

## Geociências

### Geoarqueologia do sítio Guarani RS-LS-45, planície costeira do Rio Grande do Sul

Geoarchaeology of Guarani site RS-LS-45, coastal plain of Rio Grande do Sul

Johny Barreto Alves<sup>i</sup>, Camile Urban<sup>ii</sup>

<sup>i</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

<sup>ii</sup> Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil

## RESUMO

Sítios arqueológicos da tradição indígena guarani são reconhecidos em dunas eólicas na margem sudoeste da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul. No entanto, a ocupação de indígenas caçadores-coletores em paisagens arenosas carece de explicações. A partir de um estudo geoarqueológico no sítio RS-LS-45, buscou-se entender os paleoambientes de um dos sítios sobre dunas e qual foi o papel do clima para a permanência indígena, com o uso de reconstruções paleoclimáticas dos últimos 1000 anos, datações de C<sup>14</sup> de ocupações indígenas e uma análise de fácies sedimentares. Os resultados indicam que as ocupações indígenas ocorreram em períodos climáticos mais úmidos, com um Reconhecimento de Terras durante a Anomalia Climática Medieval e uma Aglutinação Litorânea ao longo do período de Polos Frios e Trópicos Úmidos. Os paleoambientes do sítio arqueológico revelaram a remobilização de materiais arqueológicos em eventos erosivos, sobrepostos por um sistema deposicional eólico antigo (paleodunas) marcado por areias médias e que se preserva em montes arenosos fixos. A erosão das paleodunas fornece sedimentos a um ambiente de sedimentação eólico ainda ativo, que foi reativado, possivelmente, durante a Pequena Idade do Gelo. A partir do estudo do cenário pré-colonial, foi possível compreender a influência do clima para os povos nativos da região e refinar a estratigrafia e sedimentologia de um sítio guarani, em uma região não estudada pela ótica geoarqueológica.

**Palavras-chave:** Geoarqueologia; Tradição indígena Guarani; Planície costeira do Rio Grande do Sul

## ABSTRACT

Archaeological sites of the Guaraní indigenous tradition are recognized in aeolian dunes on the southwestern shore of the Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul. However, the occupation of indigenous hunter-gatherers in sandy landscapes lacks explanation. Based on a geoarchaeological study at site RS-LS-45, this paper aims to understand the paleoenvironments of one of the dune sites and what the

role of climate was for indigenous permanence, using paleoclimatic reconstructions of the last 1000 years, C<sup>14</sup> dating of indigenous occupations, and a sedimentary facies analysis. The results indicate that indigenous settlements occurred during wetter climatic periods, with a Land Reconnaissance during the Medieval Climatic Anomaly and a Littoral Agglutination throughout the Cold Poles and Wet Tropics periods. The paleoenvironments of the archaeological site revealed the remobilization of archaeological materials in erosional events, overlain by an ancient aeolian depositional system (paleodunes) marked by medium sands and preserved in fixed sandy mounds. The erosion of the paleodunes provides sediments for a still-active aeolian sedimentation environment that was reactivated, possibly, during the Little Ice Age. From the study of the pre-colonial setting, it was possible to understand the influence of climate on the native peoples of the region and to refine the stratigraphy and sedimentology of a Guaraní site, in a region not studied from a geoarchaeological perspective.

**Keywords:** Geoarchaeology; Guarani indigenous tradition; Coastal Plain of Rio Grande do Sul

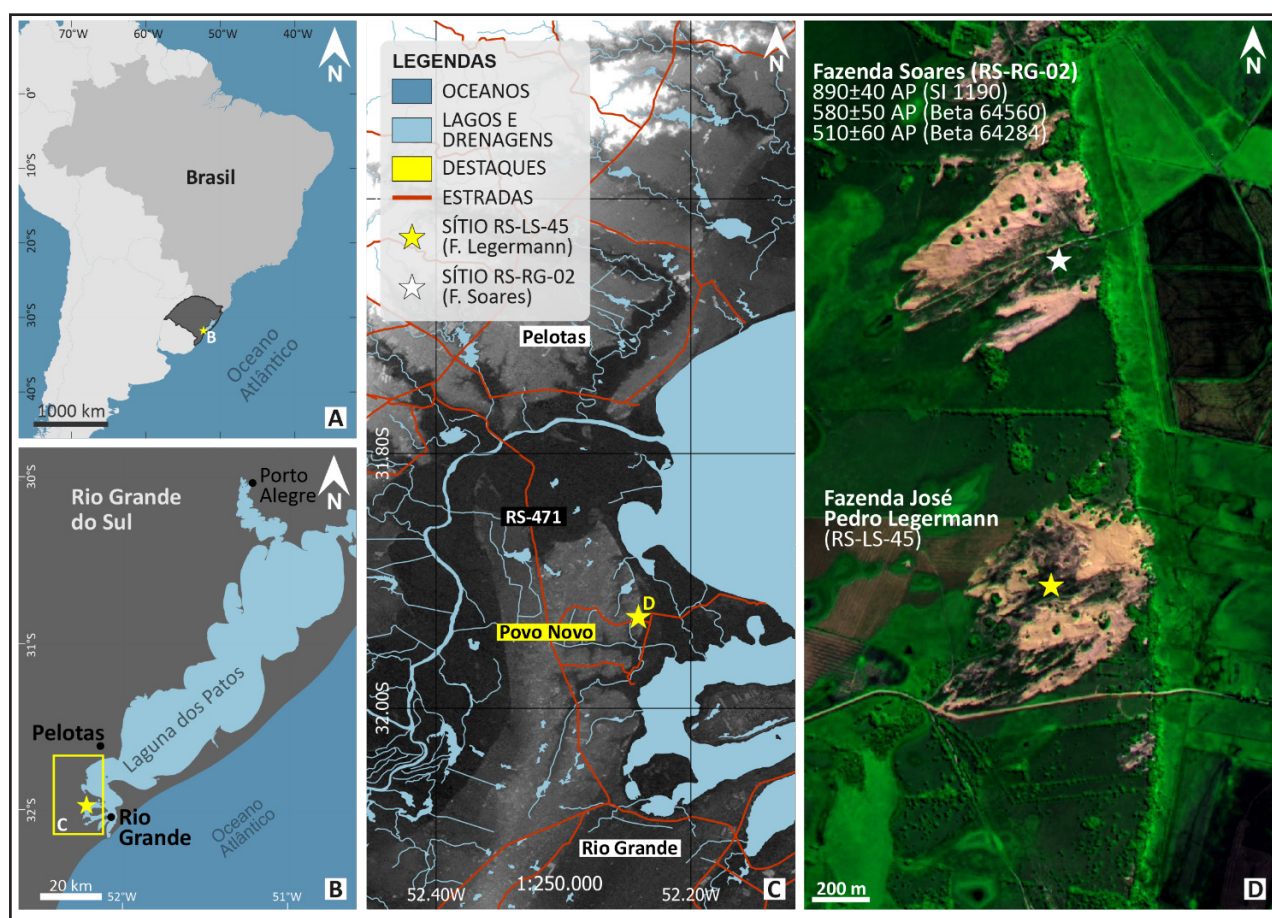
## 1 INTRODUÇÃO

A geoarqueologia aplica conceitos e metodologias das Ciências da Terra na resolução de problemas arqueológicos (Ghilardi; Desruelles, 2008) e possibilita entender a evolução da paisagem e as interações com os seus mais antigos habitantes (e.g. Goldberg; Macphail, 2006; Klokler *et al.*, 2010; Knight; Burningham, 2011; Clifford; Semeniuk, 2019). Na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS, Fig. 1.A), sul do território brasileiro, a geoarqueologia é um tema com poucos estudos conduzidos até o momento, que dão ênfase a populações pré-históricas, como os construtores de sambaquis (e.g. Raupp, 2015; Wagner *et al.*, 2020). As populações do período pré-colonial ainda não foram objeto de estudos geoarqueológicos, como é o caso da tradição indígena guarani.

Sítios arqueológicos guaranis estão preservados na margem sudoeste da Laguna dos Patos (Fig. 1), com alguns localizados em campos de dunas eólicas, conforme aponta o fichamento de Noelli *et al.* (2014). A preservação dos sítios em dunas decorre de preferências habitacionais dos indígenas, que buscaram ocupar locais mais altos, como dunas e paleodunas (Carle, 2002; Milheira, 2014). Porém, para uma população de caçadores e coletores como os guaranis (Milheira, 2014), o desenvolvimento de habitações em paisagens arenosas, à semelhança das dunas

que atualmente preservam alguns sítios, parece inviável. Assim, os condicionantes geológicos, controladores da paisagem e da permanência humana, teriam contribuído para a ocupação e desenvolvimento dos sítios preservados em dunas da margem sudoeste da Laguna dos Patos (Fig. 1)?

Figura 1 – Mapa de localização



Fonte: Autores

Legenda: A, B e C. Posição da área de estudo no continente, na margem sudoeste da Laguna dos Patos e no distrito Povo Novo, respectivamente; D. Aspecto dos sítios arqueológicos em imagem de satélite.

Ainda que sejam conhecidas a existência e algumas datações das ocupações indígenas na Planície Costeira, Milheira (2014) destaca que os atuais estudos da margem sudoeste da Laguna dos Patos possuem caráter especulativo – o que torna duvidosa a hipótese das preferências habitacionais apresentadas até então. E também se deve levar em consideração que as dunas da margem sudoeste da laguna ainda não

foram objeto de estudos geológicos, pois as pesquisas têm sido desenvolvidas nos sistemas de dunas relacionados ao Oceano Atlântico (e.g. Tomazelli, 1993; Martinho *et al.*, 2010; Dillenburg *et al.*, 2017; Rockett *et al.*, 2021). Estudos que relacionam dunas e a arqueologia guarani focam na morfodinâmica dunar (ver Silveira; Serpa, 2015), sem examinar o significado paleoambiental dos sítios arqueológicos.

Em um contexto de escassez de estudos que relacionam dunas e ocupações humanas pré-coloniais, esta pesquisa busca entender os motivos da coexistência espacial de sítios arqueológicos guaranis e dunas eólicas. Para tal fim, foi analisado o sítio Fazenda José Pedro Legermann (RS-LS-45), na margem sudoeste da Laguna dos Patos, considerando o comportamento dos sistemas climáticos influentes na área durante os períodos de ocupação indígena e apresentando um estudo faciológico dos depósitos sedimentares do sítio que correlacionam paleoambientes da evolução geológica com os materiais arqueológicos.

## **1.1 Arqueologia guarani na margem sudoeste da Laguna dos Patos**

A tradição indígena guarani é um dos grupos culturais reconhecidos na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Segundo a literatura são oriundos dos povos amazônicos, que teriam culminado no sul do território brasileiro ao trilhar os grandes recursos hídricos do continente (Bonomo *et al.*, 2015). Conforme descrito por Milheira (2014), a tradição guarani teve duas fases de ocupação na margem sudoeste da Laguna dos Patos: i. por volta de 900 anos AP, em um processo de expansão territorial; e ii. em torno de 600 anos AP, em uma aglutinação litorânea.

A interpretação de duas fases de ocupação é decorrente do sítio arqueológico Fazenda Soares (RS-RG-02; Fig. 1.D). O sítio em questão preserva materiais cerâmicos, líticos, carvão vegetal e ossos e indica as ocupações pré-coloniais guaranis mais antigas da área, que ocorreram em  $890 \pm 40$  (SI 1.190; Naue, 1973 *apud* Carle, 2002; 1060 AD),  $580 \pm 50$  (Beta 64560; 1370 AD) e  $510 \pm 60$  anos AP (Beta 64248; Carle, 2002; 1.440 AD). O estudo arqueológico mais recente da área é o de Carle (2002), que dissertou sobre

acampamentos sazonais na região do Povo Novo, entre os séculos XIII e XIV, com estruturas assentadas em meio às pequenas matas da região.

