

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL

JANUSA BORSATTO SBRUZZI

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESPECTRAL DAS ÁGUAS DAS CAVAS DE  
EXTRAÇÃO DE AREIA DO MUNICÍPIO DE OSÓRIO, RIO GRANDE DO SUL,  
BRASIL: APLICAÇÃO NA GESTÃO COSTEIRA**

IMBÉ  
2012

JANUSA BORSATTO SBRUZZI

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESPECTRAL DAS ÁGUAS DAS CAVAS DE  
EXTRAÇÃO DE AREIA DO MUNICÍPIO DE OSÓRIO, RIO GRANDE DO SUL,  
BRASIL: APLICAÇÃO NA GESTÃO COSTEIRA**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas com ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Dr. Eduardo Guimarães Barboza

Co-orientadora: Me. Maria Luiza Correa da Camara Rosa

IMBÉ

2012

Aos examinadores,

Este trabalho está formatado segundo as normas de GRANDI, Cleci *et al.* **Orientações para elaboração e apresentação de trabalhos e relatórios acadêmicos**. Porto Alegre: UERGS, 2010, 95 p. O qual segue as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT.

S276c Sbruzzi, Janusa Borsatto

Comportamento espectral das águas das cavas de extração de areia do município de Osório, Rio Grande do Sul, Brasil: aplicação na gestão costeira. Imbé, 2012.

51 p.

Orientação: Eduardo Guimarães Barboza

Co-orientação: Maria Luiza Correa da Camara Rosa

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências/ Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Ciências Biológicas com ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira, Imbé/Cidreira, 2012.

1. Comportamento espectral 2. Sensoriamento remoto 3. Jazida 4. Cor ciano 5. Gestão Costeira. I. Barboza, Eduardo Guimarães II. Rosa, Maria Luiza Correa da Camara III. Título.

Adaptado do Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo autor.

JANUSA BORSATTO SBRUZZI

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESPECTRAL DAS ÁGUAS DAS CAVAS  
DE EXTRAÇÃO DE AREIA DO MUNICÍPIO DE OSÓRIO, RIO GRANDE DO  
SUL, BRASIL: APLICAÇÃO NA GESTÃO COSTEIRA**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas com ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Aprovado em 11/07/2012

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Ricardo Norberto Ayup-Zouain  
UFRGS

---

Prof. Dr. Nelson Luiz Sambaqui Gruber  
UFRGS

Coordenador da atividade Trabalho de  
Conclusão de Curso II-CBM

---

Prof. Dr. Eduardo Guimarães Barboza

Dedico esta monografia aos meus pais, Neusa e Jandir Sbruzzi.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, pelo incentivo aos estudos e eterno apoio emocional.

Ao meu orientador Eduardo Barboza e co-orientadora Maria Luiza C. da Camara Rosa, pela oportunidade de aprendizagem.

Ao Raul Moro, por abrir as portas da jazida para realização do trabalho.

Ao Instituto de Geociências (IG) e ao Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO), por disponibilizarem o laboratório de sedimentologia.

Ao laboratório de Difração de raios X do Centro de Geologia e Petroquímica (CGPq) da UFRGS, pelas análises.

Ao técnico em geologia Gilberto Silveira dos Santos e ao laboratorista Jonas, pela incansável ajuda nas análises no laboratório de sedimentologia.

Ao CECLIMAR, por disponibilizar o laboratório e a logística e aos funcionários pela atenção diária e parceria nas coletas.

À química Cacinele Rocha, em nome do LASP, pelo auxílio nas análises laboratoriais.

À Stella Maris e Ângelo Augusto Pivetta pela atenção e energia disponibilizadas.

Ao geólogo Jorge Lessa pelas informações prestadas.

Às amigas Brenda, Camila, Gabrieli, Juliana, Luciana e Ludimila, pela maravilhosa convivência, estímulo e força.

Aos meus colegas de graduação pela companhia.

*“Não é no conhecimento que está o fruto, é na arte de aprendê-lo.”*

Bernardo de Claraval

## RESUMO

As extrações de areia no município de Osório, Rio Grande do Sul, deixam expostas grandes cavas recobertas por água de origem freática, visíveis em imagens de satélite coloridas na composição do visível de cor ciano, com formas geométricas irregulares. Estas águas causam curiosidade em relação ao motivo que as torna dessa cor, gerando forte contraste com as águas das lagoas naturais existentes ao redor, que variam de marrom escuro à preta. Inúmeras hipóteses foram levantadas para explicar esta diferença, ao iniciar o trabalho. As especulações, previamente à saída a campo, se faziam em torno da poluição causada pela própria atividade mineradora; a existência de organismos fitoplanctônicos como as cianobactérias; presença do metal-pesado cobre; ausência de matéria orgânica (águas oligotróficas) e, por fim, material em suspensão influenciando na difração dos raios luminosos que incidem sobre as águas. As pesquisas iniciaram com a análise de imagens de satélite, na escolha dos melhores locais para coleta dos materiais de interesse: água e sedimento. Optou-se, para vias de comparação, fazer o levantamento de dados na jazida de extração de areia Raul Moro & Filhos Ltda e na lagoa Peixoto, em razão da proximidade entre ambas. Realizada a saída de campo e coleta, as amostras de água foram examinadas e verificada a existência de sólidos suspensos, sedimentáveis, e dissolvidos, clorofila-a, condutividade, turbidez, alcalinidade e DQO. No laboratório de sedimentologia foram realizadas análises granulométricas dos sedimentos e extraída a parcela enviada para análise de difração de raios X. Com as imagens de satélite examinadas e o resultado das coletas interpretado, as hipóteses foram uma a uma descartadas. Como prováveis resultados estão a interferência espectral por argilo-minerais e ausência de compostos dissolvidos ou em suspensão. Para resultados mais conclusivos, sugere-se para trabalhos futuros a aplicação do método de análise óptica dos elementos minerais encontrados.

**Palavras-chave:** Comportamento espectral; sensoriamento remoto; jazida; cor ciano; gestão costeira.

## ABSTRACT

The extraction of sand in the city of Osorio, Rio Grande do Sul, causes a large exposition of cavaes covered with phreatic water source, which are visible in satellite images in the composition of the visible colored cyan, with irregular shapes. This water causes curiosity about its color which shows a strong contrast with the existing natural water ponds around, ranging from dark brown to black. Numerous hypotheses have been proposed to explain this difference. Speculation prior to the output field, were made around the pollution caused by mining activity itself, the existence of phytoplanktonic organisms such as cyanobacteria, the presence of heavy metal-copper, absence of organic matter (oligotrophic waters) and, finally, suspended material influencing the diffraction of light rays that fall upon the waters. The research began with the analysis of satellite images, the choice of the best sites for collection of materials of interest: water and sediment. Was chosen to way of comparison, to survey data on deposit sand extraction Raul Moro & Filhos Ltda and Peixoto pond, due to the proximity between them. Held the output field and collection, water samples were examined and checked for suspended solids, settleable, and dissolved, chlorophyll-a, conductivity, turbidity, alkalinity and COD. In the laboratory of the sedimentology were made the granulometry of sediment and extracted the portion sent for analysis of X ray. With satellite imagery examined and interpreted results of the collections, the hypotheses were discarded one by one. As probably results are the clay minerals spectral interference and no dissolved compounds or in suspension. For more conclusive results, it is suggested for future work the applying the method of optical analysis of mineral elements found.

**Keywords:** spectral behavior; remote sensing; field; cyano color; coastal management.

## LISTA DE SIGLAS

CECO- Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica da UFRGS  
COD – Chemical oxygen demand  
CPGq- Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica da UFRGS  
DQO - Demanda Química de Oxigênio  
ETM+ - Enhanced Thematic Mapper Plus/ Mapeador Temático Avançado  
GPS - Global Position System/ Sistema de Posicionamento Global  
LASP – Laboratório de Águas, Sedimento e Biologia do Pescado da UFRGS  
ND- Não detectado  
NTU- Nephelometric Turbidity Unit/ Unidade Nefelométrica de turbidez  
pH- potencial hidrogeniônico  
SR – Sensoriamento Remoto  
TSD- Total de Sólidos Dissolvidos  
TSS - Total de Sólidos Suspensos

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\mu\text{m}$  - micrômetro

Å - Ângstron

ka - milhões de anos

KV - quilowatt

M - mol

mA - miliampere

mg/L - miligramas por Litro

nm - nanômetro

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Comportamento espectral dos alvos.....	17
Figura 2- Composição das cores.....	18
Figura 3- Mapa de Localização das áreas de estudo.....	24
Figura 4- Perfil esquemático dos sistemas deposicionais .....	26
Figura 5- Pontos de coleta .....	29
Figura 6- Lâminas de sedimento da jazida Raul Moro e da lagoa Peixoto para análises de raios X.....	36
Figura 7- Comportamento espectral da água na cava de extração de areia Raul Moro & Filhos e lagoa Peixoto.....	38
Figura 8- Contraste na coloração das águas.....	39
Figura 9- Gráfico da frequência granulométrica simples e acumulada.....	42
Figura 10- Gráfico de mineralogia total, pela difração de raios X, do sedimento da cava de extração de areia Raul Moro & Filhos.....	44
Figura 11- Gráfico da difração de raios x do ponto 2 da jazida Raul Moro pelo método orientado .....	45
Figura 12- Gráfico da difração de raios X na lagoa Peixoto ponto 2 pelo método orientado .....	46
Figura 13- Quadro de hipóteses prévias. ....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Cálculos para alcalinidade de líquidos .....	31
Tabela 2- Dados coletados em campo .....	39
Tabela 3- Análise laboratorial das propriedades físico-químicas da água .....	41

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	17
2.1 TURBIDEZ .....	19
2.2 TRANSPARÊNCIA .....	20
2.3 ALCALINIDADE .....	20
2.4 CONDUTIVIDADE .....	20
2.5 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) .....	20
2.6 COBRE .....	21
2.7 SEDIMENTO LÍMNICO .....	21
2.8 CYANOPHYTAS .....	21
2.9 DIFRAÇÃO DE RAIOS X .....	22
<b>3 ÁREA DE ESTUDO</b> .....	23
3.1 LOCALIZAÇÃO .....	23
3.2 CONTEXTO GEOLÓGICO .....	25
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	28
4.1 LEVANTAMENTO E LEITURA DE DADOS PRÉ-CAMPO .....	28
4.2 COLETA DE MATERIAIS EM CAMPO .....	28
4.3 MAPA E ANÁLISES LABORATÓRIAS .....	30
<b>4.3.1 Alcalinidade</b> .....	30
<b>4.3.2 Sólidos suspensos</b> .....	31
<b>4.3.3 Sólidos totais dissolvidos</b> .....	31
<b>4.3.3 Sólidos sedimentáveis</b> .....	32
<b>4.3.4 Clorofila-a</b> .....	32
<b>4.3.5 Condutividade</b> .....	33
<b>4.3.6 Cobre</b> .....	33
<b>4.3.7 DQO</b> .....	33
<b>4.3.8 Granulometria</b> .....	33
<b>4.3.9 Difração de raios X</b> .....	34
4.3.9.1 Método do Pó .....	34
4.3.9.2 Método Orientado .....	34
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	37
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	47

<b>REFERÊNCIAS</b> .....	48
<b>ANEXO</b> .....	52

## 1 INTRODUÇÃO

A mineração está entre as atividades humanas, chamadas atividades ambientais econômicas, que impactam o ambiente e é dela que o homem extrai recursos naturais que alimentam a economia (FONSECA, 1995). Conforme a Resolução 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1986) o impacto ambiental é considerado qualquer alteração física, química ou biológica do meio ambiente causado direta ou indiretamente pelas atividades antrópicas. No Brasil, segundo Farias (2002), a poluição das águas superficiais e subterrâneas são as principais problemáticas da mineração. O dano é justificado pelo uso de metais pesados na extração mineral e drenagem ácida de depósito de rejeitos contaminados.

A lavra de areia a céu aberto está listada entre as atividades extrativistas minerais. Durante o processo de lavra são retiradas as camadas do solo formando profundas cavas preenchidas pela água do lençol freático. A coloração ciano observada gera curiosidade e motivou a realização deste trabalho, o qual caracteriza um enfoque na gestão do meio físico costeiro. Muitas hipóteses foram levantadas a respeito, porém a possibilidade de poluição antrópica, produzida pela própria mineradora, tornou-se uma justificativa à busca por respostas físicas, químicas e biológicas para o fato.

O objetivo geral desta monografia envolve a realização de ensaios na tentativa de comprovar ou descartar todas as possíveis hipóteses levantadas para a cor deste corpo d'água artificial, esclarecendo as dúvidas prévias de forma a deixar um registro sobre o tema. Especificamente, o propósito é analisar o comportamento espectral da água presente em uma cava de extração de areia, coletar líquido e sedimento do fundo desse fosso para testes laboratoriais e por fim, explicar, com base no exame e interpretação dos dados coletados, a apresentação visual da água acumulada. Para efeito comparativo, todos os processos foram igualmente realizados em um corpo d'água natural, em função do padrão de coloração distinto da cava.

