

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

CALEB DE SOUZA RIBEIRO

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO SUL,
PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.**

CAÇAPAVA DO SUL

2015

CALEB DE SOUZA RIBEIRO

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO SUL,
PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Geologia da Universidade
Federal do Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Caron

Co-Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Fontoura Hansen

CAÇAPAVA DO SUL

2015

CALEB DE SOUZA RIBEIRO

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO SUL,
PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Geologia da Universidade
Federal do Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em Geologia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 23, Junho de 2015.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Felipe Caron

Orientador

(UNIPAMPA)

Prof. Dr. Felipe Guadagnin

(UNIPAMPA)

Prof. Dr. Renato Pereira Lopes

RESUMO

O município de São Lourenço do Sul-RS está localizado na margem oeste da Lagoa dos Patos, numa região com características geológicas e geomorfológicas bem particulares. O embasamento cristalino está situado próximo a linha de costa lagunar atual, separado por depósitos de leques aluviais, lagunares e de cordões litorâneos associados a sedimentos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS). Essa característica resulta, numa diversidade de feições geomorfológicas que encontram-se preservados, os quais podem contribuir tanto na compreensão das oscilações do nível relativo do mar (NRM) durante o Quaternário, quanto nos processos de sedimentação e erosão deste ambiente costeiro. O presente trabalho tem como objetivo definir as principais unidades geológicas do município de São Lourenço do Sul - RS, através do processamento de dados de sensores remotos (imagens Landsat 7 ETM+), descrição e caracterização dos depósitos sedimentares e do escudo cristalino. Para isso foram utilizados *softwares* de processamento de imagens, descrição de afloramentos em campo, dados topográficos, análises granulométricas e utilização de parâmetros estatísticos, além de imageamento por georadar para determinar a geometria deposicional dos cordões litorâneos presentes na área mapeada. Como resultados desse trabalho foi possível obter uma mapa geológico da área de estudo, a descrição e a caracterização geológica e geomorfológica de quatro unidades, sendo elas o embasamento cristalino, depósitos de leques aluviais, depósitos da planície lagunar e os cordões litorâneos. Também foi possível reconhecer e delimitar através de imagens de satélites áreas associados a planícies de inundação, cristas lagunares atuais e cordões litorâneos. Nesse último foi realizado uma seção bidimensional de georadar, possibilitando o reconhecimento de feições progradacionais. A aplicação dos métodos e os resultados obtidos permitiu ampliar o reconhecimento acerca das feições geológicas presentes nas regiões, essencialmente dos depósitos sedimentares quaternários.

Palavras chave: Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Mapeamento Geológico, Sensoriamento Remoto e Georadar.

ABSTRACT

Sao Lourenco do Sul, RS, is located on Lagoa dos Patos the west margin in a region with very particular geologic and geomorphological characteristics. The crystalline basement is located near the lagoon's coast line; interacting with the Coastal Plan of Rio Grande do Sul (PCRS) deposit's, resulting in a large geomorphological diversity. These preserved deposition record and can contribute to both the relative sea-level fluctuations (RSL) during the Quaternary period and processes of coastal sedimentation and erosion. The purpose of this study is to define the main geological units, with a focus on the Quaternary deposits São Lourenco do Sul city. These definitions were made in accordance with data obtained from remote sensors (Satellite Imaging Corporation, LANDSAT 7 ETM+) and descriptions of sedimentary deposits and crystalline rocks. Image processing software was used together with outcrop descriptions, topographic data, granulometric analysis, assessment of statistical parameters and imaging by georadar to determine the depositional geometry of the coastal ridges present in the mapped area. As a result of this study it is presented geological map, characterization of four units geomorphological and geological. These units are: the crystalline and rocks, the alluvial fans deposits, the lagoon plan deposits and the coastal ridges, where it was possible to recognize progradational sequences. The methodology applied and the results allowed an increase knowledge regarding geological features present in the study area specially the quaternary in the sedimentary deposits.

Key words: Coastal Plan of Rio Grande do Sul, Geological Mapping, Remote Sensing Georadar

*Dedico este trabalho aos meus pais,
Odair Ribeiro e Tereza de Souza Ribeiro,
aos meus irmãos Cristiano, Claudia e Camila
e aos meus sobrinhos Isadora, Kalani, Gabriel e Isabela.*

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), em especial ao campus Caçapava do Sul onde tive a oportunidade de realizar a graduação em Geologia. Todos os professores, técnicos e colegas pelos grandes momentos e conhecimentos passados, e pela contribuição no meu desenvolvimento pessoal, social e profissional.

Aos meus orientadores, Felipe Caron e Marco Antonio Fontoura Hansen, pela sua contribuição e dedicação passada a mim para a realização deste trabalho. Agradeço também o exemplo como professores, principalmente pelos conhecimentos ensinados durante toda a graduação, sendo ambos grandes exemplos de dedicação e amor pela ciência.

Aos técnicos Marcelo e Guilherme pela sua contribuição e ajuda na realização deste trabalho.

Aos meus pais Odair Ribeiro e Tereza de Souza Ribeiro, por todo amor e por sempre estarem ao meu lado, acreditando nos meus sonhos, dando força, carinho, ensinamentos e responsabilidades desde cedo para construir uma vida com base no respeito, amor e sabedoria.

Aos meus Irmãos Cristiano, Cláudia e Camila, pelo carinho, confiança e ajuda, sempre estando ao meu lado, aconselhando, apoiando e me cobrando responsabilidades, para que eu me torne uma pessoa melhor em constante evolução. Obrigado de coração.

Aos meus sobrinhos Isadora, Kalani, Gabriel e Isabela, que foram nascendo ao longo da minha graduação trazendo alegria contagiante e me tornando um verdadeiro tio bobão.

Ao meu cunhado Petry, pelo ajuda desde o início da graduação com o Corel Draw, seus ensinamentos contribuíram muito pela realização desse trabalho. Obrigado.

Ao meu grande amigo e irmão Duran Vicente (*in memoriam*) por ter me ensinado a importância da amizade e o amor em todas as atitudes, obrigado por tudo esteja onde estiver.

A grande amiga e colega Maiara Bettinelli, estando ao meu lado desde do início da graduação. Obrigado pela sua amizade e por todos os momentos que passamos juntos ao longo de toda a graduação, momentos alegres e difíceis, me colocando na linha e dando broncas nas horas necessárias. Pode contar comigo para sempre.

E aos meus grandes amigos, Jefferson, Anna Maria, Vick e John pela amizade e por todo apoio na realização deste trabalho.

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos.”

(Issac Newton)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A) Mapa de situação do estado do Rio Grande do Sul (verde), em relação ao Brasil; B) Mapa do estado do Rio Grande do Sul situando o município de São Lourenço do Sul (verde) com a localização da figura 1 C, e; C) Mapa de localização da área de estudo.	18
Figura 2: Mapa geológico do município de São Lourenço do Sul - RS	20
Figura 3: A) Mapa geológico da PCRS; B: Perfil esquemático da PCRS mostrando os sistemas deposicionais e suas respectivas idades de acordo com o gráfico dos picos de $d^{18}O$	23
Figura 4: Mapa Geológico da região do município de São Lourenço do Sul evidenciando os principais domínios geológicos.	28
Figura 5: Imagem Landsat 7 ETM+ na composição R1G2B3.	33
Figura 6: Imagem Landsat ETM + na composição R5G4B3	34
Figura 7: Mapa de pontos do mapeamento de campo no município de São Lourenço do Sul-RS.	39
Figura 8: Mapa geológico da região costeira do município de São Lourenço do Sul e um perfil topográfico A – A’	43
Figura 9: Unidades litoestratigráficas da área de estudo, com idades baseadas nos trabalhos de BABINSKI et al., 1997; Philipp et al., 2001; Ramos & Koester, 2013; Cordani, 1974; Teixeira, 1982; para o embasamento e Tomazelli et al., 2000, para depósitos da planície costeira.....	44
Figura 10: Imagem esquemática do ponto 4, onde verifica-se uma foto do afloramento geral e fotos de detalhe evidenciando amostras de mão e uma aproximação do afloramento.	45
Figura 11: Neossolo Litológico + Argissolo Vermelho – Amarelo. A) representação do afloramento 8, com destaque a um pequeno depósito de talus e veios de quartzo e; B) Foto do afloramento do ponto 12.....	48
Figura 12: Lagedo composto por rochas do Gnaisses São Lourenço aflorantes nas margens da lagoa dos patos na cidade de São Lourenço do Sul.	48
Figura 13: Foto do afloramento e imagem de detalhe do ponto 1, pertencentes ao Sistema de Leques Aluviais.	50
Figura 14: Descrição faciológica do ponto 6, apresentando o grau de seleção dos grãos, percentual granulométrico e a foto.	51
Figura 15: Gráficos de frequência referentes as amostras coletadas no afloramento do ponto 6.	52
Figura 16: Imagem do afloramento referente ao ponto 2, planície lagunar.	54

Figura 17: Descrição faciológica do ponto 2, apresentando o gráfico de seleção dos grãos, porcentagem granulométrica, coluna do tamanho médio de grãos e foto do afloramento.....	55
Figura 18: Imagem do afloramento 10 e 11 (A e B, respectivamente) onde é possível observar as congregações ferruginosas.	56
Figura 19: Descrição faciológica do ponto 14, apresentando o gráfico de seleção dos grãos, porcentagem granulométrica, coluna do tamanho médio de grãos e estruturas.	57
Figura 20: Imagem de detalhe dos dois conjuntos de cordões litorâneos e a localização do perfil de GPR.....	59
Figura 21: Imagem de destaque para a área onde foi realizado o perfil A-A' de GPR e a coleta de amostras.	60
Figura 22: Perfil A-A' da seção de GPR.....	62
Figura 23: Perfil B-B'	64
Figura 24: Perfil B-B'	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características das bandas espectrais de imagens LANDSAT ETM+.....	32
Tabela 2: Tabela de pontos realizado no mapeamento para este trabalho nos dias 6 e 7 de agosto de 2015, no município de São de Lourenço do Sul – RS, evidenciando as coordenadas em UTM pertencentes a zona 22 J e a descrição principal do ponto.	40
Tabela 3: Resultados das análises granulométricas dos pontos 10 e 11, onde está expresso o tamanho médio em phi, a seleção e as porcentagens das classes granulométricas.	56
Tabela 4: Resultados das análises granulométricas de sedimentos da superfície dos cordões litorâneos.	60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo Geral	16
Este trabalho tem como objetivo principal a caracterização geológica com enfoque nos depósitos quaternários no município de São Lourenço do Sul.....	16
2.2 Objetivos Específicos	16
Os objetivos específicos deste trabalho são:.....	16
3 JUSTIFICATIVA.....	16
4 ÁREA DE ESTUDO.....	17
4.1 Localização	17
4.2 Contexto Geológico	19
4.2.1 <i>Escudo Sul-Rio-Grandense</i>	19
4.2.2 <i>Bacia Pelotas</i>	21
4.2.3 <i>Planície Costeira do Rio Grande do Sul</i>	21
4.3 Aspectos Pedológicos	27
4.4 Aspectos Fisiográficos	28
4.5 Aspectos da Sedimentação	30
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
5.1 Sensoriamento Remoto	30
5.2 Afloramentos	34
5.3 Topografia	35
5.4 Análises Sedimentológicas	35
5.5 GPR (Ground Penetration Radar)	37
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
6.1 Mapa Geológico da região costeira da município de São Lourenço do Sul	40
6.2 Embasamento	44
6.3 Depósitos de Leques Aluviais	49

6.4 Depósitos da Planície Lagunar	53
6.5 Cordões Litorâneos.....	58
7 CONCLUSÃO.....	73
REFERÊNCIAS	75

1 INTRODUÇÃO

O ambiente costeiro caracteriza-se por frequentes mudanças, tanto espaciais quanto temporais, resultando assim numa variedade de feições geomorfológicas e geológicas. O estudo do ambiente costeiro é de fundamental importância no escopo das geociências, pois a partir dele é possível compreender as condições gerais da dinâmica que desenvolveram a paisagem bem como sua evolução, contribuindo para a interpretações das condições ambientais (FLORENZANO, 2008).

A dinâmica modificadora da paisagem nos ambientes costeiros é resultado de uma complexa interação de processos deposicionais e erosivos. Estão relacionados com as ondas, correntes de marés e correntes litorâneas, além de influências de fluxo de sedimentos advindos de sistemas fluviais. A interação desses processos produzem uma grande diversidade de ambientes deposicionais e feições geomorfológicas. Não esquecendo das influências antrópicas, que podem atingir proporções significativas nas regiões costeiras, como a alteração das paisagens naturais (FLORENZANO, 2008).

Atualmente os estudos em geomorfologia e geologia tem utilizado o uso intenso de geotecnologias, sendo que imagens de satélites e *softwares* de geoprocessamento apresenta-se como um importante subsídio para o mapeamento geomorfológico. Apoiados nesses recursos, somados a análise bibliografia sobre o tema, ensaios granulométricos, mapeamento geológico de campo e geofísica, este trabalho apresenta um mapeamento geológico do município de São Lourenço do Sul- RS.

A Província Costeira do Rio Grande do Sul é composta pelo embasamento pré-cambriano, por rochas Vulcânicas e Sedimentares da Bacia do Paraná e pelos depósitos da Bacia de Pelotas. Nesta última, a cobertura da bacia é compreende a Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) composta por leques aluviais e pela justaposição de quatro sistemas deposicionais do tipo Laguna-Barreira formados por sucessivas elevações e rebaixamentos do nível relativo do mar durante o Quaternário (VILLWOCK *et al.*, 1986 & TOMAZELLI *et al.*, 2000). Neste modelo foram propostos os sistemas Laguna-Barreira I, II, III, de idade Pleistocênica (estágios interglaciais 11, 9 e 5 respectivamente) e o sistema Laguna-Barreira IV Holocênico (estágio interglacial 1) (Tomazelli *et al.*, 2000) (Figura 3).

A região costeira do município de São Lourenço do Sul é parte da Província Costeira do Rio Grande do Sul, localizada na margem oeste da Lagoa dos Patos, onde ocorrem depósitos e feições morfológicas preservados, que podem contribuir na compreensão das oscilações do nível relativo do mar (NRM) durante o Quaternário, bem como dos processos de sedimentação e erosão do ambiente costeiro.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo principal a caracterização geológica com enfoque nos depósitos quaternários no município de São Lourenço do Sul.

2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Gerar produtos a partir do processamento de imagens orbitais que auxiliam no mapeamento e definições das unidades geológicas e geomorfológicas costeiras;
- Descrição das principais feições morfológicas associadas aos depósitos costeiros que ocorrem na área;
- Descrição dos depósitos sedimentares através de análises sedimentológicas;
- Descrição da geometria deposicional dos cordões litorâneos que ocorrem na área através do imageamento por Georadar.
- Gerar produtos que sirvam de subsídio para uso e ocupação da região

3 JUSTIFICATIVA

A caracterização geológica da PCRS bem como sua evolução vem sendo estudada desde a década de 60 com importantes contribuições na literatura. A maioria dos trabalhos tem enfoque nas barreiras costeiras que se desenvolveram durante o Holoceno seus aspectos geomorfológicos, estratigráficos e evolutivos. No entanto, as porções interiores a oeste da PCRS, que fazem contato com o embasamento (Escudo Sul-Rio-Grandense e Bacia do Paraná),

bem como com os Leques Aluviais, são consideravelmente menos estudadas, no entanto, podem fornecer importantes informações para a compreensão da evolução da PCRS. A região costeira do município de São Lourenço se enquadra nesta situação. Essa região faz parte da margem oeste PCRS que além de conter depósitos de leques aluviais, preservou depósitos relativos aos sistemas deposicionais do tipo laguna barreira pleistocênicos e holocênicos.

A proximidade da área de estudos com o delta do Rio Camaquã a diferencia das demais regiões da margens da Lagoa dos Patos. A alta carga sedimentar aportada nas adjacências da área de estudo influenciam nos processos deposicionais e erosivos principalmente nas margens (praias) utilizadas para o lazer, bem nos canais utilizados para navegação.

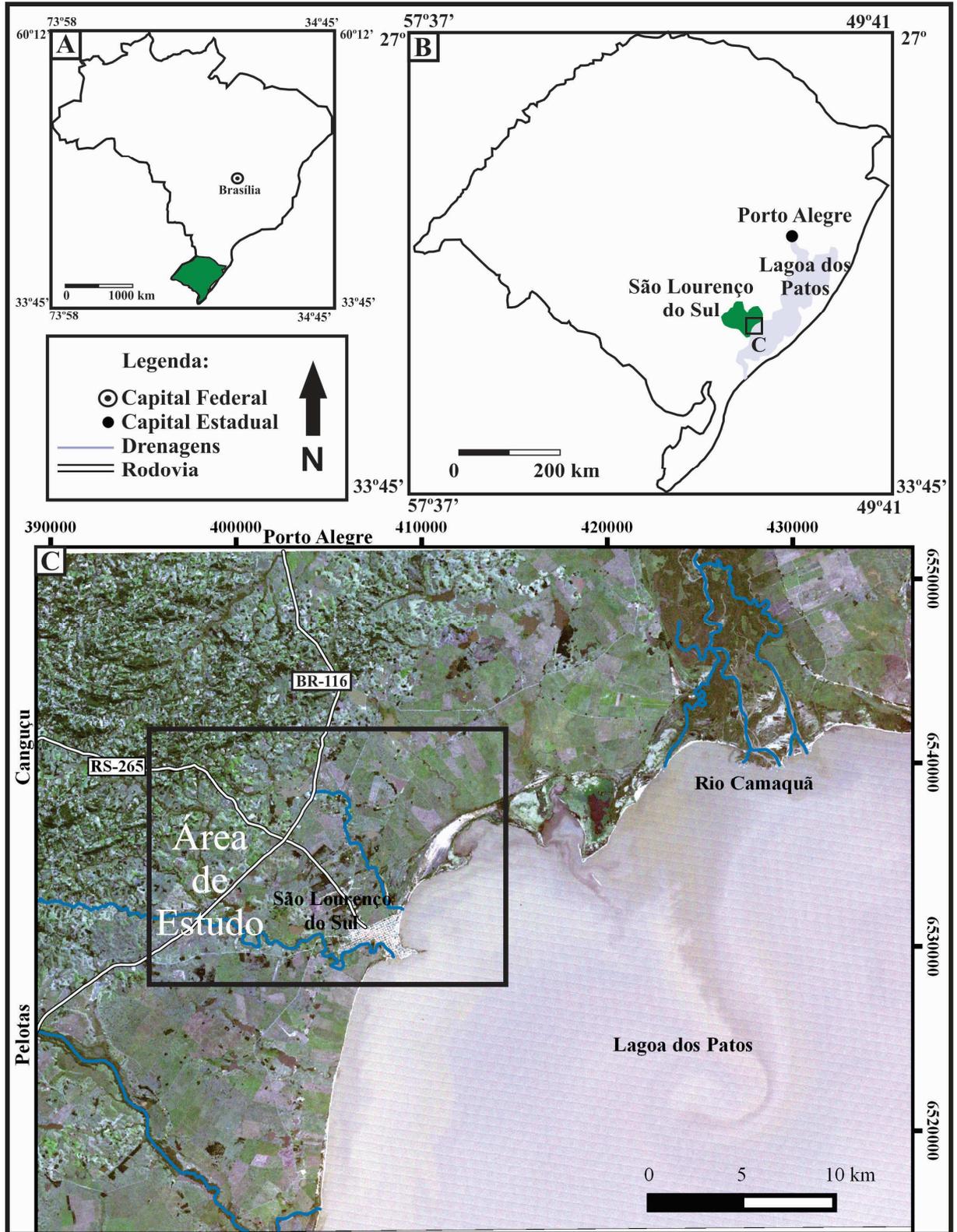
A agropecuária, pesca e turismo são a base da economia do município de São Lourenço, portanto este trabalho também poderá servir de subsídio para o planejamento do uso, ocupação, preservação e para a mitigação de desastres naturais.

4 ÁREA DE ESTUDO

4.1 Localização

A área de estudo está localizada no município de São Lourenço do Sul no estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). O município situa-se aproximadamente a 198 Km da capital Porto Alegre. Seu acesso pode ser feito, a partir da capital, pela BR-116 e seguindo pela RS-265. Localiza-se entre as latitudes 31°21'55" sul e as longitude 51°58'42" oeste, estando a uma altitude média de 19 metros. São Loureço do Sul faz fronteira a norte com os municípios de Camaquã e Cristal, a sul com Pelotas e Turuçu, a oeste Canguçu e a leste com a Lagoa dos Patos. Sua população em 2004 era de 44.935 habitantes. Possui uma área de cerca de 2 036,130 km². O município é banhado pela Lagoa dos Patos a Leste e possui duas importantes drenagens, o Rio São Lourenço e a Arroio Cahara (Prefei.

Figura 1: A) Mapa de situação do estado do Rio Grande do Sul (verde), em relação ao Brasil; B) Mapa do estado do Rio Grande do Sul situando o município de São Lourenço do Sul (verde) com a localização da figura 1 C, e; C) Mapa de localização da área de estudo.



Fonte :Imagem A e B) guia geográfico do Rio Grande do Sul; Imagem C) LANDSAT ETM+ nas composições R1G2B3, Datum WGS 84 zona 22J.

4.2 Contexto Geológico

A área de estudo está localizada na PCRS. A morfologia das regiões costeiras é controlada principalmente pelo ambiente tectônico, o clima e variações do nível do mar. A região sul da costa brasileira é um exemplo da evolução controlado por esses fatores (VILLWOCK & TOMAZELLI, 2006).

Neste trabalho será utilizada a classificação proposta por Villwock (1972), que denomina a região costeira do estado do Rio Grande do Sul como Província Costeira do Rio Grande do Sul, e a defini como: “um grupo de elementos geológicos (tectônico, estrutural, sedimentar e morfológico) caraterístico da margem continental brasileira entre os paralelos de 28°40’ e 33°45’ de latitude sul”.