## 1.2 Paleoclima do período de ocupação indígena

Segundo o *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, 2021), nos últimos 1000 anos o clima global variou em função de oscilações solares e atividades vulcânicas. No continente Sul-Americano, a atividade solar foi importante para a maior ocorrência de chuvas, pois afetou o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical e da Zona de Convergência do Atlântico Sul, que influenciam a abrangência geográfica do Sistema de Monção Sul-Americana (Figura 2; Novello *et al.*, 2017).

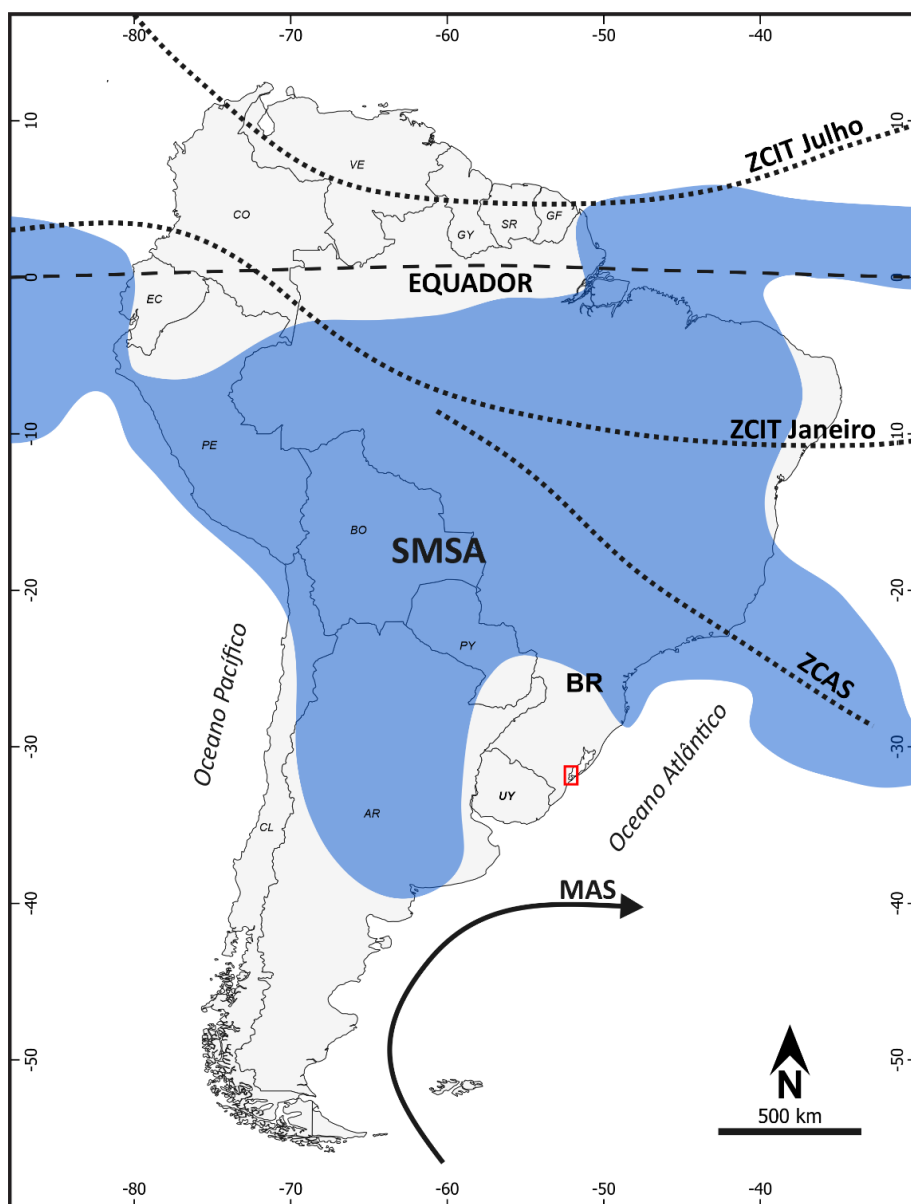
Reconstruções paleoclimáticas demonstram que o Sistema de Monção Sul-Americana variou em ciclos de 208 a 3 anos de duração, que ocasionam o deslocamento da monção para porções periféricas do sistema quando positivos (Novello *et al.*, 2016). O clima Sul-Americano é influenciado, também, pelo modo de variabilidade climática Modo Anular Sul e pelo *El Niño* Oscilação Sul (Schossler *et al.*, 2018).

O Modo Anular Sul, em fases positivas, apresenta o deslocamento de suas massas de ar ocidentais em direção à Antártica. Por outro lado, em fases negativas há migração das massas em direção ao Equador (Fig. 2; Liao; Chao, 2017). Reconstruções indicam que o Modo Anular Sul apresentou um grande ciclo negativo ao longo do século XV, e proporcionou mais chuvas no continente Sul-Americano (Abram *et al.*, 2014).

Por último, o *El Niño* Oscilação Sul influencia o regime de chuvas na Planície Costeira do Rio Grande do Sul de forma anual a interanual (Matzenauer *et al.*, 2018; Schossler *et al.*, 2018), associa-se aos ciclos mais curtos de Sistema de Monção Sul-Americana (Novello *et al.*, 2016) e possui duas fases extremas: *El Niño* e *La Niña*. As fases de *El Niño* são geradas a partir da ação de ventos alísios e aquecimento do Oceano Pacífico Equatorial, o que acarreta, para a Planície Costeira, maiores precipitações (1400 a 1600 mm/ano) em todas as estações do ano, com os maiores acumulados durante a primavera (Matzenauer *et al.*, 2018).



Figura 2 – Distribuição do Sistema de Monção Sul-Americana



Fonte: alterado de Novello *et al.* (2016; 2017) e Lüning *et al.* (2019).

Legenda: Sistema de Monção Sul-americana, com o posicionamento relativo da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), durante o verão (Janeiro, a sul do Equador) e inverno (Julho, a norte do Equador), da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e do Modo Anular Sul (MAS). O retângulo em vermelho indica a da área de estudo, influenciada pela margem sul do Sistema de Monção Sul-Americana, e norte do Modo Anular Sul.

No cenário oposto, as fases de *La Niña* são ocasionadas pela atenuação dos ventos alísios, formação de correntes de ressurgência na margem oeste do continente Sul-Americano e o decorrente resfriamento do Oceano Pacífico Equatorial, o que

provoca a diminuição de chuvas na Planície Costeira (1000 a 1200 mm/ano). A partir da combinação do *El Niño* Oscilação Sul com o Modo Anular Sul, eventos de seca podem ser mais ou menos frequentes e intensos na área de estudo (Schossler *et al.*, 2018).

As oscilações climáticas dos últimos 1000 anos causaram períodos anômalos, como a Anomalia Climática Medieval (Novello *et al.*, 2016; Lüning *et al.*, 2019), o Período de Aquecimento Acentuado (Neukom *et al.*, 2014), a Pequena Idade do Gelo (Neukom *et al.*, 2014; Novello *et al.*, 2016) e o período de Polos Frios e Trópicos Úmidos (Mayewski *et al.*, 2004). A Anomalia Climática Medieval e a Pequena Idade do Gelo são relacionadas ao deslocamento da Zona de Convergência Intertropical e Zona de Convergência do Atlântico Sul (Novello *et al.*, 2016; Lüning *et al.*, 2019) e teriam ocasionado, respectivamente, mais e menos chuvas no continente Sul-Americano. O período de Polos Frios e Trópicos Úmidos é associado à expansão de civilizações (Mayewski *et al.*, 2004).

### 1.3 Influência do clima na dinâmica de dunas eólicas

Sistemas deposicionais eólicos costeiros possuem comportamento cíclico, controlado por variações do nível relativo do mar, oscilações climáticas, nível do lençol freático, topografia e atividades antrópicas (Tomazelli *et al.*, 2008; Martinho *et al.*, 2008; 2010; Hesp, 2013). Assim, o interesse no clima ocorre pela precipitação e velocidade do vento serem fatores influentes na reativação/estabilização de dunas eólicas na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (*e.g.* Martinho *et al.*, 2010; Dillenburg *et al.*, 2017).

Na atualidade, os campos de dunas da Planície Costeira passam por uma fase de estabilização, que é expressada através do aumento de cobertura vegetal e expansão de áreas úmidas – como produto de mais chuvas e diminuição no potencial de deriva do vento (Martinho *et al.*, 2010). Em um comportamento cíclico, as dunas oscilam entre ativação e estabilização. Conforme há o aumento de chuvas e diminuição da velocidade do vento, há menor erosão eólica, menor disponibilidade de areia na área fonte e consequente menor movimentação de areia. Assim, o sistema se torna estável.

Com diminuição das chuvas e aumento da velocidade do vento, o sistema se torna ativo.

O comportamento cíclico pode expor sistemas mais antigos, anteriormente vegetados, e os reativar (Hesp, 2013). Assim, um sistema de dunas estável serve de área fonte para um sistema mais recente. Essa relação foi observada nas dunas da Praia do Cassino que se desenvolveram nos últimos 4.000 anos (Dillenburg *et al.*, 2017), com reativações associadas a condições climáticas áridas, intercaladas com períodos de maior umidade.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização do sítio Fazenda José Pedro Legermann (RS-LS-45)

O sítio arqueológico estudado está localizado na margem sudoeste da Laguna dos Patos, no estado do Rio Grande do Sul, sul do território brasileiro. Compreende a um núcleo de dunas de área próxima a 0,35 km<sup>2</sup> e eixo mais longo orientado na direção NE-SW. O local dista 290 km de Porto Alegre, capital do estado, e o seu principal acesso ocorre pela RS-471 (Figura 1.C), que liga as cidades de Pelotas e Rio Grande. Posteriormente, o deslocamento ocorre por estrada vicinal rumo ao Leste. O sítio Legermann (RS-LS-45) está localizado a 2 km do sítio Soares (RS-RG-02), local onde foram obtidas as datações para ocupações indígenas na área do Povo Novo.

### 2.2 Dados de campo

Entre os anos de 2018 e 2019, anteriormente à pandemia de *Corona Virus Disease* (COVID-19), deu-se início ao projeto de pesquisa “Análise sedimentológica e estratigráfica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul na região Sul do Estado”, com o estudo das dunas do sítio arqueológico Fazenda José Pedro Legermann (RS-LS-45; ver Figura 1.C). Nos trabalhos de campo foram descritos os perfis estratigráficos, coletados dados sedimentológicos, feitos os registros fotográficos, a amostragem (em média, 1 kg de sedimentos) e a medição de paleocorrentes em estruturas sedimentares. A



coleta de amostras ocorreu em pontos demarcados em um trajeto linear, na borda Sudeste do núcleo de dunas, sendo elas armazenadas em sacos plásticos e nomeadas com o sufixo "PN".

### 2.3 Análise faciológica

As amostras de sedimentos coletadas em campo foram levadas ao Laboratório de Sedimentologia e Geoquímica (LaSedGeoq), da Universidade Federal de Pelotas, onde ocorreram as análises de peneiramento e inspeção em estereomicroscópio. A preparação das amostras consistiu em: secagem em estufa durante 24 horas sob temperatura de 60°C; fracionamento em quarteador inox (tipo *Jones*) até o peso aproximado de 200g; e desagregação de agregados com almofariz e pistilo cerâmico. Foram separados 100g de sedimentos em balança de precisão e submetidos ao processo de peneiramento, em um agitador eletromagnético dotado de peneiras e malhas metálicas e sintéticas, por 10 minutos cronometrados pelo aparelho.

Os exemplares foram fracionados em areia grossa (diâmetro ( $d$ )  $\geq 0,5$  mm), areia média ( $d < 0,5$  mm e  $\geq 0,25$  mm), areia fina ( $d < 0,25$  mm e  $\geq 0,125$  mm), areia muito fina ( $d < 0,125$  mm e  $\geq 0,063$  mm) e silte com argila ( $d < 0,063$  mm). O sedimento represado em cada peneira foi recolhido cuidadosamente e submetido a pesagem tripla. Por fim, os resultados foram tabulados em planilhas eletrônicas para obtenção dos valores resultantes por meio de média simples.

