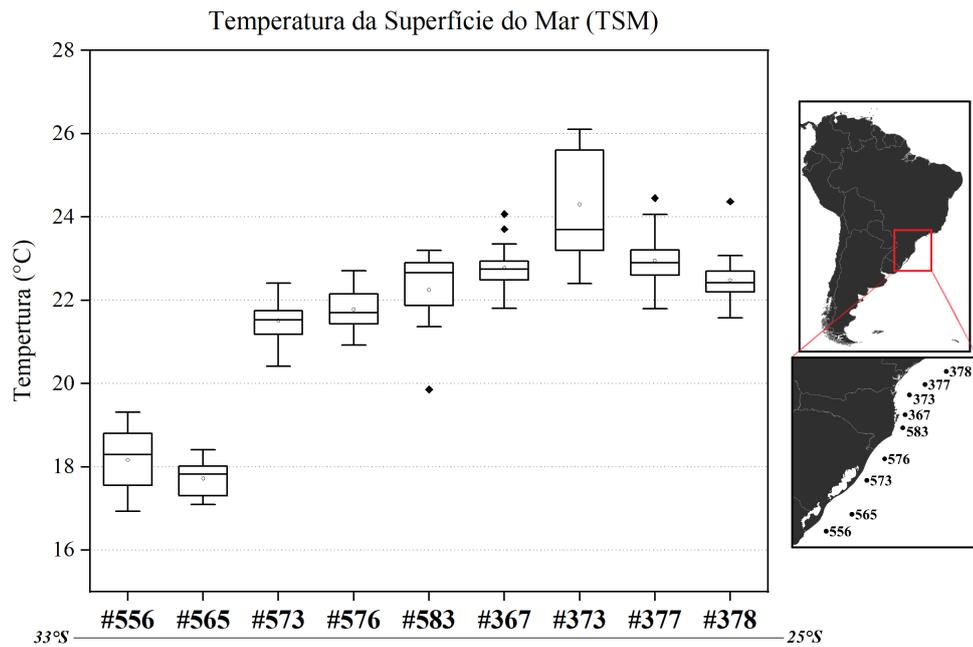


Figura 27: Box plot dos resultados de temperatura média da superfície do mar, calculada a partir das alquenonas, em cada um dos testemunhos analisados.

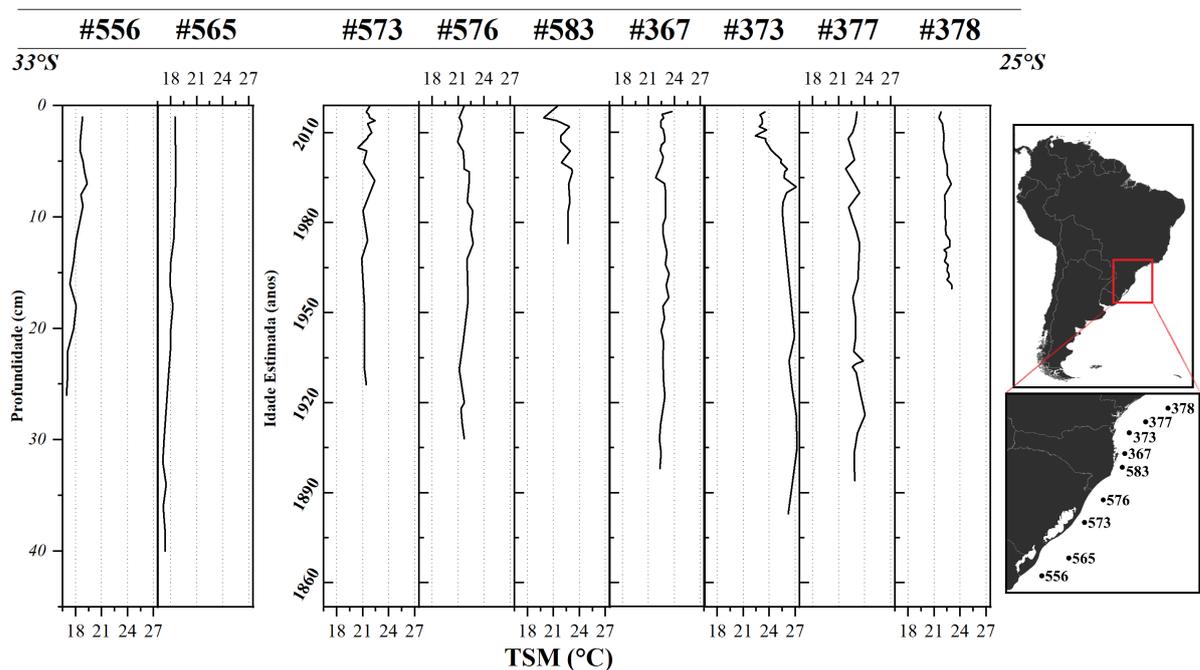


Figura 28: Variação vertical dos resultados de temperatura média da superfície do mar, calculada a partir das alquenonas, em cada um dos testemunhos analisados.

Entre todos os testemunhos, as variações mais expressivas na TSM foram observadas no testemunho #373 (Figura 28), em que há uma diminuição na TSM a partir de 1995, passando de valores próximos a 26°C em 1990, para temperaturas próximas a 23°C em 2010.

## 6 DISCUSSÃO

### 6.1 Fontes da matéria orgânica terrígena

A avaliação da origem da matéria orgânica sedimentar é um processo complexo e extensivo, e que exige a avaliação de diversos parâmetros devido à complexa composição da matéria orgânica sedimentar. Os n-alcenos de cadeia longa (nC27, nC29, nC31 e nC33) compõem uma fração deste material e estão relacionados à matéria orgânica produzida no continente e transportada ao oceano (EGLINTON; HAMILTON, 1967; XIE *et al.*, 2002). Os n-alcenos de cadeia longa são bons indicadores da origem da MO terrígena, sendo utilizados em muitos estudos para avaliar as fontes do material terrígeno e possíveis variações no seu aporte ao longo do tempo (SIKES *et al.*, 2009; XING *et al.*, 2011; FANG *et al.*, 2014; DERRIEN *et al.*, 2017).

Em todas as amostras deste estudo foi observada a contribuição da matéria orgânica continental, a partir da predominância dos n-alcenos de cadeia longo e dos valores das razões diagnósticas. Com exceção dos testemunhos #367 e #373, não foram observadas variações nas concentrações e composição dos n-alcenos ao longo do período estudado. Este resultado pode ser um indicativo de que não houveram ou não puderam ser registradas através dos n-alcenos, mudanças no aporte de material terrígeno para a região destes testemunhos nos últimos 100 anos.

As semelhanças nos resultados de n-alcenos entre os testemunhos sugere a predominância de uma mesma fonte de n-alcenos terrígenos para a região de estudo. Entre os n-alcenos analisados, a predominância de nC31 e nC33 foi observada em todos os testemunhos com exceção do #367 e #373. Valores das razões diagnósticas IPC próximas a 4, do IA próximos

a 0,6 e do TMC próximos a 30,5 foram também comuns a todos resultados, com exceção novamente dos mesmos dois testemunhos citados anteriormente.

Embora os n-alcanos possam ser transportados por via atmosférica, em regiões de plataforma continental com a presença de importantes rios, a fonte fluvial tende a ser dominante (RODRIGUES *et al.*, 2009; HU *et al.*, 2013; MAHIQUES *et al.*, 2016; CHEN *et al.*, 2021). O principal mecanismo de formação dos *mudbelts* presentes na plataforma continental sul do Brasil também está associado a fontes fluviais (MAHIQUES *et al.*, 2020). Na região de estudo, os principais aportes fluviais estão relacionados à pluma do Rio da Prata (PRdP), transportada pela Corrente Costeira do Brasil, e à descarga da Lagoa dos Patos.

A influência da pluma da Lagoa dos Patos (PLdP) sobre a plataforma continental média e externa já foi discutida por diversos autores, sendo indicada como uma importante fonte de sedimentos para toda a plataforma continental adjacente (SOARES; JR, 2001; ZAVIALOV *et al.*, 2002; MARTA-ALMEIDA *et al.*, 2021). O seu deslocamento, assim como a pluma do Rio da Prata, é fortemente dependente da ação dos ventos sul, intensificados durante os meses de inverno (MÖLLER *et al.*, 2008). No entanto, com os dados de n-alcanos obtidos neste trabalho, não foi possível determinar com clareza a influência da matéria orgânica proveniente da Lagoa dos Patos para esta região de plataforma. Muitos estudos apontam o alcance da pluma através da plataforma continental adjacente. Porém, não foram observadas diferenças claras entre a assinatura dos n-alcanos em testemunhos coletados ao sul (#556), em frente (#565) e ao norte (#573) da desembocadura do Lagoa dos Patos.

A dificuldade em determinar a influência do Lagoa dos Patos também pode estar relacionada à semelhança na assinatura dos n-alcanos e vegetação da região do Rio Grande do Sul e da região do Prata. Os valores das razões diagnósticas são condizentes com a vegetação predominante no sul da América do Sul e região da Prata (VEBLEN *et al.*, 2007). Valores de

TMC próximos a 31 e da IA próximos a 0,6 são característicos de regiões com predominância de vegetação do tipo C4, especialmente de gramíneas (ZHANG *et al.*, 2006). A predominância do alcano nC31 em todos os resultados também está de acordo com outros estudos realizados na região do Rio da Prata e de sua plataforma continental adjacente (COLOMBO *et al.*, 1989; COLOMBO *et al.*, 2005; PITA, 2017). O estudo de Medeiros *et al.* (2005) também observou a predominância de nC31 em amostras da Lagoa dos Patos.

O transporte da PLdP para baixas latitudes depende da ação de ventos do quadrante sul e também da estação de maior descarga fluvial, que corresponde aos meses de primavera (SOARES; JR, 2001). O seu transporte em direção norte é intensificado durante o inverno, podendo alcançar latitudes além de 30°S (SOARES *et al.*, 2007). No entanto, é provável que esse transporte seja mantido próximo à costa, na região de plataforma interna, devido à ação de ondas e especialmente pela presença da Corrente Costeira do Brasil e transporte da PRdP (SOARES *et al.*, 2007).

O estudo feito por Burrage *et al.* (2008) avaliou a interação entre as plumas do Rio da Prata e da Lagoa dos Patos. Os autores apontaram a dificuldade de diferenciar o sinal da PLdP daquele da PRdP, impossibilitando distinguir a influência dos dois transportes sobre a composição do sedimento na região. Um resultado semelhante foi também apontado por Berden *et al.* (2020). Considerando as dimensões da PRdP, ela representa um movimento de consideravelmente maior escala. A descarga da Lagoa dos Patos é, em geral, entre 10 a 15 vezes menor que o volume descarregado pelo Rio da Prata (MIRANDA, 1972; PIOLA *et al.*, 2005), de modo que a descarga média do Rio da Prata é próxima a  $23\ 000\text{m}^3\text{s}^{-1}$ , comparado aos  $2\ 000\text{m}^3\text{s}^{-1}$  da Lagoa dos Patos.

O trabalho de Pita (2017) analisou amostras de sedimento superficial, coletadas ao longo da plataforma continental do Uruguai, em regiões de plataforma média e externa. Os resultados

indicaram a predominância de n-alcanos terrígenos na maior parte das amostras, com o predomínio de nC31, nC33 e nC29. A razão diagnóstica IA também foi analisada neste trabalho, com resultados entre 0,6 e 0,65, também condizentes com os valores encontrados nos testemunhos analisados no presente estudo. A assinatura de n-alcanos terrígenos encontrada neste estudo foi atribuída ao aporte fluvial do Rio da Prata, que seria transportado em direção norte com o deslocamento da pluma do Rio da Prata.

A semelhança encontrada nos resultados de n-alcanos, indica a predominância de uma mesma fonte sobre toda a plataforma continental sul do Brasil, e o aporte do Rio da Prata é o fenômeno de maior escala, cuja influência sobre toda a região de estudo já foi descrita por outros estudos (MAHIQUES *et al.*, 2004; PIOLA *et al.*, 2005; MÖLLER *et al.*, 2008; MAHIQUES *et al.*, 2020). Com isso, é provável que o sedimento transportado pela pluma do Rio da Prata seja a principal fonte de matéria orgânica terrígena para a região de estudo.

## **6.2 Influência do Rio Itajaí-Açu**

Entre todos os resultados de n-alcanos avaliados neste estudo, as amostras dos testemunhos #367 e #373 se diferenciaram das demais. Os resultados das razões diagnósticas apresentaram diferença estatística de todo o restante dos testemunhos. Além disso, também foram observadas as maiores variações ao longo do tempo nessas amostras. As diferenças no perfil de n-alcanos e razões diagnósticas, indicam a possibilidade de uma fonte diferente para a MO terrígena acumulada na região desses testemunhos. Segundo o estudo de Mahiques *et al.* (2020), os *mudbelts* encontrados na região ao sul do Embaiamento de São Paulo apresentam uma maior contribuição de fontes locais de matéria orgânica.

Entre 27 e 26°S, o principal aporte fluvial que influencia a deposição de sedimentos na plataforma continental corresponde ao Rio Itajaí-Açu (SCHETTINI *et al.*, 2005; MARTA-

ALMEIDA *et al.*, 2021). A influência da pluma do Rio Itajaí-Açu sobre a plataforma continental interna adjacente já foi descrita por diversos autores (SCHETTINI, 2002; SCHETTINI *et al.*, 2005; MARTA-ALMEIDA *et al.*, 2021). No entanto, não existem estudos avaliando diretamente a sua influência sobre a composição dos sedimentos da plataforma média e externa.

Considerando a influência do sedimento proveniente do Rio Itajaí-Açu sobre a plataforma interna, e devido ao fato de que não foram observadas mudanças tão acentuadas no restante dos testemunhos estudados, é possível que as variações encontradas nos testemunhos #367 e #373 estejam relacionadas ao aporte continental do Rio Itajaí-Açu. Em ambos testemunhos é observada uma mudança em meados dos anos 1970. No testemunho #367, essa mudança é observada nos valores das razões diagnósticas IA, TMC e IPC; enquanto no testemunho #373 ela é apontada pelas razões IA e TMC e pelos resultados de  $\delta^{13}\text{C}$  (Figura 29).