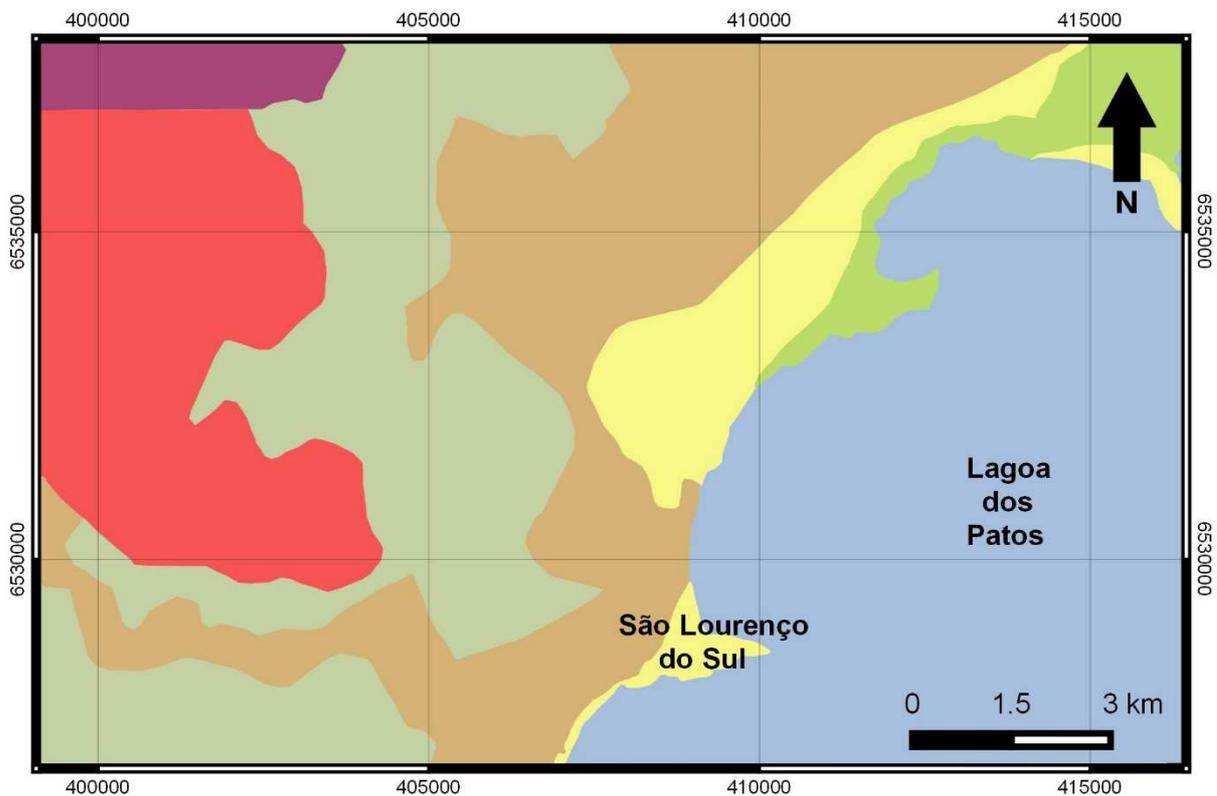
Villwock (1984) compartimentou a Província Costeira do Rio Grande do Sul, segundo a sua geomorfologia, subdividindo-a em duas unidades geológicas: i) o embasamento ou Terras Altas, composto pelo complexo cristalino do Escudo Sul-Rio-Grandense, de idade Pré-Cambriana, e pelas sequencias Vulcano-sedimentares da Bacia do Paraná, de idade paleozóicas a mesozoicas e; ii) em Terras Baixas ou Bacia de Pelotas, compostas pela planície aluvial interna, Barreira das Lombas, Sistema Lagunar Guaíba – Gravataí, barreira arenosa, Sistema Lagunar Patos- Mirim, além da plataforma continental.

Abaixo serão descritas as principais unidades que compõe a Província Costeira do Rio Grande do Sul, com exceção da Bacia do Paraná, todas as demais unidades geológicas ocorrem na área de estudo (Figura 2).

4.2.1 *Escudo Sul-Rio-Grandense*

No município de São Lourenço do Sul as rochas expostas na superfície pertencentes ao embasamento, principalmente a noroeste da área de estudo e localmente perto das margens dos arroios e da lagoa dos Patos. De acordo com o Mapa Geológico do Rio Grande do Sul (CPRM, 2006), as rochas que afloram na área de estudo pertencem ao Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado e da Suíte Granítica Dom Feliciano.

Figura 2: Mapa geológico do município de São Lourenço do Sul - RS



Legenda:

- Planície de Inundação
- Depósitos da Barreira Holocênica
- Depósitos da Planície Lagunar Pleistocênica 3
- Depósitos da Planície Lagunar Pleistocênica 2
- Suíte Granítica Dom Feliciano
- Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado

Fonte: Modificado de CPRM, 2006

O Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado é composto por granitóides cinzentos equigranulares a porfíricos de composição predominante granodiorítica, interpretados como granitoides de margem continental ativa, tendo sua evolução associada à subducção de uma crosta oceânica sob uma espessa margem continental. Possuem idades de cerca de 610 ± 5 e 612 ± 2 Ma através do método U-Pb em zircões (BABINSKI *et al.*, 1997; PHILIPP *et al.*, 2001; RAMOS & KOESTER, 2013).

A Suíte Granítica Dom Feliciano é a unidade mais jovem do Batólito Pelotas (PHILIPP, 2005), foi formada durante a instalação de zonas transcorrentes, onde intruiu unidades pré e sin-colisionais, paralelamente às zonas de cisalhamento. Essa unidade foi deformada que varia de fraturamento a milonitização. Além disso, a Suíte Granítica Dom Feliciano apresenta

associação com vulcanismo ácido como os diques riolíticos Asperezas e os tufos e ignimbritos Ana Dias (Fragoso César, 1991). Os dados Rb-Sr disponíveis para a Suíte Granítica Dom Feliciano forneceram idades de 572 ± 10 Ma (Cordani 1974), 550 Ma (Teixeira 1982).

4.2.2 *Bacia Pelotas*

A Bacia Pelotas foi originalmente definida por Ghignone (1960) como uma ampla bacia sedimentar na costa do Rio Grande do Sul e no sul de Santa Catarina. De acordo com Asmus & Porto (1972) a Bacia teve sua origem relacionada com a abertura do Oceano Atlântico Sul a partir do Jurássico, iniciando a formação das bacias marginais brasileiras. A Bacia Pelotas encontra-se no extremo sul da margem continental brasileira, limitando-se a norte com a Bacia de Santos, pela plataforma de Florianópolis, e a sul com as bacias da Margem Continental do Uruguai. A área da bacia compreende cerca de 250.000km² (até a lâmina d'água de 3.000), 20% dos quais estão situados em região de embasamento raso na região emersa e na plataforma continental (MOHRIAK, 2003). Os sedimentos que preenchem a Bacia Pelotas começaram a se depositar diretamente sobre o embasamento Pré-Cambriano e, localmente, sobre as rochas da Bacia do Paraná (DIAS et al., 1994). As sequências deposicionais que compõem a bacia são de origem clástica continentais, transicionais a marinhas (ASMUS & PORTO, 1972).

4.2.3 *Planície Costeira do Rio Grande do Sul*

As feições fisiográficas onde encontram-se os sedimentos da porção superficial da Bacia Pelotas, correspondem a PCRS, formada por sedimentos depositados desde o Terciário sob a influência de oscilações glacio-eustáticas do nível do mar e acentuadas variações climáticas (BARBOZA *et al.*, 2008). Corresponde a uma ampla área de terras baixas (33.000 km²) em sua maior ocupada por sistemas de lagoas costeiras (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000).

Villwock *et al.*, (1986) agruparam os depósitos sedimentares da planície costeira em diferentes sistemas deposicionais. Segundo esses autores foram identificados quatro sistemas do tipo Laguna-Barreira e um sistema de Leques Aluviais (Figura 3).

Sistema de Leques Aluviais: esse sistema é composto por um conjunto de fácies sedimentares resultantes de processos de transporte associados com ambientes de encosta e elevada topografia. As fácies proximais dos leques são resultantes de domínios gravitacionais,

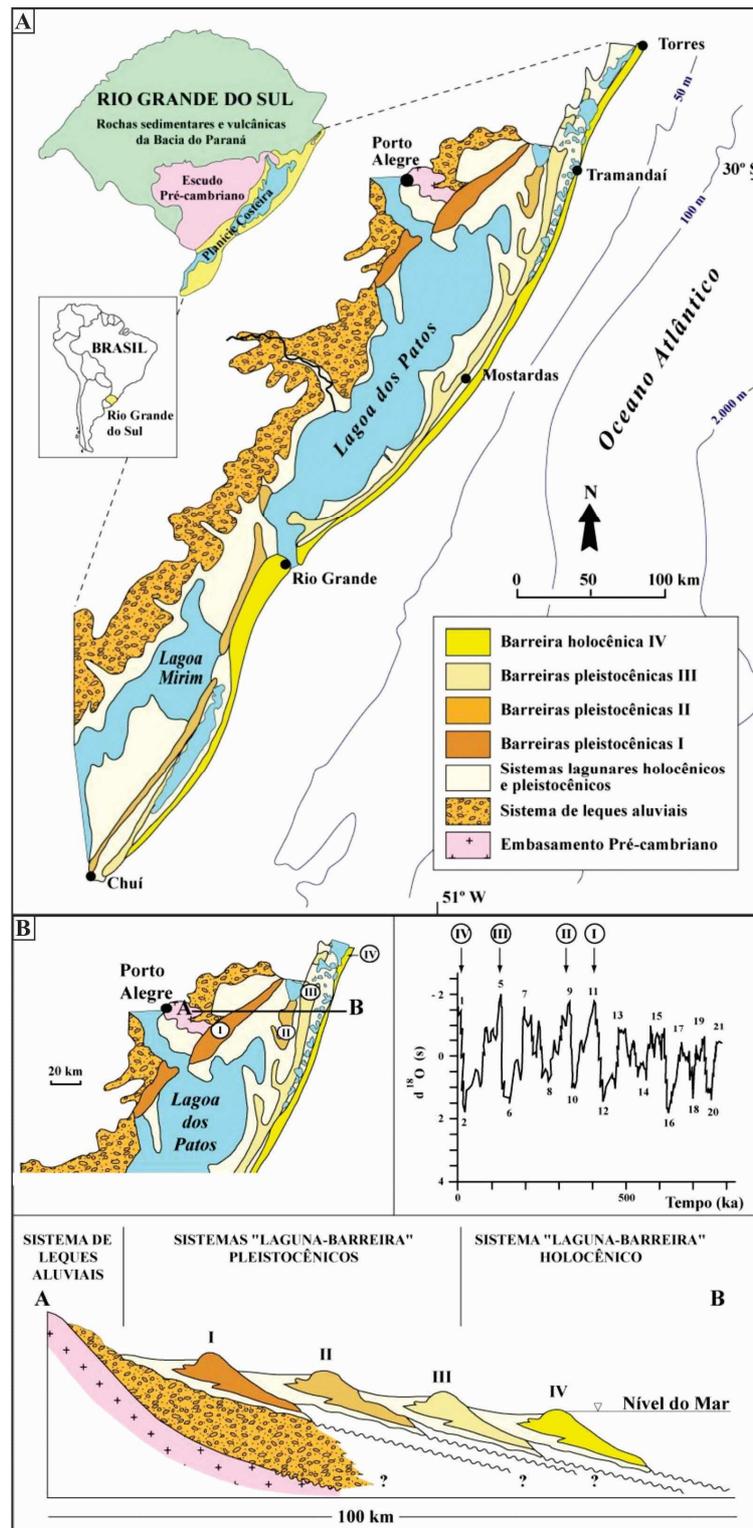
e que gradam, nas porções mais distais para depósitos transportados a partir de meio aquoso (aluviões). A formação deste sistema, segundo Tomazelli & Villwock (2005), teve início no Paleogeno, persistindo os processos deposicionais ainda ativos, porém com menor intensidade, possivelmente apresentando variações ao longo do tempo em função das oscilações climáticas. De acordo com a proveniência dos clastos encontrados nos depósitos aluviais, esses autores subdividiram este sistema em três subsistemas: (i) leques alimentados pelo escudo pré-cambriano; (ii) leques alimentados pelo planalto; e (iii) leques alimentados pela Barreira I.

Sistema Laguna-Barreira: além do sistema de leques aluviais que se desenvolveram a oeste da PCRS, no contato com as terras altas, a planície costeira do Rio Grande do Sul, teve sua evolução para leste através de desenvolvimento lateral de quadro sistemas deposicionais do tipo Laguna-Barreira, onde cada um destes sistemas registram um pico transgressivo, seguido de um evento regressivo. Esse tipo de sistema implica na existência interligada de três subsistemas geneticamente relacionados, sendo o subsistema lagunas, o subsistema de barreira e, o subsistema canal de ligação (VILLWOCK & TOMAZELLI, 2006).

- Sistema Laguna-Barreira I: formado a partir do primeiro evento transgressivo-regressivo pleistocênico da PCRS, cujo o pico transgressivo está correlacionado com estágio isotópico de oxigênio 11 (Figura 3), datado aproximadamente 400 ka.

Este sistema encontra-se atualmente melhor preservado na parte nordeste da planície costeira, ocupando uma área com orientação NE-SW com aproximadamente 250 km de extensão e cerca de 5 a 10 km de largura. A barreira se desenvolveu através do acúmulo de sedimentos eólicos que se depositaram sobre as partes altas do embasamento, compondo as fácies sedimentares por areias quartzo-feldspáticas avermelhadas, de granulação fina a média, com alto grau de arredondamento. Esses grãos encontram-se semiconsolidados, com nódulos ferruginosos disseminados nos sedimentos e apresenta um elevado conteúdo de matriz siltico-argilosa de origem diagenética.

Figura 3: A) Mapa geológico da PCRS; B) Perfil esquemático da PCRS mostrando os sistemas deposicionais e suas respectivas idades de acordo com o gráfico dos picos de $d^{18}O$.



Fonte: Modificado de Tomazelli *et al.*, 2000.

Os intensos processos pós-deposicionais que afetaram esta unidade foram responsáveis pela destruição quase que total das estruturas sedimentares primárias, fazendo com que na maioria dos afloramentos se apresentem maciços, sendo raros os locais onde pode-se observar feições compatíveis com uma deposição eólica. Já o sistema lagunar, se desenvolveu nas terras baixas entre a Barreira I e os terrenos formados pelas rochas sedimentares de idade Paleozóicas e Mesozóicas da Bacia do Paraná e os terrenos pré-cambrianos da região de Porto Alegre, Viamão, Guaíba (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995).

A carga sedimentar trazida pelos rios que drenam as terras altas proximais se acumulou dentro do Sistema Lagunar I, em ambientes de sedimentação lagunar, fluvial a paludial. A região ocupada por esse sistema sofreu ao longo do Quaternário a influência de vários eventos transgressivos-regressivos que retrabalharam os depósitos ali existentes. Assim, o pacote sedimentar que se ocupou no sistema geomorfológico do sistema lagunar I, reflete esses diferentes eventos de diversas idades (VILLWOCK & TOMAZELLI, 2006).

- Sistema Laguna-Barreira II: esse sistema marca o segundo evento transgressivo-regressivo durante o Pleistoceno na PCRS, datando aproximadamente de 325 ka, podendo estar correlacionado com o estágio isotópico de oxigênio 9 (Figura 3) (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995). Datações recentes publicada no trabalho de Lopes *et al.*, (2013) obteve novas idades para a barreira II, datando aproximadamente 230-240 ka. Este sistema corresponde ao primeiro estágio da evolução da “Barreira Multipla Complexa” (VILLWOCK, 1977, 1984), responsável pelo isolamento de um grande corpo lagunar, atualmente representado pela Lagoa dos Patos e Lagoa Mirim (Sistema Lagunar Patos-Mirim).

Os depósitos praias e eólicas da barreira II estão preservadas na porção norte da planície costeira, como um pontal arenoso a leste da Lagoa dos Barros e na porção sul, no primeiro isolamento da lagoa Mirim. Os sedimentos depositados são constituídos de areias quartzo-feldspáticas, castanho-amareladas, bem arredondadas, com matriz siltico-argilosa. As estruturas primárias foram destruídas, em sua maioria, pelos processos pedogenéticos que afetaram os sedimentos.

O sistema laguna II se desenvolveu na região da retrobarreira, sendo composta principalmente por areias finas, siltico-argilosa, mal selecionadas de coloração creme, muito semelhantes aos sedimentos que compõe o sistema lagunar III (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000). As depósitos acumuladas no sistema lagunar II refletem a sedimentação não só durante o tempo em que o sistema laguna-barreira II permaneceu ativo, mas também apresenta feições

de eventos transgressivo-regressivo posteriores. Além do mais, a rápida transgressão ocorrida no Sistema II, ocasionou com que as águas do corpo lagunar avançassem sobre os sedimentos do Sistema de Leques Aluviais, esculpindo um terraço de abrasão que se estende por boa parte na margem oeste da planície costeira (VILLWOCK & TOMAZELLI, 2006).

- Sistema Laguna-Barreira III: esse sistema marca o último evento transgressivo-regressivo pleistocênico, correlacionado com o estágio isotópico de oxigênio 5 (último estágio interglacial) (Figura 3), datando aproximadamente de 120 ka. Atualmente esse sistema encontra-se bem preservado e o seu desenvolvimento foi responsável pela implantação do sistema lagunar Patos-Mirim na porção sul da Planície Costeira, evento de fundamental importância na evolução da PCRS.

Os depósitos podem ser encontrados ao longo de toda a costa do Rio Grande do Sul, estendendo-se Torres ao Chuí, numa faixa de norte a sul (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2005). Na parte setentrional da planície, ao norte de Osório, os depósitos encontram-se junto a base da escarpa da Serra Geral e outros depósitos de encosta pertencentes ao Sistema de Leques Aluviais, indicando o pico transgressivo relativo à Barreira III, evidenciado por cavernas de abrasão marinha (AB'SÁBER & GOMES, 1969; VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995). Marin et al., (1982), através de datação radiométrica em fósseis encontrados nas areias marinhas, junto com Poupeau et al., (1985), através do método da termoluminescência nas areias eólicas, atribuíram idade aproximadamente de 120-125 ka (TOMAZELLI et al., 2001; TOMAZELLI et al., 2007) para o sistema Barreira III. As idades encontradas por esses autores junto com as características da Barreira III, podem ser correlacionadas com depósitos marinhos descritos na literatura em outras partes do litoral brasileiro, associadas com a chamada “Penúltima Transgressão” ou “Transgressão Cananéia” de Suguio & Martin (1978) e Bittencourt et al. (1979).

Na barreira III, localizada na região de Osório, Tomazelli et al., (1982) e Tomazelli (1985) mostraram ser composta por fácies arenosas de ambiente praiial e marinho raso, recobertos por depósitos eólicos. Estruturas biogênicas encontradas na Barreira III foram registradas por Villwock e Tomazelli (1995) e Tomazelli e Villwock (2000) como sendo tubo de *Callichirus* sp. sendo posteriormente revista por Gibert et al., (2006), que reconheceu tratar-se de espécimes de *Ophiomorpha nodosa*. A Barreira III é constituída por fácies arenosas de origem praiial e marinho raso, recobertos por depósitos eólicos. Os sedimentos praiiais são compostos por areias quartzosas claras, finas, bem selecionadas, apresentando uma

estratificação bem desenvolvida composta por plano-paralela, com truncamento de baixo ângulo, cruzadas planares, acanaladas e hummocky. As areias eólicas apresentam coloração avermelhada e um aspecto maciço, apresentando localmente algumas bioturbações ocasionadas por raízes em níveis centimétricos de paleossolos (TOMAZELLI et al., 1982; TOMAZELLI 1985).

Já o sistema Lagunar III desenvolveu um complexo de ambientes deposicionais instalados na região da retrobarreira, acumulando depósitos de areias finas, siltico-argilosas, mal selecionadas, de coloração creme, com estruturas plano-paralela e, frequentemente, apresentam concreções carbonáticas e ferruginosas (VILLWOCK & TOMAZELLI, 2006).

- Sistema Laguna-Barreira IV: o mais “atual” sistema Laguna-Barreira da PCRS desenvolveu-se como consequência da última transgressão pós-glacial estando relacionado ao estágio isotópico do oxigênio 1, no evento de máxima transgressão marinha ocorrida a aproximadamente cerca de 5 ka. O nível do mar esteve aproximadamente 5 metros acima do nível atual, possibilitando a formação de uma barreira constituída essencialmente de areias praias e eólicas (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995).

A Sistema Barreira IV é composta por areias quartzosas de origem praias e eólica, granulação fina a muito fina (VILLWOCK, 1972), ocorrem também areias e cascalhos bioclásticos associados aos sedimentos de praia atual, na região entre Rio Grande e Chuí (CALLIARI & KLEIN, 1993) e, em certos locais apresentam elevadas concentrações de minerais pesados (VILLWOCK et al., 1979; MURANO, 1994). O campo de dunas eólica desta barreira se estende ao longo de toda a costa da PCRS, apresentando uma largura que varia de 2 km a 8 km e são consequência do regime de ventos de alta energia proveniente de nordeste, essas dunas livres são caracterizadas do tipo barcanóide e, migram no sentido sudoeste (TOMAZELLI, 1993).

A barreira se instalou no máximo transgressivo holocênico, graças a disponibilidade de sedimentos arenosos existentes na plataforma continental interna, migrando lateralmente no sentido leste, na fase regressiva que se sucedeu, essa progradação gerou cordões litorâneos regressivos, onde pode ser observado ao norte de Tramandaí e ao sul da cidade de Rio Grande (GODOLPHIM, 1976). Nesta barreira localiza-se a linha de costa atual, onde acontecem importantes processos influenciados pela ação das ondas, ventos e correntes que atinge, esta grande extensão de terras arenosas (VILLWOCK & TOMAZELLI, 2006).

Já o Sistema Lagunas IV é representado pelo complexo de lagoas e lagos costeiros, que alcançaram seu desenvolvimento durante o último máximo transgressivo (TOMAZELLI & DILLENBURG, 2007). Tomazelli&Villwock (1991) descreveram o sistema Lagunar IV localizado no litoral norte do RS, indicando um grande complexo de ambientes e subambientes deposicionais: corpos aquosos costeiros (lagoas e lagunas), sistemas aluviais (canais interlagunares e rios meandrantés), deltaico (flúvio lagunares) e paludais (banhados e turfeiras).

