



**JULIANO VOLPATO**

**RELAÇÃO ENTRE GEOQUÍMICA E MINERAIS (MAGNETITA, HEMATITA, PIRITA  
E VIVIANITA) EM SEDIMENTOS ESTUARINOS CONTAMINADOS, SANTOS (SP)**

**CAMPINAS**

**2015**





**NÚMERO: 512/2015**  
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**JULIANO VOLPATO**

**RELAÇÃO ENTRE GEOQUÍMICA E MINERAIS (MAGNETITA, HEMATITA, PIRITA  
E VIVIANITA) EM SEDIMENTOS ESTUARINOS CONTAMINADOS, SANTOS (SP)**

**ORIENTADOR: PROF. DR. WANILSON LUIZ SILVA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA AO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNICAMP PARA  
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM GEOCIÊNCIAS NA  
ÁREA DE GEOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA  
DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO JULIANO VOLPATO E  
ORIENTADO PELO PROF. DR. WANILSON LUIZ-SILVA**

---

**CAMPINAS**

**2015**

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca do Instituto de Geociências  
Cássia Raquel da Silva - CRB 8/5752

V888r Volpato, Juliano, 1984-  
Relação entre geoquímica e minerais (Magnetita, Hematita, Pirita e Vivianita) em sedimentos estuarinos contaminados, Santos (SP). / Juliano Volpato. – Campinas, SP : [s.n.], 2015.

Orientador: Wanilson Luiz Silva.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Estuários. 2. Geoquímica. 3. Sedimentos (Geologia). 4. Metais. 5. Minerais. I. Silva, Wanilson Luiz, 1965-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Relation between geochemistry and minerals (Magnetite, Hematite, Pyrite, and Vivianite) in contaminated estuarine sediments, Santos, São Paulo, Brazil.

**Palavras-chave em inglês:**

Estuaries

Geochemistry

Sediments (Geology)

Metals

Minerals

**Área de concentração:** Geologia e Recursos Naturais

**Titulação:** Mestre em Geociências

**Banca examinadora:**

Wanilson Luiz Silva [Orientador]

Ricardo Perobelli Borba

Wilson Thadeu Machado Valle Machado

**Data de defesa:** 06-03-2015

**Programa de Pós-Graduação:** Geociências



**UNICAMP**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS NA  
ÁREA DE GEOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

**AUTOR:** Juliano Volpato

"Relação entre geoquímica e minerais (Magnetita, Hematita, Pirita e Vivianita) em sedimentos estuarinos contaminados, Santos (SP)".

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Wanilson Luiz Silva

Aprovado em: 06 / 03 / 2015

**EXAMINADORES:**

Prof. Dr. Wanilson Luiz Silva - Presidente

Prof. Dr. Ricardo Perobelli Borba

Prof. Dr. Wilson Thadeu Valle Machado

Campinas, 06 de março de 2015.



À minha esposa Talita Juliani





## **AGRADECIMENTO**

Meu sincero agradecimento ao Prof. Dr. Wanilson Luiz Silva pela orientação ao longo da pesquisa e oportunidade de iniciar o trabalho científico em questões geoquímicas ambientais no Programa de Pós-Graduação em Geociências, da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Meu agradecimento também se estende ao Prof. Dr. Ricardo Perobelli Borba, ao Prof. Dr. Alfredo Borges de Campos e ao Prof. Dr. Wilson Thadeu Valle Machado pela leitura do trabalho e importantes contribuições para a produção dessa dissertação. Agradeço à Ms. Alice Bosco Santos pela ajuda com as análises e discussão dos resultados. Agradeço aos técnicos de laboratório Lúcia Helena dos Santos Carvalho, Maria Aparecida Vendemiatto, Jose Maria Galvão Martins Junior e Dailto Silva pelo apoio nas análises laboratoriais. Agradeço também aos órgãos de fomento à pesquisa científica FAPESP (Proc. 08-11511-8), CAPES (concessão da bolsa de estudo) e ao Instituto de Geociências pelo suporte acadêmico e financeiro que tornaram possível a realização dessa pesquisa.



Nunca saberemos o que poderia ser daquilo que não foi  
(Michel Consolação)



## SÚMULA CURRICULAR

### **Juliano Volpato**

Bacharel em Geologia, graduado em julho de 2011 pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), defendeu o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “Mapeamento geológico 1:50.000 da borda leste do arco magmático de Santa Quitéria, região de Apuiarés (CE), Província Borborema”. Durante a graduação, foi bolsista do Programa de Apoio Didático (PAD) na disciplina Mineralogia (GM841) do Instituto de Geociências da UNICAMP, participou de intercâmbio internacional, quando cursou um semestre na Faculdade de Geologia da Universidade de Salamanca (Espanha), e estagiou em empresas de geotecnia e engenharia ambiental. Uma vez bacharel, exerceu a função de geólogo na área de engenharia ambiental, com atividades ligadas à elaboração de relatórios técnicos, realização de sondagens geológicas de reconhecimento e detalhamento, coleta de dados físicos e químicos para fins ambientais e geotécnicos. Adicionalmente, participou de projetos de remediação ambiental e ingressou no Programa de Pós-Graduação em Geociências da UNICAMP no primeiro semestre de 2013.





**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**RELAÇÃO ENTRE GEOQUÍMICA E MINERAIS (MAGNETITA, HEMATITA, PIRITA E VIVIANITA) EM SEDIMENTOS ESTUARINOS CONTAMINADOS, SANTOS (SP)**

**RESUMO**

**Dissertação de Mestrado**

**Juliano Volpato**

A existência de sedimentos altamente enriquecidos principalmente por Fe e P, provenientes das indústrias siderúrgica e de fertilizantes localizadas próximas ao estuário do rio Morrão, um dos principais receptores de efluentes industriais do Sistema Estuarino de Santos-Cubatão (São Paulo Brasil), juntamente com as condições físico-químicas do meio, constitui elementos especiais para avaliar se as condições formadoras de minerais como magnetita, hematita, pirita e vivianita podem ser influenciadas por contribuições químicas antrópicas. Este trabalho analisou as condições de formação desses minerais nos sedimentos superficiais do estuário do rio Morrão, na sua relação com a geoquímica dos sedimentos, condições físico-químicas, texturas sedimentares e conteúdo de matéria orgânica. A coleta de sedimentos de superfície consistiu em uma malha amostral de 10 x 10 m, em três transectos paralelos que cruzaram perpendicularmente o canal do rio Morrão. Os resultados mostraram que os sedimentos do rio Morrão encontram-se enriquecidos em diversos elementos químicos dentre os quais Fe, P, elementos terras raras (ETR) e vários metais-traço. O ambiente sedimentar do rio Morrão mostrou-se favorável à autigênese e coexistência de minerais como hematita, magnetita, pirita e vivianita. As fases minerais hematita e magnetita ocorrem amplamente no ambiente, já as fases minerais pirita e vivianita têm sua distribuição mais restrita. Os locais mais favoráveis à ocorrência de pirita e vivianita foram áreas de menor energia de fluxo, tais como planícies de intermaré lamosa, onde há altos teores de enxofre, ferro, fósforo, matéria orgânica e sedimentos finos.

