

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA  
CURSO DE GEOLOGIA**

**LUAM OLIVEIRA MARTINS**

**TAXAS DE PROGRADAÇÃO HOLOCÊNICAS NO LITORAL DO PARANÁ E  
NORTE DE SANTA CATARINA**

**CURITIBA**

**2024**

**LUAM OLIVEIRA MARTINS**

**TAXAS DE PROGRADAÇÃO HOLOCÊNICAS NO LITORAL DO PARANÁ E  
NORTE DE SANTA CATARINA**

Projeto de Pesquisa apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (GC-132) do Curso de Graduação em Geologia da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Conforti Ferreira Guedes

**CURITIBA**

**2024**

Dedico este trabalho aos meus pais, Francisca e Luiz, muito obrigado pelo amparo, incentivo e cuidado durante toda minha graduação.

## **AGRADECIMENTOS**

A conclusão desta jornada é um momento de grande realização, e quero expressar minha profunda gratidão a vocês, que foram a base sólida em que construí cada passo dessa caminhada. A minha Mãe Francisca Tenilda e ao meu Pai Luiz Antônio, o amor e apoio que vocês me proporcionaram foram a força por trás de cada desafio superado e cada conquista alcançada. Obrigado por serem a luz constante no meu caminho.

Um agradecimento especial a Jeniffer Dambroski Braz e Nilda de Aparecida Dambroski pelo apoio incondicional. Sua presença e incentivo nos momentos de incerteza, sou grato por ter encontrado em vocês um apoio tão valioso. Também, aos amigos incríveis que estiveram ao meu lado, Robson Wants, Italo Dellani, Gustavo Franco, Lucas Mingardi, Heitor Casagrande, Gabriel Xavier, Felix Penna e Kawan Souza, compartilhamos risos, desafios e crescimento. Cada um de vocês tornou esta jornada mais rica e significativa. Juntos, superamos obstáculos e celebramos vitórias, e por isso, sou eternamente grato pela amizade verdadeira que construímos.

Ao meu orientador, Dr. Carlos Conforti Ferreira Guedes, expresso minha sincera gratidão pela paciência e prontidão em me orientar nessa fase final. Sua sabedoria e dedicação foram fundamentais para meu crescimento acadêmico, e agradeço por cada orientação valiosa que contribuiu para o sucesso deste projeto. Juntamente, agradeço a Thaisa Stoco dos Santos pelo suporte no cálculo de incerteza que ajudou o trabalho a ficar coerente.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para esta jornada, o meu mais profundo obrigado. Este é um marco significativo, mas sei que esta jornada é apenas o começo de muitas outras realizações. Com a bagagem de aprendizado e o apoio valioso que recebi, estou confiante no caminho que se estende diante de mim.

*Nós evoluímos além da pessoa que foi há um minuto atrás. Aos poucos, avançando mais longe a cada turno (Simon, 2007).*

## RESUMO

O estudo compila informações sobre taxas de progradação do norte do litoral de Santa Catarina e do Paraná , correlacionando com os controles regionais e locais paleoambientais na construção e evolução dos sistemas progradacionais na extensão costa de São Francisco do Sul (SC) até Superagui (PR) durante o Holoceno. Baseando-se em revisões de literatura, análise crítica de dados, análise de paleolinha de costa com base em cordões litorâneos em conjunto com dados geocronológicos disponíveis. A análise integrada dos dados ao longo do litoral permitiu uma compreensão mais abrangente da evolução costeira das regiões desde São Francisco Sul (SC) com um crescimento médio de  $0,55 \text{ m/a}$  de  $4914 \pm 475 \text{ A.P.}$  ao atual, em Volta Velha (SC) com  $0,56 \text{ m/a}$  de  $5870 \text{ A.P.}$  até o atual, na Praia do Leste (PR)  $1,08 \text{ m/a}$  de  $6090 \text{ A.P.}$  ao atual, por fim na Ilha do Mel (PR) o resultado da média sendo  $0,74 \text{ m/a}$  do período de  $5904$  até o atual. Ao final de tudo foi comparado com eventos climáticos que ocorreram no mesmo período da flutuação das linhas de costa da região de São Francisco do Sul (SC) até a Ilha do Mel (PR).

Palavras-chave: Progradação, Paleolinhas de Costa, Cordões Litorâneos.

## SUMMARY

The study compiles information on progradation rates along the northern coast of Santa Catarina and Paraná, correlating with regional and local paleoenvironmental controls in constructing and evolving progradational systems from São Francisco do Sul (SC) to Superagui (PR) during the Holocene. Based on literature reviews, critical data analysis, coastal paleoline analysis based on coastal ridges, and available geochronological data, the integrated analysis of data along the coastline has allowed for a comprehensive understanding of the coastal evolution of these regions, from São Francisco do Sul (SC) with an average growth rate of 0.55 m/y since 4914 ± 475 B.P. to the present, to Volta Velha (SC) with 0.56 m/y from 5870 B.P. to the present, at Praia do Leste (PR) 1.08 m/y from 6090 B.P. to the present, and finally at Ilha do Mel (PR) with an average rate of 0.74 m/y from 5904 B.P. to the present. Ultimately, the data were compared with climatic events that occurred during the same period of coastal line fluctuations in the region from São Francisco do Sul (SC) to Ilha do Mel (PR).

Keywords: Progradation, Coastal Paleolines, Coastal Ridges.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: Localização da área de estudo.....	14
FIGURA 2: Mapa de localização da área de estudo de São Francisco do Sul (SC) até a Ilha do Mel (PR).....	17
FIGURA 3: Mapa da localização das datações e taxas de progradação de São Francisco do Sul (SC).....	20
FIGURA 4: Mapa da localização das datações e Taxas de Progradação do Praia do Leste (PR).....	23
FIGURA 5: Mapa da localização das datações e taxas de progradação da Ilha do Mel (PR).....	24
Figura 6: Taxa de progradação de São Francisco do Sul (SC) à Ilha do Mel (PR)....	26
Figura 7: Nível Relativo do Mar durante o Holoceno.....	27

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Dados disponibilizados por de Zular et al. (2013) São Francisco do Sul (SC).....	20
TABELA 2: Datações e Taxa de Progradação de São Francisco do Sul (SC).....	20
TABELA 3: Dados cronoestratigráficos em Volta Velha (SC).....	22
TABELA 4: Dados disponibilizados por de Bogo <i>et al.</i> (2021) e Angulo <i>et al.</i> (2006) Itapoá (SC).....	22
TABELA 5: Datações e Taxas de Progradação de Praia do Leste (PR).....	23
TABELA 6: Dados disponibilizados por de Cano <i>et al.</i> (2013) da Ilha do Mel (PR)...	24
TABELA 7: Datações e Taxas de Progradação da Ilha do Mel (PR).....	25

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

NRM – Nível Relativo do Mar

LOE – Luminescência Óptica Estimulada

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1. OBJETIVOS.....	12
1.1.1. Objetivo Geral.....	12
1.1.2. Objetivos Específicos.....	12
<b>1.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>12</b>
<b>2. TAXAS DE PROGRADAÇÃO HOLOCÊNICAS NO LITORAL DO PARANÁ E NORTE DE SANTA CATARINA.....</b>	<b>14</b>
<b>3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>16</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LITORAL DE SANTA CATARINA.....	16
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO LITORAL DO ESTADO DO PARANÁ.....	17
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>19</b>
4.1 TAXAS DE PROGRADAÇÃO HOLOCÊNICA.....	19
4.2. INVESTIGAÇÃO REGIONAL DE EVENTOS CLIMÁTICOS.....	25
4.2.1. ANÁLISE DAS TAXAS DE PROGRADAÇÃO AO LONGO DO TEMPO E ESPAÇO.....	25
4.2.2. COMPARAÇÃO ENTRE AS PLANÍCIES COSTEIRAS.....	27
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>28</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>30</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>33</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

A região litorânea, que se estende de São Francisco do Sul (SC) até Superagui (PR), tem sido objeto de estudo em diversos trabalhos geológicos devido à sua importância científica, econômica, turística e acadêmica (Possamai *et al.*, 2010; Jesus *et al.*, 2017; Vieira, 2015; Machado *et al.*, 2020; Angulo *et al.*, 1992, 2012; Souza *et al.*, 2001, 2005; Bogo *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2000; Zular *et al.*, 2013).

As pesquisas desenvolvidas nestas áreas tiveram foco mapeamento dos depósitos costeiros, evolução costeira e na análise das taxas de progradação, abordando aspectos como variações climáticas, Nível Relativo do Mar (NRM) e mudanças na linha de costa. No entanto, grande parte desses estudos forneceram informações pontuais e conclusões locais, sem explorar os controladores regionais que moldam a dinâmica costeira nessa extensa área de São Francisco do Sul (SC) até Superagui (PR).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise integrada ao longo da costa que se estende de São Francisco do Sul (SC) até Superagui (PR), criando um banco de dados regional sobre as idades e as taxas de progradação, ao final do projeto pretende-se calcular as taxas de progradação do litoral durante o holoceno. Para alcançar esse objetivo, serão consideradas interpretações das paleolinhas da costa pelos cordões litorâneos com base nos dados geocronológicos e indicações de paleolinhas de costa.