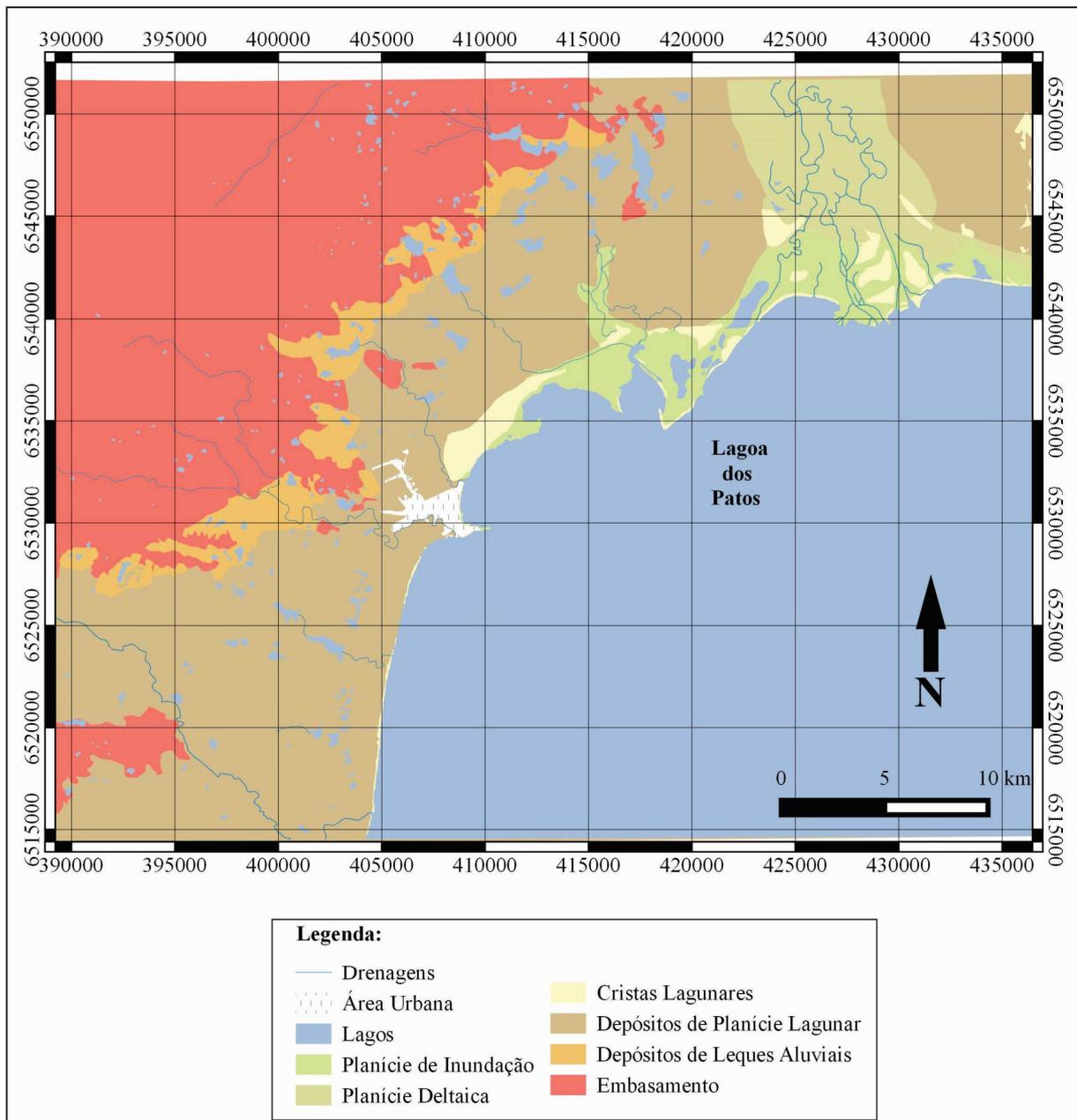
4.3 Aspectos Pedológicos

Na área de estudo os processos formadores de solo é composto por um conjunto de fatores, principalmente ocasionados pela precipitação de chuvas, ação dos ventos, difusão e por colúvios.

As rochas constituem áreas-fonte dos materiais sedimentares transportados pelos agentes erosivos, são os substratos dos diferentes tipos de sedimentos e solos que se desenvolveram na região. Somando-se ao embasamento integram as sucessões sedimentares da planície costeira (HANSEN, 2007).

A classificação dos horizontes e tipo de solos utilizados foram baseadas na carta de perfis de solo de acordo com Ramada Filho, Pereira e Beek (1983); Lepsch *et al.* (1991) e; Embrapa (1999).

Figura 4: Mapa Geológico da região do município de São Lourenço do Sul evidenciando os principais domínios geológicos.



Fonte: Mapa baseado em Imagens LANDSAT ETM + nas composições R5G4B3, Datum WGS 84 zona 22J.

4.4 Aspectos Fisiográficos

A Lagoa dos Patos localizada na PCRS é uma laguna costeira com uma área aproximada de 10.000 km², extensão de 240 km no sentido NE-SO e largura média de 60 km. Desembocam na laguna importantes bacias hidrográficas, servindo como rede de drenagem da Bacia Nordeste da República do Uruguai e da Bacia Sudeste do Rio Grande do Sul, que recebe uma descarga

enorme de água e sedimentos de seus tributários. A extensão total da bacia de drenagem chega a 180.000 km². A laguna possui apenas uma ligação com o oceano localizada na cidade de Rio Grande (TOLDO, 1994). Os sedimentos acumulados no corpo lagunar têm proveniência de rochas metamórficas, ígneas e sedimentares, de idade pré-cambriana, Paleozóica e Mesozóica. Há também contribuição sedimentar do retrabalhamento de depósitos da Planície Aluvial Interna e da barreira Múltipla Complexa, que constituem terrenos Cenozóicos e estão localizados na margem do corpo lagunar (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995).

Toldo (1994) e Toldo *et al.* (2000) realizaram estudos de sedimentação, padrão de ondas e dinâmica na Lagoa dos Patos. Segundo esses autores a laguna é um corpo aquoso costeiro com baixa profundidade (média de 6m), com pouca influência de marés astronômicas (< 45 cm) e protegida do oceano por um sistema de barreiras. Já o trabalho realizado por Villwock e Tomazelli (1995) demonstra que a topografia de fundo da laguna é suave, porém bastante variada, apresentando margens rasas, oscilando entre 0,5 a 1 m de profundidade, e partes mais profundas localizadas nas zonas centrais, com profundidade média entre 7 a 8 metros, sendo as maiores profundidades encontradas ao longo do canal de Rio Grande (10,0 – 15,0 m). O tempo de residência das águas no interior na Laguna pode variar de 4 a 7 meses (Hirata *et al.* 2006).

O clima da região é classificado segundo Köppen-Geiger, (1928) como clima temperado úmido com verão quente. Com relação à atuação dos ventos, a Lagoa dos Patos sofre interação com a dinâmica entre Anticiclone Subtropical Atlântico e a depressão barométrica do nordeste da Argentina (CAMARGO, 2002). O Anticiclone Subtropical Atlântico é constituído de um centro de alta pressão responsável por uma circulação atmosférica atuante, com predomínio de ventos de Leste-Nordeste sobre toda a área do Brasil que se encontra abaixo do paralelo de 10°. O deslocamento de massas polares geradas por este Anticiclone é responsável por oscilações cíclicas de águas costeiras, através das marés meteorológica, afetando as águas da laguna (TOMAZELLI & DILLENBURG, 2007). A intensidade das massas polares afeta diretamente as oscilações dentro do corpo lagunar, junto com a distribuição e magnitude de precipitação nas bacias e microbacias hidrográficas (MANZOLLI, 2011).

Toldo (2006), demonstra que as ondas que afetam a área oeste da Lagoa dos Patos durante o verão e primavera atingem altura e períodos de 0,5 e 0,7 m, e 2,7 e 3,3 s, respectivamente.

4.5 Aspectos da Sedimentação

Para que ocorra deposição de sedimentos e a progradação de ambientes e feições progradantes, como os cordões litorâneos encontrados no município de São Lourenço do Sul é necessário que ocorram um dos processos descritos por Posamentier *et al.* (1992), sendo eles:

- a) Quando o influxo de sedimento supera a taxa de subida do nível relativo do mar (regressão normal) ou
- b) Quando ocorre o rebaixamento do nível relativo do mar (regressão forçada).

As praias arenosas lagunares localizadas na margem oeste da Lagoa dos Patos adjacentes ao município de São Lourenço do Sul, possuem influência predominante do aporte sedimentar dos rios São Lourenço e Camaquã e do retrabalhamento dos depósitos sedimentares da PCRS. Portanto quando avaliação dos depósitos preservados em superfície e sub superfície devem considerar o aporte sedimentar, somadas as variações relativas do nível relativo do mar (NRM), energia de ventos e ondas, e variações no nível lagunar.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Sensoriamento Remoto

Um dos métodos aplicados para o estudo da geomorfologia costeira e de ambientes deposicionais é o sensoriamento remoto. O sensoriamento remoto auxilia na delimitação das unidades geológicas e geomorfológicas, bem como observar o comportamento da geomorfologia, reconhecendo suas variações e características, como uma resposta da dinâmica de sedimentação e erosão (FLORENZANO, 2008).

O sensoriamento remoto como sistema de aquisição de informações pode ser dividido em dois subsistemas, o subsistema de aquisição de dados de sensoriamento remoto e o subsistema de produção de informações. O primeiro é formado pelos seguintes componentes: fonte de radiação, plataforma (satélite, aeronave), sensor, centro de dados (estação de recepção e processamento de dados de satélite e aeronave). O segundo é composto por: sistema de aquisição de informações de solo para calibragem dos dados de sensoriamento remoto; sistema de processamento de imagens, sistema de geoprocessamento (FLORENZANO, 2008).

O sensoriamento remoto visa o desenvolvimento de imagens através da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética (REM) com os alvos. A radiação eletromagnética é resultado da movimentação das partículas dos átomos e das moléculas, que ao se colidirem emitem radiação. A REM se propaga através do vácuo em forma de onda e em forma de energia (MENESES & ALMEIDA, 2002).

Sendo assim o sensoriamento remoto trabalha com uma medida de interação da radiação eletromagnética com a superfície dos objetos. Seguindo um modelo ondulatório as características das imagens são explicadas através da relação do comprimento de onda e o tamanho do objeto (MENESES & ALMEIDA, 2002).

Segundo Florenzano (2011) através dos mecanismos físicos gerados pela energia eletromagnética, obtém-se o espectro eletromagnético, o qual representa a distribuição da REM, por regiões, segundo o comprimento de onda e a frequência.

A obtenção de imagens geradas através do sensoriamento remoto é realizada através da propagação da REM emitida pelo sol até a superfície terrestre, que interage com o alvo e parte dela é absorvida e outra é refletida. Esta última retorna para o espaço onde é captada por um sensor remoto a bordo de um satélite que retransmite o sinal capturado para uma antena terrestre (MENESES & ALMEIDA, 2002).

Atualmente, os estudos de geomorfologia dispõem de uma variedade de dados e técnicas de sensoriamento remoto que fornecem níveis de informação sem precedentes. Os avanços tecnológicos dos novos sensores remotos, que produzem imagens com melhor resolução espacial, espectral, radiométrica e temporal, além do recurso estereoscópico, que permite ao especialista em geomorfologia mapear, medir e estudar uma variedade de fenômenos geomorfológicos com maior rapidez e precisão (FLORENZANO, 2008).

Para o mapeamento geomorfológico, geológico e a confecção do mapa final, assim como a caracterização dos diferentes domínios que compõem a área de estudo foram utilizadas diversas ferramentas.

Inicialmente foram obtidas imagens orbitais LANDSAT, sensor ETM + (*Enhanced Thematic Mapper*) que incluem todas as bandas do espectro refletivo com resolução espacial de 30 metros (Tabela 1) e a banda pancromática com resolução espacial de 15 metros, padronizadas no elipsoide de referência WGS-84 (*World Geodesic System 1984*) com projeção cartográfica UTM (Projeção Universal Transversa de Mercator). Essas imagens foram obtidas

em formato GEOTIFF, que estão previamente georreferenciadas. As imagens foram obtidas no dia 23 de julho de 2002.

Tabela 1: Características das bandas espectrais de imagens LANDSAT ETM+.

Banda	Faixa Espectral
1	0,45 a 0,52 μm
2	0,52 a 0,60 μm
3	0,63 - 0,69 μm
4	0,76 - 0,90 μm
5	1,55 - 1,75 μm
6	10,4 - 12,5 μm
7	2,08 - 2,35 μm

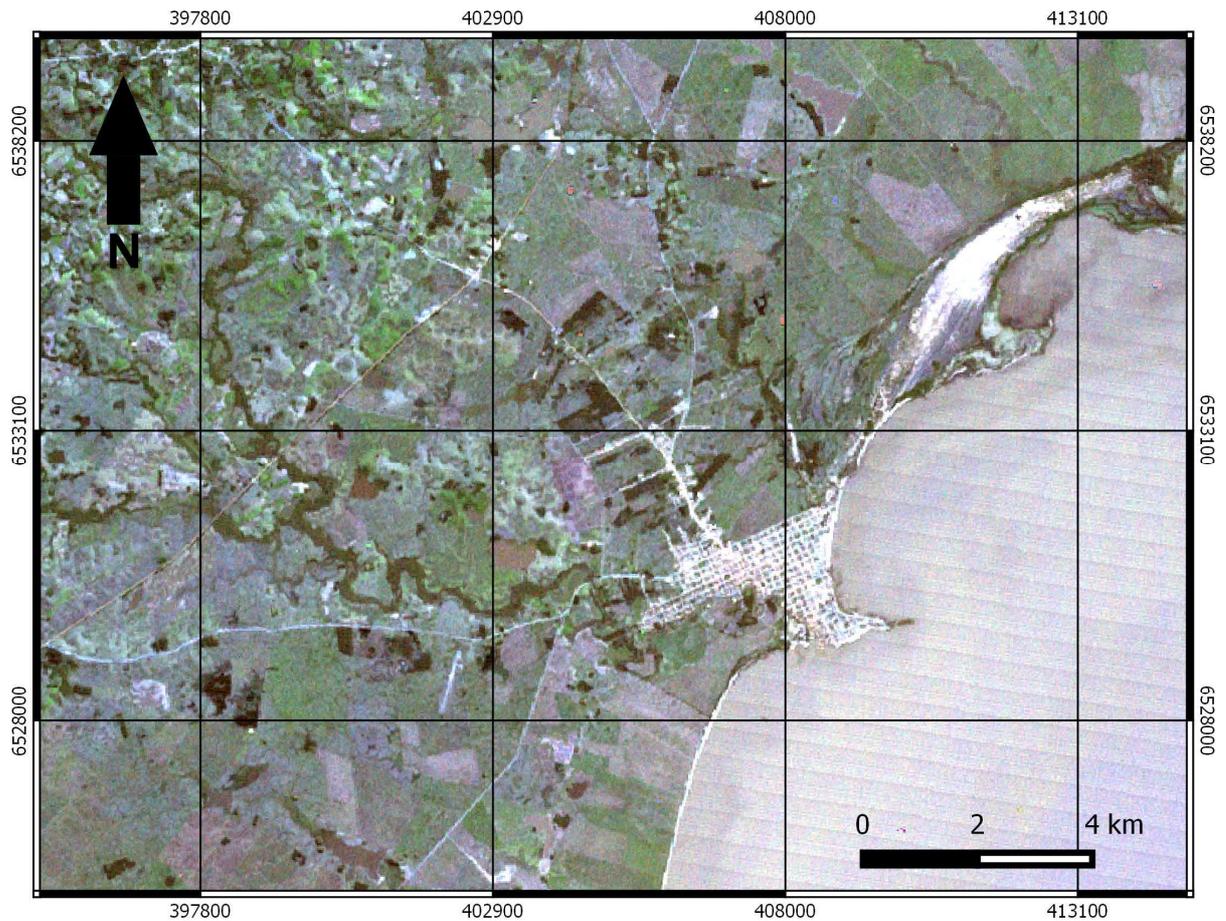
Fonte: INPE, 2009.

Para o desenvolvimento do projeto foi utilizado primeiramente o *software* Spring 4.2® (Sistema de Informação Geográfica, desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagens) (Câmara *et al.*, 1996), o qual fornece ferramentas necessárias para a análise dos dados de sensoriamento remoto. O SPRING é um aplicativo de domínio público desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) que incorpora diversas ferramentas como criação de bando de dados, seu gerenciamento, além de recursos específicos de processamento e análise de dados multiespectrais.

A partir do Spring foi criado um banco de dados onde as imagens foram importadas e recortadas afim de selecionar a cena que abrange a área de estudo. Após esse procedimento foi aplicada a ferramenta de contraste em todas as bandas. Foram geradas diferentes composições RGB afim de obter imagens para melhor visualização dos diferentes domínios geológicos e geomorfológicos e a geração mapas.

Para a confecção do mapa de localização da área de estudo e o mapa de pontos (Figuras 1 e 6, respectivamente), foram utilizadas as composições R1G2B3 (Figura 4), na qual fornecem imagens com uma aparente cor natural, apresenta penetração na água, realçando as correntes, a turbidez e os sedimentos e a vegetação aparece em tonalidades esverdeadas. Para o mapa geológico (Figura 7) foram utilizadas as composições R5G4B3 (Figura 5), que evidencia o relevo e apresenta maior contraste das diferentes unidades geomorfológicas e geológicas da região.

Figura 5: Imagem Landsat 7 ETM+ na composição R1G2B3.

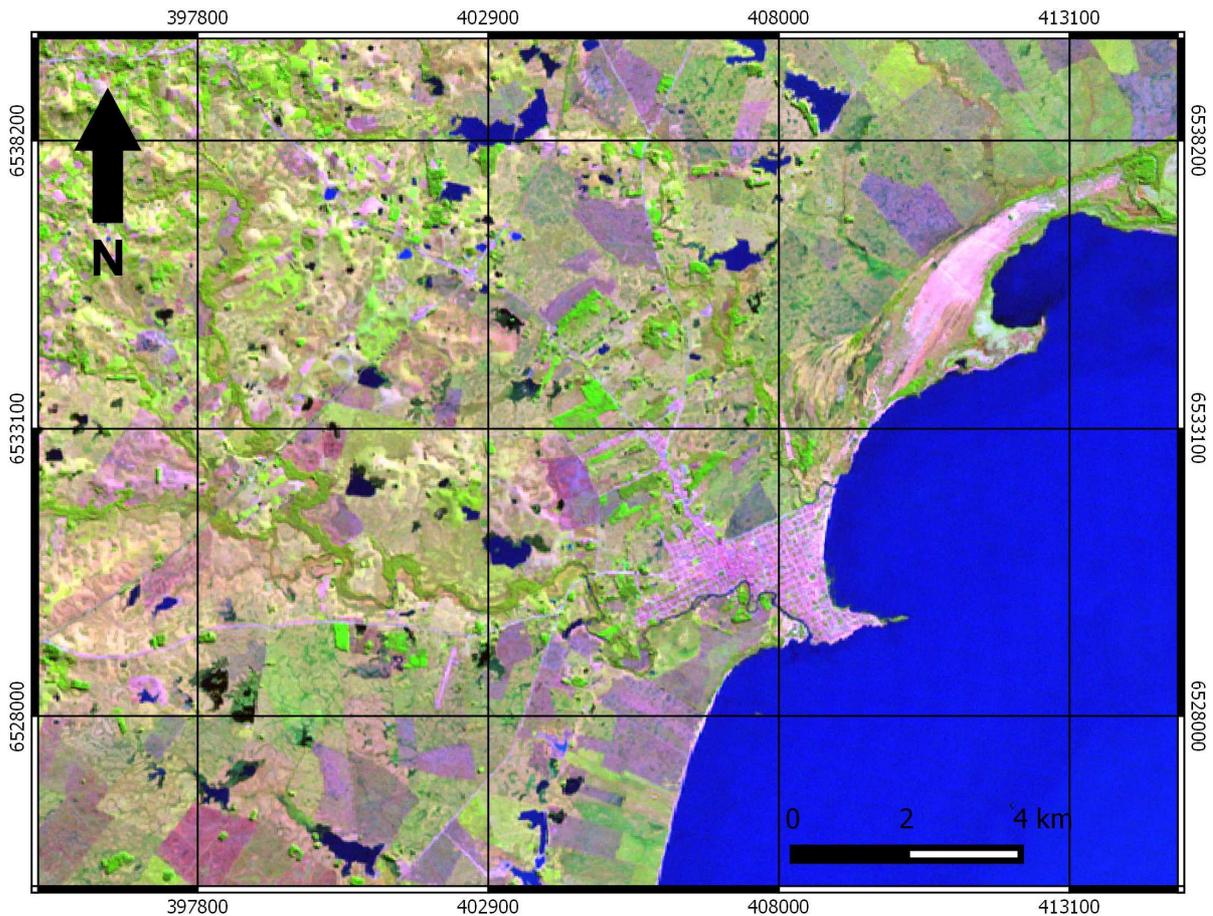


Fonte: INPE

As imagens foram importados para o programa livre QGIS 2.12.0, e neste adicionou-se os requisitos básicos de um mapa, como legenda, norte geográfico, escala e a grade de coordenadas e os pontos do analisados. Além disso o mapa de localização foi aprimorado no software CorelDraw X7, para que fossem construídos os mapas de situação do Rio Grande do Sul no Brasil e o mapa de Situação do município de São Lourenço em relação ao estado do Rio Grande do Sul.

Após a etapa prévia ao campo, foi realizado uma visita na área de estudos nos dias 6 e 7 de agosto de 2015, para a comprovação das verdades de campo. Durante o campo foram feitos 14 pontos (Tabela 2) em diferentes locais do município de São Lourenço do Sul - RS, com o intuito de visitar os diferentes domínios geológicos e geomorfológicos para obter informações sobre a topografia, coleta de amostras do embasamento, coleta de sedimentos dos Leques Aluviais, Planície Lagunar e das Cristas lagunares, fotografias e a realização de um perfil de GPR sobre as cristas lagunares.

Figura 6: Imagem Landsat ETM + na composição R5G4B3



Fonte: INPE.

5.2 Afloramentos

Através dos afloramentos naturais (barranca de um rio), erosão, e/ou artificiais, corte de estrada, minas e pedreiras a céu aberto, foram amplamente utilizados no mapeamento de superfície. Expondo o conteúdo rochoso e/ou sedimentar, teve-se condições de descrever aspectos como a textura, composição, contatos, seleção, espessura/geometria, estruturas sedimentares, acompanhadas de escala conhecida, registro fotográfico e altimetria. Foram coletadas amostras para análise litológica (granulometria e descrição de amostra de mão). O resultado das descrições de afloramentos foram representados por seções esquemáticas, tabelas e gráficos de frequência expressando os resultados obtidos.