A outra parte da fração quarteada e não peneirada foi analisada em estereomicroscópio com ampliação de 180 vezes. Nesta fase foram aferidos conteúdo de matriz, grau de seleção, arredondamento e esfericidade dos sedimentos. Estes resultados, associados às descrições de campo, embasaram a identificação das fácies sedimentares que receberam nomenclaturas em siglas conforme suas características (Tucker, 2003). O exame culminou em interpretar as propriedades sedimentológicas e a sucessão vertical de fácies, com o objetivo de estipular os processos sedimentares formadores (Walker, 1992).

## 2.4 Paleocorrentes e ventos atuais

Os dados de paleocorrentes foram coletados em estratificações cruzadas das paleodunas com bússola *Brunton*, declinada em  $-17^\circ$ . A coleta dos rumos de migração de dunas atuais ocorreu em *home office*, com a utilização do programa livre QGIS 3.14©, através do traçado de linhas ortogonais às cristas dunares observadas em imagem de satélite. A imagem usada decorreu da fusão de bandas espectrais e pancromática do CBERS 04A, com resolução espacial de 8 metros, confeccionadas pelo satélite no dia 7 de abril de 2020. Os dados de paleoventos e migração de dunas foram destinados a planilhas eletrônicas, para posterior geração e interpretação de diagramas de roseta no programa livre *Openstereo* © (GROHMANN *et al.*, 2011).

## 2.5 Análise do paleoclima

Revisões bibliográficas almejaram compreender o cenário paleoclimático associado às ocupações da tradição indígena guarani no entorno do local pesquisado. Para averiguar as relações entre clima e permanência indígena, a análise uniu os seguintes dados em uma linha do tempo:

- Reconstruções paleoclimáticas referentes ao Sistema de Monção Sul-Americana (Novello *et al.*, 2016) e Modo Anular Sul (Abram *et al.*, 2014);
- ii. Períodos climáticos anômalos, neste caso a Anomalia Climática Medieval (Lünning *et al.*, 2019), o Período de Aquecimento Acentuado (Neukom *et al.*, 2014), o período de Polos Frios e Trópicos Úmidos (Mayewsky *et al.*, 2007) e a Pequena Idade do Gelo (Neukom *et al.*, 2014; Novello *et al.*, 2016; Lünning *et al.*, 2019); e
- iii. Datações de  $C^{14}$  referentes à permanência indígena no local, onde foram utilizadas informações do sítio Soares (RS-RG-02), localizado aproximadamente 2 km ao Norte do sítio Legermann. As datações consistem em  $890 \pm 40$  (SI 1.190; Naue, 1973 apud Carle, 2002),  $580 \pm 50$  (Beta 64560) e  $510 \pm 60$  anos AP (Beta 64248; Carle, 2002) e inseridas no gráfico com 1950 AD como marco zero, em decorrência da escala de anos AP.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

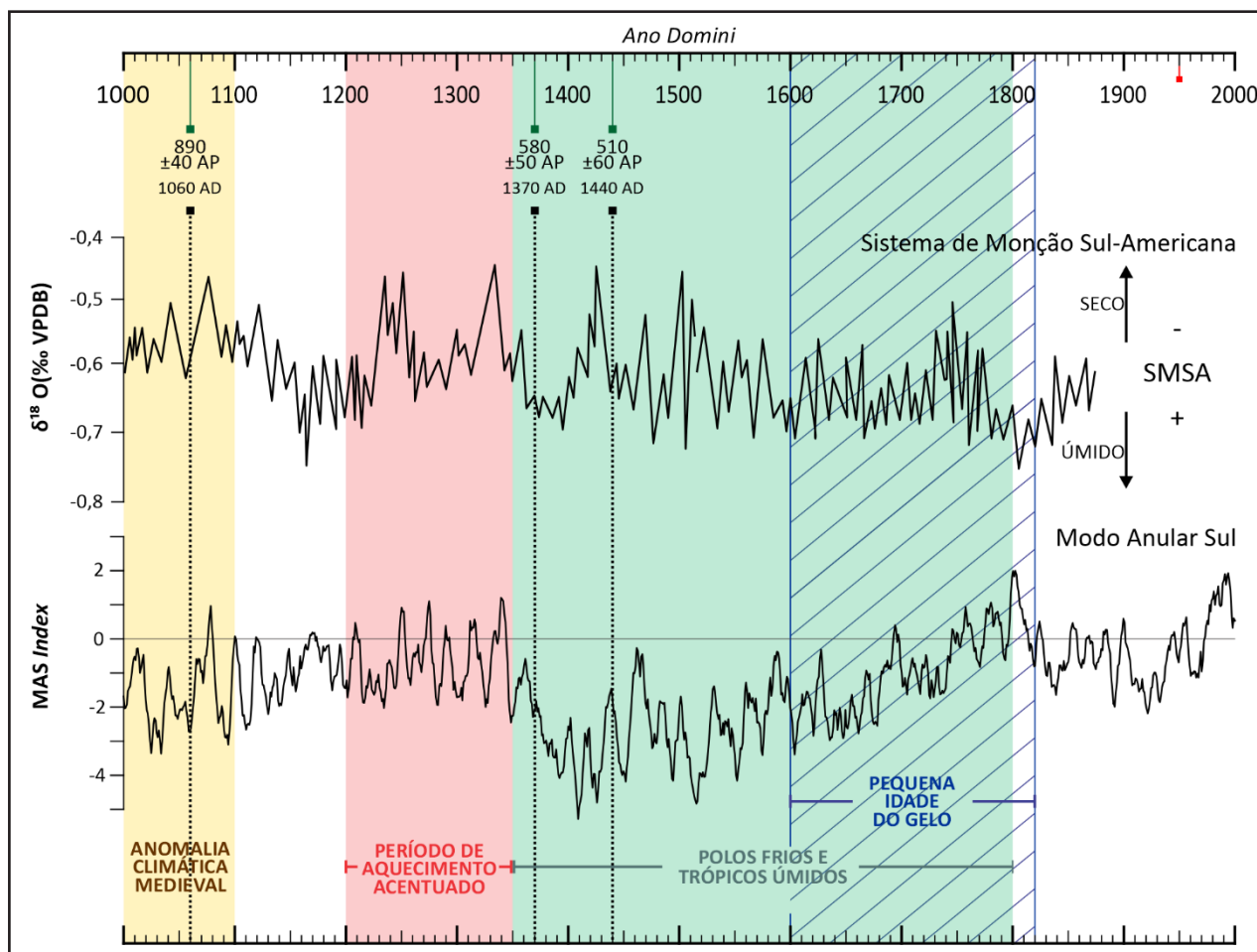
O local de pesquisa foi estudado sob uma perspectiva arqueológica na década de 1970 e no início dos anos 2000 (*e.g.* Naue, 1973 apud Carle, 2002; Carle, 2002). Atualmente, trabalhos que usam a abordagem geoarqueológica não foram desenvolvidos para sítios da tradição guarani. Pelas atuais pesquisas apresentarem um caráter especulativo (Milheira, 2014), as discussões a seguir almejam adicionar às interpretações arqueológicas o estudo de fácies sedimentares, de modo a melhorar o entendimento das relações estratigráficas de um dos sítios do Povo Novo.

Os resultados e discussões deste trabalho serão apresentados de acordo com a sua escala. Primeiramente, na subseção 3.1, serão relatados e discutidos os resultados de abrangência regional, que consistem nos contextos climáticos associados às ocupações indígenas na área do Povo Novo, de modo a identificar os climas relativos às suas ocupações. Após, na subseção 3.2, serão apresentados e debatidos os resultados de estratigrafia e sedimentologia. Na subseção 3.3, será apresentada a associação de fácies, com a identificação dos paleoambientes e, por fim, na subseção 3.4 será demonstrado o modelo evolutivo do sítio Fazenda José Pedro Legermann (RS-LS-45), com a integração do paleoclima e dos paleoambientes.

#### 3.1 Ocupações guaranis e contextos climáticos

O cruzamento das datações de  $C^{14}$  para ocupações indígenas, coletadas em Carle (2002), com os dados de paleoclima, obtidos em Mayewsky *et al.* (2007), Abram *et al.* (2014), Neukom *et al.* (2014); Novello *et al.* (2016) e Lünning *et al.* (2019), resultou em uma linha do tempo (eixo horizontal na Figura 3), entre 1000 a 2000 AD. No eixo vertical são apresentadas as oscilações associadas às datações de permanência da tradição guarani na região do Povo Novo, e em faixas coloridas/hachurada os Períodos Climáticos Anômalos selecionados para análise (Figura 3).

Figura 3 – Resultado do cruzamento de reconstruções paleoclimáticas com datações de  $C^{14}$  para permanência da tradição indígena guarani na área do Povo Novo.



Fonte: MAYEWSKY *et al.* (2007); Abram *et al.* (2014); Neukom *et al.* (2014); Novello *et al.* (2016); Lünning *et al.* (2019).  
 Legenda: O gráfico apresenta o Sistema de Monção Sul-Americana e Modo Anular Sul. Ao fundo, em cores, apresenta os períodos Anomalia Climática Medieval no Hemisfério Sul, o Período de Aquecimento Acentuado, Polos Frios e Trópicos Úmidos e Pequena Idade do Gelo com preenchimento hachurado em linhas paralelas.

A datação mais antiga, de  $890 \pm 40$  anos AP, ou 1060 AD, coincide com os seguintes eventos: Período de Anomalia Climática Medieval (ver faixa em amarelo na figura 3); Sistema de Monção Sul-Americana em uma região do gráfico com tendência inicial para valores mais positivos; e Modo Anular Sul em um pico negativo.

Já a segunda datação, de  $580 \pm 50$  anos AP, ou 1370 AD, e a terceira, de  $510 \pm 60$  anos AP, ou 1.440 AD, se encaixam nos episódios: de Polos Frios e Trópicos Úmidos, sinalizado pela faixa verde na figura 3; Sistema de Monção Sul-Americana em oscilação

positiva, ambos em regiões com tendências negativas expressas no gráfico; e Modo Anular Sul em oscilação negativa nas duas datações, porém mais negativa para a datação de  $580\pm50$  anos AP e menos negativa para  $510\pm60$  anos AP.

A ocupação ocorrida em  $890\pm40$  anos AP (1060 AD) coincidiu com o período de Anomalia Climática Medieval, Sistema de Monção Sul-Americana em oscilação positiva e Modo Anular Sul em oscilação negativa. A Anomalia Climática Medieval, para a América do Sul, correspondeu a um período de maior insolação (Lünning *et al.*, 2019). A insolação teria como consequência a ampliação da abrangência do Sistema de Monção Sul-Americana para porções periféricas (Novello *et al.*, 2016) – como é o caso da posição geográfica do Rio Grande do Sul – o que ocasionaria mais chuvas na área dos sítios arqueológicos. Já o Modo Anular Sul, em oscilações negativas, proporcionou maior umidade para a região que engloba o local analisado (Abram *et al.*, 2014).

A Anomalia Climática Medieval teve predominância de fases de *El Niño* na América do Sul (Lünning *et al.*, 2019), o que implicou em maiores precipitações na região dos sítios (Matzenauer *et al.*, 2018; Schossler *et al.*, 2018). Quando fases de *El Niño* são associadas ao Modo Anular Sul em oscilação negativa, ocorre a atenuação de eventos de aridez na região (Schossler *et al.*, 2018). Portanto, o clima associado à primeira ocupação da tradição guarani foi predominantemente mais úmido.

Por ter sido um clima mais úmido, é razoável propor a manutenção de sistemas fluviais, lagunares e lacustres, bem como melhores condições para plantio. A primeira ocupação guarani na margem sudoeste da Laguna dos Patos refletiria um processo de expansão territorial ou um reconhecimento de terras a serem ocupadas no futuro, conforme aponta Milheira (2014). A expansão territorial foi, portanto, um processo que teria se beneficiado das configurações climáticas da Anomalia Climática Medieval.

