

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP

Instituto de Biociências – IB

Campus do Litoral Paulista – CLP

Bacharelado em Ciências Biológicas

Carolina de Campos Camargo Barbosa

**GEOMORFOLOGIA E ARQUITETURA SEDIMENTAR DA PLANÍCIE DA JURÉIA,  
IGUAPE, SÃO PAULO**

São Vicente, 2015

Carolina de Campos Camargo Barbosa

**GEOMORFOLOGIA E ARQUITETURA SEDIMENTAR DA PLANÍCIE DA JURÉIA,  
IGUAPE, SÃO PAULO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado para obtenção de título  
de Bacharel em Ciências Biológicas,  
com habilitação em Gerenciamento  
Costeiro, pela Universidade Estadual  
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” –  
UNESP.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dra Milene Fornari

São Vicente, 2015

“De tudo se faz canção

E o coração

Na curva de um rio”

(Milton Nascimento e Lô Borges – Clube da Esquina N° 2)

## **Agradecimentos**

Esta pesquisa é fruto do apoio de muitas pessoas e à elas dedico estes agradecimentos.

À super orientação da Profa. Dra. Milene Fornari. Com ela aprendi sobre dedicação, sobre semear, esperar e colher. Tens todo o meu carinho e respeito, sempre!

Ao Laboratório de Geologia Costeira do Instituto de Biociências da UNESP CLP (coordenado pela Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Milene Fornari): Kelli, Luísa, Dani, Giu, Vitor, Isa, Jennifer e Ana, que tanto me ensinaram, me apoiaram e incentivaram. Sem os papos, ajuda mútua e companheirismo seria um caminho bem mais longo. Espero que também contem comigo durante os seus próximos passos e espero poder ajudar como me ajudaram.

Ao Prof. Dr. Francisco Sekiguchi Buchmann, por apoiar este projeto desde o início. Suas contribuições através de ideias, questionamentos e críticas sem dúvida enriqueceram a pesquisa. Agradeço, também, por ter aceitado o convite para ser a banca deste trabalho de conclusão de curso.

Ao Laboratório de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Biociências da UNESP CLP (coordenado pelo Prof. Dr. Francisco Sekiguchi Buchmann), especialmente ao Prof. Francisco e ao Marcelo, por toda a colaboração em campo, empréstimo de equipamentos e pelos registros fotográficos.

Ao Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências da USP (coordenado pelo Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini), especialmente à Fernanda, pelos ensinamentos e apoio nas análises granulométricas.

Ao Laboratório de Aerofotogeografia e Sensoriamento Remoto da Faculdade de Geografia da USP (coordenador pelo Prof. Dr. Ailton Luchiari) por ceder fotos aéreas da área estudada.

A minha família São Vicentina, recheada de amor e força. Agradeço a Arapuca, meu lar: Piê, Vênus, Pri e Draguinha. Vocês são parte fundamental de tudo isso, me espelho em vocês e as amo do fundo do meu coração. Aos amigos queridos: Cambuci e Galo, pelos papos e cafés estratégicos. Vocês todos são incríveis!

A UNESP CLP que tanto me ensinou sobre tudo! Aprendi a ser gente grande aqui e este trabalho não deixa de ser um agradecimento a todos, professores e funcionários, pelo trabalho investido em minha formação. Sou bióloga graças a vocês. Sempre serei grata.

Às pessoas que me conhecem desde pequenina. Mãe, Má, Pai: vocês são a coisa mais importante do mundo para mim! Sem vocês não existe eu. Minha única certeza na vida é que eu tenho vocês e vocês à mim. Meus avós, meus tios, minhas tias, meus primos: agradeço por sempre me apoiarem, por celebrarem todas as nossas conquistas, pelas cantorias tão queridas e pelo espaço que sempre tive para crescer do jeito que quis. Amo, amo, amo vocês, sempre e pra sempre!

Barbosa, Carolina de Campos Camargo

Geomorfologia e Arquitetura Sedimentar da Planície da Juréia, Iguape, São Paulo. / Carolina de Campos Camargo Barbosa - São Vicente, 2015.

55p.

Trabalho de conclusão (Bacharelado - Ciências Biológicas, com habilitação em Gerenciamento Costeiro) - Universidade Estadual Paulista, Campus do Litoral Paulista.

Orientadora: Milene Fornari

1.

2.

CDD 2015

Palavras-chave: Cordões litorâneos, GPR, Testemunhagem, Dinâmica Costeira, Evolução Costeira

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2. META E OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
<b>2. CENÁRIO REGIONAL .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1. ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2. CONTEXTO GEOLÓGICO DA PLANÍCIE CANANÉIA-IGUAPE .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3. NÍVEL RELATIVO DO MAR (NRM) .....</b>	<b>13</b>
<b>2.4. CLIMA, VENTOS, ONDAS, MARÉS E APORTE FLUVIAL .....</b>	<b>14</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1. ANÁLISE MORFOLÓGICA .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2. RADAR DE PENETRAÇÃO NO SOLO (GPR) .....</b>	<b>16</b>
<b>3.3. ANÁLISE DE FÁCIES SEDIMENTARES E GRANULOMETRIA .....</b>	<b>17</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1. MORFOLOGIA DO SISTEMA .....</b>	<b>19</b>
<b>4.2. ARQUITETURA DEPOSICIONAL (GPR) .....</b>	<b>21</b>
4.2.1. <i>Terceiro feixe de cordões litorâneos e campo de dunas eólicas estabilizadas .....</i>	<i>24</i>
4.2.1.1. Seção GPR 1 (Fig.7) .....	24
4.2.1.2. Seção GPR 2 (Fig.8) .....	25
4.2.1.3. Seção GPR 3 (Fig.9) .....	26
4.2.1.4. Elementos arquitetônicos dos cordões litorâneos e dunas eólicas .....	27
4.2.2. <i>Pontais recurvados III e IV .....</i>	<i>28</i>
4.2.3.1. Seção GPR 4 (Fig.10) .....	28
4.2.3.2. Seção GPR 5 (Fig.11) .....	29
4.2.3.3. Seção GPR 6 (Fig.12) .....	31
4.2.3.4. Seção GPR 7 (Fig.13) .....	31
4.2.3.5. Seção GPR 8 (Fig.14) .....	32
4.2.3.6. Elementos arquitetônicos do pontal recurvado .....	33
<b>4.3. SUCESSÃO DE FÁCIES SEDIMENTARES .....</b>	<b>35</b>

4.3.1. Primeiro feixe de cordões litorâneos (FC1).....	36
4.3.1.1. Perfil 1 .....	36
4.3.2. Paleopontal recurvado I (PI).....	38
4.3.2.1. Perfil 2 .....	38
4.3.3. Terceiro feixe de cordões litorâneos (FC3) .....	40
4.3.3.1. Perfil 3 .....	40
4.3.3.2. Perfil 4 .....	41
4.3.3.3. Perfil 5 .....	43
4.3.4. Pontal recurvado IV (PIV) .....	44
4.3.4.1. Perfil 6 .....	44
4.3.5. Interpretação das fácies sedimentares .....	45
<b>4.4. FORMAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA PLANÍCIE .....</b>	<b>46</b>
<b><u>5. CONCLUSÕES .....</u></b>	<b><u>49</u></b>
<b><u>6. CONSIDERAÇÕES FUTURAS .....</u></b>	<b><u>50</u></b>
<b><u>BIBLIOGRAFIA.....</u></b>	<b><u>51</u></b>

## 1. INTRODUÇÃO

Planícies costeiras quaternárias frequentemente apresentam alinhamentos de cordões litorâneos (Otvos, 2000). Cordões litorâneos, traduzido do inglês: *beach ridges*, são feições geomorfológicas estabilizadas, proeminentes, preservadas como sucessivas cristas e cavas alongadas, relativamente paralelas à linha de costa (Stapor, 1982; Tamura, 2012; Mauz et al., 2013).

Numa definição mais ampla (Komar, 1976) *beach ridges* são conceituados como formas deposicionais emersas, alongadas, associadas a antigas linhas de costa em mar aberto ou lagunas, baías e estuários. Neste contexto, o termo cordões praiais (*beach ridges*) aplica-se independente dos processos formadores envolvidos, sejam eles ondas (que inclui *swell waves* ou ondulações e *sea waves* ou vagas), ou vento (deposição eólica), (Tanner, 1995; Taylor & Stone, 1996; Otvos, 2000). Porém, de acordo com Otvos (2000), são considerados *beach ridges* os cordões que se encontram estabilizados, em forma de relevo relíquia. Entretanto, numa abordagem mais específica, Hesp et al. (2005) conclui que cordões praiais (*beach ridges*) são distintos morfológica e geneticamente de bermas (*berm ridges*) e de cordões de dunas frontais (*foredune ridges*). De acordo com os mesmos autores, cordões praiais consistem em depósitos formados por ondas de tempo bom; ao passo que bermas são feições geradas por ondas de tempestades e sobrelevação; e cordões de dunas frontais correspondem a depósitos resultantes da retenção de areia eólica em meio à vegetação pioneira. Mauz et al. (2013) utilizam o termo cordões eólicos (*aeolian beach ridges*), de modo genérico, para designar depósitos estabilizados formados pelo vento, sem distinção por tipo ou morfologia.

Devido às diversas propostas para cordões praiais (*beach ridges*) é necessário optar por um termo abrangente até que os estudos revelem seu processo formativo. No português, o termo cordões litorâneos abarca genericamente tanto cordões dunares (*foredune* ou *dune ridges*) quanto cordões praiais (*beach ridges*) e de antigas bermas, estabilizadas (*berm ridges*) (Hesp et al., 2005). O termo cordões litorâneos é utilizado no presente trabalho para descrever indiferenciadamente essas feições.

A formação de sucessões de cordões litorâneos, contíguos no decorrer do tempo, corresponde à planície de cordões (*strandplains*) (Otvos, 2000). Estas registram sucessivas linhas de costa e materializam a progradação da planície costeira. Genericamente cordões litorâneos são utilizados como indicadores da progradação da linha de costa. Entretanto, os cordões de origem praias guardam maior correlação com a posição do nível relativo do mar do que cordões eólicos (*aeolian beach ridges*) (Mauz et al., 2013), uma vez que os cordões de

origem eólica formam-se em posição mais afastada da linha de costa. Tamura (2012) também sugere cuidado com reconstruções paleoambientais sem levar em consideração detalhes dos processos formativos da planície de cordões. Cordões litorâneos possuem resolução de escala decadal e apresentam descontinuidades relacionadas a eventos erosivos e são controlados por processos que variam de acordo com o tempo, como ondas de tempo bom e ondas de tempestade, e regime de ventos (Tamura, 2012).

A mudança de posição da linha de costa é função da relação entre aporte sedimentar (As) e espaço de acomodação dentro da bacia sedimentar (Ea), controlado pelo nível relativo do mar (NRM) (Assine & Perinotto, 2001). A variação do Ea pode ser negativa (NRM em queda), nula (NRM estável) ou positiva (NRM em ascensão) (Assine & Perinotto, 2001). Para que a linha de costa prograda é necessário que o aporte sedimentar (As) supere a criação de espaço (Ea) (Curry 1964). As taxas de aporte sedimentar são controladas por fatores sub-regionais e locais, como o aporte fluvial e dinâmica de desembocadura, ondas, correntes de deriva litorânea; fatores que, por sua vez, podem variar de modo abrupto ou episódico em uma escala de tempo de dezenas a centenas de anos (Tanaka, 2010). Desse modo, planícies de cordões constituem arquivos geomorfológicos e sedimentológicos potenciais de informações sobre mudanças na circulação costeira e dos fatores associados (mudança climática, nível relativo de mar e eventos extremos), a exemplo dos estudos realizados em outras planícies de cordões litorâneos; como Giannini et al. (2009) e Guedes et al. (2011), relativos à Ilha Comprida no litoral sul paulista; Tanaka et al. (2009), referente aos feixes de cordões da planície de Campos Verdes (Santa Catarina) e Hesp et al. (2005), sobre planície de cordões litorâneos do litoral norte do Rio Grande do Sul.

A progradação de planícies com cordões litorâneos pode refletir flutuações de descarga de sedimentos fluviais na costa e de fluxo de sedimentos transportados por ventos, ambos afetados por mudanças climáticas (Tamura, 2012). Giannini (2007) considera como variáveis macroambientais controladoras da formação de cordões: flutuações do nível relativo do mar (NRM) relacionadas ao Pleistoceno e Holoceno; a fisiografia da plataforma continental; o clima e o paleoclima.

## **1.2. Meta e Objetivos**

A meta deste Trabalho de Conclusão é reconhecer a arquitetura sedimentar dos diferentes elementos morfológicos que constituem a planície costeira da Juréia, a partir da integração de dados geofísicos e sedimentológicos.

Com o intuito de atingir esta meta, os seguintes objetivos foram estabelecidos:

- 1) Delimitar os alinhamentos de cordões litorâneos e demais feições morfológicas através de fotografias aéreas do ano de 1962 e com base na revisão do estudo prévio elaborado por Bentz (2004).
- 2) Analisar a arquitetura deposicional da planície da Juréia em seções de Radar de Penetração no Solo (GPR) a partir da caracterização e interpretação de radarfácies quanto os tipos de terminação de estratos e padrões de reflexões.
- 3) Caracterizar a sucessão sedimentar de fácies deposicionais com base na descrição e interpretação faciológica de testemunhos, trados e trincheiras.
- 4) Correlacionar radarfácies com fácies sedimentares para discutir os fatores controladores (mudanças de NRM e de aporte sedimentar) da formação e desenvolvimento da planície costeira da Juréia.

## **2. CENÁRIO REGIONAL**

### **2.1. Área de Estudo**

Localizada no município de Iguape, litoral sul paulista, a planície litorânea da Juréia (Fig.1) com aproximadamente 20 km de extensão possui orientação geral NE-SO e situa-se entre o Maciço do Imperador, seu limite nordeste, e o rio Ribeira de Iguape, à sudoeste. Esta planície corresponde a uma área costeira bem preservada e insere-se na região do Mosaico de Áreas Protegidas do Lagamar e Juréia-Itatins (Parque Estadual do Prelado). A ocupação urbana ocorre restrita a porção sudoeste da praia da Juréia, junto a balsa que conecta a área com o centro de Iguape.

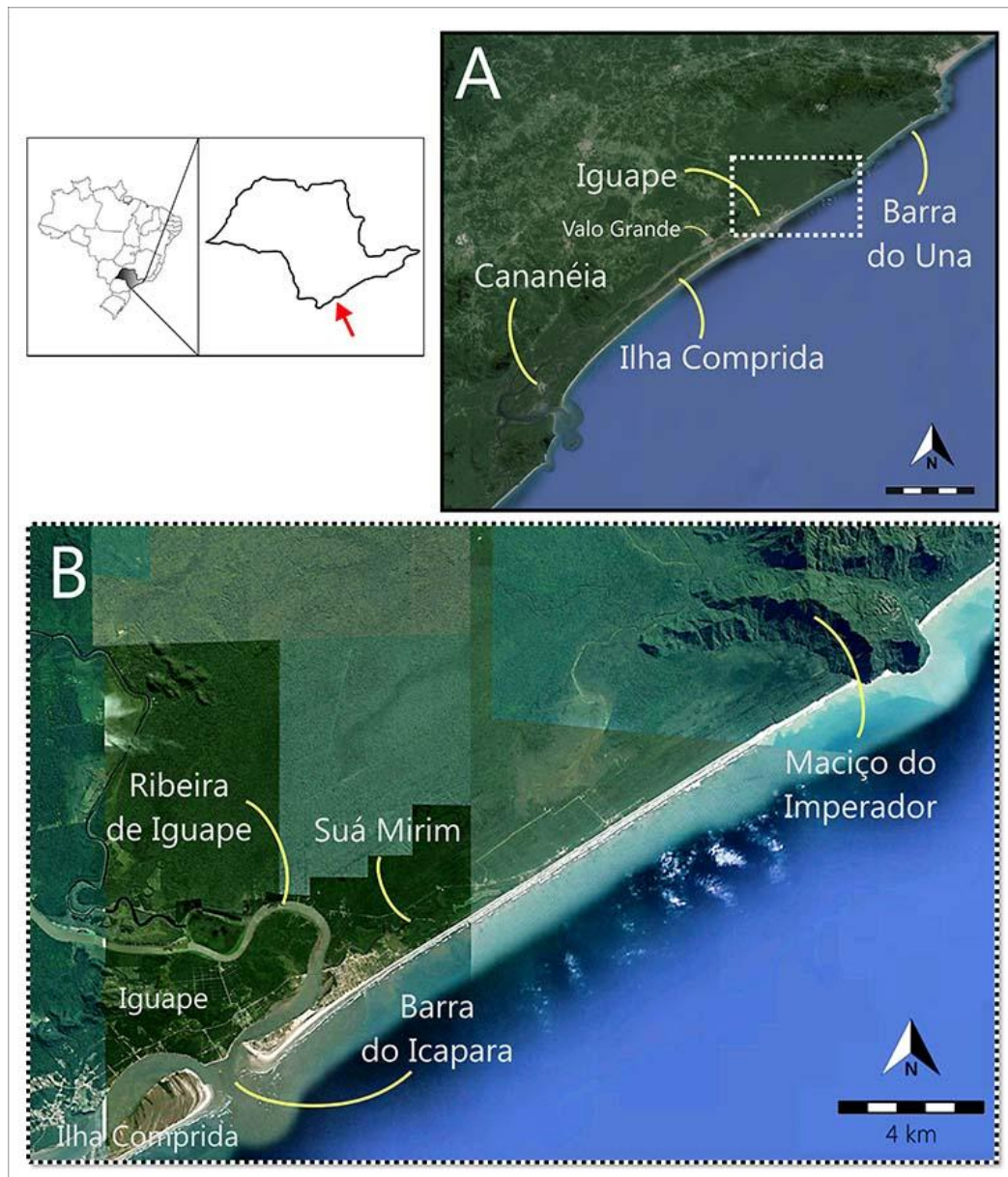


Figura 1: Localização da área de estudo no litoral do Estado de São Paulo (A), com destaque para planície costeira da Juréia (B). Imagem de satélite *GeoEye* obtida do programa *Google Earth*, ano de 2013.