Devido à inexistência de uma explicação plausível e comprovada para a coloração da água presente nas cavas de extração de areia, buscou-se um parecer quanto às hipóteses levantadas previamente. O uso conjunto do sensoriamento

remoto e das análises limnológicas e geológicas, na busca por respostas, foi de suma importância para as conclusões adiante.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A lavra de areia a céu aberto tem início com o uso da retroescavadeira, que retira o sedimento do terreno até atingir o lençol freático, ponto em que é substituída por draga (REIS, 2005). A água subterrânea, presente no lençol, aflora na superfície, formando uma lagoa artificial que pode ser observada através de imagens de satélite. A cor desta água é ciano, uma combinação de azul e verde. Para entender esse resultado visual, é preciso saber como as cores são formadas e o efeito que cada substância existente na água influi no comportamento espectral da mesma (GUASSELLI, 1996).

As cores têm origem nas diferentes frequências e comprimentos de ondas, propagadas pela radiação eletromagnética na faixa do visível (espectro visível). A união (reflexão) de todas elas resulta na energia, ou luz, que o olho humano é capaz de captar e distinguir como o branco, e a ausência (absorção) de todas elas como o preto. As diferentes cores surgem da combinação entre as diferentes ondas (FLORENZANO, 2007). Assim pode-se distinguir um alvo nas imagens de satélite, como água, vegetação ou solo e, mais específico, seus constituintes, conforme o comportamento espectral (absorção, reflexão ou transmissão) de cada um, por meio do fenômeno de absorção seletiva (processo aditivo ou subtrativo das cores), exemplificado na figura 1 (HECHT, 2002).

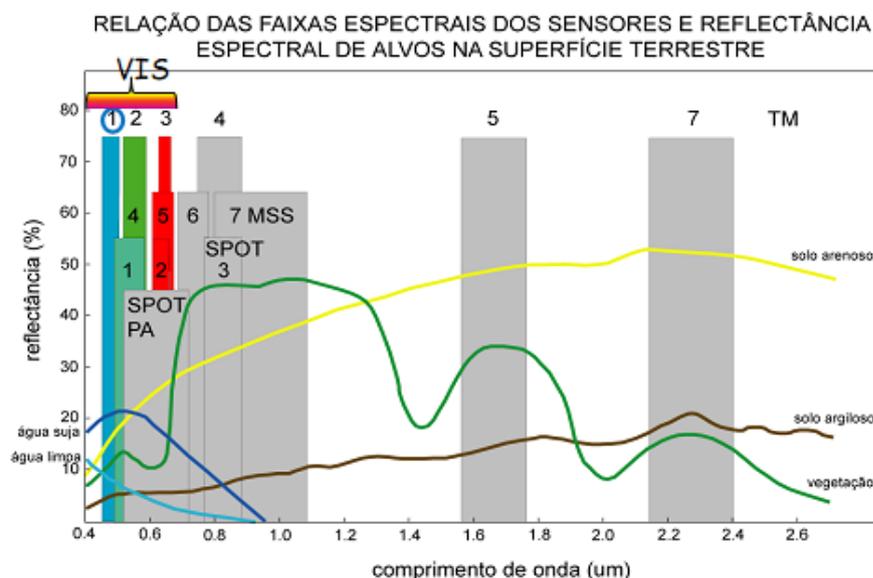


Figura 1- Comportamento espectral dos alvos conforme as bandas dos diferentes sensores dos satélites Landsat (MSS e TM) e Spot. O espectro visível é indicado pela sigla "VIS".

Fonte: Adaptado de STEFFEN

As cores primárias, segundo Hecht (2002), são ditas aquelas que juntas compõem a cor branca, como o caso do Vermelho (R), do Verde (G) e do Azul (B). Elas são fundamentais para entender e interpretar as imagens de sensoriamento remoto por satélite pelo fato de serem utilizadas com mais frequência e, pela mistura delas, ou processo aditivo, serem obtidas outras colorações diferentes, chamadas secundárias, ou processo subtrativo, como apresentado na figura 2.

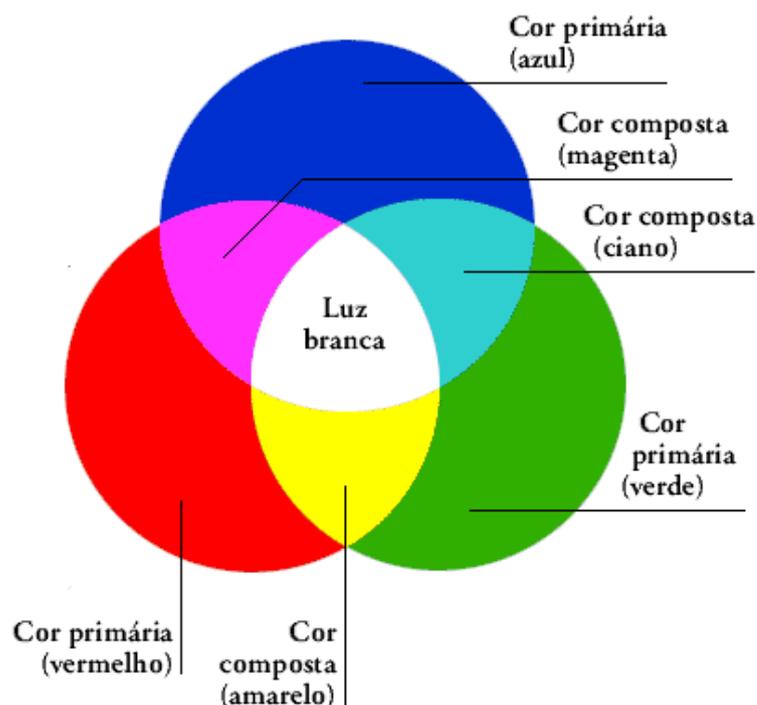


Figura 2- Composição das cores secundárias a partir da sobreposição das primárias.  
Fonte: UFRJ

Uma breve abordagem sobre o sensoriamento remoto (SR) é necessária para entender as ferramentas utilizadas neste trabalho. O SR é a ciência e a arte de obter informação sobre um objeto, área ou fenômeno através da análise de dados adquiridos por um dispositivo o qual não está em contato com o alvo a ser investigado (LILLESAND; KIEFER; CHIPMAN, 2004). Os sensores eletrônicos instalados nos satélites artificiais são um exemplo desse sistema que, assim como o olho humano, captam a energia refletida ou emitida pelos objetos da superfície terrestre, transformando em sinais, os quais são convertidos em imagens pelas estações de recepção terrestre, o que no ser humano é feito pelo cérebro (FLORENZANO, 2007).

Elas são inicialmente obtidas nas diferentes bandas (canais ou espectros) e produzidas em preto e branco (pancromática), as graduações de cinza, intermediárias entre o preto e o branco, indicam a intensidade de energia refletida

pelos objetos. Ao projetar e sobrepor essas imagens através de filtros coloridos (cores primárias), são geradas as imagens coloridas, como explica Florenzano (2007).

As imagens de satélite aliadas às coletas de campo tornam mais precisos os pareceres quanto ao comportamento dos componentes presentes no meio. Por conseguinte, se faz necessário abordar as características físico-químicas desses mesmos materiais obtidos.

Segundo Novo (2010), o comportamento espectral da água, ou seja, a refletância dela, é afetada pelos constituintes presentes na própria água. Eles são chamados de componentes opticamente ativos e podem ser formados por organismos vivos (fitoplâncton, zooplâncton e bacterioplâncton); partículas em suspensão (orgânicas e inorgânicas) e substâncias orgânicas dissolvidas.

A mesma autora afirma que a água quando pura apresenta baixa refletância entre 0,38  $\mu\text{m}$  e 0,70  $\mu\text{m}$ , correspondente às cores do visível, absorvendo toda a radiação acima de 0,70  $\mu\text{m}$  (infravermelho, microondas, TV, rádio). Barbosa (2005) explica que o espectro de reflexão da água é estimado pela razão entre o coeficiente de absorção e o de espalhamento da radiação incidente no alvo, e por esse motivo a energia refletida pela água pura é máxima na região do azul e decresce em direção ao vermelho. Quanto maior a pureza da água, sem constituintes suspensos ou dissolvidos, mais baixa é a sua refletância, devido ao pequeno coeficiente de espalhamento e elevada transmitância.

A pouca absorção das faixas azul e verde do espectro explica a cor azul esverdeada dessas águas, afirma Esteves (2011). O mesmo aplica-se aos lagos e oceanos oligotróficos (com baixa concentração de constituintes) que se apresentam escuros (de azul a preto), conforme a profundidade. O fato é explicado pela diminuição do retorno da luz para a superfície.

Alguns parâmetros do ambiente podem ser medidos para indicar a presença ou ausência dos componentes, como descrito nas subseções abaixo.

## 2.1 TURBIDEZ

É a medida de sua capacidade em dispersar a radiação. Os principais fatores que alteram esse parâmetro são as partículas suspensas e em menor proporção os compostos dissolvidos, sendo respectivamente responsáveis pela cor aparente e

verdadeira da água. De maneira geral, pode-se dizer que a turbidez representa a cor aparente da água (ESTEVES, 2011).

## 2.2 TRANSPARÊNCIA

É o oposto da turbidez e atribui-se a profundidade em metros na qual o Disco de Secchi, empregado para medida, não é mais visível pelo olho humano. Em águas claras com pouca quantidade de material dissolvido e particulado, os valores são maiores, em função da menor dispersão da radiação (MORAES, 2008).

## 2.3 ALCALINIDADE

Pode ter origem tanto antropogênica, com o despejo doméstico e industrial, quanto natural pelas rochas, matéria orgânica, fotossíntese, atmosfera, etc. O papel da alcalinidade nos corpos d'água é feito, principalmente, pelos carbonatos ( $\text{CO}_3^-$ ), bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ), os quais funcionam como tamponantes para variação do pH do líquido. O indicativo para presença de cada um é feita pela distinção do pH, segundo Moraes (2008), onde valores maiores que 9,5 são indicativos de hidróxidos e carbonatos; entre 8,3 e 9,4 de carbonatos e bicarbonatos e por fim, entre 4,4 e 8,3 de bicarbonatos. Esses valores são deduzidos através de indicadores de pH que sofrem mudança de coloração quando em contato com uma solução de pH correspondente a zona de viragem do indicador utilizado.

## 2.4 CONDUTIVIDADE

Está relacionada à capacidade de condução de corrente elétrica pela água. Elevados índices normalmente estão associados a sólidos dissolvidos, principalmente de origem mineral (MORAES, 2008).

## 2.5 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

É a demanda de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica na água pelo processo de oxidação química. O teste indica indiretamente a presença de matéria orgânica dissolvida na água, seja de origem vegetal, seja de origem animal

(MORAES, 2008). A matéria orgânica dissolvida tem a propriedade de alterar a cor da água, tornando-a mais escura (marrom-amarelada) em função da decomposição dos organismos presentes no meio (WETZEL, 1983).

## 2.6 COBRE

Esteves (2011) indica esse metal como um elemento-traço por tratar de um elemento químico presente, em geral, em pequenas concentrações na natureza. Altos índices são prejudiciais à sobrevivência dos organismos.

## 2.7 SEDIMENTO LÍMNICO

É o resultado de todos os processos físico-químicos e biológicos que ocorrem no ambiente lacustre. Podem ser do tipo orgânico, quando mais de 10% da massa seca é constituída de matéria orgânica; ou mineral, quando é inferior a esse valor. O sedimento também pode ser considerado um excelente indicador para a poluição do ecossistema, em razão da sua capacidade de acumular compostos como metais-pesados, herbicidas, entre outros.

Os sólidos em suspensão são aqueles materiais particulados maiores que 0,45  $\mu\text{m}$ . Esses detritos, orgânicos e inorgânicos, em suspensão e dissolvidos, absorvem pouco na faixa do vermelho, aumentando gradualmente em comprimentos de ondas menores, verde e azul (HOWARD-WILLIAMS E VINCENT<sup>1</sup>, 1985 apud ESTEVES, 2011).

## 2.8 CYANOPHYTAS

Mais conhecidas com cianobactérias ou algas azuis, são organismos fitoplanctônicos unicelulares ou coloniais. Seu principal pigmento constituinte, a ficocianina, deu origem ao nome do grupo e a cor azul-esverdeada dessas algas. Além dela também é produzida a clorofila-a (ESTEVES, 2011).

Os seres clorofilados, em geral, absorvem principalmente as cores azul e vermelho, decorrente da clorofila a e b, resultando na reflexão da cor verde

---

<sup>1</sup> Howard-Williams C., Vicent W. L. Optical properties of New Zeland Lakes. II. Underwater spectral characteristics and effects on PAR attenuation. Arch Hydrobiol. 104. p. 441-477

(ESTEVEES 2011 apud Howard-WILLIAMS E VINCENT<sup>1</sup>, 1985). Porém, com o aumento da biomassa fitoplanctônica há um aumento da reflectância principalmente na região do infravermelho próximo, afirma Novo (2010).