As amostras do embasamento cristalino foram classificadas segundo os diagramas de Streckeisen (1967).

5.3 Topografia

A topografia foi adquirida através de GPS, porém como os dados não eram concisos optou-se para a geração do perfil, dados altimétricos do *software* Google Earth®.

5.4 Análises Sedimentológicas

A análise granulométrica descrita nessa metodologia é destinada à classificação textural dos sedimentos de natureza inconsolidada, ou seja, os sedimentos compostos por grãos individuais. A metodologia de análise granulométrica aqui apresentada é baseada no método descrito por Suguio (1973):

A análise da granulométrica dos sedimentos foram executadas através de 3 procedimentos normalmente realizados simultaneamente: (1) a fração do sedimento maior que 16 mm (seixo, matacão) é determinada através da análise do diâmetro nominal verdadeiro ou diâmetro médio; (2) a fração do sedimento menor que 16 mm até 0,062 mm de diâmetro de grão será determinada por procedimentos de peneiração; (3) a fração do sedimento menor que 0,062 mm de diâmetro de grão será quantificada no analisador de partículas (granulômetro).

Materiais: Bacias de alumínio; colher de metal; estufa almofariz e pistilo (com ponta de borracha); lupa; quarteador; jogo de peneiras de malhas de diferentes aberturas; agitador de peneiras (tipo Ro-tap); balança de precisão ($\pm 0,1$ mg); béqueres de 50 ml; proveta de vidro de 1000 ml; pipeta volumétrica de 20 ml; cronômetro.

Desagregação prévia; Esta etapa tem a função de possibilitar a homogeneização da amostra através do quarteamento. Colocou-se uma pequena quantidade de sedimento em um almofariz de porcelana e com o auxílio de um pistilo revestido com ponta de borracha desferem-se leves batidas sobre a amostra, até parecer totalmente desagregada. A separação da amostra em porções representativas para as análises é feita através de um quarteador. Este procedimento deve ser repetido até que se obtenha o tamanho de subamostra desejado.

Análise granulométrica de grossos;

Análise granulométrica da fração grossa dos sedimentos é realizada através da técnica de peneiragem. Essa técnica consiste em passar uma amostra de peso conhecido, (foram utilizadas 60g) através de um conjunto de peneiras com malhas de aberturas diferentes. As peneiras são dispostas em grão-decrescência, ou seja as malhas de maior abertura situam-se em

cima e as de menor abertura estão na parte inferior do conjunto utilizando peneiras de abertura com diferença de intervalos de um número inteiro de phi (Φ) (KRUMBEIN, 1934). Esse parâmetro refere-se ao antilogaritmo de base 2 do valor em milímetros do tamanho de grão. Este conjunto foi vibrado durante um período de 40 segundos para que as partículas passem pelo jogo de peneiras. A quantidade de amostra retida em cada peneira é pesada e, posteriormente, transformada em porcentagem do peso total peneirado, que é usado para representar a distribuição granulométrica.

Análise granulométrica de finos

O material fino (silte e argila) é todo o material que passa pela peneira de malha de 0,062 mm (4 ϕ). Esse tipo de sedimento é normalmente analisado pelo método da pipetagem, baseado na velocidade de decantação das partículas, expressa na Lei de Stokes. No entanto, foi utilizado para análise de sedimentos finos o analisador de partículas Microtrac de propriedade da UNIPAMPA.

Cálculos e Parâmetros Estatísticos

O objetivo dessa etapa foi proceder à classificação dos sedimentos, com base na frequência e no tamanho da partícula. Os resultados da granulometria dos sedimentos têm como base à escala phi (Φ) que representa o log negativo de base 2 do diâmetro do grão (d). No trabalho de Wentworth (1922); o autor denomina classes granulométricas a escala de tamanhos de grão. Os parâmetros estatísticos destinados à caracterização sedimentológica, estão baseados na metodologia de Folk & Ward (1957). Os cálculos estatísticos, a construção de gráficos e a classificação dos sedimentos dentro dos padrões usuais de análise granulométrica foram feitas através do programa Sysgran3.

Análise Gráfica e Parâmetros Estatísticos

Tamanho Médio: O tamanho médio (**Mz**) é a melhor medida para fornecer a distribuição média dos tamanhos de partículas, pois é obtido de um grupo de tamanhos, e não de um único ponto. O emprego desta medida tem limitações quando trata-se de amostra polimodal. O cálculo do tamanho médio é feito segundo a seguinte:

$$\mathbf{Mz} = \frac{\Phi 16 + \Phi 50 + \Phi 84}{3}$$

Medidas de Dispersão

Desvio Padrão: O desvio padrão (σ) empregado na análise sedimentológica, relaciona-se com a competência dos diferentes agentes geológicos, em selecionar com maior ou menor habilidade um determinado tamanho de grão. Um sedimento bem selecionado ou bem classificado significa um sedimento com pequena dispersão dos seus valores granulométricos, ou dos valores de medidas de tendência. Os valores relacionados ao desvio padrão de amostras sedimentares podem indicar a energia na bacia de acumulação, o grau de maturidade textural de um depósito, e a ocorrência de misturas populacionais. A nomenclatura adotada para valores encontrados por esse parâmetro, e a fórmula são as seguintes:

- < 0,35 - seleção muito boa;
- 0,35 a 0,50 - seleção boa;
- 0,50 a 1,00 - seleção moderada;
- 1,00 a 2,00 - seleção pobre;
- 2,00 a 4,00 - seleção muito pobre;
- > 4,00 - seleção extremamente pobre.

$$\sigma = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{86} + \Phi_{95} - \Phi_5}{4 \quad 6,6}$$

Para amostras que continham sedimentos maiores que grânulos e argilosos, o percentual granulométrico foi calculado através de dados fornecidos pelo granulômetro Microtrac, agrupados nas classes granulométricas e posteriormente adicionados as percentagem de sedimentos grosseiros com as devidas correções.

5.5 GPR (Ground Penetration Radar)

Os primeiros estudos geológicos que utilizam o GPR foram feitos por Leatherman (1987), que mostra a aplicabilidade em geomorfologia costeira e Davis & Anman (1989) na determinação de espessuras do solo, profundidades e heterogeneidades para localizações de horizontes de mineração. Seria pertinente uma revisão bibliográfica dos principais trabalhos que fazem uso do GPR, no entanto um importante trabalho publicado por Neal (2004) que descreve a importância do uso do GPR em estudos sedimentológicos, seus princípios, problemas e futuro, apresenta um tabela que supre esta necessidade. Abaixo a lista apresentada

por este autor que serve como guia, relevando os principais estudos feitos com GPR, classificados de acordo com o ambiente deposicional estudado. Destacam-se em depósitos costeiros os trabalhos de Mäkinen and Rasanen (2003), Møller & Anthony (2003), Moore *et al.*, (2003), Neal *et al.*, (2003, 2004).

O trabalho apresentado por Barboza (1999) descreve objetivamente o funcionamento do GPR: A técnica do GPR baseia-se no envio ao sub-solo uma onda eletromagnética de alta frequência (10-1000 MHz). O pulso eletromagnético é enviado por uma antena transmissora se propagando pelo subsolo até encontrar um horizonte com contraste nas propriedades dielétricas (constante dielétrica). Desta maneira parte do pulso é refletida para a superfície e parte é transmitida, se propagando em subsuperfície. A onda refletida é recebida pela antena receptora, amplificada, digitalizada, e armazenada na memória da unidade controladora.

De acordo com o objetivo de investigação com o GPR pode ser realizado com diversos arranjos. O mais comum é aquele utilizado para obter uma seção contínua em profundidade, com traço zero, “*off set*”, análogo a uma seção sísmica convencional. O arranjo que consiste no deslocamento simultâneo da antena emissora da antena receptora, mantendo uma distância fixa entre elas é chamado de “*Common offset*” e desta maneira obtém-se uma seção contínua de imageamento sob a linha de deslocamento das antenas.

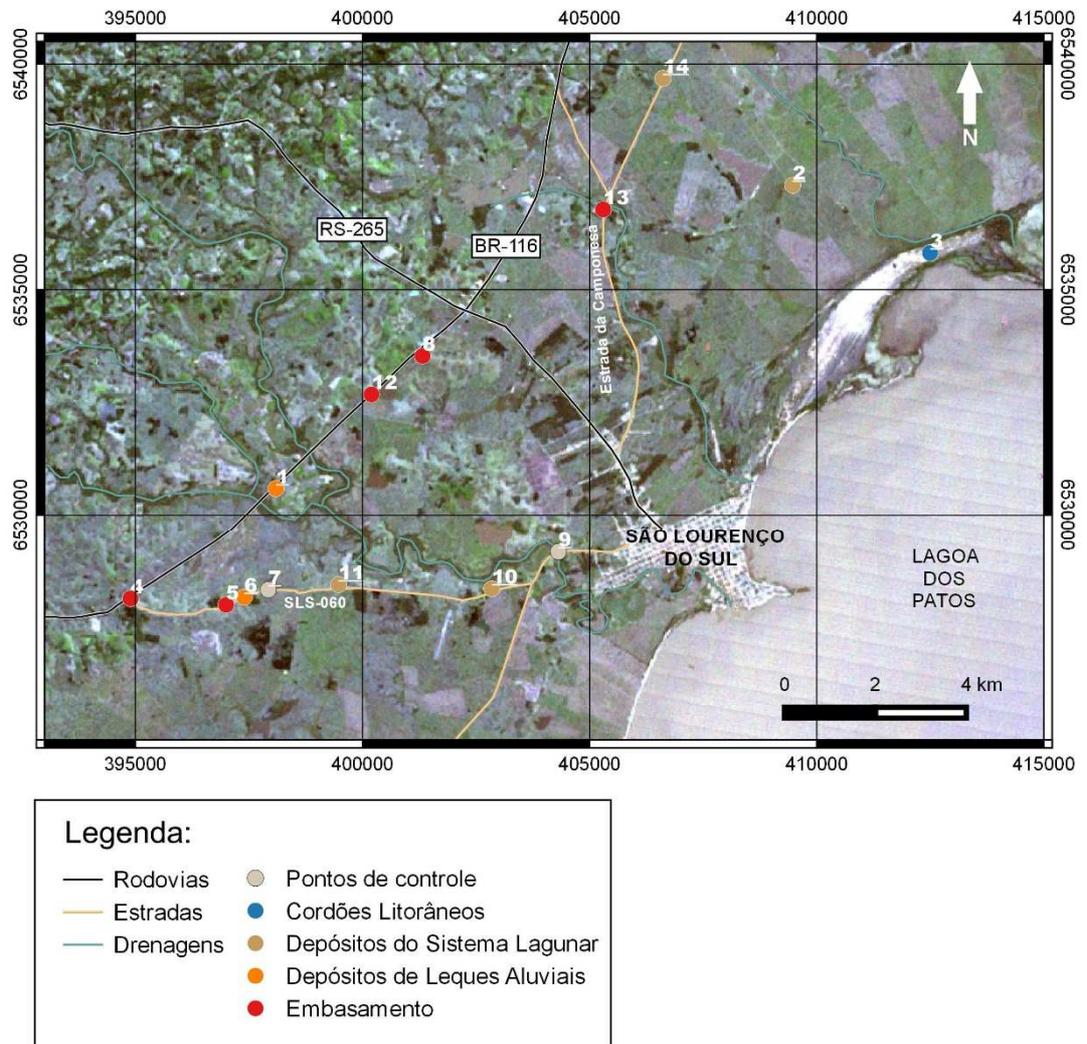
Após a aquisição de dados ainda necessita de uma etapa que consiste no tratamento do dado em um programa específico (Radam, por exemplo): importação dos dados de campo, remoção dos ruídos de baixa frequência, edição de traços, alinhamento de traços, remoção do ruído ambiental, filtro de passa banda trapezoidal, filtro *fk*, ganho *AGC*, migração *fk*, conversão de profundidade, correção topográfica.

Segundo Jol & Smith (1991) as fácies podem ser definidas como unidades sedimentares tridimensionais mapeáveis, compostas por padrões de reflexões característicos e que diferem das unidades adjacentes. O potencial do uso do GPR como visto anteriormente no trabalho de Neal (2004) é muito amplo e em regiões costeiras não é diferente. A possibilidade de registros serem interpretados a partir de radar fácies possibilita ao pesquisador uma visão ampla dos sistemas deposicionais estudados, sua geometria externa e configuração interna melhorando o entendimento nos padrões de deposição.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os métodos empregados resultaram numa gama de informações que foram utilizadas para a caracterização da geologia do município de São Lourenço do Sul – RS. Após o processamento dos dados de sensores remotos, a malha de pontos realizada em campo (Figura 6), descrição de afloramentos em campo, análises granulométricas, descrições de amostras e um perfil de GPR, foram obtidos como resultados: a) Mapa Geológico da região costeira do município; b) Descrição do embasamento cristalino; c) descrição dos depósitos de leques aluviais; d) descrição dos depósitos lagunares; e) descrição dos cordões litorâneos.

Figura 7: Mapa de pontos do mapeamento de campo no município de São Lourenço do Sul-RS.



Fonte: Imagem Landsat ETM+ nas composições R1G2B3.

Tabela 2: Tabela de pontos realizado no mapeamento para este trabalho nos dias 6 e 7 de agosto de 2015, no município de São de Lourenço do Sul – RS, evidenciando as coordenadas em UTM pertencentes a zona 22 J e a descrição principal do ponto.

Pontos	Longitude	Latitude	Descrição dos Pontos
1	398096.00 m E	6530589.00 m S	Leques Aluviais
2	409472.00 m E	6537317.00 m S	Sistema Lagunar
3	412535.00 m E	6535872.00 m S	Cristas Lagunares
4	394893.71 m E	6528134.05 m S	Embasamento
5	396997.00 m E	6527994.00 m S	Embasamento
6	397396.00 m E	6528160.00 m S	Leques Aluviais
7	397927.00 m E	6528328.00 m S	Ponto de Controle
8	401325.00 m E	6533531.00 m S	Embasamento
9	404312.00 m E	6529173.00 m S	Ponto de Controle
10	402845.00 m E	6528350.00 m S	Sistema Lagunar
11	399474.00 m E	6528440.00 m S	Sistema Lagunar
12	400200.00 m E	6532680.00 m S	Embasamento
13	405301.00 m E	6536778.00 m S	Embasamento
14	406615.00 m E	6539682.00 m S	Sistema Lagunar

Fonte: Autor.

6.1 Mapa Geológico da região costeira da município de São Lourenço do Sul

A partir de dados levantados por sensores remotos e o mapeamento em campo, foram elaborados um mapa geológico, uma coluna estratigráfica e um perfil topográfico (NW-SE). O mapa gerado (Figura 7) corresponde a uma área com aproximadamente 341km², isso implica que, para um mapeamento geológico com boa resolução, como por exemplo numa de 1:75 000,

se faz necessário uma malha de pontos com aproximadamente 60 622 pontos. Esse número se torna inviável por uma questão de logística, além de que, grande parte da área encontra-se coberta por plantações de arroz e por pastagens para pecuária, dificultando a localização de afloramentos.

Os poucos afloramentos encontrados estavam localizados em corte de estrada ao longo da BR-116, valetas ao longo das estradas secundárias do município e nas margens dos rios e de canais de drenagem artificiais, criados para o escoamento do excesso de água das plantações de arroz. Outra dificuldade encontrada foi para obter autorização para entrar em propriedades particulares, além da falta de acesso em alguns lugares, como por exemplo nos cordões litorâneos, na qual o mesmo encontra-se cercado pela planície de inundação sem caminhos viáveis para chegar com os equipamentos. Porém, é importante destacar que o mapa gerado por imagens de satélite com uma resolução de 30x30 m por pixel, se mostrou uma excelente ferramenta, corroborando com as verdades obtidas em campo.

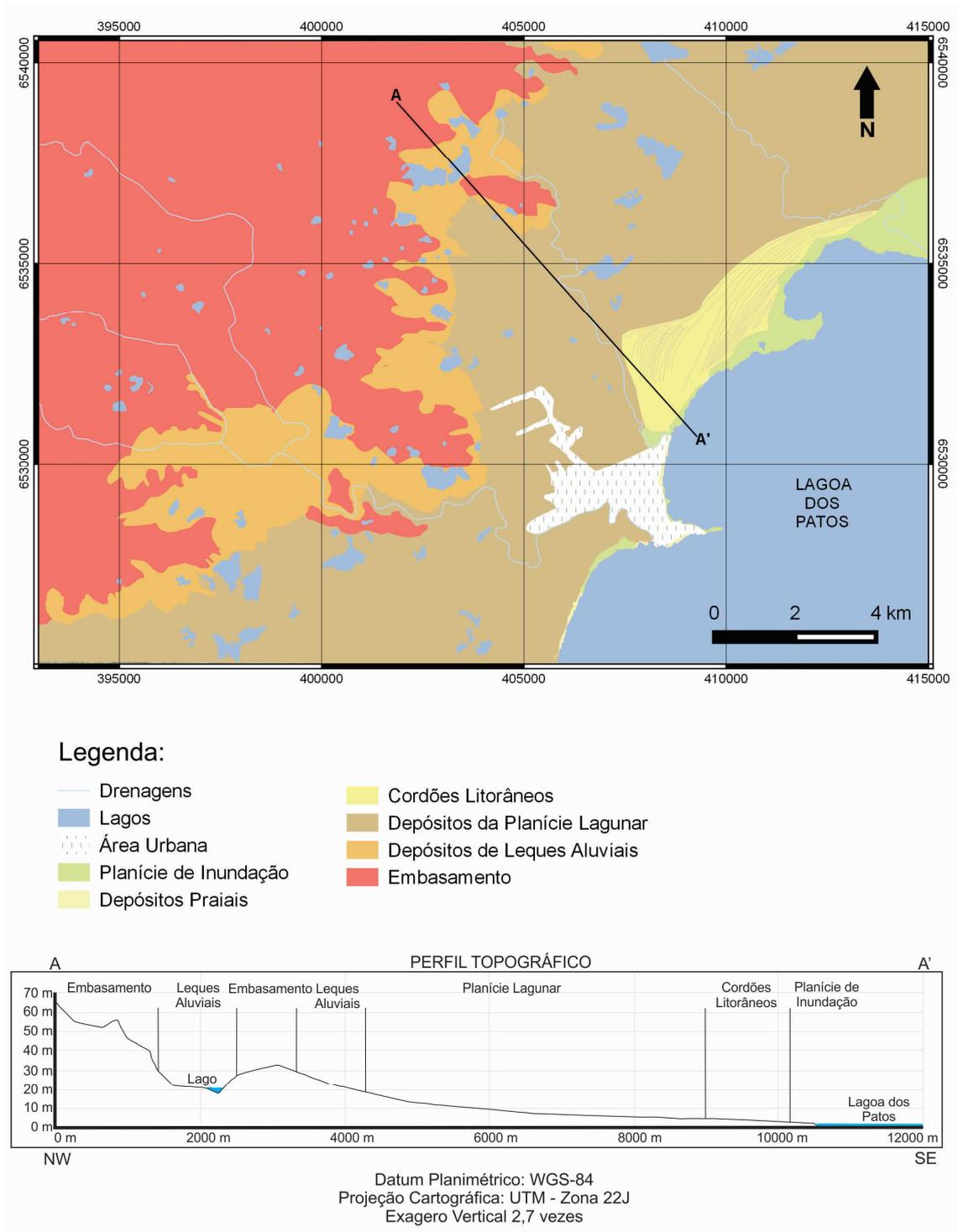
Através da composição de bandas das imagens de satélite e do mapeamento de campo, foi possível distinguir seis unidades geológicas, sendo elas: o embasamento cristalino, depósitos de leques aluviais, depósitos da planície lagunar, cordões litorâneos, depósitos praias e a planície de inundação lagunar além de outras feições como as drenagens, lagos e o perímetro urbano do município de São Lourenço do Sul. Ao longo deste trabalho serão discutidos as unidades geológicas com exceção dos depósitos praias e da planície de inundação.

Através de imagens Landsat ETM+, na composição R5G4B3, contrastada, foi possível distinguir as unidades de maneira visual. Onde o relevo apresentava-se bem destacado, principalmente para distinguir os depósitos de leques aluviais e o embasamento. Os terrenos arenosos possuem uma resposta espectral na cor magenta, destacando os cordões litorâneos, os leques aluviais e os depósitos praias. A água aparece com tonalidades azuis e a vegetação em tonalidade de verde. Os depósitos lagunares foram classificados através da sua baixa topografia e também, pela alta densidade de lagos e as vastas plantações de arroz, que se concentram nesses terrenos em virtude do seu conteúdo granulométrico que é composto principalmente por lama. As planícies de inundação foram classificadas a partir da sua resposta espectral, tons de azul-esverdeado e o padrão de vegetação, que se difere de outros locais da imagens.

Para distinguir os elementos geomorfológicos não utilizou-se a técnica de classificação de imagens, a qual consiste em métodos para extração de informações de uma determinada área de interesse a partir do reconhecimento de padrões homogêneos presentes na imagem (MOURA

et al., 2013). Devido a padrões espectrais muito semelhantes na área de estudo, como por exemplo, os leques aluviais e o embasamento alterado, esta técnica não pôde ser utilizada. Desta forma, a classificação visual, realizada através da observação da vegetação, dos padrões de relevo e de drenagens foi de suma importância para a distinção dos elementos morfológicos da área.

Figura 8: Mapa geológico da região costeira do município de São Lourenço do Sul e um perfil topográfico A – A’.



Fonte: Autor.

Figura 9: Unidades litoestratigráficas da área de estudo, com idades baseadas nos trabalhos de BABINSKI et al., 1997; Philipp et al., 2001; Ramos & Koester, 2013; Cordani, 1974; Teixeira, 1982; para o embasamento e Tomazelli et al., 2000, para depósitos da planície costeira.

Era	Período	Época	Grupo	Idades	AMBIENTES			DOMÍNIO LITO-ESTRATIGRÁFICO		
					Continentais		Transicionais Costeiros			
					Encostas		Lagunares			
					Eluviais e Coluviais	Planícies Lagunares	Praia e Cristas de Praias			
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	Holoceno	Patos	0,01 Ma	Depósitos de Leques Aluviais	Depósitos da Planície Lagunar	Planície de Inundação	Praia e Cristas de Praias	Cordões Litorâneos	BACIA PELOTAS
		Pleistoceno		1,75 Ma						
	NEOGENO	Plioceno		5,3 Ma						
INCONFORMIDADE										
NEOPROTEROZÓICO				542 Ma	Suíte Granítica Dom Feliciano					EMBASAMENTO CRISTALINO
				1000 Ma	Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado					

Fonte: Autor.