## 2.2. Contexto Geológico da Planície Cananéia-Iguape

O litoral paulista está situado em um trecho da costa brasileira marcada pela ocorrência de escarpas cristalinas, desde o Cabo de Santa Marta (SC) até Cabo Frio (RJ) (Tessler & Cazzoli y Goya, 2005). O embasamento cristalino em torno da planície costeira Cananéia-Iguape tem origem ígneo/metamórfica de idade Pré-Cambriana (Tessler, 1982).

A formação e evolução da planície estão ligadas às flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário, cujo produto são as Formações sedimentares: Pariquera-Açu, Cananéia e Ilha Comprida (Nascimento Jr., 2006; Karniol-Marquez, 2007; Guedes, 2009).

A Formação Pariquera-Açu seria a mais antiga, devido a sua proximidade ao embasamento cristalino. É composta por conglomerados argilosa arenosos, associados a leques aluviais e depósitos fluviais e lacustres (Melo, 1990). Sotaposta lateralmente à Formação Pariquera-Açu, a Formação Cananéia teria se formado durante a Transgressão Cananéia, durante o Pleistoceno, há 120.000 anos AP (Suguio & Martin, 1978). Constitui-se por três sequências litológicas, descritas por Suguio & Petri (1973) e Suguio & Martin (1978). Na base da formação há ocorrência de sedimentos siltico-argilosos (1), recobertos por depósito de areias siltosas (2) e, no topo, areias finas muito bem selecionadas (3).

A Formação Ilha Comprida é composta por areias marinhas finas e muito finas (Tessler, 1988). Formou-se durante a Transgressão Santos há aproximadamente 6.000 anos AP e subsequente regressão do nível do mar (Suguio & Martin, 1978).

### **2.3. Nível Relativo do Mar (NRM)**

É possível definir duas fases recentes de elevação do NRM em parte da costa brasileira (Corrêa, 1996; Angulo & Lessa, 1997; Angulo et al., 1999). A primeira, há aproximadamente 120 mil anos AP (Pleistoceno Superior), quando o NRM atingiu  $8\pm 2$  m acima do atual (Martin et al., 1988). A segunda ocorreu após o último máximo glacial, com o NRM 120 m abaixo do atual (Corrêa, 1996).

Em revisão recente (Angulo et al., 2006) foi proposta uma curva de constante declínio do NRM a partir de 6000 anos AP (Fig.2). De acordo com os mesmos autores os indicadores utilizados em trabalhos pretéritos, como conchas extraídas de sambaquis e troncos e fragmentos vegetais são inconclusivos (Suguio & Martin, 1978; Martin et al., 1979-1980; Suguio & Martin, 1978; Suguio et al., 1980).

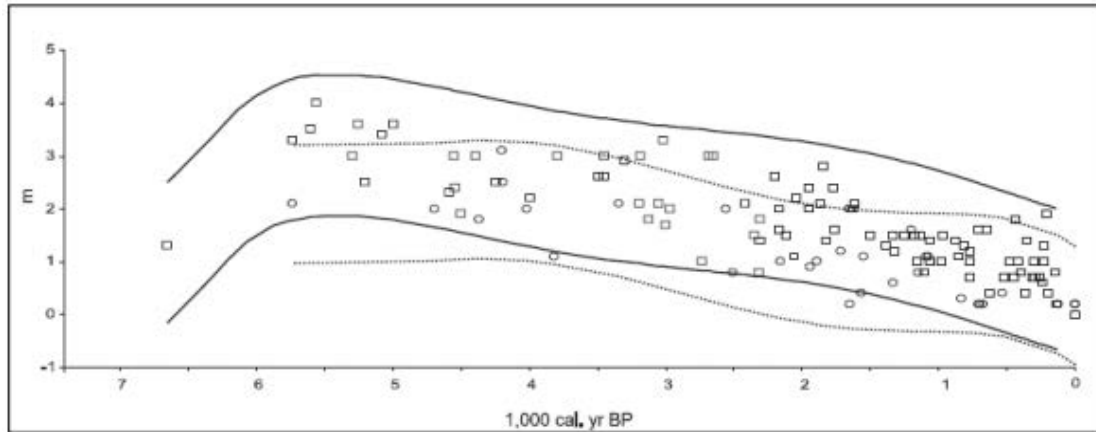


Figura 2: Envelope da curva do nível relativo do mar para a costa brasileira. Linha contínua e quadrados para latitudes acima de 28°; em linha pontilhada e círculos para latitudes abaixo de 28° (adaptado de Angulo et al., 2006).

#### 2.4. Clima, Ventos, Ondas, Marés e Aporte Fluvial

O entendimento do clima da região é de grande importância no estudo da evolução sedimentar da Juréia. O clima influencia o transporte eólico, a manutenção das formas e depósitos sedimentares, bem como a cobertura vegetal (Guedes, 2009). Estes fatores, por sua vez, controlam de forma direta ou indireta a formação e preservação de feições geomorfológicas, tais como cordões litorâneos e campos de dunas eólicas.

O litoral paulista, atualmente, está sob influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que se caracteriza por uma faixa semi-permanente de nebulosidade e condensação, com orientação NO-SE. O clima predominante no litoral sul do Estado de São Paulo, segundo a classificação climática de Köppen é de Clima temperado subtropical (Cfa) com verões quentes (Alvares et al., 2013). Dados isotópicos de uma estalagmite de caverna em Botuverá (SC) sugerem para o Sul-Sudeste do Brasil um aumento no gradiente de temperatura entre altas e médias latitudes nos últimos 116 mil anos, e consequente intensificação das frentes frias na região (Cruz et al., 2006). Enquanto que a reconstrução paleoambiental para a planície de Cananéia-Iguape nos últimos 4900 anos, proposta por Ybert et al. (2003), a partir da análise de sedimentos orgânicos (diatomáceas e conteúdo palinológico) reconhece cinco períodos distintos na evolução ambiental da região, sem levar em consideração a dinâmica sedimentar. Assim, desde 4900 anos cal AP até o período atual, teriam ocorrido flutuações no clima, associadas principalmente à umidade. Inicialmente a região seria ocupada por uma laguna de água salgada a salobra, posteriormente substituída pela floresta tropical densa. Um aumento significativo da umidade, entre 1300 e 675 anos cal AP, teria elevado o nível de água subterrânea e favorecido a instalação de um pântano de água doce. Desde 675 anos cal AP o clima teria ficado mais seco em relação aos últimos períodos. Contudo, Giannini et al. (2009)

identificaram para a região Cananéia–Iguape uma tendência para elevação de precipitação, temperatura e pressão no decorrer do século passado a partir dos registros das estações meteorológicas de Iguape, Ilha Comprida e Cananéia (SIGRH, 2015; Silva, 1984; Geobrás, 1966). A estação meteorológica de Iguape (IGG SP/Min. Agricultura), para uma série temporal de 1895 à 1965, indicou que as médias de temperatura e pluviosidade anuais foram de 21,5°C e 1555 mm, respectivamente. Fevereiro foi o mês mais quente (24,7°C) e julho, o mais frio (18,0°C). O mês mais chuvoso foi janeiro (214 mm), e o mais seco, agosto (74 mm) (Geobrás, 1966).

A região sofre influência de um regime de micromaré predominantemente semidiurna, cujas médias correspondem a 1,2 m na sizígia a 0,25 m na quadratura, medidas na estação maregráfica de Cananéia (Mesquita & Harari, 1983).

Com relação aos regimes de ventos e ondulações, a praia da Juréia insere-se em dois cenários. O primeiro relaciona-se a massa de ar Tropical Atlântica (Anticiclone Tropical Atlântico - ATA), responsável pelos ventos alísios de sudeste. São predominantes no verão, provém do quadrante E e ENE e geram ondulações no mesmo sentido. O segundo cenário refere-se a massa de ar Polar, ou Ciclone Extratropical, responsável por ventos predominantes no inverno (frentes frias). A migração das frentes frias sobre a massa de ar quente, provinda da zona tropical, condiciona três diferentes padrões de ondulação (Ponçano et al., 1999; Reboita, 2008). A situação pré-frontal produz ondas de S e SE; a frontal, ondas de E; e a pós-frontal, ondas de NE. Predominam alturas de onda (90%) entre 0,5 e 2 m, 50% destas entre 1 e 1,5 m; o período médio das ondas durante ação dos ventos mais frequentes (SE) corresponde a  $8,8 \pm 1$  s (Geobrás, 1966).

Segundo Tessler (1988), o fato de haver sistemas opostos de ondulação na região favorece correntes de deriva litorânea nos sentidos SO e NE, respectivamente, associadas aos ventos de NE e às frentes frias. Entretanto, devido à energia das ondas geradas pelo Ciclone Extratropical ser maior do que as geradas pelo ATA o transporte sedimentar dominante por correntes de deriva litorânea é direcionado para NE.

O sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape é composto por quatro corpos d'água lagunares e duas desembocaduras fluviais. A NE do sistema, a planície da Juréia cresce associada ao curso do rio Ribeira de Iguape, que desagua no mar junto ao Mar Pequeno, que limita a extremidade N da Ilha Comprida, através da Barra de Icapara (Fig.1). O rio Ribeira de Iguape é o maior rio do litoral paulista (bacia de 24000 km<sup>2</sup>) e o maior contribuinte de material terrígeno para o sistema estuarino local (Barcellos et al., 2003) (Fig.1).

Entre o curso médio do rio Ribeira de Iguape e o curso meandrante do Mar Pequeno foi construído no século XIX o Valo Grande, canal que conecta os corpos d'água (Fig.1). Inicialmente com 4 m de largura e 2 m de profundidade, apresenta atualmente 250 m de largura por 7 m de profundidade. Segundo a Geobrás (1966), o Valo Grande é responsável pelo escoamento de 70% do fluxo do rio Ribeira de Iguape no sistema. Seu estabelecimento condicionou um acréscimo ao deslocamento da Barra de Icapara para NE e aumento do efeito de molhe hidráulico exercido pela desembocadura fluvial-lagunar. Como consequência houve crescimento pronunciado da extremidade nordeste da barreira de Ilha Comprida (10% do seu tamanho em 130 anos) e erosão da margem esquerda da praia do Leste (Nascimento Jr. et al., 2008).

Miyao et al. (1986) verificaram que as correntes de fundo do Mar Pequeno, no trecho entre o Valo Grande e a Barra de Icapara, em condições de sizígia atingem velocidades máximas de 0,5 m/s na enchente e até 0,7 m/s na vazante. Entretanto, próximo a desembocadura do Icapara formas de fundo de maior expressão corroboram com as conclusões de Tessler (1982) que atribuiu às correntes de vazante a maior competência na remobilização dos sedimentos deste segmento do sistema (Tessler & Souza, 1998) o que pode inclusive exercer influência no desenvolvimento do pontal arenoso recurvado da praia da Juréia.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Análise morfológica**

A análise morfológica foi realizada com base no conjunto de fotografias aéreas do ano de 1962, cedidas pelo Laboratório de Aerofotogeografia e Sensoriamento Remoto da Faculdade de Geografia da USP (coordenador pelo Prof. Dr. Ailton Luchiari), com a finalidade de reconhecer os elementos morfológicos presentes na área, em especial a delimitação dos cordões litorâneos. Estes foram diferenciados a partir de alinhamentos correspondentes às cristas e cavas. As fotografias aéreas foram georreferenciadas e processadas no programa *ArcGis* 10, através do qual foi elaborado o mapa morfológico.

#### **3.2. Radar de Penetração no Solo (GPR)**

Um total de 100 km de seções GPR foram adquiridas em sentido perpendicular e paralelo à linha de costa durante uma atividade de campo realizada em dezembro de 2013 (Fig.3). Para a aquisição das seções GPR foi utilizado o equipamento SIR-3000 (Fig.3 B), da *Geophysical Survey Systems* (Inc.- GSSI), com antenas de 400 MHz, 200MHz e 70 MHz

pertencentes ao Laboratório de Geofísica Aplicada (Coordenado pelo Prof. Dr. Jorge Luiz Porsani) do Departamento de Geofísica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG/USP).

As seções GPR foram processadas nos programas *Radan 6.6* e *Reflex-Win 7.0.1* a fim de ressaltar os refletores e reconhecer radarfácies (Fig.3 C). A unidade fundamental de uma seção GPR é a radarfácies, a qual se define como conjunto refletores bi ou tridimensionais cujos padrões de reflexão e suas interrelações diferem dos refletores adjacentes (Neal, 2004). No presente estudo os refletores são descritos quanto à forma, o mergulho, amplitude, as relações mútuas e sua continuidade lateral.

Para este trabalho foram descritas e interpretadas nove seções (Fig.5 Seções 1-8) obtidas sobre os principais elementos morfológicos da planície costeira: *pontais recurvados*, *cordões litorâneos* e *dunas eólicas*.

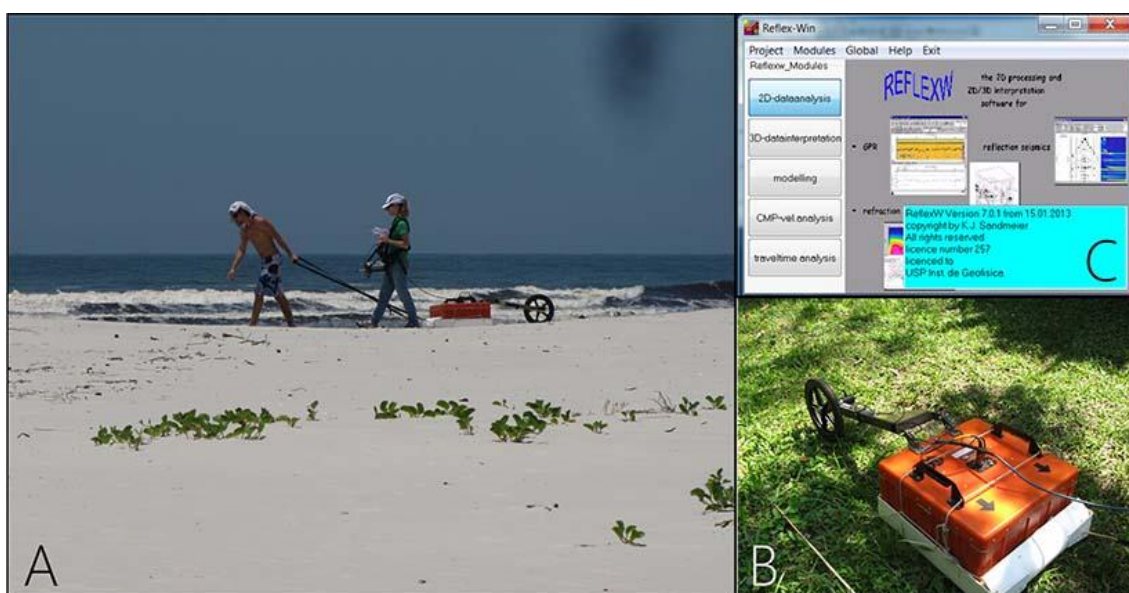


Figura 3: Radar de Penetração no Solo (GPR). Forma de deslocamento (A) da antena de 200MHZ; detalhe da antena (B); programa de processamento *Reflex-Win 7.0.1* (C). Fotos: Buchmann.

### 3.3. Análise de Fácies Sedimentares e Granulometria

A análise de fácies sedimentares foi realizada através da descrição de vibrotestemunhos, trados e trincheiras (Fig.4), agrupados em Perfis Sedimentológicos (Fig.6). Os vibrotestemunhos foram obtidos com o auxílio de um motovibrador conectado a um tubo de alumínio com 7 cm de diâmetro e 6m de comprimento (Fig.4 A). Posteriormente, no laboratório de Geologia Costeira (IB – UNESP CLP), os tubos foram abertos com serra circular

elétrica ao longo do meridiano longitudinal, em duas partes. Uma das partes foi acondicionada para arquivo.

O trado foi utilizado para amostrar os primeiros 100 centímetros e assim adquirir testemunhos com maior profundidade. Adicionalmente, trincheiras foram escavadas com profundidade máxima de ~1,5 m. As fácies sedimentares em testemunhos, trincheiras e amostras de trato foram descritas quanto a granulometria, textura (aparência superficial e tamanho do grão), conteúdo fóssilífero (presença de bioclastos, conchas ou vegetais *in situ*), cor (atribuída à presença de matéria orgânica coloidal), estruturas sedimentares e relação de contato entre as fácies (abrupto ou gradual).

Para refinar as descrições de fácies sedimentares, amostras de sedimento foram coletadas dos testemunhos, trados e trincheiras e analisadas quanto à granulometria. Análises granulométricas foram realizadas pelo equipamento de difração de laser *Malvern Mastersizer 2000*, com sistema de dispersão hídrica *Hydro* do Laboratório de Sedimentologia da Universidade de São Paulo (Coordenado pelo Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini).



Figura 4: Tipos de amostragens sedimentológicas: vibrotestemunhagem (A); trado (B) e escavação de trincheiras (C). Fotos: Buchmann.