A segunda e a terceira datação de ocupações indígenas na área do Povo Novo são vistas por Milheira (2014; 2019) como um intervalo de aglutinação litorânea na margem sudoeste da Laguna dos Patos. O período em questão é formulado com base em sítios de outros locais da margem lagunar, ao norte da cidade de Pelotas, que

possuem datações de C<sup>14</sup> semelhantes às obtidas por Carle (2002) para a região do Povo Novo.

A aglutinação coincidiu com o período de Polos Frios e Trópicos Úmidos, visto por Mayewski *et al.* (2004) como associado à expansão de civilizações. Por volta de 1400 AD (600 anos AP), as condições climáticas foram propícias à aglutinação interpretada por Milheira (2014). Os trópicos mais úmidos fortaleceram a Zona de Convergência Intertropical e a Zona de Convergência do Atlântico Sul, o que influenciou o Sistema de Monção Sul-Americana a ter oscilações positivas e deslocar umidade para regiões periféricas (Novello *et al.*, 2016; 2017).

O Modo Anular Sul, durante a aglutinação, apresentou sua maior oscilação negativa naquele período, e gerou maior umidade para a América do Sul (Abram *et al.*, 2014). Desta forma, teria contribuído também para a permanência nos acampamentos e aldeias litorâneas que ocorreram no local, conforme indica Carle (2002), pois este episódio atenua fases de *La Niña* (Schossler *et al.*, 2018).

### **3.2 Fácies sedimentares do sítio arqueológico**

#### **3.2.1 Fácies Bloco e seixo (BSx)**

A sucessão vertical de fácies do sítio arqueológico Fazenda José Pedro Legermann (RS-LS-45) apresenta uma camada basal, lateralmente contínua, definida como pleistocênica indiferenciada (Figura 4.A e 4.B). Acima, em cota de 10 metros de altitude, em três pontos levantados, ocorre a fácies Bloco e Seixo (BSx; Figura 3), composta por sedimentos de granulometria bloco (cerâmicas indígenas), seixo (cerâmicas indígenas e ossos) e grânulo quartzo-feldspático (com grânulos de carvão; Figura 4.C e 4.D), suportados por matriz areia fina (Figura 4.E). Os clastos são muito pobremente selecionados, muito angulosos, de textura e mineralogia imaturas.



Figura 4 – Aspectos de campo da fácies BSx



Fonte: Autores (2022).

Legenda: A e B. Camada pleistocênica indiferenciada; C e D. Sobreposição da fácies BSx a camada pleistocênica indiferenciada. A linha tracejada (C) indica o contato erosivo, e a seta branca (D) aponta grânulos de carvão e sedimentos quartzo-feldspáticos que acompanham seixo de cerâmica indígena; E. Afloramento em superfície interdunar com blocos de cerâmica; F. Bloco de cerâmica soterrado em matriz arenosa fina com estratificação maciça, indicado pela seta branca.

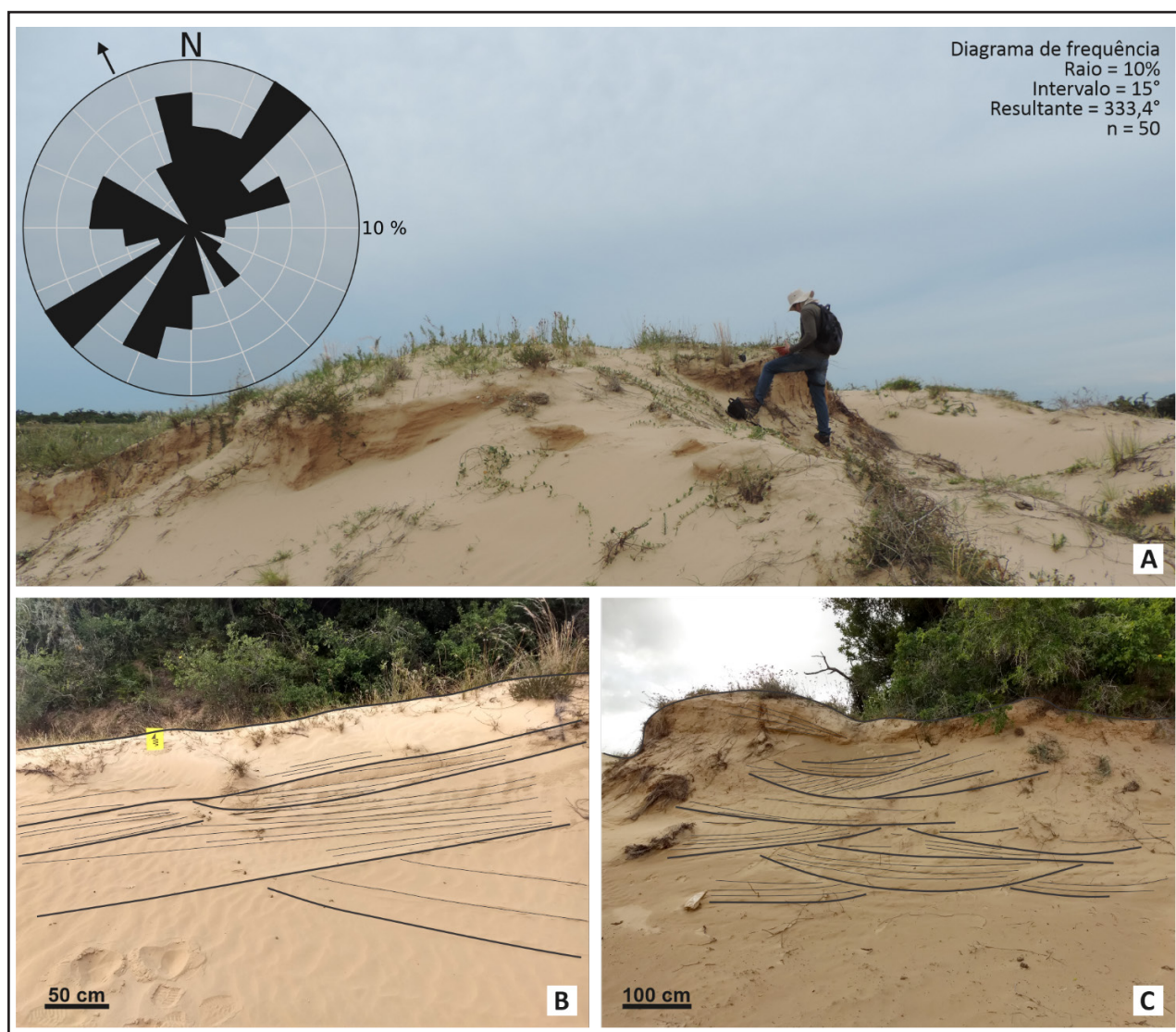
### 3.2.1.1 Interpretação

A imaturidade textural da fácies BSx é um indicativo de proximidade à área fonte (Folk, 1951). O fato do bloco de cerâmica estar soterrado em alguns pontos (Fig. 4.C, 4.D e 4.F) sugere uma remobilização natural através da erosão de outras áreas. As características sedimentológicas, a discordância erosiva basal e a pontualidade de ocorrências da fácies no sítio completam evidências de eventos erosivos pela ação da

água, episódicos, com deposição de uma camada lateralmente descontínua. Com topo erodido, a BSx é sobreposta pelos sedimentos da fácies Areia fina em estratificação cruzada.

### 3.2.2 Fácies areia fina em estratificação cruzada (Afec)

Figura 5 – Aspectos de campo e medidas de paleoventos da fácies Afec



Fonte: Autores (2022).

Legenda: A. Estratificação cruzada tangencial na base em monte residual, com diagrama de rosetas resultante para as 50 medidas de paleoventos coletadas; B e C. Estratificações cruzadas acanaladas e tangenciais na base (ver estratificação cruzada de baixo ângulo na figura 3.A, sobre fácies BSx).

A fácies Afec possui espessura média de até 4 m e seu topo é limitado por uma discordância erosiva sinuosa. É constituída por areia fina a média quartzosa, brilho



vítreo, moderadamente selecionada, com grãos arredondados, textura madura, mineralogia supermatura e esfericidade alta. Apresenta estratificações cruzadas de baixo ângulo, tangenciais na base e acanaladas (Figura 5.B e 5.C). As estruturas da fácies Afec contém paleocorrentes distribuídas em três grupos (Figura 5.A): o primeiro para N e NE, o segundo para SE e o terceiro para SW e NW. A direção resultante do diagrama é 333° Az (NNW-SSE), representada pela seta preta no quadrante NW.

Os resultados de peneiramento (amostras PN-04 e PN-12) indicam composição de 75 a 78% de areia fina, 15 a 23% de areia média e 3,9 a 5,84% de areia muito fina. As frações areia grossa (0,2 a 0,37%) e silte com argila (0,08 a 0,6%) representam valores não significativos para a totalidade das amostras.

### 3.2.2.1 Interpretação

As características texturais da fácies Afec indicam um sistema deposicional de alta energia (Folk, 1951) e as estratificações cruzadas são típicas de dunas de cristas transversais sinuosas (Giannini *et al.*, 2008; Brookfield; Silvestro, 2010). Portanto, as estruturas são indicativas da movimentação de dunas reliquias, que foram fixadas e hoje preservam-se em montes residuais que são erodidos pelo vento e geram uma superfície erosiva sinuosa nos topos dos afloramentos.

Os sedimentos de aspecto vítreo da fácies Afec são produto de pouco transporte eólico, pois a ação do vento atribuiria superfície fosca aos grãos (Giannini *et al.*, 2008; Brookfield; Silvestro, 2010). O grau de seleção moderado e os resultados de granulometria das amostras revelam processos de transporte distintos dentro do sistema.

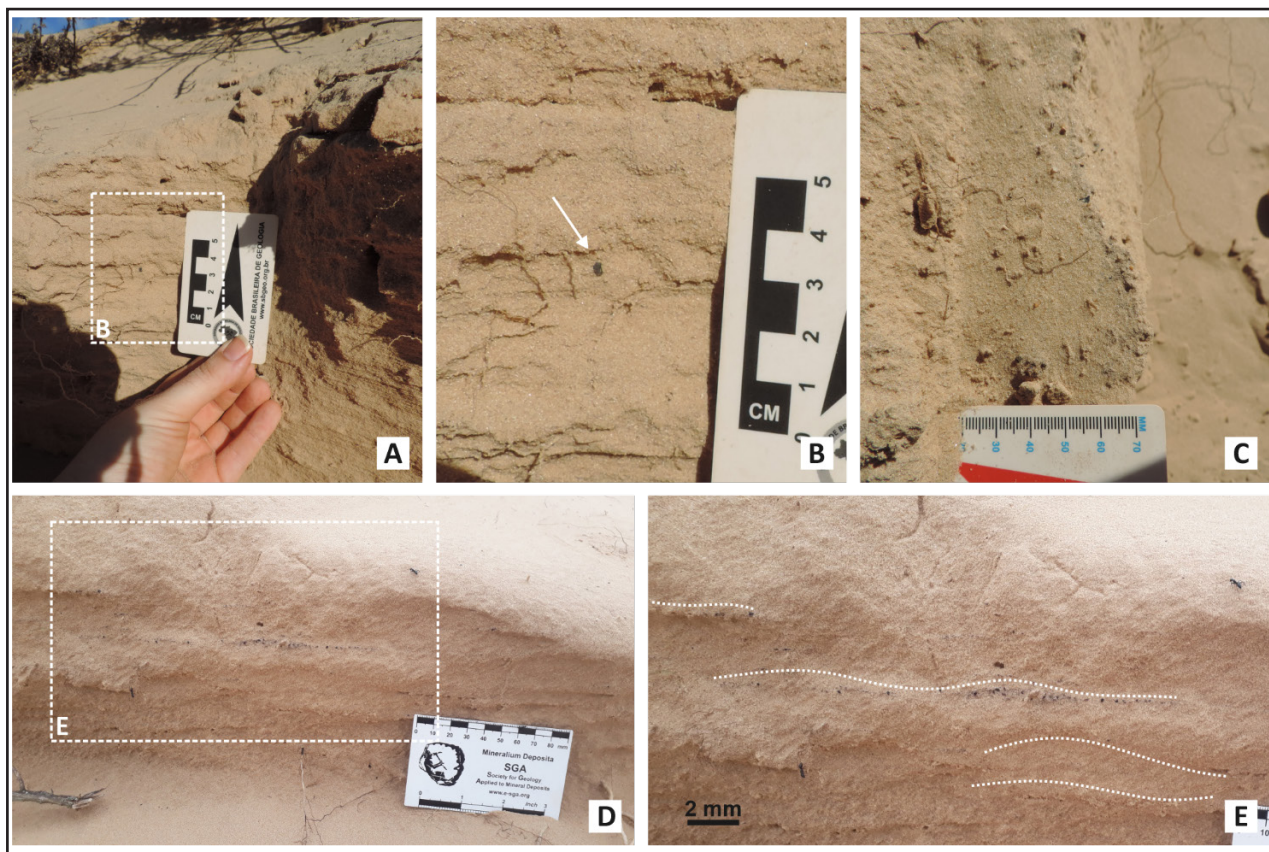
Sedimentos em tamanho areia fina são preferencialmente transportados por saltação; enquanto que o tamanho areia média é, em geral, transportado por tração e rolamento, com exigência de mais energia do vento para serem deslocados (Giannini *et al.*, 2008). A fácies Afec possui, em média, 76,5% de areia fina e 19% de areia média. Assim, a presença de 19% de areias médias indica a atuação de um vento mais