A seguir serão descritas as unidades geológicas classificadas neste mapeamento.

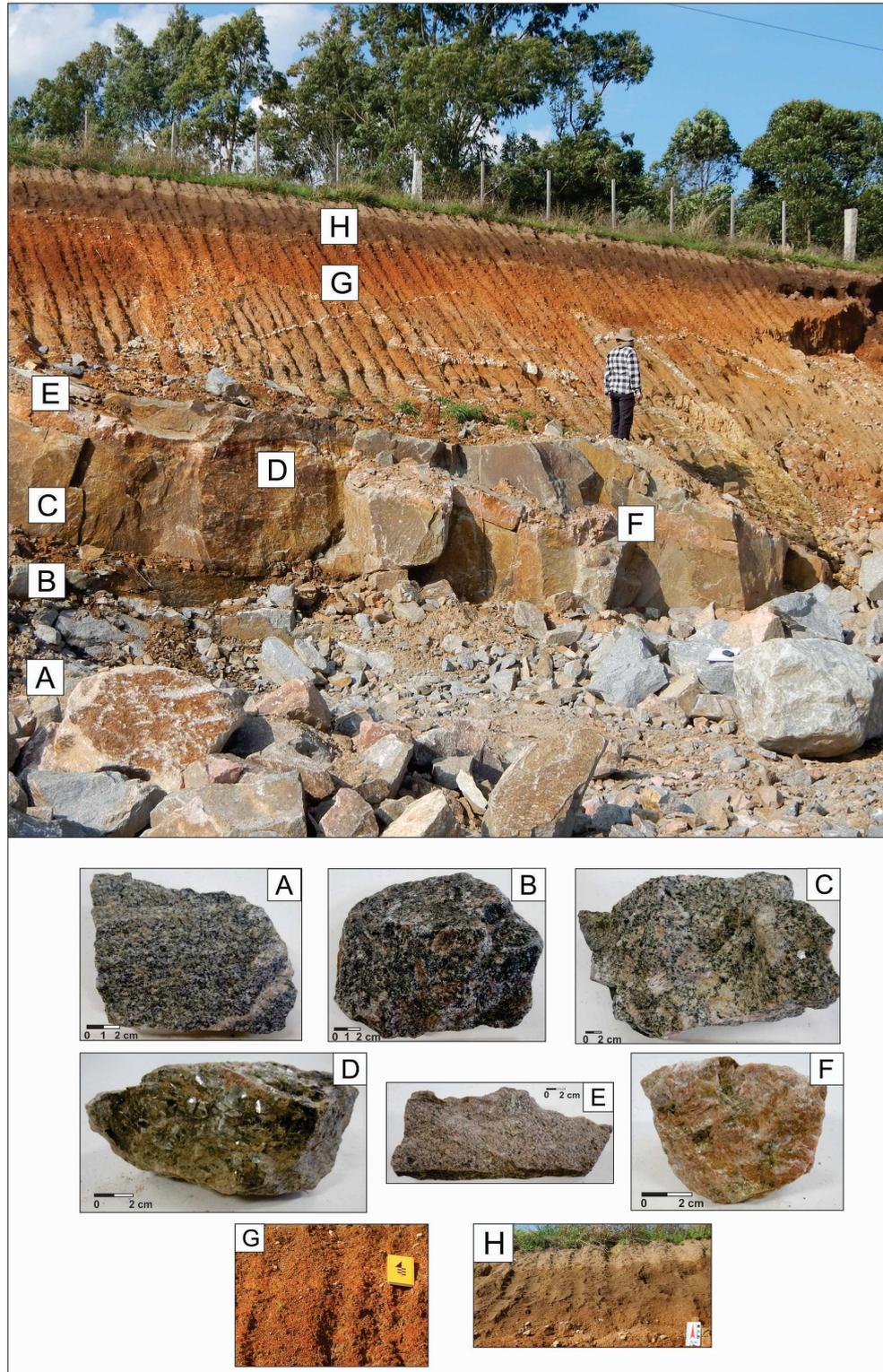
6.2 Embasamento

O embasamento cristalino compreende cerca de 1/3 da área mapeada, localizada na parte Oeste-Noroeste do mapa (Figura 7). Compõe uma associação de rochas cristalinas de idades Neoproterozóicas, sendo a principal área fonte de sedimentos que alimenta o sistema de leques aluviais.

Em campo foram realizadas a descrição de cinco pontos pertencentes ao embasamento ao longo da BR-116, SLS-060 e a estrada da Camponesa, onde apenas o ponto 4 foi possível coleta de amostras para descrição em laboratório. Os demais pontos (5, 8, 12 e 13) apresentavam rochas muito alteradas, podendo reconhecer que pertenciam ao embasamento pelo perfil de alteração e os argissolos.

O ponto 4 pertence a um corte de estrada localizado as margens da rodovia BR-116 próximo ao entroncamento com a SLS-060. O afloramento possui cerca de 6 m de altura com 70 m de comprimento, onde foi possível observar uma grande variedade de rochas (Figura 9).

Figura 10: Imagem esquemática do ponto 4, onde verifica-se uma foto do afloramento geral e fotos de detalhe evidenciando amostras de mão e uma aproximação do afloramento.



Fonte: Autor.

A base do afloramento (A), é constituído por 50% de minerais ferromagnesianos, 42% de plagioclásio, 5% de quartzo e 3% de K-feldspatos. As amostras possuem textura porfirítica com fenocristais de plagioclásio de aproximadamente 1,3 cm e matriz média com cristais de 3 mm e coloração melanocrática. A rocha foi classificada como um Tonalito.

Acima do Tonalito, em (B), como pode-se observar na figura 9, a rocha possui cerca de 40% de minerais ferromagnesianos, 37% de plagioclásio, 13% de quartzo e 10% K-feldspatos. A amostra possui textura porfirítica com fenocristais de k-feldspatos com cerca de 2 cm e a matriz média de 4-9 mm e coloração melanocrática, sendo classificada como um Granodiorito.

Em C, a rocha possui cerca de 30% de minerais ferromagnesianos, 30% de plagioclásio, 22% de quartzo e 18% de feldspato alcalino. A amostra possui textura porfirítica com fenocristais de K-feldspatos de até 4 cm e matriz média com cristais de 4-6 mm e coloração melanocrática, sendo classificada como uma Granito.

Na porção central do afloramento, observa-se rochas mais alteradas com coloração cinza - avermelhada, contendo micas com mais de 2 cm (Figura 9 – D). Devido a alteração não foi possível em amostras de mão quantificar os minerais que compõe a rocha, mas verifica-se a presença de fenocristais de K-feldspato. A descrição macroscópica feita em campo apresenta-se muito parecida com a descrição feita pela CPRM, para o Monzogranito Cerro Grande, da Suíte Dom Feliciano.

Em E, o afloramento grada para uma composição com cerca de 43% de K-feldspato, 22% de plagioclásio, 20% de ferromagnesianos e 15% de quartzo. A amostra possui textura equigranular matriz média de 2-3 mm e coloração melanocrática, sendo classificada como um Quartzo-Sienito.

Todo o afloramento é cortado por veios de pegmatitos composto essencialmente por fenocristais de K-feldspatos e micas, podendo ser observado na figura 9 – F.

As últimas camadas do afloramento são compostas pelos horizontes C, apresentando uma grande quantidade de clastos. Sobreposta a esta, encontra-se a camada do horizonte B2 com fragmentos de rocha, porém com uma textura mais argilosa. Acima podemos encontrar o horizonte A, de coloração avermelhada, apresentando um aspecto homogêneo como podemos observar na figura 9 - G e, por último, o horizonte O composto por uma grande quantidade de matéria orgânica, podendo ser observado na figura 9 - H.

Ao observar o afloramento e classificar as amostras segundo o diagrama de Streckeisen (1967) e comparar com a bibliografia, podemos concluir que a base pertence ao Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado, onde Philipp (1998) classificou como sendo composta

dominantemente por granodioritos, com monzogranitos, tonalitos, dioritos, quartzo-dioritos subordinados. Conforme o autor, os granitoides são em geral de cor cinza, compostos por plagioclásio, K-feldspato e quartzo, além de zircão, alanita, esfeno, apatita e opacos como acessórios, e são encontrados na forma de xenólitos no interior dos granitoides.

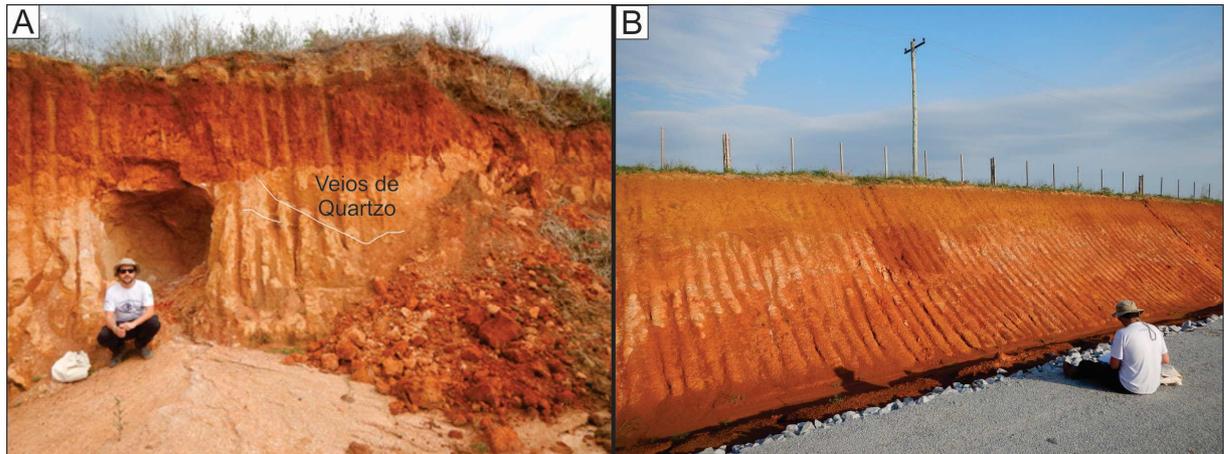
Somando-se a essa descrição, o mapeamento realizado pela CPRM, para o Mapa Geológico do Rio Grande do Sul, 2006, define a região mapeada neste trabalho como pertencendo, em sua maioria, a Suíte Granítica Dom Feliciano, mais precisamente ao Monzogranito Cerro Grande. Essa fácies foi classificada como sendo composta por monzogranitos de coloração cinza-claro a cinza, apresentando coloração avermelhada quando alterada, com textura porfirítica composta por biotita e fenocristais de K-feldspato (ortoclásio) em matriz inequigranular média a grossa; englobando enclaves mesocráticos. Localmente, o Monzogranito apresenta xenólitos com limites difusos, mesocráticos, de Granodioritos e Tonalitos de grão médio a fino. Logo essa descrição assemelha-se ao que foi encontrado no centro do afloramento, principalmente na figura 9 - D.

Conclui-se que o afloramento trata-se de um Monzogranito pertencente a Suíte Granítica Dom Feliciano com xenólito do Complexo Granito-Gnássico Pinheiro Machado.

Os pontos 5 e 13, correspondem ao embasamento cristalino, localizando-se as margens da SLS 060 e na estrada da Camponesa, respectivamente, em um pequeno corte de estrada. Nestes afloramentos não foi possível realizar uma descrição detalhada, pois os mesmos encontram-se muito alterados, sem amostras representativas para descrição.

No ponto 8 e 12, localizados as margens da BR-116, apresentam-se bem semelhantes, onde o embasamento encontra-se bastante alterado, não sendo possível observar exposições de rochas sã para uma boa descrição, porém destaca-se o perfil de alteração do granito e pequenos veios de quartzo associado (figura 10).

Figura 11: Neossolo Litológico + Argissolo Vermelho – Amarelo. A) representação do afloramento 8, com destaque a um pequeno depósito de talus e veios de quartzo e; B) Foto do afloramento do ponto 12.



Fonte: Autor.

Nos lajedos localizados na margens da Lagoa dos Patos, próximo a foz do rio São Loureço, afloram rochas pertencentes ao Gnaisses São Lourenço (Figura 11). Correspondem a septos Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado (PHILIPP, 1998). Composto por uma associação de Ortognaisses Tonalíticos a Granodioríticos com bandamento de injeção e complexamente deformados. A mineralogia principal dessas rochas é definida por uma grande quantidade de plagioclásio, de coloração branco, com cerca de 0,5 a 2,5 mm, além de quartzo com textura granoblástica e biotitas

Figura 12: Lagedo composto por rochas do Gnaisses São Lourenço aflorantes nas margens da lagoa dos patos na cidade de São Lourenço do Sul.



Fonte: Autor.

A geomorfologia do embasamento é representada na forma de topos convexos, constituindo colinas onduladas com encostas suaves. Apresentam uma altitude variando de 50 a 200 m., com padrão de drenagem tributário.

6.3 Depósitos de Leques Aluviais

Os depósitos de leques aluviais iniciou-se no Paleogeno, estando ativos até hoje e apresentam variações em resposta as mudanças climáticas ao longo do tempo.

Na região de São Lourenço do Sul os leques aluviais estão localizados justaposto ao embasamento cristalino, sendo esta a única área fonte de sedimentos que alimentam esse sistema. Próximos ao embasamento encontram-se os leques proximais resultantes de processos gravitacionais associados a encostas altas, gradando para leques distais, com transporte em meio aquoso em direção as depósitos da planície lagunar. São compostos por um conjunto de fácies sedimentares onde os grãos são mal selecionados, variando de argilas a grânulos, podendo conter seixos, blocos e matacões. A região costeira do município de São Lourenço do Sul, possui esse sistema bem desenvolvido em virtude da proximidade do embasamento a linha de costa lagunar atual. Essa particularidade é observada em um dos poucos locais na margem oeste da Lagoa dos Patos.

No mapeamento de campo foi possível reconhecer dois pontos pertencentes ao sistema de leques aluviais. O primeiro, localizado em um corte de estrada as margens da BR-116 (Figura 12), é composto por grânulos e seixos, variando de 2 mm até 3 cm, emersos numa matriz arenosa-siltosa. Os grânulos e seixos são compostos principalmente por minerais de quartzo e K-feldspatos subarredondados a angulosos, apresentando localmente, estruturas plano-paralela. O afloramento foi classificado como um pertencente a uma sistema de leque aluvial distal.

Figura 13: Foto do afloramento e imagem de detalhe do ponto 1, pertencentes ao Sistema de Leques Aluviais.

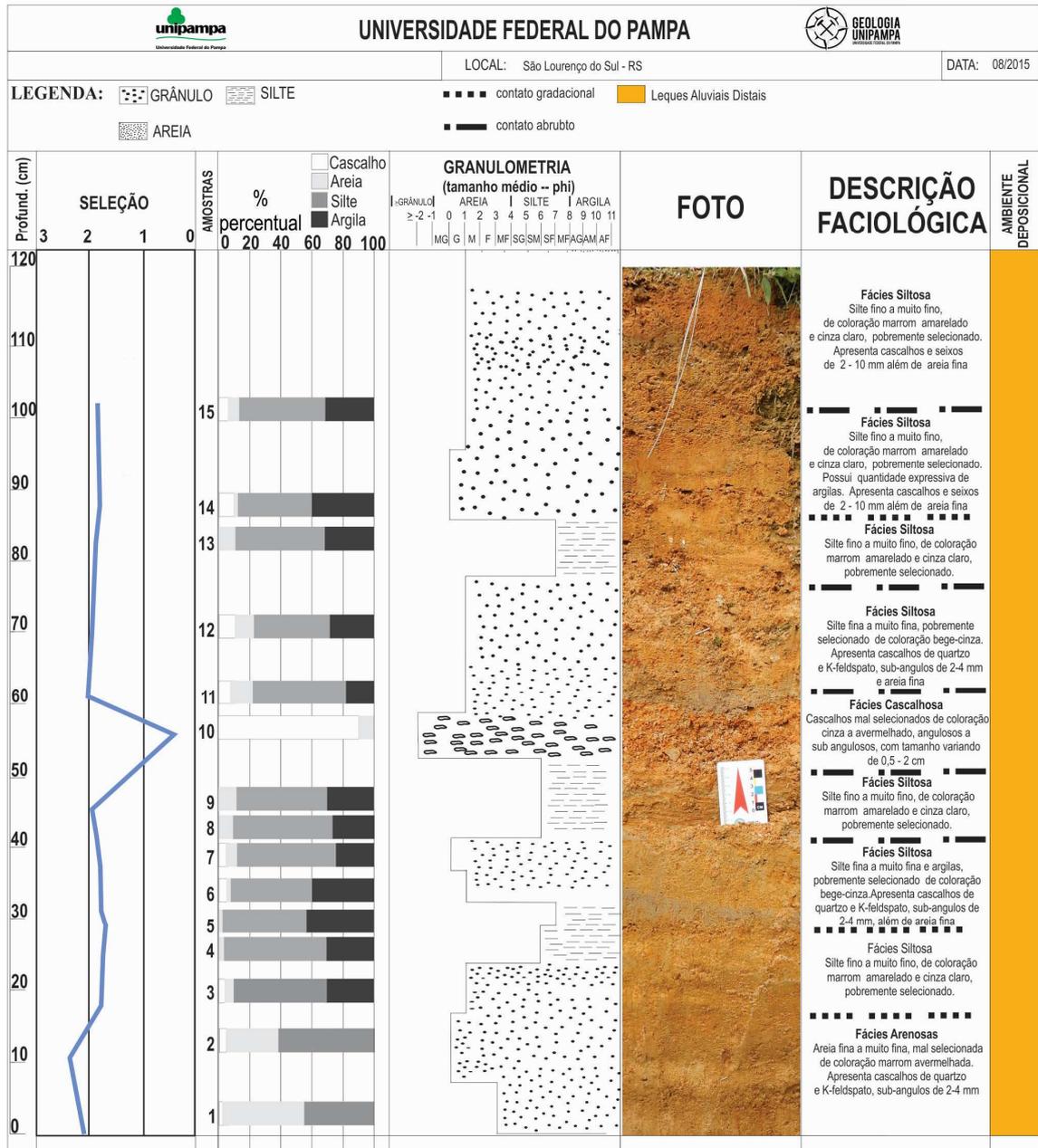


Fonte: Autor

O segundo ponto pertencente ao sistema de leques aluviais (ponto 6), encontra-se em uma valeta as margens da SLS – 060, com aproximadamente 12 metros de comprimento e 1,20 m de altura. O afloramento é caracterizado por uma intercalação de silte/argila e areia na base, gradando para uma intercalação de silte e argila com grânulos dispersos no topo. Na parte central é possível observar uma camada de grânulos e seixos angulosos a sub-angulosos, variando de 1 – 5 cm de cristais de quartzo, feldspatos e fragmentos de rochas de composição granítica.

Neste afloramento foram coletadas 15 amostras de sedimentos para caracterização granulométrica. Na figura 13 são apresentados o gráfico de seleção de grãos, o número das amostras, o percentual granulométrico, um perfil baseado no tamanho médio em phi, a foto em escala do afloramento, a descrição faciológica e a coluna do ambiente deposicional.

Figura 14: Descrição faciológica do ponto 6, apresentando o grau de seleção dos grãos, percentual granulométrico e a foto.



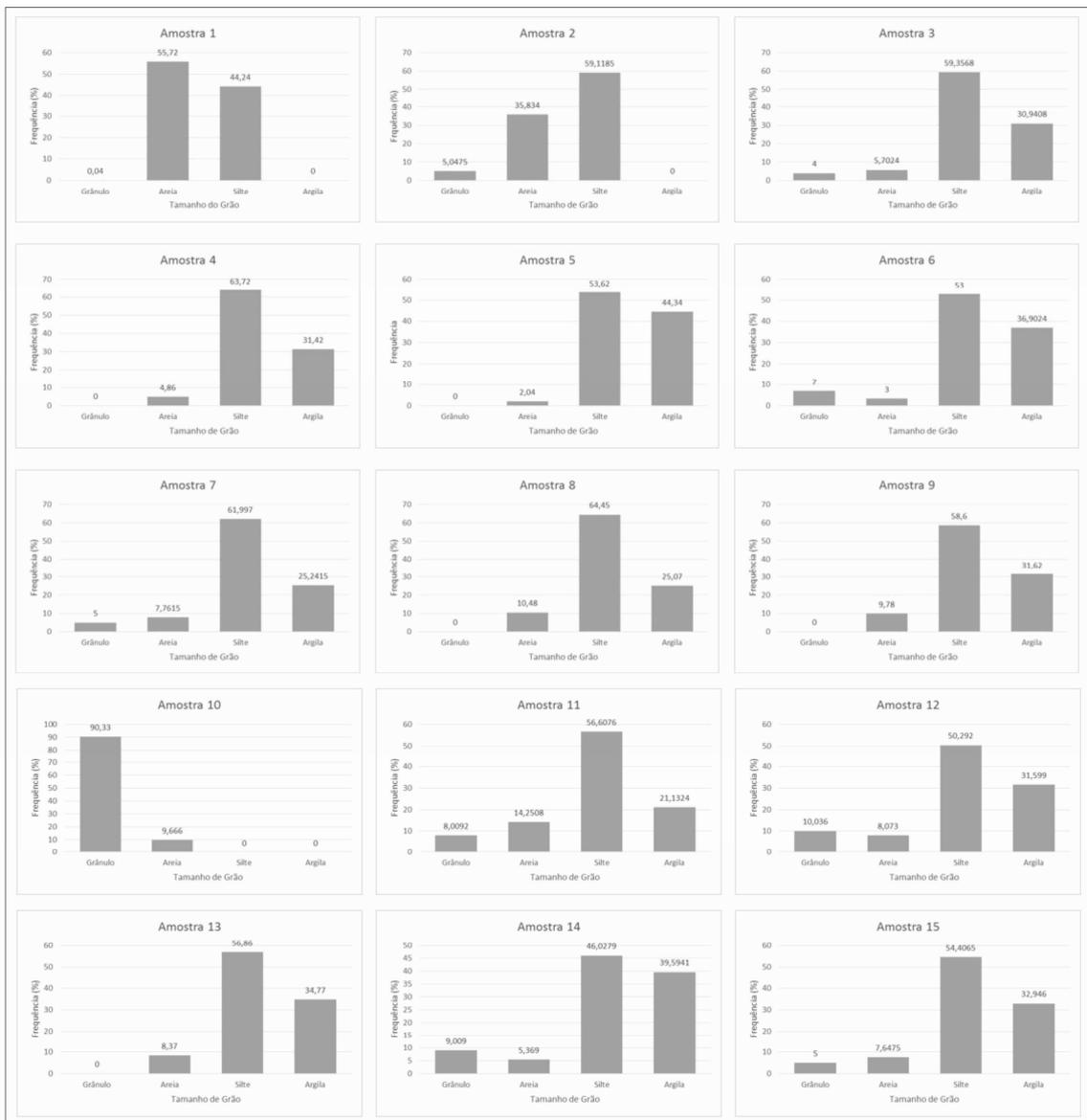
Fonte: Autor.