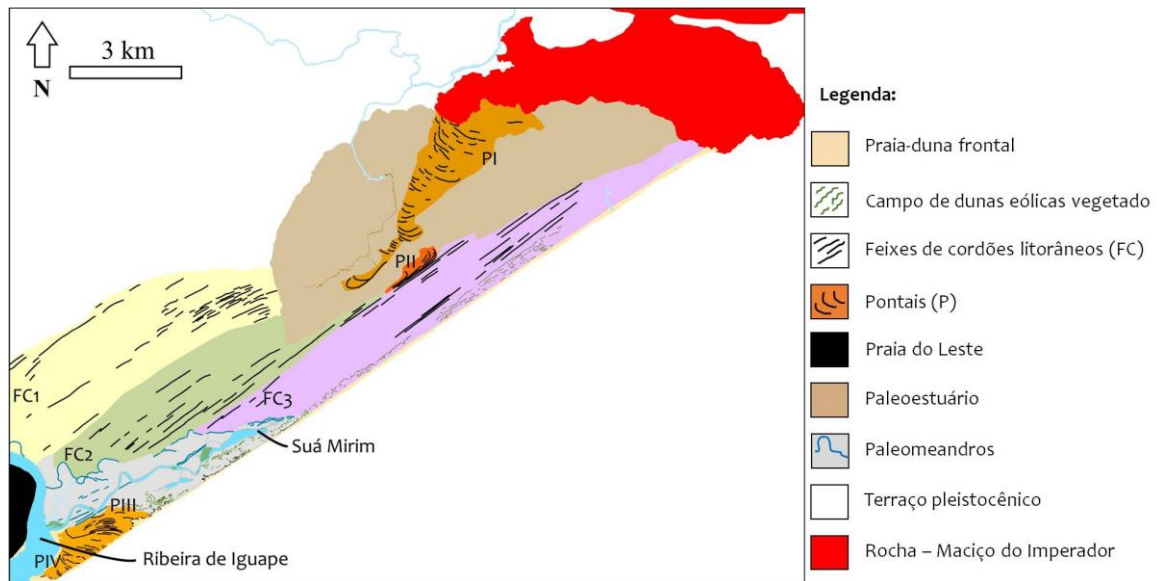
## 4.RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Morfologia do Sistema

O mais recente mapa morfológico da planície costeira da Juréia foi proposto por Bentz & Giannini (2003) e Bentz (2004). Nestes mapeamentos foram delimitados e descritos alinhamentos de cordões litorâneos, um sistema paleoestuarino-lagunar associado a um paleopontal, sistema estuarino ativo, junto ao rio Ribeira de Iguape e Suá Mirim, pontal recurvado ativo e sistema praia-duna.

No presente estudo a planície com cordões litorâneos foi subdividida em três feixes delimitados a partir da identificação de truncamentos de alinhamentos de cordões associados a formação de desembocaduras estuarinas e pontais recurvados (Fig.5).

O primeiro feixe de cordões (Fig.5 FC1) encontra-se ancorado, ao interior, em uma faixa topograficamente elevada e sem cordões aparentes, interpretada como terraço pleistocênico (Bentz, 2004) (Fig.5). Os cordões do primeiro feixe caracterizam-se como feições recurvadas, côncavas sentido SE, e terminam, a NE, truncados pela margem do paleoestuário. Neste primeiro feixe, os cordões litorâneos apresentam larguras semelhantes e ocorrem embaídos entre o meandro do rio Ribeira de Iguape (correspondente ao atual curso do rio Suá Mirim Fig.5), para noroeste, e o paleoestuário, para nordeste. Associado ao paleoestuário ocorre um paleoesporão (Bentz & Giannini, 2003; Bentz, 2004), neste trabalho interpretado como paleopontal recurvado, ou pontal I (Fig.5 PI). O pontal I, associado ao desenvolvimento da primeira desembocadura estuarina, ancora-se no maciço rochoso do Imperador e é formado por cordões com terminação convexa (em gancho) voltada para SO, o que indica paleoderiva litorânea longitudinal nesse rumo (Fig.5 PI). Este cenário morfológico permite inferir que o primeiro feixe de cordões pode representar o início da evolução sedimentar holocênica da planície costeira da Juréia, que, nesta fase, atuava como uma baía aberta inserida entre duas desembocaduras estuarinas e teria progredido dominada por deriva de SO.



**Figura 5: Mapa morfológico da área de estudo, baseado em fotografia aérea de 1962. Feixes de cordões litorâneos: FC1, FC2 e FC3; pontal e paleopontais: PI, PII, PIII e PIV; toponímia dos rios em destaque.**

O segundo feixe de cordões (Fig.5 FC2) difere-se pela mudança na geometria dos cordões litorâneos, uma vez que os alinhamentos entre as cristas se tornam plano-paralelos e lateralmente mais extensos que os cordões do primeiro feixe. Este segundo feixe foi erodido no limite nordeste pela desembocadura estuarina que se deslocava para SO com a formação do pontal recurvado PI. O efeito molhe hidráulico exercido por essa desembocadura aprisionaria os sedimentos a montante, o que teria resultado no desenvolvimento de um segundo pontal arenoso recurvado (PII) na terminação nordeste do segundo feixe de cordões. O pontal II cresce para NE e força a desembocadura estuarina a migrar para o mesmo sentido. O componente de crescimento longitudinal do segundo feixe de cordões, portanto, possui resultante para NE (Fig.5 FC2 e PII). Segundo Bentz & Giannini (2003) a mudança na orientação da primeira paleodesembocadura teria resultado na expansão do sistema estuarino para SE - NE. A porção da planície localizada lateralmente (NE) ao pontal II e a sul do pontal I não apresenta cordões litorâneos (Fig.5 Paleoestuário), o que permite inferir que o canal do estuário migrou para NE durante à fase final de formação do segundo feixe de cordões.

Na porção mais externa da planície e a NE do Suá Mirim ocorre o terceiro feixe de cordões litorâneos (Fig.5 FC3). Estes cordões em planta apresentam-se paralelos e tornam-se oblíquos em relação à linha de costa conforme aproximam-se do Maciço do Imperador. Próximo à praia, observa-se campo de dunas eólicas vegetadas e escarpadas. Em campo pode-se inferir que as dunas junto à linha de costa correspondem a dunas frontais incipientes e estabelecidas (Fig.5).

O curso meandrante do rio Suá Mirim tem origem na margem direita do rio Ribeira de Iguape e estende-se, de forma oblíqua (NEE) à linha de costa, atualmente sem desaguar no mar. É possível observar, na extremidade SO do segundo feixe, feições onduladas que truncam cordões litorâneos e assemelham-se ao Suá Mirim quanto à origem e sentido. As feições são aqui interpretadas como paleomeandros do Suá Mirim (Fig.5), correspondente à paleodesembocadura do rio Ribeira de Iguape, que durante a evolução da planície teria estabelecido contato com mar (Bentz & Giannini, 2003). A progradação do terceiro feixe de cordões, a SO, foi acompanhada pelo meandramento do então curso do Ribeira de Iguape.

Na ponta SO da praia da Juréia, junto à margem direita do Ribeira de Iguape observa-se cordões recurvados para NNE, espaçados por cavas inundadas (Fig.5). O padrão dos cordões litorâneos e sua associação em planta com o curso do Suá Mirim permite interpretar a feição como um terceiro paleopontal recurvado (pontal III) (Fig.5 PIII), cujo crescimento foi favorecido pela deriva litorânea. Na terminação SO do pontal III os cordões ocorrem com convexidade invertida, para SO, análogo ao pontal I e são interpretados como pontal arenoso recurvado (pontal IV), atualmente ativo (Fig.5 PIV). O pontal IV caracteriza-se por contínua migração lateral no sentido sudoeste, decorrente do transporte e acúmulo de sedimentos pela deriva litorânea, invertida em relação ao padrão esperado para a região e equivalente ao padrão inferido para a formação e crescimento do pontal I. Com base no exame comparativo de fotografias aéreas (1962) e imagens de satélite recentes (2002, 2010, 2013) observa-se formação de rupturas de deflação junto a linha de costa durante a primeira fase de formação do pontal. Na última década o pontal IV superpõe-se por cordões de dunas frontais que associam-se a crescimento transversal com componente de progradação rumo SE.

#### **4.2. Arquitetura Depositional (GPR)**

As seções GPR foram obtidas em sentido perpendicular (*dip*) e paralelo à linha de costa sobre os principais elementos morfológicos da planície costeira: cordões litorâneos do terceiro feixe e campo de dunas eólicas estabilizadas; e pontais recurvados (Fig.6 Seções GPR). A análise dos dados permitiu diferenciar nove radarfácies (Rfs) (Quadro 1).



Figura 6: Pontos de amostragens com destaque para os perfis, que incluem amostras de testemunho, trado e trincheira, e seções GPR (linha em azul: seções adquiridas sobre o pontal recurvado; e linha em vermelho: seções obtidas sobre planície de cordões). Fonte: *Google Earth*, ano de 2013.

Quadro 1. Interpretação das radarfácies identificadas na área de estudo.

Radarfácies	Características das radarfácies		Interpretação
	Padrão dos refletores	Espessura e geometria externa	
<b>Rf1</b>	Ondulados a sub-horizontais, alta amplitude e contínuos	3 – 4 m; podem ocorrer com geometria externa em lençol ou cunha; restritas ao topo das seções GPR	Dunas eólicas
<b>Rf2</b>	Subparalelos e ondulados, baixa amplitude, moderadamente contínuos	0,5 – 1,2 m; sempre associada ao topo das seções GPR	Lençol de areia
<b>RF3</b>	Cliniformas com baixo ângulo de mergulho no sentido mar-adentro (SE), alta	2 – 6 m; em cunha	Face praial

	amplitude, contínuos		
<b>Rf4</b>	Sub-paralelos a oblíquo-tangenciais com mergulho suave divergente para SO e NE, alta amplitude, contínuos	1 – 4,5 m; em cunha	Face praial (correspondente à Rf3, em corte transversal)
<b>Rf5</b>	Sigmoidais com alto ângulo de mergulho em direção ao continente (NO), alta a média amplitude, contínuos	4 - 6 m; em lente	Plataforma do pontal recurvado
<b>Rf6</b>	Sigmoidais a oblíqua-paralelas com mergulho para NE, alta amplitude, lateralmente contínuos	1 m; em lençol	Plataforma do pontal recurvado
<b>Rf7</b>	Ondulados com mergulho divergente, média a alta amplitude, lateralmente contínuos	1 – 3 m; em cunha	Antepraia/Zona de arrebentação
<b>Rf8</b>	Subparalelos, alta amplitude, moderadamente contínuos ou descontínuos	3 – 6 m; em lençol, sempre associada à base das seções	Antepraia
<b>Rf9</b>	Oblíquo-tangenciais com mergulho para SO, amplitude média, contínuos	4 – 6 m, em cunha	Margem do canal fluvial
<b>RF10</b>	Oblíquo-paralelos com mergulho para SO, média amplitude, contínuos	2 m; em lençol	Preenchimento do canal fluvial

#### *4.2.1. Terceiro feixe de cordões litorâneos e campo de dunas eólicas estabilizadas*

Sobre estas feições morfológicas foram adquiridas três seções GPR (Fig.6 Seções 1 a 3), descritas a seguir.

##### **4.2.1.1. Seção GPR 1 (Fig.7)**

A seção obtida perpendicular à linha de costa, sobre o terceiro feixe de cordões litorâneos (Fig.6 Seção 1) é formada, na base, pela Rf8, que corresponde à antepraia. Sobre a antepraia, há ocorrência da Rf3, que registra a progradação dos depósitos durante a regressão da linha de costa com formação de cordões litorâneos de origem praial. No topo da seção, há ocorrência de refletores ondulados e subparalelos da Rf2 corresponde ao retrabalhamento eólico dos cordões praias e posterior estabilização do depósito por instalação da cobertura vegetal.

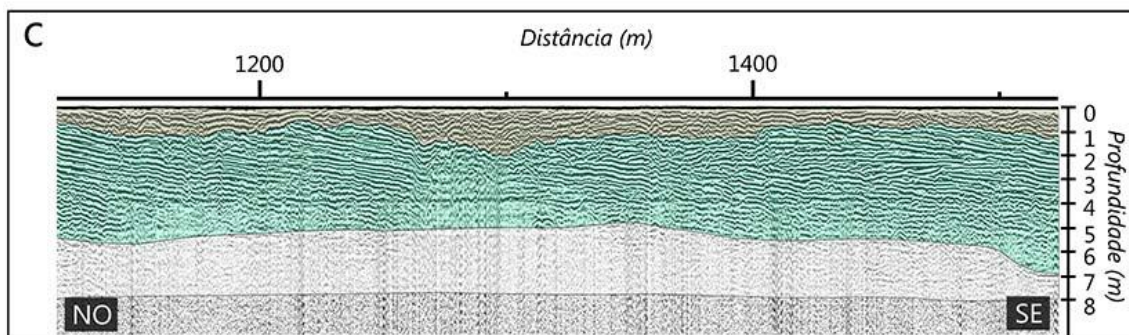
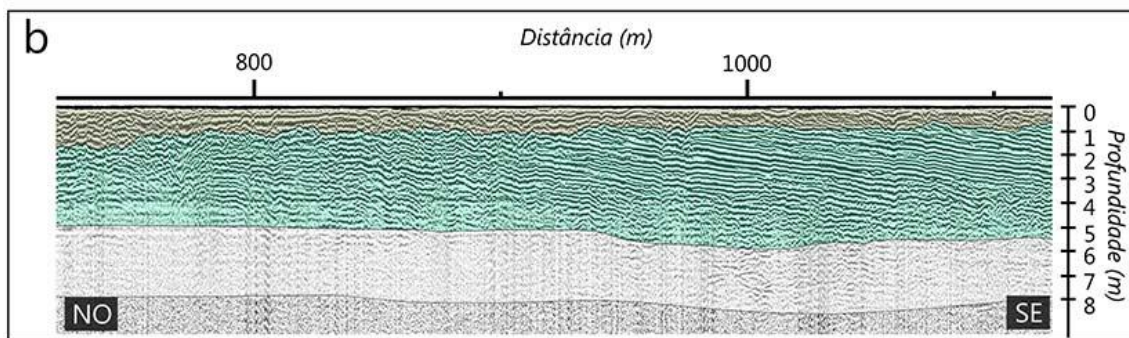
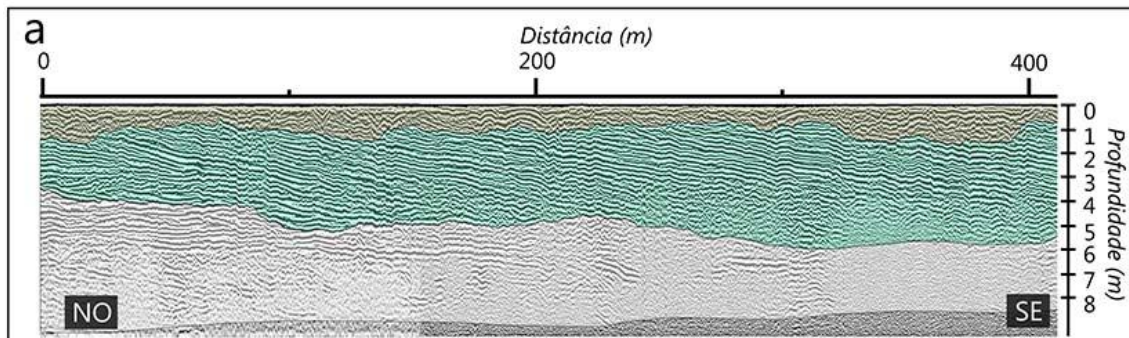
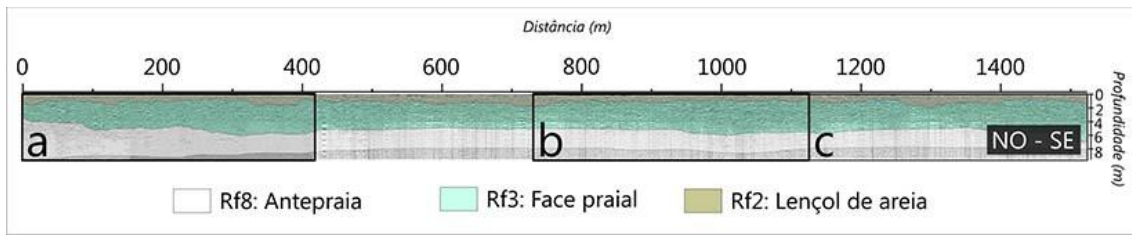


Figura 7: Seção GPR 1 e delimitação das radarfácies Rf8, Rf3 e Rf2.

#### 4.2.1.2. Seção GPR 2 (Fig.8)

Seção paralela à linha de costa obtida entre o terceiro feixe de cordões litorâneos e campo de dunas eólicas estabilizado (Fig.6 Seção 2). Apresentam na base refletores da Rf8, interpretados como antepraia, e sobrepostos por refletores da Rf4, que correspondem à face praial progradante. Sobre a face praial, refletores ondulados da Rf2 representam o retrabalhamento sedimentar eólico.

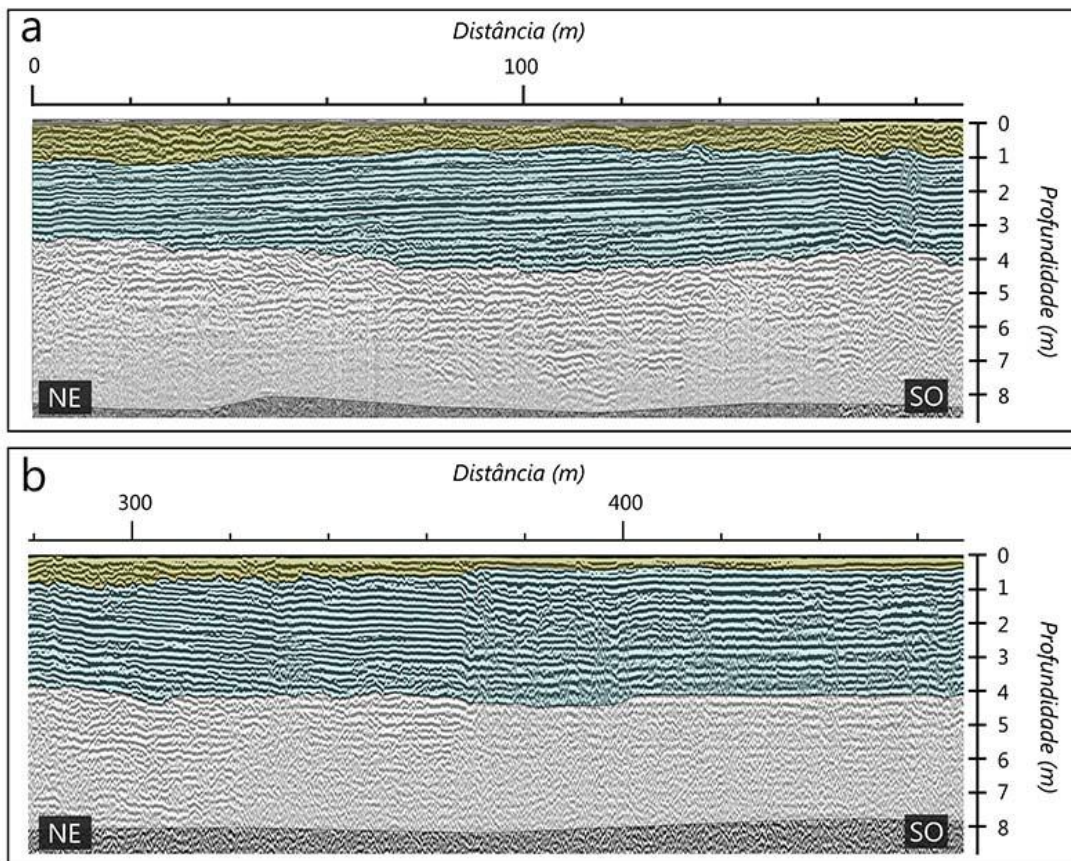
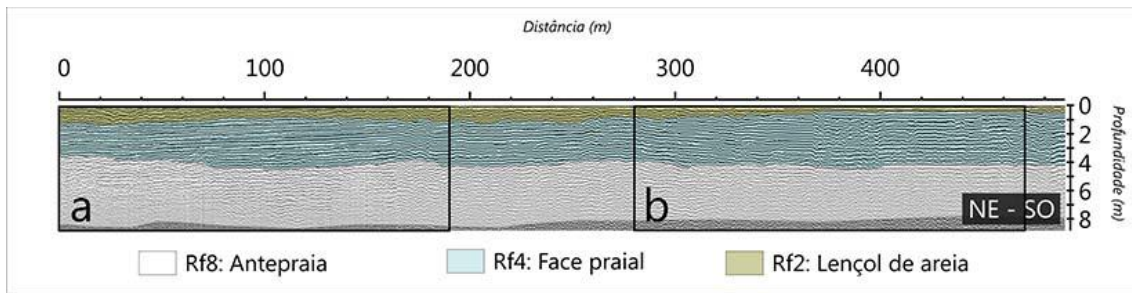


Figura 8: Seção GPR 2 e delimitação das radarfácies Rf8, Rf4 e Rf2.