competente, de modo a ter realizado o transporte desta granulometria.

### 3.2.3 Fácies Areia fina laminada com carvão (Aflc)

Lateralmente aos estratos da Afec, ocorre a fácies Areia fina laminada com carvão (Aflc) em camadas de 15 a 20 cm, de topos erodidos e geometria tabular. Ela consiste em sedimentos de tamanho areia fina a muito grossa, quartzosa, brilho vítreo, com grãos grossos de carvão vegetal, pobremente selecionada, grãos subangulosos a subarredondados, textura e mineralogia submatura e esfericidade mista (alta e baixa).

Figura 6 – Aspectos de campo da fácies Aflc



Fonte: Autores (2022)

Legendas: A e B. Laminação marcada por bimodalidade granulométrica, com grão de carvão vegetal indicado pela seta branca; C. Topo da camada com laminação bimodal, onde há a presença de sedimentos em tamanho areia grossa e grãos grossos de carvão; D e E. Laminação ondulada destacada pela presença de grãos de carvão.

A fácies Aflc apresenta laminação plano-paralela marcada por bimodalidade

granulométrica (Figura 6.A a 6.C) e laminação ondulada ressaltada por grãos de carvão (Figura 6.D e 6.E). O peneiramento da fácies Aflc (amostra PN-08) indica composição de 75% de areia fina, 18% de areia média e 6% de areia muito fina. As frações areia grossa e silte com argila são desconsideráveis nos exemplares analisados (0,3 e 0,2%, respectivamente).

### 3.2.3.1 Interpretação

A predominância de areias finas na amostra da fácies Aflc simboliza um ambiente de alta energia (Folk, 1951). No entanto, por ter textura e mineralogia submaturas, é possível que simbolize áreas de menor energia dentro de um sistema deposicional dominado por areias finas. As laminações da fácies Aflc são resultado da sedimentação em um sistema eólico. No caso da laminação ondulada, essa é o produto de marcas onduladas assimétricas, que são produzidas por processos de saltação (Mountney, 2006), enquanto as laminações marcadas por bimodalidade granulométrica refletem um ambiente eólico de alta energia (Fryberger; Schenk, 1988).

Os sedimentos de aspecto vítreo da fácies Aflc, assim como os da fácies Afec, são indicativos de pouco transporte eólico (Giannini *et al.*, 2008; Brookfield; Silvestro, 2010), e a presença de 18% de areias médias revela vento competente ao transporte, por meio de tração e rolamento (Giannini *et al.*, 2008). A presença de grão de carvão é um indicativo do retrabalhamento de materiais arqueológicos dentro do sistema eólico.

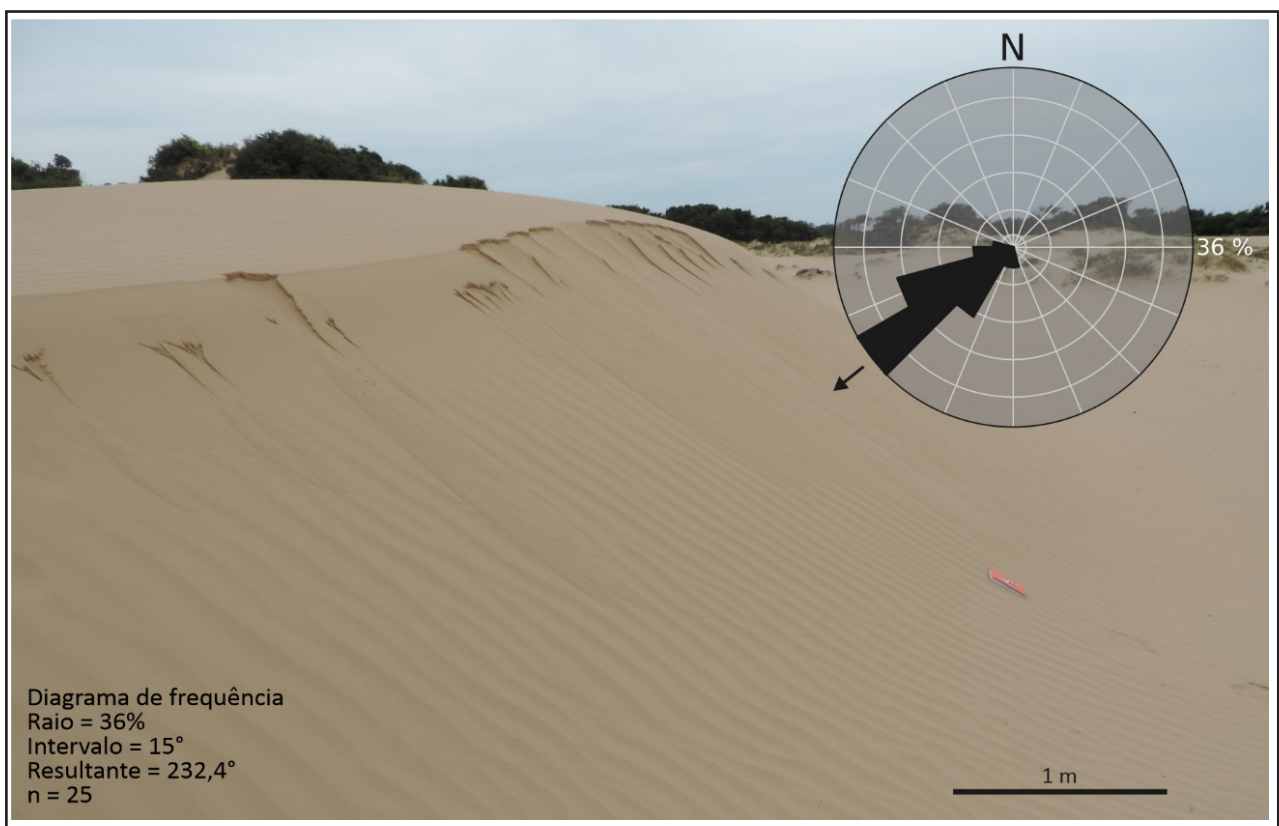
### 3.2.4 Areia fina em duna ativa (Afda)

A última fácies observada no sítio arqueológico Fazenda José Pedro Legermann (RS-LS-45) foi denominada de Areia fina em duna ativa (Afda). A Afda é composta por areia fina quartzosa, brilho fosco, muito bem selecionada, grãos bem arredondados, textura e mineralogia supermaturas e esfericidade alta. Em largas acumulações, os sedimentos da fácies Afda geram dunas móveis de cristas transversais ao vento

predominante (Figura 7), de 1 a 3 metros de altura. As dunas ativas da fácies Afda possuem migração expressa em um grupo (Figura 7). As medidas são concentradas rumo SW, com resultante para  $232^{\circ}$  Az.

Os resultados de peneiramentos (amostras PN-01, PN-02, PN-03, PN-06, PN-09, PN-13) demonstram composição de 85 a 94% de areia fina, 1,9 a 8,45% de areia média e 3,4 a 11% de areia muito fina. Os teores de areia grossa (0,01 a 0,3%) e silte com argila (0,01 a 0,6%) não são significativos nos exemplares analisados.

Figura 7 – Aspectos de campo e rumo de migração da fácies Afda



Fonte: Autores (2022)

Legenda: Duna ativa de crista sinuosa. No canto superior direito, diagrama de roseta resultante para 25 medidas de migração de dunas.

### 3.2.4.1 Interpretação

A fácies Afda representa um ambiente de sedimentação eólico ativo que desenvolve dunas móveis. Suas características texturais são indicativos de alta energia, onde seus sedimentos foram e estão sendo retrabalhados por mais tempo (Folk, 1951).



O aspecto superficial fosco dos grãos desta fácies corrobora com a interpretação de maior retrabalhamento dos grãos, pois demonstra maior tempo de transporte em meio eólico (Giannini *et al.*, 2008; Brookfield; Silvestro, 2010). A mineralogia e a textura supermaturas, caracterizadas pela predominância de areias finas na fácies, revelam o predomínio de processos de saltação (Giannini *et al.*, 2008).

Dunas de cristas transversais sinuosas são morfologias dunares conhecidas na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (ver Tomazelli, 1993; Tomazelli *et al.*, 2008; Martinho *et al.*, 2010). A resultante do diagrama de roseta para SW (232° Az, ver Figura 6), referente aos rumos de migração das dunas ativas, demonstra a influência de ventos do quadrante NE para a área de estudo.

### **3.3 Associação de fácies e paleoambientes**

A estratigrafia do sítio José Pedro Legermann (RS-LS-45) tem a base representada pela fácies BSx (Fig. 8), com propriedades sedimentológicas que indicam a erosão de área fonte próxima do local de deposição. A presença dos remanescentes arqueológicos permite correlacioná-la à ocupação indígena, que foi reconhecida na área do Povo Novo na década de 1970, conforme aponta Carle (2002). No sítio Fazenda Soares, localizado a 2 km do sítio Legermann (Fig. 1), Naue (1973 *apud* Carle, 2002) descreveu a forma de ocorrência de materiais arqueológicos que forneceram as datações mais antigas da presença indígena na região:

O material arqueológico aflora na superfície das depressões, entre as dunas movediças, em geral, abaixo do nível da camada de ocupação, quase sempre destruída pela deflação eólica. (Naue, 1973 *apud* Carle, 2002, p. 8).

Lê-se que os afloramentos se associam às interdunas, abaixo do nível da camada de ocupação que é frequentemente danificada pela erosão eólica. A fácies BSx, produto da erosão de áreas fontes proximais, é correlata aos afloramentos localizados abaixo da camada de ocupação, uma vez que apresenta indícios da remobilização dos remanescentes arqueológicos, como a cerâmica soterrada e a presença de grânulos

(Fig. 4.C a 4.F).