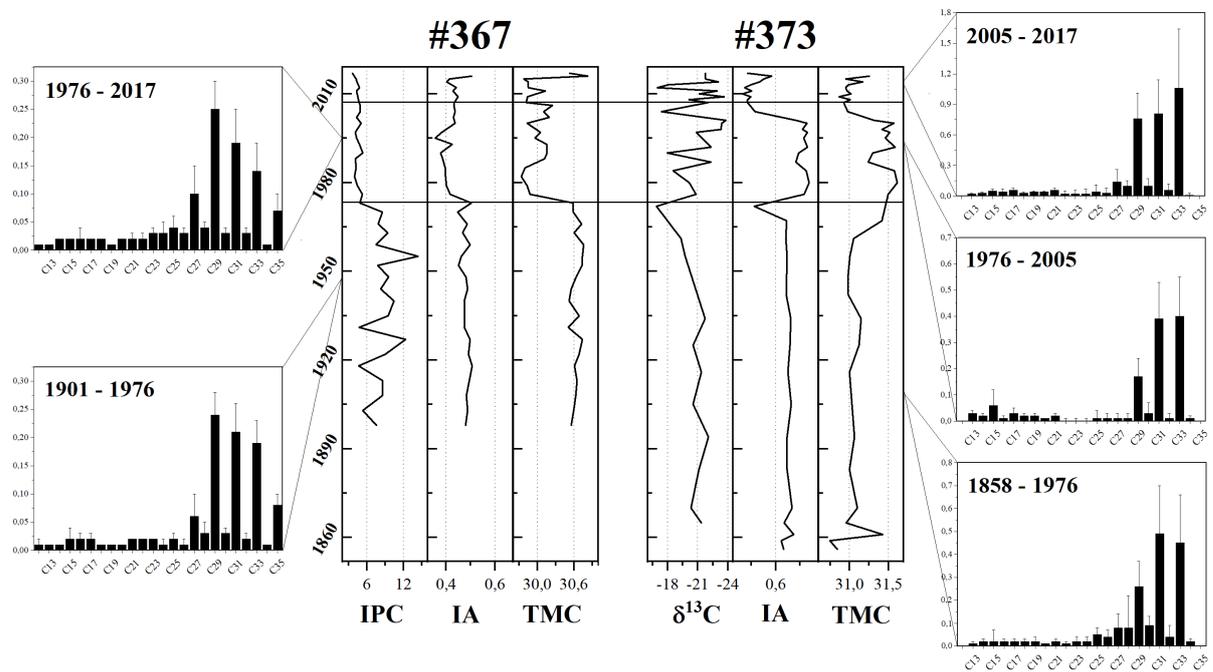


Figura 29: Resultados do Índice Alcano (IA) e tamanho médio de cadeia (TMC) nos testemunhos #367 e #373, assim como a distribuição dos n-alcenos em cada um dos períodos em que houveram variações nos índices.

Avaliando a distribuição dos n-alcenos nos testemunhos #367 e #373, no período entre a base dos testemunhos e 1976, a assinatura do #373 se assemelha à observada nos demais testemunhos, associados à MO transportada pelo Rio da Prata. Neste trecho do testemunho, é observada mesma distribuição de n-alcenos que o restante dos testemunhos, com maiores concentrações do nC31, seguido pelo nC33 e pelo nC29. Essa semelhança pode indicar que até meados da década de 1970, a assinatura do Rio da Prata era predominante neste testemunho. O mesmo comportamento não é observado no #367, que apresentou resultados diferentes dos demais testemunhos ao longo de todo seu perfil.

A partir de 1976, os testemunhos #373 e #367 apresentam uma mudança, tanto nas razões e  $\delta^{13}\text{C}$  como na distribuição dos n-alcenos. Avaliando o histórico de eventos da região de Santa Catarina que possam apresentar relação com tais mudanças, é possível que estas variações tenham relação com os períodos de inauguração de importantes barragens no Vale do Rio Itajaí-Açu.

A bacia hidrográfica do Rio Itajaí-Açu é a maior do estado de Santa Catarina, compreendendo uma área de aproximadamente 15.000 km<sup>2</sup> (MACHADO; MARCUZZO, 2015). A problemática de enchentes no Vale do Itajaí sempre esteve presente, desde a formação das primeiras comunidades na região (KÖHLER; FRAGA, 1999). A partir dos anos 60, devido ao crescimento de cidades próximas ao Rio Itajaí-Açu e seus afluentes, medidas começaram a ser tomadas com o fim de minimizar os impactos sociais e econômicos provocados pelas grandes inundações. Entre as principais medidas está a construção de barragens em dois dos principais afluentes do Rio Itajaí-Açu, durante os anos 70 (FRAGA, 2001). As barragens de Itajaí do Oeste, concluída em 1973, e de Itajaí do Sul, em 1975, tem a capacidade de armazenar 83x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> e 97x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> de água, respectivamente.

Embora diversos casos de enchentes tenham ocorrido após a inauguração destas barragens, possivelmente elas tiveram algum impacto sobre a composição da matéria orgânica depositada pelo Rio Itajaí-Açu. A construção de barragens no curso de rios e o seu impacto na composição da matéria orgânica sedimentar, especificamente na distribuição de n-alcanos, já foi descrita por outros autores em diferentes regiões do mundo (ROSA *et al.*, 2012; XIE *et al.*, 2015; CAO *et al.*, 2017). No caso do Vale do Itajaí, há uma diferenciação entre a vegetação predominante na região costeira e no interior do Vale, de modo que mudanças no curso e aporte de afluentes do Rio Itajaí podem estar relacionadas a variações na distribuição dos n-alcanos.

A década de 70 também representa um importante momento de mudança no clima global. Diversos autores apontam uma mudança ocorrida no final dos anos 1970, relacionada à Oscilação Interdecadal do Pacífico (OIP), cuja influência poderia ser observada em diversas regiões do mundo (MANTUA; HARE, 2002; ZHOU *et al.*, 2009). A mudança mais recente na OIP estaria relacionada ao ano de 1977/78, com um aquecimento nas águas superficiais da região do Oceano Pacífico tropical. Além da mudança na IPO, o final da década de 1970 também marca uma alteração no regime de *El Niño*, mudando a sua origem do pacífico leste para a região do pacífico oeste (WANG *et al.*, 2019). Desde essa mudança, há um aumento na intensidade dos eventos de *El Niño* e um aumento global na frequência de eventos extremos de precipitação (FREUND *et al.*, 2019; WANG *et al.*, 2019; SARKAR; MAITY, 2021).

O estudo de Wang *et al.* (2019) classificou 33 eventos de *El Niño* entre os anos de 1901 e 2017, com base em parâmetros como intensidade, duração, propagação e desenvolvimento. Entre as quatro categorias estabelecidas, foi observado o aumento da ocorrência de eventos mais intensos a partir da década de 1970 (Figura 30). Embora as causas dessa mudança não sejam claras, o fenômeno de intensificação de *El Niño* foi atribuído ao aquecimento da região equatorial do Pacífico oeste e ao aumento associado da temperatura da superfície do mar no Pacífico central equatorial.

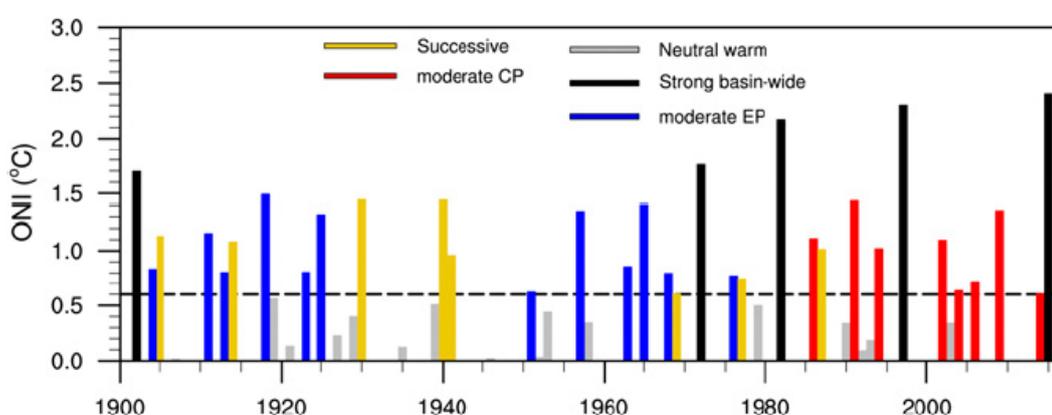


Figura 30: Intensidade dos eventos de *El Niño* entre os anos de 1901 e 2017 (WANG *et al.*, 2019).

Na região de Santa Catarina, é observado um aumento considerável na frequência de eventos extremos de precipitação no estado, dos quais grande parte foram relacionados a anos de ocorrência de *El Niño* (GRIMM *et al.*, 1998; HAYLOCK *et al.*, 2006; MINUZZI, 2010; FERNANDES; RODRIGUES, 2018; GOUVEA *et al.*, 2018). Os estudos realizados por Pscheidt e Grimm (2009) e Dias e Minuzzi (2009) analisaram a frequência de extremos de precipitação na região litorânea de Santa Catarina, apontando um aumento significativo nas médias anuais de chuva entre 1950 e 2000. Também foi descrita uma mudança em meados de 1970 de anomalias negativas para positivas de chuva, na região, que poderiam estar associadas a mudanças em fenômenos como o ENOS (*El Niño* Oscilação Sul). Na região de Itajaí, há um aumento considerável nas médias mensais de chuva a partir de 1980 (Figura 31). Devido à influência

do Rio Itajaí e aporte continental local para a região dos testemunhos #367 e #373, é provável que exista uma maior sensibilidade desta região para o registro de mudanças climáticas no continente, podendo registrar tais variações no regime de precipitação.

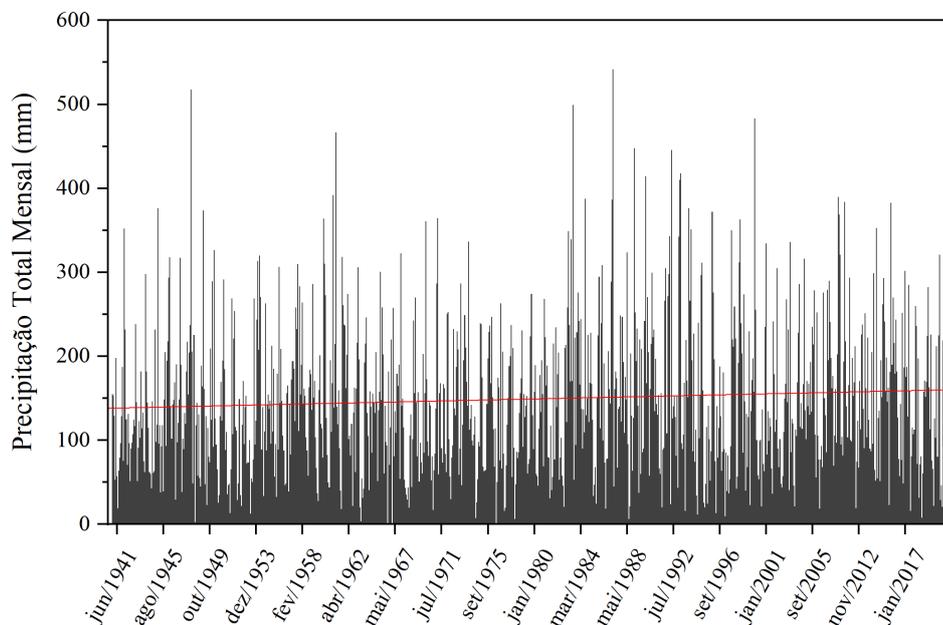


Figura 31: Médias mensais de precipitação na região de Itajaí entre 1941 e 2021 (Dados: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - Estação Luiz Alves).

No testemunho #373, é registrada uma segunda mudança na assinatura dos n-alcenos a partir dos anos de 2000. É provável que estas variações estejam relacionadas ao aumento de episódios de inundação brusca em Santa Catarina, especialmente no município de Itajaí. Estes eventos extremos estão associados a períodos de elevação súbita do nível de águas devido a ocorrência de chuvas intensas e concentradas em um curto período de tempo, provocando inundações e deslizamento de terras (GEORGAKAKOS, 1986). O aumento da ocorrência de enxurradas bruscas está relacionado não apenas às mudanças no regime de precipitação, mas também ao aumento na ocupação de solo e urbanização dos municípios de Santa Catarina a partir da década de 1980 (CATARINA, 2014). A Figura 32 apresenta o registro de inundações bruscas em Santa Catarina entre os anos de 1980 e 2010. Ao contrário dos eventos de inundações graduais, que vem diminuindo a partir dos anos de 1980, a ocorrência de enxurradas aumentou

consideravelmente a partir dos anos 1990, com os maiores registros de ocorrência nos anos de 2001, 2008, 2009 e 2010.

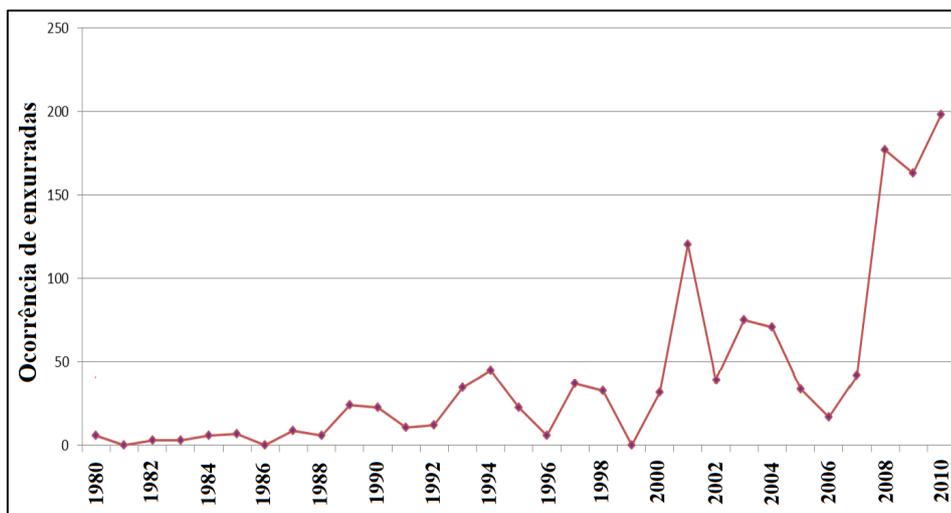


Figura 32: Ocorrências de enxurradas bruscas na região de Santa Catarina entre os anos de 1980 e 2010. Adaptado de: Catarina (2014)

O ano de 2008 corresponde ao maior evento climático já registrado no estado de Santa Catarina. Em novembro de 2008, fortes chuvas provocaram inundações e grandes escorregamentos de terra no litoral de Santa Catarina e Vale do Itajaí, sendo o município de Itajaí um dos mais afetados (XAVIER *et al.*, 2014). As variações observadas nos testemunhos #373 podem estar relacionadas em especial a este evento. Em conjunto com as mudanças nas razões diagnósticas dos n-alcanos, é observado também há um aumento na concentração de n-alcanos totais e diminuição na temperatura da superfície do mar. Em 2008 há também um grande aumento na taxa de sedimentação do testemunho #373. Estas mudanças estão provavelmente relacionadas ao grande aporte de sedimento e matéria orgânica para a plataforma continental devido ao aumento dos eventos de enxurradas no Vale do Itajaí a partir de 2001 e ao episódio excepcional de 2008.

### 6.3 Variação latitudinal da temperatura da superfície do mar

Os resultados de temperatura da superfície do mar obtidos através da análise de alquenonas apresentaram uma larga escala de variação, com temperaturas entre 17 e 27°C. Os valores de temperatura encontrados neste trabalho são semelhantes às medições feitas por satélite, especificamente durante os meses de inverno (CAMPOS *et al.*, 1999; LENTINI *et al.*, 2000; SOUZA; ROBINSON, 2004; SARACENO *et al.*, 2005). A semelhança dos resultados de TSM com os dados de temperatura de inverno indicam o comportamento sazonal das alquenonas na plataforma continental sul do Brasil. A sazonalidade das alquenonas é um fator apontado e já descrito por alguns estudos (LEDUC *et al.*, 2010; ROSELL-MELÉ; PRAHL, 2013; CORDEIRO *et al.*, 2014; TIMMERMANN *et al.*, 2014). Embora os motivos deste comportamento não sejam ainda claros, alguns fatores como a proximidade a grandes rios, como é o caso do Rio da Prata, podem estar relacionados à sazonalidade (ROSELL-MELÉ; PRAHL, 2013).