## 2.9 DIFRAÇÃO DE RAIOS X

É um fenômeno de interação entre a radiação eletromagnética (raios X) e a matéria ordenada. A difração só ocorre quando o comprimento de onda da radiação incidente é da mesma ordem de grandeza do espaçamento interatômico do material analisando, ou seja, o angstrom (Å). A incidência de raios X sobre um átomo provoca o espalhamento da radiação em todas as direções. A interferência construtiva dos raios X espalhados é considerada a difração (SCAPIN, 2003).

### 3 ÁREA DE ESTUDO

As áreas de estudo estão situadas no município de Osório, litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil, entre as coordenadas geográficas 29°43'43.95" e 30°6'11.79" de latitude Sul e 50°13'26.44" e 50°24'51.08" de longitude Oeste. Distante 101 km da capital Porto Alegre, o acesso ao município se dá por via das Estradas BR-101 e 290 e das RS-030 e 389.

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO

Osório é delimitado a Norte pelos municípios de Xangri-Lá e Maquiné, a Leste por Imbé e Tramandaí, a Oeste por Caraá e Santo Antônio da Patrulha e a Sul por Cidreira e Capivari do Sul. O único contato com o Oceano Atlântico se faz a Nordeste, nos balneários de Atlântida Sul e Mariápolis, entre os municípios de Imbé e Xangri-Lá.

Os dois principais focos desse estudo, a jazida Raul Moro & Filhos Ltda. e a Lagoa Peixoto, estão localizadas às margens da Estrada OS-010, nas proximidades do centro urbano do município (Figura 3). A distância da jazida e da lagoa em relação ao oceano é de aproximadamente 13,5 e 14,5 km, respectivamente.

O clima do Litoral Norte gaúcho é classificado por Maluf (2000) como subtropical. A região é considerada a mais quente do Rio Grande do Sul, com temperatura média anual em torno dos 19 °C. Em Osório o valor é ainda maior, 20,2°C e amplitude térmica de 9,7 °C, segundo Ferraro e Hasenack (2009).

Em relação ao restante do estado, a zona costeira é considerada a menos chuvosa, como exemplo Mostardas com 1121 mm. Porém, nas proximidades da escarpa que se estende de Osório a Torres, a precipitação se torna maior, 1492 mm anual em Osório. Os ventos nessa região sopram predominantemente de nordeste (HASENACK; FERRARO; 2009).

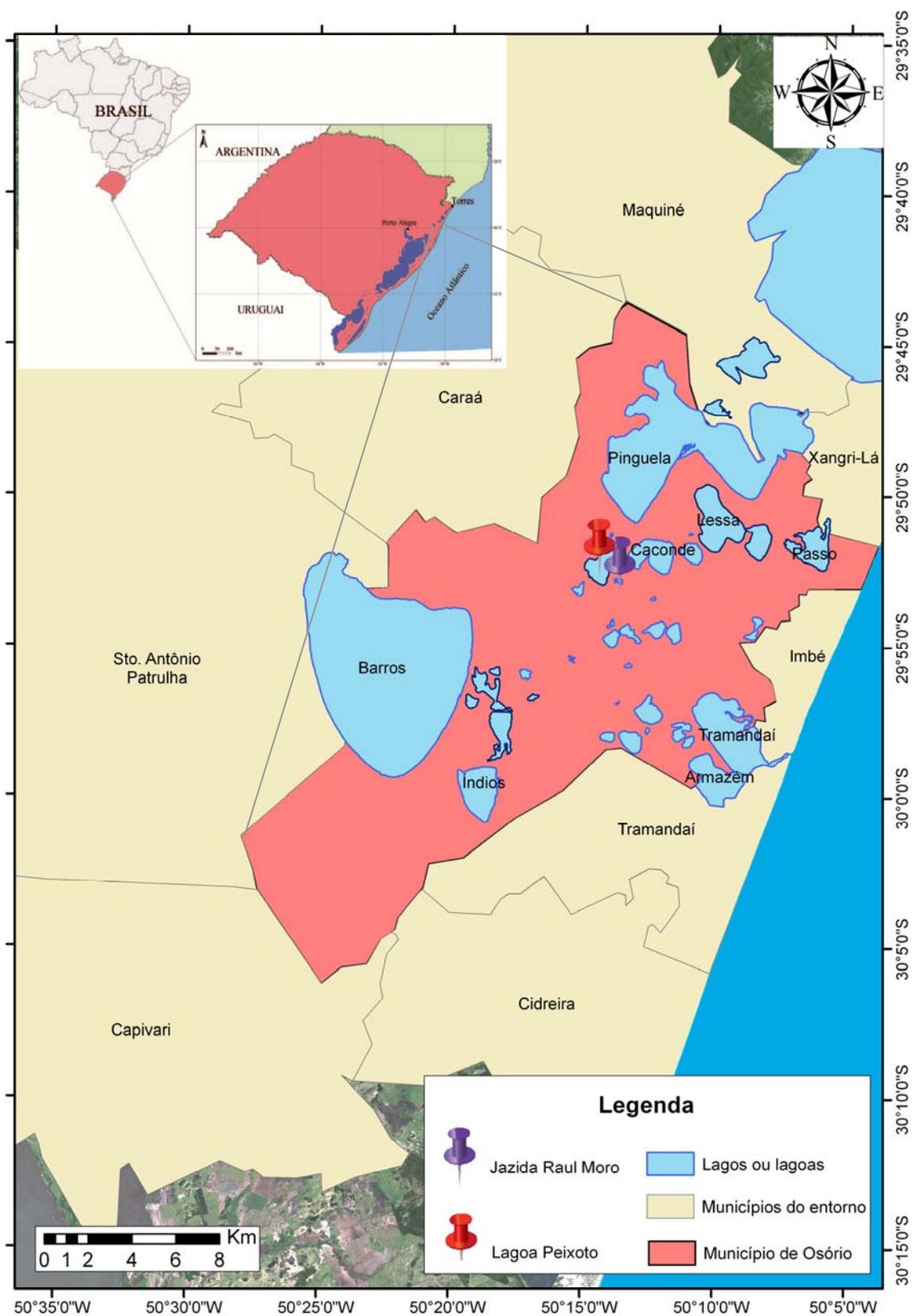


Figura 3- Mapa de Localização das áreas de estudo no município de Osório, RS. Base imagem Landsat 7, sensor ETM+, composição R3G2B1.

Fonte: Mapa geológico-CPRM (2008); Imagem Landsat 7- THE GLOBAL (2005).

### 3.2 CONTEXTO GEOLÓGICO

A Província Costeira, como são chamadas essas terras, se compõe por dois elementos geológicos: o Embasamento e a Bacia de Pelotas. O Embasamento é composto pelo complexo cristalino pré-cambriano e por seqüências sedimentares e vulcânicas da Bacia do Paraná, geradas nas eras paleozóicas e mesozóicas. A instabilidade dessa plataforma, no período do Cretáceo, deu origem ao segundo elemento geológico, por meio de movimentos tectônicos (VILLWOCK, 1972; VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995).

O deslocamento das placas tectônicas foi responsável pela separação dos continentes africano e sul-americano e a conseqüente abertura do Oceano Atlântico Sul. A partir desse acontecimento, a Bacia de Pelotas, uma bacia marginal subsidente, passou a receber a carga clástica derivada das terras altas (Escudo Sul-Rio-Grandense, Depressão Central e Planalto das Araucárias) os quais constituem parte do seu embasamento. Essa carga é constituída por sedimentos dos quais predominam folhelhos como os arenitos, os calcilutitos e os conglomerados (VILLWOCK, 1972; VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995).

A parte exposta da Planície Costeira é o próprio acúmulo dos sedimentos, com cerca de 3 a 10 km de espessura, que compõem a Bacia de Pelotas, depositados pela ação dos ventos, ondas, correntes e de sucessivas transgressões e regressões marinhas (TOMAZELLI *et al*, 1987; VILLWOCK, 1972; VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995).

Os sedimentos originários da erosão das terras altas, citadas anteriormente, se acumularam a partir de processos que ocorrem em ambientes subdivididos em dois sistemas deposicionais, são eles: o Sistema de Leques Aluviais e o Sistema tipo Laguna-Barreira (VILLWOCK, 1986). A atuação de ambos os Sistemas foi responsável pela progradação da Planície Costeira em direção ao mar.

O sistema deposicional do tipo Leques Aluviais é composto por fácies sedimentares originárias do transporte recorrente das encostas e terras altas. Próximo a esses locais, a gravidade atua formando depósitos, os quais sofrem rastejamento e fluxo que gradualmente distanciam os detritos, grande parte acumulando-se nos corpos d'água (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995; TOMAZELLI; VILLWOCK, 2005).

A oeste dos Leques Aluviais, a partir de aproximadamente 400 ka, segundo Villwock e Tomazelli (1992 e 1995) e Tomazelli e Villwock (2000), se formam quatro sistemas deposicionais do tipo Laguna-Barreira (I, II, III e IV), cada um deles representando o pico de um evento marinho transgressivo seguindo de uma regressão (figura 4). O desenvolvimento destes sistemas teve início, partindo do continente, com o Sistema Laguna-Barreira I seguindo a sequencia, sentido oceano, até formar o mais recente, o Sistema Laguna-Barreira IV (TOMAZELLI et al., 2001; VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995).

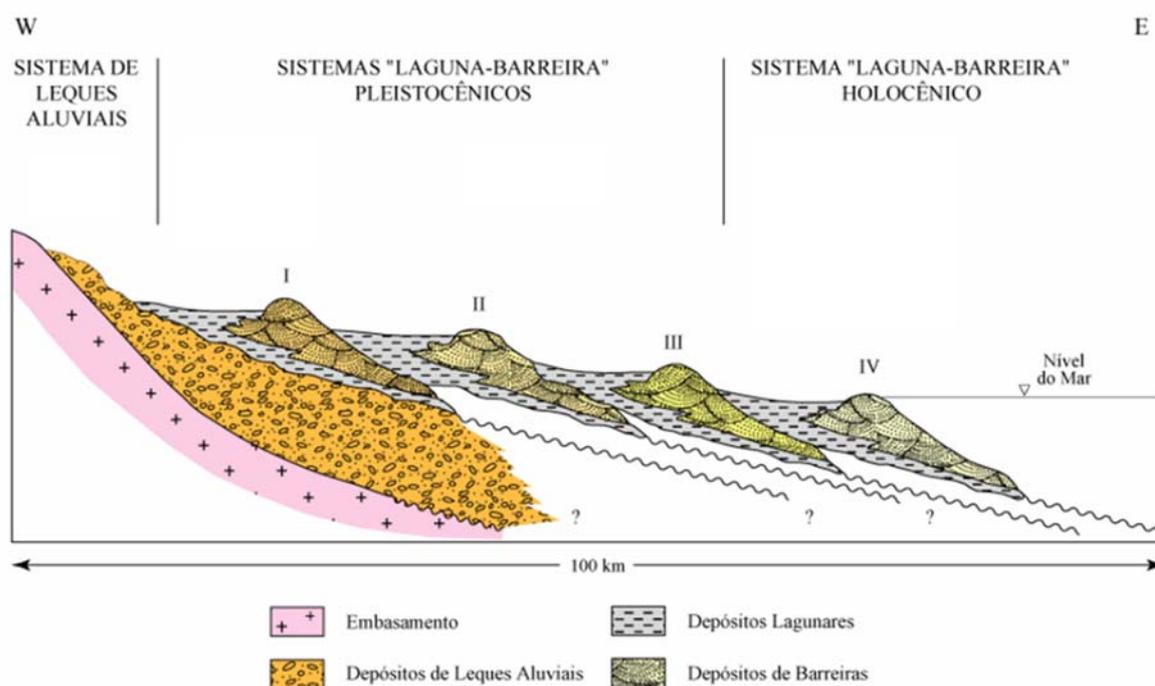


Figura 4 – Perfil esquemático dos sistemas deposicionais da Planície Costeira do Rio Grande do Sul indicando a sequência da formação dos quatro sistemas laguna-barreira.  
Fonte: TOMAZELLI; VILLWOCK (2005)

O Sistema Laguna-Barreira ainda se divide em três subsistemas, são eles: o subsistema lagunar; a barreira e os canais de ligação (*inlets*). O primeiro deve receber destaque pelo fato de ser encontrado em regiões retrobarreira, em terrenos baixos que favorecem a formação de diferentes corpos d'água, como é o caso da Lagoa Peixoto, fonte deste trabalho (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995).