O gráfico de seleção dos grãos, foi calculado através do desvio padrão das amostras, onde podemos concluir que, em geral, o afloramento é composto por grãos pobremente selecionados a muito pobremente selecionados, com exceção da amostra 10, onde essa mostrou um padrão de seleção muito próximo a 0. Essa informação é errônea, devido ao método de peneiramento, cuja a maior malha das peneiras é de 2mm, onde está concentrado mais de 90%

do peso inicial da amostra analisada. Porém, é notório visualmente que amostra 10 também possui uma seleção muito baixa, com o tamanho de grão variando 2 – 50 mm.

A coluna do percentual granulométrico foi construído através da média do tamanho em phi. Essa não expressa a granulometria predominante da camada, pois sofre a influência de valores extremos como quantidades de argilas muito pequenas e de tamanho de grãos muito grosseiros. Na figura 14 apresenta as frequências de cada amostra onde é possível observar a frequências do tamanho de grão predominante.

Figura 15: Gráficos de frequência referentes as amostras coletadas no afloramento do ponto 6.



Fonte: Autor.

A descrição faciológica foi realizada através dos dados de campo junto com as análises granulométrica. A associação de fácies encontradas é características de um sistema de leques aluviais distais.

Os leques encontram-se na encosta do embasamento, onde os sedimentos provenientes das áreas altas, se espalham num caráter radial devido ao desconfinamento do fluxo. Possuem forma de leque aberto gerado por um padrão de canais distributário, com grande mobilidade lateral. O gradiente topográfico decresce da cabeceira para a base.

Na região do município São Lourenço do Sul, os leques não possuem um desenvolvimento muito ativo atualmente, devido ao clima temperado úmido com verão quente. Em consequência das condições climáticas atuais e da vegetação o embasamento se altera e forma perfis de solo, ao invés de se fragmentar e serem transportados.

6.4 Depósitos da Planície Lagunar

O município de São Lourenço do Sul preserva extensos depósitos referente a planície lagunar. Compreende a parte central da área mapeada, onde sobre esse sistema situa-se a área urbana do de São Lourenço do Sul e desenvolveram-se grande parte da agricultura e pecuária, principais atividades econômica do município.

Esse sistema instalou-se em regiões de baixa topografia ao longo do quaternário como resposta a variações glacioeustática promovidas por ciclos transgressivos e regressivos.

Durante o mapeamento de campo foram realizados 4 pontos (2, 10, 11 e 14) ao longo do sistema lagunar, onde os mesmos foram caracterizados:

O primeiro ponto referente a esse sistema (ponto 2), localiza-se na fazenda Estância Santa-Fé, onde o acesso é feito pela estrada da Camponesa. O afloramento encontra-se em uma valeta para o escoamento de água (Figura 15) onde está exposto um perfil de aproximadamente 120 cm. Neste ponto foram coletadas amostras para análise granulométrica.

Figura 16: Imagem do afloramento referente ao ponto 2, planície lagunar.

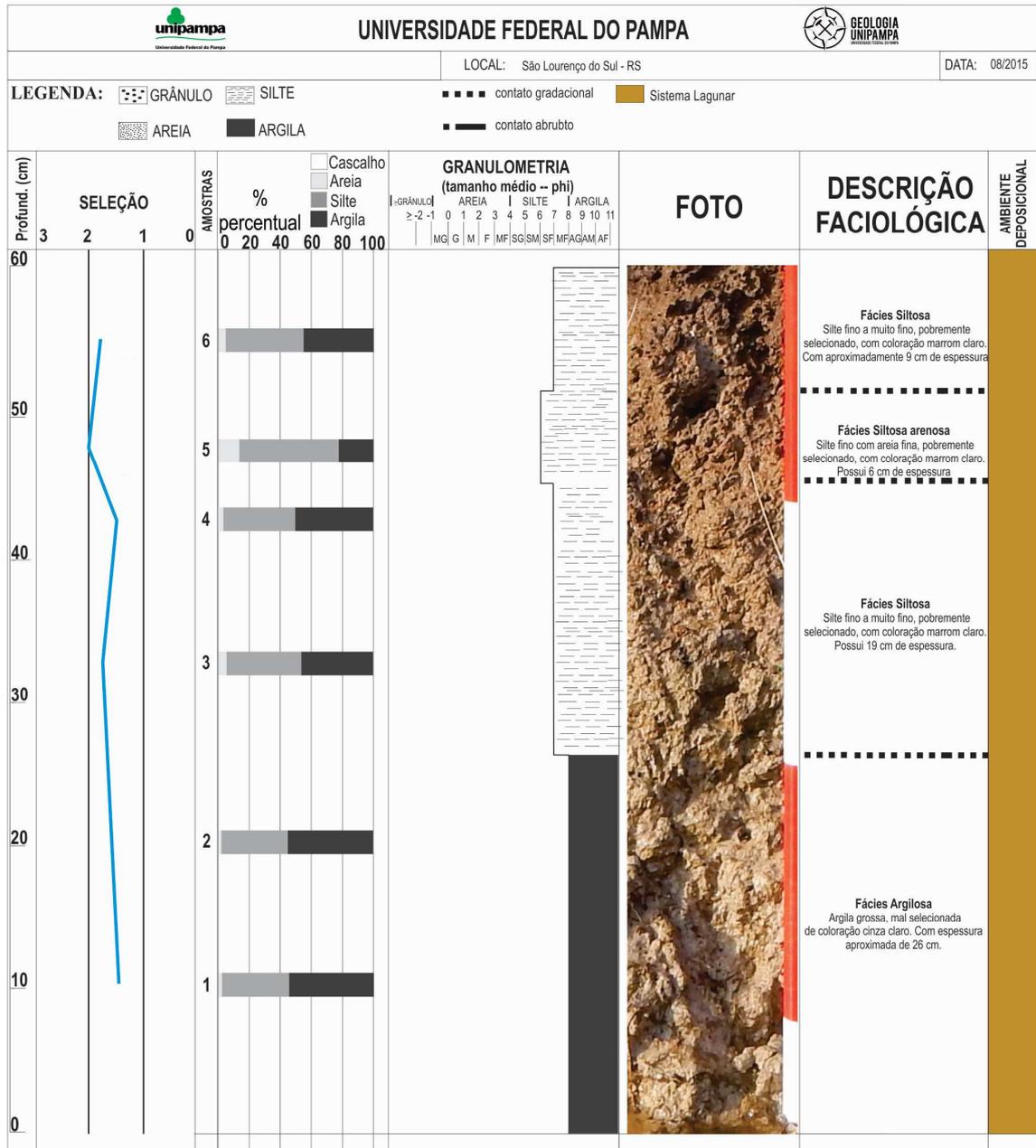


Fonte: Autor.

O perfil de 120 cm, é caracterizado na base com aproximadamente 60 cm de depósitos referentes a planície lagunar e no topo, por mais 60 cm de solo caracterizado como planossolo hidromórfico + neossolo flúvico.

O sedimentos da planície lagunar são compostos principalmente por argila grossa a silte fino pobremente selecionados. Foram agrupados em três fácies sedimentares distintas, onde os primeiros 26 cm é referente a fácies argilosa, composta por argila grossa mal selecionada. Os outros 34 cm é constituído por 2 fácies sedimentares, as facies siltosa e a fácies siltosa arenosa. A primeira apresenta silte fino a muito fino pobremente selecionado, com coloração marrom claro e a segunda composta por silte fino com areia fina, pobremente selecionada, com coloração marrom claro. (Figura 16).

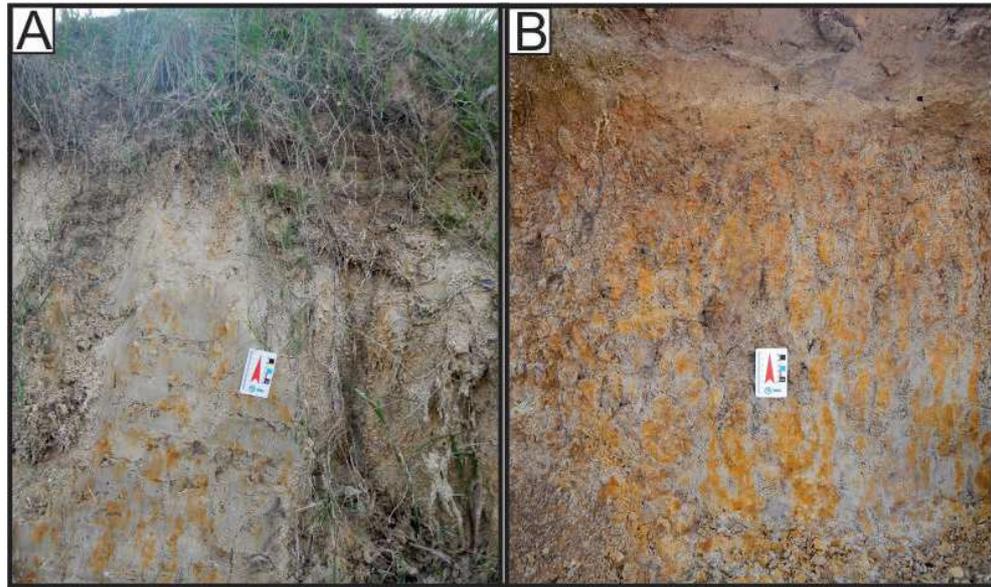
Figura 17: Descrição faciológica do ponto 2, apresentando o gráfico de seleção dos grãos, porcentagem granulométrica, coluna do tamanho médio de grãos e foto do afloramento.



Fonte: autor.

Os pontos 10 e 11 estão localizados nas margens da SLS-060, em valetas na beira de estrada (Figura 17). Possuem aproximadamente 1 m de altura com coloração cinza claro, apresentando grande quantidade de concreções ferruginosas.

Figura 18: Imagem do afloramento 10 e 11 (A e B, respectivamente) onde é possível observar as congregações ferruginosas.



Fonte: Autor.

O ponto 10 tem sua composição média por argilas grossas, pobremente selecionadas. Já o ponto 11 é composto por silte muito fino também pobremente selecionado (Tabela 3). Em ambos os pontos os depósitos lagunares são recobertos por um horizonte de planossolo hidromórfico + neossolo flúvico.

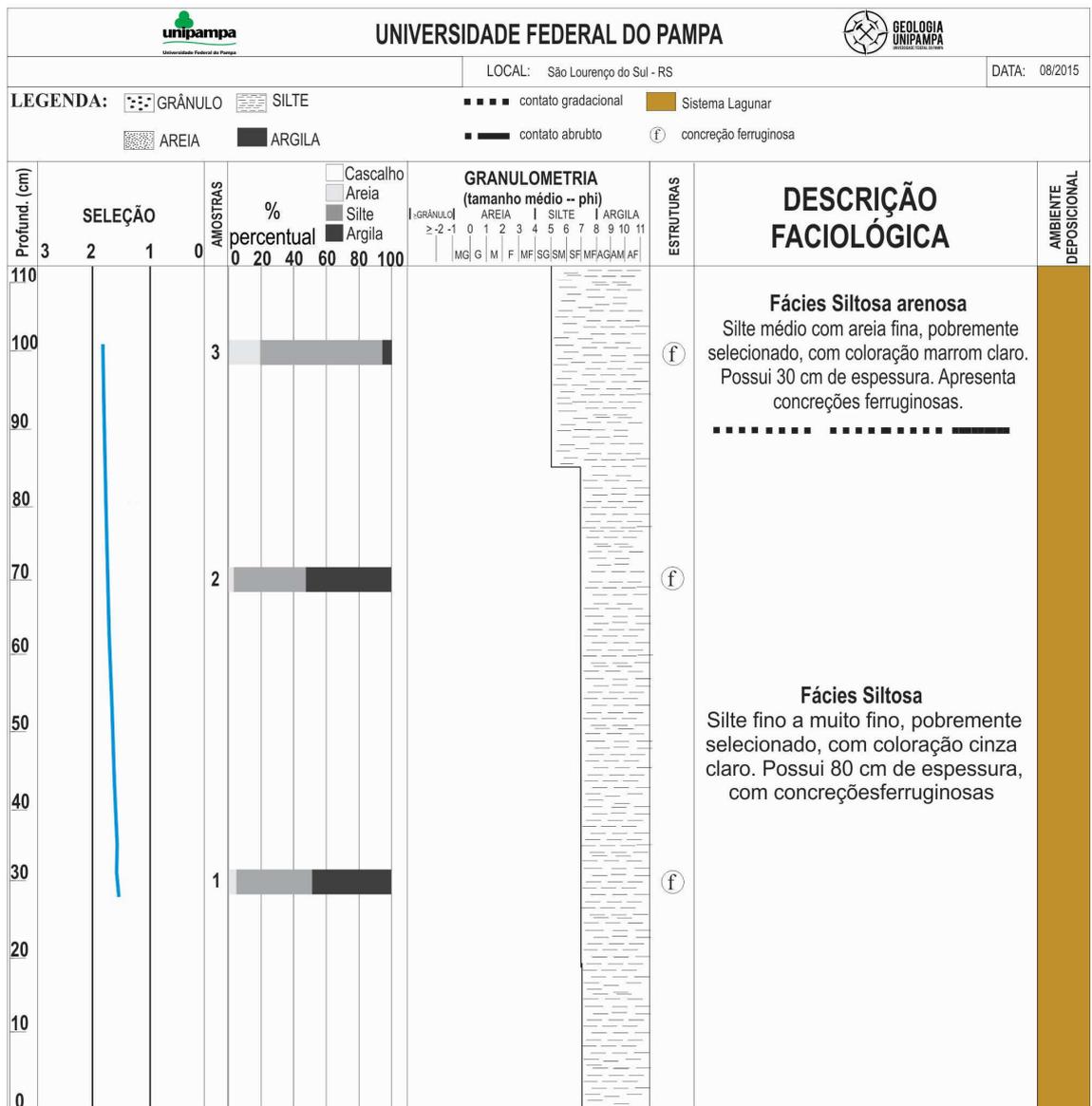
Tabela 3: Resultados das análises granulométricas dos pontos 10 e 11, onde está expresso o tamanho médio em phi, a seleção e as porcentagens das classes granulométricas.

Ponto	Média	Seleção	Grânulo (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
10	Argila Grossa	Pobremente Selecionado	0	2,14	43,69	54,17
11	Silte muito fino	Pobremente selecionado	0	2,85	53,46	43,69

Fonte: Autor.

O ponto 14 apresenta uma concentração maior de grãos na fração areia. Está localizado na estrada da camponesa em um corte de estrada com aproximadamente 150 cm, onde desses, 110 cm são compostos por sedimentos de depósitos lagunares e 40 cm de planossolo hidromórfico + neossolo flúvico. Neste afloramento foram coletadas três amostras da base para o topo, onde os resultados estão apresentados na figura 18.

Figura 19: Descrição faciológica do ponto 14, apresentando o gráfico de seleção dos grãos, porcentagem granulométrica, coluna do tamanho médio de grãos e estruturas.



Fonte: Autor.

Os sedimentos referente aos depósitos da planície lagunar no ponto 14 são pobremente selecionado e foram classificados em duas fácies, a primeira composta por siltite fino a muito fino de coloração cinza claro. A segunda fácies apresenta tamanho de grão na fração siltite grosso com areia fina de coloração marrom claro, ambas as fácies apresentam concreções ferruginosas.

O aumento da granulometria para o topo no ponto 4 pode ser ocasionado pela proximidade do embasamento, onde este pode ter fornecido sedimentos com uma granulometria mais grosseira, porém se faz necessário estudos mais aprofundados.

Ao comparar as características encontradas em campo do sistema deposicional lagunar com a bibliografia, podemos encontrar semelhanças com o depósito lagunar III. Villwock e

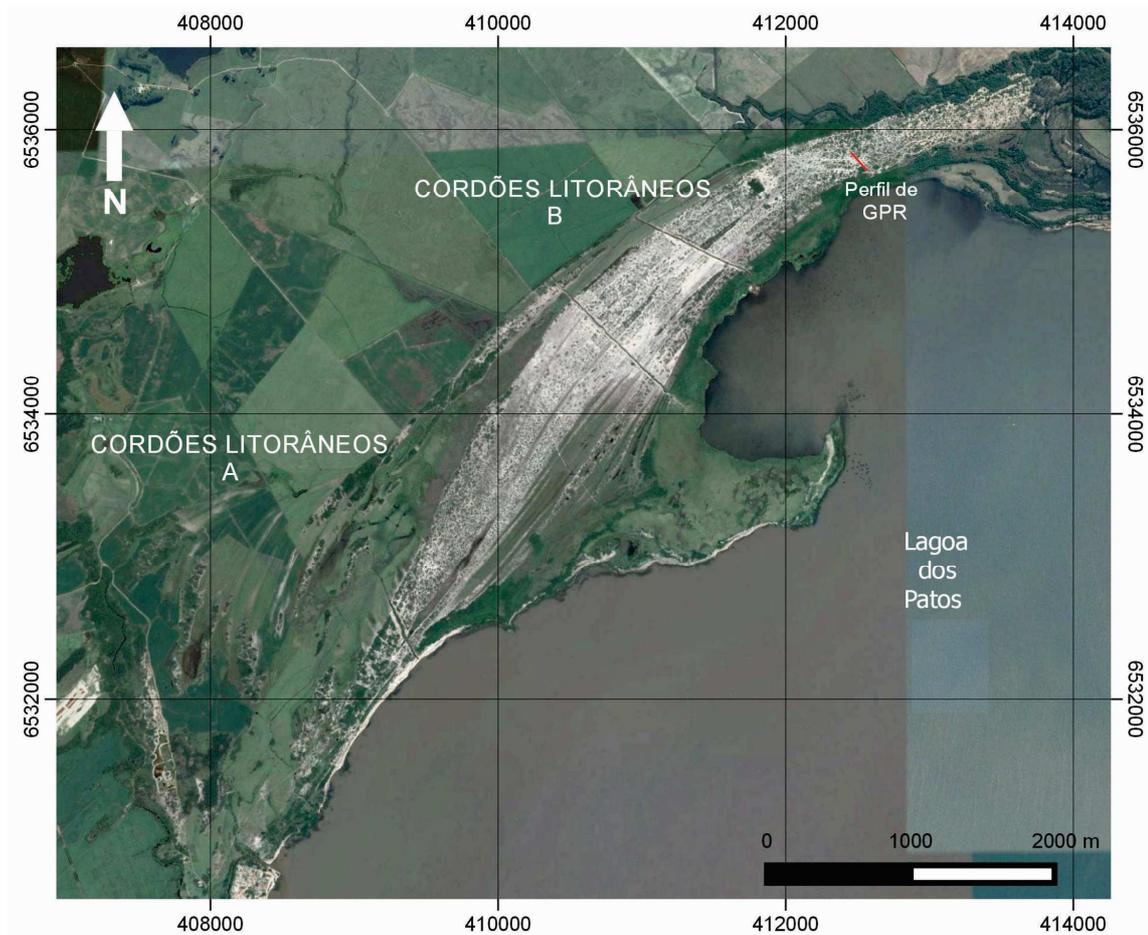
Tomazelli (2006) classificaram esse depósito como sendo composto por areias finas, siltico-argilosas, mal selecionadas, de coloração creme, com estruturas plano-paralela e, frequentemente, apresentam concreções carbonáticas e ferruginosas. Em campo não encontramos indícios de estruturas plano-paralelas ou concreções carbonáticas, porém as demais características são bem semelhantes aquelas encontradas em campo e as diferem dos sistemas lagunares I, II e IV.

A geomorfologia do sistema lagunar é caracterizada por áreas planas e com baixa energia de relevo (<50 m de altitude). Devido ao relevo plano e a composição do sistema, em linhas gerais siltica-argilosa, essa área apresenta pouca permeabilidade estando sujeitas em alguns locais a inundações.

6.5 Cordões Litorâneos

Os cordões litorâneos estão localizados a N-NE do área urbana do município de São Lourenço do Sul, separado da Lagoa dos Patos por uma planície de inundação e justaposto aos depósitos da planície lagunar (Figura 19). Compõe, dois conjuntos distintos sendo: o primeiro (A) apresenta-se levemente curvado em relação a atual linha de costa lagunar com orientação preferencial N33°E com comprimento entre 1,2 e 1,5 km e com aproximadamente 30,7 m de largura nas cristas e 28,4 nas cavas, encontrando-se parcialmente vegetado; o segundo (B) conjunto de cordões litorâneos limita-se com o primeiro conjunto a SW, com os depósitos da planície lagunar a NE e com a planície de inundação lagunar a E, apresentando pouca cobertura vegetal. Apresenta forma mais retilínea em direção à linha de costa lagunar possuindo comprimentos de até 6 km, a orientação preferencial é de N42°E com larguras médias de 30,2 m nas cristas e 33,25 m nas cavas. São feições típicas de ambientes progradantes formados a partir da disponibilidade de sedimentos (controlada pelo aporte fluvial) e/ou pelo rebaixamento do nível relativo do mar.