Os dados de temperatura da superfície do mar apresentaram um claro gradiente latitudinal de temperatura, devido à interação de diferentes massas d'águas presentes ao longo da região de estudo (Figura 33).

Nos testemunhos localizados entre 25 e 31°S, é observada a interação de duas diferentes massas d'água, a Água Costeira (AC) e a Água Tropical (AT). A AC é caracterizada por águas quentes e de baixa salinidade, devido à mistura com o aporte de água da drenagem continental e de pequenos efluentes fluviais ao longo da costa. Ela reside na região acima da termoclina, compreendendo as profundidades mais rasas da plataforma (CAMPOS *et al.*, 1996; LIMA *et al.*, 1996). A AT é presente na região de plataforma média e externa, e corresponde à camada superior do transporte da Corrente do Brasil, fluindo em direção sul. O limite entre a AT e AC é pouco claro, sendo normalmente definido pela diferença de salinidade devido ao aporte

continental. Este limite apresenta variações sazonais, de modo que a intrusão da AT sobre a plataforma continental é maior durante os meses de inverno (CAMPOS *et al.*, 2000).

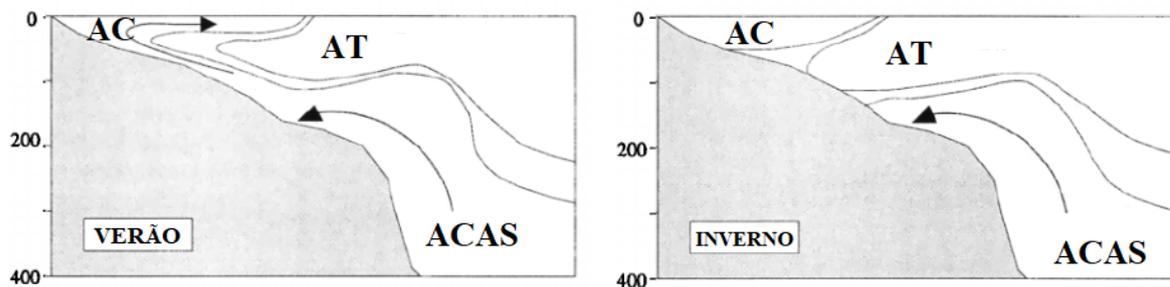


Figura 33: Perfil típico de distribuição de massas d'água na porção norte da área de estudo, entre os meses de inverno e verão. Adaptado de: CAMPOS *et al.*, 2000.

Entre todos os resultados, as temperaturas mais altas foram observadas no testemunho #373, localizado na latitude de 26°S e na profundidade de 63 m, a mais rasa entre todas as amostras. Enquanto os testemunhos #378, #377, #367, #583, #576 e #573 se encontram em regiões de plataforma média, o #373 está no limite entre a plataforma interna e média. Os maiores valores de temperatura neste testemunho estão provavelmente relacionados à menor profundidade deste testemunho, assim como à maior influência da AC.

No restante dos testemunhos, entre 25 e 31°S, a influência da AT passa a ser mais clara devido à profundidade em que se encontram. Os valores de temperatura entre 20 e 24°C encontrados nos pontos #378, #377, #367, #583, #576 e #573, são condizentes com a temperatura típica da AT. Com exceção do #373, há uma tendência clara de diminuição das temperaturas com o aumento da latitude. Esse gradiente está relacionado a interação entre as águas quentes tropicais e as águas frias de origem antártica, como será explicado mais adiante. A sazonalidade dos resultados de alquenonas também se relaciona com a presença AT, devido à maior presença desta massa d'água sobre a plataforma continental ocorrer durante os meses de inverno.

Além da AC e AT, a presença da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) nesta porção

norte da área de estudo já foi apontada por alguns estudos (MATSUURA, 1986; BRANDINI, 1990; CASTRO; LB, 1998; CASTRO *et al.*, 2006; JÚNIOR *et al.*, 2014; FONTES *et al.*, 2018). Esta massa d'água apresenta temperaturas inferiores a 20°C, e seu deslocamento sobre a plataforma está associado aos meandramentos ciclônicos da Corrente do Brasil (CAMPOS *et al.*, 2000). No entanto, não foi possível observar influência da ACAS sobre a região de estudo. A intrusão da ACAS sobre a plataforma continental apresenta dependência sazonal, sendo intensificada durante os meses de verão. Embora durante esse período, a ACAS possa alcançar profundidades de plataforma média/interna (BORZONE *et al.*, 1999), ela pode permanecer confinada a profundidades abaixo da superfície, tendo pouca influência sobre os dados de TSM.

Em contraste com estes resultados, as baixas temperaturas encontradas nos testemunhos #556 e #565, estão relacionadas à interação de massas d'água de origem mais fria. As temperaturas entre 17 e 19°C estão relacionadas à presença da Água Subantártica de Plataforma (ASAP) ao sul da região de estudo. Essa massa d'água é formada pela diluição da Água Antártica devido ao excesso de precipitação e drenagem continental, a medida que ela adentra a plataforma continental argentina próximo a 55°S. A ASAP é transportada em direção norte, carregando água fria e de baixa salinidade, com temperatura típica entre 7,6 e 15°C (PIOLA *et al.*, 2000; BERDEN *et al.*, 2020).

A abrupta variação de temperatura observada entre os testemunhos #565 e #573 está relacionada à região da Frente Subtropical de Plataforma (FSTP), próxima à latitude de 32°S (Figura 34). Esta região corresponde ao limite entre as águas quentes e salinas de origem tropical e as águas de origem subantártica, de baixa temperatura e salinidade (PIOLA *et al.*, 2000; PALMA *et al.*, 2008). Devido à sazonalidade encontrada nos resultados de TSM e ao comportamento sazonal do limite da FSTP (PIOLA *et al.*, 2008), é possível inferir que a variação de temperatura encontrada está relacionada à posição da FSTP durante os meses de inverno.

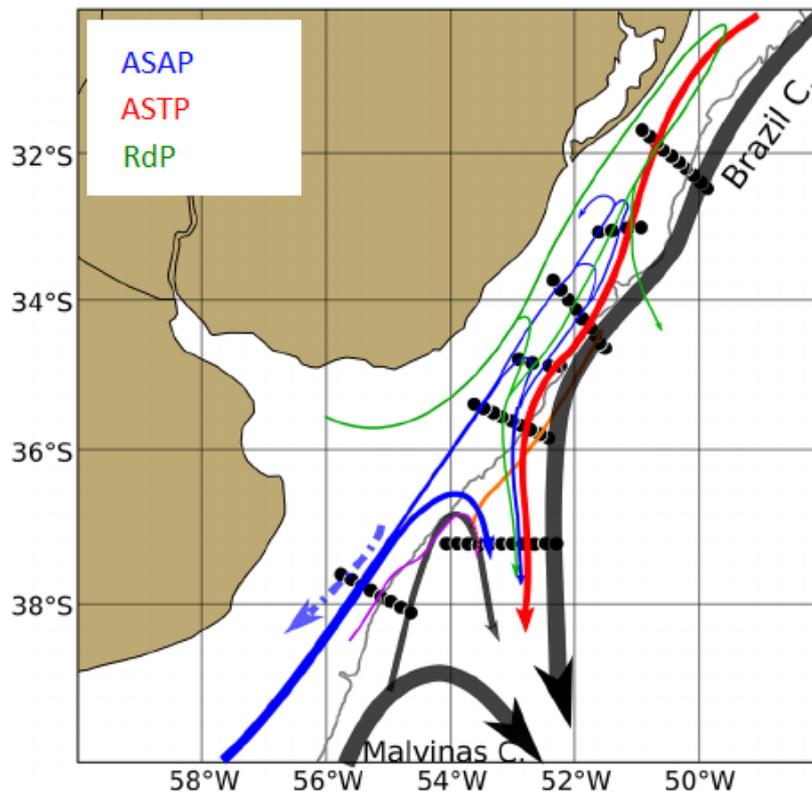


Figura 34: Circulação de massas d'água na plataforma continental sul da América do Sul. A linha em cinza representa a isóbata de 200m. Adaptado de: BERDEN *et al.*, 2020.

A formação da FSTP também representa um limite para sedimentos mais grossos provenientes da descarga do Rio da Prata (CAMPOS *et al.*, 2008). O limite de 32°S estabeleceria uma barreira para estes sedimentos, de modo que apenas a fração mais fina ultrapassaria esta região e seria transportada em direção norte. A menor efetividade da FSTP como barreira dos sedimentos finos pode estar relacionada a formação dos *mudbelts* na região de estudo.

A pluma do Rio da Prata segue sendo transportada em direção norte pela Corrente Costeira do Brasil. A sua influência, assim como mostrada pelos resultados de n-alcanos, também pode ser observada pelos dados de TSM. O deslocamento da PRdP ao longo da plataforma continental sul ocorre próximo à superfície, se misturando com as águas de plataforma ao longo do caminho (BERDEN *et al.*, 2020). O gradiente de aumento de temperatura em direção norte é um indicativo da diminuição da influência da PRdP, à medida que ela se mistura com a AC e AT.

## 7 CONCLUSÃO

A avaliação dos marcadores orgânicos moleculares em sedimentos coletados em regiões de *mudbelts* permitiu avaliar a distribuição e variação do aporte de matéria orgânica para a região de plataforma continental média do sul do Brasil. O transporte da Pluma do Rio da Prata representa o principal aporte de matéria orgânica terrígena para a plataforma continental sul do Brasil, entre 25 e 33°S. Ao longo dos últimos 100 anos, não houve variações significativas na deposição da matéria orgânica proveniente do Rio da Prata.

O Rio Itajaí-Açu é uma importante fonte local de matéria orgânica na plataforma continental adjacente a Itajaí, em Santa Catarina. A influência desse aporte permitiu o registro de mudanças climáticas e antrópicas ocorridas no continente, como o aumento da pluviosidade e de eventos de inundação no Vale do Itajaí assim como os impactos da construção de barragens em afluentes do rio na década de 70.

A variação latitudinal de temperaturas ao longo da plataforma apresentou uma influência na deposição da matéria orgânica, relacionada ao transporte de águas frias provenientes do sul, como a Água Subantártica de Plataforma e também a Pluma do Rio da Prata. A presença da Frente Subtropical de Plataforma, embora possa ter sido observada, não influencia a deposição da matéria orgânica terrígena.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho agregaram informações importantes sobre a composição e distribuição dos *mudbelts* presentes na plataforma continental sul do Brasil, em especial quanto às variações temporais.

As variações nos testemunhos coletados próximo à região de Itajaí apontaram uma possível maior sensibilidade dessa região para o registro de eventos climáticos do continente. Com isso, é interessante considerar o estudo de testemunhos longos (*piston cores*) já coletados na mesma região, porém ainda não analisados. Estas amostras, contemplarão uma escala de tempo consideravelmente maior, com grande potencial para a avaliação de mudanças e eventos ocorridos ao longo do Holoceno.

Neste estudo foram utilizados os n-alcanos e alquenonas, porém é interessante que sejam realizados estudos futuros aplicando diferentes marcadores orgânicos, para avaliar aspectos além do aporte terrígeno para os *mudbelts* da região de estudo.

## Referências

- APPLEBY, P. G.; OLDFIELD, F. The calculation of lead-210 dates assuming a constant rate of supply of unsupported  $^{210}\text{Pb}$  to the sediment. *Catena*, v. 5, n. 1, p. 1–8, 1978.
- ASPINALL, G. Pectins, plant gums and other plant polysaccharides, the carbohydrates. *Chemistry and Biochemistry*, p. 515–536, 1970.
- BELICKA, L. L.; HARVEY, H. R. The sequestration of terrestrial organic carbon in arctic ocean sediments: A comparison of methods and implications for regional carbon budgets. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 73, n. 20, p. 6231–6248, 2009.
- BERDEN, G. *et al.* Circulation and hydrography in the western south atlantic shelf and export to the deep adjacent ocean:  $30^\circ\text{S}$  to  $40^\circ\text{S}$ . *Journal of Geophysical Research: Oceans*, v. 125, n. 10, p. e2020JC016500, 2020.
- BI, X. *et al.* Molecular and carbon and hydrogen isotopic composition of n-alkanes in plant leaf waxes. *Organic geochemistry*, Elsevier, v. 36, n. 10, p. 1405–1417, 2005.
- BIANCHI, T. S.; CANUEL, E. A. *Chemical biomarkers in aquatic ecosystems*. [S.l.]: Princeton University Press, 2011.
- BLUMER, M.; GUILLARD, R.; CHASE, T. Hydrocarbons of marine phytoplankton. *Marine Biology*, Springer, v. 8, n. 3, p. 183–189, 1971.
- BOECKEL, B. *et al.* Coccolith distribution patterns in south atlantic and southern ocean surface sediments in relation to environmental gradients. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, Elsevier, v. 53, n. 6, p. 1073–1099, 2006.
- BORZONE, C. A.; PEZZUTO, P. R.; MARONE, E. Oceanographic characteristics of a multi-specific fishing ground of the central south brazil bight. *Marine Ecology*, Wiley Online Library, v. 20, n. 2, p. 131–146, 1999.
- BOUILLON, S.; CONNOLLY, R.; GILLIKIN, D. 7.07 use of stable isotopes to understand food webs and ecosystem functioning in estuaries. *Treatise on estuarine and coastal science*, v. 7, 2011.
- BRANDINI, F. P. Hydrography and characteristics of the phytoplankton in shelf and oceanic waters off southeastern brazil during winter (july/august 1982) and summer (february/march 1984). *Hydrobiologia*, Springer, v. 196, n. 2, p. 111–148, 1990.
- BRASSELL, S. C. Applications of biomarkers for delineating marine paleoclimatic fluctuations during the pleistocene. In: *Organic Geochemistry*. [S.l.]: Springer, 1993. p. 699–738.
- BRASSELL, S. C. *et al.* Molecular stratigraphy: a new tool for climatic assessment. *Nature*, Nature Publishing Group, v. 320, n. 6058, p. 129–133, 1986.
- BRAY, E.; EVANS, E. Distribution of n-paraffins as a clue to recognition of source beds. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Elsevier, v. 22, n. 1, p. 2–15, 1961.
- BURDLOFF, D. *et al.* Sources of organic carbon in the portuguese continental shelf sediments during the holocene period. *Applied Geochemistry*, Elsevier, v. 23, n. 10, p. 2857–2870, 2008.
- BURRAGE, D. *et al.* Patos lagoon outflow within the río de la plata plume using an airborne salinity mapper: Observing an embedded plume. *Continental Shelf Research*, Elsevier, v. 28, n. 13, p. 1625–1638, 2008.
- CAMPOS, E. *et al.* Experiment studies circulation in the western south atlantic. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, Wiley Online Library, v. 77, n. 27, p. 253–259, 1996.
- CAMPOS, E. J. *et al.* Interannual variability of the sea surface temperature in the south brazil bight. *Geophysical Research Letters*, Wiley Online Library, v. 26, n. 14, p. 2061–2064, 1999.
- CAMPOS, E. J. *et al.* A note on a mineralogical analysis of the sediments associated with the plata river and patos lagoon outflows. *Continental Shelf Research*, Elsevier, v. 28, n. 13, p. 1687–1691, 2008.
- CAMPOS, E. J.; VELHOTE, D.; SILVEIRA, I. C. da. Shelf break upwelling driven by brazil current cyclonic meanders. *Geophysical Research Letters*, Wiley Online Library, v. 27, n. 6, p. 751–754, 2000.
- CAO, Y. *et al.* Multi-proxy evidence for decreased terrestrial contribution to sedimentary organic matter in coastal areas of the east china sea during the past 100 years. *Science of the Total Environment*, Elsevier, v. 599, p. 1895–1902, 2017.