**Palavras chaves:** estuário, geoquímica, sedimentos, metais, vivianita.







**UNIVERSITY OF CAMPINAS  
INSTITUTE OF GEOSCIENCE**

**RELATION BETWEEN GEOCHEMISTRY AND MINERALS (MAGNETITE,  
HEMATITE, PYRITE, AND VIVIANITE) IN CONTAMINATED ESTUARINE  
SEDIMENTS, SANTOS, SÃO PAULO, BRAZIL**

**ABSTRACT**

**Masters Degree**

**Juliano Volpato**

The presence of sediments highly enriched by contaminant elements, mainly Fe and P, derived from a steel plant and fertilizer industries located near the Morrão River Estuary, the most anthropogenically influenced estuary of the Santos-Cubatão Estuarine System (São Paulo, Brazil), together with the environment physico-chemical conditions constitute special elements to evaluate if the forming conditions of mineral such as magnetite, hematite, pyrite and vivianite can be influenced by the anthropogenic input into the environment. This work studied the forming conditions of these minerals in the superficial sediments of the Morrão River Estuary in its relation with sediment geochemistry, physicochemical conditions, sedimentary texture, and organic matter content. The sample collection comprised a 10 by 10 meters grid composed of three parallel transects crossing perpendicularly the Morrão River channel. The results showed the sediments of Morrão River Estuary are enriched by several chemical elements among which Fe, P, REE and multiple trace elements. The sedimentary environment of the Morrão River showed to be propitious to the authigenesis and coexistence minerals such as hematite, magnetite, pyrite, and vivianite. Magnetite and hematite broadly occur in the environment, and pyrite and vivianite have restrict distribution. Moreover, the places more favorable to the pyrite and vivianite occurrence are areas with low water flux action, such as the intertidal mudflats, where concentrations of S, Fe, P, organic matter, and fine sediments are high.

**Keywords:** estuary, geochemistry, sediments, metals, vivianite.



# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>HISTÓRICO E ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>5</b>
3.1	ASPECTOS FISIOGRAFICOS E GEOLÓGICOS .....	8
3.2	ESTUÁRIOS: ASPECTOS GERAIS .....	11
3.2.1	Classificação de estuários e a área de estudo .....	12
3.2.2	Unidades sedimentares de estuários .....	15
3.2.3	Geoquímica de ambientes estuarinos .....	18
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
5.1	COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS SEDIMENTOS .....	33
5.2	CONTEÚDO DE MATÉRIA ORGÂNICA E CARBONATOS .....	36
5.3	MINERALOGIA .....	39
5.4	ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS .....	43
5.5	CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DOS SEDIMENTOS .....	51
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>57</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>83</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>85</b>
<b>9</b>	<b>ANEXO A .....</b>	<b>95</b>
<b>10</b>	<b>ANEXO B .....</b>	<b>107</b>



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:	Localização da área de estudo modificado de Luiz Silva <i>et al.</i> (2008).....	5
Figura 2:	Transectos do rio Morrão.....	6
Figura 3:	Esquema da divisão lito-estrutural dos Blocos Jquitiba e Bloco Litorâneo ou Costeiro pela Zona de Falhamento Cubatão modificado de Sadowski (1974).....	8
Figura 4	Diagrama de estabilidade Eh-pH de óxidos de ferro e seus íons dominantes a 25°C e 1 atmosfera modificado de Faure (1988).....	21
Figura 5	Diagrama de estabilidade Eh-pH das relações de estabilidade de óxidos e sulfetos de ferro em água a 25°C e 1 atmosfera (Fe-S-O) modificado de Garrels & Christ (1965).....	22
Figura 6:	Distribuição das concentrações de sedimentos finos ao longo dos transectos do rio Morrão.....	30
Figura 7:	Distribuição das concentrações de areia ao longo dos transectos do rio Morrão.....	30
Figura 8:	Distribuição granulométrica ao longo dos transectos do rio Morrão.....	31
Figura 9:	Conteúdo de matéria orgânica ao longo dos transectos do rio Morrão.....	33
Figura 10:	Conteúdo carbonático ao longo dos transectos do rio Morrão.....	33
Figura 11:	Distribuição dos conteúdos de matéria-orgânica e carbonático ao longo dos transectos do rio Morrão.....	34
Figura 12:	Distribuição de magnetita e hematita ao longo dos transectos do rio Morrão.....	37
Figura 13:	Distribuição de vivianita e pirita ao longo dos transectos do rio Morrão.....	38
Figura 14:	Distribuição do pH da água intersticial ao longo dos transectos do rio Morrão.....	40
Figura 15:	Distribuição do pH e Eh ao longo dos transectos do rio Morrão.....	41
Figura 16:	Distribuição do Eh da água intersticial ao longo dos transectos do rio Morrão.....	43
Figura 17:	Distribuição da condutividade elétrica da água intersticial ao longo dos transectos do rio Morrão.....	44
Figura 18:	Distribuição da condutividade elétrica e do oxigênio dissolvido ao longo dos transectos do rio Morrão.....	45
Figura 19:	Distribuição do oxigênio dissolvido da água intersticial ao longo dos transectos do rio Morrão.....	46
Figura 20:	Distribuição das concentrações e enriquecimentos de Fe ao longo dos transectos rio Morrão.....	51
Figura 21:	Distribuição das concentrações e enriquecimentos de P ao longo dos transectos rio Morrão.....	52
Figura 22:	Análise de agrupamento ( <i>cluster</i> ) da concentração total dos elementos nas amostras de sedimentos do rio Morrão .....	54
Figura 23:	Distribuição de pirita e conteúdo de matéria orgânica ao longo dos transectos do rio Morrão.....	59

Figura 24:	Distribuição de pirita e concentrações de enxofre ao longo dos transectos do rio Morrão.....	60
Figura 25:	Distribuição de pirita e concentrações de ferro ao longo dos transectos do rio Morrão.....	61
Figura 26:	Distribuição de vivianita e pH ao longo dos transectos do rio Morrão.....	64
Figura 27:	Distribuição de vivianita e condutividade elétrica ao longo do rio Morrão.....	65
Figura 28:	Distribuição de vivianita e Eh ao longo dos transectos do rio Morrão.....	66
Figura 29:	Distribuição de vivianita e concentrações de enxofre ao longo dos transectos do rio Morrão.....	69
Figura 30:	Distribuição de vivianita e conteúdo de matéria orgânica ao longo dos transectos do rio Morrão.....	70
Figura 31:	Distribuição de vivianita e concentrações de fósforo ao longo dos transectos do rio Morrão.....	71
Figura 32:	Distribuição de vivianita e concentrações de ferro ao longo dos transectos do rio Morrão.....	72
Figura 33:	Distribuição das concentrações de fósforo e teores de argila ao longo dos transectos do rio Morrão.....	73
Figura 34:	Distribuição das concentrações de fósforo e ferro ao longo dos transectos do rio Morrão.....	74
Figura 35:	Distribuição de vivianita e teores de argila ao longo dos transectos do rio Morrão.....	75
Figura 36:	Análise de componentes principais (ACP) dos teores de argila, dados de Eh e concentrações de Fe e P de todas as amostras de sedimentos coletadas no rio Morrão (n=48).....	77

## LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1:	Concentrações das classes granulométricas da Escala de Wentworth dos sedimentos do rio Morrão.....	106
Tabela 5.2:	Conteúdo de matéria orgânica e carbonático das amostras de sedimento (%).....	107
Tabela 5.3:	Fases minerais identificadas nos sedimentos dos transectos por Difração de Raios-X.....	108
Tabela 5.4:	Parâmetros físico-químicos dos sedimentos do Rio Morrão.....	111
Tabela 5.5:	Variação dos parâmetros físico-químicos entre amostras com fases minerais de destaque.....	118
Tabela 5.6:	Concentrações elementos maiores, menores e traços analisados por ICP-MS.....	120
Tabela 5.7:	Controle de qualidade das análises ICP-MS.....	124
Tabela 5.8:	Concentrações médias ICP-MS dos sedimentos do rio Morrão versus média crustal de folhelhos.....	127
Tabela 5.9:	Fator de enriquecimento.....	128
Tabela 5.10:	Fatores de enriquecimento médios relativos às concentrações elementares do intervalo de 220-260 cm do testemunho de sedimentos analisado por Luiz-Silva <i>et al.</i> (2008).....	47
Tabela 5.11:	Fatores de enriquecimento máximos relativos às concentrações elementares do intervalo de 220-260 cm do testemunho de sedimentos analisado por Luiz-Silva <i>et al.</i> (2008).....	48
Tabela 5.12:	Concentrações dos elementos maiores e menores dos sedimentos do rio Morrão analisados por Fluorescência de Raios-X na forma de óxidos (%).....	134
Tabela 5.13:	Concentrações dos elementos maiores e menores dos sedimentos do rio Morrão analisados por Fluorescência de Raios-X (%).....	136
Tabela 5.14:	Valores obtidos e recomendados obtidos na análise dos materiais de referência para Fluorescência de Raios-X.....	138
Tabela 5.15:	Comparativo das concentrações de elementos maiores obtidas por ICP-MS e FRX.....	139
Tabela 6.1:	Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras de sedimento do rio Morrão.....	142
Tabela 6.2:	Coeficiente de correlação entre os teores de argila, potencial redox e concentrações de Fe e P das amostras do rio Morrão.....	68
Tabela 6.3:	Relações das concentrações de Fe e P com a ocorrência da vivianita.....	149
Tabela 6.4:	Relações das concentrações de Fe e P com a ocorrência da vivianita de Oliveira-Silva (2013).....	150
Tabela 6.5:	Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras com vivianita.....	151
Tabela 6.6:	Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras do canal do rio Morrão.....	158





# 1 INTRODUÇÃO

A introdução de resíduos em ambientes aquáticos associados a grandes centros industriais e urbanos pode resultar em um aumento significativo das concentrações de metais, muitas vezes acima dos níveis naturais anteriores às intervenções humanas. Análises químicas em sedimentos têm sido apontadas como uma ferramenta muito útil na verificação dos impactos da atuação antrópica no meio (Förstner 1983), e seus resultados têm evidenciado concentrações anômalas de contaminantes metálicos em sedimentos estuarinos (Pérez-Lopez *et al.*, 2010, Luiz-Silva *et al.* 2002, 2006, 2008, Sanders *et al.* 2013).

A acumulação de metais em sedimentos é resultante de processos físicos e químicos dependentes das propriedades dos sedimentos e compostos associados. Pode ocorrer por meio de processos de adsorção direta em partículas sedimentares finas (argilas), matéria-orgânica, oxihidróxidos de ferro e manganês (também associados a partículas finas) ou pela autigênese mineral de novas fases sólidas, algumas raras como os fosfatos de ferro ou vivianita, importantes na retirada de P e outros metais em sedimentos (Nriagu 1972, Ruttenberg & Berner, 1993, Slomp *et al.* 1996, Ghrefat & Yusuf 2006, Çevik *et al.* 2009). Essa associação metal-sedimento é controlada, por exemplo, pelas condições de pH, oxi-redução, concentrações de oxigênio dissolvido e carbono orgânico e inorgânico presentes no meio (Di Toro *et al.* 1991; Calmano *et al.* 1993), cujas variações temporais podem resultar na retenção ou mobilização dos metais em sedimentos (Lau 2000, Madsen & Hanses 2013).

Apesar de haver muitos estudos realizados sobre a geoquímica de sedimentos estuarinos, ainda são poucos os trabalhos que tratam das condições físicas e químicas de formação de minerais autigênicos e *scavengers* (retentores de metais) em ambiente estuarino tropical, tais como óxidos (magnetita, hematita), sulfeto (pirita) e fosfato (vivianita). Partindo do pressuposto de que elementos químicos contaminantes disponíveis no ambiente possam ser adsorvidos ou incorporados à estrutura cristalina (mineral) ou amorfa de fases sólidas presentes nos sedimentos, as condições físico-químicas sob as quais são formadas essas fases adquirem grande relevância, pois permitem que os sedimentos ajam como aprisionadores de poluentes de risco ambiental.

Inserida no sistema estuarino Santos-Cubatão (São Paulo, Brasil), considerada uma das localidades mais contaminadas do mundo (Lemos 1998, Braga *et al.* 2000, Luiz-Silva *et al.* 2002, 2006, 2008, Nizoli 2009, 2013), este estudo se concentra no rio Morrão, um dos principais

receptores de efluentes industriais desse sistema estuarino, e situado na zona de influência de uma indústria siderúrgica e de dois portos privados ligados à siderurgia e indústria de fertilizantes. Neste ambiente, têm sido manipulados matérias primas (minérios de ferro e fosfatados) e produtos (aço e fertilizantes) desde meados do século XX, quando o complexo industrial de Cubatão foi instalado. Por essa razão, o rio Morrão tem recebido contribuições químicas industriais, e tem sido objeto de muitos estudos geoquímicos, cujos resultados evidenciaram o enriquecimento de seus sedimentos por altas concentrações de elementos poluentes e as maiores concentração de Fe e P do sistema estuarino Santos-Cubatão (Oliveira *et al.* 2007, Gonçalves 2009, Luiz-Silva *et al.* 2008, 2012, Nizoli 2013, Sanders *et al.* 2013). A relação entre os processos produtivos ligados à indústria siderúrgica e de fertilizantes e os elementos químicos presentes nos sedimentos do rio Morrão tem sido relatada em alguns trabalhos (*e.g.*, Luiz-Silva *et al.* 2008, Boden 2010, Nizoli 2013). Ainda nos sedimentos do estuário do rio Morrão, estudos realizados por Nizoli (2013) e Oliveira-Silva (2013) mostraram a coexistência de fosfato de ferro hidratado (vivianita) e óxidos de ferro (magnetita e hematita), característicos de ambiente mais redutor (vivianita, magnetita) e oxidante (hematita). A distribuição destes minerais nos sedimentos mostrou-se espacialmente errática e fortemente controlada pela geoquímica. Sendo assim, foi levantada a hipótese de que a ocorrência dessas fases minerais poderia estar relacionada às contribuições químicas industriais influentes na área, o que tornou necessário o conhecimento dos fatores e condições de estabilidade que controlam a ocorrência dos minerais de interesse.