Por fim, a partir da compilação desses dados espera-se uma visão mais ampla das dinâmicas costeiras nessa extensa área geográfica. Logo, a análise neste trabalho relacionará eventos climáticos e mudanças de sistemas, buscando interligar suas taxas com o intuito de contribuir para o avanço do conhecimento científico, além de subsidiar a tomada de decisões informadas em termos de gestão costeira e preservação ambiental.

### **1.1. OBJETIVOS**

#### **1.1.1. Objetivo Geral**

O objetivo deste projeto é compilar informações sobre as taxas de progradação na região e correlacionar com os controles regionais e locais

paleoambientais na construção e evolução dos sistemas progradacionais na extensão costa de São Francisco do Sul (SC) até Superagui (PR), durante o Holoceno.

### 1.1.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho foram:

- I. Pesquisar e fazer revisão bibliográfica de artigos com objeto de estudo a região costeira de São Francisco do Sul (SC) até Superagui (PR);
- II. Construção de um banco de dados das taxas de progradação costa de São Francisco do Sul (SC) até Superagui (PR);
- III. Relacionar eventos climáticos com variações na evolução dos sistemas progradacionais.

## 1.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho se iniciou com uma pesquisa e leitura bibliográfica da região litorânea de São Francisco do Sul (SC) até Superagui (PR). A partir das pesquisas, foram (33) obtidas medidas cronoestratigráficas, mediante datações pelos métodos de Luminescência Ópticamente Estimulada (LOE) e Radiocarbono, com as localidades estudadas abrangendo a região costeira de São Francisco do Sul (SC), Itapoá (SC), Guaratuba (PR), Matinhos (PR), Pontal do Paraná (PR) e a Ilha do Mel de Paranaguá (PR).

A partir da revisão bibliográfica, foram retirados características cronoestratigráficas, localização geográfica, códigos originais da pesquisa, método de datação e a fonte bibliográfica para a construção de um banco de dados. Ao analisar tais dados, foi possível produzir um alicerce para as taxas de progradação regionais estudadas, permitindo uma visualização do cálculo desenvolvido através da razão da medida cronoestratigráfica mais antiga para a mais recente e dividida pela distância decorrida entre as duas.

$$\text{Taxa de Progradação} = \frac{\text{Distância Progradada (em metros)}}{\text{Tempo (em anos)}}$$

A análise dos resultados, devidamente construída em tabelas, permitiu uma visualização sistemática das relações entre os elementos do estudo. Com a

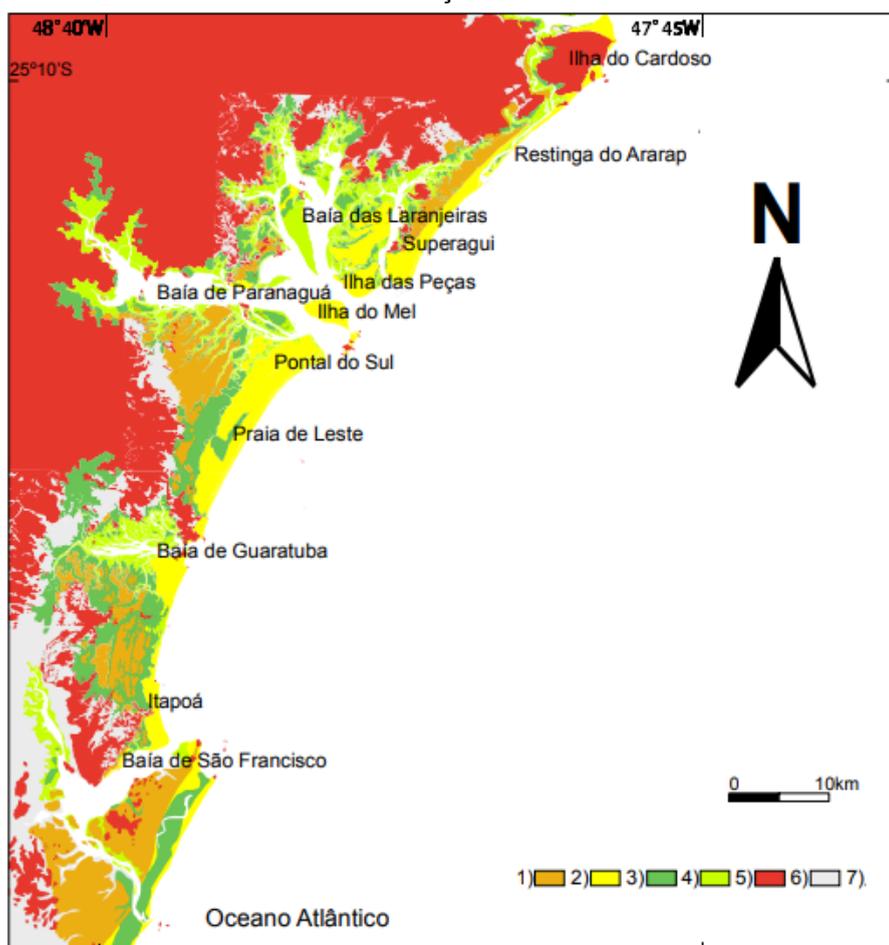
correlação entre diversos dados obtidos foi possível comparar eventos climáticos que podem ter influenciado o aumento ou a diminuição das taxas de progradação na região de São Francisco do Sul, em Santa Catarina, até Superagui no Paraná. Tal processo analítico apresentou-se como uma etapa crucial para o desenvolvimento dos resultados.

Com a compilação de dados, e posteriormente a construção de gráficos, foi possível analisar o crescimento e decréscimo das taxas de progradação das regiões estudadas. Dessa maneira, correlacionou-se os dados obtidos com os eventos e mudanças climáticas que ocorreram nos últimos 10 mil anos durante o Holoceno com as taxas de progradação.

## 2. TAXAS DE PROGRADAÇÃO HOLOCÊNICAS NO LITORAL DO PARANÁ E NORTE DE SANTA CATARINA

O estudo abrangente das zonas costeiras que se estendem de São Francisco do Sul (SC) até Superagui (PR) assume uma importância significativa, dada a sua relevância tanto do ponto de vista científico quanto econômico (Angulo, 2004). Além de sua crucial contribuição para a preservação ambiental. Estas regiões costeiras, sendo ecossistemas frágeis que demandam cuidado especial, desempenham um papel vital na economia, servindo como portos estratégicos. Contudo, atualmente, as informações disponíveis são, em sua maioria, fragmentadas e limitadas a áreas específicas, ressaltando a necessidade de uma abordagem que compreenda a dinâmica desses ecossistemas, sua construção de barreiras e cordões litorâneos.

FIGURA 1: Localização da área de estudo



FONTE: Modificado a partir de Souza, 2005.

LEGENDA: 1) barreira pleistocênica, 2) barreira holocênica, 3) planície paleoestuarina, 4) planície de maré, 5) serras, morros e promontórios, 6) outras unidades.

Logo, para entender a formação litorânea das regiões apontadas anteriormente, é necessário ter em mente que os aspectos intrínsecos de formação das barreiras costeiras estão diretamente relacionadas à variação do nível relativo do mar, ao volume de sedimentos e à energia das marés e das ondas (Cowell *et al.*, 1988). Partindo desses preceitos, os cordões litorâneos - caracterizados como uma formação geológica linear - formam-se a partir de depósitos de areia, estendendo-se paralelamente à linha de costa (Otvos, 2000), tornando-se importantes indicadores da evolução costeira, ao qual razão da distância pela idade indicaria as taxas de progradação.

As taxas de progradação, por sua vez, conceitua-se como a velocidade com que uma linha costeira ou barreira costeira avança para o mar, assumindo uma relevância primordial em termos geológicos costeiros (Sadler *et al.*, 2015). Essa taxa, expressa em metros por ano (m/a), constitui um indicador essencial para a compreensão da evolução e dinâmica das zonas costeiras.

Nesse sentido, analisar as taxas de progradação nas zonas costeiras de São Francisco do Sul (SC) a Superagui (PR) revela-se fundamental para um estudo abrangente dessas áreas. A compreensão da velocidade com que as linhas costeiras avançam para o mar, medida em metros por ano, fornece informações sobre a evolução geológica e a dinâmica desses ecossistemas. Assim, com dados detalhados sobre a progradação, é possível planejar intervenções mais eficazes que protejam esses ecossistemas frágeis e economicamente vitais, assegurando a conservação ambiental a longo prazo.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