- CARRO, N.; COBAS, J.; MANEIRO, J. Distribution of aliphatic compounds in bivalve mollusks from galicia after the prestige oil spill: Spatial and temporal trends. *Environmental Research*, Elsevier, v. 100, n. 3, p. 339–348, 2006.
- CARVALHO, J.; SCHETTINI, C.; RIBAS, T. Estrutura termohalina do litoral centro-norte catarinense. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v. 2, n. 1, p. 181–197, 1998.
- CASTRO, B. d. *et al.* Estrutura termohalina e circulação na região entre o cabo de são tomé (rj) eo chuí (rs). *O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil*, Edusp São Paulo, v. 1, p. 11–120, 2006.
- CASTRO, B. M.; LB, M. Physical oceanography of the western atlantic continental shelf located between 40n and 34os. *The Sea*, v. 11, p. 209–251, 1998.
- CATARINA, S. Atlas de desastres naturais do estado de santa catarina: período de 1980 a 2010. IHGSC/Cadernos Geográficos, v. 2, 2014.
- CECHINEL, K. C. *Caracterização físico-química e oceanográfica da Plataforma Continental Interna de Santa Catarina: Subsídio para a gestão da pesca da sardinha-verdadeira (Sardinella brasiliensis)*. Dissertação (Mestrado) — UNIVALI, Itajaí, 2015.
- CHEN, X. *et al.* A potential suite of climate markers of long-chain n-alkanes and alkenones preserved in the top sediments from the pacific sector of the southern ocean. *Progress in Earth and Planetary Science*, SpringerOpen, v. 8, n. 1, p. 1–13, 2021.
- CLARK JR, R.; BLUMER, M. Distribution of n-parafins in marine organisms and sediment 1. *Limnology and Oceanography*, Wiley Online Library, v. 12, n. 1, p. 79–87, 1967.
- COLLISTER, J. W. *et al.* Compound-specific  $\delta^{13}C$  analyses of leaf lipids from plants with differing carbon dioxide metabolisms. *Organic geochemistry*, Elsevier, v. 21, n. 6-7, p. 619–627, 1994.
- COLOMBO, J. *et al.* Sources, vertical fluxes, and accumulation of aliphatic hydrocarbons in coastal sediments of the rio de la plata estuary, argentina. *Environmental science & technology*, ACS Publications, v. 39, n. 21, p. 8227–8234, 2005.
- COLOMBO, J. C. *et al.* Determination of hydrocarbon sources using n-alkane and polyaromatic hydrocarbon distribution indexes. case study: Rio de la plata estuary, argentina. *Environmental Science & Technology*, ACS Publications, v. 23, n. 7, p. 888–894, 1989.
- CONTE, M. H.; EGLINTON, G.; MADUREIRA, L. A. Long-chain alkenones and alkyl alkenoates as palaeotemperature indicators: their production, flux and early sedimentary diagenesis in the eastern north atlantic. *Organic Geochemistry*, Elsevier, v. 19, n. 1-3, p. 287–298, 1992.
- CONTE, M. H. *et al.* Global temperature calibration of the alkenone unsaturation index (uk 37) in surface waters and comparison with surface sediments. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, Wiley Online Library, v. 7, n. 2, 2006.
- CORDEIRO, L. *et al.* Reconstruction of southwestern atlantic sea surface temperatures during the last century: Cabo frio continental shelf (brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Elsevier, v. 415, p. 225–232, 2014.
- COWIE, G. *et al.* Elemental and major biochemical changes across an oxidation front in a relict turbidite: an oxygen effect. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Elsevier, v. 59, n. 1, p. 33–46, 1995.
- CRANWELL, P. Lipids of aquatic sediments and sedimenting particulates. *Progress in lipid research*, Elsevier, v. 21, n. 4, p. 271–308, 1982.
- CRANWELL, P.; EGLINTON, G.; ROBINSON, N. Lipids of aquatic organisms as potential contributors to lacustrine sediments—ii. *Organic Geochemistry*, Elsevier, v. 11, n. 6, p. 513–527, 1987.
- DAMSTÉ, J. S. S. *et al.* A 25,000-year record of climate-induced changes in lowland vegetation of eastern equatorial africa revealed by the stable carbon-isotopic composition of fossil plant leaf waxes. *Earth and Planetary Science Letters*, Elsevier, v. 302, n. 1-2, p. 236–246, 2011.
- DAN, S. F. *et al.* Geochemical discrimination of bulk organic matter in surface sediments of the cross river estuary system and adjacent shelf, south east nigeria (west africa). *Science of the Total Environment*, Elsevier, v. 678, p. 351–368, 2019.

- DEGOLA, T. S. Impactos e variabilidade do anticiclone subtropical do atlântico sul sobre o brasil no clima presente e em cenários futuros. *Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo*, p. 91, 2013.
- DERRIEN, M.; YANG, L.; HUR, J. Lipid biomarkers and spectroscopic indices for identifying organic matter sources in aquatic environments: A review. *Water research*, Elsevier, v. 112, p. 58–71, 2017.
- DIAS, M.; MINUZZI, R. As chuvas de novembro de 2008 em santa catarina: Um estudo de caso visando à melhoria do monitoramento e da previsão de eventos extremos. *São José dos Campos: INPE*, 2009.
- DUBOSQ, N. *et al.* A first assessment of organic carbon burial in the west gironde mud patch (bay of biscay). *Continental Shelf Research*, Elsevier, v. 221, p. 104419, 2021.
- EDWARDS, B. D. Variations in sediment texture on the northern monterey bay national marine sanctuary continental shelf. *Marine Geology*, Elsevier, v. 181, n. 1-3, p. 83–100, 2002.
- EGLINTON, G. *et al.* Hydrocarbon constituents of the wax coatings of plant leaves: a taxonomic survey. *Phytochemistry*, Elsevier, v. 1, n. 2, p. 89–102, 1962.
- EGLINTON, G.; HAMILTON, R. The distribution of alkanes. *Chemical plant taxonomy*, Academic Press New York, v. 187, p. 217, 1963.
- EGLINTON, G.; HAMILTON, R. J. Leaf epicuticular waxes. *Science*, American Association for the Advancement of Science, v. 156, n. 3780, p. 1322–1335, 1967.
- EGLINTON, G.; LOGAN, G. A. Molecular preservation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, The Royal Society London, v. 333, n. 1268, p. 315–328, 1991.
- EGLINTON, T. I.; EGLINTON, G. Molecular proxies for paleoclimatology. *Earth and Planetary Science Letters*, Elsevier, v. 275, n. 1-2, p. 1–16, 2008.
- FANG, J. *et al.* Source characterization of sedimentary organic matter using molecular and stable carbon isotopic composition of n-alkanes and fatty acids in sediment core from lake dianchi, china. *Science of the Total Environment*, Elsevier, v. 473, p. 410–421, 2014.
- FERNANDES, L. G.; RODRIGUES, R. R. Changes in the patterns of extreme rainfall events in southern brazil. *International Journal of Climatology*, Wiley Online Library, v. 38, n. 3, p. 1337–1352, 2018.
- FERREIRA, P. A. L. *et al.* Insights on the marine sedimentation of the continental shelf and upper slope off se brazil during the 20th century with natural radionuclides. *Regional Studies in Marine Science*, Elsevier, v. 39, p. 101466, 2020.
- FERREIRA, P. A. L. *et al.* 137cs in marine sediments of admiralty bay, king george island, antarctica. *Science of the total environment*, Elsevier, v. 443, p. 505–510, 2013.
- FERREIRA, P. A. L. *et al.* Statistical validation of the model of diffusion-convection (mdc) of 137 cs for the assessment of recent sedimentation rates in coastal systems. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Springer, v. 303, n. 3, p. 2059–2071, 2015.
- FICKEN, K. J. *et al.* An n-alkane proxy for the sedimentary input of submerged/floating freshwater aquatic macrophytes. *Organic geochemistry*, Elsevier, v. 31, n. 7-8, p. 745–749, 2000.
- FIGUEIRA, R. *Inventário de radionuclídeos artificiais em água do mar e sedimentos da costa sul do Brasil*. Tese (Doutorado) — Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), São Paulo, 2000.
- FIGUEIRA, R. C. *et al.* Distribution of 137cs, 238pu and 239+ 240pu in sediments of the southeastern brazilian shelf—sw atlantic margin. *Science of the Total Environment*, Elsevier, v. 357, n. 1-3, p. 146–159, 2006.
- FIGUEIRA, R. C. L. *et al.* Is there a technique for the determination of sedimentation rates based on calcium carbonate content? a comparative study on the southeastern brazilian shelf. *Soils and Foundations*, Elsevier, v. 47, n. 4, p. 649–656, 2007.
- FONTES, M. L. S. *et al.* Bacterioplankton abundance and biomass stimulated by water masses intrusions over the southern brazilian shelf (between 25 57's and 29 24's). *Continental Shelf Research*, Elsevier, v. 164, p. 28–36, 2018.
- FRAGA, N. C. As enchentes no vale do itajaí-açú/sc: das obras de contenção à indústria da enchente—a problemática ambiental e a relação homem/natureza na busca de soluções. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, v. 5, n. 1, 2001.

- FREUND, M. B. *et al.* Higher frequency of central pacific el niño events in recent decades relative to past centuries. *Nature Geoscience*, Nature Publishing Group, v. 12, n. 6, p. 450–455, 2019.
- FRY, B.; SHERR, E. B.  $\delta^{13}\text{C}$  measurements as indicators of carbon flow in marine and freshwater ecosystems. *Stable isotopes in ecological research*, Springer, p. 196–229, 1989.
- GEORGAKAKOS, K. P. On the design of national, real-time warning systems with capability for site-specific, flash-flood forecasts. *Bulletin of the American Meteorological Society*, American Meteorological Society, v. 67, n. 10, p. 1233–1239, 1986.
- GONI, M. A. *et al.* The supply and preservation of ancient and modern components of organic carbon in the canadian beaufort shelf of the arctic ocean. *Marine Chemistry*, Elsevier, v. 93, n. 1, p. 53–73, 2005.
- GONZALEZ, R. *et al.* Sediment and pollutant transport in the northern gulf of cadiz: a multi-proxy approach. *Journal of Marine Systems*, Elsevier, v. 68, n. 1-2, p. 1–23, 2007.
- GOUVEA, R. L. *et al.* Análise de frequência de precipitação e caracterização de anos secos e chuvosos para a bacia do rio itajaí. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 22, 2018.
- GRIMALT, J.; ALBAIGÉS, J. Sources and occurrence of  $\text{C}_{12}$ – $\text{C}_{22}$ -alkane distributions with even carbon-number preference in sedimentary environments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Elsevier, v. 51, n. 6, p. 1379–1384, 1987.
- GRIMALT, J. O. *et al.* Modifications of the  $\text{C}_{37}$  alkenone and alkenoate composition in the water column and sediment: Possible implications for sea surface temperature estimates in paleoceanography. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, Wiley Online Library, v. 1, n. 11, 2000.
- GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E.; GOMES, J. Precipitation anomalies in southern brazil associated with el niño and la niña events. *Journal of climate*, v. 11, n. 11, p. 2863–2880, 1998.
- GU, Y.-G. *et al.* Distribution and sources of organic carbon, nitrogen and their isotopes in surface sediments from the largest mariculture zone of the eastern guangdong coast, south china. *Marine pollution bulletin*, Elsevier, v. 120, n. 1-2, p. 286–291, 2017.
- HANEBUTH, T. J.; LANTZSCH, H.; NIZOU, J. Mud depocenters on continental shelves—appearance, initiation times, and growth dynamics. *Geo-Marine Letters*, Springer, v. 35, n. 6, p. 487–503, 2015.
- HARTWELL, S. I. Distribution of ddt and other persistent organic contaminants in canyons and on the continental shelf off the central california coast. *Marine Environmental Research*, Elsevier, v. 65, n. 3, p. 199–217, 2008.
- HAYLOCK, M. R. *et al.* Trends in total and extreme south american rainfall in 1960–2000 and links with sea surface temperature. *Journal of climate*, v. 19, n. 8, p. 1490–1512, 2006.
- HEDGES, J. I.; KEIL, R. G. Sedimentary organic matter preservation: an assessment and speculative synthesis. *Marine chemistry*, Elsevier, v. 49, n. 2-3, p. 81–115, 1995.
- HILLE, E. Hidrografia da plataforma continental catarinense. Monografia, Universidade do Vale do Itajaí. Itajaí. 2009.
- HORIKAWA, K. *et al.* Latitudinal and downcore (0–750 ka) changes in n-alkane chain lengths in the eastern equatorial pacific. *Quaternary Research*, Cambridge University Press, v. 73, n. 3, p. 573–582, 2010.
- HU, B. *et al.* Spatial distribution and ecotoxicological risk assessment of heavy metals in surface sediments of the southern bohai bay, china. *Environmental Science and Pollution Research*, Springer, v. 20, n. 6, p. 4099–4110, 2013.
- HYUN, S. *et al.* Paleovegetation and paleoclimate changes based on terrestrial n-alkanes and their carbon isotopes in sediment from the jeongok-ri paleolithic site, korea. *Quaternary International*, Elsevier, v. 384, p. 4–12, 2015.
- (ICH), I. C. on H. Validation of analytical procedures: text and methodology. *Q2 (R1)*, v. 1, n. 20, p. 05, 2005.
- INMETRO INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, N. e. Q. I. Orientações sobre validação de métodos de ensaios químicos. DOQ-CGCRE-008. 2011.
- IZART, A. *et al.* Palaeoclimate reconstruction from biomarker geochemistry and stable isotopes of n-alkanes from carboniferous and early permian humic coals and limnic sediments in western and eastern europe. *Organic geochemistry*, Elsevier, v. 43, p. 125–149, 2012.