## **2 OBJETIVOS**

Esse trabalho tem como objetivo principal compreender como a autigênese mineral nos sedimentos do estuário do rio Morrão é influenciada pelas condições físico-químicas e altas concentrações de elementos químicos, tais como Fe e P, de origem antrópica. Desse modo, foram investigadas as condições de estabilidade e a distribuição espacial das fases minerais sob a influência das introduções químicas antrópicas no ambiente estuarino. Para tanto, examinou-se a interação das concentrações de Fe e P com a matéria orgânica e as condições físico-químicas ocorrentes nos sedimentos do estuário em questão, a partir da caracterização físico-química (pH, Eh, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica), mineralógica, granulométrica, geoquímica multi-elementar e do conteúdo de matéria orgânica. O trabalho está focado em amostras de sedimentos superficiais (até 10 cm de profundidade) e cobre toda a calha fluvial e partes adjacentes do manguezal em ambas as margens do rio. Adicionalmente, a avaliação das afinidades geoquímicas dos múltiplos elementos e sua relação com fonte e retenção de metais nos sedimentos é uma meta particularmente importante neste estudo.

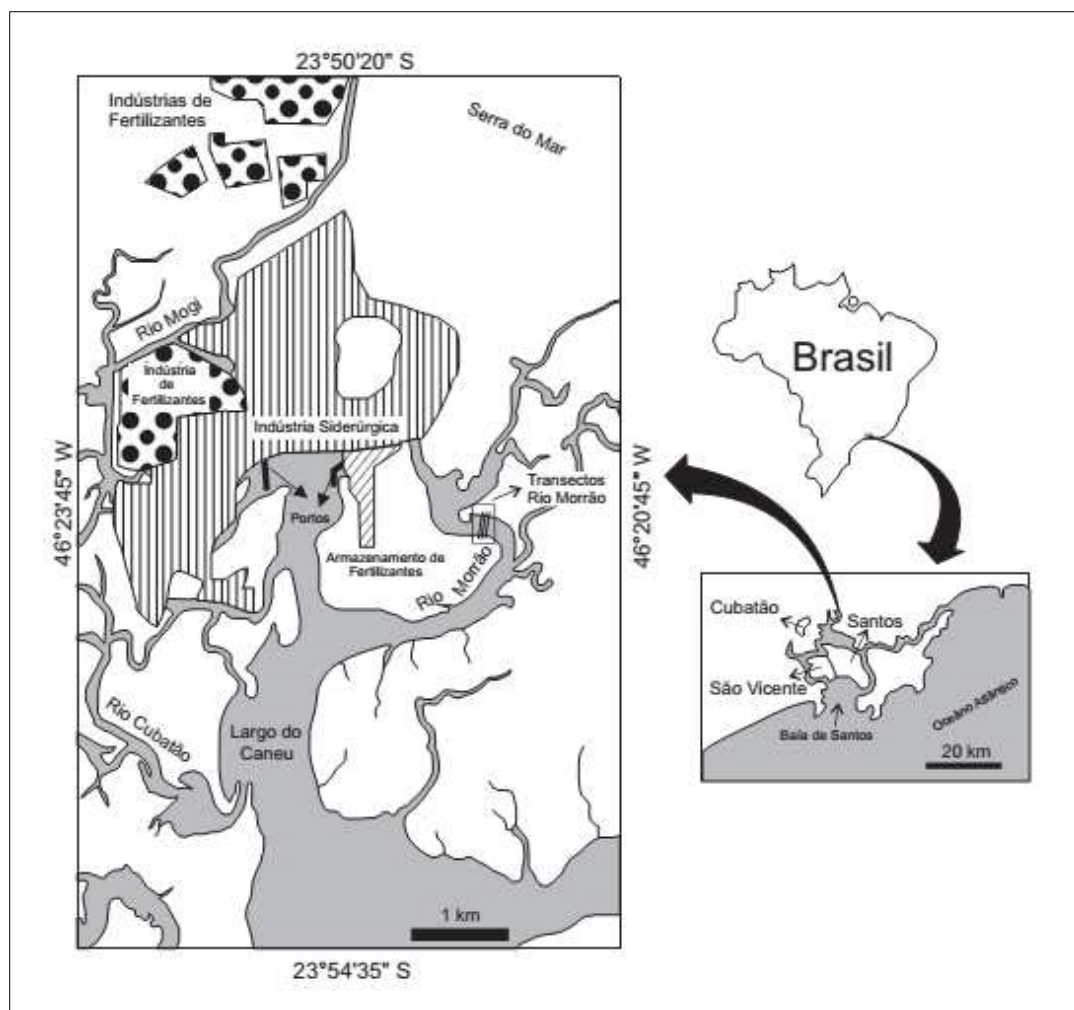


### 3 HISTÓRICO E ÁREA DE ESTUDO

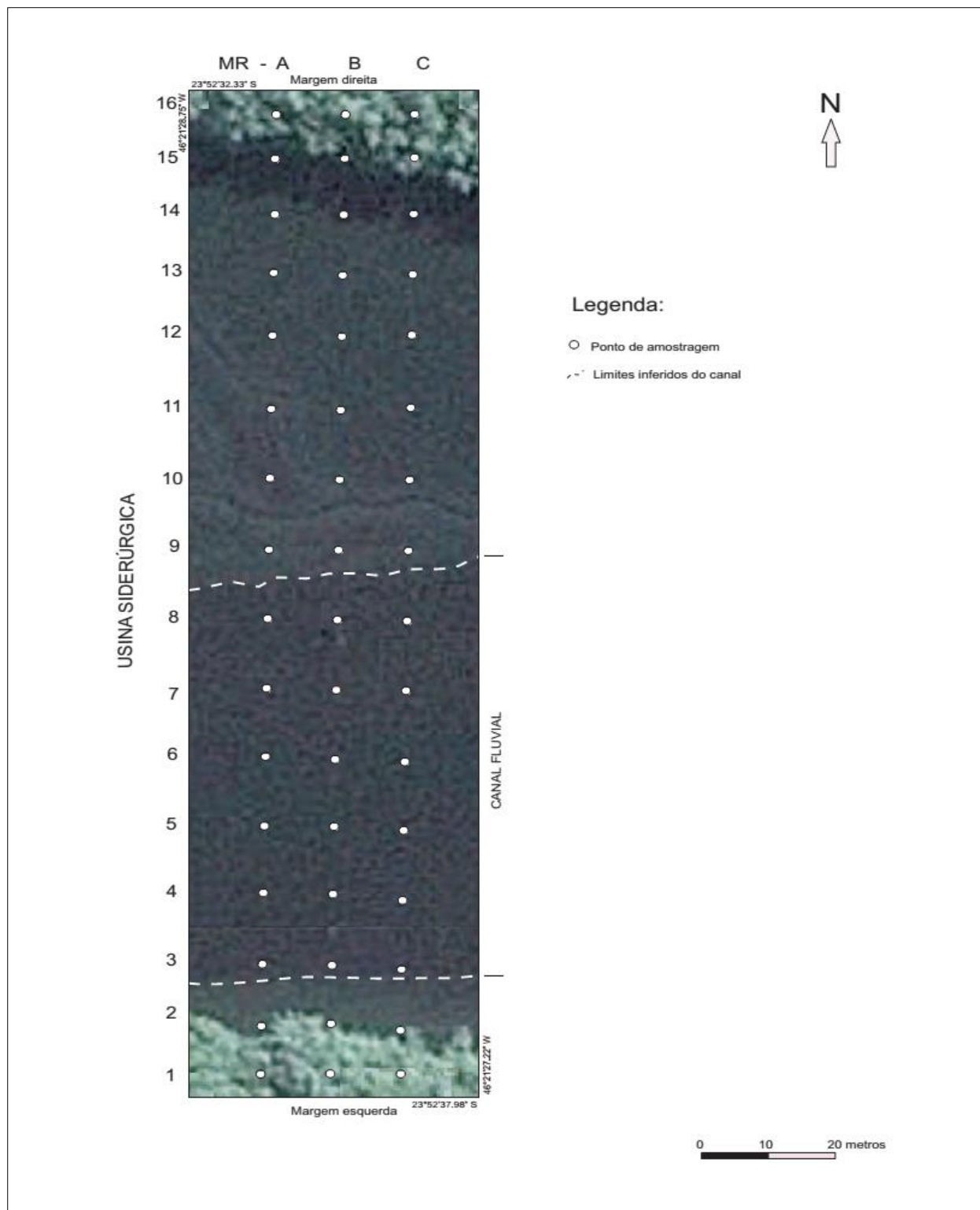
Nas adjacências do sistema estuarino de Santos-Cubatão encontra-se um polo industrial de importância nacional, cuja implantação de grandes indústrias remete à década de 1950. Em 1955 iniciaram-se as operações da Refinaria Presidente Bernardes de Cubatão, em 1963 passou a operar a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e os anos de 1970 foram marcados pela instalação de indústrias de fertilizantes, todas instaladas no município de Cubatão (SP). Nos anos de 1980 implicações ao ambiente provocadas pela introdução de resíduos industriais do polo passaram a ser notadas e Cubatão foi considerada pela Organização Mundial da Saúde como uma das localidades mais poluídas do mundo. Em 1983 iniciou-se o Programa de Controle da Poluição de Cubatão, e em 1984 a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, ligada à Secretaria do Meio Ambiente) passou a autuar as indústrias, aplicar multas e exigir delas adequação aos novos padrões de emissões instituídos (Couto 2003).