Entre os quatro sistemas deposicionais, o mais relevante é o Sistema Laguna-Barreira III, pelo fato de estar presente no município de Osório, local de estudo. Esse sistema foi o terceiro e penúltimo evento transgressivo-regressivo, ocorrido no Pleistoceno, a cerca de 125 ka, segundo Tomazelli *et al.* (2001) se estendendo de

forma quase contínua ao longo da costa. Em Osório ele se localiza próximo a base da escarpa da Serra Geral. Os depósitos relacionados a esse sistema formaram barreiras de isolamento para o Sistema Lagunar III, sendo a região retrobarreira, entre as Barreiras II e III, ocupada atualmente pela Lagoa dos Patos. O caso das lagoas do Litoral Norte, na qual está presente a lagoa Peixoto, se insere no Sistema Lagunar IV, na região retrobarreira, entre as Barreiras IV e III, processo esse ocorrido durante a transgressão marinha no Holoceno (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995; TOMAZELLI; VILLWOCK, 2000).

As fácies que compõem o Sistema Depositional Laguna-Barreira III são identificados como arenosas de origem praial e marinho raso, recobertas por depósitos eólicos. A constituição do sedimento de origem praial é basicamente de areias quartzosas finas e coloração clara enquanto as eólicas apresentam-se de forma mais maciça e avermelhada (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995; TOMAZELLI; VILLWOCK, 2000).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

O processo que envolveu o levantamento, coleta e interpretação dos dados relevantes para o trabalho ocorreu em três etapas diferentes, descritas abaixo.

### 4.1 LEVANTAMENTO E LEITURA DE DADOS PRÉ-CAMPO

Os primeiros passos, para identificar a região de interesse, partiram da análise das imagens de satélite do município de Osório, disponibilizadas pela empresa Google através do programa Google Earth<sup>TM</sup>. A escolha em prol desta ferramenta ocorreu em função do melhor custo-benefício quando comparada a outras imagens de satélites, agregando uma resolução espectral satisfatória com acesso gratuito. Para análise do comportamento espectral da água, utilizou-se uma imagem do Satélite Landsat 7 ETM+.

O programa ArcGIS<sup>®</sup> 9.3 serviu como base para a integração de dados e ferramenta a partir do qual, com o uso do aplicativo ArcMap<sup>TM</sup> criaram-se os mapas e interpretaram-se as imagens dos satélites, nele inseridas. Estas mesmas imagens foram georeferenciadas e sobre elas delimitados os locais de estudo. Na imagem Landsat foram utilizadas as diferentes bandas em composições coloridas RGB a fim de encontrar aquelas que apresentavam algum contraste na coloração dos corpos d'água.

Pelas imagens foram identificadas todas as cavas existentes na região e selecionada entre elas a jazida da empresa Raul Moro & Filhos Ltda., como ponto de estudo e, para via de comparação, a Lagoa Peixoto. Ambos locais foram escolhidos em função da proximidade e facilidade de acesso aos mesmos.

### 4.2 COLETA DE MATERIAIS EM CAMPO

Os alvos do campo foram a água da cava e da lagoa Peixoto, bem como o sedimento do fundo de ambas. Para coleta desses materiais utilizou-se como equipamentos uma garrafa de Van Dorn e o uma draga Ekman, respectivamente.

Nos locais acima descritos, foram selecionados três pontos de coleta (centro e duas extremidades) em cada corpo d'água (Figura 5). Cada ponto foi amostrado em diferentes profundidades (superfície, meio e fundo) para obter uma maior

abrangência dos aspectos físicos, químicos e biológicos da água. Nele foram recolhidas três amostras de 1 L, uma de 500 mL (preservado com 1 mL de ácido sulfúrico) e uma porção de sedimento, com exceção da jazida, que teve uma quinta (e única) amostra de 1 L de água (preservado com 1 mL de ácido nítrico) recolhida para análise de cobre.

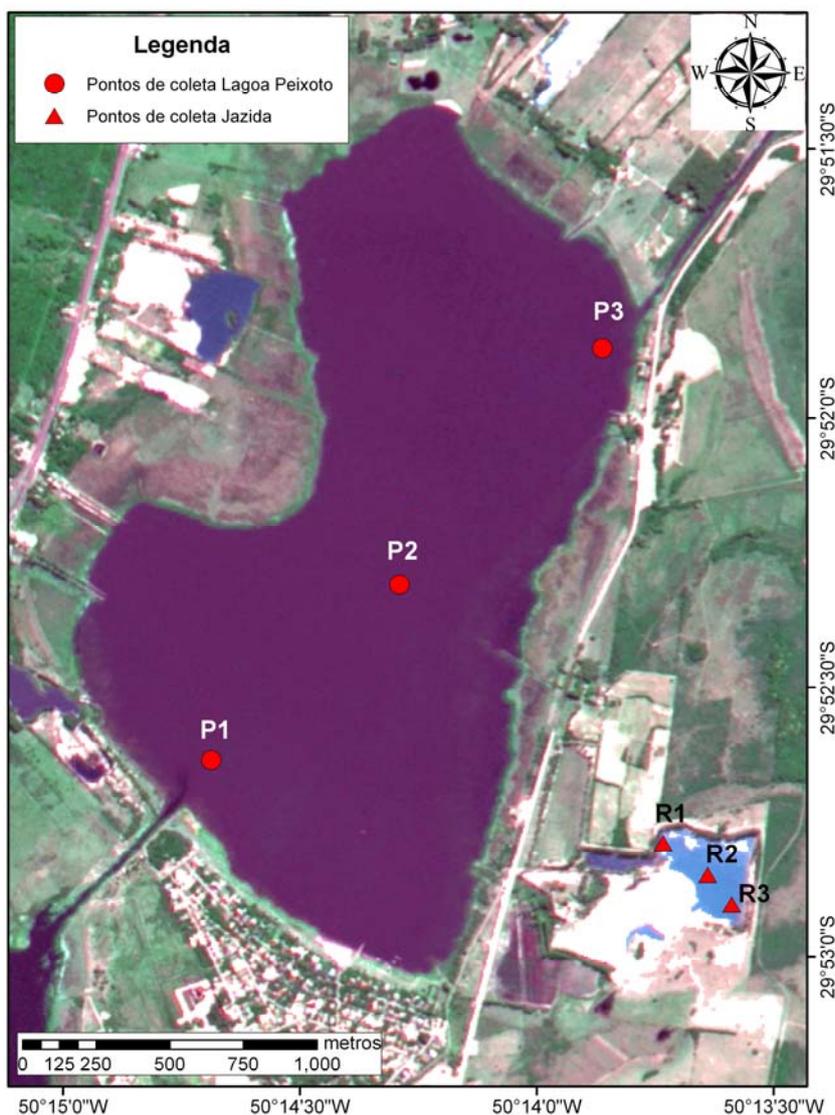


Figura 5- Pontos de coleta na jazida de extração de areia Raul Moro Ltda. e na lagoa Peixoto com base em uma imagem de satélite SPOT5 R1G2B3.  
Fonte: FARINA (2009)

Os três frascos com maior volume foram destinados para os processos de sólidos suspensos, dissolvidos e sedimentáveis, turbidez, alcalinidade, condutividade e clorofila-a. O frasco de menor volume foi separado para análise de DQO e por fim, o sedimento de fundo, armazenado em saco plástico, foi reservado para granulometria e difração de raios X. Todo material coletado foi conservado em um isopor com gelo durante o transporte e, em laboratório, os frascos contendo água, mantidos sobre refrigeração a 4 °C e os sacos com sedimento em congelador.

Paralela à coleta de água e sedimento foram obtidas a transparência da água, utilizando o disco de Secchi e, para localização precisa dos pontos de coleta foi usado GPS. As fotografias digitais, tiradas no local, serviram como prova real para o que previamente foi observado pelas imagens de satélite.

#### 4.3 MAPA E ANÁLISES LABORATÓRIAS

Na intenção de identificar os pontos os quais se realizaram as coletas foi criado um mapa de localização a partir da imagem de satélite SPOT5 em composição colorida R1G2B3. Essas foram inseridas no software Arc Gis® 9.3 e trabalhadas no aplicativo Arc Map™, como mostra a figura 5.

Para questão de esclarecimento, as análises de alcalinidade, sólidos suspensos, dissolvidos e sedimentáveis, turbidez, condutividade, Demanda Química de Oxigênio (DQO), clorofila-a e turbidez foram realizadas no Laboratório de Águas, Sedimentos, e Biologia do Pescado (LASP). O laudo para análise de cobre foi emitido pelo Centro de Ecologia (CENECO). Os métodos utilizados pelo LASP e pelo CENECO foram baseados em Eaton (2005).

A granulometria seguiu os processos descritos por Wentwort (1922) e Krumbein (1934) e realizada no Laboratório de sedimentologia do Centro de Estudos Costeiros de Geologia Costeira e Oceânica (CECO). A difração de raios X foi obtida no Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica (CPGq).

##### 4.3.1 Alcalinidade

A análise foi realizada, transferido 100 mL ( $V_{am}$ ), de cada amostra de 1 L, para frascos Erlenmeyer, adicionados 5 gotas do indicador fenoftaleína. Após esse processo, foi titulado com padrão de ácido sulfúrico 0,02 M até o desaparecimento

da cor rosa, o volume gasto para o processo é indicado por  $V_1$ . Em seguida foram acrescentadas 5 gotas do indicador misto e reiniciada a titulação até a viragem da cor esverdeada para salmão, o volume gasto é indicado por  $V_2$ . Os valores são distribuídos e calculados conforme a tabela 1.

$$\text{ALCALINIDADE PARCIAL (CaCO}_3\text{ mg/L)} = \frac{V_1 * N * 50.000}{V_{am}}$$

$V_1$  = volume (ml) de ácido gasto até o desaparecimento da cor rosa.

N = normalidade do ácido sulfúrico.

$V_{am}$  = volume (ml) da amostra empregada na titulação.

$$\text{ALCALINIDADE TOTAL (CaCO}_3\text{ mg/L)} = \frac{V_2 * N * 50.000}{V_{am}}$$

$V_2$  = volume total (ml) de ácido gasto até a viragem final.

Tabela 1 Cálculos para alcalinidade de líquidos.  
Fonte: Eaton (2005)

Resultado da titulação	Alcalinidade de hidróxidos (CaCO <sub>3</sub> mg/L)	Alcalinidade de carbonatos (CaCO <sub>3</sub> mg/L)	Alcalinidade de bicarbonatos (CaCO <sub>3</sub> mg/L)
P=0	0	0	P
P<1/2T	2P	2	T-2P
P=1/2T	0	2P	0
P>1/2T	2P-T	2(T-P)	0
P=T	T	0	0

#### 4.3.2 Sólidos suspensos

Para esses, foram transferidos 100 mL de água da amostra para um cone Inhoff, deixando o líquido decantar por 45 min. Com uma pipeta foi adicionada água nas paredes do cone na intenção de remover o material possivelmente existente, repetindo-se o repouso por mais 15 min. O volume de sólido decantado de cada amostra foi registrado.

#### 4.3.3 Sólidos totais dissolvidos

Para exame, dezoito cadinhos metálicos, cada um para uma amostra de água, foram secos em uma mufla a 50 °C, resfriados em um dessecador, com auxílio

de uma bomba de vácuo, e pesados em balança de precisão elétrica de 0,001g. As amostras passaram por um sistema de filtração à vácuo utilizando filtro de fibra de vidro 0,7  $\mu\text{m}$ , 47 mm de diâmetro. Dos 100 mL filtrados, 50 mL foram destinados para os cadinhos, que retornaram para mufla, permanecendo por 24 h. Os sólidos dissolvidos sedimentaram no fundo dos cadinhos após a secagem, e esses foram novamente pesados. Os valores resultantes passaram por conversão e proporção para 1 L.

#### **4.3.3 Sólidos sedimentáveis**

Para esses, usou-se 18 cadinhos, cada um com um filtro de fibra de vidro 0,7  $\mu\text{m}$ , 47 mm de diâmetro, que foram secos em uma mufla por 1/2 h, resfriados em um dessecador e pesados em balança de precisão elétrica de 0,001 g. Cada amostra líquida teve 100 mL transferidos para um sistema de filtração a vácuo, utilizando os filtros pesados anteriormente. Ao final do processo, os filtros e cadinhos foram novamente para mufla e, 24 h depois pesados. Os valores resultantes passaram por conversão e proporção para 1 L.

#### **4.3.4 Clorofila-a**

A análise tem início com a filtragem de 100 mL da amostra, utilizando-se filtro de membrana de 0,45  $\mu\text{m}$ , 47 mm de diâmetro, em um sistema de filtragem a vácuo, para acelerar o processo. Após, o filtro foi dobrado com o precipitado voltado para parte interna e transferido para um tubo de ensaio envolto em papel alumínio contendo 8 mL de acetona 90%. Os tubos foram mantidos por 24 h sob refrigeração a 4°C. No dia seguinte, os recipientes foram centrifugados a 4°C por 15 min a velocidade de 5.000 rpm. Ao final, o conteúdo foi vertido para outro tubo de ensaio de 10 ml e avolumado com acetona 90%. As amostras foram inseridas no espectrorradiômetro, no qual foram anotadas as absorbâncias do líquido às radiações de 665 nm e 750 nm.