#### 4.2.1.3. Seção GPR 3 (Fig.9)

Obtida sobre o campo de dunas eólicas vegetadas (Fig.6 Seção 3), a seção GPR 3 registra na base depósito correspondente à antepraia, representado pela Rf8. Sobre a Rf8 há ocorrência da Rf3, interpretada como face praial progradante. A Rf3 apresenta contato lateral abrupto com a Rf1 conforme aproxima-se da linha de costa. Esta mudança lateral de radarfácies registra a transição da planície com cordões litorâneos de origem praial para depósitos eólicos e indica mudanças na dinâmica sedimentar.

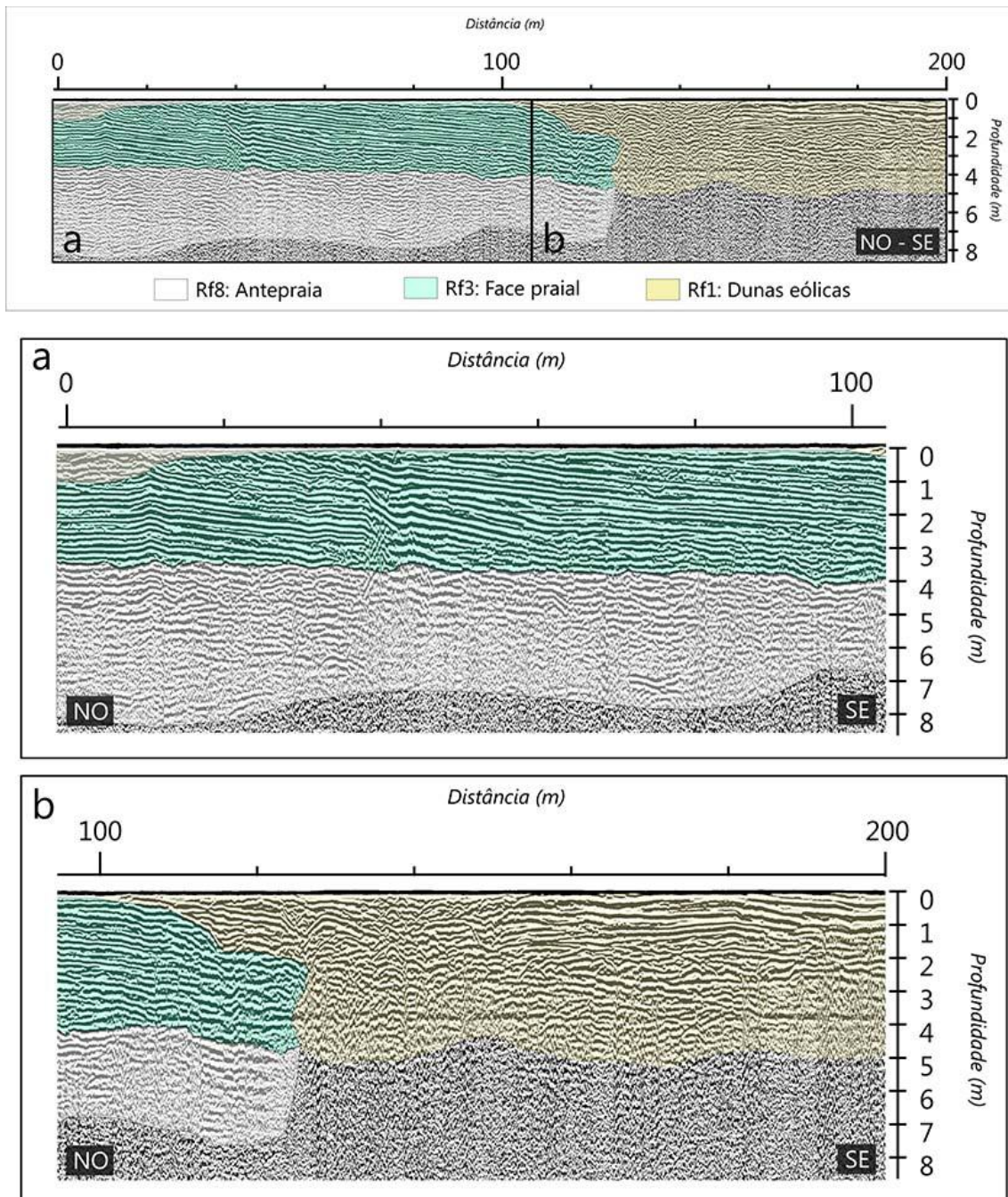


Figura 9: Seção GPR 3 e delimitação das radarfácies Rf8, Rf3 e Rf1.

#### 4.2.1.4. Elementos arquitetônicos dos cordões litorâneos e dunas eólicas

A seção sobre o terceiro feixe de cordões apresenta radarfácies composta por refletores lateralmente contínuos, com mergulho suave no sentido mar-adentro (Rf3). Essas clinofórmulas progradantes, com baixo ângulo de mergulho, similar ao mergulho da face praial atual, permitem inferir que os cordões litorâneos do terceiro feixe incluem o elemento de face praial, produto de processos gerados por ondas. Em corte transversal os refletores da face praial (Rf4) apresentam mergulho mais suave e confirmam a formação de clinofórmulas progradantes. Assim, os alinhamentos de cordões da planície da Juréia, pelo menos na sua

porção mais interna, atendem à definição de cordões de origem praial, conforme a definição dada por Hesp et al. (2005). O depósito observado na base das seções (Rf8) é interpretado como a antepraia sobre a qual a praia prograda.

A arquitetura interna das dunas eólicas difere-se da de cordões litorâneos praias pela ocorrência de refletores ondulados, lateralmente contínuos e com alta amplitude. Na Seção GPR 8 é possível observar uma mudança lateral no padrão dos refletores, que caracteriza o truncamento dos cordões litorâneos com iniciação do campo de dunas eólicas, atualmente vegetadas, também delimitadas por sensoriamento remoto (Fig.5).

#### *4.2.2. Pontais recurvados III e IV*

Sobre os pontais foram obtidas cinco seções GPR (Figura. 6 Seções 4 a 8).

##### **4.2.3.1. Seção GPR 4 (Fig.10)**

Obtida paralela à linha de costa (NE – SO), sobre o pontal recurvado III (Fig.6 Seção 4). Na base ocorre a Rf7 que corresponde a depósito subaquoso de bancos arenosos presentes no limite superior da antepraia, com ocorrência de refletores em forma de corte e preenchimento com mergulho para SO. Portanto, a radarfácies Rf7 associa-se ao substrato sobre o qual a plataforma do pontal (Rf6) desenvolveu-se e iniciou a formação do pontal arenoso recurvado III, conforme registra a Rf7. A terminação dos refletores da Rf6, em *downlap* sobre a Rf7, caracterizam a progradação da margem do pontal recurvado sob ação de ondas e deriva litorânea com formação da arquitetura de plataforma de pontal. A partir dos 120 m de seção o mergulho para SO dos refletores da Rf4 é mais aparente.

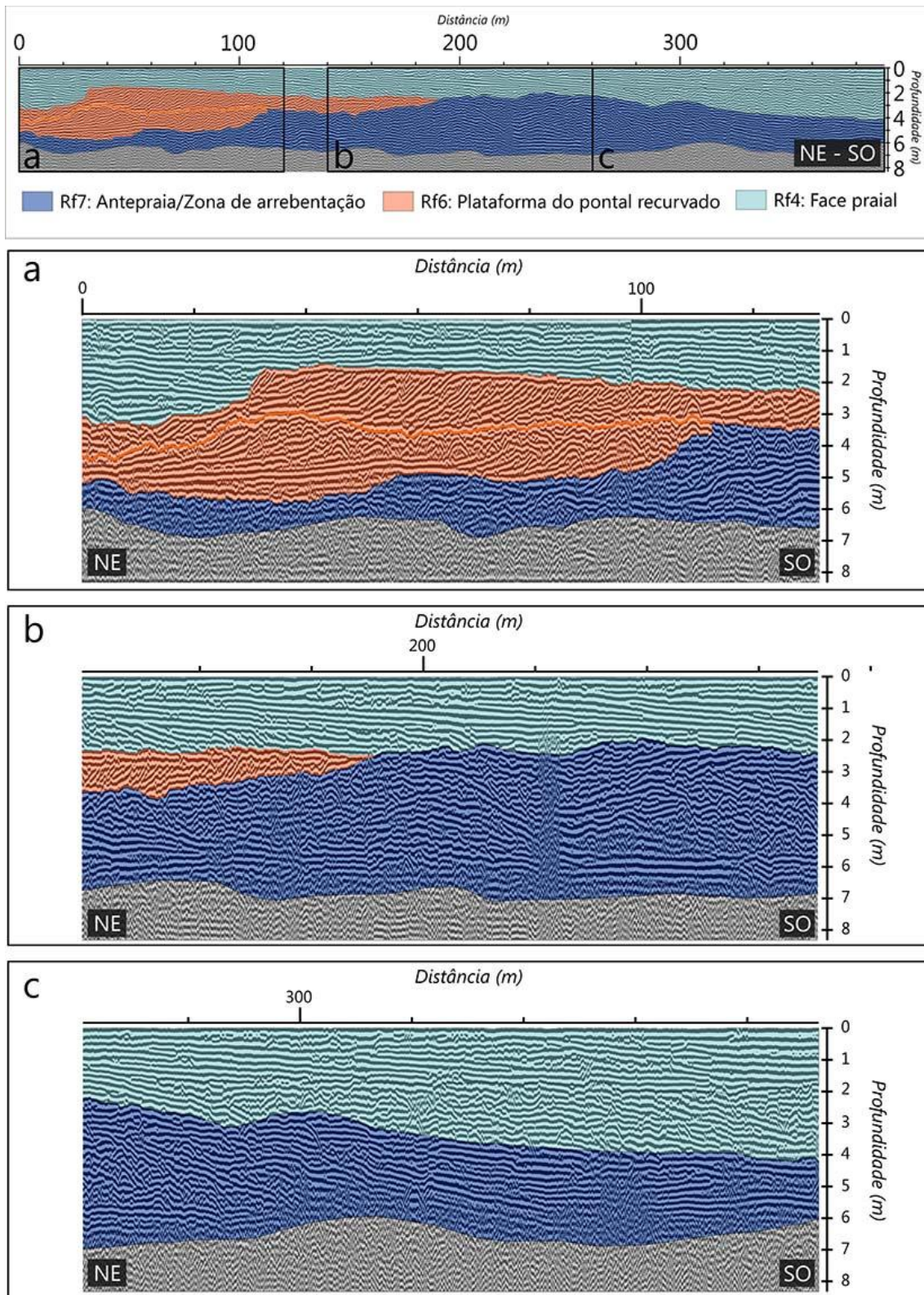


Figura 10: Seção GPR 4 e delimitação das radarfácies Rf7, Rf6 e Rf4.

#### 4.2.3.2. Seção GPR 5 (Fig.11)

Na base desta seção GPR os refletores da Rf8, interpretados como depósitos de antepraia superior, são sobrepostos por depósitos praias da Rf4, que neste contexto ocorrem

com cerca de 2.0 m de espessura. A Rf4 corresponde à face praial sobre a qual os refletores da Rf10 mergulham no sentido SO. A Rf10 pode indicar o preenchimento do canal do Suá Mirim, com instalação do sistema praia-duna. No topo, a seção é formada pelos refletores da Rf2, relativo a lençol de areia com instalação de vegetação.

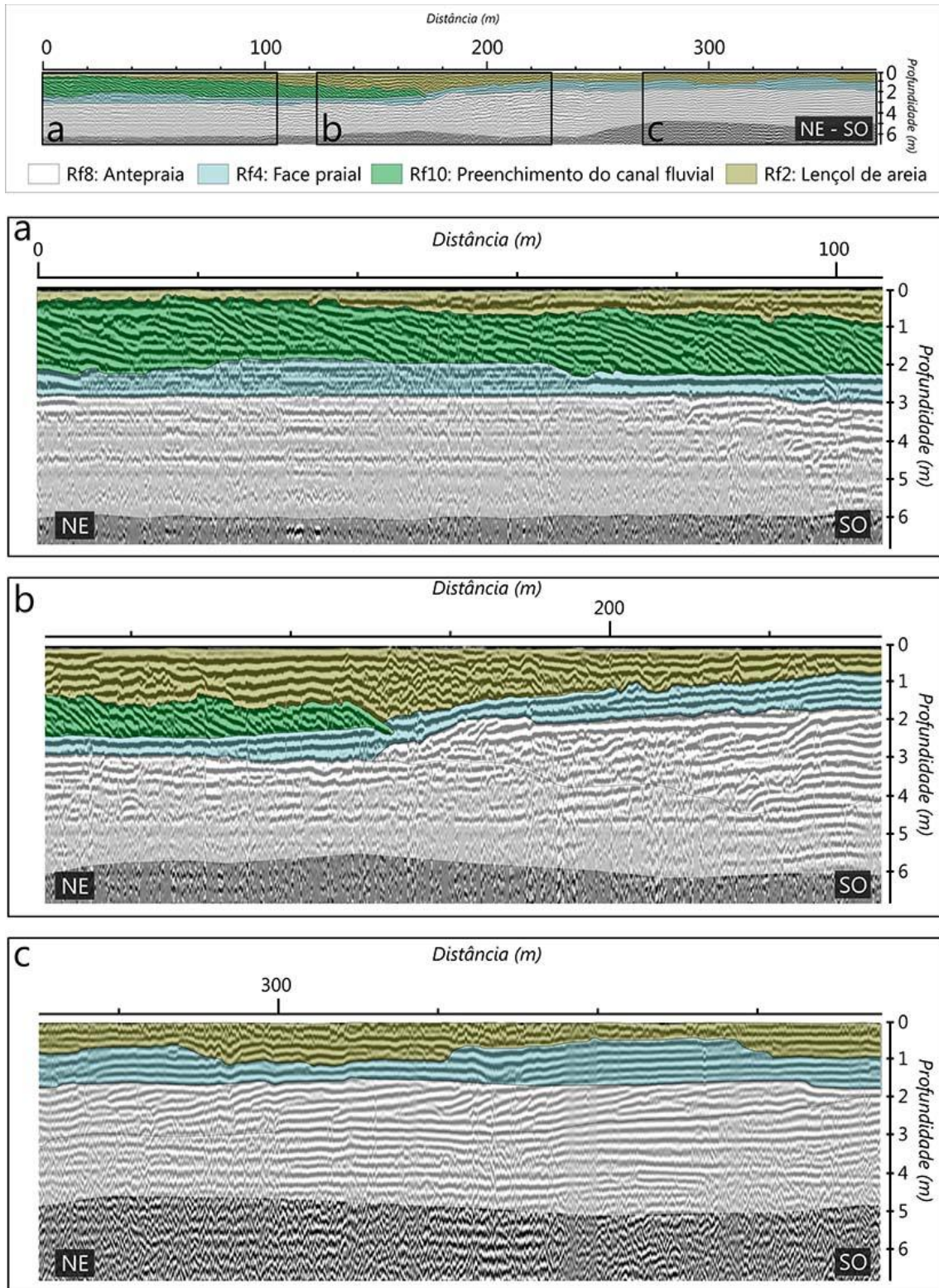


Figura 11: Seção GPR 5 e delimitação das radarfácies Rf8, Rf4, Rf10 e Rf2.

#### 4.2.3.3. Seção GPR 6 (Fig.12)

Na base da seção GPR a Rf9 apresenta refletores que migram para SO, com morfologia externa em cunha. A Rf9 é sobreposta pela Rf4, cujos refletores apresentam mergulho para SO. Essa sucessão de radarfácies permite inferir o crescimento do pontal para SO, provavelmente controlado pela inversão da deriva litorânea, inferido de acordo com o mergulho dos refletores.