A área de estudo está localizada no Estado de São Paulo, Brasil, a leste da cidade de Cubatão, a norte da cidade de Santos (Figura 1) e inserida no sistema estuarino de Santos-Cubatão, composto por algumas dezenas de rios e canais de maré, dos quais alguns são usados para despejos de águas industriais contaminadas (Luiz-Silva *et al.* 2002). O trabalho foi realizado no contexto do estuário do rio Morrão, um dos principais receptores de efluentes industriais desse sistema estuarino. A área na qual as amostras foram coletadas é compreendida pelo polígono composto pelas coordenadas de latitude 23°52'32.33" - 23°52'37.98" S e longitude 46°21'27.22" - 46°21'28.75" W (Figura 2).

O local de estudo se encontra afastado da ocupação urbana e muito próximo de uma indústria siderúrgica e de dois portos privados ligado à siderurgia e às indústrias de fertilizantes, localizadas à montante, onde são manuseados e estocados suas matérias primas e produtos desde meados do século XX (Figura 1). Estudos geoquímicos realizados nos sedimentos do rio Morrão evidenciaram o enriquecimento de seus sedimentos por altas concentrações de elementos poluentes e as maiores concentração de Fe e P do sistema estuarino Santos-Cubatão e os processos produtivos ligados às indústrias siderúrgica e de fertilizantes têm sido apontados como os principais contribuintes desse enriquecimento (Oliveira *et al.* 2007, Gonçalves 2009, Luiz-Silva *et al.* 2008, 2012, Boden 2010, Nizoli 2013, Sanders *et al.* 2013).



**Figura 1:** Localização da área de estudo. Modificado de Luiz Silva *et al.* (2008).



**Figura 2:** Situação dos transectos deste estudo no rio Morroão.

### 3.1 Aspectos fisiográficos e geológicos

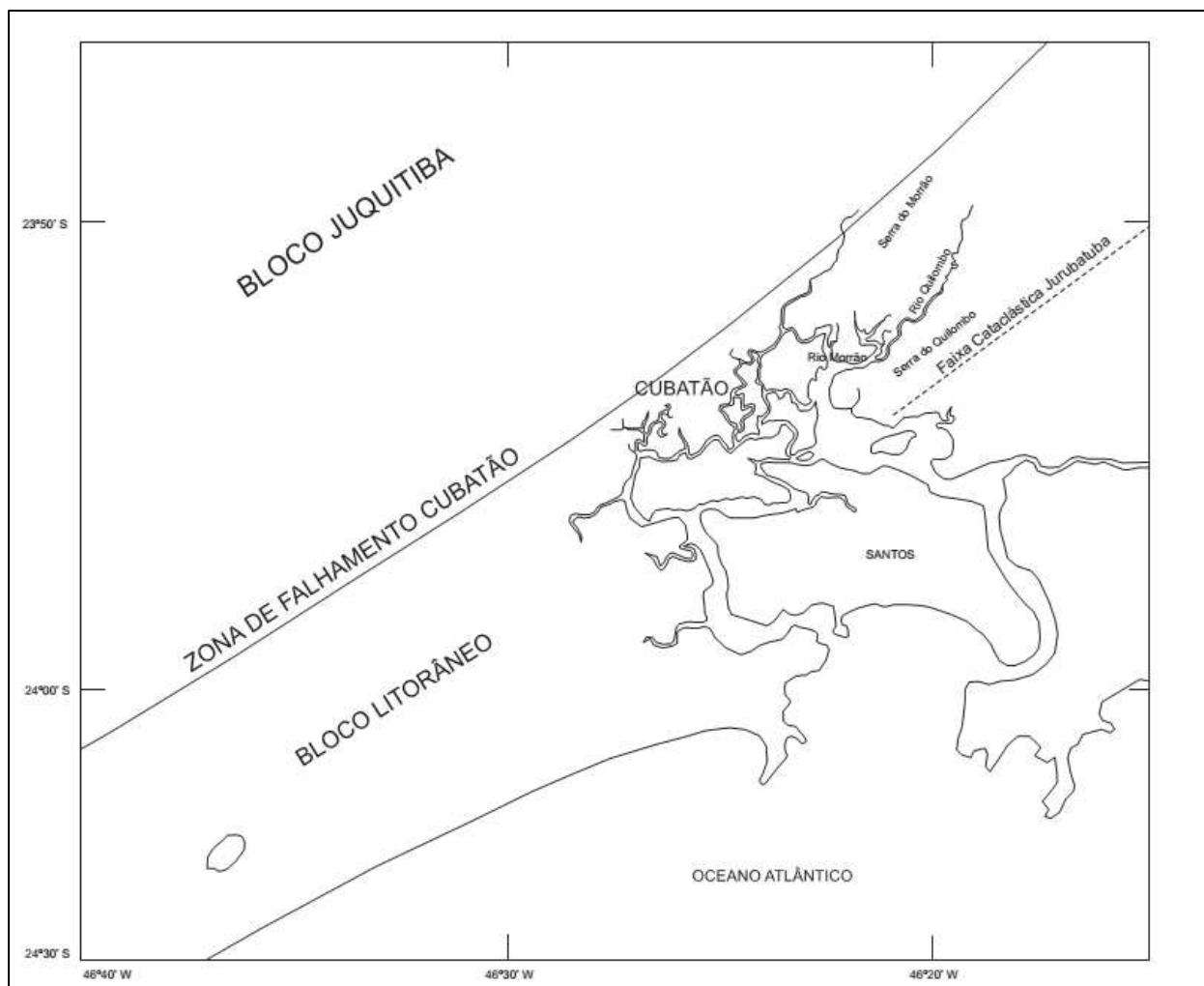
A região onde se encontra a área de estudos está localizada em uma estreita faixa de planície costeira ladeada pelo Oceano Atlântico e as escarpas da Serra do Mar (Klumpp *et al.* 1996, Luiz-Silva *et al.* 2002) e inserida na rede hidrográfica da região de Cubatão, formada por rios de pequena extensão provenientes do alto da Serra do Mar. Esses rios, em virtude de suas declividades acentuadas nos cursos superiores e médios, apresentam características torrenciais e, ao atingirem a região da planície costeira, em decorrência de sua baixa declividade da planície sedimentar costeira, perdem energia drasticamente, permitindo assim a deposição de sedimentos e formando meandros e manguezais nos seus cursos inferiores (Alfonso 2006, Nascimento 2007).