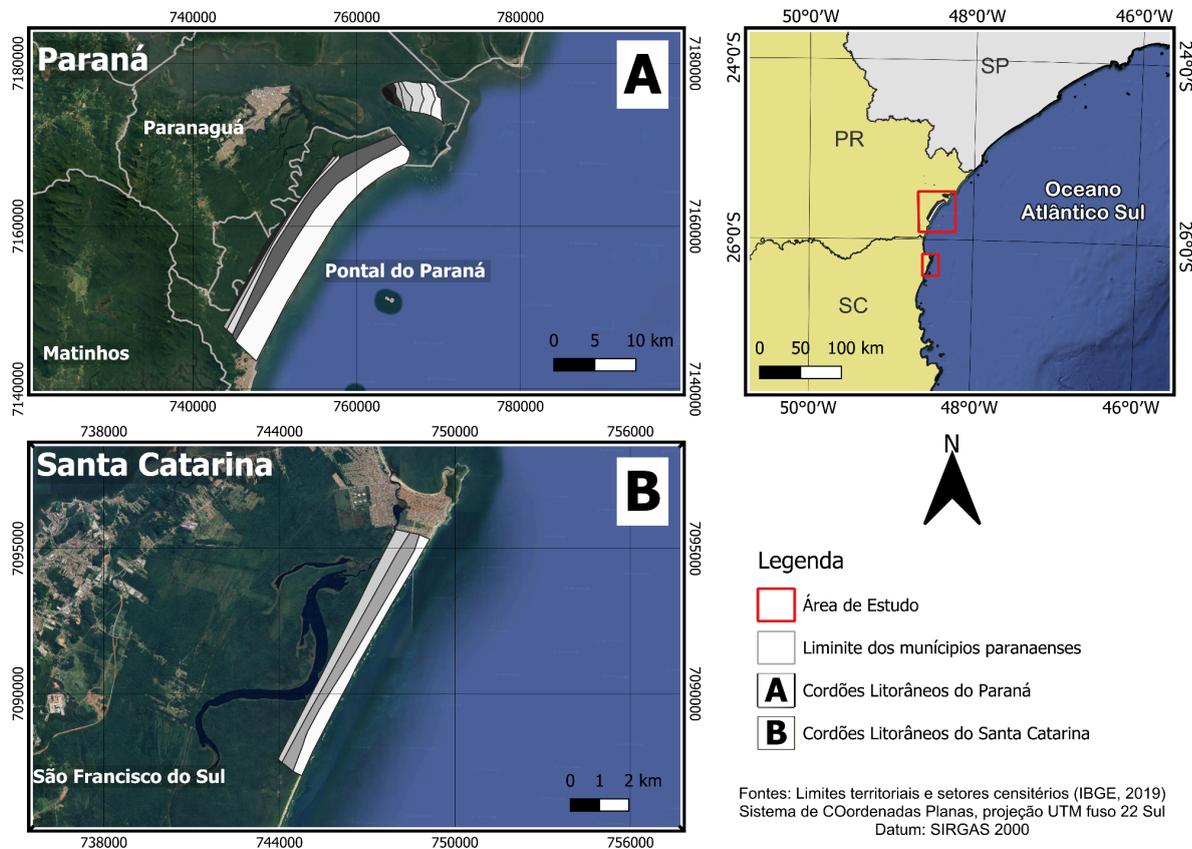
#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LITORAL DE SANTA CATARINA

Durante o estudo foram compilados dados de dois municípios de Santa Catarina: São Francisco do Sul e Itapoá. São Francisco do Sul é uma ilha localizada entre as latitudes 26°09'42" e 26°05' e com as longitudes 48°29'38" e 48°42'59" (figura 1). Sua área abrange cerca de 280 km<sup>2</sup> e é caracterizada por rochas de idade cambriana, compostas por gnaisses e granito do Cinturão Granitóide Costeiro em seu embasamento (Basei *et al.*, 1992).

Sobre esse substrato existe uma cobertura sedimentar resultante da sedimentação de sistemas deposicionais costeiros influenciados por eventos transgressivos e regressivos, que caracterizam o Pleistoceno Tardio e o Holoceno. Juntamente a isso, também são encontrados depósitos conchíferos artificiais, os "sambaquis" (Horn *et al.*, 2003). A região também apresenta depósitos quaternários, da plataforma interna, trazidos pela corrente de deriva litorânea, indicando um aumento do NRM de até  $8 \pm 2$  m no Pleistoceno e  $4,8 \pm 0,5$  m no Holoceno (5.100 A.P.) em relação ao nível atual (Martin *et al.*, 1985).

Já o município de Itapoá, localizado ao norte de São Francisco do Sul (SC), é composto por uma planície costeira que se estende entre o Oceano Atlântico a leste, e a Serra do Mar a oeste (figura 1), com a baía de São Francisco do Sul ao sul e o Rio Saí-Guaçu ao norte (Souza *et al.*, 2001 Zular *et al.*, 2013).

FIGURA 2: Mapa de localização da área de estudo de São Francisco do Sul (SC) até a Ilha do Mel (PR)



FONTE: O autor (2024)

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DO LITORAL DO ESTADO DO PARANÁ

O litoral do Paraná é limitado ao norte pela divisa do estado de São Paulo com o município de Cananéia. Ao sul, se limita ao estado de Santa Catarina, na região de Guaratuba. A configuração e a forma atual da região costeira brasileira, incluindo o Paraná, foram moldadas pela justaposição do Cinturão Granitóide Costeiro, um processo ocorrido entre 620 e 500 milhões de anos atrás (Basei *et al.*, 1992).

A norte de Itapoá (SC), na região sul costeira paranaense, localizam-se os municípios de Guaratuba, Matinhos, Pontal do Leste e Pontal do Sul. Na área costeira do Paraná, o embasamento geológico é representado pelo escudo, que está sobreposto por uma cobertura Cenozóica. Os sedimentos desta região se dividem em dois tipos principais: sedimentos continentais e costeiros, com idades variando desde o Mioceno até o Holoceno (Angulo *et al.*, 2004). O foco deste estudo recai sobre os sedimentos costeiros que incluem cordões litorâneos de idade holocênica.

A formação da planície costeira paranaense ocorreu ao longo do período quaternário e foi resultado de transgressões e regressões marinhas (Lessa *et al.*, 2000), que por sua vez foram influenciadas por mudanças climáticas e variações no nível relativo do mar (Bigarella *et al.*, 1978). Os cordões litorâneos presentes nessa região podem ser divididos em dois grupos, correspondentes ao Pleistoceno Superior (com idade de aproximadamente 120.000 anos AC) e ao Holoceno (com idade de cerca de 5.100 anos AC). Essa subdivisão se baseia em características morfológicas, elevação e datação por radiocarbono e luminescência (Martin *et al.*, 1988; Angulo, 1992; Cano *et al.*, 2013; Bogo *et al.*, 2021; Boski *et al.*, 2015; Zular *et al.*, 2013).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 TAXAS DE PROGRADAÇÃO HOLOCÊNICA

Na região sul da área de estudo, na costa da Ilha de São Francisco do Sul (SC), as taxas de progradação calculadas (Tabela 2), a partir dos dados de Zular *et al.* (2013), obtiveram os seguintes resultados: Ao sul, indicado pelo mapa Figura (3), as taxas calculadas foram  $0,13 \pm 0,01$  m/a no período de 3439 A.P. até hoje, 2024. Sendo o menor resultado de São Francisco do Sul (SC). Os pontos SFS-8-L2-SFS-14-L estudado resultaram em uma taxa de progradação de  $0,65 \pm 0,34$  m/a no intervalo de 4914 até 4541 A.P., sendo uma das taxas de progradação mais altas da região. E, nos pontos SFS-13-L-SFS-8-L2 notou-se taxas de progradação  $1,22 \pm 2,15$  m/a, com o erro de incerteza, apresentou-se elevado em 2,15 m/a, chegando a ser maior que o resultado, a taxa de progradação calculada.

TABELA 1: Dados disponibilizados por de Zular *et al.* (2013) São Francisco do Sul (SC)

Numeração	UTM (x)	UTM (y)	Método	Idade	Ambiente Sedimentar
SFS-14-L	744968	7088705	LOE	3439 ± 354	Cordão Litorâneo
SFS-13-L	746392	7092520	LOE	4914 ± 475	Cordão Litorâneo
SFS-8-L1	748014	7094824	LOE	3104 ± 305	Cordão Litorâneo
SFS-8-L2	748024	7094834	LOE	4541 ± 454	Cordão Litorâneo

FONTE: O autor (2024)

Contudo, em São Francisco do Sul (SC), a média das taxas de progradação de todas as medidas é 0,55 m/a. E, retirando a taxa de progradação dos pontos SFS-13-L-SFS-8-L2 de erro elevado, a média ficaria em 0,28 m/a, portanto, sendo mais representativa desta região, no espaço de tempo de 4914 A.P. até hoje, pois não foge da média geral da região, como mostrado na Tabela (2).