#### **4.3.5 Condutividade**

A mostra foi inserida em um agitador magnético com barra e, para obtenção dos resultados, utilizou-se um condutivímetro. Os valores relativos da corrente elétrica foram anotados.

#### **4.3.6 Cobre**

A análise foi baseada no método de Espectrofotometria de Absorção Atômica/Eletrotérmica aplicando a digestão com ácido nítrico em sistema aberto. O resultado deu origem ao relatório de ensaio n°214/2012-AA, presente no anexo A.

#### **4.3.7 DQO**

Em um balão chato, adicionou-se 50 mL da amostra juntamente com sulfato de mercúrio (1 g) e 25 mL de solução de dicromato de potássio 0,004167 M. Pérolas de vidro foram adicionadas à solução de 70 mL de reagente de digestão. Aqueceu-se o balão em refluxo por 2 horas. Deixou-se o balão resfriar. Diluiu-se o conteúdo do balão para aproximadamente 300 mL com água destilada. Espera-se esfriar o balão. Adicionou-se de 8 a 10 gotas de indicador e titulou-se com solução de sulfato ferroso amoniacal até virada do indicador para castanho.

#### **4.3.8 Granulometria**

Os sedimentos foram transferidos dos sacos plásticos para bacias de alumínio, permanecendo 48 h em estufa, a 50 °C. Depois de seco o material foi desagregado em um almofariz, com auxílio de pistilo e quarteado até atingir 40 g. A seguir o material foi pesado em uma balança com precisão de quatro casas decimais.

O material foi colocado em copos de Becker com água destilada para a separação de grossos e finos e, via a úmido, passados em uma peneira com abertura de malha 0,062 mm. Os grossos ficaram retidos na peneira e os finos recolhidos em uma proveta de 1.000 mL. Esta amostra chamada heterogênea, dentro da proposta da análise textural, sofreu dois processos: os grossos peneiração

e os finos decantação. Os dois processos são unidos, dentro da relação pesos finais, para a execução de frequências simples e acumulada. Os dados obtidos, dentro da relação granulométrica, foram equacionados em um programa no qual fornece as frequências acima citadas como também dados do diagrama triangular segundo “SHEPARD”.

Na execução da análise granulométrica dos sedimentos grossos foi utilizado um jogo de peneiras com intervalos inteiros: 1 phi-“mm” sendo que os sedimentos grossos tiveram uma moda expoente em 0,125 mm, areia fina. Para os sedimentos finos, tendo como objetivo a separação do silte das argilas em percentual (%), foi dado um tempo de 2 h 03 min, quando todo o silte assentou a uma altura inferior a 10 cm da base da proveta de 1.000 mL. Com uma pipeta graduada de 20 ml retirou-se uma alíquota de 20 mL que após cálculos e compensações matemáticas se chegou ao percentual de silte e das argilas no meio em suspensão.

#### **4.3.9 Difração de raios X**

Duas frações de sedimento com aproximadamente 50 g, previamente secos em estufa a 50 °C por 48 h, foram enviadas para análise. Uma correspondente ao ponto 2 da jazida e outra ao ponto 2 da lagoa. O processo verifica a ocorrência de argilominerais e fases minerais presentes nas amostras. Como método, utilizou-se a chamada análise em pó de rocha e lâmina orientada na fração granulométrica < 4 µm para os argilominerais.

##### **4.3.9.1 Método do Pó**

Realizada apenas na amostra da jazida. Na amostra em pó, cerca de aproximadamente 10 g do material pulverizado ou desagregado é depositado em um sulco na lâmina de vidro procurando-se preservar a desorientação das partículas; é a chamada análise total na condição natural em pó (condições ambientais) ou do pó.

##### **4.3.9.2 Método Orientado**

As amostras orientadas são preparadas conforme o seguinte procedimento: quarteamento da amostra; desagregação em gral de porcelana; desagregação por

agitação durante 14 h em agitador orbital; desagregação por ultra-som de ponteira durante 5 min com amostra em solução. Com a amostra em solução estabiliza-se a temperatura para controlar a viscosidade do fluido.

De acordo com a planilha eletrônica baseada na Lei de Stokes calcula-se o tempo de decantação respectivo de cada fração. O processo de decantação normal é utilizado para separar da amostra a fração  $< 4 \mu\text{m}$ . O tempo estipulado para essa fração é de 1h 10min aproximadamente, pois depende da temperatura em que se encontra a solução a ser decantada, pois a viscosidade se altera com a temperatura da solução.

Com a fração granulométrica separada,  $< 4 \mu\text{m}$ , foi pipetada a solução em duas lâminas especiais que irão secar ao ar ambiente, e ao secar têm-se as amostras orientadas em lâminas; desta forma, privilegia-se as faces 001 para a identificação de argilominerais. Em seguida uma das amostras será analisada aos raios X, condição natural de análise; a outra será calcinada a  $550 \text{ }^\circ\text{C}$  em forno elétrico por 2 h e 30 min., e deixada resfriar dentro do forno por 14 h após desligar o mesmo, condição calcinada para análise ao difratômetro de raios X (figura 6).

A amostra orientada natural depois de analisada na condição natural é saturada com etilenoglicol para verificar a existência ou não de argilominerais expansivos na análise difratométrica. Para isto a amostra é borrifada com etilenoglicol e o excesso retirado com papel absorvente, chegamos assim a amostra em condição glicolada a ser analisada (figura 6).

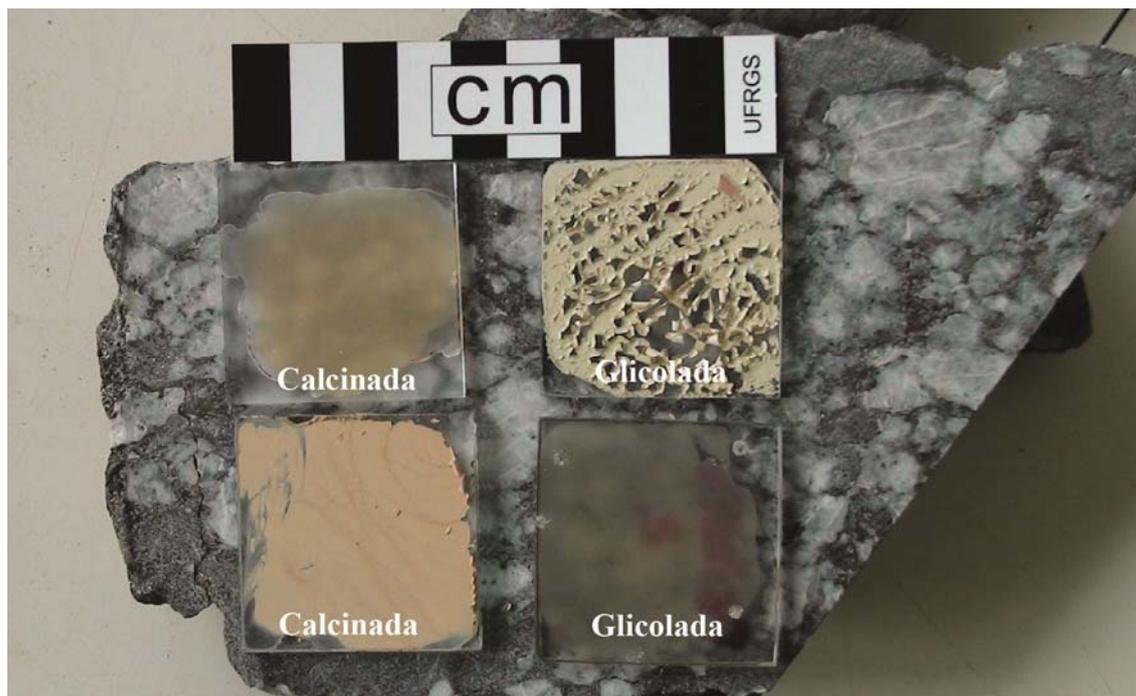


Figura 6- Lâminas de sedimento da jazida Raul Moro e da lagoa Peixoto para análises de raios X nas condições calcinada e glicolada.

Fonte: Eduardo Guimarães Barboza

#### 4.3.9.2 Condições Analíticas

O equipamento utilizado é um difratômetro SIEMENS – BRUKER-AXS D5000 com goniômetro  $\theta$ - $\theta$ . A radiação é  $K\alpha$  em tubo de Cobre nas condições de 40 Kilowatt (kV) e 30 miliampere (mA). A velocidade e o intervalo de varredura do goniômetro para cada tipo de análise é de dois segundos para  $0,02^\circ$  de degrau do goniômetro de  $2$  a  $72^\circ 2\theta$ , na amostra em pó e seis segundos para  $0,02^\circ$  de degrau do goniômetro de  $2$  a  $28^\circ 2\theta$  para amostra orientada.

Os minerais identificados, na análise total, apresentam-se comparados com padrões do banco de dados do computador e indicado sobre o pico mais importante e diagnóstico do mineral. As análises são interpretadas através do programa DIFFRAC<sup>PLUS</sup> em que os picos são indexados no difratograma. Salienta-se que o método dificilmente identifica estruturas cristalinas que ocorram em quantidades inferiores a 3 - 5% na amostra analisada.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A imagem do satélite Landsat 7, sensor ETM+ foi analisada no modo multiespectral com as bandas do visível e infravermelho tanto em composição quanto individualmente, conforme indicado na figura 7. Para resultar na imagem colorida, ilustrada na figura 7a as bandas foram sobrepostas formando a composição R3G2B1. Por ela é possível identificar o intenso contraste de cores entre a água de uma lagoa natural (contorno amarelo) e outra artificial (contorno vermelho), no caso a lagoa Peixoto e a cava de extração de areia.

A cor ciano que contrasta é identificada como a reflexão intensa e mútua das cores azul e verde, demonstradas pelas bandas isoladas 1 e 2 das figuras 7b e 7c. A partir da banda 3 e, mais visível no infravermelho, o contraste diminui, inferindo as cores pouco refletidas pelo corpo d'água, no caso o vermelho (figura 7d). A cor preta da lagoa indica a absorção de todos os comprimentos de onda, bandas de cores, do espectro visível pela água. As fotografias, indicadas pelas figuras 8a e 8b do local, comprovam o contraste das imagens de satélite.

Entre as hipóteses levantadas para explicar a cor ciano da água estão: a proliferação intensa de cianobactérias; a contaminação pelo metal cobre; a presença de carbonato; a ausência de matéria orgânica e pouco sedimento em suspensão; a interferência da energia luminosa por minerais suspensos específicos. Caso a caso são relatados abaixo.

A manifestação das cianobactérias altera o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos em que estão presentes, criando um biofilme superficial de cor verde, alterando a transparência da água (BRANDÃO; DOMINGOS, 2006). Porém, no local, a água apresentava altos valores de transparência (tabela 2) quando comparadas a Lagoa Peixoto, sem apresentar sinal de biofilme. O mesmo pode ser indicado pelos baixos valores de turbidez (tabela 3) testados em laboratório. A baixa condutividade, indicadora indireta da presença de matéria orgânica, e a inexistência de clorofila-a em cinco dos seis pontos amostrados na cava, corroboram para exclusão dessa hipótese para origem da cor azul-esverdeada.