O clima local é caracterizado por uma elevada umidade relativa, precipitação anual entre de 2500 mm na costa e 4000 mm na serra. A temperatura média da serra é da ordem de 18°C e na costa na ordem de 25°C (Klumpp *et al.* 1996).

Uma vez que o sistema estuarino investigado é alimentado principalmente por sedimentos drenados das encostas da Serra do Mar (Nizoli 2013), o entendimento da qualidade do aporte sedimentar influente nos sedimentos do sistema estuarino como um todo e, em particular do rio Morrão, depende do entendimento da geologia da Serra do Mar, e particularmente das serras do Cubatão, Morrão e Quilombo que circundam a área de estudo (Figura 3), além das coberturas sedimentares recentes.

Almeida & Carneiro (1998) definem a Serra do Mar como um conjunto de escarpas festonadas com cerca de 1000 km de extensão, que se estende do Rio de Janeiro ao norte de Santa Catarina, onde termina o Planalto Atlântico, no trecho voltado para a Bacia de Santos. Em São Paulo, apresenta-se como borda de planalto, frequentemente nivelada pelo topo em altitudes de 800 a 1200 metros. A direção preferencial da Serra do Mar segue as direções ENE das estruturas do Escudo Atlântico. Apresenta ampla variedade de tipos litológicos do embasamento expostos, com diversas associações de rochas pré-cambrianas a eopaleozóicas, migmatíticas e metamórficas, assim como, diversos complexos ígneos. O embasamento costeiro, evolutivamente pouco conhecido, possui estruturas e rochas do Arqueano ao Proterozóico Inferior, representativas de três grandes colagens proterozóicas relacionadas aos supercontinentes Atlântica (Paleoproterozóico), Rodínia (Mesoproterozóico-Neoproterozóico) e Gondwana Ocidental (final do Neoproterozóico).





**Figura 3:** Esquema de divisão lito-estrutural dos Blocos Juquitiba e Bloco Litorâneo ou Costeiro pela Zona de Falhamento Cubatão. Modificado de Sadowski (1974).

Nesse contexto regional, Sadowski (1974) individualizou dois blocos distintos, litológica e estruturalmente, separados pela zona de falhamento transcorrente pré-cambriana Cubatão (Almeida 1953): Bloco Juquitiba, ao norte, e o Bloco Litorâneo ou Costeiro, ao sul (CPRM 2006) (Figura 3). Essa estrutura atravessa todo o Planalto Atlântico no Estado de São Paulo (Almeida & Carneiro 1998), se estende na encosta sudeste dos vales dos rios Mogi, Cubatão e Branco e põe em contato rochas de diferentes resistências à erosão. Ainda, a área encontra-se sobre terrenos do Holoceno, do Período Quaternário, depósitos caracterizados bioestratigraficamente pelo seu conteúdo faunístico e florístico (Suguio & Martins 1978).

Sadowski (1974) descreve o Bloco Juquitiba como sendo constituído essencialmente por migmatitos e, subordinadamente, por faixas de xisto de mineralogia diversa, gnaisses, rochas cálcio-silicáticas e metassedimentares, granitóides, metabasitos (gabros, diques de diabásio e lamprófiros), rochas básicas, quartzitos e sedimentos terciários. No Bloco Litorâneo ou Costeiro, sobre o qual se situa a área do presente estudo, também é descrita a predominância de migmatitos, que podem apresentar paleossomas constituídos por micaxistos, lentes e camadas de quartzitos cálcio-silicáticos boudinadas paralelamente à xistosidade, e mineralogia muito semelhante ao Bloco Juquitiba. Ainda no Bloco Litorâneo ou Costeiro, na área compreendendo a Serra do Morrão e o flanco noroeste da Serra do Quilombo, assim como, desde a Serra do Morrão até próximo à cidade de Cubatão, ocorrem diversos migmatitos de constituições mineralógicas variada. Foram descritas também rochas tais como quartzitos, xistos e gnaisses, ígneas básicas e ultrabásicas, tais como diques e *sills* de diabásio.

Segundo Massad (1999), a maior parte dos depósitos sedimentares da Baixada Santista se relaciona com eventos transgressivos e dois tipos de sedimentos são gerados por esses eventos. O primeiro tipo corresponde a sedimentos pleistocênicos, depositados em ambientes mistos (marinho e continental), argilosos ou arenosos na base e arenosos no topo. O segundo tipo é constituído por sedimentos holocênicos, argilosos e arenosos ricos em conchas, depositados nos locais onde houve erosão dos sedimentos pleistocênicos, tais como, canais, lagunas, baías ou estuários. Sobre esses terrenos também são encontrados os manguezais, ecossistema com predomínio da deposição de sedimentos argilosos e possível alternância de argilas arenosas e areias argilosas.

Sadowski (1974) descreve na região da baixada litorânea uma sedimentação quaternária representada por sedimentos fluviais que descem as encostas da serra pelos rios Quilombo (e tributário rio Morrão), Cubatão, Mogi, Jurubatuba e Branco, assim como, por sedimentos lagunares e marinhos, solos coluvionares e talus. No rio Quilombo (e Morrão associado) foi observada camada conglomerática, de espessura superior a 5 metros, sotoposta a areias marinhas. Os cascalhos desses rios apresentam fragmentos rolados de gnaisses, quartzitos, diabásios e anfibolitos. Os manguezais das porções internas da baixada apresentam camadas arenosas, argilosas e turfáceas. Sondagens realizadas nesse ambiente entre os rios Santos e Cubatão revelaram uma espessura sedimentar de 45 metros, constituída por areias na base que recobre os solos de alteração do embasamento, sotopostas por camadas de argilas pretas, com fragmentos de

conchas e vegetais, intercaladas com camadas e lentes de areia. A assembléia mineral característica dos sedimentos da região, provavelmente sofre contribuição dos gnaisses do Complexo Costeiro que sofreram erosão e forneceram sedimentos argilosos (Ferrer 2001).