TABELA 2: Datações e Taxa de Progradação de São Francisco do Sul (SC)

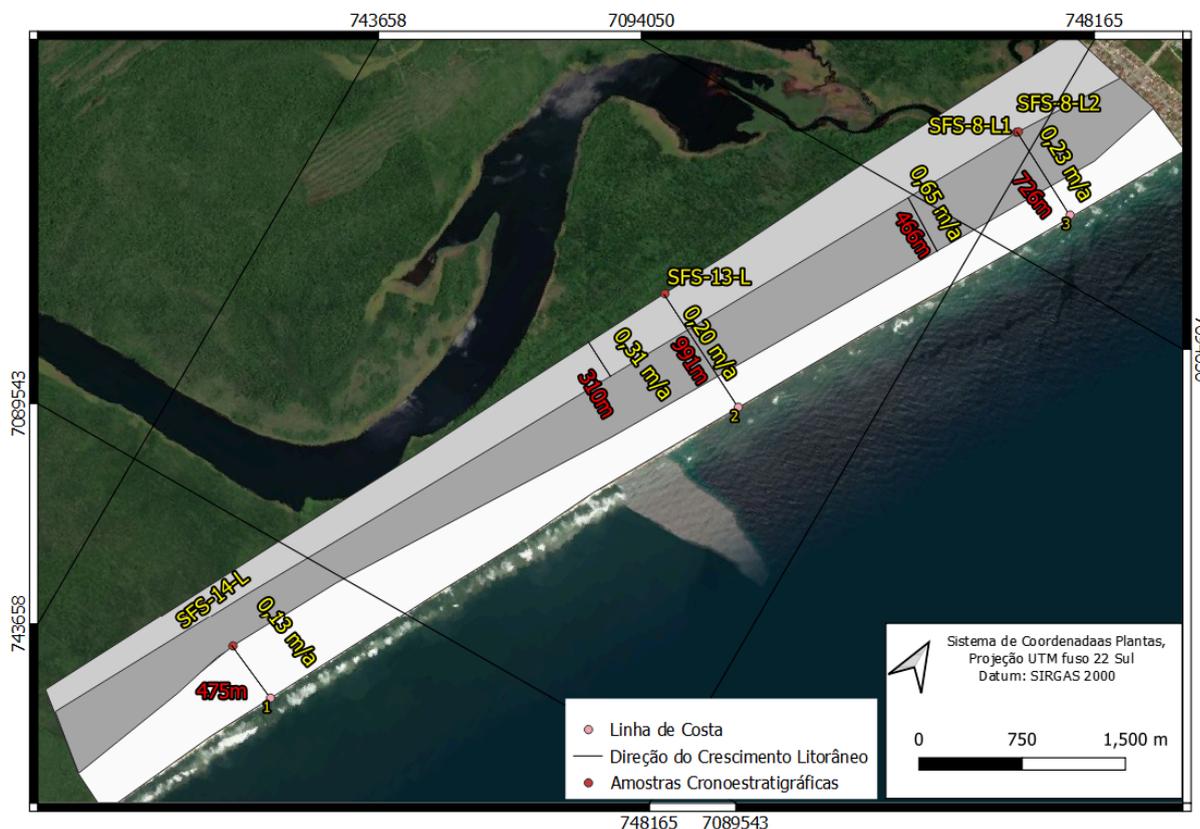
Identificação do intervalo (nome das amostras)	Intervalo de idade entre cordões litorâneos	Distância entre as duas paleolinhas de costa e/ou Linha de costa atual	Taxa de progradação por intervalo (m/a)		Erro da taxa de progradação
NUM	INTERVALO (a)	DISTÂNCIA (m)			
SFS-8-L2 - LC	4541	719	0,16	±	0,02
SFS-13-L - LC	4914	997	0,20	±	0,02
SFS-14-L - LC	3439	460	0,13	±	0,01
SFS-13-L - SFS-8-L2	373	455	1,22	±	2,15
SFS-13-L - SFS-14-L	1475	455	0,31	±	0,12

SFS-8-L2- SFS-14-L	1102	712	0,65	±	0,34
--------------------	------	-----	------	---	------

FONTE: O autor (2024)

LEGENDA: cálculos realizados pelo autor, com datações a partir de Zular *et al.* (2013).

FIGURA 3: Mapa da localização das datações e taxas de progradação de São Francisco do Sul (SC)



FONTE: O autor (2024)

LEGENDA: Em vermelho a distância entre as duas medidas cronoestratigráficas; Em Amarelo a Taxa de progradação.

Na região mais ao norte de São Francisco do Sul em Volta Velha (SC), o trabalho de Boski *et al.*, (2015) foram calculadas taxas de 0,58 m/a de 6789 A.P. até 2880 A.P., enquanto e acreção de 0,22 m/a de 2600 A.P. até hoje. Com as taxas de progradação recalculadas a partir dos pontos na região de Volta Velha (SC), as amostras VV1-VV2, as mais distantes do litoral, apresentaram as menores taxas de progradação,  $0,28 \pm 0,01$  m/a, entre o período de 5870 e 2450 A.P. Enquanto a taxa de progradação máxima é de  $1,00 \pm 0,38$  m/a nas amostras VV6-VV7, situando-se entre  $1455 \pm 40$  e  $1300 \pm 40$  A.P. em direção a Linha de Costa.

TABELA 3: Dados cronoestratigráficos em Volta Velha (SC)

Identificação do intervalo (nome das amostras)	Intervalo de idade entre cordões litorâneos	Inserir a distância entre as duas paleolinhas de costa e/ou Linha de costa atual	Erro/incerteza da distância = resolução da imagem de satélite em metros	Erro da taxa de progradação	Taxa de progradação por intervalo (m/a)		
					NUM	INTERVALO (a)	DISTÂNCIA (m)
VV1 - LC	5870	2550	16,0	0,00	0,43	±	0,00
VV2 - LC	2450	1580	16,0	0,01	0,64	±	0,01
VV4 - LC	2840	1700	16,0	0,01	0,60	±	0,01
VV5 - LC	2310	1300	16,0	0,01	0,56	±	0,01
VV6 - LC	1455	950	16,0	0,02	0,65	±	0,02
VV7 - LC	1300	720	16,0	0,02	0,55	±	0,02
VV1 -VV7	4570	1830	16,0	0,01	0,40	±	0,01
VV6 - VV7	155	155	16,0	0,38	1,00	±	0,38
VV5 - VV7	1010	580	16,0	0,04	0,57	±	0,04
VV1 - VV6	4415	2395	16,0	0,01	0,54	±	0,01
VV1 - VV2	3420	970	16,0	0,01	0,28	±	0,01
VV4 - VV5	530	400	16,0	0,09	0,75	±	0,09

FONTE: Boski *et al.* (2013)

A média da taxa de progradação de Volta Velha (SC) resultou em 0,56 m/a, aproximando-se da taxa de progradação avaliada por Boski *et al.* (2015) de 0,22-0,58 m/a. no período de crescimento de 5870 A.P. até o atual. Em ambos os casos, como comentado anteriormente, a variação de taxa de progradação vem aumentando ao longo dos anos, como pode ser observado no exemplo da taxa de progradação da Tabela (3) nos pontos VV6-VV7 e VV5-VV7 respectivamente de  $1,00 \pm 0,38$  e  $0,57 \pm 0,04$  m/a de 1010 A.P. ao atual

Na Praia do Leste (PR), obteve-se os dados cronoestratigráficos (Tabela 4), disponibilizados por Bogo *et al.* (2021) e Angulo *et al.* (2006), que resultaram as taxas de progradação com valores pouco variáveis, ficando em torno de  $0,50 \pm 0,010$  m/a até  $1,30 \pm 0,09$  m/a.

TABELA 4: Dados disponibilizados por de <sup>1</sup>Bogo *et al.*, (2021) e <sup>2</sup>Angulo *et al.*, (2006) Itapoá (SC)

Código	UTM (x)	UTM (y)	Método	Idade	Ambiente Sedimentar
<sup>1</sup> L0038	753.206	7.163.523	LOE	5,439 ± 274	Cordão Litorâneo
<sup>1</sup> L0039	753.206	7.163.523	LOE	5,991 ± 394	Cordão Litorâneo
<sup>1</sup> L0046	749.178	7.156.145	LOE	5,206 ± 318	Cordão Litorâneo

<sup>1</sup> L0047	749.557	7.157.538	LOE	4,755 ± 328	Cordão Litorâneo
<sup>1</sup> L0045	749.557	7.157.538	LOE	5,381 ± 279	Cordão Litorâneo
<sup>1</sup> L0044	751.182	7.160.578	LOE	5,887 ± 619	Cordão Litorâneo
<sup>1</sup> L0042	749.574	7.157.603	LOE	4,562 ± 334	Cordão Litorâneo
<sup>1</sup> L0043	752.801	7.163.059	LOE	4,546 ± 290	Cordão Litorâneo
<sup>1</sup> L0041	752.801	7.163.059	LOE	3,955 ± 281	Cordão Litorâneo
<sup>2</sup> CENA-300	750.712	7.155.351	14C	3960±80	Cordão Litorâneo
<sup>2</sup> CENA-301	750.712	7.155.351	14C	6090±80	Cordão Litorâneo

FONTE: O autor (2024)

No Paraná, o menor resultado é de  $0,50 \pm 0,01$  m/a de 6090 A.P. até o período atual, enquanto a maior taxa de progradação ocorre no período de 3955 A.P. ao período atual de  $1,30 \pm 0,09$  m/a. As taxas de progradação se mostraram mais elevadas do que as regiões de Santa Catarina e com baixa incerteza da taxa de progradação.