A poluição de corpos d'água pelo metal cobre, dissolvido ou em suspensão, colore de ciano esse líquido. A objeção para existência desse metal no local está na geologia da região de Osório, que não apresenta formações de grupos de minerais sulfetados ou oxidados, aos quais o metal está associado. As análises laboratoriais,

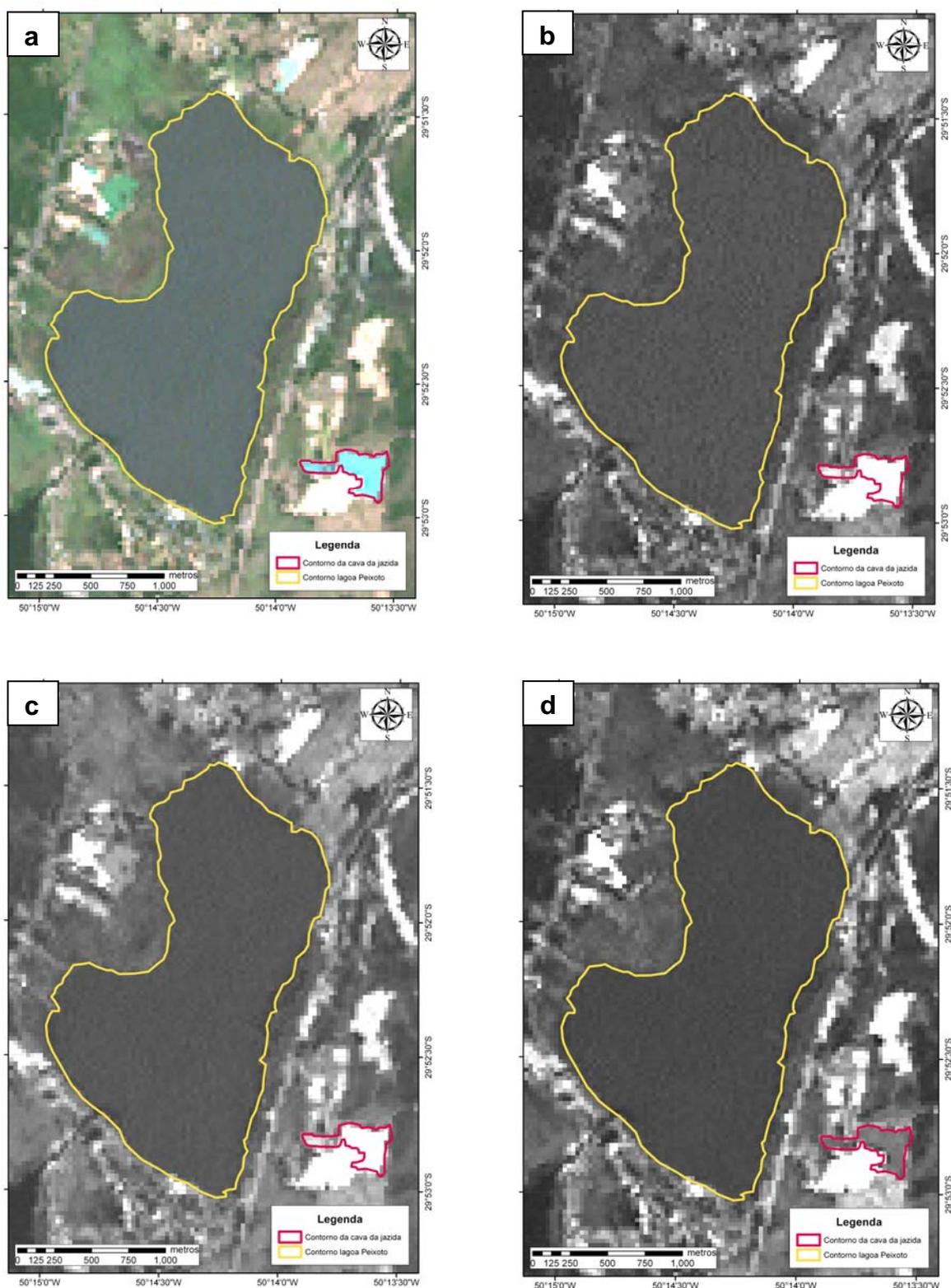


Figura 7- Comportamento espectral da água na cava de extração de areia Raul Moro & Filhos e lagoa Peixoto conforme a banda espectral do satélite Landsat 7 ETM+ a) Composição colorida com contraste da cor ciano na cava e preta na lagoa, b) Banda 1 com elevada reflectância da água da cava indicada pela cor branca c) Banda 2 com elevada reflectância na cava, indicada pela cor branca d) Banda 3 com menor reflectância em relação as demais bandas do visível, indicada pela cor cinza. Fonte: Adaptado pela autora de THE GLOBAL (2005)



Figura 8- Contraste na coloração das águas ciano e marrom a) Cava de extração de areia da jazida Raul Moro & Filhos e b) Lagoa Peixoto. Fotografias de maio/2012.  
Fonte: autora (2012).

realizadas no CENECO, indicam a presença de 3,37  $\mu\text{g/L}$  de cobre, valor ínfimo, admitido mesmo para águas que podem ser destinadas ao consumo humano, as quais o permitido é de 0,009 mg/L, segundo a resolução do CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005). Para que haja coloração visível, são necessárias concentrações superiores a 2,5 mg/L do metal (COPPER, 2004). Essas condicionantes corroboram para eliminação da hipótese.

Tabela 2- Dados coletados em campo.  
Fonte: autora (2012)

Nome dos pontos		Coordenadas geográficas dos pontos	Transparência (m)	Profundidade (m)
Lagoa Peixoto 1	P1	29°52'38.39" S 50°14'41.71" W	0,4	1,3
Lagoa Peixoto 2	P2	29°52'18.77" S 50°14'17.95" W	0,4	1,8
Lagoa Peixoto 3	P3	29°51'52.42" S 50°13'52.39" W	0,3	1,1
Jazida Raul 1	R1	29°52'47.42" S 50°13'44.29" W	1,2	1,2
Jazida Raul 2	R2	29°52'50.88" S 50°13'38.60" W	2,9	4,7
Jazida Raul 3	R3	29°52'54.23" S 50°13'35.53" W	2,1	2,9

O carbonato de cálcio (calcário) coloidal, comum em lagos de água dura, produz na água uma coloração azul-esverdeada segundo WETZEL (1983). Para as cavas de extração de areia em Osório essa possibilidade foi descartada ao realizar a análise de alcalinidade. Para o resultado indicar carbonato, haveria a necessidade

da reação com o indicador fenoftaleína produzir a cor rosa durante a primeira titulação do processo, o que não ocorreu. De acordo com Eaton (2005), quando a titulação Parcial (P) é igual a zero, não é detectada alcalinidade de hidróxidos e carbonatos, apenas alcalinidade de bicarbonatos, calculada através do resultado de volume de titulação da alcalinidade total.

Na amostra enviada para difração de raios X também não foi verificada a existência de fases minerais carbonatadas na análise de rocha total ou pó. A hipótese carbonática, pelos métodos laboratoriais, foi descartada.

A ausência de matéria orgânica foi comprovada pelos métodos laboratoriais de DQO, condutividade, sólidos sedimentáveis, dissolvidos (tabela 3), mostrando valores muito baixos ou inexistentes quando comparados a lagoa Peixoto. Os sólidos inorgânicos, como os minerais, podem ser medidos pelos sólidos totais dissolvidos. Para esses, os valores encontrados foram baixos, com exceção dos pontos 1 e 3 na profundidade intermediária. A razão provável está na proximidade com as bordas da cava, sofrendo maior ação do vento e por conseqüência aporte e revolvimento de sedimento. Pela situação geral, a coloração ciano estaria explicada.

Quanto à granulometria do sedimento, os resultados, explícitos na figura 9, demonstram a predominância de argila e silte na cava da jazida, enquanto na lagoa Peixoto ocorre um gradiente diminuindo o tamanho do grânulo à medida que se aproxima do centro do corpo d'água. No ponto 1, próximo ao canal que liga a lagoa Marcelino, prevalece o silte e argila (86%) e em menor quantidade, areia fina e muito fina (13,6%). No ponto 2, silte e argila compõe 98% do substrato e, no ponto 3, a composição é feita por areia fina e muito fina (78,5%) e, em menor quantidade, silte e argila (20,8%).

O gradiente granulométrico e a batimetria da lagoa comprovam as afirmações de Villwock e Tomazelli (1995, 2000), referentes a dinâmica hídrica. Os siltes permanecem na parte central e profunda do corpo hídrico e as fácies com maior porção arenosa nas margens rasas. Isso ocorre em função da pouca energia hídrica para o deslocamento dos grãos maiores da margem. A explicação deve-se a maior energia necessária para o arraste dos grãos maiores, como as areias, para o centro.

No laboratório de difratometria de raios X, a composição mineral dos sedimentos foi identificada. Na amostra da cava (figura 10 e 11) verificou-se as fases minerais da Caolinita e Ilita sem a presença de fases minerais expansivas e também a ocorrência de quartzo.

Tabela 3- Análise laboratorial das propriedades físico-químicas da água da cava de extração de areia Raul Moro & Filho e da Lagoa Peixoto.  
 Fonte: LASP

Amostras	Turbidez (NTU)	DQO (mg L <sup>-1</sup> )	Alcalinidade (mg L <sup>-1</sup> )	Condutividade (µS cm <sup>-1</sup> )	Clorofila a (µg L <sup>-1</sup> )	Sól. Suspensos (mg L <sup>-1</sup> )	Sól. Sedimentáveis (mg L <sup>-1</sup> )	STD (mg L <sup>-1</sup> )	
Raul Moro	1	S	8.1	-	11.16	38.6	ND	ND	40.0
Raul Moro	1	M	5.3	-	11.16	38.8	ND	ND	140.0
Raul Moro	1	F	22.2	23.53	11.16	38.3	ND	ND	52.0
Raul Moro	2	S	15.6	-	8.37	38.6	ND	ND	44.0
Raul Moro	2	M	6.4	-	8.37	38.3	ND	ND	ND
Raul Moro	2	F	12.6	ND	8.37	40.3	ND	ND	60.0
Raul Moro	3	S	13.6	-	8.37	39.2	ND	ND	22.0
Raul Moro	3	M	22.5	-	8.37	38.8	ND	ND	246.0
Raul Moro	3	F	115.0	ND	8.37	40.4	7.91	15	48.0
Peixoto	1	S	124.0	-	30.69	182.6	2.26	ND	304.0
Peixoto	1	M	115.0	-	27.90	176.5	ND	6	126.0
Peixoto	1	F	171.0	133.33	27.90	180.9	13.56	179	220.0
Peixoto	2	S	155.0	-	13.95	141.5	11.30	1	186.0
Peixoto	2	M	162.0	-	27.90	139.9	ND	ND	178.0
Peixoto	2	F	253.0	211.77	16.74	140.0	4.52	646	416.0
Peixoto	3	S	155.0	-	27.90	141.1	ND	ND	52.0
Peixoto	3	M	161.0	-	19.53	137.6	2.26	30	150.0
Peixoto	3	F	132.0	298.04	22.32	136.0	ND	105	206.0
ND:				< 5,00			< 0,1	< 0,1	< 0,1

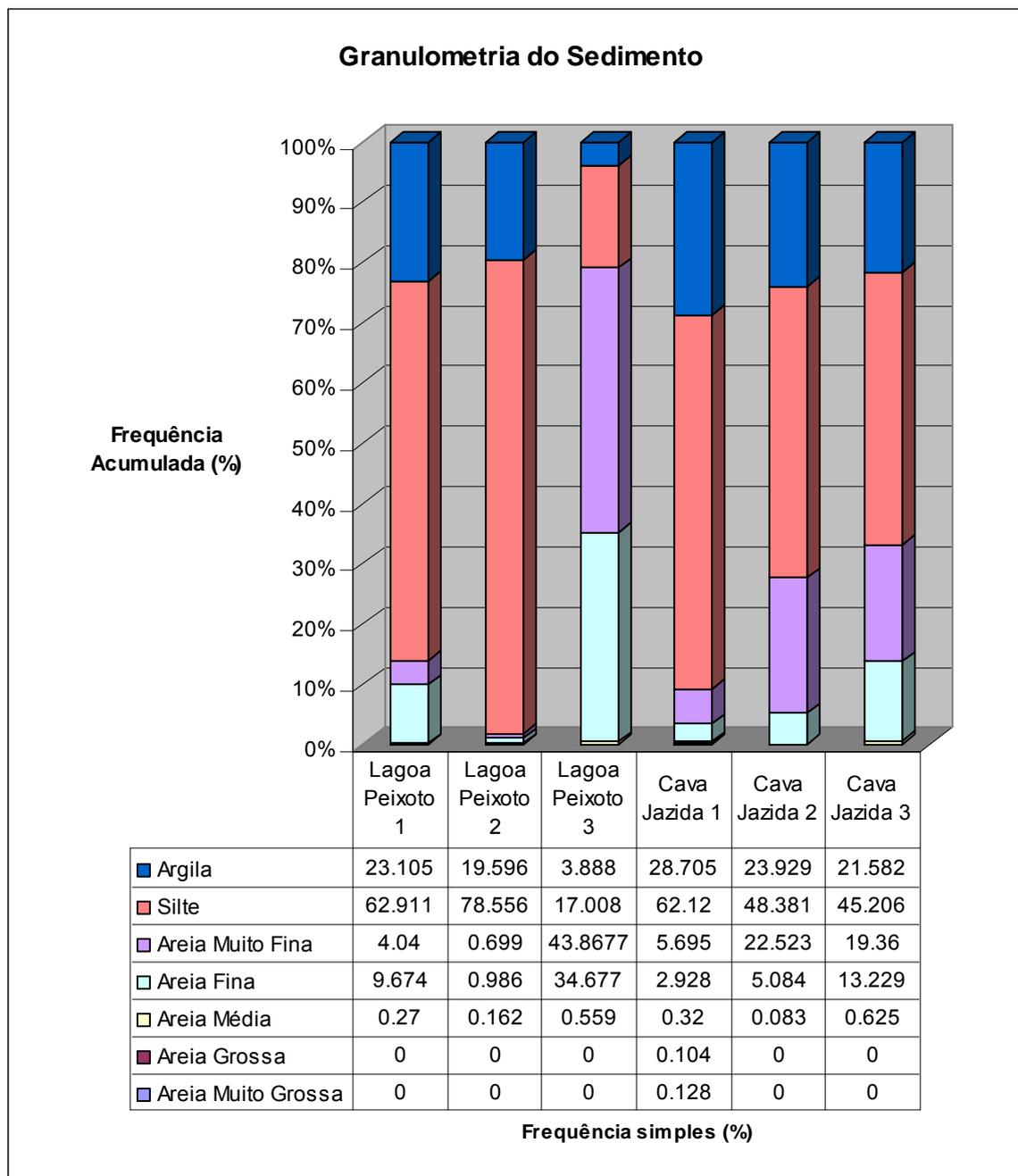


Figura 9- Gráfico da frequência granulométrica simples e acumulada do sedimento coletado na cava de extração de areia Raul Moro & Filhos e da lagoa Peixoto.  
 Fonte: Adaptado dos dados fornecidos pelo Laboratório de Sedimentologia do CECO.