- JÚNIOR, M. N.; BRANDINI, F. P.; CODINA, J. C. Distribution of planktonic cnidarians in response to south atlantic central water intrusion in the south brazilian bight. *Continental Shelf Research*, Elsevier, v. 89, p. 93–102, 2014.
- KILLOPS, S.; KILLOPS, V. *Introduction to Organic Geochemistry, 2nd edn (paperback)*. [S.l.]: Blackwell Science Ltd Oxford, UK, 2005.
- KIM, B. S. M. *et al.* Insights into leaded gasoline registered in mud depocenters derived from multivariate statistical tool: southeastern brazilian coast. *Environmental Geochemistry and Health*, Springer, v. 43, n. 1, p. 47–63, 2021.
- KÖHLER, V. B.; FRAGA, N. C. As enchentes no vale do itajaí-açu, sc: Das obras de contenção a indústria da enchente. *Boletim de Geografia*, v. 17, n. 1, p. 81–92, 1999.
- KONIECZKA, P.; NAMIEŚNIK, J. *Quality assurance and quality control in the analytical chemical laboratory: a practical approach*. [S.l.]: CRC Press, 2018.
- KRISHNASWAMY, S. *et al.* Geochronology of lake sediments. *Earth and Planetary Science Letters*, Elsevier, v. 11, n. 1-5, p. 407–414, 1971.
- LANTZSCH, H.; HANEUBUTH, T. J.; BENDER, V. B. Holocene evolution of mud depocentres on a high-energy, low-accumulation shelf (nw iberia). *Quaternary Research*, Cambridge University Press, v. 72, n. 3, p. 325–336, 2009.
- LEDUC, G. *et al.* Holocene and eemian sea surface temperature trends as revealed by alkenone and mg/ca paleothermometry. *Quaternary Science Reviews*, Elsevier, v. 29, n. 7-8, p. 989–1004, 2010.
- LENTINI, C. A.; CAMPOS, E. J.; PODESTÁ, G. G. The annual cycle of satellite derived sea surface temperature on the western south atlantic shelf. *Revista brasileira de oceanografia*, SciELO Brasil, v. 48, n. 2, p. 93–105, 2000.
- LIM, D. *et al.* Recent sediment accumulation and origin of shelf mud deposits in the yellow and east china seas. *Progress in Oceanography*, Elsevier, v. 73, n. 2, p. 145–159, 2007.
- LIMA, I. D.; GARCIA, C. A.; MÖLLER, O. O. Ocean surface processes on the southern brazilian shelf: characterization and seasonal variability. *Continental Shelf Research*, Elsevier, v. 16, n. 10, p. 1307–1317, 1996.
- LIN, S.; CHEN, C.-M. Spatial variations of heavy metals in the east china sea continental shelf surface sediments. *Chemistry and Ecology*, Taylor & Francis, v. 13, n. 2, p. 77–91, 1996.
- LIN, S. *et al.* Influence of the yangtze river and grain size on the spatial variations of heavy metals and organic carbon in the east china sea continental shelf sediments. *Chemical Geology*, Elsevier, v. 182, n. 2-4, p. 377–394, 2002.
- LOURENÇO, R. A. *Aplicação de marcadores orgânicos moleculares em estudos oceanográficos e paleoceanográficos: estudo de caso na Margem Continental Superior do Sudeste do Brasil*. Tese (Doutorado) — Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- MACEDO-SOARES, L. C. P. *et al.* Large-scale ichthyoplankton and water mass distribution along the south brazil shelf. *PLoS One*, Public Library of Science San Francisco, USA, v. 9, n. 3, p. e91241, 2014.
- MACHADO, J. L. F.; MARCUZZO, F. F. N. *Aquíferos da bacia hidrográfica do rio itajaí no estado de santa catarina*. ABRH, 2015.
- MÄCHEL, H.; KAPALA, A.; FLOHN, H. Behaviour of the centres of action above the atlantic since 1881. part i: Characteristics of seasonal and interannual variability. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, Wiley Online Library, v. 18, n. 1, p. 1–22, 1998.
- MAHIQUES, M. M. *et al.* Sedimentation on the southern brazilian shelf mud depocenters: Insights on potential source areas. *Journal of South American Earth Sciences*, Elsevier, v. 100, p. 102577, 2020.
- MAHIQUES, M. M. *et al.* Mud depocentres on the continental shelf: a neglected sink for anthropogenic contaminants from the coastal zone. *Environmental Earth Sciences*, Springer, v. 75, n. 1, p. 44, 2016.
- MAHIQUES, M. M. *et al.* Post-igm sedimentation on the outer shelf upper slope of the northernmost part of the sa- o paulo bight, southeastern brazil. *Marine Geology*, v. 181, n. 387, p. 400, 2002.
- MAHIQUES, M. M. *et al.* Radiocarbon geochronology of the sediments of the são paulo bight (southern brazilian upper margin). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, SciELO Brasil, v. 83, p. 817–834, 2011.

- MAHIQUES, M. M. *et al.* Nd and pb isotope signatures on the southeastern south american upper margin: Implications for sediment transport and source rocks. *Marine Geology*, Elsevier, v. 250, n. 1-2, p. 51–63, 2008.
- MAHIQUES, M. M. *et al.* Hydrodynamically driven patterns of recent sedimentation in the shelf and upper slope off southeast brazil. *Continental Shelf Research*, Elsevier, v. 24, n. 15, p. 1685–1697, 2004.
- MAHIQUES, M. M. d. *et al.* Modern sedimentation in the cabo frio upwelling system, southeastern brazilian shelf. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, SciELO Brasil, v. 77, p. 535–548, 2005.
- MANTUA, N. J.; HARE, S. R. The pacific decadal oscillation. *Journal of oceanography*, Springer, v. 58, n. 1, p. 35–44, 2002.
- MARLOWE, I. *et al.* Long chain (n-c37–c39) alkenones in the prymnesiophyceae. distribution of alkenones and other lipids and their taxonomic significance. *British Phycological Journal*, Taylor & Francis, v. 19, n. 3, p. 203–216, 1984.
- MARTA-ALMEIDA, M. *et al.* Dynamics of river plumes in the south brazilian bight and south brazil. *Ocean Dynamics*, Springer, v. 71, n. 1, p. 59–80, 2021.
- MATSUURA, Y. Contribuição ao estudo da estrutura oceanográfica da região sudeste entre cabo frio (rj) e cabo de santa marta grande (sc). *Ciência e cultura*, v. 38, p. 1439–1447, 1986.
- MCCAIVE, I. Transport and escape of fine-grained sediment from shelf areas. *Shelf sediment transport: process and pattern*, Downden, Hutchinson and Ross, p. 225–248, 1972.
- MEAD, R. *et al.* Sediment and soil organic matter source assessment as revealed by the molecular distribution and carbon isotopic composition of n-alkanes. *Organic Geochemistry*, Elsevier, v. 36, n. 3, p. 363–370, 2005.
- MEDEIROS, P. M. *et al.* Natural and anthropogenic hydrocarbon inputs to sediments of patos lagoon estuary, brazil. *Environment International*, Elsevier, v. 31, n. 1, p. 77–87, 2005.
- MEDEIROS, P. M.; SIMONEIT, B. R. Source profiles of organic compounds emitted upon combustion of green vegetation from temperate climate forests. *Environmental science & technology*, ACS Publications, v. 42, n. 22, p. 8310–8316, 2008.
- MÉJANELLE, L.; LAUREILLARD, J. Lipid biomarker record in surface sediments at three sites of contrasting productivity in the tropical north eastern atlantic. *Marine Chemistry*, Elsevier, v. 108, n. 1-2, p. 59–76, 2008.
- MEYERS, P. A. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic, and paleoclimatic processes. *Organic geochemistry*, Elsevier, v. 27, n. 5-6, p. 213–250, 1997.
- MEYERS, P. A. Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the laurentian great lakes. *Organic geochemistry*, Elsevier, v. 34, n. 2, p. 261–289, 2003.
- MINUZZI, R. B. Tendências na variabilidade climática de santa catarina, brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, SciELO Brasil, v. 14, n. 12, p. 1288–1293, 2010.
- MIRANDA, L. B. *Propriedades e variáveis físicas das águas da plataforma continental do Rio Grande do Sul*. [S.l.: s.n.], 1972.
- MIRANDA, L. B. d. Forma da correlação ts de massas de água das regiões costeira e oceânica entre o cabo de são tomé (rj) e a ilha de são sebastião (sp), brasil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, SciELO Brasil, v. 33, p. 105–119, 1985.
- MÖLLER, O. O. *et al.* The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern south america. *Continental shelf research*, Elsevier, v. 28, n. 13, p. 1607–1624, 2008.
- MOODLEY, L. *et al.* Oxygenation and organic-matter preservation in marine sediments: Direct experimental evidence from ancient organic carbon-rich deposits. *Geology*, Geological Society of America, v. 33, n. 11, p. 889–892, 2005.
- MULABAGAL, V. *et al.* Chemical fingerprinting of petroleum biomarkers in deepwater horizon oil spill samples collected from alabama shoreline. *Marine Pollution Bulletin*, Elsevier, v. 70, n. 1-2, p. 147–154, 2013.
- MÜLLER, P. J. *et al.* Calibration of the alkenone paleotemperature index u37k based on core-tops from the eastern south atlantic and the global ocean (60° n-60° s). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Elsevier, v. 62, n. 10, p. 1757–1772, 1998.
- NISHIMURA, M.; BAKER, E. W. Possible origin of n-alkanes with a remarkable even-to-odd predominance in recent marine sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Elsevier, v. 50, n. 2, p. 299–305, 1986.

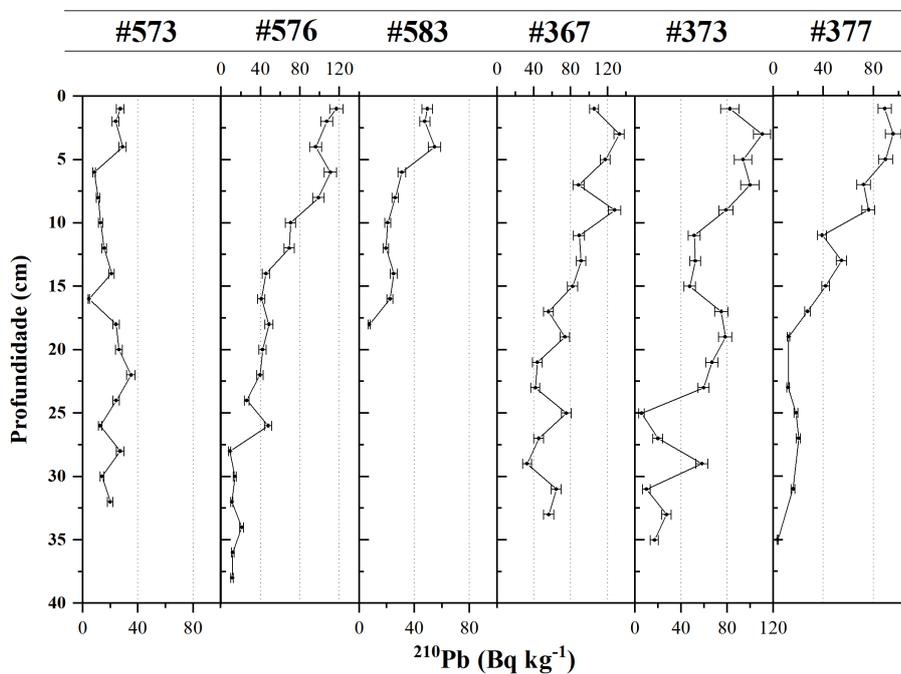
- PALANQUES, A. *et al.* Anthropogenic trace metals in the sedimentary record of the llobregat continental shelf and adjacent foix submarine canyon (northwestern mediterranean). *Marine Geology*, Elsevier, v. 248, n. 3-4, p. 213–227, 2008.
- PALMA, E. D.; MATANO, R. P.; PIOLA, A. R. A numerical study of the southwestern atlantic shelf circulation: Stratified ocean response to local and offshore forcing. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, Wiley Online Library, v. 113, n. C11, 2008.
- PARRISH, C. *et al.* Lipid and phenolic biomarkers in marine ecosystems: analysis and applications. In: *Marine chemistry*. [S.l.]: Springer, 2000. p. 193–223.
- PEDROSA-PÀMIES, R. *et al.* Composition and sources of sedimentary organic matter in the deep eastern mediterranean sea. *Biogeosciences*, Copernicus GmbH, v. 12, n. 24, p. 7379–7402, 2015.
- PETERSON, R. G.; STRAMMA, L. Upper-level circulation in the south atlantic ocean. *Progress in oceanography*, Elsevier, v. 26, n. 1, p. 1–73, 1991.
- PIMENTA, F. M. *et al.* A numerical study of the plata river plume along the southeastern south american continental shelf. *Brazilian Journal of Oceanography*, SciELO Brasil, v. 53, p. 129–146, 2005.
- PIOLA, A. R. *et al.* Subtropical shelf front off eastern south america. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, Wiley Online Library, v. 105, n. C3, p. 6565–6578, 2000.
- PIOLA, A. R. *et al.* Variability of the subtropical shelf front off eastern south america: Winter 2003 and summer 2004. *Continental Shelf Research*, Elsevier, v. 28, n. 13, p. 1639–1648, 2008.
- PIOLA, A. R. *et al.* The influence of the plata river discharge on the western south atlantic shelf. *Geophysical Research Letters*, Wiley Online Library, v. 32, n. 1, 2005.
- PIOLA, A. R. *et al.* Physical oceanography of the sw atlantic shelf: a review. *Plankton ecology of the Southwestern Atlantic*, Springer, p. 37–56, 2018.
- PITA, A. L. *Biogeoquímica de la materia orgánica y grupos metabólicos microbianos en sedimentos superficiales del margen continental uruguayo (36°54 - 34°64S, 53°71 - 51°66 W)*. Dissertação (Mestrado) — Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay, 2017.
- POYNTER, J.; EGLINTON, G. 14. molecular composition of three sediments from hole 717c: The bengal fan. In: *Proceedings of the Ocean Drilling Program: Scientific results*. [S.l.: s.n.], 1990. v. 116, p. 155–161.
- POYNTER, J.; EGLINTON, G. The biomarker concept—strengths and weaknesses. *Fresenius' journal of analytical chemistry*, Springer, v. 339, n. 10, p. 725–731, 1991.
- PRAHL, F. *et al.* Terrestrial organic carbon contributions to sediments on the washington margin. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 58, p. 3035–3048, 1994.
- PRAHL, F. *et al.* Status of alkenone paleothermometer calibration: Report from working group 3. *Geochemistry, geophysics, geosystems*, Wiley Online Library, v. 1, n. 11, 2000.
- PRAHL, F. G. Chemical evidence of differential particle dispersal in the southern washington coastal environment. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Elsevier, v. 49, n. 12, p. 2533–2539, 1985.
- PRAHL, F. G.; BENNETT, J. T.; CARPENTER, R. The early diagenesis of aliphatic hydrocarbons and organic matter in sedimentary particulates from dabob bay, washington. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Elsevier, v. 44, n. 12, p. 1967–1976, 1980.
- PRAHL, F. G.; WAKEHAM, S. G. Calibration of unsaturation patterns in long-chain ketone compositions for palaeotemperature assessment. *Nature*, Nature Publishing Group, v. 330, n. 6146, p. 367–369, 1987.
- PSCHIEDT, I.; GRIMM, A. M. Frequency of extreme rainfall events in southern brazil modulated by interannual and interdecadal variability. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, Wiley Online Library, v. 29, n. 13, p. 1988–2011, 2009.
- RAMASWAMY, V. *et al.* Distribution and sources of organic carbon, nitrogen and their isotopic signatures in sediments from the ayeyarwady (irrawaddy) continental shelf, northern andaman sea. *Marine Chemistry*, Elsevier, v. 111, n. 3-4, p. 137–150, 2008.
- RAO, Z. *et al.* Cpi values of terrestrial higher plant-derived long-chain n-alkanes: a potential paleoclimatic proxy. *Frontiers of Earth Science in China*, Springer, v. 3, n. 3, p. 266–272, 2009.