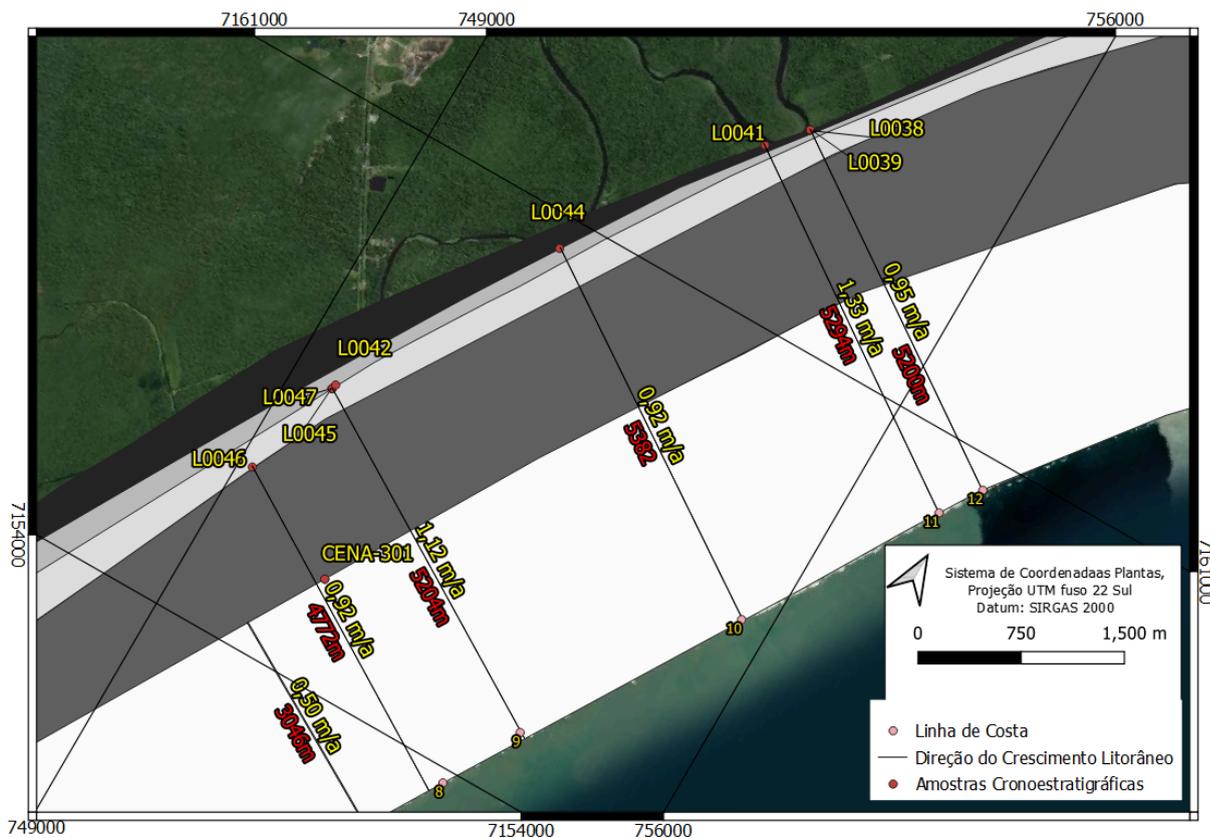
TABELA 5: Datações e Taxas de Progradação de Praia do Leste (PR)

Identificação do intervalo (nome das amostras)	Intervalo de idade entre cordões litorâneos	Inserir a distância entre as duas paleolinhas de costa e/ou Linha de costa atual	Taxa de progradação por intervalo (m/a)		Erro da taxa de progradação
NUM	INTERVALO (a)	DISTÂNCIA (m)			
<sup>1</sup> L0046 - LC	5206,00	4767,00	0,90	±	0,06
<sup>1</sup> L0047 - LC	4755,00	5132,00	1,10	±	0,07
<sup>1</sup> L0044 - LC	5887,00	5388,00	0,90	±	0,10
<sup>1</sup> L0043 - LC	4546,00	5277,00	1,20	±	0,07
<sup>1</sup> L0039 - LC	5439,00	5183,00	1,00	±	0,05
<sup>1</sup> L0041 - LC	3955,00	5277,00	1,30	±	0,09
<sup>1</sup> L0042 - LC	4562,00	5132,00	1,10	±	0,08
<sup>1</sup> L0045 - LC	4755,00	5132,00	1,10	±	0,07
<sup>1</sup> L0038 - LC	5439,00	5183,00	1,00	±	0,05
<sup>2</sup> CENA-300 - LC	3960,00	3057,00	0,80	±	0,02
<sup>2</sup> CENA-301 - LC	6090,00	3057,00	0,50	±	0,01

Fonte: Dados obtidos a partir de <sup>1</sup>Bogo *et al.* (2021) e <sup>2</sup>Angulo *et al.* (2006).

Na região da Praia do Leste (PR), a média da taxa de progradação foi de 1,08 m/a, desconsiderando as medidas de radiocarbono, para fins de aproximação com os outros resultados de LOE. Sua média de 1.05 m/a, foi um resultado aproximado ao geral dessa região estudada de 1,08 m/a.

FIGURA 4: Mapa da localização das datações e Taxas de Progradação do Praia do Leste (PR)



FONTE: O autor (2024)

LEGENDA: Em vermelho a distância entre as duas medidas cronoestratigráficas; Em Amarelo a Taxa de progradação.

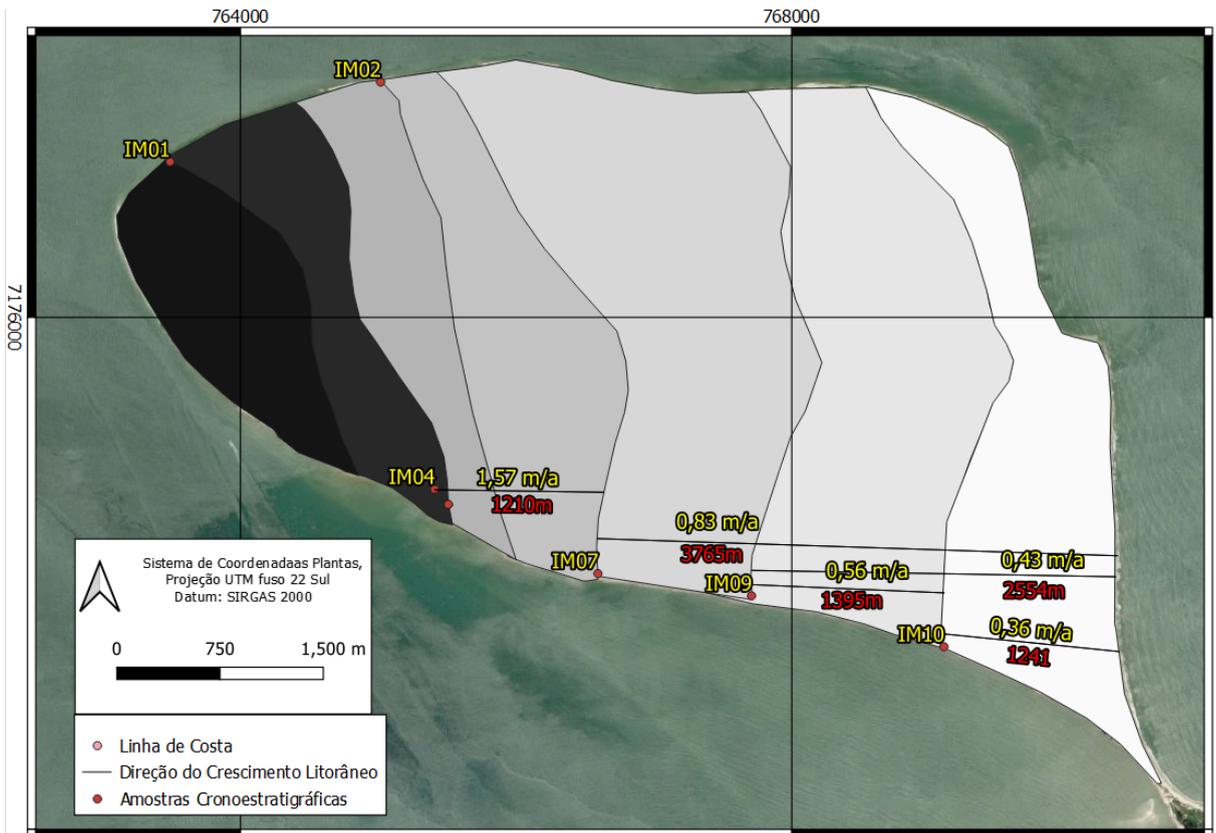
Para o estudo da região mais ao norte da Ilha do Mel (PR), foram utilizadas as medidas cronoestratigráficas disponibilizadas por Cano *et al.* (2013) (Tabela 1). Com isso, a menor taxa de progradação calculada na Ilha do Mel resultou em  $0,43 \pm 0,03$  m/a no período de 5904 A.P. até de hoje. Enquanto na região central da ilha, a maior taxa de progradação calculada foi de  $1,57 \pm 0,81$  m/a, dentro do período 4539 A.P. até 4104 A.P.. Porém, a taxa com a maior velocidade obteve um erro alto, quando comparada às outras medidas da Ilha paranaense.

TABELA 6: Dados disponibilizados por de Cano *et al.* (2013) da Ilha do Mel (PR)

Código	UTM (x)	UTM (y)	Método	Idade	Ambiente Sedimentar
IM01	763.491	7.177.139	LOE	2244 ± 200	Faixa Litorânea
IM02	765.019	7.177.723	LOE	4080 ± 280	Faixa Litorânea
IM03	765.410	7.174.742	LOE	5310 ± 310	Delta de Alagamento
IM04	765.410	7.174.742	LOE	4104 ± 220	Faixa Litorânea
IM05	765.510	7.174.631	LOE	5893 ± 390	Faixa Litorânea
IM06	765.510	7.174.631	LOE	5335 ± 360	Faixa Litorânea

IM07	766.595	7.174.125	LOE	4539 ± 250	Faixa Litorânea
IM09	767.710	7.173.962	LOE	5904 ± 380	Faixa Litorânea
IM10	769.106	7.173.589	LOE	3427 ± 150	Faixa Litorânea

FIGURA 5: Mapa da localização das datações e taxas de progradação da Ilha do Mel (PR)



FONTE: O autor (2024)

LEGENDA: Em vermelho a distância entre as duas medidas cronoestratigráficas; Em Amarelo a Taxa de progradação.