O mesmo ocorre na análise orientada da amostra da lagoa Peixoto (figura 12), mas com a ocorrência de fases expansivas em interestratificados de Ilita-esmectita (I/S) como hipótese mais provável. Isto é evidenciado uma vez que há uma expansão na intercamada do argilomineral de 14,87 Å (difratograma natural) para 16,75 Å (difratograma glicolada). Se o argilomineral estivesse puro sua expansão alcançaria os 17 Å.

Segundo Epiphanyo *et al.* (1992) a illita tem baixa reflectância para comprimentos menores que 1,7  $\mu\text{m}$  (infravermelho próximo) assim como a caulinita com picos de absorção em 1,4  $\mu\text{m}$  e 2,2  $\mu\text{m}$  e, por fim, o quartzo puro sem feições espectrais no visível e infravermelho próximo, com resposta espectral apenas a partir da banda infravermelho médio. O fato de tais comportamentos serem apresentados no solo e não na presença de água, impede uma conclusão definitiva para a interação desses minerais com o meio líquido e a possível relação com a coloração do mesmo.

Figura 10- Gráfico de mineralogia total, pela difração de raios X, do sedimento da cava de extração de areia Raul Moro & Filhos do ponto 2 O pico das curvas indicam a presença de Quartzo, K-feldspato, Plagioclásio e Ilita..  
 Fonte: Laboratório de Difração de Raios X do CGPq

## RAUL 2

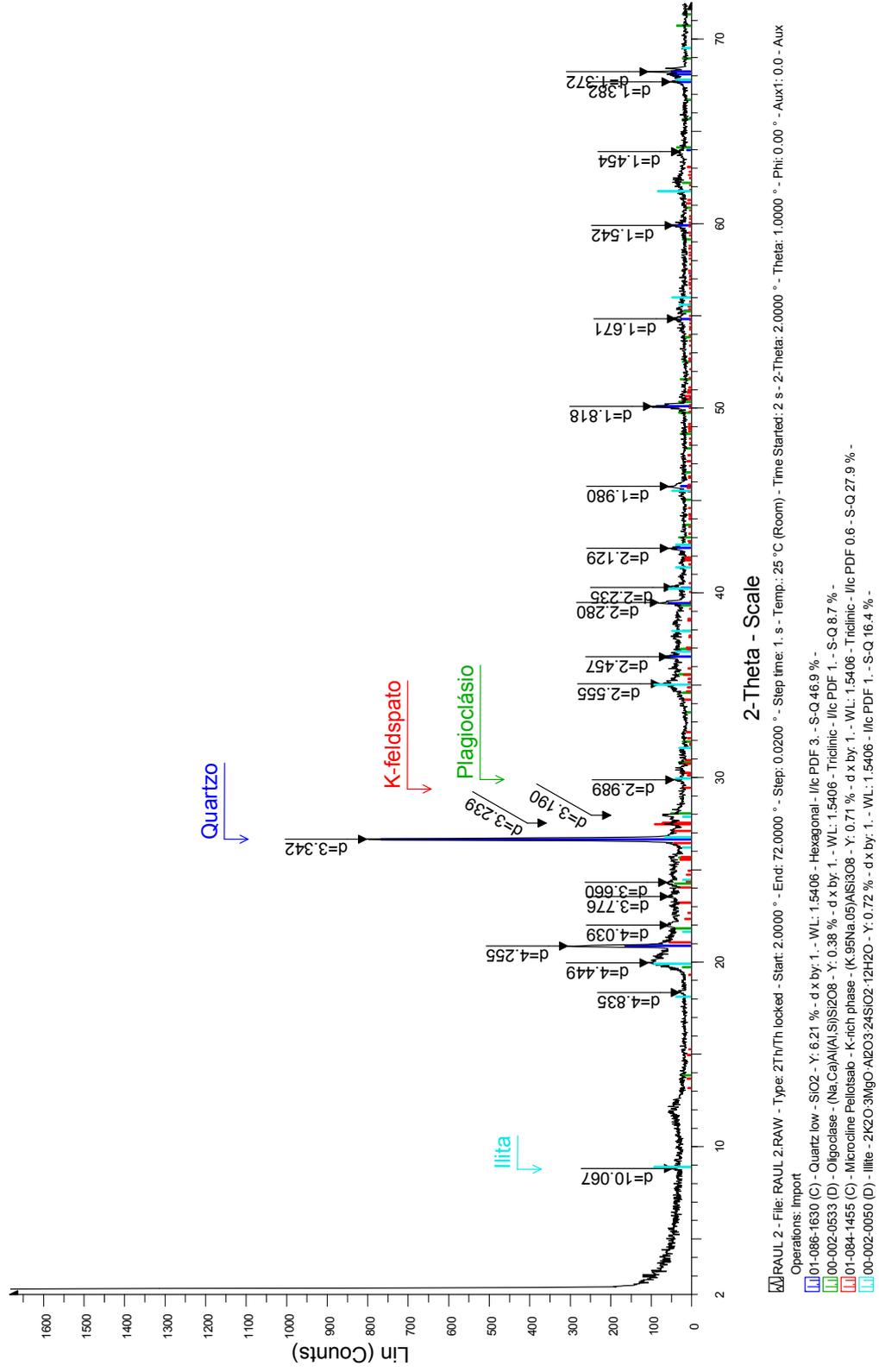
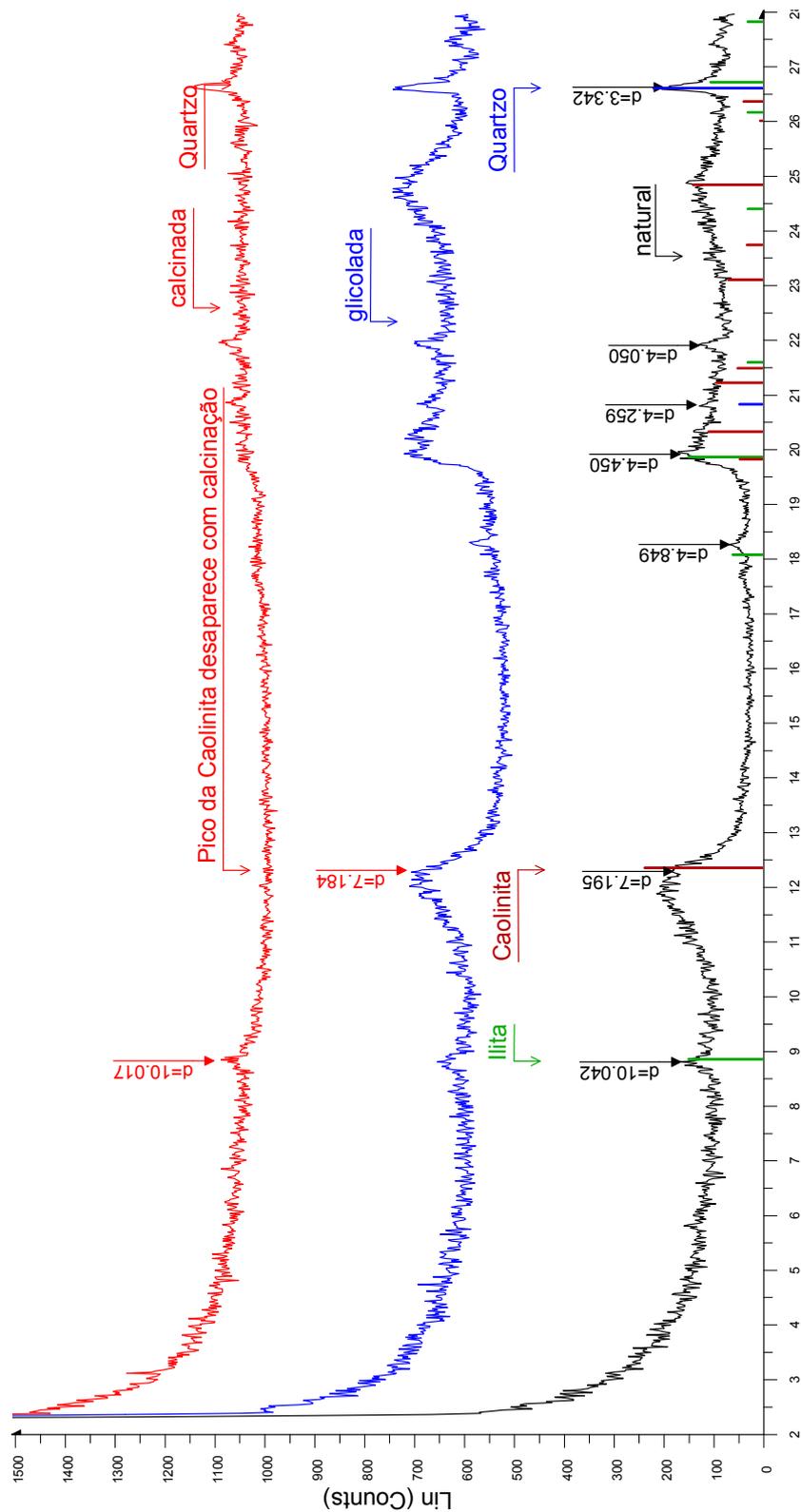


Figura 11- Gráfico da difração de raios x do ponto 2 da jazida Raul Moro pelo método orientado. Os picos das curvas indicam a presença de Caolinita, illita e quartzo.  
 Fonte: Laboratório de Difração de Raios X do CGPq