### **3.2 Estuários: aspectos gerais**

Estuários são corpos aquáticos extremamente propícios à sedimentação e podem apresentar colmatção completa em poucas centenas de milhares de anos (Suguio 2003). São considerados formas efêmeras do ponto de vista do tempo geológico (Perillo 1995). Os estuários atuais se formaram aproximadamente entre 17.000 e 6.000 anos AP (antes do presente) nas planícies costeiras. Após esse período, o nível do mar esteve relativamente estável, a configuração dos estuários pouco foi afetada e os estuários evoluíram sobre processos menos influenciados pelas variações do nível do mar e mais sensíveis à hidrodinâmica do próprio estuário (Bokuniewicz 1995).

Dada a diversidade de propriedades e processos que os contemplam, não é possível formar classes exclusivas de estuários. Isso porque cada estuário existente é único e apresenta diversas características intrínsecas muito complexas. Desse modo, foram atribuídas aos estuários muitas definições e conceitos, todavia, ausentes de um consenso único (Wells 1995).

Na tentativa de estabelecer uma definição comum e não excludente entre os diferentes tipos de estuários existentes, Perillo (1995), apoiado principalmente em princípios hidrodinâmicos, propõe que um estuário é um corpo aquático costeiro semi-confinado que se estende até o limite da influência das marés, onde a água salgada, que adentra no ambiente por uma ou mais conexões livres com o mar aberto ou qualquer outro corpo aquático salino e costeiro, é significativamente diluída pela água doce proveniente das drenagens continentais. Ainda segundo esse autor, apesar da diluição da água do mar ser uma característica estuarina, as marés são fundamentais para o desenvolvimento de estuários, uma vez que proporcionam a maior parte da energia que estabelece processos de mistura das águas doce e salgada, além de exercer um papel definitivo no estabelecimento da morfologia do ambiente e a distribuição dos sedimentos.

A dinâmica sedimentar característica nos estuários é controlada principalmente pela hidrodinâmica, atuante nos processos de maré e transporte de sedimentos dentro dos limites do

estuário (Bianchi 2007). Dentro dos estuários, os padrões de maré e circulação residual de água são importantes na determinação do transporte global de sedimentos (Dyers 1995) e as diferenças de gradiente de energia atuantes no ambiente (ex. marés e ondas) controlam a composição das fácies sedimentares em todo o estuário (Hart 1995).

Os fluxos existentes dentro do estuário impõem uma seleção dos materiais finos e grossos como consequência da variação de energia no transporte. Três modos de transporte ocorrem: carga de lavagem (*washload*); suspensão (*suspension*) e carga de fundo (*bedload*). A distinção entre esses modos de transporte não é muito clara, uma vez que há mudanças no conteúdo de partículas em cada um dos modos de acordo com a velocidade da água. Há diferenças entre as respostas das areias e siltes não coesivos e argilas e siltes coesivos às diferentes velocidades de corrente (Dyers 1995).

A carga de lavagem (*washload*) abrange as frações de partículas menores e normalmente compostas de argilas finas e dispersas. Elas são mantidas em movimento por turbulência e se movimentam na água em praticamente qualquer velocidade de corrente. O perfil vertical de concentração de carga de lavagem é homogêneo. A suspensão (*suspension*) ocorre devido à erosão de grãos dispostos no fundo e a troca da quantidade de movimento dos grãos devido à turbulência. Os grãos menores do que 150 µm entram em suspensão imediatamente após o começo de sua movimentação. Os grãos maiores do que 150 µm movimentam-se primeiramente como carga de fundo (*bedload*) e não entram em suspensão até que atinjam velocidades maiores. À medida que o fluxo aumenta, ambos os tamanhos de grãos entram em suspensão. Em um perfil vertical na coluna d'água, os grãos maiores e as maiores concentrações estão próximos ao fundo (Dyers 1995).

### **3.2.1 Classificação de estuários e a área de estudo**

Apesar de o sedimento ser uma característica comum entre todos os estuários do planeta, uma abordagem classificatória baseada unicamente em parâmetros sedimentares não é possível, dado que a distribuição dos sedimentos em um único estuário pode ser tão grande, dinâmica e geomorfologicamente dependente, que uma classificação baseada em parâmetros sedimentares é impraticável. O mesmo ocorreria com parâmetros como intensidade de correntes de maré ou ventos (Perillo 1995).

O estuário estudado carece duma classificação consistente, dado que são escassas referências bibliográficas com essa intenção (*e.g.*, Suguio 2003). A seguir são brevemente descritos os tipos de estuários mais amplamente descritos na literatura cujas características são semelhantes ao estuário em questão. E na sequência, são propostas algumas classificações nas quais o sistema estuarino de Santos-Cubatão pode ser enquadrado.

### ***Estuários de planícies costeiras***

Planícies costeiras são superfícies de depósitos sedimentares não consolidados às margens dos continentes. Essas unidades podem ser fluviais, formadas por sedimentos trazidos das áreas mais altas, ou formadas por estratos marinhos devido à deposição durante a transgressão. Formam uma superfície de baixo gradiente superposta pela drenagem presente. A maioria das planícies costeiras é cortada por um ou mais rios principais (Bokuniewicz 1995).

Em geral, dependendo da fonte de energia que executa o transporte de sedimentos, três zonas podem ser distinguidas em estuários de planície costeira (Fairbridge 1980, Dalrymple *et al.* 1992). Na região da boca do estuário, dominam processos marinhos e são esperadas estratificações cruzadas (orientadas em direção ao continente), e depósitos de inundação (*overwashdeposits*), assim como estratificações cruzadas de areia de sequências de barras ou estratificações paralelas sub-litorâneas de areia (Bokuniewicz 1995). Na região central do estuário, onde há condições de mais baixa energia, ocorre a formação de depósitos de material sedimentar fino que podem ser bioturbados e abundantes em detritos de plantas (também pode haver a presença de lama fluida). Planícies costeiras de baixo relevo proporcionam, nessa porção do estuário, o desenvolvimento de manguezais, principalmente quando o estuário atinge um estágio maduro e preenche sua base (Roy *et al.* 1984). A interdigitação de fácies arenosas e lamosas, e a mudança rápida de fácies, tanto lateral como verticalmente, são também indicadores desse ambiente. Na região próxima à cabeceira do estuário, predominam processos de deposição fluviais, onde podem aparecer sequências deltaicas associadas às feições sedimentares decorrentes da ação reversa das marés, e também sedimentos de origem fluvial misturados ou intercalados com detritos de plantas e fauna salina ou salobra, superfícies erosionais, sequências sedimentares com granulometria decrescente, seixos, ou outros indicadores de eventos de inundação, intercalados com estratos de sedimentos de maré ou lamosos (Bokuniewicz 1995).