A média das taxas de progradação da Ilha do Mel (PR) é de 0,74 m/a, com a exclusão da taxa de progradação com o erro elevado das amostras IM4-IM07 de  $1,57 \pm 0,81$ . Ao adicionar as amostras retiradas, o resultado alcançaria 0,53 m/a nesse período todo de 5904 A.P. até o atual.

TABELA 7: Datações e Taxas de Progradação da Ilha do Mel (PR)

Identificação do intervalo (nome das amostras)	Intervalo de idade entre cordões litorâneos	Inserir a distância entre as duas paleolinhas de costa e/ou Linha de costa atual	Erro da taxa de progradação	Taxa de progradação por intervalo (m/a)		
NUM	INTERVALO (a)	DISTÂNCIA (m)	$\sigma_w$			

IM07-LC	4539	3765	0,05	0,83	±	0,05
IM09-IM10	2477	1395	0,10	0,56	±	0,10
IM10-LC	3427	1241	0,03	0,36	±	0,03
IM4-IM07	771	1210	0,81	1,57	±	0,81
IM09-LC	5904	2554	0,03	0,43	±	0,03

FONTE: Resultados obtidos a partir de Angulo *et al.* (2013)

## 4.2. INVESTIGAÇÃO REGIONAL DE EVENTOS CLIMÁTICOS

### 4.2.1. ANÁLISE DAS TAXAS DE PROGRADAÇÃO AO LONGO DO TEMPO E ESPAÇO

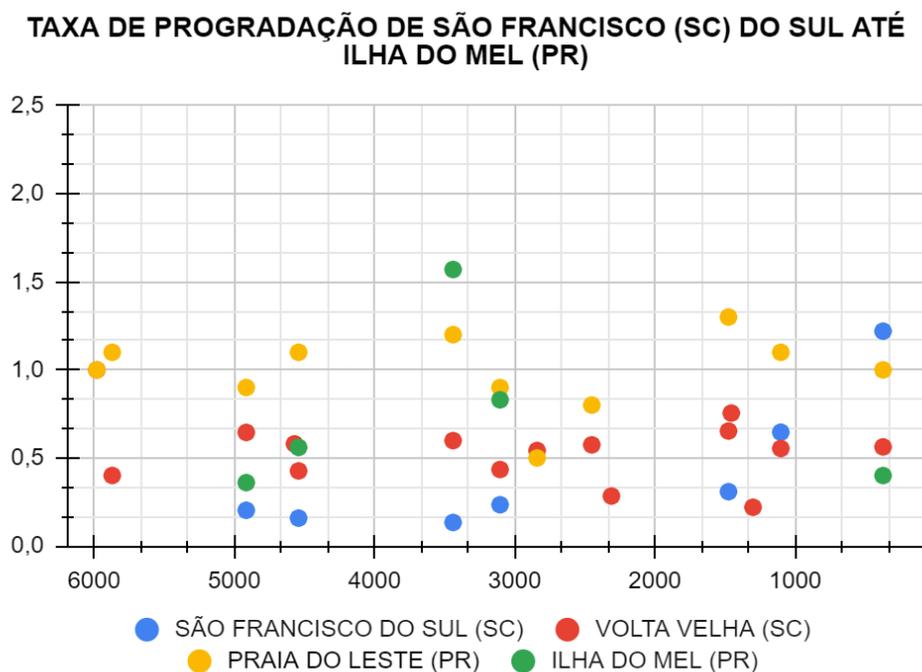
Levando em consideração a Figura (6), construída a partir da revisão bibliográfica de São Francisco do Sul (SC) até Ilha do Mel (PR), e abordando mudanças climáticas e eventos holocênicos, foi possível observar que a taxa de progradação pode ter mais influências locais que globais.

Pode-se destacar a essa discussão a região de São Francisco do Sul (SC), onde as taxas de progradação se mantêm estáveis até o período mais recente de 1475 A.P.. Contudo, esses dados devem ser observados com mais cautela, já que apresentam erros de certeza elevados da taxa de progradação, sendo mais altos e pouco confiáveis. Nesse sentido, o erro de 2,14 m/a, apresentado na Tabela 2 a qual fez referência a região de São Francisco do Sul (SC), é superior a taxa de progradação de 1,22 m/a em um intervalo de 373 anos, entre 4914 e 4541 A.P. Mesmo assim, com esses dados colocados na Figura (6) coincidem com a Pequena Era do Gelo (Michael E. *et al.* 2002; Mann *et al.*, 2002) entre os séculos 16 e 19, onde ocorreram temperaturas abaixo do padrão esperado em várias regiões do mundo desde a Europa até na região de área de estudo na América do Sul.

Já os resultados recalculados das taxas de progradação na região de Volta Velha ao norte de São Francisco do Sul (SC) revelaram variações significativas ao longo do tempo. Entre 6789 A.P. e 2880 A.P., as taxas calculadas em 0,58 m/a, indicam um período de maior progradação. A partir de 2600 A.P. até os dias atuais, a taxa de progradação diminuiu para 0,22 m/a, sugerindo uma desaceleração no crescimento das barreiras costeiras. Ao analisar mais pontos na região, foram identificadas taxas de  $0,28 \pm 0,01$  m/a durante o período de 5870 a 2450 A.P., indicando um crescimento mais lento. Enquanto no período mais recente com o

cálculo da taxa de progradação do VV7-LC e VV6-VV7 resultaram em  $0,55 \pm 0,02$  m/a e  $1,00 \pm 0,38$  nos períodos de  $1450 \pm 40$  e  $1300 \pm 40$  A.P.. Sendo os mais recentes, mostrando uma velocidade no crescimento maior das barreiras mais recentes.

Figura 6: Taxa de progradação de São Francisco do Sul (SC) à Ilha do Mel (PR)

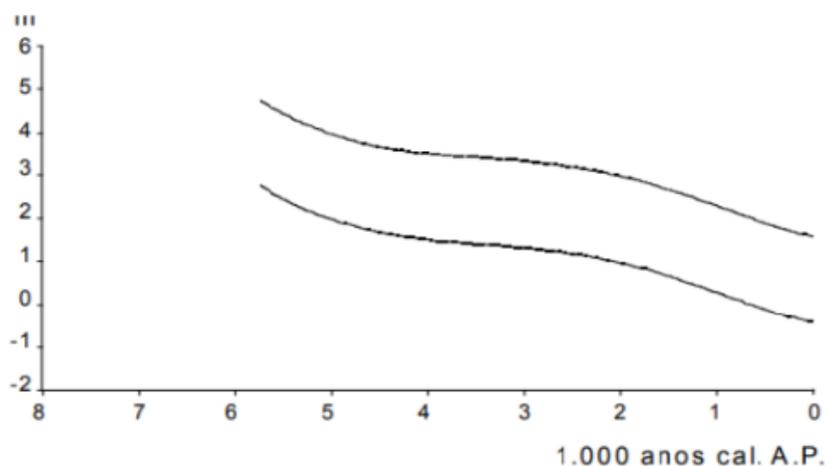


FONTE: O autor (2024)

LEGENDA: Na ordenada (Y) se encontra as taxas de progradação em m/a, na Abscissa (X) se encontra as idades relacionadas no formato A.P.

Na região da Praia do Leste (PR), todos os cálculos de taxas de progradação tiveram resultados mais centrados e contínuos ao longo dos dados cronoestratigráficos em volta de 1,00 m/a ao longo de 5887 A.P. ao atual. A curva de variação do Nível Relativo do Mar durante o Holoceno, onde houve o seu máximo de 6000 até 5500 A.P., mostra uma certa correlação após o período do máximo holocênico nas Figura (6) e (7).i

Figura 7: Nível Relativo do Mar durante o Holoceno



FONTE: Angulo *et al.* (2006)

LEGENDA: Linhas máximas e mínimas do Holoceno do nível relativo do mar.

Durante o Holoceno ocorreu o evento *Holocene Turnover* por volta de 4000 A.P. (Paasche *et al.*, 2009), ilustra um período de transição resultado da reorganização de ciclos climáticos, e sendo um ajuste dinâmico consequente do novo regime climático, tais afirmações corroboram com as taxas de progradação calculadas neste trabalho, obtidas a partir das idades de Bogo *et al.* (2021) onde ocorreu uma transição climática por volta dos 4000 A.P., coincidindo com os rearranjos da região da Ilha do Mel (PR), após 3500 A.P.

Porém, as mudanças climáticas no Holoceno ocorreram na sua maior parte anterior a 6000 A.P. (Wanner *et al.*, 2008), sugerindo que a partir desse período a taxa de progradação costeira passou a ser influenciada por outros fatores, como, no caso deste trabalho, as grandes flutuações no nível do mar globais (Figura 7).

#### 4.2.2. COMPARAÇÃO ENTRE AS PLANÍCIES COSTEIRAS

As taxas de progradação de São Francisco do Sul (SC) até a Ilha Mel (PR), subdivida em planícies, demonstrou que cada local possui uma *trend* específica. Em exemplo pode-se destacar a Praia do Leste (PR) que apresentou uma média da taxa de progradação 1,08 m/a de 6090 A.P. até o atual, observado na figura (6). Enquanto a região mais ao sul do trabalho em São Francisco do Sul (SC), evidenciaram taxas de progradação que não alcançaram um aumento tão grande até 1000 A.P., obtendo-se uma média de 0,55 m/a do local.