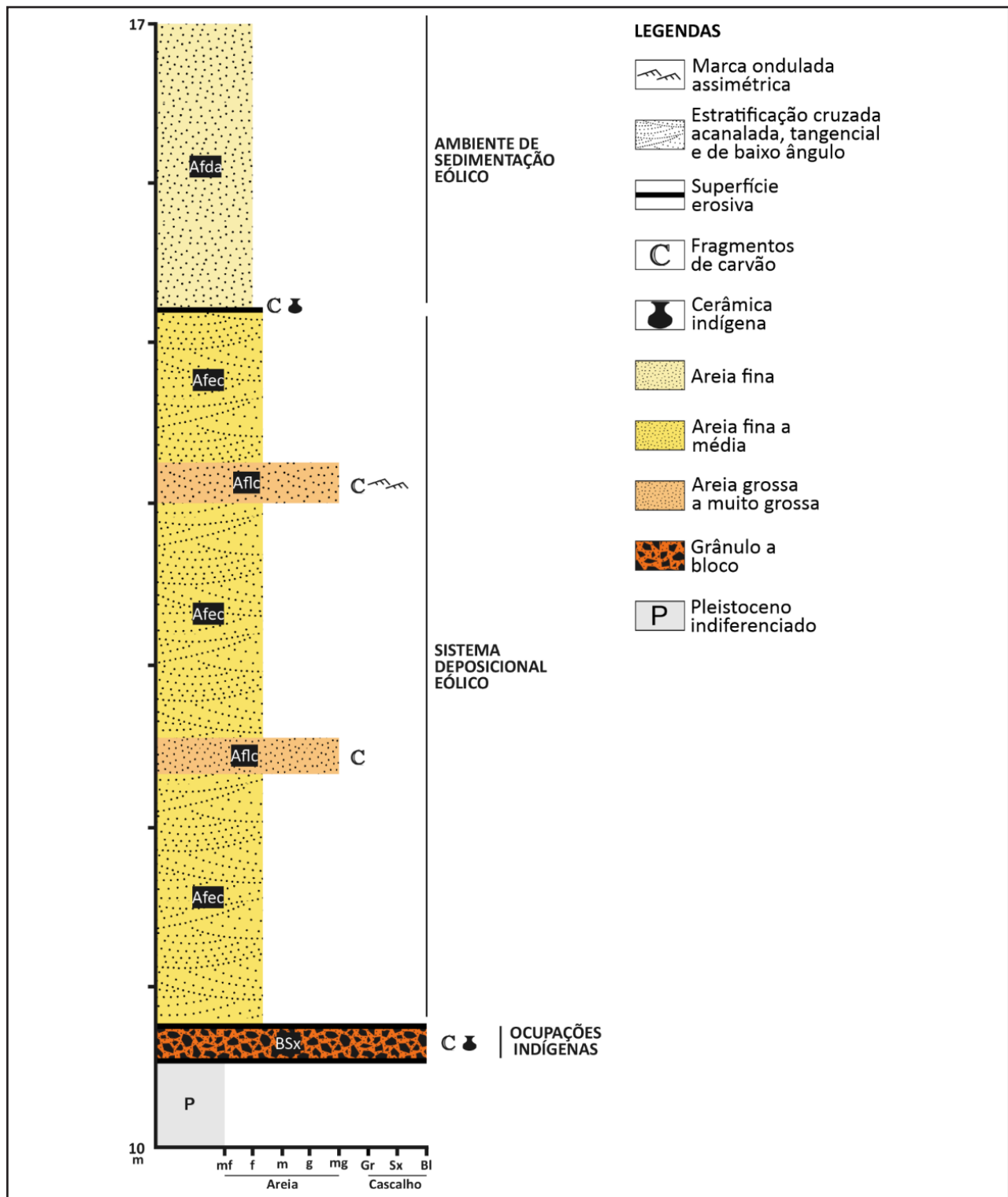
A existência de estratificações da fácies Afec sobre a fácies BSx revelam a sobreposição da atividade eólica (Fig. 4.C), o que é relacionado aos materiais localizados em interdunas (depressões entre as dunas movediças), e à atividade eólica de caráter migratório, que expõem e recobre os remanescentes arqueológicos. Assim, a fácies BSx, correlata às descrições de Naue (1973), demonstra a primeira ocupação humana que teria ocorrido na área, em  $890 \pm 40$  anos AP ou 1060 AD.

Sobreposta à fácies BSx, em uma discordância erosiva, existem as fácies Afec e Aflc (Fig. 8). As suas características texturais e estruturais revelam a ocorrência de um sistema deposicional eólico que migrou sobre os remanescentes arqueológicos da primeira ocupação.

As paleocorrentes do sistema deposicional eólico demonstram migração sob um regime semelhante ao atual. No diagrama de rosetas da fácies Afec (Fig. 5.A), as medidas são concentradas na direção NE-SW. A presença de vetores oriundos do quadrante NE é compatível com estudos do clima (ver Tomazelli, 1993; Martinho *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 1997; Bretanha; Kobiyama, 2017; Reboita; Kruche, 2018) para as cidades de Rio Grande e Pelotas. A resultante do diagrama para NW ( $333^\circ$  Az) pode ser entendida como influência da coleta de dados em dunas residuais, que são preservadas paralelamente ao sentido de migração (NE-SW), e na área do sítio apresentam mergulho para NW e SE.

Ao considerar que os ventos que depositaram as dunas mais antigas são semelhantes aos atuais, é possível destacar o papel dos modos de variabilidade climática analisados, como o Sistema de Monção Sul-Americana, o Modo Anular Sul e *El Niño* Oscilação Sul para a dinâmica de dunas eólicas no local. Também é viável realizar uma correlação entre estes sistemas e o processo de reativação de dunas no passado.

Figura 8 – Sucessão vertical de fácies sedimentares do sítio arqueológico Fazenda José Pedro Legermann (RS-LS-45)



Fonte: Autores (2022)

Legenda: As marcações no eixo vertical simbolizam 1m. O eixo horizontal é adimensional. Siglas: Amf = Areia muito fina; Af = Areia fina; Am = Areia média; Ag = Areia grossa; Amg = Areia muito grossa; Gr = Grânulo; Sx = Seixo e; Bl = Bloco.

Estudos regionais na Planície Costeira do Rio Grande do Sul sugerem a reativação de dunas mediante períodos climáticos mais secos (Martinho *et al.*, 2010; Dillenburg *et al.*, 2017). Em modelos conceituais, a área fonte pode ser oriunda de sistemas eólicos estabilizados (vegetados), conforme aponta Hesp (2013). Assim, o sistema deposicional eólico que formou as fácies Afec e Aflc e retrabalhou materiais arqueológicos, como é o caso do carvão, seria o produto de reativações ocasionadas por períodos mais secos posteriores à primeira ocupação indígena, ocorrida em 890±40 anos AP ou 1060 AD.

As condições paleoambientais favoráveis à formação de dunas seriam oriundas da combinação do Sistema de Monção Sul-Americana em fase negativa, Modo Anular Sul em fase positiva e *El Niño* Oscilação Sul em fase de *La Niña*. O evento de reativação e migração das dunas sobre a fácies BSx pode ter ocorrido em qualquer momento após a deposição da fácies BSx, inclusive concomitantemente à permanência indígena no local, pois um sistema deposicional eólico, no passado, teria sido semelhante ao atual, com regiões de interdunas e áreas adjacentes vegetadas.

Uma vez que foi constatada a presença de areias médias no sistema eólico que sobrepõem a fácies BSx e a presença de estruturas sedimentares que indicam a migração de dunas de cristas transversais, o paleoambiente que se desenvolveu após a primeira ocupação indígena seria eólico, com maior velocidade do vento. Após os períodos de atividade, este sistema se tornou estável e é preservado em montes arenosos residuais e vegetados.

É razoável propor que o sistema eólico antigo tenha se estabilizado por um aumento de umidade e diminuição do potencial de deriva do vento, como ocorre atualmente com as dunas da PCRS (Martinho *et al.*, 2010). Ainda, a estabilização do sistema, que teria acarretado a diminuição de dunas móveis no local do sítio, pode ter contribuído para a permanência indígena na área durante o período de aglutinação litorânea interpretada por Milheira (2014).

O sistema deposicional eólico antigo possui uma discordância erosiva no topo das suas camadas, que é gerada por um ambiente de sedimentação eólico ativo (Fig. 8). Estas

areias são oriundas da erosão de depósitos sedimentares mais antigos e este sistema ativo pode ser diretamente associado à dinâmica atual dos campos de dunas da PCRS.

A diminuição de sedimentos em tamanho areia média na fácies Afda, em relação às fácies Afec e Aflc, foi influenciada pelo aumento de umidade e diminuição do potencial de deriva do vento, variáveis climáticas influentes na atual fase de estabilização de dunas na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (Martinho *et al.*, 2010). Com a diminuição do transporte por tração e rolamento, a Afda é depositada pelo transporte majoritário de areia fina por saltação. Assim, a fácies Afda simboliza um ambiente ativo, com ventos menos competentes que o sistema eólico reliquiar, e não um paleoambiente.

As dunas ativas do sítio arqueológico podem ser associadas às dunas presentes no mesmo terraço pleistocênico, em uma região mais a sul, próxima da região da Praia do Cassino. Naquele local, foram constatadas duas reativações de dunas mais recentes (Dillenburg *et al.*, 2017): uma em aproximadamente 220 e outra em 90 anos atrás, como resquícios climáticos áridos da Pequena Idade do Gelo.

Ao observar as reconstruções paleoclimáticas (Fig. 8), a Pequena Idade do Gelo apresentou um dos maiores picos negativos do Sistema de Monção Sul-Americana e positivos do Modo Anular Sul, o que indica um clima mais seco na região. Dada a proximidade com a Praia do Cassino (20 quilômetros de distância), e a geomorfologia regional extremamente plana, é possível ter ocorrido um pico de ativação do ambiente de sedimentação eólico ativo entre 220 e 90 anos em toda a região, não somente no litoral.

Porém, dois fatores devem ser considerados para analisar a ativação de dunas na área do sítio: topografia e área fonte. Dillenburg *et al.* (2017) indicaram que a diferença topográfica das dunas posicionadas acima do substrato pleistocênico (a partir da cota de 10 metros, ver Fig. 1.C) pode ter influenciado no processo de reativação na área do Cassino, por potencializar a ação do vento. Além do mais, as dunas do sítio arqueológico não foram supridas da mesma área fonte que as dunas costeiras da Praia do Cassino e acabam tendo como área fonte o substrato local.

A associação de fácies do sítio arqueológico Fazenda José Pedro Legermann demonstrou paleoambientes que oscilaram entre climas mais úmidos/secos, com variações no potencial de deriva do vento. Uma vez que se está analisando um depósito sedimentar que possui a influência antrópica, é necessário, também, considerar as interferências que podem ser geradas pelos humanos.

Tabela 1 – Paleoambientes do sítio arqueológico Fazenda José Legermann (RS-LS-45)

<b>Fácies</b>	<b>Descrição</b>	<b>Estrutura</b>	<b>Interpretação</b>	<b>Paleoambiente</b>
Bloco e seixo (BSx)	Blocos (cerâmicas), seixos (cerâmicas e ossos) e grânulos (quartzo e feldspato), de textura e mineralogia imaturas	Ausente	Erosão da camada de ocupação	Mais úmido, associado à ocupação indígena durante a Anomalia Climática Medieval
Areia fina em estratificação cruzada (Afec)	Areia fina a media, vítrea, de textura e mineralogia maduras	Cruzadas acanaladas e tangenciais na base	Migração de dunas reliquias	Sistema deposicional eólico
Areia fina laminada com carvão (Aflc)	Areia fina a muito grossa (grãos de carvão), textura e mineralogia submaturas	Laminações plano-paralela e ondulada	Migração de dunas reliquias	Sistema deposicional eólico
Areia fina em duna ativa (Afda)	Areia fina, fosca, de textura e mineralogia supermaturas	Duna transversal	Migração de dunas ativas	Ambiente de sedimentação eólico ativo

Fonte: Autores (2023)

Neste caso, os depósitos da fácies BSx, embora sejam mais antigos em parâmetros estratigráficos, podem ser pertencentes a ocupações indígenas mais antigas ou mais recentes em relação às conhecidas, ou que ainda não foram datadas. Ou, ainda, pertencentes à aglutinação litorânea. Não obstante às alterações geradas no meio natural pela ocupação humana, os resultados e discussões da associação de fácies e os paleoambientes obtidos são sintetizados na Tabela 1.