- RIBANI, M.; COLLINS, C. H.; BOTTOLI, C. B. Validation of chromatographic methods: Evaluation of detection and quantification limits in the determination of impurities in omeprazole. *Journal of Chromatography A*, Elsevier, v. 1156, n. 1-2, p. 201–205, 2007.
- RICE, D. L.; HANSON, R. B. A kinetic model for detritus nitrogen: role of the associated bacteria in nitrogen accumulation. *Bulletin of Marine Science*, University of Miami-Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, v. 35, n. 3, p. 326–340, 1984.
- ROBINSON, A. L.; DONAHUE, N. M.; ROGGE, W. F. Photochemical oxidation and changes in molecular composition of organic aerosol in the regional context. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, Wiley Online Library, v. 111, n. D3, 2006.
- RODRIGUES, F. *Core-top calibration of paleotemperature geochemical proxies: a case study in the Southeast Brazilian continental margin*. Dissertação (Mestrado) — Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.
- RODRIGUES, T. *et al.* Holocene interdependences of changes in sea surface temperature, productivity, and fluvial inputs in the Iberian continental shelf (Tagus mud patch). *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, Wiley Online Library, v. 10, n. 7, 2009.
- ROSA, J. *et al.* Organic matter sources for tidal marsh sediment over the past two millennia in the Minho river estuary (NW Iberian Peninsula). *Organic Geochemistry*, Elsevier, v. 53, p. 16–24, 2012.
- ROSE, L. E.; KUEHL, S. A. Recent sedimentation patterns and facies distribution on the Poverty Shelf, New Zealand. *Marine Geology*, Elsevier, v. 270, n. 1-4, p. 160–174, 2010.
- ROSELL-MELÉ, A. *et al.* Atlantic core-top calibration of the  $u_{37k}$  index as a sea-surface palaeotemperature indicator. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Elsevier, v. 59, n. 15, p. 3099–3107, 1995.
- ROSELL-MELÉ, A.; PRAHL, F. G. Seasonality of  $u_{37}$  temperature estimates as inferred from sediment trap data. *Quaternary Science Reviews*, Elsevier, v. 72, p. 128–136, 2013.
- ROTHWELL, R. G.; RACK, F. R. New techniques in sediment core analysis: an introduction. *Geological Society, London, Special Publications*, Geological Society of London, v. 267, n. 1, p. 1–29, 2006.
- RULLKÖTTER, J. Organic matter: the driving force for early diagenesis. In: *Marine geochemistry*. [S.l.]: Springer, 2006. p. 125–168.
- SACHSE, D.; RADKE, J.; GLEIXNER, G.  $\delta d$  values of individual n-alkanes from terrestrial plants along a climatic gradient—implications for the sedimentary biomarker record. *Organic Geochemistry*, Elsevier, v. 37, n. 4, p. 469–483, 2006.
- SAMPERE, T. P. *et al.* Sources of organic matter in surface sediments of the Louisiana continental margin: effects of major depositional/transport pathways and Hurricane Ivan. *Continental Shelf Research*, Elsevier, v. 28, n. 17, p. 2472–2487, 2008.
- SANTOS, F. R. *et al.* Organic contaminants and trace metals in the western South Atlantic upper continental margin: anthropogenic influence on mud depocenters. *Marine Pollution Bulletin*, Elsevier, v. 154, p. 111087, 2020.
- SARACENO, M.; PROVOST, C.; PIOLA, A. R. On the relationship between satellite-retrieved surface temperature fronts and chlorophyll a in the western South Atlantic. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, Wiley Online Library, v. 110, n. C11, 2005.
- SARKAR, S.; MAITY, R. Global climate shift in 1970s causes a significant worldwide increase in precipitation extremes. *Scientific Reports*, Nature Publishing Group, v. 11, n. 1, p. 1–11, 2021.
- SATYAMURTY, P.; NOBRE, C. A.; DIAS, P. L. S. South America. In: *Meteorology of the Southern Hemisphere*. [S.l.]: Springer, 1998. p. 119–139.
- SAWADA, K. *et al.* Reconstruction of Holocene optimum paleoclimatic variations using long-chain n-alkanes and alkenones in sediments from Dabusu Lake, northeastern China. *Quaternary International*, Elsevier, v. 550, p. 27–38, 2020.
- SCHEFUß, E. *et al.* African vegetation controlled by tropical sea surface temperatures in the mid-Pleistocene period. *Nature*, Nature Publishing Group, v. 422, n. 6930, p. 418–421, 2003.
- SCHETTINI, C. *et al.* Temporal variability of oceanographic and ecological characteristics of the region of fluvial influence of Itajaí-Açu river. Variabilidade temporal das características oceanográficas e ecológicas da região de influência fluvial do rio Itajaí-Açu. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, UNIVALI, 2005.

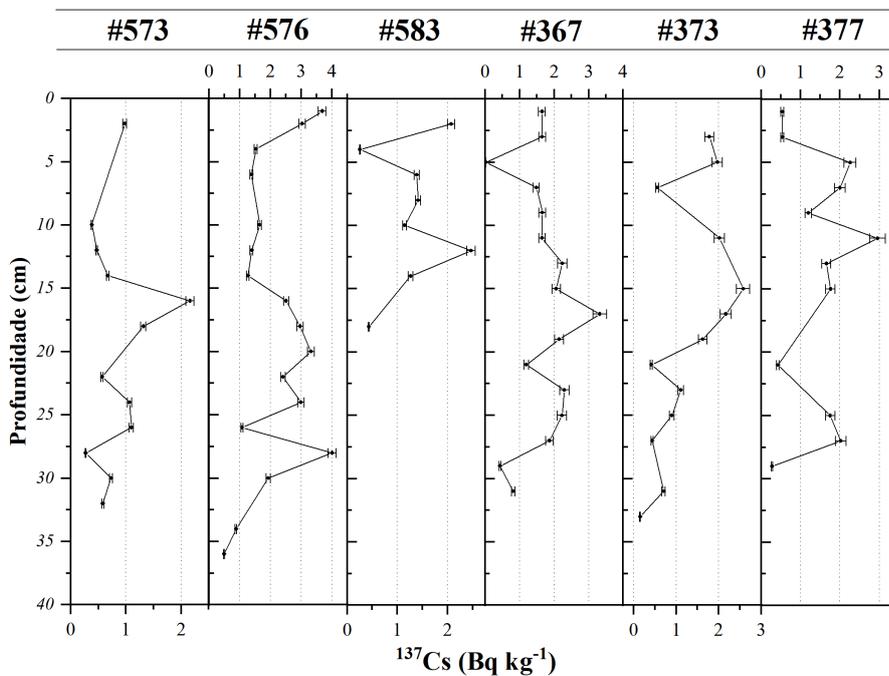
- SCHETTINI, C. A. Caracterização física do estuário do rio itajaí-açu, sc. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 7, n. 1, p. 123–142, 2002.
- SCHUBERT, C. J.; CALVERT, S. E. Nitrogen and carbon isotopic composition of marine and terrestrial organic matter in arctic ocean sediments:: implications for nutrient utilization and organic matter composition. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, Elsevier, v. 48, n. 3, p. 789–810, 2001.
- SCHULZ, H. D.; ZABEL, M. *Marine geochemistry*. [S.l.]: Springer, 2006. v. 2.
- SEOPELA, M. P. *et al.* Occurrence, distribution, spatio-temporal variability and source identification of n-alkanes and polycyclic aromatic hydrocarbons in water and sediment from loskop dam, south africa. *Water Research*, Elsevier, v. 186, p. 116350, 2020.
- SIKES, E.; FARRINGTON, J. t.; KEIGWIN, L. Use of the alkenone unsaturation ratio u37k to determine past sea surface temperatures: core-top sst calibrations and methodology considerations. *Earth and Planetary Science Letters*, Elsevier, v. 104, n. 1, p. 36–47, 1991.
- SIKES, E. L. *et al.* Sources of organic matter in a coastal marine environment: evidence from n-alkanes and their  $\delta^{13}C$  distributions in the hauraki gulf, new zealand. *Marine Chemistry*, Elsevier, v. 113, n. 3-4, p. 149–163, 2009.
- SILVEIRA, I. *et al.* On the baroclinic structure of the brazil current–intermediate western boundary current system at 22–23 s. *Geophysical research letters*, Wiley Online Library, v. 31, n. 14, 2004.
- SILVEIRA, I. C.; MIRANDA, L. B. de; BROWN, W. S. On the origins of the north brazil current. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, Wiley Online Library, v. 99, n. C11, p. 22501–22512, 1994.
- SOARES, I.; JR, O. Öller. Low-frequency currents and water mass spatial distribution on the southern brazilian shelf. *Continental Shelf Research*, Elsevier, v. 21, n. 16-17, p. 1785–1814, 2001.
- SOARES, I.; KOURAFALOU, V.; LEE, T. Circulation on the western south atlantic continental shelf: 1. numerical process studies on buoyancy. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, Wiley Online Library, v. 112, n. C4, 2007.
- SOBRINHO, R. d. L. *et al.* A multiproxy approach to characterize the sedimentation of organic carbon in the amazon continental shelf. *Marine Chemistry*, Elsevier, v. 232, p. 103961, 2021.
- SOUTELINO, R.; GANGOPADHYAY, A.; SILVEIRA, I. D. The roles of vertical shear and topography on the eddy formation near the site of origin of the brazil current. *Continental Shelf Research*, Elsevier, v. 70, p. 46–60, 2013.
- SOUZA, R. B.; ROBINSON, I. S. Lagrangian and satellite observations of the brazilian coastal current. *Continental Shelf Research*, Elsevier, v. 24, n. 2, p. 241–262, 2004.
- SUN, X. *et al.* The fate of organic carbon burial in the river-dominated east china sea: Evidence from sediment geochemical records of the last 70 years. *Organic Geochemistry*, Elsevier, v. 143, p. 103999, 2020.
- TAMBURRINO, S. *et al.* Pathways of inorganic and organic contaminants from land to deep sea: The case study of the gulf of cagliari (w tyrrhenian sea). *Science of the total environment*, Elsevier, v. 647, p. 334–341, 2019.
- TENORE, K. R. *et al.* Coastal upwelling off the rias bajas, galicia, northwest spain. ii. benthic studies. *Rapp. PV Reun. Cons. Int. Explor. Mer*, v. 183, p. 91–100, 1984.
- TESI, T. *et al.* Organic matter origin and distribution in suspended particulate materials and surficial sediments from the western adriatic sea (italy). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Elsevier, v. 73, n. 3-4, p. 431–446, 2007.
- TIMMERMANN, A.; SACHS, J.; TIMM, O. E. Assessing divergent sst behavior during the last 21 ka derived from alkenones and g. ruber-mg/ca in the equatorial pacific. *Paleoceanography*, Wiley Online Library, v. 29, n. 6, p. 680–696, 2014.
- TIMOSZCZUK, C. T. *et al.* Historical deposition of pahs in mud depocenters from the southwestern atlantic continental shelf: The influence of socio-economic development and coal consumption in the last century. *Environmental Pollution*, Elsevier, p. 117469, 2021.
- URIEN, C. M.; EWING, M. Recent sediments and environment of southern brazil, uruguay, buenos aires, and rio negro continental shelf. In: *The geology of continental margins*. [S.l.]: Springer, 1974. p. 157–177.
- VEBLEN, T. T.; YOUNG, K. R.; ORNE, A. Future environments of south america. *The Physical Geography of South America*, Oxford University Press on Demand, v. 7, p. 340, 2007.

- VOLKMAN, J. K. *Marine organic matter: biomarkers, isotopes and DNA*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2006. v. 2.
- VOLKMAN, J. K. *et al.* Alkenones in *gephyrocapsa oceanica*: Implications for studies of paleoclimate. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Elsevier, v. 59, n. 3, p. 513–520, 1995.
- VOLKMAN, J. K. *et al.* Long-chain alkenes and alkenones in the marine coccolithophorid *emiliania huxleyi*. *Phytochemistry*, Elsevier, v. 19, n. 12, p. 2619–2622, 1980.
- VOLKMAN, J. K.; MAXWELL, J. R. Acyclic isoprenoids as biological markers. *Methods in geochemistry and geophysics*, v. 24, p. 1–42, 1986.
- VOLKMAN, J. K.; TANOUE, E. Chemical and biological studies of particulate organic matter in the ocean. *Journal of oceanography*, Springer, v. 58, n. 2, p. 265–279, 2002.
- WADE, T. L.; CANTILLO, A. Y. Use of standards and reference materials in the measurement of chlorinated hydrocarbon residues: chemistry workbook. 1994.
- WAKEHAM, S. G.; CANUEL, E. A. Degradation and preservation of organic matter in marine sediments. *Marine organic matter: biomarkers, isotopes and DNA*, Springer, p. 295–321, 2006.
- WAKEHAM, S. G. *et al.* Molecular indicators of diagenetic status in marine organic matter. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Elsevier, v. 61, n. 24, p. 5363–5369, 1997.
- WANG, B. *et al.* Historical change of el niño properties sheds light on future changes of extreme el niño. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, National Acad Sciences, v. 116, n. 45, p. 22512–22517, 2019.
- WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The journal of geology*, University of Chicago Press, v. 30, n. 5, p. 377–392, 1922.
- WINTER, A. Biogeography of living coccolithophores in ocean waters. *Coccolithophores*, Cambridge University Press, 1994.
- XAVIER, D. R.; BARCELLOS, C.; FREITAS, C. M. d. Extreme weather events and their consequences on health: the 2008 disaster in santa catarina taking into account different information sources. *Ambiente & Sociedade*, SciELO Brasil, v. 17, p. 273–294, 2014.
- XIE, S. *et al.* The occurrence of a grassy vegetation over the chinese loess plateau since the last interglacier: the molecular fossil record. *Science in China Series D: Earth Sciences*, Springer, v. 45, n. 1, p. 53–62, 2002.
- XIE, Y.-h. *et al.* The impact of three gorges dam on the downstream eco-hydrological environment and vegetation distribution of east dongting lake. *Ecohydrology*, Wiley Online Library, v. 8, n. 4, p. 738–746, 2015.
- XING, L. *et al.* Terrestrial and marine biomarker estimates of organic matter sources and distributions in surface sediments from the east china sea shelf. *Continental Shelf Research*, Elsevier, v. 31, n. 10, p. 1106–1115, 2011.
- XU, Y.; MEAD, R. N.; JAFFÉ, R. A molecular marker-based assessment of sedimentary organic matter sources and distributions in florida bay. *Hydrobiologia*, Springer, v. 569, n. 1, p. 179–192, 2006.
- YAN, Y. *et al.* Trend reversal of soil n-alkane carbon preference index (cpi) along the precipitation gradient and its paleoclimatic implication. *Chemical Geology*, Elsevier, p. 120402, 2021.
- YOUNGBLOOD, W. *et al.* Saturated and unsaturated hydrocarbons in marine benthic algae. *Marine Biology*, Springer, v. 8, n. 3, p. 190–201, 1971.
- ZAVIALOV, P.; JR, O. M.; CAMPOS, E. First direct measurements of currents on the continental shelf of southern brazil. *Continental Shelf Research*, Elsevier, v. 22, n. 14, p. 1975–1986, 2002.
- ZECH, M. *et al.* Reconstructing quaternary vegetation history in the carpathian basin, se-europe, using n-alkane biomarkers as molecular fossils: problems and possible solutions, potential and limitations. *E&G Quaternary Science Journal*, Copernicus GmbH, v. 58, n. 2, p. 148–155, 2010.
- ZEMBRUSCKI, S. Geomorfologia da margem continental sul brasileira e das bacias oceânicas adjacentes. *REMAC. PETROBRAS/ CENPES/DINTEP*, v. 7, p. 129–177, 1979.
- ZHANG, Z. *et al.* Leaf wax lipids as paleovegetational and paleoenvironmental proxies for the chinese loess plateau over the last 170 kyr. *Quaternary Science Reviews*, Elsevier, v. 25, n. 5-6, p. 575–594, 2006.
- ZHOU, T. *et al.* Why the western pacific subtropical high has extended westward since the late 1970s. *Journal of Climate*, v. 22, n. 8, p. 2199–2215, 2009.