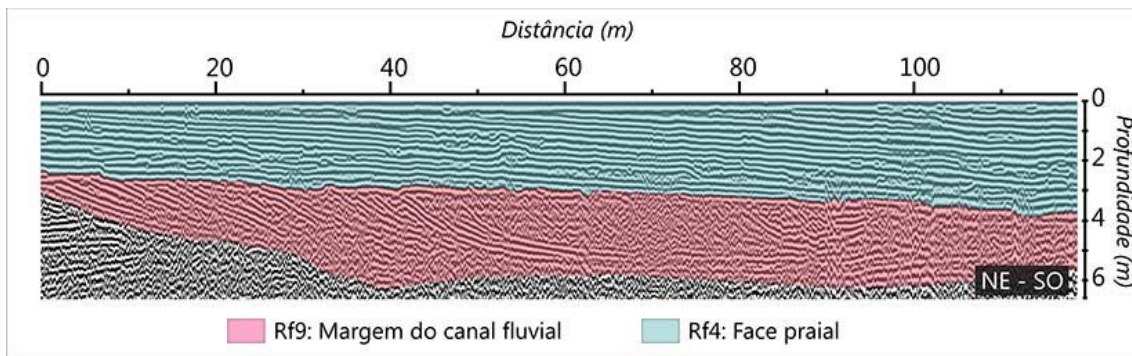


Figura 12: Seção GPR 6 e delimitação das radarfácies Rf9 e Rf4.

#### 4.2.3.4. Seção GPR 7 (Fig.13)

Na base da seção ocorre a Rf5 que, nos sentidos SE e NO, gradualmente diminui de espessura (de 6 m para 3 m), o que caracteriza sua geometria externa em cunha. A Rf5 corresponde ao crescimento longitudinal do pontal para NO na forma de banco de areia submerso: plataforma sobre a qual o pontal cresce. A Rf5, no sentido mar adentro, é sobreposta pela Rf3, que marca o retrabalhamento dos depósitos por ondas durante a progradação da sucessão sedimentar. No sentido continente adentro os refletores da Rf2 indicam o retrabalhamento dos sedimentos por processos eólicos e posterior formação de solo.

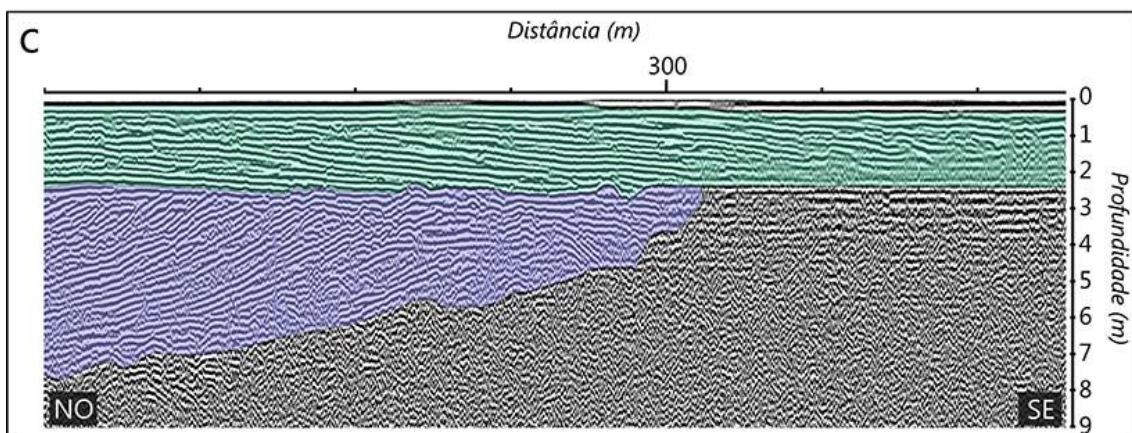
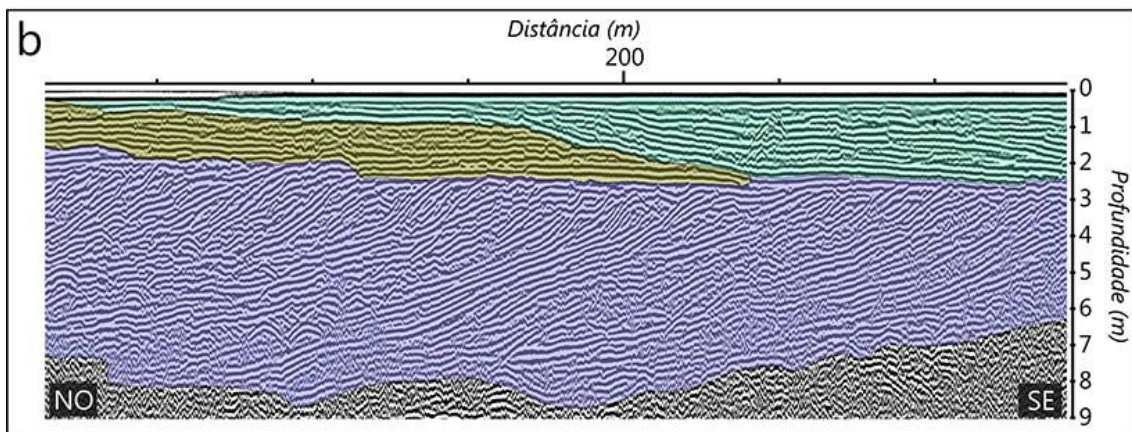
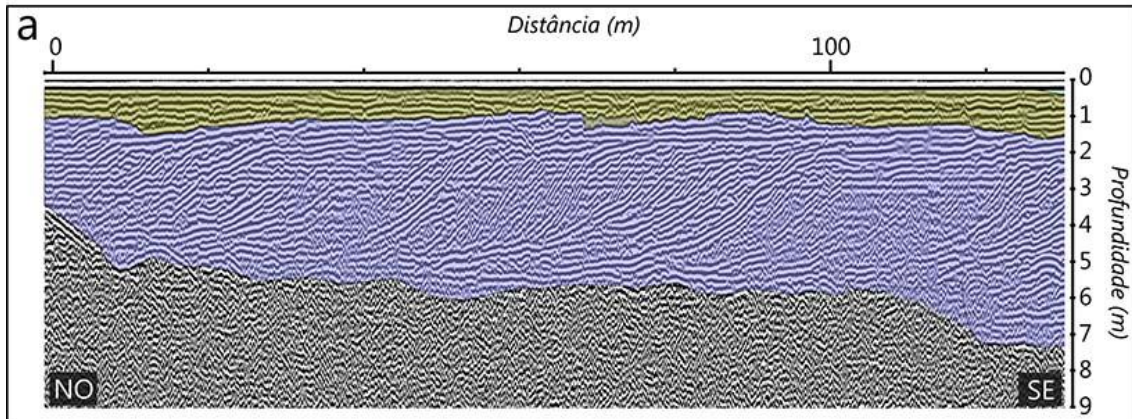
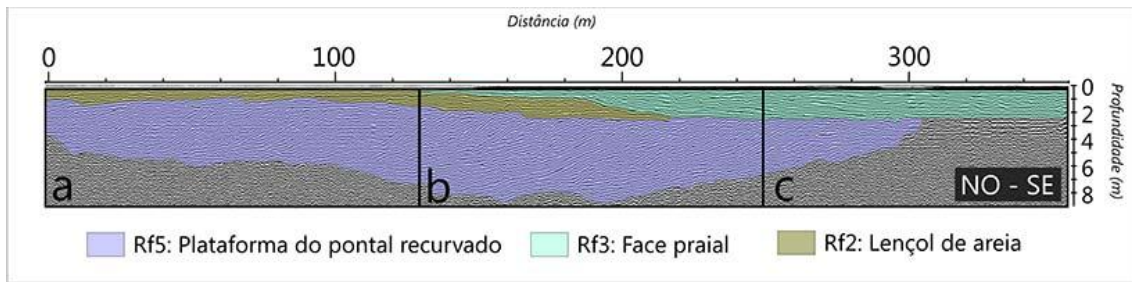
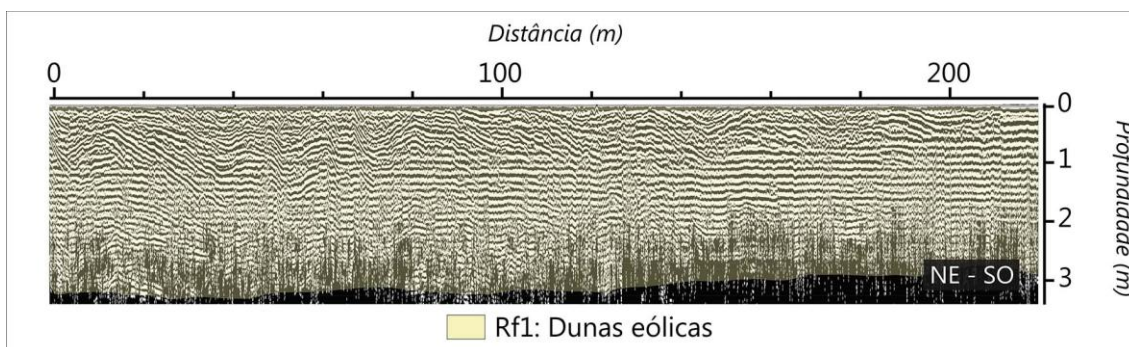


Figura 13: Seção GPR 7 e delimitação das radarfácies Rf5, Rf3 e Rf2.

#### 4.2.3.5. Seção GPR 8 (Fig.14)

Obtida perpendicular à linha de costa, sobre o pontal recurvado IV, na desembocadura do rio Ribeira de Iguape. A seção caracteriza-se pela ocorrência da radarfácies Rf1 e, na base,

ruídos gerados pela interferência da água salgada durante a aquisição. A Rf1 corresponde a depósito eólico e registra migração das dunas eólicas continente adentro, também verificado em campo e pelas análises das fotografias aéreas e imagens de satélite. Para SO a seção registra menor ondulação dos refletores da Rf1, que pode estar associada à transição entre dunas estabilizadas e dunas incipientes.



**Figura 14: Seção GPR 8 e delimitação da radarfácies Rf1.**

#### **4.2.3.6. Elementos arquitetônicos do pontal recurvado**

A arquitetura deposicional descrita nas seções GPR 4 a 8 (Fig. 10 a Fig.14) evidencia que o desenvolvimento dos pontais recurvados III e IV (PIII e PIV) inclui os depósitos de antepraia (Rf7 e Rf8); canal fluvial (Rf9 e Rf10); pontal recurvado (Rf5 e Rf6); face praial (Rf3 e Rf4) e duna frontal (Rf1 e Rf2). Esses elementos arquitetônicos interdigitam-se e condicionam o crescimento dos pontais III e IV através de uma fase de desembocadura e pontal recurvado, seguida por uma fase de praia de mar aberto, com progradação para SE. Na primeira fase, o pontal IV cresce tanto para SO, por deriva (Fig.12 Rf3), como para NO, por meandramento da desembocadura do rio Ribeira de Iguape (Fig.13 Rf5).

Processos erosivos na desembocadura do Ribeira de Iguape disponibilizam sedimentos que são retrabalhados e depositados por ondulações de S e SE na forma de pontal arenoso recurvado. Este processo preserva no registro estratigráfico o mergulho dos refletores no sentido continente adentro, para NO (Rf5). A foz do rio bloqueia as ondas vindas de sul e favorece o predomínio da deriva litorânea longitudinal para SO (Fig.9 e Fig.10 Rf4) a sotamar (NE) da zona de sombra de difração das ondas. O transporte de sedimentos pela deriva litorânea, orientada para SO, combinado a deposição dos sedimentos providos da erosão da margem NO do meandro, abastecem, com vetor de progradação para NO, e direcionam o crescimento longitudinal (rumo SO) registrado na forma de cordões recurvados. O componente de crescimento transversal do pontal (Rf2), que caracteriza a fase de praia de mar aberto, representa o retrabalhamento dos depósitos de pontal pelas ondas, isto é, a readaptação do contexto de desembocadura para o contexto de sistema praial com desenvolvimento de dunas frontais (Rf1 e Rf2).

O pontal III desenvolveu-se com sentido de crescimento oposto (NE) associado a paleodesembocadura do Suá Mirim (Fig.15 1). O depósito de antepraia superior (Fig.10 Rf7) é erodido pelo canal do Suá Mirim, o que justifica sua geometria externa em cunha. O canal passa a ser preenchido por sedimentos transportados por deriva litorânea, neste contexto direcionada para NE, com formação da plataforma do pontal (Fig.10 Rf6). O pontal III cresce associado a terminação NE da planície, até então ancorada na Praia do Leste (Fig.15 1). Mudanças no padrão de dinâmica sedimentar e circulação, durante esta fase de crescimento da planície, favoreceram o assoreamento à inativação da desembocadura do Suá Mirim (Fig.11 Rf10) e estabelecimento da desembocadura do Ribeira de Iguape (Fig.15 2). O fechamento do Suá Mirim associa-se aos elementos arquitetônicos de margem (Fig.12 Rf9) e preenchimento do canal, tanto por processos eólicos quanto praias e fluviais, cujos refletores apresentam mergulho para SO. Este padrão de mergulho sugere inversão no sentido do transporte de sedimentos por deriva litorânea, de NE para SO, que teria favorecido sua inativação. Posteriormente, o pontal IV forma-se e cresce ancorado em depósitos do pontal III (Fig.15 3).

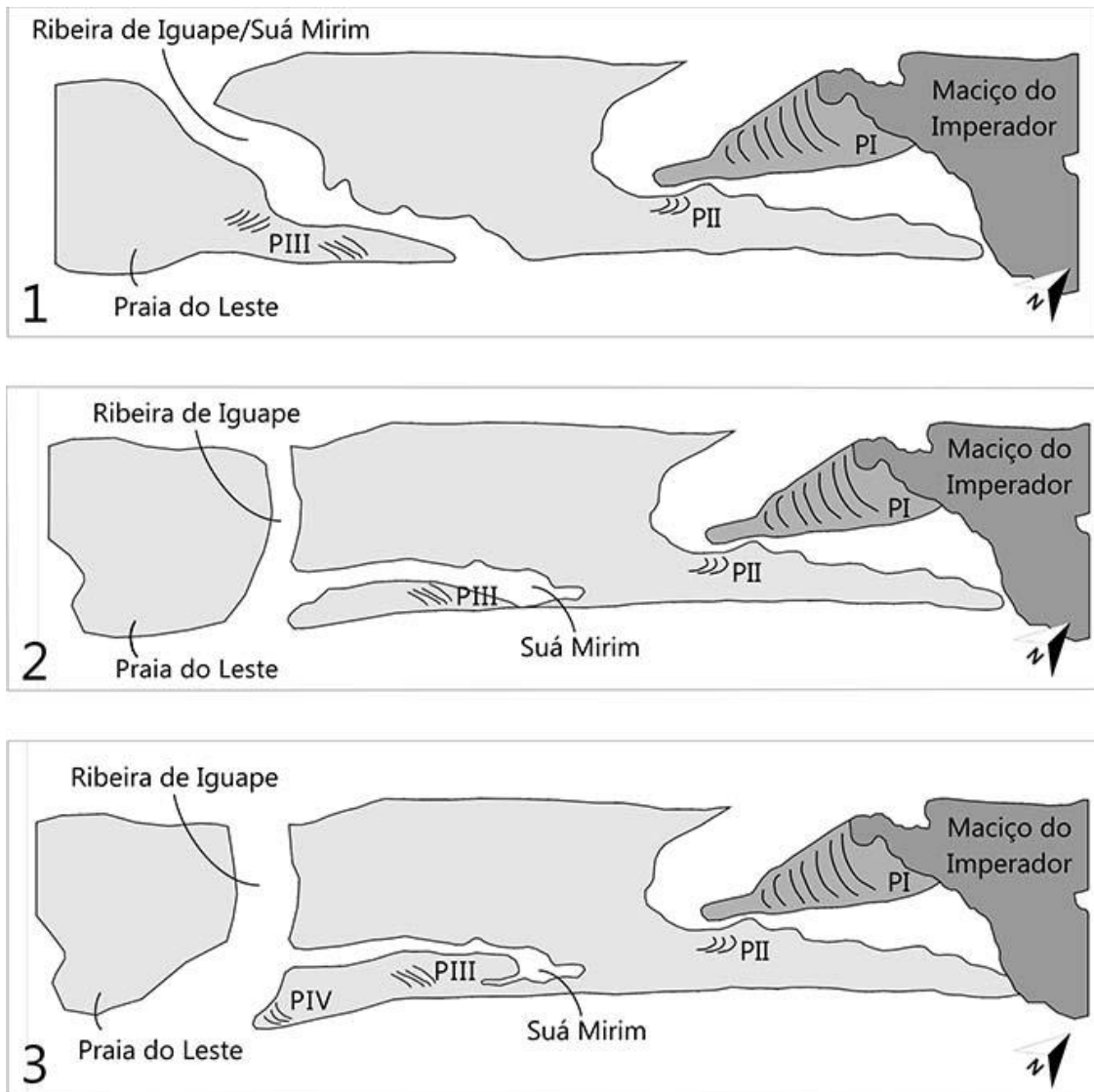


Figura 15: Modelo evolutivo em três fases dos pontais PIII e PIV em relação à morfodinâmica das desembocaduras do Suá Mirim e Ribeira de Iguape (baseado em fotografias de 1962 e baseado em Bentz, 2004).

### 4.3. Sucessão de Fácies Sedimentares

Um total de seis perfis sedimentológicos (Fig.6) foram descritos quanto a sucessão sedimentar de fácies a partir de dados de seis testemunhos, quatro trados e uma trincheira, agrupados segundo sua localização morfológica na planície.

Quadro 2: Localização dos perfis sedimentológicos.

Perfil	Localização morfológica	Coordenadas (UTM)	Tipo de amostragem
1	Primeiro feixe de cordões litorâneos	257539.64 m E 7274117.00 m S	Vibrotestemunho e trado

2	Pontal I	265772.00 m E 7278657.82 m S	Vibrotestemunho
3	Terceiro feixe de cordões	263928.14 m E 7276345.23 m S	Vibrotestemunho e trado
4	Terceiro feixe de cordões	265033.11 m E 7276969.94 m S	Vibrotestemunho e trado
5	Terceiro feixe de cordões	265574.24 m E 7276498.83 m S	Vibrotestemunho, trincheira e trado
6	Margem interna do Pontal IV	257886.60 m E 7271059.15 m S	Vibrotestemunho

#### 4.3.1. Primeiro feixe de cordões litorâneos (FC1)

##### 4.3.1.1. Perfil 1

Na transição entre o primeiro e segundo feixe de cordões (FC1 e FC2) foram obtidos dados de trado e testemunho (Fig.16) que permitiram diferenciar duas fácies sedimentares: fácies de areia fina com estratificação plano-paralela (AFpp) e fácies de areia média com raízes (AMr).