### 3.4 Modelo de evolução

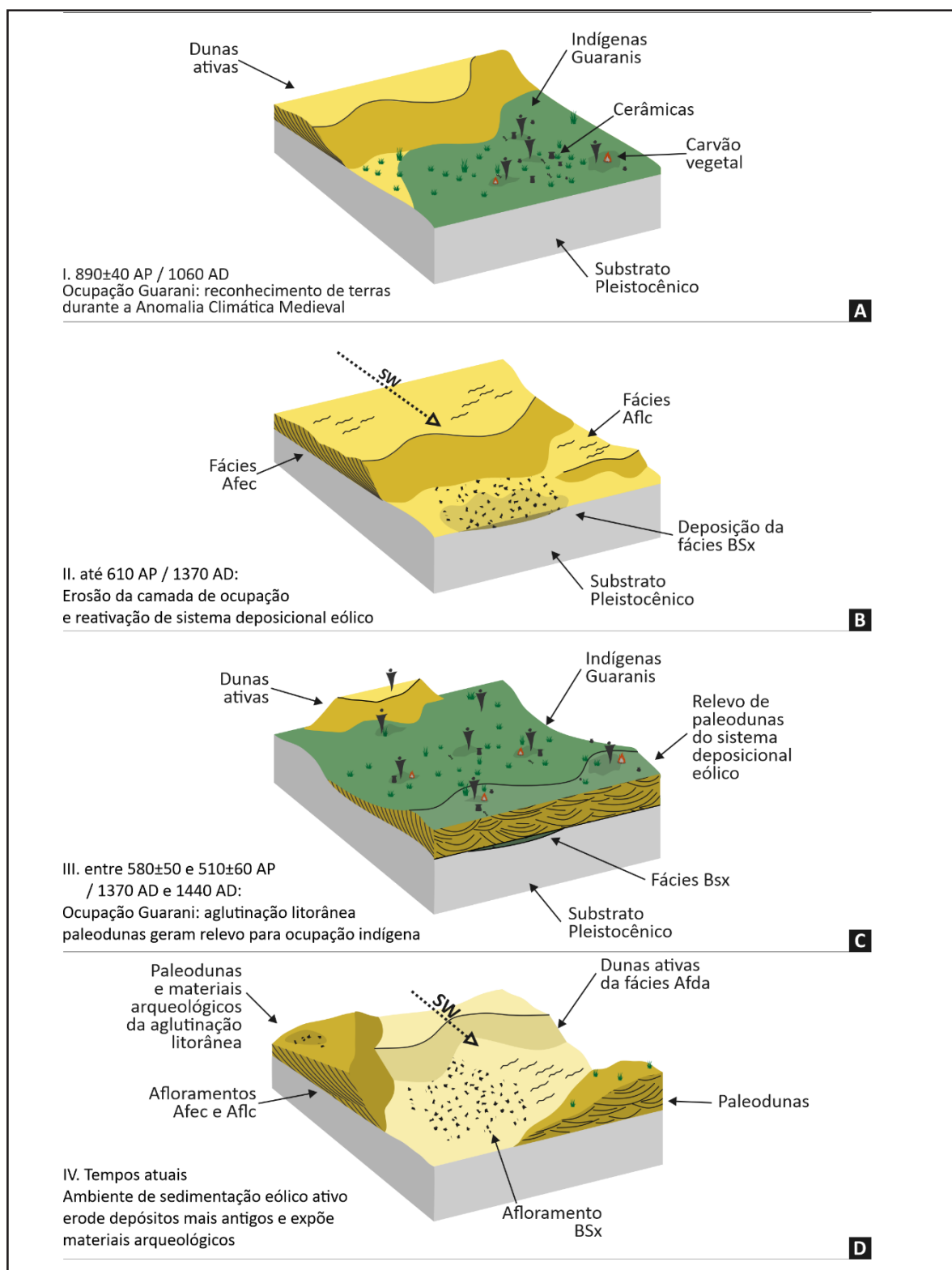
Com base no paleoclima das ocupações indígenas, os paleoambientes encontrados no sítio RS-LS-45 e as características habitacionais dos indígenas guaranis, é proposto, por fim, um modelo evolutivo. O modelo considera quatro estágios de evolução para o local pesquisado: i. Reconhecimento de terras; ii. Erosão da camada de ocupação; iii. Aglutinação litorânea; e iv. Tempos atuais (Fig. 9).

O reconhecimento de terras (i) é interpretado por Milheira (2014), com base em datações de  $C^{14}$  que indicam ocupação indígena na área do Povo Novo em  $890 \pm 40$  anos AP (1060 AD). Foi proporcionado pela Anomalia Climática Medieval, pois os condicionantes climáticos (discussões da subseção 3.1) acarretaram clima mais úmido. Neste momento, os indígenas geraram uma camada de ocupação que foi erodida posteriormente.

A erosão da camada de ocupação (ii) é uma fase inferida com base nas análises faciológicas deste trabalho. A remobilização envolveu o deslocamento dos materiais arqueológicos, gerando depósitos que posteriormente foram sobrepostos por um sistema deposicional eólico. Este sistema foi controlado por ventos de maiores velocidades que os atuais (discussões da subseção 3.3), com dunas de cristas transversais e sinuosas, e retrabalhou remanescentes arqueológicos de menor densidade (carvão). Este sistema teria migrado sobre os depósitos erodidos da camada de ocupação entre a primeira ocupação indígena e a fase de aglutinação litorânea.

A Aglutinação Litorânea (iii) é um momento evolutivo interpretado por Milheira (2014), que destaca aglomerações de indígenas ao longo da margem sudoeste da Laguna dos Patos em  $580 \pm 50$  (1370 AD) e  $510 \pm 60$  (1440 AD) anos AP. A aglutinação litorânea foi propiciada pelo período climático de Polos Frios e Trópicos Úmidos, que é visto como responsável pela expansão de civilizações, conforme aponta Mayewsky *et al.* (2007). Neste momento, os guaranis teriam ocupado o relevo fornecido pelo sistema deposicional eólico (fase ii) em estado de estabilização em decorrência de maiores chuvas. É possível, ainda, que as dunas e os guaranis tenham coexistido no mesmo espaço durante a aglutinação litorânea.

Figura 9 – Estágios evolutivos do sítio arqueológico Fazenda José Pedro Legermann



Fonte: Autores (2023)

Legenda: A: Reconhecimento de terras (Milheira, 2014); B: Erosão da camada de ocupação, com o desenvolvimento de um sistema deposicional eólico; C: Aglutinação litorânea, com indígenas ocupando o relevo fornecido pelo sistema deposicional eólico da fase anterior; e D: Reativação de dunas e o ambiente de sedimentação eólico atual.

Por fim, a fase de Tempos Atuais (iv) é um retrato do sítio arqueológico RS-LS-45. Neste cenário, montes residuais oriundos de um sistema deposicional eólico mais antigo (paleodunas) são erodidos pelo vento. Essa erosão gerou um ambiente de sedimentação eólico, que possivelmente foi reativado durante a Pequena Idade do Gelo (1600 a 1820 AD). Hoje, este sistema encontra-se em fase de estabilização, conforme aponta Martinho *et al.* (2010) para outras dunas da planície costeira, e migra sobre depósitos de paleodunas e sobre os remanescentes arqueológicos da tradição guarani.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um estudo geoarqueológico no sítio pré-colonial da tradição indígena guarani Fazenda José Pedro Legermann (RS-LS-45). A análise climática evidenciou que as atuais datações de permanência indígena são correlatas à períodos climáticos mais úmidos. A análise faciológica do sítio revelou a remobilização dos materiais arqueológicos, associados à camada de ocupação, e duas gerações de dunas. A primeira geração de dunas se manifesta através de paleodunas e é preservada através de montes residuais, compostos por areia fina a media, que indicaram ventos mais velozes que os atuais. A segunda geração é visível em dunas ativas, é composta por areia fina e é o produto da erosão eólica das dunas mais antigas em um regime eólico menos veloz.

A principal limitação percebida para o desenvolvimento deste trabalho é o escasso número de datações de permanência indígena na região do Povo Novo. Outro aspecto a ser levado em consideração é que a sedimentologia e estratigrafia do sítio Fazenda José Pedro Legermann (RS-LS-45) deve ser validada em outros sítios, a fim de expandir os resultados e as interpretações para uma escala regional.

Pelo sítio arqueológico ser um local que teve a influência humana há, pelo menos, 1000 anos, é válido pensar que as relações estratigráficas possam ser mascaradas.

Isso significa que materiais de uma segunda ocupação (aglutinação litorânea) podem se encontrar em posições basais da coluna sedimentar. São recomendadas datações nos depósitos eólicos e nos carvões vegetais, para posicionar efetivamente as dunas do local no tempo geológico.

Entender a relação entre seres humanos e sistemas deposicionais eólicos é importante para compreender melhor a permanência guarani na margem sudoeste da Laguna dos Patos. Ainda, compreender a evolução mais recente da paisagem e dos sistemas deposicionais possibilita o preparo para períodos climáticos anômalos. A partir do estudo do cenário pré-colonial, foi possível compreender a influência do clima para os povos nativos da região e contribuir para o refinamento da estratigrafia e sedimentologia de uma região não estudada na planície costeira mediante a ótica geológica e arqueológica.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Pelotas, pelo fomento à pesquisa, suporte aos trabalhos de campo, acesso e uso do Laboratório de Sedimentologia e Geoquímica (LaSedGeoq). Agradecem igualmente ao Dr. Áquila Ferreira Mesquita, pela colaboração no ano 2019, à Cristina Ramalho Ribeiro, técnica laboratorial, pela execução das análises de peneiramento e aos revisores anônimos que contribuíram com o aperfeiçoamento deste manuscrito.

## REFERÊNCIAS

ABRAM, N. J.; MULVANEY, R.; VIMEUX, F.; PHIPPS, E. J.; TURNER, J.; ENGLAND, M. H. Evolution of the Southern Annular Mode during the past millennium. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 7, p. 564–569, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate2235>.

BRETANHA, S. S. F.; KOBIYAMA, M. Estudo do clima no Município de Pelotas – RS. **Revista Geonorte**, v.7, n.27, p. 30-49, 2017. Disponível em: [//www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/3419](http://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/3419). Acesso em: 8 abr. 2021.

BROOKFIELD, M.; SILVESTRO, S. Eolian systems. In: JAMES, N. P.; DALRYMPLE, R. W. (ed.). **Facies Models**. ed. 4, p. 139-166, 2010.

CARLE, M. B. **Investigação Arqueológica em Rio Grande: uma Proposta da Ocupação Guarani pré-histórica no Rio Grande Do Sul**. 2002. 91 f. Dissertação (Pós graduação em História) - FFCH, PUCRS, RS, 2002. Disponível em: <https://livros01.livrosgratis.com.br/cp000190.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2021

CLIFFORD, P.; SEMENIUK, V. Sedimentary processes, stratigraphic sequences and middens: the link between archaeology and geoheritage — a case study from the Quaternary of the Broome region, Western Australia. **Australian Journal of Earth Sciences**. v. 66, n. 6, p. 955-972, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/08120099.2018.1563826>.

DILLENBURG, S. R.; BARBOZA, E. G.; ROSA, M. L. C. C.; CARON, F.; SAWAKUCHI, A. O. The complex prograded Cassino barrier in southern Brazil: Geological and morphological evolution and records of climatic, oceanographic and sea-level changes in the last 7–6 ka. **Marine Geology**, v. 390, p. 106-119, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2017.06.007>.

FOLK, R. L. Stages of textural maturity in sedimentary rocks. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 21, n. 3, p. 127-130, 1951. DOI: <https://doi.org/10.2110/jsr.21.127>.