## Anexos



**ANEXO A** - Resultados de atividade do radionuclídeo  $^{210}\text{Pb}$ , medida em  $\text{Bq kg}^{-1}$ , nos testemunhos #573, #576, #583, #367, #373 e #377.



**ANEXO B** - Resultados de atividade do radionuclídeo  $^{137}\text{Cs}$ , medida em  $\text{Bq kg}^{-1}$ , nos testemunhos #573, #576, #583, #367, #373 e #377.

**ANEXO C** - Resultados das razões diagnósticas (TMC, IA e IPC), temperatura da superfície do mar, índice  $U^{k'}_{37}$ , n-alcenos totais, granulometria (% finos e % areia),  $\delta^{13}C$  e carbono orgânico e nitrogênio total.

	cm	TMC	IA	IPC	$U^{k'}_{37}$	TSM (°C)	Totais ( $\mu g g^{-1}$ )	% Finos	% Areia	$\delta^{13}C$	% COT	% NT
#556	1	30,54	0,58	4,55	0,66	18,79	0,781	97,52	2,48	-20,51	1,63	0,17
	2							97,87	2,13	-20,87	1,33	0,18
	3	30,62	0,60	4,42	0,66	18,56	0,736	97,68	2,32	-20,74	1,35	0,18
	4	30,44	0,57	3,74	0,65	18,50	0,846	97,97	2,03	-21,15	1,45	0,15
	5	30,26	0,46	4,82	0,67	18,82	0,677	97,76	2,24	-20,08	1,56	0,18
	6	30,53	0,59	3,70	0,67	19,01	0,636	97,93	2,07	-21,43	1,68	0,17
	7	30,52	0,62	4,10	0,68	19,31	0,722	97,95	2,05	-20,92	1,38	0,16
	8	30,45	0,62	4,13	0,66	18,62	0,611	97,68	2,32	-20,93	1,40	0,17
	9	30,43	0,59	3,75	0,67	18,83	0,750	97,97	2,03	-21,05	1,41	0,16
	12	30,67	0,59	4,32	0,64	18,08	1,117	97,76	2,24	-20,98	1,45	0,16
	14	30,58	0,57	5,64	0,63	17,79	1,447	97,93	2,07	-20,90	1,35	0,16
	16	30,56	0,55	4,38	0,62	17,32	1,094	97,52	2,48	-20,85	1,46	0,16
	18	30,67	0,60	4,57	0,64	18,08	0,978	97,87	2,13	-21,15	1,46	0,16
	20	30,60	0,59	4,19	0,63	17,78	0,672	97,68	2,32	-20,70	1,28	0,16
	22	30,67	0,62	5,61	0,61	17,06	0,704	97,97	2,03	-20,95	1,37	0,15
	24	30,67	0,61	5,42	0,61	17,11	0,806	97,76	2,24	-19,83	1,41	0,16
26	30,64	0,56	5,59	0,60	16,93	0,713	97,93	2,07	-20,79	1,44	0,16	
#565	1	30,61	0,64	4,33			1,036	98,00	2,00	-20,21	1,36	0,16
	2	30,58	0,62	4,17			0,771	97,97	2,03	-21,04	1,45	0,19
	3	30,65	0,64	4,30			0,960	97,73	2,27	-18,56	1,41	0,16
	4	30,53	0,62	4,02			0,885	97,96	2,04	-20,98	1,41	0,15
	5		0,68				0,356	98,01	1,99	-21,41	1,38	0,13
	6	30,48	0,62	4,74			0,714	97,90	2,10	-21,24	1,32	0,13
	7	30,60	0,62	4,29			0,671	97,78	2,22	-21,30	1,45	0,12
	8	30,68	0,63	4,56			0,660	98,00	2,00	-21,29	1,20	0,14
	9	30,48	0,62	3,26			0,782	98,34	1,66	-21,51	1,33	0,10
	10	30,69	0,57	6,37	0,65	18,41	0,853	97,90	2,10	-21,16	1,29	0,14
	12	30,74	0,61	5,42	0,65	18,32	0,825	99,85	0,15	-21,32	1,21	0,14
	14	30,64	0,59	5,69	0,64	18,02	0,746	98,28	1,72	-21,22	1,36	0,13
	16	30,70	0,60		0,63	17,89	0,999	98,35	1,65	-21,13	1,38	0,15

	cm	TMC	IA	IPC	U <sub>37</sub> <sup>k'</sup>	TSM (°C)	Totais (µg g <sup>-1</sup> )	% Finos	% Areia	δ <sup>13</sup> C	% COT	% NT
#565	18	30,70	0,60	6,13	0,65	18,22	0,837	98,00	2,00	-20,96	1,44	0,15
	20	30,63	0,59	5,41	0,64	18,01	1,053	98,03	1,97	-21,42	1,37	0,15
	22	30,74	0,62	6,41	0,64	17,93	0,837	98,00	2,00	-20,87	1,35	0,14
	24	30,69	0,59	6,74	0,63	17,75	0,907	97,97	2,03	-20,77	1,47	0,15
	26	30,72	0,60	7,04			0,868	97,73	2,27	-20,94	1,39	0,14
	28	30,79	0,62	6,77			1,184	97,96	2,04	-20,91	1,54	0,15
	30	30,70	0,58	6,91	0,61	17,20	0,846	98,01	1,99	-21,22	1,44	0,14
	32	30,78	0,62	7,28	0,61	17,09	1,046	97,90	2,10	-21,12	1,60	0,14
	34	30,71	0,59		0,62	17,43	1,172	97,78	2,22	-21,10	1,41	0,13
	36	30,75	0,62	7,91	0,61	17,11	1,049	98,00	2,00	-21,05	1,43	0,14
	38	30,72	0,60	6,38	0,62	17,31	0,954	97,43	2,47	-21,09	1,37	0,14
	40	30,72	0,61	5,86	0,62	17,34	1,137	97,26	2,74	-21,28	1,48	0,14
#573	1	30,68	0,65	3,53	0,77	21,85	0,838			-22,03	0,69	0,11
	2	30,54	0,61	3,29	0,75	21,40	0,477	84,79	15,21	-20,64	0,84	0,16
	3	30,62	0,61	4,51	0,76	21,68	0,440	84,13	15,87	-21,03	0,69	0,11
	4	30,57	0,60	4,62	0,76	21,80	0,323	75,18	24,82	-20,45	0,94	0,12
	5	30,66	0,64	4,57	0,78	22,41	0,325	72,82	27,18	-20,66	0,86	0,10
	6	30,59	0,62	3,62	0,75	21,54	0,553	75,45	24,55	-20,62	0,93	0,13
	7	30,56	0,62	3,19	0,76	21,69	0,400	76,47	23,53	-20,84	1,18	0,12
	8							86,56	13,44	-20,59	0,97	0,13
	9	30,53	0,59	2,99	0,77	22,03	0,476	86,00	14,00	-20,66	1,13	0,14
	10	30,77	0,54	4,61	0,76	21,65	0,393	85,34	14,66	-20,76	1,18	0,14
	12	30,72	0,50	5,41	0,75	21,50	0,261	86,66	13,34	-20,63	1,18	0,12
	14	30,67	0,51	5,25	0,72	20,42	0,310	84,23	15,77	-20,41	1,19	0,12
	16	30,63	0,55	4,94	0,75	21,44	0,317	88,10	11,90	-20,61	1,39	0,13
	18	30,65	0,57	5,03	0,74	21,13	0,320	85,36	14,64	-20,24	1,12	0,10
	20	30,66	0,55	5,12	0,78	22,37	0,338	83,18	16,82	-20,10	1,38	0,12
	22	30,61	0,49	5,49	0,74	21,02	0,302	88,26	11,74	-20,28	1,27	0,12
	24	30,60	0,53	5,51	0,76	21,58	0,324	85,81	14,19	-20,32	1,16	0,11
	26	30,63	0,52	5,05	0,73	20,87	0,306	87,38	12,62	-20,36	0,96	0,10
	28	30,66	0,52	4,41	0,74	21,21	0,335	81,55	18,45	-20,46	1,17	0,13
	30	30,83	0,59	4,96	0,74	21,16	0,321	87,51	12,49	-20,72	1,03	0,12
32	30,67	0,59	5,69	0,75	21,43	0,309	82,97	17,03	-20,30	1,17	0,14	

	cm	TMC	IA	IPC	U <sup>k</sup> <sub>37</sub>	TSM (°C)	Totais (µg g <sup>-1</sup> )	% Finos	% Areia	δ <sup>13</sup> C	% COT	% NT
<b>#576</b>	1	30,56	30,79	0,63	5,68	0,76	21,686	98,54	1,45	-20,29	1,49	0,17
	2	30,89	31,21	0,64	4,80	0,74	21,138	98,81	1,19	-20,85	1,34	0,18
	3	30,33	30,67	0,59	4,45	0,75	21,327	98,74	1,23	-20,73	1,36	0,18
	4	30,44	30,71	0,59	4,73	0,75	21,433	98,78	1,22	-20,87	1,50	0,18
	5							98,59	1,41	-21,04	1,47	0,17
	6	30,54	30,77	0,64	5,38	0,73	20,918	98,78	1,22	-21,11	1,49	0,17
	7	30,24	30,57	0,58	4,02	0,75	21,529	98,97	1,03	-21,15	1,43	0,18
	8	30,34	30,69	0,61	3,73	0,76	21,717	98,90	1,10	-21,27	1,56	0,17
	9	30,42	30,72	0,61	4,15	0,76	21,672	98,63	1,37	-21,33	1,49	0,18
	10	30,55	30,81	0,56	5,22	0,78	22,277	98,00	2,00	-21,91	1,61	0,17
	12	30,45	30,70	0,58	5,02	0,78	22,245	98,56	1,44	-21,51	1,40	0,16
	14	30,46	30,72	0,57	5,12	0,77	22,056	98,78	1,22	-21,19	1,38	0,18
	16	30,37	30,64	0,57	5,50	0,79	22,658	98,06	1,94	-21,37	1,43	0,17
	18	30,36	30,63	0,52	5,44	0,78	22,417	98,68	1,32	-21,08	1,35	0,17
	20	30,43	30,67	0,55	5,36	0,79	22,707	98,85	1,15	-21,88	1,45	0,17
	22	30,47	30,74	0,58	5,21	0,77	22,030	98,79	1,21	-21,41	1,28	0,17
	24	30,42	30,65	0,57	5,30	0,77	22,035	98,74	1,26	-21,75	1,43	0,16
	26	30,36	30,63	0,54	4,83	0,78	22,152	98,39	1,61	-21,32	1,40	0,16
	28							98,99	1,01	-21,84	1,41	0,16
	30	30,36	30,64	0,59	4,45	0,76	21,555	98,70	1,30	-21,80	1,53	0,17
32	30,45	30,70	0,61	5,62	0,74	21,095	98,66	1,44	-21,58	1,32	0,16	
34	30,25	30,55	0,56	4,26	0,76	21,713	98,68	1,32	-21,38	1,33	0,16	
36	30,36	30,66	0,60	4,25	0,75	21,326	98,36	1,64	-21,38	1,39	0,16	
38	30,45	30,69	0,58	5,49	0,75	21,446	98,48	1,52	-21,21	1,36	0,18	
40	30,28	30,61	0,56	3,92	0,76	21,702	98,75	1,25	-21,59	1,37	0,15	
<b>#583</b>	1	30,63	0,63	3,28	0,75	21,51	0,511	99,17	0,83	-21,66	0,72	0,06
	2	30,58	0,59	2,80	0,70	19,86	0,412	98,73	1,27	-22,22	0,44	0,06
	3	30,48	0,59	3,08	0,75	21,37	0,456	98,69	1,31	-22,35	0,47	0,09
	4	30,73	0,62	4,68	0,80	22,86	0,330	98,65	1,35	-21,50	0,68	0,08
	5	30,74	0,64	4,88	0,77	21,88	0,588	98,44	1,57	-22,08	0,89	0,10
	6	30,70	0,63	4,22	0,77	21,88	0,438	99,02	0,99	-21,65	0,86	0,10
	7	30,61	0,60	3,72	0,80	22,93	0,421	98,77	1,24	-21,70	1,11	0,10
	8	30,68	0,61		0,77	21,91	0,879	98,67	1,34	-21,75	1,04	0,08