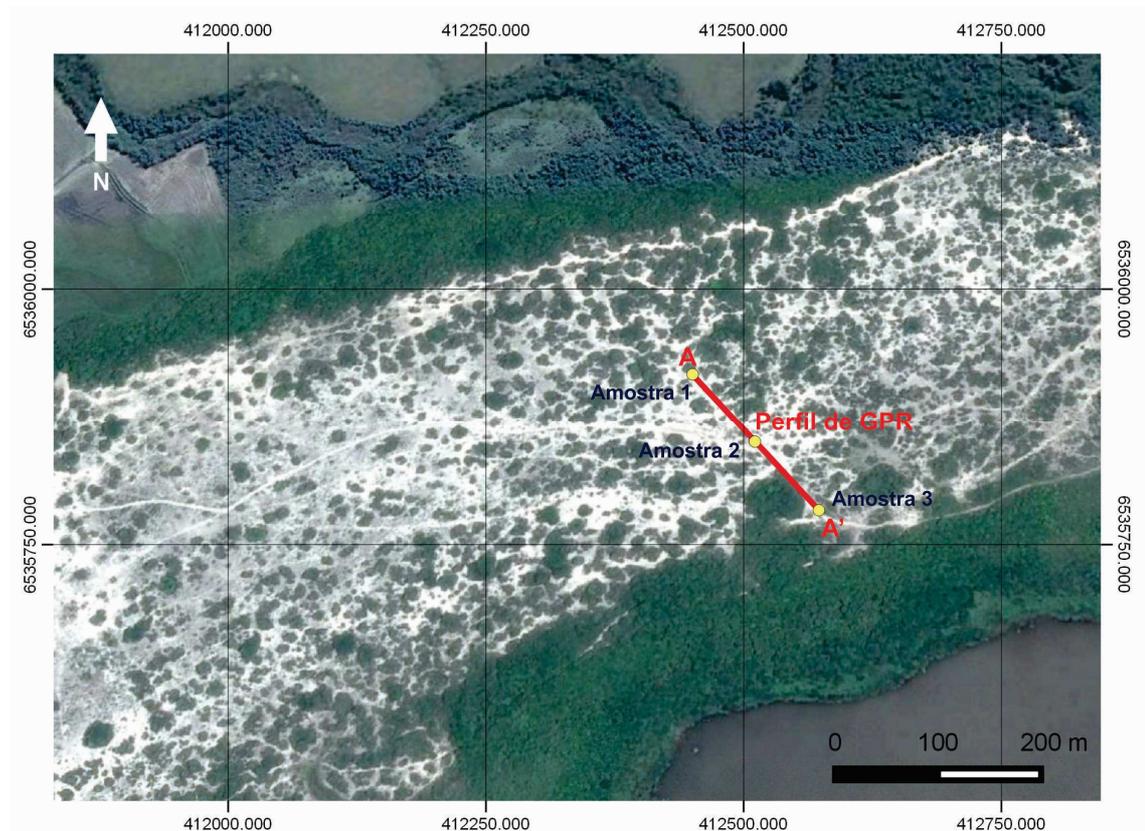
Figura 20: Imagem de detalhe dos dois conjuntos de cordões litorâneos e a localização do perfil de GPR.



Fonte da Imagem: Google Earth®.

Para melhor caracterização dos cordões litorâneos foram realizados um perfil de GPR para interpretação da sua geometria deposicional e coletadas três amostras de sedimentos ao longo do perfil (Figura 20).

Figura 21: Imagem de destaque para a área onde foi realizado o perfil A-A' de GPR e a coleta de amostras.



Fonte da Imagem: Google Earth®.

Os sedimentos que compõem a superfície dos cordões litorâneos são, em geral, compostas por areia grossa, bem selecionada, arredondadas, de grãos de quartzo em sua maioria, e localmente, feldspato e micas (tabela 4). A frequência predominante corresponde à areia grossa, podendo conter quantidades muito pouco expressivas de areia muito grossa nas amostras 1 e 2 e de areia média na amostra 3.

Tabela 4: Resultados das análises granulométricas de sedimentos da superfície dos cordões litorâneos.

Amostra	Média	Seleção	Grânulo (%)	Areia (%)	Silte/argila (%)
1	Areia grossa	Bem selecionada	0	100	0
2	Areia grossa	Bem selecionada	0	100	0
3	Areia grossa	Bem selecionada	0	99,98	0,01936

Fonte: Autor.

Na porção setentrional dos cordões litorâneos B, foi realizado um perfil de GPR com 200 m de comprimento, atingindo 8 metros de profundidade na direção NW-SE (Figura 23). Foi possível o reconhecimento de 5 radarfácies distintas. Sendo elas da base para o topo:

A- Radarfácies pré- holocênica, com refletores descontínuos, por vezes apresentando baixo contraste, sendo comum a presença de hipérboles e por vezes paleocanais;

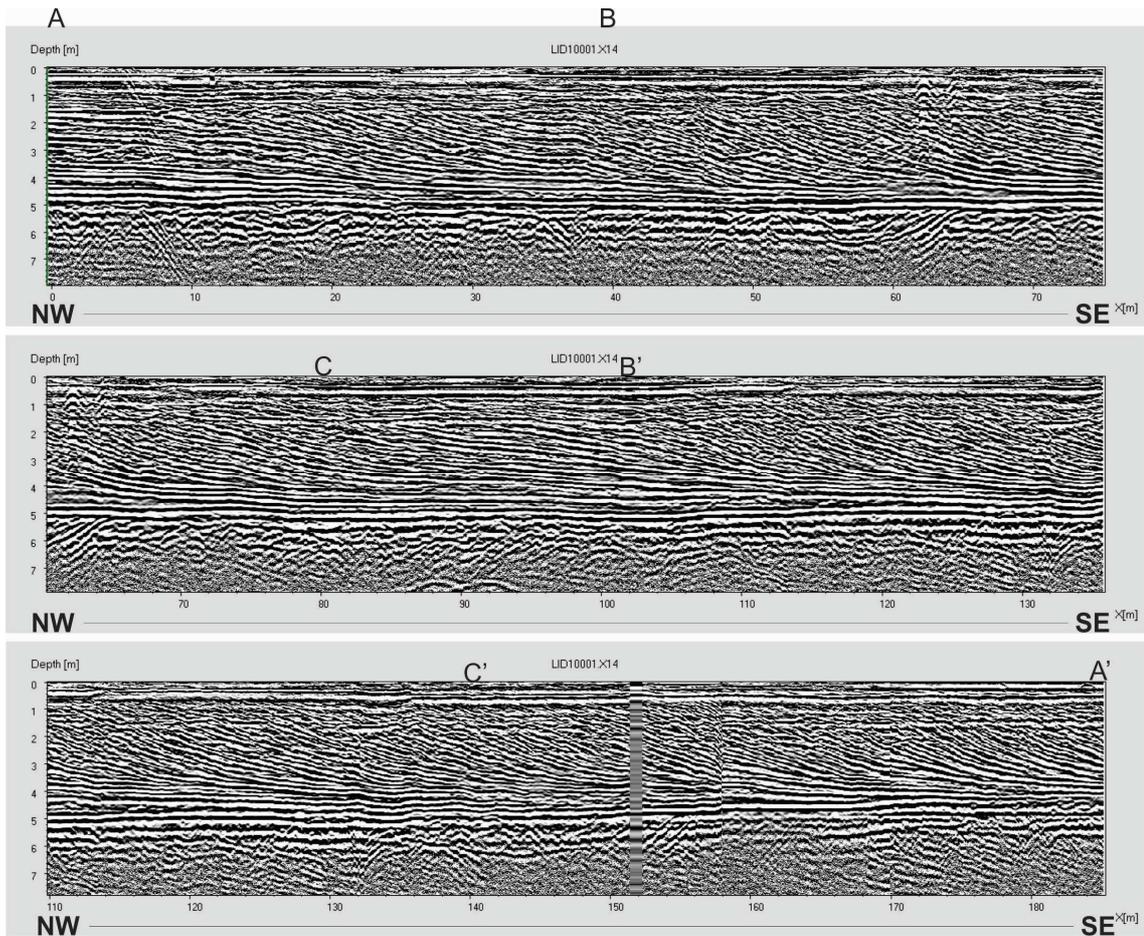
B – Radarfácies representando a antepraia inferior, caracterizada por refletores plano-paralelos, por vezes apresentando um baixo ângulo de mergulho com terminações em donwlap;

C- Radarfácies interpretada como antepraia superior, representada por uma série contínua de refletores com médio a alto ângulo de mergulho, sigmóides-oblíquos com terminações em downlap e offlap que migram no sentido da laguna;

D- Radarfácies contínuas e truncadas, com baixo ângulo de mergulho e variação nas amplitudes de reflexões, interpretadas como pertencentes a Praia – Estirâncio, e;

E- O topo da seção foi interpretada como parte do ambiente eólico, possuindo refletores descontínuos, paralelos a sub-paralelos, por vezes cruzados, possuindo inversão na direção.

Figura 22: Perfil A-A' da seção de GPR.



RADARFÁCIES	DESCRIÇÃO DE PADRÕES	INTERPRETAÇÃO
E	 Refletores, descontínuos, paralelos a sub-paralelos por vezes cruzados com inversões de direções.	EÓLICO
D	 Refletores contínuos e truncados com baixo ângulo de mergulho e variação nas amplitudes de reflexões.	PRAIA - ESTIRÂNCIO
C	 Série contínua de refletores com médio a alto ângulo de mergulho, sigmóides-obliquos com terminações em downlap e offlap que migram no sentido da laguna.	ANTEPRAIA SUPERIOR
B	 Refletores plano-paralelos, por vezes com baixo ângulo de mergulho com terminações em downlap.	ANTEPRAIA INFERIOR
A	 Refletores descontínuos por vezes com baixo contraste sendo comum a presença de hipérbolos.	PRÉ-HOLOCENO



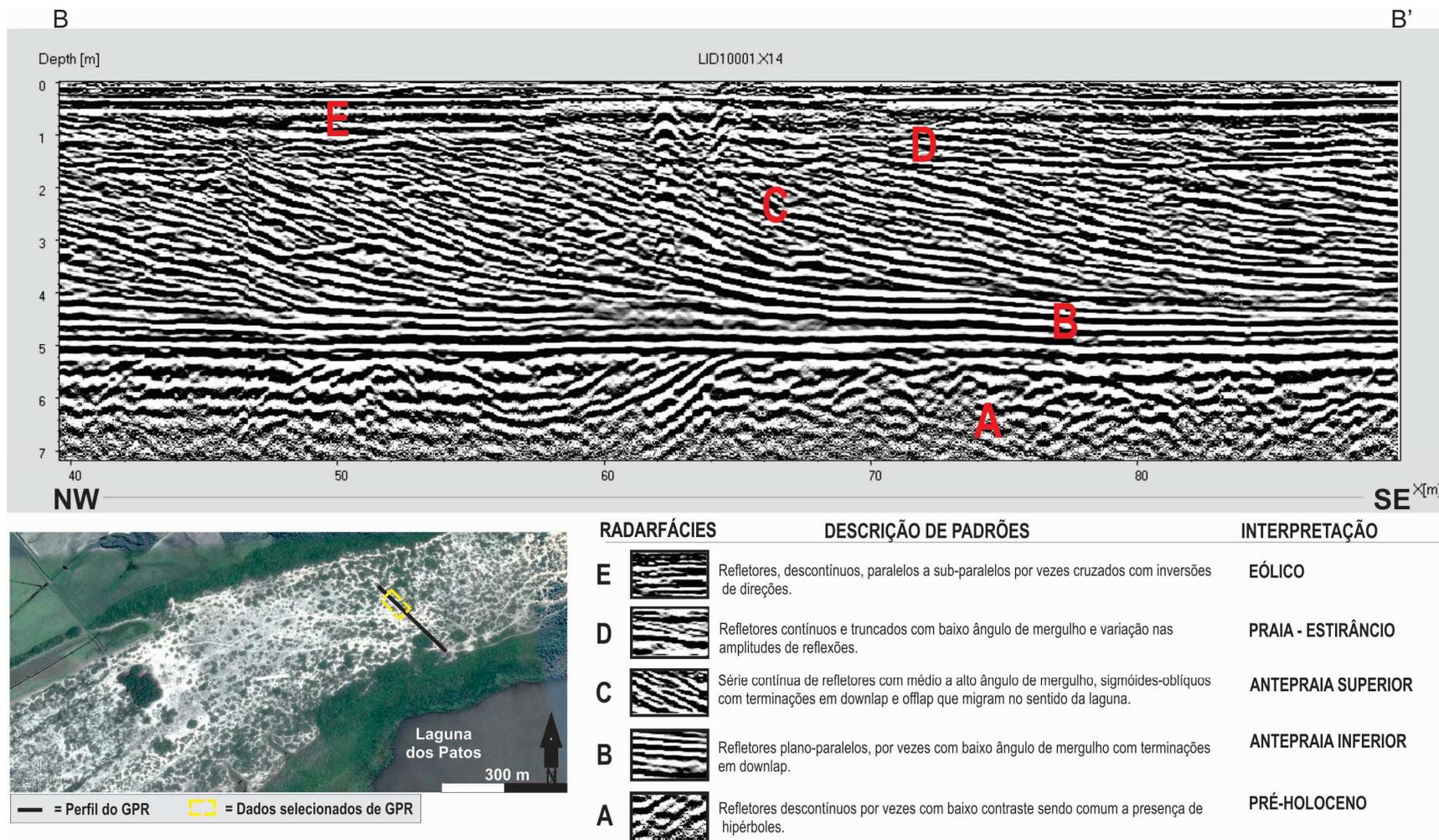
Fonte da Imagem do Perfil: Google Earth®.

Para melhor interpretação e identificação das radarfácies foi realizado dois recortes na seção A-A' e expressos em dois perfis o B-B' (Figura 24) e o C-C' (Figura 25).

O perfil B-B', expresso na figura abaixo, possui cerca de 7 metros de profundidade, sendo que o ultimo metro foi cortado pois não apresentava boa resolução. Representa o intervalo de 40 m a 90 m do perfil A-A'. Nele foi identificado as 5 radarfácies anteriormente descritas:

- Radarfácies A, possui cerca de 1,8 m de profundidade e vai dos 5,3 m até um pouco mais de 7 metros de profundidade;
- Radarfície B possui um pouco mais de 1 m e está compreendida nos intervalo de 5,2 – 4 m de profundidade;
- Radarfácies C possui maior representação nesse perfil, com cerca de 2 metros, compreendidos de 4 – 2 m de profundidade e nela observa-se os principais refletores progradacionais;
- Radarfácies D está compreendida no intervalo de 2 – 1 m de profundidade, apresentando 1 metro de espessura, e por último;
- Radarfácies E, localizada no topo da camada, possui menos de um metro, em virtude de que prováveis ondas aéreas preencheram o topo da secção.

Figura 23: Perfil B-B'

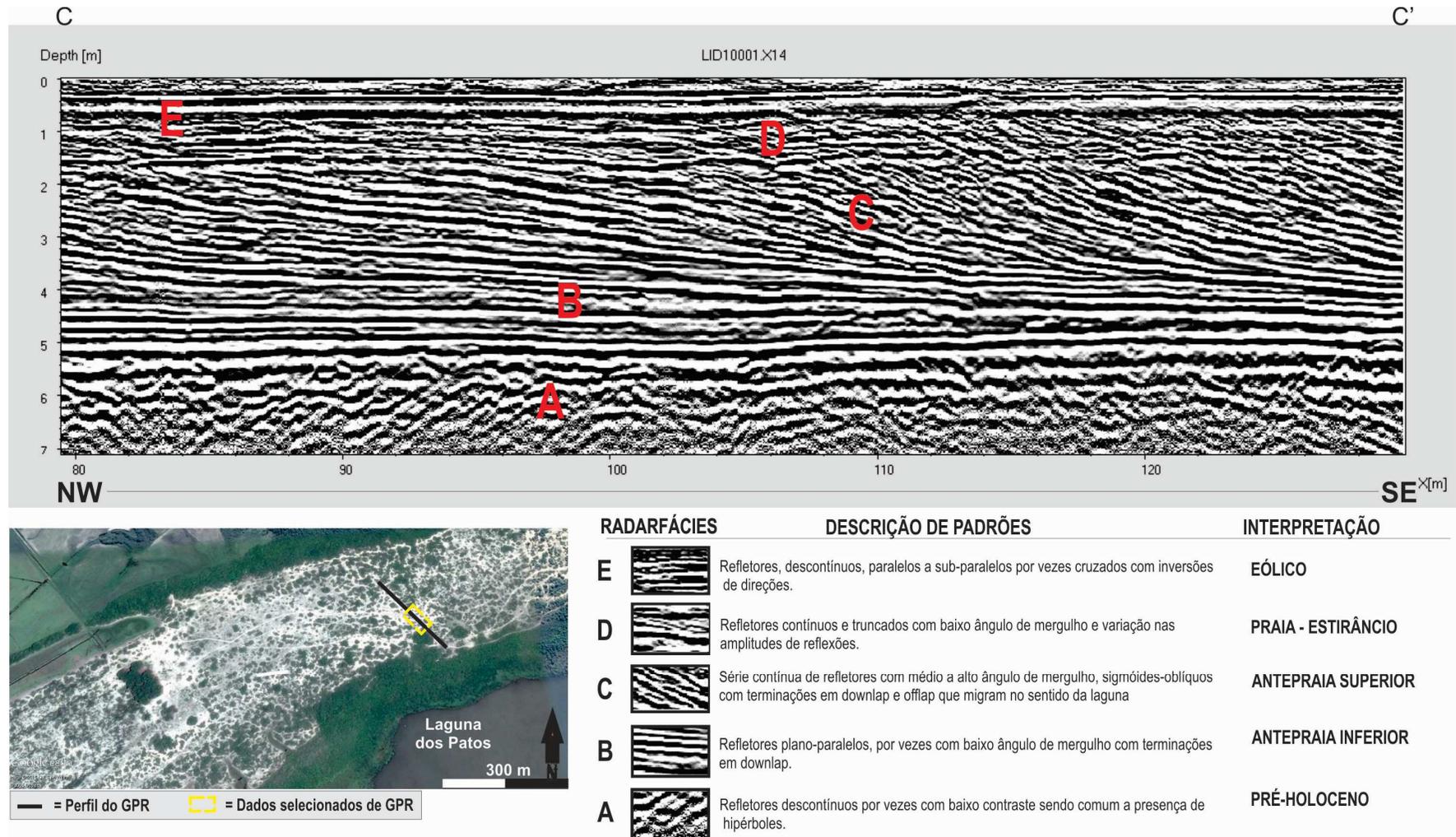


Fonte da Imagem do Perfil: Google Earth®.

O perfil C-C', expresso na figura abaixo, possui cerca de 7 metros de profundidade, sendo que o último metro foi cortado pois não apresentava boa resolução. Representa o intervalo de 80 m a 130 m do perfil A-A'. Nele foi identificadas as 5 radarfácies

- Radarfície A, possui cerca de 1,4 m de profundidade e vai dos 5,6 m até um pouco mais de 7 metros de profundidade;
- Radarfície B possui um cerca de 2 m e está compreendida nos intervalos de 5,6 – 3,6 m de profundidade;
- Radarfácies C possuía presente, com cerca de 2 metros, compreendidos de 3,6 – 1,6 m de profundidade e nela observa-se os principais refletores progradacionais;
- Radarfácies D está compreendida no intervalo de 1,6 – 1 m de profundidade, apresentando 0,6 m de espessura, e por último;
- Radarfície E, localizada no topo da camada, possui menos de um pouco menos de 1 m e está compreendida entre a radarfície D e as ondas aéreas.

Figura 24: Perfil B-B'



Fonte da Imagem do Perfil: Google Earth®.

Nessas seções interpretadas é possível observar os padrões progracionais dos cordões litorâneos, onde os refletores indicam a migração lateral dos ambientes em direção a linha de costa. No segmento representado pela radarfacies A, paleocanais preenchidos indicam que o ambiente foi exposto a superfície, ocasionando a formação desses paleocanais, posteriormente afogados, resultando no preenchimento dos mesmos. Sugere-se que a radarfacies A correspondem a depósitos lagunares pré-holocênicos, os mesmo descritos nos depósitos lagunares.

Os refletores acima da sequência E, onde são encontrados refletores com terminações em *downlaps* com baixo ângulo, *downlaps* de alto ângulo, *offlaps*, todos eles migrando em sentido da laguna. Interpreta-se essa sequência como sendo pertencente ao um sistema de nível alto. Não sendo possível identificar nesse perfil o sistema transgressivo.

7 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitiram caracterizar os depósitos sedimentares que se desenvolveram justaposto ao embasamento cristalino, representando parte central da PCRS.

Verificou-se que a aplicação de Sensoriamento Remoto foram de suma importância para indicar, caracterizar e limitar as feições geomorfológicas bem como seus depósitos associados.

A descrição e caracterização dos depósitos sedimentares através de diversas metodologias associadas a bibliografia, possibilitou classifica-las, contribuindo assim para o mapeamento da PCRS na porção central da margem oeste da Lagoa dos Patos.

A utilização do Georadar possibilitou o reconhecimento de padrões de reflexão, interpretados como:

- Pré-holocênicos na base representando uma situação de nível de mar mais baixo que o atual associado ao último máximo glacial
- E uma sucessão progracional de ambientes de margem lagunar representando uma situação de nível de mar mais alto que o atual, associado ao máximo eustático holocênico

O mapeamento geológico forneceu subsídios que poderão ser utilizados para o uso, ocupação e preservação de áreas do município de São Lourenço do Sul.

REFERÊNCIAS

- ABOARRAGE, A. M. & LOPES, R.DA C. *Projeto A Borda Leste da Bacia do Paraná: integração geológica e avaliação econômica*. Porto Alegre: DNPM/CPRM. 18 v. (Inédito).1986.
- AB'SABER, A.N. *Problemas no mapeamento geomorfológico no Brasil*. Geomorfologia. São Paulo, USP. 6:1-16.1969.
- AB'SÁBER, A. N. & GOMES, A. M. B. *Uma gruta de abrasão interiorizada nos arredores de Torres*. Geomorfologia, Universidade de São Paulo, 10:2-4.1969.
- ASMUS, H.E. & PORTO, R. *Classificação das bacias sedimentares brasileiras segundo a tectônica das placas*. Anais do XXVI Congr. Bras. Geol., 2: 67-90, Belém, PA.1972
- BABINSKI, M., CHEMALE JR., F., VAN SCHMUS, W.R., HARTAMANN, L.A. & SILVA, L.C. *U-PbandSm-Nd Geochronology of the Neoproterozoic Granitic-Gneissic Dom Feliciano Belt, Southern Brazil*. Journal of South American Earth Sciences, v. 10, n.3/4, p. 263-274.1997.
- BARBOZA, E.G. *Terraços da Margem Leste da Laguna dos Patos, Litoral Médio do Rio Grande do Sul: Estratigrafia e Evolução Holocênica*. Porto Alegre. 140p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.1999
- BARBOZA, E.G.; ROSA, M.L.C.C. & AYUP-ZOUAIN, R.N.. *Cronoestratigrafia da Bacia Pelotas: uma revisão de sequências deposicionais*. Gravel, CECO/IG/UFRGS, Porto Alegre, v.6, n.1, p.125-138. 2008.
- BARNES, R. S. K. *Coastal Lagoons*. Cambridge University Press, 106 pp. 1980.
- BIRD, E. C. F. *Coastal geomorphology: an introduction*. Second edition. p. cm. Editora John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, England, 404 pp. 2008.
- BITTENCOURT, A.C.S.P., MARTIN, L., VILAS BOAS, G.S. E FLEXOR, J.M. *Quaternary marine formations of the coast of the State of Bahia (Brazil)*. In: Suguioer al. (eds.), Proceedings, 1978 International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary”, São Paulo, p. 232-253. 1979
- CALLIARI, L. J. & KLEIN, A. H. F. *Características Morfodinâmicas e Sedimentológicas das Praias Oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS*. Pesquisas, 20(1):48-56.1993.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R.; FREITAS, U.; GARRIDO, J.Spring: *Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling*. Computers and Graphics, v. 15, n.6, p. 13-22.1996.
- CAMARGO, O.A. *Atlas Eólico: Rio Grande do Sul*. Secretaria de Energia Minas e Comunicações. Porto Alegre: SEMC. 70p. 2002.
- CAMERON, W.M.; PRITCHARD, D. W. *Estuaries*. In: M.N. Hill (ed.), The Sea. Wiley, New York, 306-324 pp.1963.
- CARON, F. *Principais métodos de investigação de sistemas deposicionais do tipo Laguna Barreira*. Monografia (qualificação).. - Porto Alegre : IGEO/UFRGS.2009.