O testemunho, entre 185 e 100 de profundidade é composto por areia fina (53%) a média (37%) de coloração marrom (Fig.16). Estruturas plano-paralelas de coloração preta ocorrem ao longo de toda a fácies. Em direção ao topo do testemunho estruturas apresentam-se menos espaçadas junto a aglomerados de matéria orgânica em forma de manchas pretas. A coloração preta das manchas refere-se à concentração de detritos vegetais, como raízes e fragmentos de folhas e galhos.

Os dados de trado, em direção ao topo do perfil, a partir dos 90 cm de profundidade, caracterizam a formação de depósitos de areia média (41%) a fina (39%) com baixa porcentagem de areia grossa (5%) de coloração marrom (Fig.16). Os 30 cm superiores correspondem a areia média de coloração cinza-escuro, com raízes *in situ* e detritos vegetais.

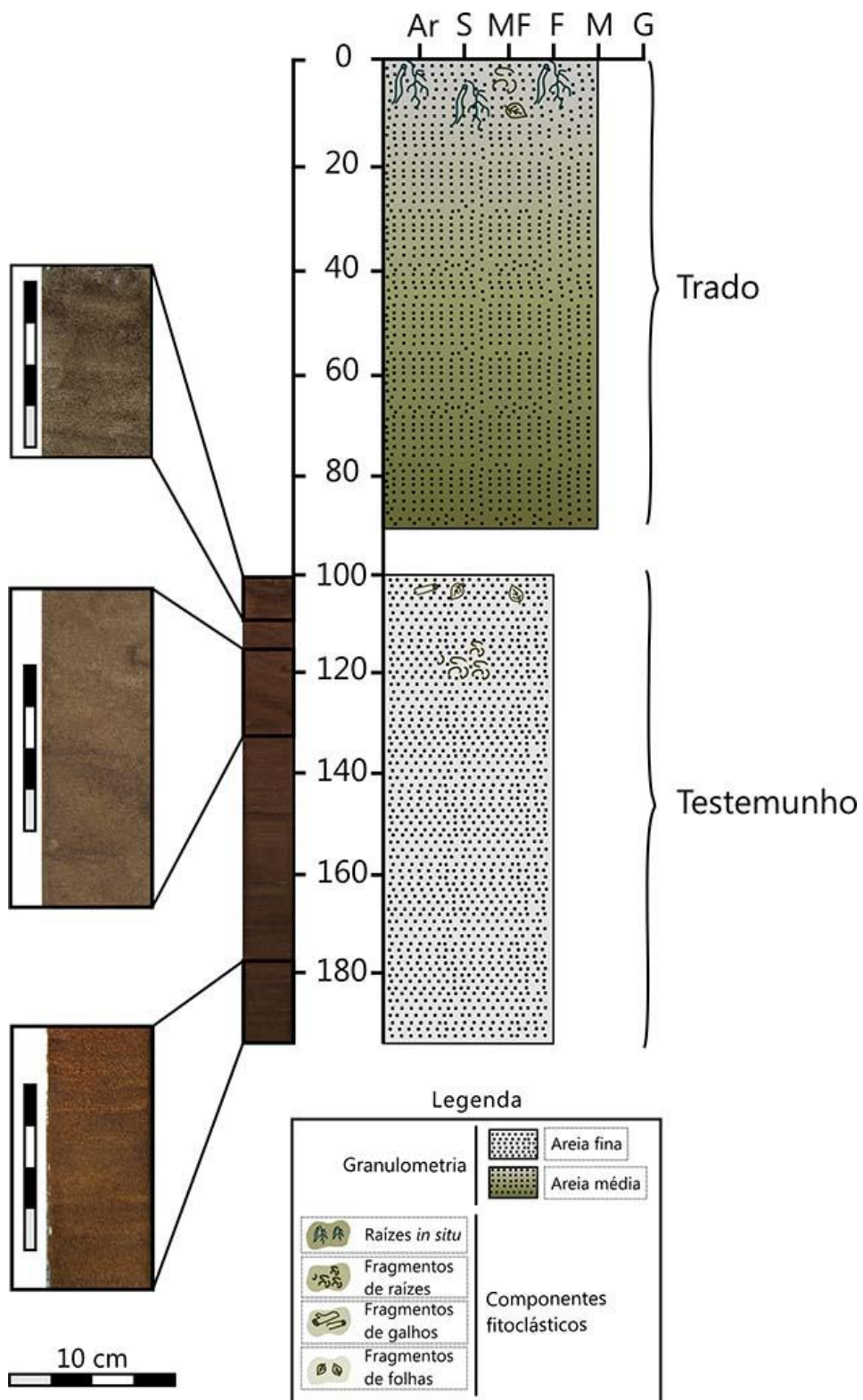


Figura 16: Seção colunar esquemática referente ao Perfil 1.

#### 4.3.2. *Paleopontal recurvado I (PI)*

##### 4.3.2.1. Perfil 2

Sobre o paleopontal recurvado PI foi obtido um testemunho (Fig. 17) que corresponde ao perfil 2, com 152 cm de comprimento e é formado por duas fácies sedimentares: fácies de areia fina com estratificação plano-paralela (AFpp) e fácies de areia fina maciça (AFm) (Fig.17).

A base do testemunho, entre 152 e 35 cm de profundidade é composta por areia fina (69%) com estratificação plano-paralela. Aos 140 cm de profundidade é possível observar mancha alaranjada associada ao mosqueamento. No topo da fácies a coloração passa para marrom-claro de forma gradual. Ao longo da fácies há ocorrência de estruturas plano-paralelas que intercalam-se com fases de areia levemente mais grossa de coloração amarelada. A partir dos 70 cm estruturas plano-paralelas são menos espaçadas, assumem coloração preta, devido a concentração de matéria orgânica e minerais pesados, e aparecem com morfologia côncava em direção ao topo do perfil. A concavidade da estratificação pode ser produto da compactação da coluna de sedimentos no momento da aquisição.

Os 35 cm superiores do testemunho correspondem a areia fina (68%) a muito fina (25%) de coloração cinza-amarronzado sem ocorrência de estruturas.

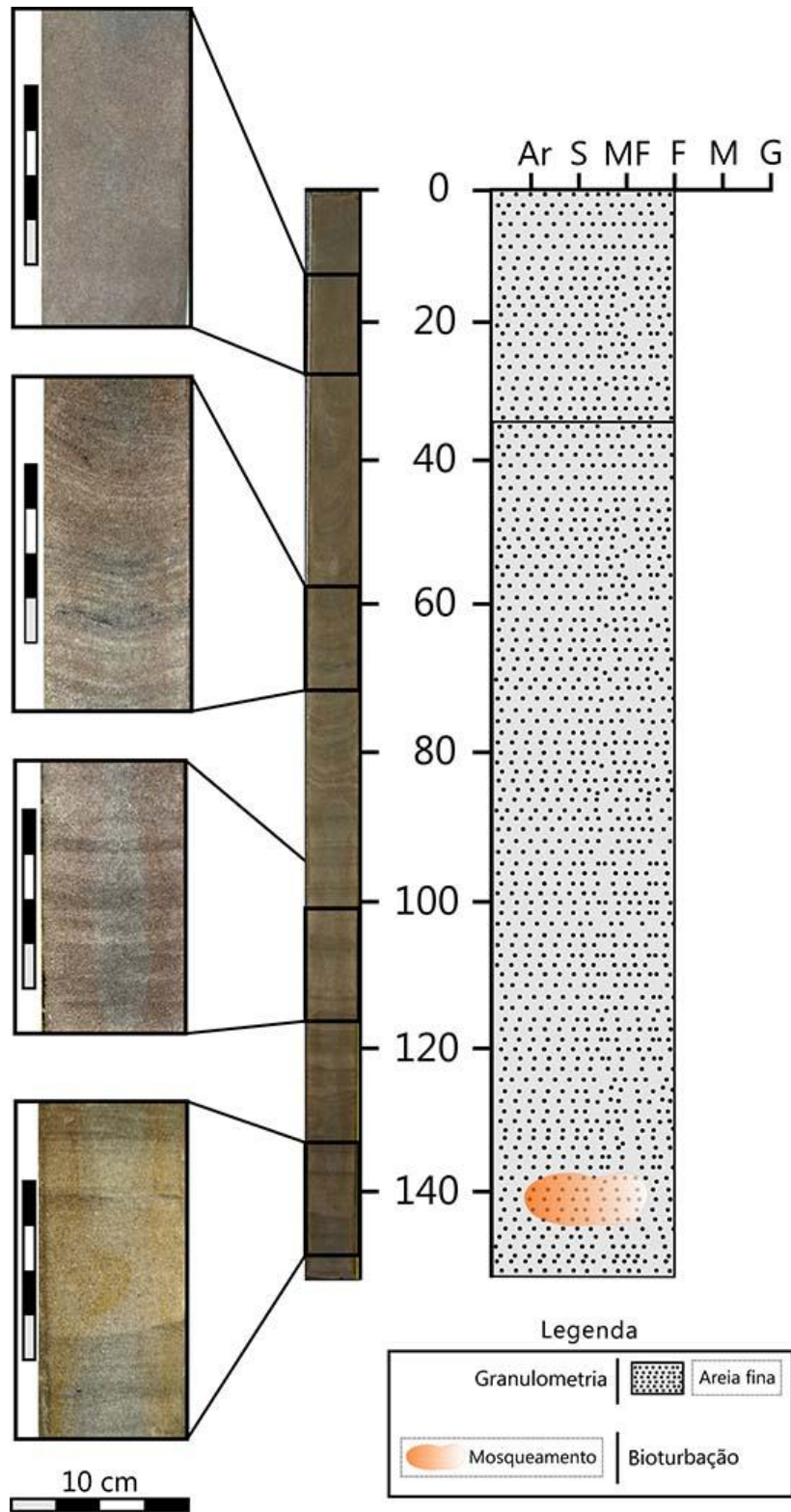


Figura 17: Seção colunar esquemática referente ao Perfil 2.

### 4.3.3. Terceiro feixe de cordões litorâneos (FC3)

#### 4.3.3.1. Perfil 3

Entre o segundo e terceiro feixe de cordões litorâneos (FC2 e FC3) amostras a trado foram adquiridas antes da coleta do testemunho (Fig.18). A descrição das amostras permitiu diferenciar duas fácies sedimentares: fácies de areia fina com estratificação plano-paralela (AFpp) e fácies de areia fina maciça com raízes (AFmr) (Fig.17).

A base do testemunho, entre 182 e 155 cm é composta por areia fina (73%) a muito fina (22%) de coloração marrom-acinzentado e lâminas plano-paralelas de cor marrom escuro. Em direção ao topo da fácies a areia assume coloração cinza e as estruturas ocorrem menos espaçadas em relação às da base.

A partir dos 155 cm de profundidade o perfil (Fig.18) corresponde a fácies de areia fina (67%) maciça de coloração cinza. Na base da fácies a areia apresenta cor alaranjada, produto de mosqueamento e raízes, e manchas cinzas. Em direção ao topo da fácies a concentração de raízes aumenta e a coloração da areia gradualmente escurece para marrom-alaranjado. No topo do testemunho, com cerca de 40 cm de espessura, a presença de raízes *in situ* de coloração marrom escuro sugere formação de solo. A fácies de areia fina a muito fina de coloração escura com raízes *in situ* apresenta continuidade conforme aproxima-se da superfície, segundo dados do trado 4 (60 a 0 cm de profundidade).

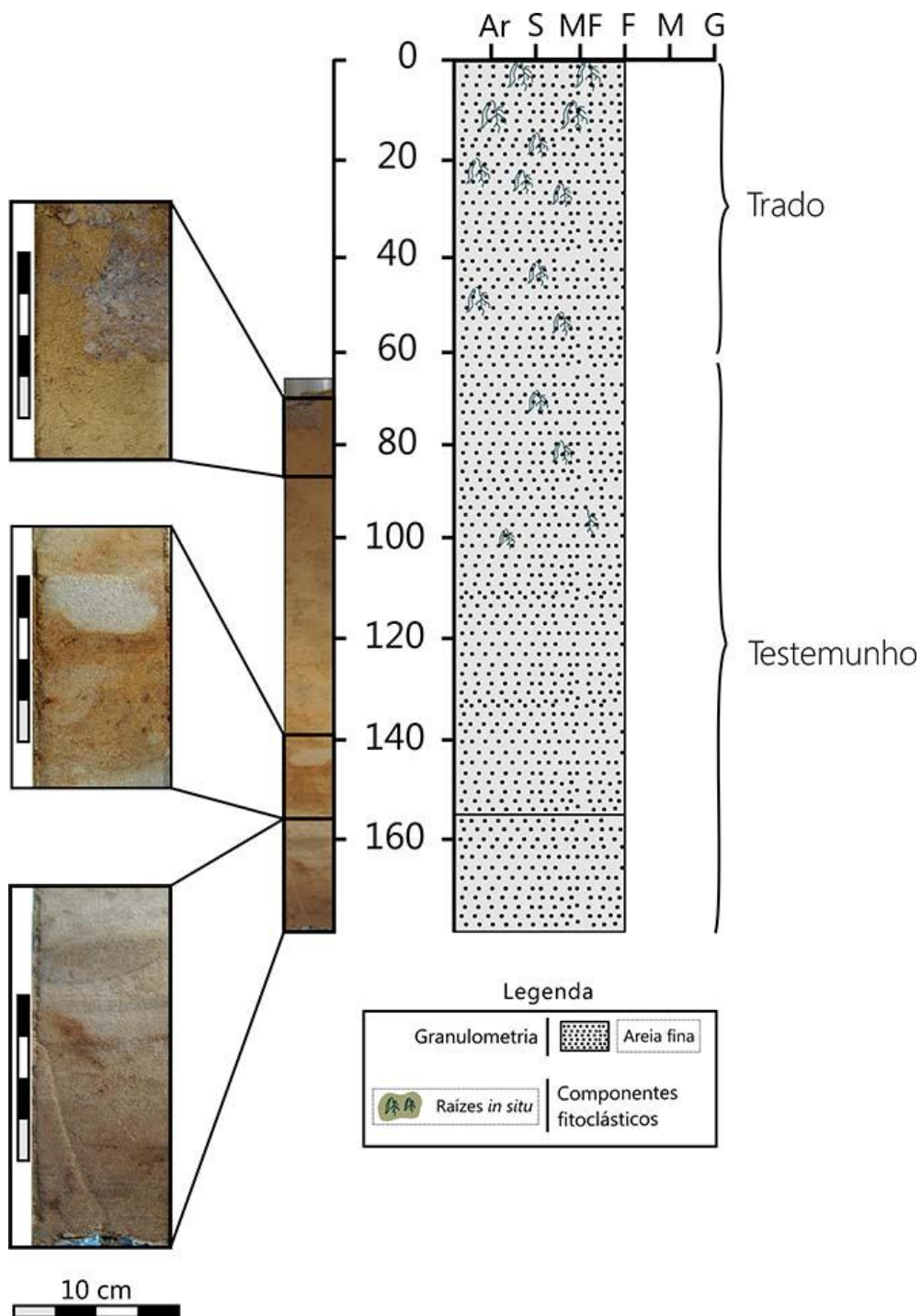


Figura 18: Seção colunar esquemática referente ao Perfil 3.

#### 4.3.3.2. Perfil 4

Sobre o terceiro feixe de cordões foram obtidos dados de trado e testemunho (Fig.19). A descrição das amostras permitiu identificar duas fácies sedimentares: fácies de areia fina com estratificação plano-paralela (AFpp) e fácies de areia fina lamosa (AFL) (Fig.19).

Entre 181 e 95 cm de profundidade o testemunho apresenta fácies de areia fina (67%) com concentração subordinada de areia muito fina (31%) de coloração marrom-claro a alaranjada. Em direção ao topo, a partir dos 120 cm, a areia assume tom cinza-esverdeado. Ao longo de toda a fácies ocorrem estruturas plano-paralelas, ressaltadas pela ocorrência de lâminas de minerais pesados.

A partir dos 95 centímetros dados de trado revelam continuidade da fácies, com areia fina (71%) a muito fina (27%) de coloração alaranjada. O topo do trado, entre 30 e 0 cm corresponde a fácies de areia fina de coloração marrom.