Já a Ilha do Mel (PR) apresentou uma média de 0,74 m/a em todo o período estudado de 5904 A.P. até o período mais recente na formação da linha de costa

atual. E, em Volta Velha (SC), as taxas se apresentaram menores que as áreas paranaenses estudadas, de 0,56 m/a de 5870 A.P. ao atual.

Em conclusão, pode-se observar que o Paraná apresenta taxas de progradação mais elevadas que nas regiões estudadas de Santa Catarina. Contudo, não se deve ignorar as características regionais e locais de cada ambiente, sendo elas mais representativas na evolução costeira da linha de costa.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados geocronológicos e as taxas de progradação analisadas e calculadas ao longo do litoral do Paraná e norte de Santa Catarina, concluíram que a influência dos eventos climáticos ao longo do Holoceno desempenhou um papel pouco significativo na evolução costeira dessas regiões. Apesar de São Francisco do Sul (SC), por exemplo, apresentarem taxas de progradação que variaram de 0,13 m/a a 1,22 m/a, refletindo a sensibilidade da região a mudanças ambientais, com um aumento nos últimos 1500 anos.

Enquanto na região de Volta Velha (SC), os dados indicaram taxas de progradação de 0,58 m/a entre 6789 A.P. e 2880 A.P., seguidas por uma desaceleração para 0,22 m/a a partir de 2600 A.P. até os dias atuais. Essas variações nas taxas de progradação sugerem uma resposta pouco direta aos eventos climáticos e às mudanças no nível relativo do mar ao longo do tempo.

Na Ilha do Mel (PR), as análises geocronológicas revelaram transições significativas nas taxas de progradação após 3500 A.P., coincidindo com rearranjos geológicos associados a mudanças climáticas do *Holocene Turnover*.

Assim, todos os dados obtidos neste trabalho destacam a importância de considerar os eventos climáticos passados e presentes na interpretação da evolução costeira nessas regiões. A correlação entre as taxas de progradação e os eventos climáticos identificados, como a Pequena Era do Gelo e o *Holocene Turnover*, evidencia a sensibilidade desses ecossistemas costeiros às mudanças ambientais. Contudo, não se pode ignorar as características regionais/locais de cada ambiente, sendo elas mais representativas na evolução costeira da linha de costa.

Portanto, as conclusões deste estudo reforçam a necessidade de uma abordagem integrada que leve em consideração não apenas as taxas de progradação, mas também os eventos climáticos passados e presentes para uma

gestão costeira e ambiental eficaz. O entendimento dessas relações é fundamental para a preservação e sustentabilidade dessas áreas costeiras diante dos desafios das mudanças climáticas globais.

Embora as mudanças climáticas do Holoceno tenham desempenhado um papel crucial na modelagem das linhas costeiras, os dados analisados neste estudo sugerem que, a partir de 6000 A.P., outros fatores como um aporte maior de sedimentos de origem diversa, como rios e mudanças nas correntes costeiras, principalmente regionais, passaram a influenciar a taxa de progradação costeira.

Ao constatar que as maiores flutuações climáticas do Holoceno ocorreram antes de 6000 A.P. indica que, após esse período, a dinâmica costeira passou a ter maior influência por fatores locais e regionais, como a disponibilidade de sedimentos, energia das ondas, marés e a ação de correntes costeiras.

## REFERÊNCIAS

ANGULO, R. J. Mapa do Cenozoico do litoral do Estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 55, n. 27, p. 25-42, 2004.

ANGULO, R. J.; LESSA, G. C.; SOUZA, M. C. de. A critical review of mid-to late-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. **Quaternary science reviews**, v. 25, n. 5-6, p. 486-506, 2006.

ANGULO, Rodolfo José; SUGUIO, Kenitiro. **Geologia da planície costeira do Estado do Paraná**. 1992. Tese (Doutorado em Geologia). Universidade Federal do Paraná, Paraná, 1992.

BASEI, M. A. S.; SIGA JÚNIOR, O.; MACHIAVELLI, A.; MANCINI, F. Evolução tectônica dos terrenos entre os Cinturões Ribeira e Dom Feliciano (PR-SC). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 22, n. 2, p. 216-21, 1992.

BIGARELLA J.J.; BECKER R.D.; MATOS D.J. de; WERNER A. A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná. Um problema de segurança ambiental e nacional. Curitiba, **Gov. Par./SEPL/ADEA**, p. 249, 1978.

BIGARELLA, J. J.; SANCHES, J. Contribuição ao Estudo dos Sedimentos Praiais Recentes. V - Praia Suspensa do Saco do Tambarutaca, Município de Paranaguá - PR. **Boletim Paranaense Geogr.** n. 20, p. 151-175, 1966.

BOGO, M.; SOUZA, M. C. de; ANGULO, R. J.; BARBOZA, E. G.; CAMARA ROSA, M. L. C. da ; FELIPE C.; AUGUSTO L. F. Jr.; SHAIELY F. dos S. Inlet migration during the turning point between transgressive and regressive stages at the Guaratuba Holocene barrier, Paraná-Southern Brazil. **Marine Geology**, v. 459, p. 17-20, 2023.

BOGO, M.; NASCIMENTO, M. G. do; SOUZA, M. C. de; ANGULO, R. J.; GUEDES, C. C. F.; ROSA, M. L. C. da C.; BARBOZA, E. G. Spit-Inlet migration and storm-driven stacking at Praia de Leste Holocene barrier, southern Brazil. **Marine Geology**, v. 442, p. 13-20, 2021.

BOSKI, T.; ANGULO, R.J.; SOUZA, M.C.; BARBOZA, E.G.; KNICKER, H.; GONZÁLEZ-PÉREZ, J.A.; GONZÁLEZ-VILA, F.J. Progradation rates of coastal barriers estimated from the 14 C age of soil organic matter. JQS. **Journal of Quaternary Science**, v. 30, p. 9-18, 2015.

CANO, N. F.; TURBIANI-FILHO, I. T.; GENNARI, R. F.; MUNITA, C. S.; SOUZA, M. C.; ANGULO, R. J., & WATANABE. STL dating of sediments from Ilha do Mel, Brazil. **Quaternary international**, v. 306, p. 137-145, 2013.

COWELL P.J.; ROY P.S. Shoreface transgression model: programming guide (outline, assumptions and methodology). **Unpub. Report, Coastal Studies Unit**, Marine Studies Centre, Universidade de Sydney, p. 23, 1988.

DE SOUZA, M. C. **Estratigrafia e evolução das barreiras holocênicas paranaenses, sul do Brasil**. 2005. p. 87-95 Tese (Doutorado em Geologia). Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2005.

DE SOUZA, M. C.; ANGULO, R. J.; PESSEDA, L. C. R. Evolução Paleogeográfica Da Planície Costeira de Itapoá, Litoral De Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 31, n. 2, p. 223-230, 2001.

HORN F.; NORBERTO H. Setorização da Província Costeira de Santa Catarina em base aos aspectos geológicos, geomorfológicos e geográficos. **Geosul**, v. 18, n. 35, p. 71-98, 2003.

DOS SANTOS, C. R.; HORN-FILHO, N. O.; CASTELLANI, T. T. Estudo geológico e ambiental da praia da Joaquina (SC). **Oecologia Australis**, v. 3, p. 259-270, 1997.

JESUS, P. B.; DIAS, FABIO FERREIRA. Oscilações marinhas no sudeste brasileiro durante o Holoceno e seus efeitos na fisiografia costeira. **Encontro da Rede Braspor**, XI, 2016.

LESSA, G. C.; ANGULO, R. J.; GIANNINI, P. C.; ARAÚJO, A. D. Stratigraphy and Holocene evolution of a regressive barrier in south Brazil. **Marine Geology**, v. 165, n. 1-4, p. 87-108, 2000.

MACHADO, G.; OLIVEIRA, G.V. Evolução temporal da Linha de Costa em Pontal do Sul–Pontal do Paraná-Pr. In: Congresso Brasileiro da Guerra do Contestado. **Colóquio de Geografias Territoriais Paranaenses e Semana de Geografia da UEL**, 2020. p. 216-231.

MARTIN, L; SUGUIO, K. The state of São Paulo coastal marine quaternary geology: the ancient strandlines. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 33, p. 249-263, 1975.

MARTIN L.; SUGUIO K.; FLEXOR J. M.; AZEVEDO A. E. G. Mapa geológico do Quaternário costeiro dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **DNPM**. Brasília, n. 28, 1988.

MARTIN, L.; FLEXOR, J. M.; BLITZKOW, D.; SUGUIO, K. Geoid change indications along the Brazilian coast during the last 7000 years. In: **Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress**, v. 3, p. 85-90, 1985.

MANN, Michael E. et al. Little ice age. **Encyclopedia of global environmental change**, v. 1, n. 504, p. 504-509, 2002.

OLIVEIRA, M.S.C. de; HORN F.; NORBERTO O. De Guaratuba a Babitonga: uma contribuição geológico-evolutiva ao estudo da espacialidade dos sambaquianos no litoral norte catarinense. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, v. 11, p. 55-75, 2001.