## RAUL 2

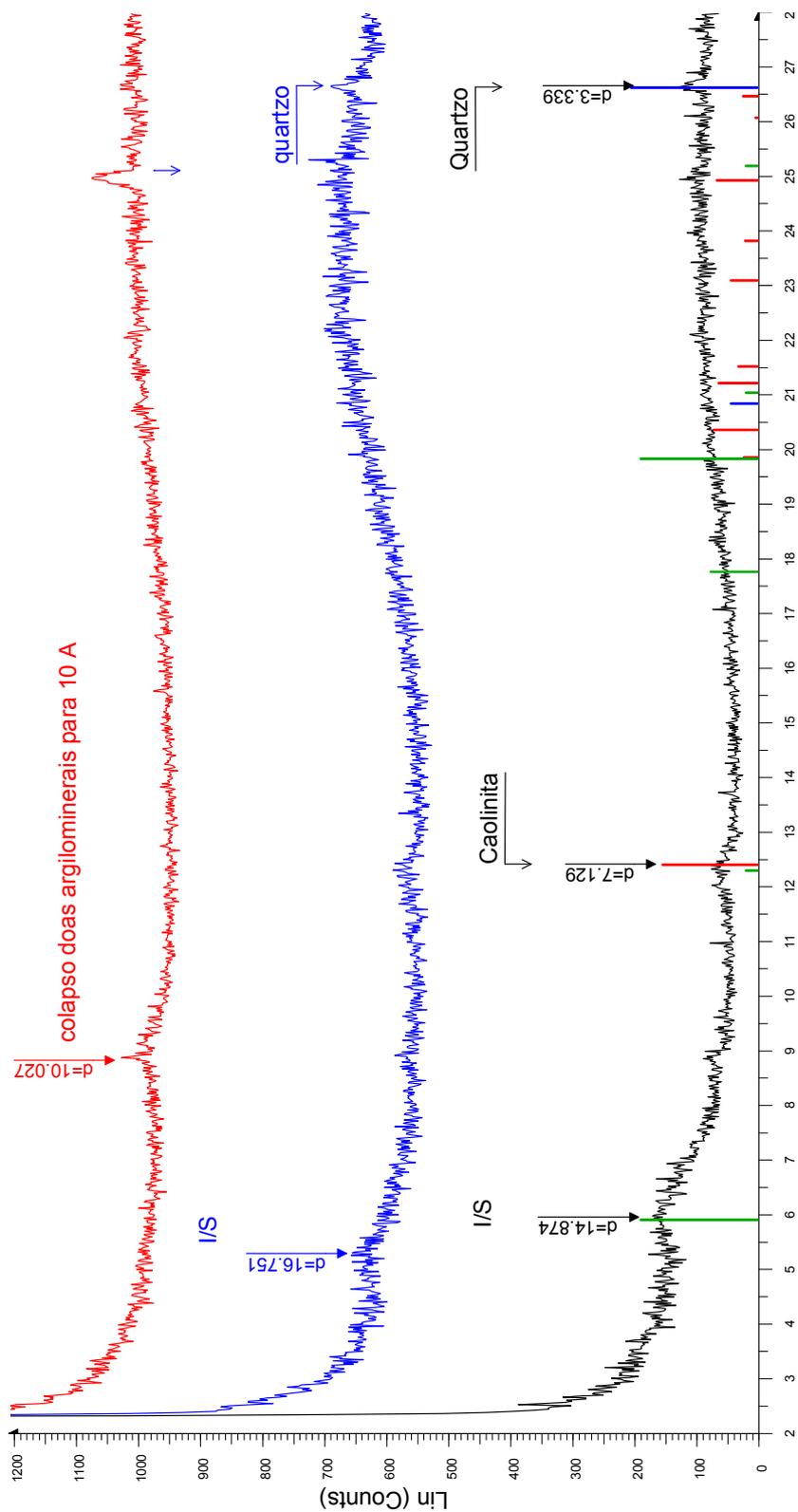


### 2-Theta - Scale

RAUL 2 - File: N RAUL 2.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.0000° - End: 28.0000° - Step: 0.0200° - St  
 Operations: Import  
 G RAUL 2 - File: G RAUL 2.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.0000° - End: 28.0000° - Step: 0.0200° - St  
 Operations: Y Scale Add 458 | Import  
 C RAUL 2 - File: C RAUL 2.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.0000° - End: 28.0000° - Step: 0.0200° - St  
 Operations: Y Scale Add 83 | Y Scale Add 875 | Import  
 01-086-1630 (C) - Quartz low - SiO2 - Y: 0.75% - d x by: 1, - WL: 1.5406 - Hexagonal - I/c PDF 3 - S-O 16.2  
 00-002-0050 (D) - Illite - 2K2O-3MgO-Al2O3-2SiO2-12H2O - Y: 0.51% - d x by: 1, - WL: 1.5406 - I/c PDF 1 - S-

Figura 12- Gráfico da difração de raios X na lagoa Peixoto ponto 2 pelo método orientado. Os picos das curvas indicam a presença de Caolinita, Quartzo e Illita-esmectita.  
 Fonte: Laboratório de Difração de Raios X do CGPq

## PEIXOTO 2



**2-Theta - Scale**

N PEIXOTO 2 - File: N PEIXOTO 2.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.0000 ° - End: 28.0000 ° - Step: 0.02  G PEIXOTO 2 - File: G PEIXOTO 2.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.0000 ° - End: 28.0000 ° - Step: 0.02000  
 Operations: Import  
 C PEIXOTO 2 - File: C PEIXOTO 2.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.0000 ° - End: 28.0000 ° - Step: 0.02  
 Operations: Y Scale Add 458 | Import  
 01-083-0971 (C) - Kaolinite - Al<sub>2</sub>(Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)(OH)<sub>4</sub> - Y: 0.60 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - I/c PDF 1. - S-  
 01-086-1630 (C) - Quartz low - SiO<sub>2</sub> - Y: 0.80 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - I/c PDF 3. - S-Q 16.7  
 Operations: Y Scale Add 917 | Import

## 6 CONCLUSÕES

A análise espectral da região cumpriu com o seu papel à medida que mostrou fidelidade no contraste das cores dos diferentes corpos d'água, como identificado em campo. Pelas características físico-químicas e comportamento espectral apresentados pelos componentes da água, foi possível descartar algumas das hipóteses levantadas previamente a saída de campo, como indicado na figura 13.

Deve-se destacar o fato das análises comprovarem a ausência de poluentes no meio aquático. Esse indicativo ressalta a importância dos métodos abordados para uma melhor gestão costeira na busca pelo ambiente sadio.

Para as suposições que ficaram incertas, são necessários outros procedimentos complementares mais conclusivos, como a análise óptica dos elementos minerais (argilo-minerais), não prevista inicialmente no trabalho. Por esse motivo, sugere-se, para trabalhos futuros, a implementação desse método, de modo a complementar a explicação quanto à coloração da água encontrada nessas cavas de extração de areia.

HIPÓTESES	VERACIDADE	
	Possível	Descartada
Presença de carbonato (CaCO <sub>3</sub> )		X
Presença de cobre (Cu)		X
Proliferação de Cianobactérias		X
Interferência espectral por argilo-minerais	X	
Ausência de compostos dissolvidos ou em suspensão	X	

Figura 13- Quadro de hipóteses prévias e suas referentes respostas ao final do trabalho.  
Fonte: autora (2012).

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto da dinâmica de circulação da água do sistema planície de Curai/ Rio Amazonas**. INPE, São José dos Campos, 2005. 286 p. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/teses/claudio/tese\\_claudio\\_barbosa.pdf](http://www.dpi.inpe.br/teses/claudio/tese_claudio_barbosa.pdf) Acesso em: 01/06/2012
- BRANDÃO, L. H.; DOMINGOS, P. Fatores ambientais para floração de cianobactérias tóxicas. *Saúde & Ambiente em Revista*, Duque de Caxias, v.1, n.2, p.40-50, 2006.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 001, de 23 de janeiro de 1986**. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html> Acesso em: 24/09/2011.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 357, de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> Acesso em: 22/06/2012
- COPPER in drinking-water. World Health Organization, 2004. Disponível em: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/copper.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/copper.pdf) Acesso em: 18/07/2012.
- CPRM 2008. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Sul**. Programa de Geologia do Brasil. Integração, Atualização e Difusão de Dados de Geologia do Brasil. Mapas Geológicos Estaduais em Sistema de Informações Geográficas – SIG. Escala 1:750.000. DVD Rom. Bueno *et al.* (2007).
- EATON, A. D. **Standard methods for the examination of water & wastewater**. 21 ed. Washington: American Public Health Association, 2005. (várias paginações).
- EPIPHANIO, J.C.N *et al.* **Comportamento espectral dos solos do estado de São Paulo**. INPE, São José dos Campos, 1992. 142 p. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.19.23.05/doc/publicacao.pdf> Acesso em: 01/06/2012

ESTEVEES, F. De A. (coord.). **Fundamentos de limnologia**. 3ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826p.

FARIAS, C. E. G. **Mineração e meio ambiente no Brasil**. Disponível em: <[http://www.cgee.org.br/arquivos/estudo011\\_02.pdf](http://www.cgee.org.br/arquivos/estudo011_02.pdf)> Acesso em: 23/09/2011

FARINA, F. C. **Sistema de informação geográfica (SIG) estratégico do potencial energético renovável da Planície Costeira do RS**. Tese (doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós Graduação em Geociências, Porto Alegre, BR-RS, 2009. 149p.

FERRARO, L. W.; HASENACK, H. Clima. *In*: WURDIG, N. L. *et al.* **Ecossistemas e biodiversidade do Litoral Norte do RS**. Porto Alegre: Nova Prova, 2009. p.25-31.

FONSECA, F. F. A. Mineração e ambiente. *In*: TAU-K-TORNISIELO, GOBBI, N., FOWLER, H. G.(Org.). **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995, p. 177-181.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 101p.

GUASSELLI, L. A. **Avaliação do comportamento espectral de lagoas do litoral norte/RS em relação a alguns parâmetros limnológicos**. 64 f. Dissertação (mestrado em Sensoriamento Remoto) - Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

HECHT, E. **Óptica**. 2ed. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa: Gráfica de Coimbra Lda., 2002. 790p.

KRUMBEIN, W.C. Size frequency distribution of sediments. **Journal of Sedimentary Petrology**, v.4, 1934. p. 65-77.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation**. 5 ed. EUA: Wiley, 2004. 763p.

MALUF, J.R. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.

MORAES, P. B. **Tratamento biológico**. Centro Superior de Educação Tecnológica. Universidade Estadual de Campinas. 2008. 14 p.

Disponível em: < [http://webensino.unicamp.br/disciplinas/ST502-293205/apoio/2/Resumo\\_caracteriza\\_o\\_de\\_efluentes\\_continua\\_o.pdf](http://webensino.unicamp.br/disciplinas/ST502-293205/apoio/2/Resumo_caracteriza_o_de_efluentes_continua_o.pdf) > Acesso em: 14/05/2012.

NOVO, E. M. L. De M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2010. 387p.

REIS, F. A. G. V. et. al., Diagnóstico ambiental em minerações de areia e argila no Rio Jaguari Mirim, Município de São João da Boa Vista (SP). **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 2, n. 1, p. 115-134, 2005.

SCAPIN, M. A. **Aplicação da difração e fluorescência de raios X (WDRF): ensaios em argilominerais**. Dissertação de mestrado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear-Materiais. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. 80 p.

STEFFEN, C. A. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Instituto Nacional de pesquisas Espaciais. Divisão de Sensoriamento Remoto. Disponível em: <<http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>> Acesso em: 25/04/2012.

THE GLOBAL Land Cover Facility, 2005, Landsat GeoCover Degree Subset ETM+ Multispectral Bandas 1,2,3,4,5 e 7. University of Maryland Institute for Advanced Computer Studies, College Park, Maryland. Disponível em: <<http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>> Acesso em: 12/08/2011.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (Ed.). GEOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, 2000. p. 375-406.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A.; Mapeamento Geológico de Planícies Costeiras: o Exemplo da Costa do Rio Grande do Sul. **Gravel**. Porto Alegre, n. 3, p. 109-115, 2005.

TOMAZELLI, L.J. *et al.* Aspectos da geomorfologia costeira da região de Osório-Tramandai, Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 1., 1987, Porto Alegre, RS. **Resumos**. Porto Alegre: Abequa, 1987. p.21.

TOMAZELLI, L.J. *et al.* Estratigrafia da barreira III, pleistoceno superior da planície costeira do Rio Grande do Sul. *In*: CONGRESSO DA ABEQUA, 8., 2001, Mariluz, Imbé, RS. **Boletim de resumos**. Porto Alegre : Abequa, 2001. p. 91-92.

UFRJ. Disponível em: <<http://omnis.if.ufrj.br/~coelho/DI/texto.html>> Acesso em: 28/06/2012.

VILLWOCK, J. A. *et al.*; Geology of the Rio Grande do Sul coastal province. *In*: QUATERNARY OF SOUTH AMERICA AND ANTARTIC PENINSULA, Rotterdam: A.A. Balkema, 1986 vol.4, p. 79-97.

VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. Evolução paleogeográfica da Província Costeira do Rio Grande do Sul. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., 1992: São Paulo, SP. **Boletim de resumos expandidos**. São Paulo : SBG, 1992. vol. 1, p. 95.

VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. *In*: **Notas Técnicas**: Ceco/UFRGS. Porto Alegre vol. 8, 45 p., 1995.

VILLWOCK, J. A; **Contribuição a Geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul** - Brasil. 1972. Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS. Dissertação de Mestrado. 133p.

WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class term for clastic sediments, **Journal of geology**, 30, 1972. p.377-392.

WETZEL, R. G. **Limnology**. 2 ed. Philadelphia: Saunders College, 1983. 767p.

## ANEXO

## Anexo A- Relatório de Ensaio n°: 214/2012-AA



INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
CENTRO DE ECOLOGIA



Porto Alegre, 15 de junho de 2012.

## RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 214/2012 - AA.

CLIENTE: Janusa Bersatto Sbruzzi.  
ENDEREÇO: Av. Tramandaí, 1212 - Imbé/RS.  
REQUISIÇÃO DE SERVIÇOS N°: 036/2012.

## AMOSTRA

Tipo: Água de extração de areia.  
Identificação da amostra: Osório.  
Data de Recebimento: 04/06/2012.

## COLETA

Responsável pela coleta: Ana Bárbara Barth Hahn.  
Procedimento de amostragem: Coleta direta.  
Conservação e Transporte: Em caixa de isopor no gelo.  
Data da coleta: 25/05/2012. Hora da coleta: 11h. Local: Osório/RS.

## RESULTADO DO ENSAIO

Parâmetro	Unidade	Resultado	Metodologia	LD
		Osório		
Cobre	µg/L	3,37	EAA/Eletrotérmica	0,681

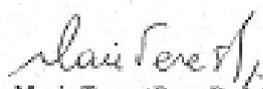
## LEGENDA:

LD = Limite de detecção. EAA = Espectrofotometria de Absorção Atômica.

REFERÊNCIA: Standard Methods 21<sup>st</sup>.

MÉTODO DE DIGESTÃO: Digestão com ácido nítrico em sistema aberto.

NOTA: Os resultados contidos neste relatório têm significação restrita e se aplicam somente à amostra analisada. O Relatório de Ensaio só deverá ser reproduzido na íntegra, não deve ser parcialmente reproduzido sem a prévia autorização do Centro de Ecologia da UFRGS.

  
Maria Teresa Raya Rodriguez  
Eng. Química - CRQ-V: 0530063