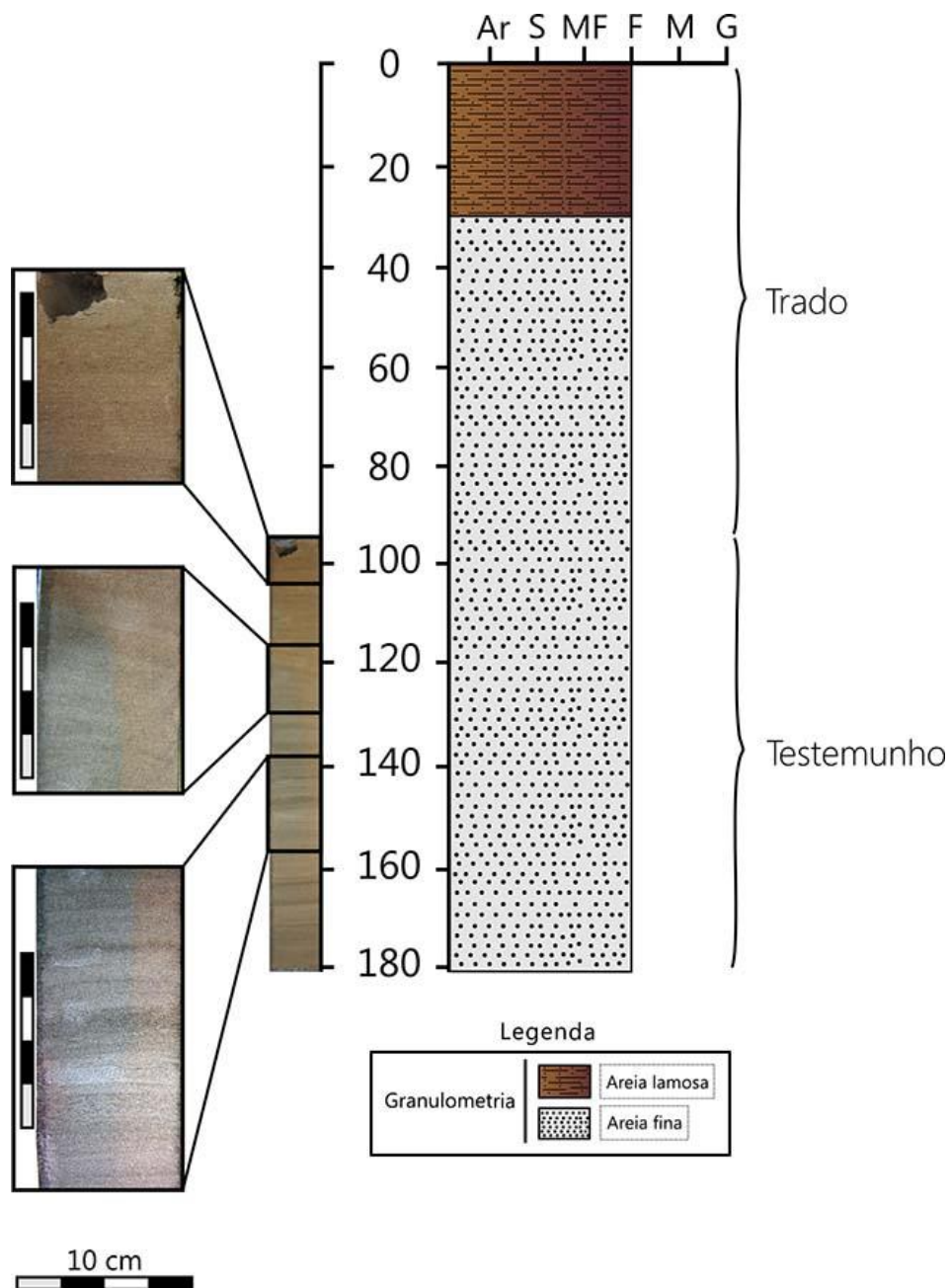


Figura 19: Seção colunar esquemática referente ao Perfil 4.

#### 4.3.3.3. Perfil 5

Também sobre o terceiro feixe de cordões litorâneos (FC3) entre o Perfil 4 e a linha de costa, foram descritos dados de trado, trincheira e testemunho e diferenciadas duas fácies: fácies de areia fina com estratificação plano-paralela e raízes (AFppr) e fácies de areia maciça (Am) (Fig.20).

A base do testemunho 3, entre 120 e 63 cm de profundidade, é composta por areia fina (74%) a muito fina (24%). O sedimento apresenta coloração cinza-amarronzado e adquire tom alaranjado em direção ao topo do perfil, associado à ocorrência de fragmentos de raízes. A cor alaranjada associa-se ao mosqueamento da fácies, devido a concentração de óxido-hidróxido de ferro. Ao longo de todo o testemunho há ocorrência de estruturas plano-paralelas, embora sejam mais evidentes na base.

Dados de trincheira e trado evidenciam que a partir dos 50 cm de profundidade a fácies, também composta por areia fina (61%) a muito fina (22%), apresenta coloração marrom. Um horizonte centimétrico de areia maciça separa a fácies de areia fina a muito fina no topo do perfil. Os 20 cm superiores do ponto amostrado correspondem a camada de sedimento arenoso marrom-escuro e vegetação, associados a camada de solo atual.

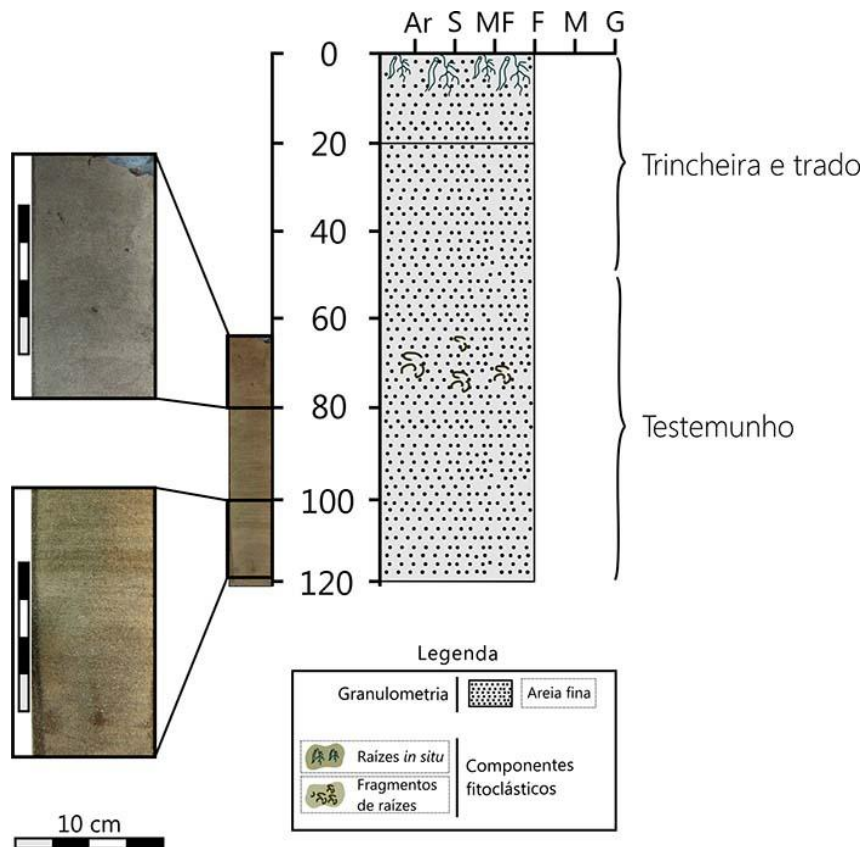


Figura 20: Seção colunar esquemática referente ao Perfil 5.

#### 4.3.4. Pontal recurvado IV (PIV)

##### 4.3.4.1. Perfil 6

Na margem interna do pontal recurvado PIV foi obtido um testemunho (Fig. 21) com cerca de 200 cm de comprimento. Ao longo da coluna de sedimentos foi possível identificar três fácies sedimentares: fácies de areia fina maciça (AFm), fácies de areia fina com estratificação plano-paralela (AFpp), fácies de silte com raízes (Sr).

A base do testemunho (218 a 216 cm) é composta por areia fina (77%) de coloração amarelada, maciça. A partir dos 216 cm o depósito é composto de areia fina (72%) de coloração cinza e estruturas plano-paralelas pretas restritas à base da fácies. A coloração das estruturas deposicionais está associada a concentração de mineirais pesados. Entre 200 e 185 cm de profundidade destaca-se uma mancha preta, produto de concentração de matéria orgânica, como fragmentos de troncos e raízes. Em direção ao topo da fácies às estruturas deposicionais não são mais observadas, o que caracteriza o aspecto maciço dessa porção do depósito.

Entre os 165 e 102 cm de profundidade areia fina (67%) a muito fina (25%) intercala-se com silte (64%) e matéria orgânica. A relação entre as estratificações plano-paralelas de areia e silte evidenciam seu baixo ângulo de mergulho. Em direção ao topo da fácies (110 a 105 cm) observa-se ocorrência de raízes.

Sobreposta as camadas de areia e silte ocorre fácies de areia fina (71%) a muito fina (24%) de coloração cinza. Estruturas plano-paralelas ocorrem ao longo de toda a fácies, ressaltadas pela ocorrência de minerais pesados.

O topo do testemunho (30 a 17 cm de profundidade) compreende fácies de areia fina rica em matéria orgânica. Na base da fácies há predominância de areia fina (72%) cinza. Em direção ao topo há ocorrência de silte (45%) junto com sedimentos arenosos finos (24%).

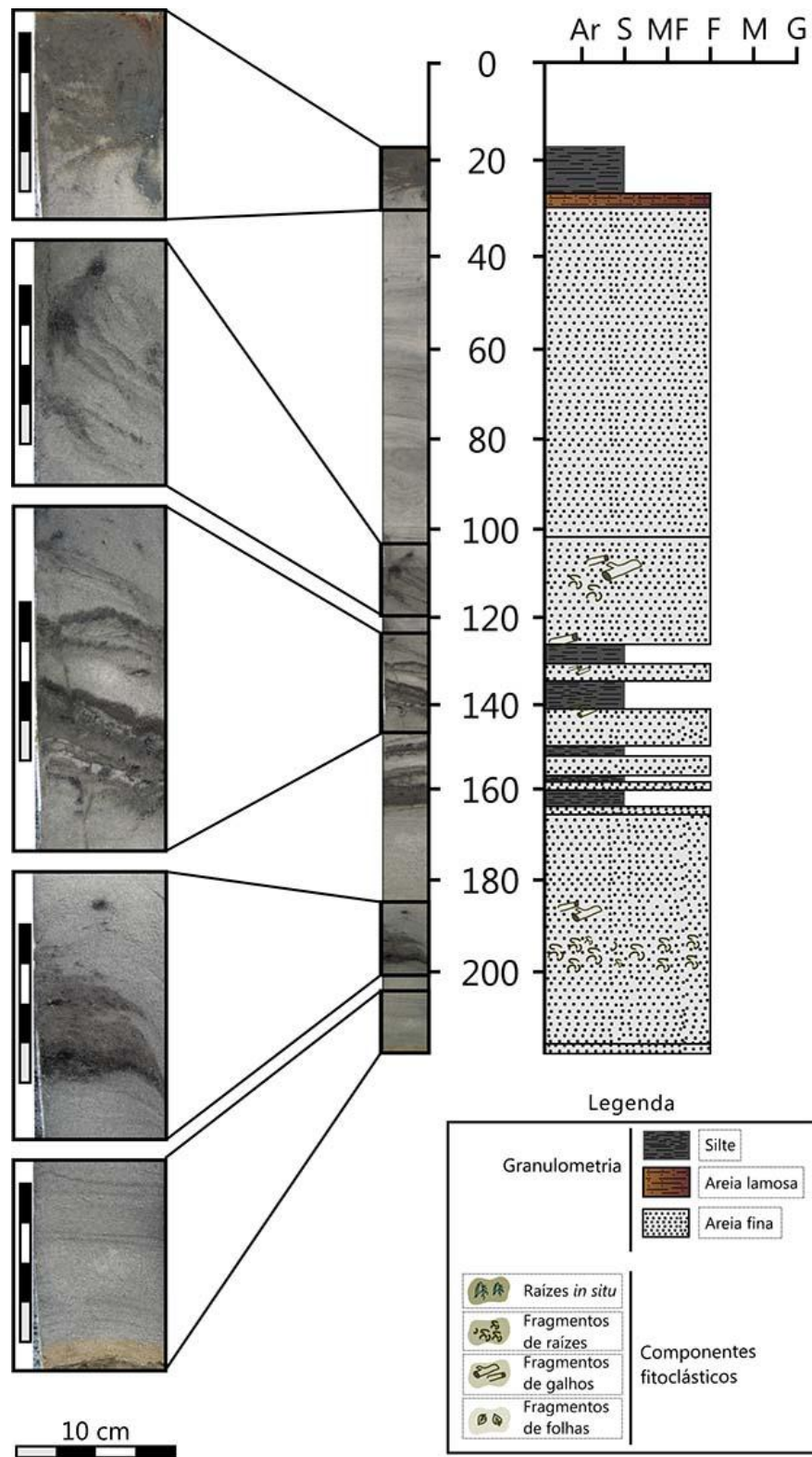


Figura 21: Seção colunar esquemática referente ao Perfil 6.

#### 4.3.5. Interpretação das fácies sedimentares

Dados sedimentares corroboram e refinam a interpretação das radarfácies diferenciadas em seções GPR.

Fácies com estratificação plano-paralela associam-se a ambientes deposicionais de alta energia, como a face praial, a qual caracteriza-se pela ocorrência de lâminas de mineirais pesados, caso dos perfis 2 e 4 (Fig.17 e Fig.19). Os perfis 4 e 5 (Fig.19 e Fig.20), obtidos sobre o transecto da Seção GPR 1 (Fig.7), revelam que a ocorrência de estruturas plano-paralelas coincide com a profundidade de radarfácies interpretadas como face praial, entre 1 a 2 m. Fácies que apresentam este tipo de estrutura correspondem às radarfácies Rf3 e Rf4 e, portanto, permite inferir que o elemento arquitetônico face praial compreende depósitos de areia fina com estratificação plano-paralela.

Fácies maciças com ocorrência de raízes *in situ* associam-se sempre ao topo dos perfis (Fig.17, Fig.18 e Fig.20) com espessura máxima de 1 m. Em seções GPR esta fácies no topo corresponde à radarfácies Rf2, interpretada como lençol arenoso com cobertura vegetal. Ranwell (1972) e Hesp (1988) utilizam o termo “acumulação bio-topográfica” para descrever depósitos pouco espessos referentes à fácies eólicas com vegetação. A ocorrência de vegetação promove mosqueamento (Fig.17, Fig.18 e Fig.20) e induz processos pedogênicos.

O padrão de intercalação entre silte e areia no perfil 6 é esperado para ambientes estuarinos (Dalrymple et al., 1992), bem como concentração de matéria orgânica. A margem direita do Ribeira de Iguape, onde foi coletado o perfil 6, corresponde a uma margem erosiva. É esperado, portanto, que haja fragmentos vegetais depositados.

No que se refere à granulometria das fácies, observa-se predominância de areia fina a muito fina. O perfil 1 (Fig.16) difere dos demais por apresentar composição de areia média a grossa, o que pode estar associado a seleção sedimentar por correntes de deriva litorânea, ondas durante a progradação do primeiro feixe de cordões litorâneos.

#### **4.4. Formação e Desenvolvimento da Planície**

A correlação de dados morfológicos, geofísicos e sedimentares permite discutir alguns indicadores de evolução da planície da Juréia.

O desenvolvimento de cordões litorâneos é condicionado à fatores como volume e granulometria do suprimento sedimentar, vegetação, regime de ventos e ondulações, morfodinâmica praial, flutuações do NRM e estabilidade da linha de costa (Hesp, 2002; Guedes, 2009). Em geral, a sucessão progradante é observada em análises morfológica, geofísica e sedimentar. A morfologia revela a ocorrência de alinhamentos de cordões; dados geofísicos registram radarfácies com clinofórmulas que mergulham no sentido mar adentro, e; dados sedimentológicos caracterizam a progradação por fácies de areia fina com estratificação

plano-paralela. O conjunto de dados confirma que a progradação se deu de forma contínua, por centenas de metros. Embora sem datações, pode-se inferir que esta progradação foi favorecida pela queda do NRM após máximo transgressivo holocênico, há aproximadamente 6000 ou 5900 anos AP (Angulo et al., 2006).

O início da progradação pode associar-se a formação de um sistema baía com estuários que atuavam como fonte de sedimentos para a progradação da planície (Bentz, 2004). Ambientes lagunares e estuarinos podem ser originados pelo afogamento de áreas dissecadas (Giannini, 1993), como vales de rios transversais ou subparalelos a linha de costa ou, no caso de lagunas, podem resultar da construção de ilhas-barreiras. A configuração embaída dos cordões do primeiro feixe (FC1) sugere contexto abrigado, provavelmente associado à sua posição no sentido continente adentro entre o maciço do Imperador a nordeste e o meandro do Suá Mirim à noroeste. O pontal I (PI), segundo dados sedimentares (perfil 2), é composto por areia e seu sentido de crescimento indica deriva litorânea dirigida para SO (Tessler, 1993; Tessler, 1988).

Posteriormente, a planície progradada com linha de costa retilínea e finaliza para NE com formação de pontal recurvado (PII). Segundo Bentz (2004) o pontal II foi responsável pelo “estrangulamento” das paleodesembocaduras existentes à SO do maciço do Imperador. De acordo com a mesma autora o crescimento do segundo feixe de cordões (FC2) rumo NE teria alcançado o Maciço do Imperador e forçado o desenvolvimento de lagunas, representadas na Fig. 6 a leste do pontal II sem ocorrência de cordões litorâneos.

O primeiro e segundo feixe de cordões podem ser inteiramente compostos por cordões praias, sem evidência de retrabalhamento eólico. Este fato pode estar relacionado à redução de espaço de acomodação, associada à rápida progradação e/ou falta de ventos efetivos para a remobilização de sedimentos da praia para os cordões (Guedes, 2009).

O terceiro feixe de cordões litorâneos (FC3) progradou com duas resultantes: de progradação para SE e longitudinal para NE, padrão também observado para o segundo feixe. Guedes (2009) e Guedes et al. (2011) descreveram este mesmo padrão para Ilha Comprida durante o intervalo de 6000 a 5000 anos cal AP. Junto a progradação do terceiro feixe a Praia do Leste projeta-se para NE com formação do pontal III. Com base no sentido de crescimento das planícies da Juréia e do Leste infere-se que durante esse período o transporte sedimentar longitudinal predominante era direcionado para NE. Dados geofísicos e sedimentares obtidos sobre o terceiro feixe de cordões registram elementos arquitetônicos de antepraia (Rf8), face praial (Rf3, Rf4 formadas por fácies de areia fina com estratificação plano-paralela) e lençol

arenoso vegetado (Rf2 formada por fácies de areia maciça com raízes). Esta sucessão de fácies indica que os cordões litorâneos do terceiro feixe são de origem praial (Otvos, 2000, Hesp, 2005; Tamura, 2012). Contudo, a ocorrência de depósito eólico (Rf2) sobre o depósito praial, pode indicar aumento da influência de processos eólicos na dinâmica sedimentar da planície. Segundo Giannini (2007) a ação de processos de retrabalhamento sedimentar pelo vento é favorecida em linhas de costa com taxas de progradação baixas ou estacionárias.