- CARTER, R.W.G. *Coastal Environments*. Academic Press, London, 617 pp. .
- COOPER, J. A. G. *Lagoons and microtidal coasts*. In: R. W. G. Carter; C. D. Woodroffe (eds), *Coastal Evolution. Late Quaternary Shoreline Morphodynamics*. Cambridge University Press, Cambridge, 219–265 p. 1994.
- CORDANI, U.G., Halpern M., Berenholc M. *Comentários sobre as determinações geocronológicas da folha Porto Alegre*. In: Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, folha Porto Alegre (SH-22) e folha Lagoa Mirim (SI-22), Brasília, DNPM, Ministério das Minas e Energia, p.70-84. 1974.
- CPRM/CECO. *Carta Geológica*, Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB. Subprograma de Integração Geológica e Metalogenia. Escala 1:750.000. 2006.
- DAVIS, R.A. JR. *Barrier island systems – a geologic overview*. In: DAVIS, R.A. Jr. (ed), *Geology of Holocene barrier island systems*. Springer-Verlag, New York, 1-46. Elachi, C. 1987. *Introduction to the physics and techniques of remote sensing*. New York, Wiley. 1994.
- DAVIS, J.L. & ANNAN, A.P., *Ground-penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy*. *Geophysical Prospecting*, 3: 531-551. 1989.
- DIAS J.L., SILVEIRA D.P., SAD A.R.E., LATGÉ M.A.L. *Bacia de Pelotas: Estágio atual do conhecimento geológico*. In: *Bol. Geoc. Petrobras*, 8:235-245. 1994.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira da Pesquisas Agropecuárias. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: EMBRAPA Produção de informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA solos; 412p.; 1999.
- ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro, Interciência, 602 pp. 1998.
- FITZGERALD, D. & VAN HETEREN, S., *Classification of Paraglacial Barrier Systems: Coastal New England, USA*. *Sedimentology*, 46: 1083-1108. 1999.
- FLORENZANO, T.G. *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo, Oficina de textos. 2008.
- FLORENZANO, T. G.. *Iniciação em Sensoriamento Remoto*. São Paulo, 2011.
- FOLK, R.L. & WARD W.C. *Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters*. *Journal Sedimentary Petrology*. 27:3-26; 1957.
- FRAGOSO CÉSAR, A..R.S. *Tectônica de placas no Ciclo Brasileiro: As orogenias dos Cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul*. São Paulo. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 1991.
- FRAGOSO-CESAR, A.R.S.; ALMEIDA, R.P.; FAMBRINI, G.L.; PELOSI, A.P.M.R. & JANIKIAN, L. *A Bacia Camaquã: um sistema intracontinental anorogênico de rifts do Neoproterozóico III – Eopaleozóico no Rio Grande do Sul*. In: *Encontro Sobre a Estratigrafia do Rio Grande do Sul: escudo e bacias*, 1, Anais. Porto Alegre, RS p. 139-144. 2003.
- GHIGNONE, J.I. *Reconhecimento Gravimagnético na Bacia Pelotas*. *Boletim Técnico da Petrobrás*. Rio de Janeiro: Petrobras, v.3, n.2 p.73-79. 1960.

- GILBERT, J.M., NETTO, R.G., TOGNOLI, F.M.W., GRANGEIRO, M.E., *Commensal worm traces and possible juvenile thalassinidean burrows associated with Ophiomorphanodosa, Pleistocene, Southern Brazil*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 230, 70-84.
- GLAESER, J.D.. *Global distribution of barrier islands in terms of tectonic setting*. *Journal of Geology*, 86: 283-297. 1978.
- GODOLPHIM, M. F. *Geologia do Holoceno Costeiro do Município de Rio Grande, RS*. Dissertação (Mestrado em Geociências). Porto Alegre, UFRGS. 146 p. 1976.
- HANSEN, Marco Antonio Fontoura ; Pedologia, uso e ocupação dos solos. In: Marco Antonio Fontoura Hansen. (Org.). *Unidades de Conservação Ambiental: Delta do Camaquã e Matas e Banhados da Pacheca, RS. Estudo de Caso*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2007, v. , p. 81-94.
- HARTMANN L.A., CHEMALE JR. F., PHILLIP R.P. *Evolução geotectônica do Rio Grande do Sul*. In: R. Iannuzzi & J. C. Frantz (Ed.) *50 anos de Geologia, Instituto de Geociências: contribuições*. IG/UFRGS, Porto Alegre, p. 97-123. 2007.
- HAYES, M.O. *Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime*. In: Leatherman, S.P (ed.), *Barrier islands: From the Gulf of St. Lawrence to the Gulf of Mexico*. New York : Academic Press, pp. 1-29. 1979.
- HESP, P.A. *Sand Beach Ridges: Definitions and Re-Definition*. *Journal of coastal research*, SI 39. *Proceedings of the 8th International Coastal Symposium*, Itajaí, SC, Brasil. p.72-75. 2006.
- HIRATA, F. E. *Balanço hídrico, circulação e processos de mistura na Lagoa dos Patos*. Relatório final de atividades no período de vigência da bolsa de iniciação científica (processo 119008/2004-1) ligada ao projeto (processo 475538/2003-0). 52p. 2006.
- INPE. *Divisão de Geração de Imagens*. Disponível em <http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php> acessado dia 22 de novembro de 2015, às 23:23.
- ISLA, F. I. *Coastal Lagoons*. In: PERILLO, G. M. E. (Ed.) *Geomorfology and Sedimentology of estuaries*. Amsterdam: Elsevier Science, v. 53, p. 241-272. 1995.
- JOL, H.M., SMITH, D.G.. *Ground penetrating radar of northern lacustrine deltas*. *Can. J. Earth Sci.* 28, 1939-47. 1991.
- KEIDEL, J. *La geología de las sierras de la Provincia de Buenos Aires y sus relaciones con las montañas de Sudáfrica y los Andes*. *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación, Sección Geología, Mineralogía y Minería*, Buenos Aires, v. 9, n. 3, p. 1-78. 1916.
- KJERFVE, B. *Comparative oceanography of coastal lagoons*. In: Wolfe, D.A. (ed), *Estuarine Variability*, Academic Press, 63-81. 1986.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate Der Erde*. GOTHA: VERLAG JUSTUS PERTHES Wall-map 150cmx200cm. 1928.
- KRUMBEIN, W.C. *Size frequency distribution of sediments*. *Journal of Sedimentary Petrology*, 4: 65-77. 1934.

- LANKFORD R. R. *Coastal lagoons of Mexico: their origin and classification*. In: Wiley M. (ed.), *Estuarine process*, Academic Press Inc., Volume II, 182-215 pp. 1977.
- LEATHERMAN, S.P., *Coastal geomorphological applications of ground-penetrating radar*. *Journal Coastal. Research*, 3: 397-399. 1987.
- LEPSCH, I. F., BELLINAZI Jr., R., BERTOLINI, D., ESPÍNDOLA, C.R. *Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacitação de Uso*. 2. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 175p.; 1991.
- LILLESAND, T. M. *Remote sensing and image interpretation*. 3 ed. 755p. 1994.
- LOPES, R.P.; KINOSHITA, A.; BAFFA, O.; FIGUEIREDO, A.M.G.; DILLENBURG, S.R.; SCHULTZ, C.L.; PEREIRA, J.C. *ESR dating of Pleistocene mammals and marine shells from the coastal plain of Rio Grande do Sul state, southern Brazil*. *Quaternary International*, 352: 124-134., 2013.
- MAKINEN J, RASANEN M EARLY. *Holocene regressive spit-platform and nearshore sedimentation on a glacio-fluvial complex during the Yoldia Sea and the Ancylus Lake phases of the Baltic Basin, SW Finland*; *Sediment. Geol.*, 158, 25–56. 2003.
- MANZOLI, R. P. *Geomorfologia do Complexo de Cordões Litorâneos do Pontal da Feitoria – margem oeste sul da laguna dos patos*. Dissertação de Mestrado. IGEO/UFRGS. Porto Alegre.2011.
- MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P. & VILAS-BOAS, G. S. *Primeira ocorrência de corais pleistocênicos da costa brasileira: datação do máximo da penúltima transgressão*. *Ciências da Terra*, 1:16-17.1982.
- MARTIN, L.; DOMINGUEZ J. M. L. *Geological History of Coastal Lagoons*. In: Kjerfve, B. (ed.): *Coastal Lagoon Processes*. Elsevier Science, 41-68 pp. 1994.
- MARTINS, L. R. *Aspectos deposicionais e texturais dos sedimentos praias e eólicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul*. Publicação Especial da Escola de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 13, 102 p.1967.
- MENESES, Paulo R.; ALMEIDA, Tati. *Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto*. Brasília. p.3-31. (2012).
- MILANI, E.J. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica Fanerozóica do Gondwana sul-ocidental*. 225f. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 1997.
- MILANI, E.J.; MELO, J.H.G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. *Bacia do Paraná*. *Boletim de Geociências da Petrobrás*. v. 15(2). p. 265-287. 2007.
- MOHRIAK W.U. *Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira*. In: Bizzi L.A., Schobbenhaus R.M. Vidotti, Gonçalves J.H. (eds.) *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. CPRM, p. 87-94. 2003.
- MOLLER, I. AND ANTHONY, D. *GPR study of sedimentary structures within a transgressive coastal barrier along the Danish North Sea coast*. In: Bristow, C.S. and Jol, H.M. (eds.). *Ground Penetrating Radar in Sediments*. The Geological Society, London, Special Publication, 211, 55-66. 2003.

- Moore, P., Turner, J.F., Qiang, Z. CHAMP orbit determination and gravity field recovery. *Advances in Space Research*. Vol. 31, No. 8, pp: 1897–1903. 2003.
- MOURA, A.B.A.P.;JUNIOR, W.M.; FARIA, R.L.; ZAIDAN, R.T. *Processamento Digital de Imagens LANDSAT como auxílio à classificação e análise da evolução da mancha urbana de Juiz de Fora-MG entre os anos de 1990 e 2011*. In Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, INPE, 2013.
- MUNARO, P. *Geologia e Mineralogia do Depósito de Minerais Pesados de Bojuru, RS*. Dissertação (Mestrado em Geociências). Porto Alegre, UFRGS. 96 p.1994.
- NEAL, A. *Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress*. *Earth-Science Reviews*, 66: 261-330. 2004.
- NEAL A, RICHARDSB J, AND PYEB K. *Sedimentology of coarse-clastic beach-ridge deposits, Essex, southeast England*; *Sediment. Geol.*, 162, 167–198. 2003.
- NICHOLS, M.; ALLEN, G. *Sedimentary processes in coastal lagoons*. In: *Coastal Lagoon Research, Present and Future*. UNESCO, Technical Paper in Marine Science, 33. Paris. 77-80 pp. 1981.
- OTVOS, E. *Beach ridges – definition and significance*. *Geomorphology*. V. 32, p.83-108.2000.
- PAULA COUTO, C. *Paleontologia Brasileira (Mamíferos)*. Biblioteca Científica Brasileira, Série A. Rio de Janeiro, 1:516.1953.
- PHILIPP, R. P. *A evolução geológica e tectônica do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul*. Diss. Universidade de São Paulo, 1998.
- PHILIPP, R.P.; MACHADO, R.; NARDI, L.V.S.; LAFFON, J.M. *O Magmatismo Granítico Neoproterozóico do Batólito Pelotas no Sul do Brasil: Novos Dados e Revisão da Geocronologia Regional*. *Revista Brasileira de Geociências*, v.32, n.2, p.277-290.2001.
- PHILIPP, R.P. E MACHADO, R. *The Late Neoproterozoic granitoid magmatism of the Pelotas Batholith, southern Brazil*. *Journal of South American Earth Sciences* (19) 461-478. 2005.
- PHILOMENA, A. L. *Money and Energy Analysis for Coastal Lagoon*. In *Kjerfve, B. (e), Coastal Lagoon Processes*, Elsevier Science, Amesterdam, p.535-551. .
- PHLEGER, F. B. *Some general features of coastal lagoons*. In: Castaiaries, A.; Phleger, F. B. (eds), *Lagunas Costeras, um Simposio, Coastallagoons: a symposium*, 5-26 pp.1969.
- POUPEAU, G.; RIVERA, A.; SOLIANI JR., E.; VASCONCELOS, M. B. A. & SOUZA, J. H. *Datação por termoluminescência de depósitos arenosos costeiros do Rio Grande do Sul: resultados e implicações (Breve Comunicação)*. Anais, 2º Simpósio Sul- Brasileiro de Geologia, Florianópolis, SBG. p. 403.1985.
- RAMOS FILHO, A., PEREIRA, E.G., BEEK, K.J. *Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras*. Rio de Janeiro: M.A. SUPLAN/EMBRAPA, S.N.L.C.S. 1983. X + 57P.; 2ª ed. (revisada);1983.
- RAMOS, V. A.; JORDAN, T. E.; ALLMENDINGER, R. W.; MPODOZIS, C.; KAY, J. M.; CORTÉS, J. M.; PALMA, M. *Paleozoic terranes of the central Argentine Chilean Andes*. *Tectonics*, Washington, v. 5, n. 6, p. 855-880.1986.

- RAMOS, R.C.; KOESTER, E. *Geologia da Associação Metamáfica-Ultramáfica da Região de Arroio Grande, Sudeste do Escudo Sul-Rio-Grandense*. Pesquisas em Geociências, submetido. 2013.
- REDMAN, 1852, 1864, apud Taylor, M.J.; Stone, G.W. *Beach-ridges: a review*. Journal of Coastal Research. v. 12, n.3, p.612-621. 1996.
- REISON, G.E. *Transgressive Barrier Island and Estuarine Systems* In: Walker R. G. & James N.P (eds.). Facies models response to sea level change. Geological Association of Canada, St John's p 179-194. 1992.
- RIGGS, S.L.; CLEARY, W.J.; SNYDER, S.W. *Influence of inherited geologic framework on barrier shoreface morphology and dynamics*. Marine Geology, 126: 213-234. 1995.
- SANTOS, M.G.M. *Tectônica e Sedimentação na Bacia do Camaquã Central (RS): Exemplos do Grupo Guaritas e do Grupo Santa Bárbara*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, SP. 180pp.2010.
- SCHNEIDER, R.L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. A. *Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: SBG, 1974. v. 1, p.41-65. 1974.
- SOLIANI JR., E. *Geologia da região de Santa Vitória do Palmar, RS, e a posição estratigráfica dos fósseis mamíferos pleistocênicos*. Dissertação (Mestrado em Geociências). Porto Alegre, UFRGS. 88 p. 1973
- Streckeisen, A.L.: *Classification and nomenclature of igneous rocks*. Neues Jahrb. Mineral. Abhandl. 107, 144–240p. 1967.
- SUGUIO, K. *Introdução a sedimentologia*. Ed. Edgard Blücher, São Paulo 1a. Ed. 317 p. 1973.
- SUGUIO, K. *Dicionário de Geologia Sedimentar e Áreas Afins*. Rio de Janeiro, RJ: Editora Bertrand Brasil, 1217 pp. 1998.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. *Quaternary marine formations of the States of São Paulo e Southern Rio de Janeiro*. In: International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary, São Paulo, IGCP, Project 61. Spec. Publ., 1, 55 p. 1978.
- TAGLIAPIETRA, D.; SIGOVINI, M.; GHIRARDINI, A. V. *A review of terms and definitions to categorise estuaries, lagoons and associated environments*. Marine and Freshwater Research, v. 60, p. 497–509. 2009.
- TANNER, W.F. *Origin of beach ridges and swales*. Marine Geology. V. 129, p. 149-161. 1995.
- TAYLER, M.J.; STONE, G.W. *Beach-ridges: a review*. Journal of coastal research. v. 12, n. 3, p.612-621. 1996.
- TEIXEIRA W. *Folhas SH.22-PoHo Alegre, SI.22 - Lagoa Mirim e SI 1.21 - Uruguaiana. Interpretação dos dados radiométricos e evolução geocronológica*, Florianópolis, Projeto RADAM BRASIL, Relatório Interno. 1982.

- TOLDO JR., E.E. *Sedimentação, Predição do Padrão de Ondas, e Dinâmica Sedimentar da Antepraia e Zona de Surfe do Sistema Lagunar*. 183 p. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.1994.
- TOLDO JR., E.E.; DILLENBURG, S.R.; CORRÊA, I.C.S. & ALMEIDA, L.E.S.B. *Holocene Sedimentation in Lagoa dos Patos Lagoon, Rio Grande do Sul, Brazil*. Journal of Coastal Research, 16(3):816- 822. 2000.
- TOLDO Jr., E.E., Almeida, L. E. S. B. D. A., Corrêa, I. C. S., Ferreira, E. R., & Gruber, N. L. S... *Wave prediction along Lagoa dos Patos coastline, Southern Brazil, Atlântica*. Rio Grande. V. 28(2): 87-95.2006.
- TOMAZELLI, L. J. *Contribuição ao Conhecimento das Fácies de Ambiente Praial a Partir de Elementos do Pleistoceno Costeiro do Rio Grande do Sul*. Anais, 2º Simpósio Sul- Brasileiro de Geologia, Florianópolis, SBG. p. 325-338.1985.
- TOMAZELLI, L.J. *Regime de ventos e taxa de migração de dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil*. Pesquisas, 21(1): 64-71. 1993.
- TOMAZELLI, L.J.; DILLENBURG, S.R.; VILLWOCK, J.A. *Late Quaternary geological history of Rio Grande do Sul coastal plain, Southern Brazil*. Revista Brasileira de Geociências 30(3): 472-474. 2000.
- TOMAZELLI, L.J.; DILLENBURG, S.R. *Sedimentary facies and stratigraphy of a last interglacial coastal barrier in south Brasil*. Marine Geology, v. 244, p.33-45.2007.
- TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A.; LOSS, E. L.; DEHNHARDT, E. A. *Caracterização de um ambiente praial pleistocênico na província costeira do Rio Grande do Sul, Brasil*. In: Congresso Brasileiro e Geologia, v.4, Anais, p1514-1523. 1982.
- TOMAZELLI, L. J. & VILLWOCK, J. A. *Geologia do Sistema Lagunar Holocênico do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil*. Pesquisas, 18(1):13-24.1991.
- TOMAZELLI, L. J. & VILLWOCK, J. A. *O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira*. In: Holz, M. & De Ros, L. F. eds. Geologia do Rio Grande do Sul. Edição CIGO/UFRGS, Porto Alegre, p. 375-406.2000.
- TOMAZELLI, L.J., & VILLWOCK, J.A., *Mapeamento geológico de planícies costeiras: o exemplo da costa do Rio Grande do Sul*. Gravel, Porto Alegre, v. 3, p. 109-115. 2005.
- VAIL, P. R.; MITCHUM, R. M.; THOMPSON, S. *Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 3: relative changes of sea level from coastal onlap*. In: PAYTON, C. E. (Ed.). Seismic stratigraphy: applications to hydrocarbon exploration. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists.p. 63-81. (AAPG. Memoir, 26).1977.
- VILLWOCK, J. A. *Contribuição à geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul*. Dissertação (Mestrado em Geociências). Porto Alegre, UFRGS. 113 p.1972.
- VILLWOCK, J. A. *Aspectos da Sedimentação da Região Nordeste da Lagoa dos Patos*. Tese (Doutorado em Geociências). Porto Alegre, UFRGS. 189 p.1977.
- VILLWOCK, J. A.; DEHNHARDT, E. A.; LOSS, E. L.; TOMAZELLI, L. J. & HOFMEISTER, T. *Concentraciones de arenas negras a lo largo de la costa de Rio Grande do*

Sul, Brasil. Memórias, Seminario Sobre Ecologia Bentonica y Sedimentacion de la Plataforma Continental del Atlantico Sur, Montevideo, UNESCO. p. 405-414. 1979.

VILLWOCK, J.A. *Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil*, A synthesis. Pesquisas, Porto Alegre, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v.16, p. 5-49.1984.

VILLWOCK, J.A. VILLWOCK, J. A., Tomazelli, L. J., Loss, E. L., Dehnhardt, E. A., HORN F, N. O., Bachi, F. A., & Dehnhardt *Geology of the Rio Grande do Sul coastal province*. In: International symposium on sea level change and quaternary shorelines. 4:79-97. 1986

VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L.J.; LOSS, E.L.; DEHNHARDT, E.A.; HORN FILHO, N.O.; BACHI, F.A.; DEHNHARDT, B.A. *Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province*. Quaternary. 1986.

VILLWOCK, J. A. & TOMAZELLI, L. J. *Geologia Costeira do Rio Grande do Sul*. Notas Técnicas, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, UFRGS. Porto Alegre, 8:1-45.1995.

VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L. T. *Planície costeira do Rio Grande do Sul: gênese e paisagem atual*. In Biodiversidade. Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, planície costeira.2006.

WENTWOTH, C.K. *A scale of grade and class terms for clastic sediments*. Journal of Geology, 30:377-392.1922.