OTVOS, E. G. Beach ridges - definitions and significance. **Geomorphology**, v. 32, n. 1-2, p. 83-108, 2000.

PAASCHE, Ø.; BAKKE, J. The Holocene Turnover-A global climatic shift at~ 4 Ka. In: **EGU General Assembly Conference Abstracts**. 2009.

POSSAMAI, T.; VIEIRA, C.V.; OLIVEIRA, A. F.; HORN F.; NORBERTO O. Geologia costeira da ilha de São Francisco do Sul, Santa Catarina. **Revista de Geografia**, n. 27, p. 45-58, 2010.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUES, J. M. L.; FLEXOR, J. M.; AZEVEDO, A. E. G. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 15, p. 273-286, 1985.

SADLER, PETER M.; JEROLMACK, DOUGLAS J. Scaling laws for aggradation, denudation and progradation rates: the case for time-scale invariance at sediment sources and sinks. **Geological Society**, Special Publications, Londres, v. 404, n. 1, p. 69-88, 2015.

WALKER, M.; HEAD, M. J.; BERKELHAMMER, M.; BJORCK, S.; CHENG, H.; CWYNAR, L.; FISHER, D.; GKINIS, V.; LONG, A.; LOWE, J.; NEWNHAM, R.; RASMUSSEM, S.O.; WEISS, H. Formal ratification of the subdivision of the Holocene Series/Epoch (Quaternary System/Period): two new Global Boundary Stratotype Sections and Points (GSSPs) and three new stages/subseries. **Episodes Journal of International Geoscience**, v. 41, n. 4, p. 213-223, 2018.

WANNER, Heinz et al. Mid-to Late Holocene climate change: an overview. **Quaternary Science Reviews**, v. 27, n. 19-20, p. 1791-1828, 2008.

ZULAR, A.; SAWAKUCHI, A. O.; GUEDES, C. C.; MENDES, V. R.; NASCIMENTO Jr, D. R.; GIANNINI, P. C.; AGUIAR V. A.; DEWITT R. R. Late Holocene intensification of colds fronts in southern Brazil as indicated by dune development and provenance changes in the São Francisco do Sul coastal barrier. **Marine Geology**, v. 335, p. 64-77, 2013.

## ANEXOS

### ANEXO A: TAXA DE PROGRADAÇÃO CALCULADAS

Identificação do intervalo (nome das amostras)	Intervalo de idade entre cordões litorâneos	Inserir a distância entre as duas paleolinhas de costa e/ou Linha de costa atual	Erro/incerteza da distância = resolução da imagem de satélite em metros			Erro da taxa de progradação	Taxa de progradação por intervalo (m/a)		
NUM	INTERVALO (a)	DISTÂNCIA (m)	$\sigma_x$	$(\sigma_x/x)^2$	$(\sigma_y/y)^2$	$\sigma_w$			
SFS-8-L1 - LC	3104	727	16,0	0,000	0,010	0,024	0,234	±	0,024
SFS-8-L2 - LC	4541	719	16,0	0,000	0,010	0,016	0,158	±	0,016
SFS-13-L - LC	4914	997	16,0	0,000	0,009	0,020	0,203	±	0,020
SFS-14-L - LC	3439	460	16,0	0,001	0,011	0,015	0,134	±	0,015
SFS-13-L - SFS-8-L2	373	455	16,0	0,001	3,103	2,149	1,220	±	2,149
SFS-13-L - SFS-14-L	1475	455	16,0	0,001	0,161	0,124	0,308	±	0,124
SFS-8-L2 - SFS-14-L	1102	712	16,0	0,001	0,273	0,338	0,646	±	0,338
VOLTA VELHA	3918						0,220		
VOLTA VELHA	2600						0,580		
L0046 - LC	5206	4767	16	0,000	0,004	0,000	0,900	±	0,056
L0047 - LC	4755	5132	16	0,000	0,005	0,000	1,100	±	0,075
L0044 - LC	5887	5388	16	0,000	0,011	0,000	0,900	±	0,096
L0043 - LC	4546	5277	16	0,000	0,004	0,000	1,200	±	0,074
L0039 - LC	5439	5183	16	0,000	0,003	0,000	1,000	±	0,048
L0041 - LC	3955	5277	16	0,000	0,005	0,000	1,300	±	0,095
L0042 - LC	4562	5132	16	0,000	0,005	0,000	1,100	±	0,082
L0045 - LC	4755	5132	16	0,000	0,005	0,000	1,100	±	0,075
L0038 - LC	5439	5183	16	0,000	0,003	0,000	1,000	±	0,048
CENA- 300 - LC	3960	3057	16	0,000	0,000	0,000	0,800	±	0,016
CENA- 301 - LC	6090	3057	16	0,000	0,000	0,000	0,500	±	0,007

IM07-LC	4539	3765	16	0,000	0,003	0,050	0,830	±	0,050
IM09-IM10	2477	1395	16	0,000	0,027	0,090	0,560	±	0,090
IM10-LC	3427	1241	16	0,000	0,006	0,030	0,360	±	0,030
IM4-IM07	771	1210	16	0,000	0,267	0,810	1,570	±	0,810
IM09-LC	5904	2554	16	0,000	0,004	0,000	0,400	±	0,028

FONTE: O autor (2024)

## ANEXO B: DATAÇÃO CRONOESTRATIGRÁFICAS COMPILADAS

Local	Código	UTM (x)	UTM (y)	Método	Idade	Ambiente Sedimentar	Fonte
Ilha do Mel (PR)	IM01	763.491	7.177.139	LOE	2244 ± 200	Faixa Litorânea	Cano <i>et al.</i> (2013)
Ilha do Mel (PR)	IM02	765.019	7.177.723	LOE	4080 ± 280	Zona de antepraia	
Ilha do Mel (PR)	IM03	765.410	7.174.742	LOE	5310 ± 310	Delta de Alagamento	
Ilha do Mel (PR)	IM04	765.410	7.174.742	LOE	4104 ± 220	Faixa Litorânea	
Ilha do Mel (PR)	IM05	765.510	7.174.631	LOE	5893 ± 390	Faixa Litorânea	
Ilha do Mel (PR)	IM06	765.510	7.174.631	LOE	5335 ± 360	Faixa Litorânea	
Ilha do Mel (PR)	IM07	766.595	7.174.125	LOE	4539 ± 250	Faixa Litorânea	
Ilha do Mel (PR)	IM09	767.710	7.173.962	LOE	5904 ± 380	Faixa Litorânea	
Ilha do Mel (PR)	IM10	769.106	7.173.589	LOE	3427 ± 150	Faixa Litorânea	
Praia de Leste (PR)	L0038	753.206	7.163.523	LOE	5,439 ± 274	Cordão Litorâneo	
Praia de Leste (PR)	L0039	753.206	7.163.523	LOE	5,991 ± 394	Cordão Litorâneo	
Praia de Leste (PR)	L0046	749.178	7.156.145	LOE	5,206 ± 318	Cordão Litorâneo	
Praia de Leste (PR)	L0047	749.557	7.157.538	LOE	4,755 ± 328	Cordão Litorâneo	
Praia de Leste (PR)	L0045	749.557	7.157.538	LOE	5,381 ± 279	Cordão Litorâneo	
Praia de Leste (PR)	L0044	751.182	7.160.578	LOE	5,887 ± 619	Cordão Litorâneo	
Praia de Leste (PR)	L0042	749.574	7.157.603	LOE	4,562 ± 334	Cordão Litorâneo	
Praia de Leste (PR)	L0043	752.801	7.163.059	LOE	4,546 ± 290	Cordão Litorâneo	
Praia de Leste (PR)	L0041	752.801	7.163.059	LOE	3,955 ± 281	Cordão Litorâneo	

Praia de Leste (PR)	CENA-300	750.712	7.155.351	14C	3960±80	Faixa Litorâneo	Angulo et al., 2006.
Praia de Leste (PR)	CENA-301	750.712	7.155.351	14C	6090±80	Faixa Litorâneo	Angulo et al. (2006)
Volta Velha, Itapoa (SC)	CNA862	738.379	7.112.830	14C	6694	matéria orgânica	Boski et al. (2015)
Volta Velha, Itapoa (SC)	b-256340	738.379	7.112.830	14C	6789	matéria orgânica	
Volta Velha, Itapoa (SC)	b-256341	738.379	7.112.830	14C	2600	matéria orgânica	
Volta Velha, Itapoa (SC)	b-277301	738.379	7.112.830	14C	2885	matéria orgânica	
Volta Velha, Itapoa (SC)	b-277302	738.379	7.112.830	14C	2335	matéria orgânica	
Volta Velha, Itapoa (SC)	CNA863	738.379	7.112.830	14C	1352	matéria orgânica	
Volta Velha, Itapoa (SC)	b-277303	738.379	7.112.830	14C	1235	matéria orgânica	
São Francisco do Sul (SC)	SFS-14-L	744968	7088705	LOE	3439 ± 354	Cordão Litorâneo	
São Francisco do Sul (SC)	SFS-13-L	746392	7092520	LOE	4914 ± 475	Cordão Litorâneo	
São Francisco do Sul (SC)	SFS-8-L1	748014	7094824	LOE	3104 ± 305	Cordão Litorâneo	
São Francisco do Sul (SC)	SFS-8-L2	748024	7094834	LOE	4541 ±454	Cordão Litorâneo	

FONTE: O autor (2024)