A porção mais externa da planície é marcada por uma mudança brusca no padrão deposicional, uma vez que a formação de cordões de origem praial (Rf2 e Rf3) alternam para dunas eólicas, com padrão agradacional (Rf1) (Billy et al., 2014), como verificado na Seção GPR 3 e em análise morfológica. Nesta fase ocorre a formação de campo de dunas eólicas, atualmente estabilizadas, favorecida pelo decréscimo na progradação, inferida a partir da estratigrafia do terceiro feixe de cordões (FC3). Em Ilha Comprida rupturas de deflação foram formadas nos últimos 550 a 200 anos AP devido a mudanças do regime de ventos e ondas relacionadas à Pequena Idade do Gelo (Guedes, 2009). Estes processos teriam favorecido a erosão e/ou estabilidade da linha de costa e a formação de dunas eólicas por quase toda a extensão da ilha. Na extremidade SO da planície da Juréia ocorre o início da formação do pontal IV, associado à desembocadura do Ribeira de Iguape. Fácies arenosas intercaladas com fases siltosas, no perfil 6 (Fig.21), confirmam caráter estuarino da desembocadura do rio. O pontal IV cresce para SO direcionado pelo padrão de deriva litorânea neste sentido, invertida em relação à fase anterior. A formação do pontal ocorre, provavelmente, de forma análoga aos demais pontais identificados na área. Em um primeiro momento, controlado por processos marinhos e fluviais, com formação de uma plataforma arenosa submersa (Fig.13 Rf5), posteriormente emersa registrada em forma de cordões litorâneos recurvados. Em um segundo momento a deposição sedimentar é controlada por processos praias e eólicos, com a progradação do pontal para SE (Rf2) e formação de dunas frontais (Rf1), respectivamente.

Ao longo de toda a linha de costa, há formação de dunas frontais que passam a substituir a formação de cordões praias que até então caracterizavam a planície. O mesmo é observado em Ilha Comprida (Guedes, 2009) associado à continuidade das condições intensas de vento após a Pequena Idade do Gelo, que favoreceram a formação do campo de dunas. O modelo de deposição sedimentar da planície da Juréia contempla progradação através da formação de cordões litorâneos de origem praial, estabilização do depósito praial por lençol arenoso colonizado por vegetação; desenvolvimento de dunas frontais, posteriormente estabilizadas em forma de cordão dunar; continuação da progradação com formação de dunas frontais incipientes. A progradação dos feixes de cordões litorâneos acompanha a formação de

pontais. A formação de pontais marca cada fase evolutiva da planície e registram inversões no padrão de deriva litorânea, ora para NE, ora para SO, como já descrito para a área (Tessler, 1988; Bentz & Giannini, 2003; Bentz, 2004).

## 5. CONCLUSÕES

A planície da Juréia compreende três feixes de cordões litorâneos. Os cordões que compõem o primeiro e segundo feixe parecem ser de origem praial. O terceiro feixe de cordões apresenta fácies de face praial recoberta por fácies eólica, o que sugere aumento da influência dos ventos na dinâmica sedimentar da área durante este período.

Observa-se que os três feixes de cordões acompanham formação de pontais, através dos quais é possível inferir inversões cíclicas no padrão de transporte sedimentar por deriva litorânea, para NE e SO.

A NE da planície, ancorado no Maciço do Imperador o padrão de cordões litorâneos recurvados para SO foi interpretado como paleopontal arenoso recurvado (PI), similar ao padrão de crescimento do atual pontal arenoso recurvado (PIV). O crescimento dos pontais (PI e PIV) para SO sugere deriva litorânea voltada para o mesmo sentido, portanto, invertida em relação ao padrão regional. No caso do paleopontal (PI) a inversão da corrente ocorre devido à presença do Maciço do Imperador e pode ter favorecido a erosão da linha de costa como um todo. O pontal arenoso recurvado atual (PIV) cresce com suprimento sedimentar abundante em dois sentidos: longitudinal e perpendicular. O primeiro, condicionado pelo sentido da deriva litorânea, associada ao efeito molhe hidráulico da foz do rio Ribeira de Iguape; o segundo, favorecido pela relação aporte sedimentar maior que o espaço de acomodação e consequente retrabalhamento eólico, com formação de dunas frontais.

Associados a progradação do segundo e terceiro feixe de cordões são diferenciados os paleopontais PII e PIII, respectivamente. Ambos os paleopontais apresentam sentido de crescimento para NE, inferido com base na orientação de cordões litorâneos recurvados, e condicionado pelo padrão regional de deriva litorânea.

Próximo à praia, associado a depósitos mais recentes, campo de dunas eólicas atualmente estabilizadas e escarpadas. No presente, há formação de dunas frontais incipientes tanto na forma de cordão como de terraço que ocorrem ancoradas em escarpas, em estágio inicial de colonização vegetal. A formação do campo de dunas pode estar associado tanto a estabilização do NRM após regressão marinha quanto a mudanças climáticas regionais, com redução na intensidade dos ventos.

Nas seções GPR, os refletores são produto tanto de processos praias, deriva litorânea e eólicos. De modo geral, refletores eólicos recobrem depósitos praias e indicam retrabalhamento do sedimento disponível na praia. Ao combinar dados geofísicos e sedimentológicos é possível diferenciar os elementos arquitetônicos que constituem os feixes de cordões (depósitos praias) daqueles que formam a estratificação interna em dunas eólicas. Depósitos praias progracionais preservam estruturas plano-paralelas com mergulho sentido mar-adentro. Depósitos eólicos registram radarfácies de refletores ondulados e correspondem à fácies sedimentar maciça, associada à presença de raízes.

A planície de cordões progradou por cerca de 5 km ancorada em depósitos pleistocênicos. Esta progradação pode ter sido favorecida pela queda do NRM no Holoceno e pela dinâmica costeira local.

## **6. CONSIDERAÇÕES FUTURAS**

A malha amostral utilizada neste trabalho não contemplou porções mais antigas e internas da planície, devido a dificuldade de acesso. Os resultados de evolução sedimentar aqui apresentados, com exceção da morfologia, são inéditos. Esta pesquisa terá continuidade com o intuito de aprofundar interpretações com base em dados de datações LOE, topografia, gráficos de variação granulométrica ao longo da linha de costa e novas amostragens GPR e sedimentológicas.

## BIBLIOGRAFIA

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANGULO, R.J.; GIANNINI, P.C.F.; SUGUIO, K. & PESSEDA, L.C.R. Relative sea-level changes in the last 5500 years in southern Brazil (Laguna – Imbituba region, Santa Catarina State) based on vermetid <sup>14</sup>C ages. *Marine Geology*, v. 159, p. 323-339, 1999.
- ANGULO, R.J. & LESSA, G.C. The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from the Paranaguá and Cananéia regions. *Marine Geology*, v. 140, p. 141-166, 1997.
- ANGULO, R.J.; LESSA, G.C. & SOUZA, M.C. A critical review of mid- to-late Holocene sea level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. *Quaternary Science Reviews*, v. 25, p. 486-506, 2006.
- ASSINE, M.L. & PERINOTTO, A.J. Estratigrafia de Sequências. *Estratigrafia de Sequências*, cap. 6, p. 99-134, 2001.
- BARCELLOS, R.L.; JAWORSKI, K.S.; PEREIRA, E.R.M.; CARDOSO, P.B.P.K.; EICHLER, B.B. & FURTADO, V.V. Caracterização ambiental e comparação entre as desembocaduras de Icapara e Cananéia, sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo, Brasil. *IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*, 2003.
- BENTZ, D. & GIANNINI, P.C.F. Interpretação Artofotogeomorfológica da Planície Costeira de Una-Juréia, Municípios de Peruíbe-Iguape, SP: Modelo Evolutivo e Origem da Erosão na Praia da Juréia. *IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*, 2003.
- BENTZ, D. Os Cordões Litorâneos da Planície de Una-Juréia, Municípios de Peruíbe e Iguape, SP. Dissertação (Mestrado)- Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, pp. 134, 2004.
- BILLY, J.; ROBIN, N.; HEIN, C.J.; CERTAIN, R.; FITZGERALD, D.M. Internal architecture of mixed sand-and-gravel beach ridges: Miquelon-Langlade Barrier, NW Atlantic. *Marine Geology*, v. 357, p. 53-71, 2014.

- CORRÊA, I.C.S. Les variations du niveau de la mer durant les derniers 17.500 ans BP: l'exemple de la plate-forme continentale du Rio Grande do Sul-Brésil. *Marine Geology*, v. 130, p. 163-178, 1996.
- CRUZ, F.W.; BURNS, S.J.; KARMANN, I.; SHARP, W.D.; VUILLE, M. & FERRARI, J.A. A stalagmite record of changes in atmospheric circulation and soil processes in the Brazilian subtropics during the Late Pleistocene. *Quaternary Science Reviews*, v. 25, p. 2749-2761, 2006.
- CURRAY, J.R. Transgressions and regressions. *Papers in Marine Geology*, 1964.
- DALRYMPLE, R.W.; ZAITLIN, B.A. & BOYD, R. Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 62, n. 6, p. 1130-1146, 1992.
- GEOBRÁS – GEOBRÁS S/A – Engenharia e Fundações. Complexo Valo Grande – Mar Pequeno – Ribeira de Iguape. *Relatório para o serviço do Vale do Ribeira*, São Paulo, DAEE, v. 2, 1966.
- GIANNINI, P.C.F. Sistemas Depositionais no Quaternário Costeiro entre Jaguaruna e Imbituba, SC. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, pp. 171, 1993.
- GIANNINI, P.C.F. Sistemas Depositionais Eólicos no Quaternário Costeiro do Brasil. Tese (Livro-Docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, pp. 224, 2007.
- GIANNINI, P.C.F.; GUEDES, C.C.F.; NASCIMENTO JR, D.R.; TANAKA, A.P.B.; ANGULO, R.J.; ASSINE, M.L. & SOUZA, M.C. Sedimentology and morphology evolution of the Ilha Comprida Barrier System, southern São Paulo coast. *Earth-Sciences*, v. 107, p. 177-224, 2009.
- GUEDES, C.C.F. Evolução sedimentar quaternária da Ilha Comprida, Estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, pp. 147, 2009.
- GUEDES, C.C.F.; GIANNINI, P.C.F.; NASCIMENTO JR., D.R.; SAWAKUCHI, A.O.; TANAKA, A.P.B. & ROSSI, M.G. 2011. Controls of heavy minerals and grain size in a holocene regressive barrier (Ilha Comprida, southeastern Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, v. 31, n. 1, p. 110-123, 2011.
- HESP, P.A. Surfzone, beach and foredune interactions on the Australian south east coast. *Journal of Coastal Research Special Issue*, v.3, p.15-25, 1988.

- HESP, P.A. Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology*, v. 48, p.245-268, 2002.
- HESP, P.A.; DILLENBURG, S.R.; BARBOZA, E.G.; TOMAZELLI, L.J.; AYAP-ZOUAIN, R.N.; ESTEVES, L.S.; GRUBER, N.L.S.; TOLDO JR, E.E.; TABAJARA, L.L.C.A. & CLEROT, L.C.P. Beach ridges, foredunes or transgressive dunefields? Definitions and re-examination of the Torres to Tramandaí barrier system, Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 77, n. 3, p. 493-508, 2005.
- KARNIOL-MARQUEZ, M.R. Morfodinâmica de um Segmento da Praia da Ilha Comprida, Litoral Sul do Estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, pp. 137, 2007.
- KOMAR, P.D. Beach Processes and Sedimentation, *Prentice-Hall*, p. 429, 1976.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense. *International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary (IGCPO)*, Project 61/IGUSP/SBG, v.1, p. 1-54, 1978.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; BITTECOURT, A.C.S.P. & VILAS-BOAS, G.S. Le quaternaire marin brésilien (littoral pauliste, sud fluminense et bahianais). *Cahier ORSTOM Série Géologie*, v. 11, p. 95-124, 1979-1980.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K. & FLEXOR, J-M. Hauts Niveaux Marins Pleistocenes du Littoral Bresilien. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 68, p. 231-239, 1988.
- MAUZ, B.; HIJMA, M.P.; AMOROSI, A.; PORAT, N.; GALILI, E. & BLOEMENDAL, J. Aeolian beach ridges and their significance for climate and sea level: Concept and insight from the Levant coast (East Mediterranean). *Earth-Science Reviews*, v. 121, p. 31-54, 2013.
- MELO, M.S. A Formação Pariquera-Açu e depósitos relacionados: Sedimentação, tectônica e geomorfogênese. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, pp. 211, 1990.
- MESQUITA, A.R. & HARARI, J. Tides and tides gauges of Cananéia and Ubatuba – Brazil (Lat. 24°). *Relatório Interno do Instituto Oceanográfico* – Universidade de São Paulo, v. 11, p. 1-14, 1983.
- MIYAO, S.Y.; NISHIHARA, L.; SARTI, C.C. Características físicas e químicas do Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape. *Boletim do Instituto Oceanográfico – USP*, v. 34, p. 23-36, 1986.

- NASCIMENTO JR, D.R. Morfologia e sedimentologia ao longo do sistema praia-duna frontal de Ilha Comprida. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, pp. 137, 2006.
- NASCIMENTO JR, D.R.; GIANNINI, P.C.F.; TANAKA, A.P.B. & GUEDES, C.C.F. Mudanças morfológicas da extremidade NE da Ilha Comprida (SP) nos últimos dois séculos. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, v. 8, n. 1, p. 25-39, 2008.
- NEAL, A. Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress. *Earth-Science Reviews*, v.66, p. 261-330, 2004.
- OTVOS, E. Beach ridges – definition and significance. *Geomorphology*, v. 32, p. 83-108, 2000.
- PONÇANO, W.L.; TESSLER, M.G.; FREITAS, C.G.L. & MAHIQUES, M.M. Tendências regionais de transporte de sedimentos arenosos ao longo das praias paulistanas. *Geociências*, v. IV, n. 6, p. 102-115, 1999.
- RANWELL, D.; *Ecology of Sandy Marshes and Sand Dunes*. Ed. Chapman and Hall, p. 258, 1972.
- REBOITA, M.S. Ciclones Extratropicais sobre o Atlântico Sul: Simulação climática e experimentos de sensibilidade. Tese (Doutorado) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, pp. 359, 2008.
- SILVA, J.F. Dados climatológicos de Cananéia e Ubatuba (Estado de São Paulo). *Boletim Climatológico*, v. 5, p. 1-18, 1984.
- SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO (SIGRH). Web site: <http://www.sigrh.sp.gov.br> (2015).
- SUGUIO, K. & PETRI, S. Stratigraphy of the Iguape-Cananéia lagoonal region sedimentary deposits, São Paulo State, Brazil. Part I Field observations and grain size analysis. *Boletim I.G.* -Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, v. 4, p. 1-20, 1973.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense. *International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary – Special Publication*, IGCB/IGUSP/SBG, São Paulo, 1978.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L. & FLEXOR, J.M. Sea level fluctuations during the past 6000 years along the coast of the state of São Paulo, Brazil. *Earth Rheology, Isostasy and Eustasy*, p. 471-486, 1980.
- STAPOR, F.W. Beach ridges and beach ridge coasts. *Encyclopaedia of Beaches and Coastal Environments*. Hutchinson Ross, Stroudsburg, p. 160-161, 1982.
- TAMURA, T. Beach ridges and prograded beach deposits as palaeoenvironment records. *Earth-Science Reviews*, v. 114, p. 279-297, 2012.
- TANAKA, A.P.B.; GIANNINI, P.C.F.; FORNARI, M.; JUNIOR, D.R.N.; SAWAKUCHI, A.O.; RODRIGUES, S.I.; MENEZES, P.M.L.; DeBLASIS, P. & PORSANI, J.L. A planície costeira

- holocênica de Campos Verdes (Laguna, SC): evolução sedimentar inferida a partir de georradar (GPR), granulometria e minerais pesados. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 39, n. 4, p. 751-767, 2009.
- TANAKA, A.P.B. Sedimentologia, cronologia e dinâmica progradacional das planícies costeiras de Campos Verdes e Ji (Laguna, SC). Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, pp. 124, 2010.
- TANNER, W.F. Origin of beach ridges and swales. *Marine Geology*, v. 129, p. 149-161, 1995.
- TAYLOR, M. & STONE, G.W. Beach-ridges: a review. *Journal of Coastal Research*, v. 12, n. 3, p. 612-621, 1996.
- TESSLER, M.G. Sedimentação atual na região lagunar de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2 v., 1982. Número de páginas
- TESSLER, M. G. Dinâmica sedimentar quaternária no litoral sul paulista, estado de São Paulo. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, pp. 296, 1988.
- TESSLER, M.G.; MAHIQUES, M.M. Utilization of Coastal Geomorphic Features as Indicators of Longshore Transport: Examples of the southern coastal region of the State of São Paulo, Brasil. *Journal of Coastal Research*, v.3, n.3, p. 823-830, 1993.
- TESSLER, M.G. & SOUZA, L.A.P. Dinâmica sedimentar e feições sedimentares identificadas na superfície de fundo do sistema Cananéia-Iguape, SP. *Revista Brasileira de Oceanografia*, v. 46, n. 1, p. 69-83, 1998.
- TESSLER, M.G. & CAZZOLI Y GOYA, S. Processos costeiros condicionantes do litoral brasileiro. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 17, p. 11-23, 2005.
- YBERT. J.; BISSA, W.M.; CATHARINO, L.M. & KUTNER, M. Environmental and sea-level variations on the southeastern Brazilian coast during the Late Holocene with comments on prehistoric human occupation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 189, n. 1-2, p.11-24, 2003.

**PARECER FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**TÍTULO:** "Geomorfologia e Arquitetura Sedimentar da Planície de Cordões Litorâneos da Praia da Juréia, Iguape, SP"

**DISCENTE:** Carolina de Campos Camargo Barbosa

**ORIENTADOR:** Profa. Dra. Milene Fornari

**HABILITAÇÃO:** Gerenciamento Costeiro

COMISSÃO EXAMINADORA	CONCEITO
Profa. Dra. Milene Fornari	A
Prof. Dr. Francisco Sekiguchi de Carvalho e Buchmann	A

**PARECER:**

---



---



---



---

**CONCEITO FINAL:**

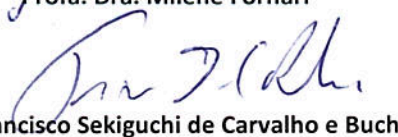
A Comissão Examinadora abaixo assinada conclui que a discente **Carolina de Campos Camargo Barbosa** obteve o seguinte conceito:

APROVADO

REPROVADO

São Vicente, 04 de dezembro de 2015.

  
 Profa. Dra. Milene Fornari

  
 Prof. Dr. Francisco Sekiguchi de Carvalho e Buchmann