FRYBERGER, S. G.; SCHENK, C. J. Pin stripe lamination: a distinctive feature of modern and ancient eolian sediments. **Sedimentary Geology**. v. 55, p. 1-15, 1988. DOI: [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(88\)90087-5](https://doi.org/10.1016/0037-0738(88)90087-5).

GHILARDI, M.; DESRUELLES, S. Geoarchaeology: where human, social and earth sciences meet with technology. **S.A.P.I.EN.S**, v. 1, n. 2, p. 1-9, 2008. Disponível em: <https://journals.openedition.org/sapiens/422#:~:text=Geoarchaeology%20is%20a%20recent%20field,Social%20Sciences%20and%20Earth%20Sciences>. Acesso em: 15 mai. 2022.

GIANNINI, P. C. F.; ASSINE, M. L.; SAWAKUCHI, A. O. Ambientes Eólicos. *In*: PEDREIRA, A. J. C. L.; ARAGÃO, M. A. N. F.; MAGALHÃES, A. J. C. (org.). **Ambientes de Sedimentação Siliciclástica do Brasil**. São Paulo: Beca-BALL Edições, p. 73-101, 2008.

GOLDBERG, P.; MACPHAIL, R. I. **Practical and Theoretical Geoarchaeology**. Blackwell, Boston, 1 ed, 2006.

GROHMANN, C.H.; CAMPANHA, G.A.C; SOARES JUNIOR, A.V. (2011). OpenStereo: um programa Livre e multiplataforma para análise de dados estruturais. *In*: **XIII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos**. Disponível em: [https://igc.usp.br/openstereo/wp-content/uploads/sites/18/2018/11/Grohmann\\_etal\\_2011\\_13SNET\\_openstereo.pdf](https://igc.usp.br/openstereo/wp-content/uploads/sites/18/2018/11/Grohmann_etal_2011_13SNET_openstereo.pdf). Acesso em: 8 abr. 2021.

HESP, P. Conceptual models of the evolution of transgressive dune field systems. **Geomorphology**, v. 199, p. 138-149, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.05.014>.

KNIGHT, J.; BURNINGHAM, H. Sand dune morphodynamics and prehistoric human occupation in NW Ireland. *In*: BROWN, A. G.; BASELL, L. S.; BUTZER, K. W. (org.). **Geoarchaeology, Climate Change and Sustainability**. Boulder, Colorado. The Geological Society of America, p.81-92, 2011. DOI: [https://doi.org/10.1130/2011.2476\(07\)](https://doi.org/10.1130/2011.2476(07)).

KLOKLER, D.; VILLAGRÁN, X. S.; GIANNINI, P. C. F.; PEIXOTO, S.; DEBLASIS, P. Juntos na costa: zooarqueologia e geoarqueologia de sambaquis do litoral sul catarinense. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, v. 20, p. 53-75, 2010. DOI: 10.11606/issn.2448-1750.revmae.2010.89910.

LIAU, J.R.; CHAO, B. F. Variation of Antarctic circumpolar current and its intensification in relation to the southern annular mode detected in the time-variable gravity signals by GRACE satellite. **Earth Planets Space**, v. 69, n. 93, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40623-017-0678-3>.

LÜNNING, S.; GALKA, M.; BAMONTE, F. P.; RODRÍGUEZ, F. G.; VAHRENHOLT, F. The Medieval Climate Anomaly in South America. **Quaternary International**, v. 508, p. 70-87, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.10.041>.

MARTINHO, C. T.; DILLENBURG, S. R.; HESP, P. Mid to late Holocene evolution of transgressive dunefields from Rio Grande do Sul coast, southern Brazil. **Marine Geology**, v. 256, p. 49-64, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2008.09.006>

MARTINHO, C. T.; HESP, P.; DILLENBURG, S. R. Morphological and temporal variations of transgressive dunefields of the northern and mid-littoral Rio Grande do Sul coast, Southern Brazil. **Geomorphology**, v. 117, p. 14-32, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.11.002>.

MATZENAUER, R.; RADIN, B.; MALUF, J. R. O fenômeno ENOS e o regime de chuvas no Rio Grande do Sul. **Agrometeoros**, v. 25, n. 2, p. 323-331, 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/330692574\\_O\\_fenomeno\\_ENOS\\_e\\_o\\_regime\\_de\\_chuvas\\_no\\_Rio\\_Grande\\_do\\_Sul](https://www.researchgate.net/publication/330692574_O_fenomeno_ENOS_e_o_regime_de_chuvas_no_Rio_Grande_do_Sul). Acesso em: 15 abr. 2021

MAYEWSKI, P. A.; ROHLING, E. E.; STAGER, J. C.; KARLÉN, W.; MAASCH, K.A.; MEEKER, D.; MEYERSON, E. A.; GASSE, F.; KREVELD, S. V.; HOLMGREN, K.; LEE-THORP, J.; ROSQVIST, G.; RACK, F.; STAUBWASSER, M.; SCHNEIDER, R. R.; STEIG, E. J. Holocene Climate Variability. **Quaternary Research**, v. 62, p. 243-255, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2004.07.001>

MILHEIRA, R. G. Arqueologia Guarani na Laguna dos Patos e Serra do Sudeste. In: MILHEIRA, R. G.; WAGNER, G. P. (org.). **Arqueologia Guarani no litoral Sul do Brasil**. Curitiba: Appris, p.125-153, 2014.

MILHEIRA, R. G. Contexto arqueológico pré-colonial. In: BARCELLOS, S. C. B. **Fundamentação técnico-científica para a criação da Unidade de Conservação Pontal da Barra do Laranjal, Pelotas, RS**. Pelotas: UFPEL, 2019.

MOUNTNEY, N. P. Eolian facies models. In: POSAMENTIER, H. W; WALKER, R. G. (eds.). **Facies models revisited**. Oklahoma: Society for Sedimentary Geology, p. 19-83, 2006. DOI: <https://doi.org/10.2110/pec.06.84.0019>

NAUE, G. Dados sobre o estudo dos cerritos na área meridional da Lagoa dos Patos, Rio Grande, RS. **Veritas**, Porto Alegre, Tomo XVIII, n. 71, p. 246-269, 1973.



NEUKOM, R.; GERGIS, J.; KAROLY, D. J.; WANNER, H.; CURRAN, M.; ELBERT, J.; GONZÁLEZ-ROUCO, F.; LINSLEY, B.; MOY, A.; MUNDO, I.; RAIBLE, C.; STEIG, E. J.; VAN OMMEN, T.; VANCE, T.; VILLALBA, R.; ZINKE, J.; FRANK, D. Inter-hemispheric temperature variability over the last millennium. **Nature Climate Change**, 4. p. 362-367, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate2174>

NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL INFORMATION: NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Climate Model Simulations of the Last 1,000 Years**. Disponível: <https://www.ncdc.noaa.gov/global-warming/last-1000-years>. Acesso em: 4 abr. 2021.

NOVELLO, V. F.; VUILLE, M.; CRUZ, F. W.; STRIKIS, N. M.; PAULA, M. S.; EDWARDS, R. L.; CHENG, H.; KARMANN, I.; JAQUETO, P. F.; TRINDADE, R. I. F.; HARTMANN, G. A.; MOQUET, J. S. Centennial-scale solar forcing of the South American Monsoon System recorded in stalagmites. **Scientific Reports**, v. 6, p. 24762, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep24762>.

NOVELLO, V. F.; CRUZ, F. W.; VUILLE, M.; STRÍKIS, N. M.; EDWARDS, R. L.; CHENG, H.; EMERICK, S.; PAULA, M. S.; LI, X.; BARRETO, E. S.; KARMANN, I.; SANTOS, R. V. A high-resolution history of the South American Monsoon from Last Glacial Maximum to the Holocene. **Scientific Reports**, v. 7, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep44267>.

QGIS 3.14. Equipe de Desenvolvimento QGIS (2021). Sistema de Informações Geográficas QGIS. **Projeto da Fundação Geoespacial de Código Aberto**. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. Acesso em: 2 fev. 2021.

RAUPP, I. S. **Geoarqueologia na Planície Costeira do Rio Grande do Sul: contribuições sobre a ocupação humana pré-histórica no litoral norte do RS**. 2015. 91 f. Dissertação (Pós graduação em Geologia) - UAPPG, UNISINOS, RS, 2015. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/4912>. Acesso em: 15 mai. 2022.

REBOITA, M. S.; KRUCHE, N. Normais Climatológicas Provisórias de 1991 a 2010 para Rio Grande, RS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 1, P. 165-179, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786331010>.

SILVEIRA, C. S.; SERPA, C. G. Visibilidade de vestígios arqueológicos e sua relação com a morfodinâmica dunar – estudo de caso do sítio RS-LC: 73. **Cadernos do Lepaarq**, v. 12, n. 23, p. 92-122, 2015. Disponível em: <https://revistas.ufpel.edu.br/index.php/Lepaarq/article/view/4307>. Acesso em: 18 mai. 2022.

SILVA, J. B.; ZANUSSO, J. T.; SILVEIRA, D. L. M.; SCHONS, R. L.; LARROZA, E. G. Estudo da velocidade e direção dos ventos em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. v. 5, n. 2, p. 227-235, 1997. Disponível em: <http://www.sbagro.org/files/biblioteca/144.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2021.

SCHOSSLER, V.; SIMOES, J. C.; AQUINO, F. E.; VIANA, D. R. Precipitation anomalies in the Brazilian southern coast related to the SAM and ENSO climate variability modes. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 23, ed. 18, p. 1-10, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.231820170081>.

TOMAZELLI, L. O Regime dos ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Periódicos UFRGS** (Instituto de Geociências), Porto Alegre, v.20, p.18-26, 1993. DOI: <https://doi.org/10.22456/1807-9806.21278>.

TOMAZELLI, J. L.; DILLENBURG, S. R.; BARBOZA, E. G.; ROSA, M. L. C. C. Geomorfologia e Potencial de Preservação dos Campos de Dunas Transgressivos de Cidreira e Itapeva, Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa em Geociências**, v. 35, n. 2, p. 47-55, 2008. DOI: [10.22456/1807-9806.17936](https://doi.org/10.22456/1807-9806.17936).

TUCKER, M. **Sedimentary Rocks in the Field**. Department of Geological Sciences, Universidade de Durham, Inglaterra. 3 ed, 2003.

WAGNER, G. P.; SILVA, L. A.; HILBERT, L. M. O Sambaqui do Recreio: geoarqueologia, ictioarqueologia e etnarqueologia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**.v.15,n.2,p.1-12,2020.DOI:<https://doi.org/10.1590/2178-2547-BGOELDI-2019-0084>.

WALKER, R. G. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. *In*: WALKER, R. G.; JAMES, N. P. (org.). **Facies Models: Response to Sea Level Change**. Geological Association of Canada, p. 1-14, 1992.

## Contribuições de Autoria

### 1 – Johnny Barreto Alves

Universidade Federal de Santa Maria, Bacharel em Engenharia Geológica, mestrando em Geografia na Universidade Federal de Santa Maria.

<https://orcid.org/0000-0002-9370-8248> - [johnnybarreto@gmail.com](mailto:johnnybarreto@gmail.com)

Contribuição: Metodologia, Software, Curadoria de dados, Análise formal, Investigação, Curadoria de Dados, Escrita – Primeira Redação, Visualização de dados.

### 2 – Camile Urban

Universidade Federal de Pelotas, Mestre na área de Geologia Ambiental, professora da Universidade Federal de Pelotas.

<https://orcid.org/0000-0002-2177-5572> - [camile.urban@ufpel.edu.br](mailto:camile.urban@ufpel.edu.br)

Contribuição: Conceituação, Metodologia, Validação, Curadoria de dados, Análise formal, Recursos, Curadoria de Dados, Escrita – Revisão e Edição, Supervisão, Administração do Projeto.

## Como citar este artigo

ALVES, J. B.; URBAN, C. Geoarqueologia do sítio guarani RS-LS-45, planície costeira do Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 45, e35, 2023. DOI [10.5902/2179460X72262](https://doi.org/10.5902/2179460X72262). Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X72262>.