	cm	TMC	IA	IPC	U <sup>k</sup> <sub>37</sub>	TSM (°C)	Totais (µg g <sup>-1</sup> )	% Finos	% Areia	δ <sup>13</sup> C	% COT	% NT
<b>#583</b>	9	30,67	0,61	4,48	0,81	23,10	0,615	99,85	0,15	-21,44	1,09	0,09
	10	30,72	0,59	4,71	0,81	23,19	0,605	99,17	0,83	-21,13	1,18	0,11
	12	30,73	0,57	5,45	0,79	22,75	0,406	98,73	1,27	-21,46	0,88	0,10
	14	30,55	0,56	3,58	0,80	22,90	0,516	98,69	1,31	-21,84	1,07	0,09
	16	30,24	0,52	2,51	0,79	22,69	0,688	98,65	1,35	-18,74	1,16	0,12
	18	30,61	0,56	4,10	0,79	22,62	0,740	98,65	1,35	-21,54	1,19	0,15
<b>#367</b>	0	30,53	0,68	3,61	0,83	23,71	1,575	87,29	12,71	-21,81	1,09	0,09
	1	30,83	0,51	10,25	0,79	22,55	1,543			-21,35	1,07	0,09
	2	29,78	0,41	4,23	0,79	22,74	1,312	84,46	15,54	-22,41	0,22	0,09
	3	29,85	0,40	4,35	0,79	22,47	1,498			-21,40	0,40	0,10
	4	29,85	0,44	4,80	0,78	22,39	0,974	91,13	8,87	-21,93	0,33	0,10
	5	30,13	0,43	4,32	0,79	22,69	0,853			-21,44	0,58	0,09
	6	29,84	0,45	4,49	0,80	22,82	1,211	86,67	13,33	-21,64	0,45	0,09
	7	29,82	0,43	4,70	0,80	22,87	1,184			-21,13	0,81	0,10
	8	30,24	0,43	4,95	0,79	22,48	1,116	85,05	14,95	-21,74	0,61	0,10
	9	30,11	0,44	4,93	0,78	22,35	1,270			-20,77	0,49	0,10
	10	30,20	0,43	4,30	0,79	22,67	1,235	84,88	15,12	-21,51	0,62	0,10
	11	29,83	0,44	5,05	0,79	22,53	1,590			-21,43	0,59	0,14
	12	30,05	0,38	4,09	0,84	24,07	0,891	76,13	23,87	-21,47	0,96	0,13
	13	29,96	0,36	4,29	0,76	21,81	0,932			-21,94	0,40	0,13
	14	30,16	0,42	4,80	0,80	22,84	0,946	79,29	20,71	-21,50	0,61	0,11
	15	30,16	0,38	5,33	0,80	22,98	0,988			-21,09	1,58	0,13
	16	30,12	0,39	4,08	0,80	22,92	1,006	78,67	21,33	-21,24	1,25	0,12
	17	29,80	0,40	4,27	0,80	23,00	1,185			-21,82	0,66	0,12
	18	29,74	0,40	4,00	0,80	23,01	1,023	82,96	17,04	-21,38	1,25	0,13
	19	29,83	0,40	4,44	0,79	22,65	1,284			-22,64	0,32	0,12
	20	29,88	0,42	5,24	0,79	22,71	1,261	81,10	18,90	-21,08	0,90	0,13
	21	30,59	0,50	4,85	0,80	22,90	1,457			-21,71	0,34	0,12
	22	30,59	0,45	8,51	0,81	23,13	1,077	75,44	24,56	-22,47	0,29	0,13
	23	30,72	0,49	7,83	0,80	22,94	1,361			-22,25	0,27	0,12
	24	30,60	0,47	9,44	0,81	23,35	0,848	84,38	15,62	-21,09	0,93	0,11
	25	30,76	0,50	7,49	0,80	23,05	1,026			-21,83	0,49	0,11
26	30,74	0,46	14,38	0,81	23,33	0,887	85,59	14,41	-21,88	0,33	0,11	

	cm	TMC	IA	IPC	U <sup>k</sup> <sub>37</sub>	TSM (°C)	Totais (µg g <sup>-1</sup> )	% Finos	% Areia	δ <sup>13</sup> C	% COT	% NT
	27	30,74	0,45	7,78	0,79	22,66	0,875			-21,24	0,85	0,11
	28	30,63	0,48	9,53	0,80	22,84	1,020	94,22	5,78	-21,02	0,80	0,11
	29	30,56	0,49	8,27	0,79	22,46	1,172			-21,87	0,26	0,12
	30	30,52	0,47	10,48	0,79	22,75	1,104	92,19	7,81	-23,36	0,27	0,09
	31	30,68	0,48	9,51	0,79	22,65	1,135			-21,95	0,47	0,10
	32	30,51	0,47	4,70			1,062	83,34	16,66	-21,00	1,15	0,10
#367	33	30,74	0,50	12,40	0,80	22,76	0,866			-21,56	0,63	0,10
	34	30,69	0,49	9,02	0,80	22,89	1,163			-21,23	0,88	0,09
	35	30,61	0,51	4,65			1,164			-20,80	1,50	0,10
	36	30,65	0,49	8,64	0,78	22,39	1,018			-20,90	0,35	0,11
	37	30,63	0,48	8,56	0,78	22,26	1,098			-22,63	0,21	0,10
	38	30,60	0,49	5,35	0,79	22,47	1,270			-21,80	0,48	0,10
	39	30,55	0,48	7,61	0,78	22,32	1,139			-21,08	0,50	0,10
	0	29,54	0,48	0,99	0,82	23,47	1,374	92,00	8,00	-21,75	2,07	0,15
	1	31,25	0,58	6,08	0,80	22,89		89,22	10,78			0,14
	2	30,95	0,55	14,43	0,80	23,05	4,616	90,22	9,78	-21,76	1,14	0,14
	3	31,17	0,53	14,41	0,81	23,21	4,211	92,00	8,00	-23,05	1,64	0,15
	4	30,99	0,50	11,65	0,81	23,18	3,606	90,50	9,50	-18,06	1,80	0,16
	5	30,95	0,47	14,32	0,80	22,83	3,011	92,24	7,76	-16,97	1,45	0,14
	6	30,96	0,50		0,83	23,69	3,013	90,14	9,86	-22,91	0,73	0,13
	7	31,02	0,46	17,68	0,80	22,97	2,537	91,33	8,67	-21,16	1,12	0,13
	8	30,86	0,50	6,31	0,78	22,41	4,375	91,45	8,55	-24,62	1,07	0,14
	9	31,01	0,48	13,17	0,82	23,62	3,639	95,51	4,49	-20,13	0,93	0,13
#373	10	30,93	0,48	15,44	0,82	23,62	2,169	93,28	6,72	-22,01	1,01	0,13
	11	30,98	0,51	13,17	0,85	24,33	2,795	89,53	10,47	-17,39	1,25	0,13
	12	31,31	0,68	9,14	0,88	25,43	1,814	91,25	8,75	-23,80	1,11	0,14
	13	31,57	0,73		0,88	25,27	1,172	91,22	8,78	-24,38	0,80	0,12
	14	31,42	0,71		0,90	26,08	1,565	87,34	12,66	-24,28	0,97	0,13
	15	31,52	0,73		0,89	25,76	1,019	91,64	8,36	-20,87	1,18	0,12
	16	31,46	0,72		0,89	25,66	1,026	93,42	6,58		1,14	0,13
	17	31,59	0,73		0,94	27,11	1,185	88,29	11,71	-22,30	0,97	0,13
	18	31,30	0,69		0,90	26,02	1,117	91,23	8,77	-17,97	0,90	0,12
	19	31,24	0,68	6,46	0,89	25,60	2,089	92,53	7,47	-22,31	1,09	0,13

	cm	TMC	IA	IPC	U <sup>k</sup> <sub>37</sub>	TSM (°C)	Totais (µg g <sup>-1</sup> )	% Finos	% Areia	δ <sup>13</sup> C	% COT	% NT
	20	31,58	0,73		0,89	25,55	1,112	91,85	8,15	-18,55	1,12	0,13
	21	31,62	0,74		0,89	25,60	0,907	92,21	7,79	-20,16	1,19	0,11
	22	31,50	0,72				1,072	92,49	7,51	-20,82	1,14	0,12
	23	29,71	0,51	1,13	0,98		0,383	87,57	12,43	-16,89	1,08	0,11
	24	31,41	0,65	5,84			1,528	90,98	9,02			0,13
	25	31,35	0,64	6,85			1,817	90,87	9,13	-19,32	0,93	0,12
	26	31,00	0,65	11,33			1,747	92,25	7,75	-19,72	0,70	0,12
	27	30,98	0,65	5,05			1,908	88,61	11,39			0,11
	28	30,98	0,64	4,44	0,93	26,88	1,403	90,98	9,02			0,12
#373	29	31,15	0,66	5,24	0,91	26,33	2,170	93,11	6,89	-21,71	1,08	0,11
	30	31,12	0,66	7,02	0,92	26,64	2,539	88,95	11,05	-20,52	1,10	0,11
	31	31,00	0,65	6,76	0,94	27,13	1,834	90,10	9,90	-21,37	0,82	0,11
	32	30,14	0,66	1,44	0,94	27,15	2,579	89,75	10,25	-20,51	1,12	0,12
	33	31,06	0,65	3,38			2,760	91,93	8,07	-22,05	0,86	0,10
	34	31,00	0,65	5,93	0,91	26,15	1,389	93,45	6,55	-21,11	0,89	0,11
	35	31,10	0,67	5,20			2,994	86,76	13,24	-20,30	1,03	0,10
	36	30,95	0,64	5,16			1,532	88,07	11,93	-21,34	0,95	0,11
	37	31,42	0,67	5,34			1,896					0,10
	38	30,75	0,62	3,18			2,057			-24,92	0,97	0,11
	39	30,84	0,63	6,40			2,669					0,10
	0	30,84	0,63	4,32	0,81	23,11	1,278	98,65	1,35		1,04	0,17
	1	30,64	0,52	4,40	0,80	22,90	1,014			-21,11	1,08	0,17
	2	30,79	0,63	5,16	0,79	22,57	0,952	99,50	0,50		1,03	0,17
	3	30,72	0,61	4,11	0,77	22,09	0,818				1,65	0,17
	4	30,55	0,48	3,38	0,78	22,41	0,989	99,58	0,42	-22,57	0,84	0,18
	5	30,69	0,59	5,31	0,80	22,81	0,855			-20,63	1,34	0,18
#377	6	30,62	0,56	4,97	0,76	21,79	0,838	99,55	0,45	-20,88	1,26	0,18
	7	30,61	0,59	3,25	0,79	22,60	1,122			-20,69	1,36	0,17
	8	30,41	0,53	4,46	0,82	23,41	0,866	98,42	1,58	-20,80	1,07	0,18
	9	30,69	0,48	2,61	0,77	22,13	0,799			-19,43	0,90	0,17
	10	30,61	0,61	2,77	0,79	22,57	0,599	98,55	1,45	-22,19	1,12	0,16
	11	30,74	0,63	3,14	0,81	23,09	0,697			-21,04	2,11	0,16
	12	30,69	0,63	3,15	0,82	23,38	0,616	99,24	0,76	-19,98	1,10	0,16

	cm	TMC	IA	IPC	U <sup>k</sup> <sub>37</sub>	TSM (°C)	Totais (µg g <sup>-1</sup> )	% Finos	% Areia	δ <sup>13</sup> C	% COT	% NT
	13	30,80	0,63	3,32	0,85	24,45	0,604			-20,46	1,16	0,16
	14	30,69	0,63	3,84	0,81	23,21	0,868	99,48	0,52	-22,32	1,16	0,15
	15	30,58	0,61	3,12	0,79	22,64	0,596			-21,21	1,19	0,15
	16	30,61	0,60	3,52	0,80	22,96	0,759	99,15	0,85	-21,18	1,07	0,68
	17	30,57	0,61	2,79	0,80	22,99	0,641			-19,22	0,99	0,55
	18	30,53	0,61	3,42	0,79	22,72	0,795	99,09	0,91	-21,28	0,94	0,54
	19	30,74	0,64	3,38	0,83	23,85	0,732			-20,51	1,24	0,44
	20	30,66	0,62	3,00	0,80	23,01	0,680	99,20	0,80	-20,94	1,47	0,41
#377	21	30,63	0,61	2,87	0,79	22,60	0,616			-20,75	1,45	0,26
	22	30,61	0,62	3,13	0,80	23,03	0,762	99,19	0,81	-20,95	1,42	0,23
	23									-21,15	1,51	0,21
	24	30,26	0,58	2,11	0,82	23,49	0,743	98,87	1,13	-20,93	1,16	0,16
	25	30,65	0,63	2,99	0,84	24,06	0,897				1,02	0,15
	26	30,67	0,62	3,15	0,81	23,15	0,848	98,86	1,14	-19,62	1,23	0,15
	27	30,58	0,60	3,29	0,80	22,82	0,459			-19,31	0,91	0,15
	28	30,70	0,62	2,69	0,80	22,78	0,585	99,03	0,97	-21,24	1,07	0,16
	29	30,54	0,60	2,48	0,80	22,85	0,847			-21,24	0,94	0,15
	30	30,56	0,61	2,26	0,80	22,84	0,849			-21,49	1,04	0,15
	31	30,58	0,61	2,98	0,81	23,24	0,754			-19,23	0,91	0,15
	0	30,76	0,56	4,07	0,76	21,80	1,003	99,83	0,17	-21,59	1,28	0,20
	1	30,85	0,57	3,55	0,76	21,57	0,788			-21,78	1,40	0,13
	2	30,59	0,55	3,60	0,77	21,96	0,946	99,82	0,18	-21,71	1,42	0,20
	3	30,47	0,47	2,56	0,77	22,15	0,995			-21,62	1,32	0,19
	4	30,66	0,56	4,53	0,77	22,03	0,912	99,43	0,57	-22,09	1,53	0,19
	5	30,62	0,57	3,41	0,78	22,21	0,871			-22,13	1,62	0,19
	6	30,53	0,56	3,62	0,79	22,51	0,667	99,44	0,56	-21,86	1,73	0,18
#378	7	30,70	0,58	3,63	0,79	22,46	0,753			-21,82	1,79	0,17
	8	31,12	0,63		0,80	22,98		99,39	0,61	-27,59	6,29	0,17
	9	30,63	0,59	3,39	0,85	24,37	0,767			-21,55	1,61	0,18
	10	30,54	0,58	3,10	0,78	22,19	0,540	98,68	1,32	-21,52	1,59	0,18
	11	30,48	0,58	2,26	0,78	22,30	0,588			-21,98	1,68	0,18
	12	30,61	0,61	2,65	0,78	22,29	0,525	99,83	0,17	-21,07	1,50	0,25
	13	30,50	0,63	2,83	0,78	22,24	0,590			-21,35	1,56	0,18

	cm	TMC	IA	IPC	U <sup>k'</sup> <sub>37</sub>	TSM (°C)	Totais (µg g <sup>-1</sup> )	% Finos	% Areia	δ <sup>13</sup> C	% COT	% NT
	14	30,49	0,57	3,09	0,78	22,40	0,494	98,77	1,23	-21,55	1,44	0,18
	15	30,50	0,59	2,75	0,78	22,26	0,536			-21,15	1,48	0,17
	16	30,59	0,59	3,36	0,78	22,37	0,425	99,77	0,23	-21,68	1,38	0,18
	17	30,19	0,55	2,46	0,80	22,84	0,706			-21,99	1,12	0,18
	18	30,56	0,59	2,66	0,80	22,77	0,647	99,79	0,21	-21,23	1,43	0,17
	19	30,57	0,63	3,24	0,78	22,15	0,596			-21,88	1,37	0,17
	20	30,62	0,61	3,24	0,78	22,43	0,490	99,60	0,40	-21,40	1,37	0,17
	21	30,59	0,61	2,89	0,78	22,42	0,509			-21,60	1,50	0,17
#378	22	30,55	0,58	3,16	0,78	22,18	0,350	98,45	1,55	-21,51	1,35	0,17
	23	30,59	0,58	3,20	0,79	22,61	0,532			-21,71	1,43	0,21
	24	30,57	0,59	3,26	0,79	22,54	0,460	98,99	1,01	-21,36	1,56	0,19
	25	30,53	0,57	2,54	0,79	22,50	0,505			-21,22	1,55	0,19
	26	30,51	0,59	2,40	0,79	22,68	0,778	99,51	0,49	-21,44	1,56	0,19
	27	30,50	0,59	2,57	0,79	22,71	0,607			-21,23	1,41	0,18
	28	30,44	0,62	3,03	0,79	22,49	0,625	99,22	0,78	-21,78	1,41	0,19
	29	30,40	0,55	2,47	0,80	22,87	0,702			-21,54	1,51	0,20
	30	30,42	0,57	2,55	0,81	23,07	0,546	98,59	1,41	-21,56	1,57	0,19
	31	30,37	0,62	2,64	0,80	23,02	0,648			-21,43	1,55	0,19