### ***Estuários dominados por marés***

Estuários dominados por marés são aqueles cujas correntes de maré exercem um papel dominante no destino dos sedimentos de origem fluvial. Nesse tipo de estuário os processos relacionados às marés são muito importantes na dinâmica de transporte de sedimentos e na evolução morfológica de seu vale, uma vez que energia das marés re-suspende e transporta sedimentos, desenvolve acamamentos, erode os canais e redistribui os constituintes químicos (Wells 1995).

Um dos aspectos mais importantes de estuários dominados por marés é o movimento das marés estuário acima, cuja velocidade é uma função direta da geometria dos canais. Quando as marés convergem estuário adentro, se movem em direção a seções menores em área, com isso sua variação aumenta e se tornam progressivamente assimétrica em velocidade e duração. O que se observa é que a velocidade das marés enchentes supera a velocidade das marés vazantes e há um significativo transporte de sedimentos de fundo como resultado da deformação das marés durante sua propagação. Como resultado da deformação das marés, os longos períodos de estabilidade das águas favorecem a deposição de sedimentos nos limites superiores do estuário (Wells 1995).

Como forma de ajuste à constante erosão e deposição em decorrência da ação das correntes de maré, a existência de canais de inundação e evasão é uma característica de estuários dominados por marés (Ludwick 1974, 1975), e tal fato ocorre no estuário santista em questão (Suguiú 2003).

### ***Sistema estuarino de Santos-Cubatão***

A literatura pouco aborda as questões genéticas e/ou qualitativas do sistema estuarino de Santos-Cubatão. A única referência na qual foi encontrada uma menção classificatória do “Estuário de Santos” (como também é tratado o sistema estuarino em foco) é aquela de Suguiú (2003) que afirma que o estuário de Santos-Cubatão é dominado por marés. Assim, no presente estudo, é apresentada uma classificação simplificada do sistema estuarino de Santos-Cubatão a partir da comparação entre classificações genéricas amplamente divulgadas na literatura e características conhecidas do sistema estuarino abordado.

No contexto da área de estudo, uma vez que a separação dos terrenos do Bloco Juquitiba do Bloco Costeiro ou Litorâneo foi resultante do processo de abatimento ocasionado pela zona de transcorrência Cubatão (Figura 3), o sistema estuarino de Santos-Cubatão pode ser geneticamente

classificado como primário, resultante de processos terrestres e tectônicos, onde o nível do mar não modificou significativamente a forma original do estuário, o qual preservou suas características originais até o presente (Perillo 1995). Geomorfologicamente, esse sistema estuarino é do tipo estuário de planície costeira (Fairbridge 1980; Perillo 1995), uma vez que a área de estudo ocupa uma parcela do terreno das planícies costeiras brasileiras. Além disso, também pode ser classificado com um estuário dominado por maré, nos quais existem canais de inundação e evasão (Ludwick 1974, 1975, Dalrymple *et.al.* 1992), característica observada no sistema estuarino Santos-Cubatão por Suguio (2003).

Estuários também podem ser classificados mediante características hidrográficas, como por exemplo, baseadas nas variações das marés. Segundo esse critério, estuários podem ser divididos em quatro categorias básicas: estuários de micromaré (variação das marés <2m), mesomaré (variação das marés entre 2 a 4m), macromaré (variação das marés de 4 a 6m) e ainda hipermaré (variações >6 m) (Davis 1964, Hayes 1975). Neste contexto, o sistema estuarino de Santos-Cubatão pode também ser classificado como um estuário de micromaré, no qual a variação das marés (amplitude) nunca é superior a 2 m. A partir dos dados históricos das Tábuas de Marés disponíveis online no banco de dados da Marinha do Brasil (DHN 2014), no período de janeiro de 2005 a dezembro de 2014, a amplitude da maré na área de estudo (referência Porto de Santos) atingiu variações inferiores a 2,0 m, com mínima de -0,2 e máxima de 1,7 m. Além disso, no rio Morrão é esperada uma variação das marés de menor amplitude em relação à verificada no Porto de Santos, uma vez que se encontra próximo à cabeceira do sistema estuarino e nas regiões distais do estuário há importante atenuação da maré.

### **3.2.2 Unidades sedimentares de estuários**

Dado que a porção estuarina estudada apresenta maior proporção de sedimentos finos – argila e silte (Gonçalves 2009, Nizoli 2013, Oliveira-Silva 2013, dados posteriores), será dada ênfase às unidades sedimentares cujas características são fortemente atreladas às partículas sedimentares finas.

#### ***Lama fluida***

Lamas fluidas são camadas de baixa resistência ao cisalhamento do fluxo d'água formadas quando a taxa de sedimentação das partículas no fundo dos canais excede a taxa de

consolidação do material depositado. Esses sedimentos são muito sensíveis às variações das correntes de maré e constituem um grande reservatório de sedimentos.

Devido à forte relação entre o transporte de material sedimentar fino e o transporte de substâncias tóxicas, a compreensão da distribuição e dinâmica das lamas fluidas é crítica (Goldberg *et al.* 1977, 1978). Os mecanismos que concentram sedimentos nos depósitos de lama fluída podem também concentrar metais pesados, pesticidas e outros contaminantes que são adsorvidos às superfícies das partículas, pelo menos até serem dispersos por processos diagenéticos ou retornarem ao sistema a partir de processos de ressuspensão de sedimentos (Wells 1989).

Na lama ocorrem processos de floculação das partículas, que acontecem devido à carga iônica total presente sobre a superfície das partículas. Quando as partículas estão muito próximas, há uma atração global que proporciona a formação de agregados de partículas ou flocos. O potencial de floculação remove as partículas finas da suspensão e cresce com o aumento da concentração em decorrência do aumento de colisão entre as partículas (Kranck 1973). Estudos indicam que a floculação tem forte relação com a salinidade, uma vez que controla a intensidade da carga superficial das partículas. Portanto, sedimentos fluviais floculam em contato com a água salgada e podem deflocular em contato com a água doce (Dyers 1995).

### ***Mangues***

Os manguezais são compreendidos como uma vegetação alagada de médio e alto porte e raízes aéreas, tolerante à salinidade, típica de climas subtropicais e tropicais (aproximadamente entre as latitudes 30° N e 30° S), e localizada onde há uma forte tendência a deposição de sedimentos finos. Esse ambiente é regularmente alagado durante os períodos de marés cheias, seguidos pelo retorno da água para o estuário durante as marés baixas. O movimento da água é dificultado pelas imperfeições na superfície do fundo e pela trama de raízes aéreas da vegetação desse local (Wolanski *et al.* 1980, Giri *et al.* 2011). A vegetação nos manguezais é composta por espécies herbáceas halófitas lenhosas tolerantes às flutuações de salinidade e a um substrato com pouco oxigênio. Nos manguezais brasileiros as principais espécies de árvores são *Rhizophora mangle* (mangue vermelho), *Laguncularia racemosa* (mangue-branco), *Avicennia schaueriana* (mangue-preto, canoé) e *Conocarpus erectus* (mangue-de-botão) (Herz 1991, Luiz-Silva *et al.* 2012). A lama é o principal constituinte dos mangues, com possíveis intercalações de laminações



de areia e lama (Baltzer 1982). O material lamoso promove uma resistência à erosão que se dá pela facilidade da consolidação dos sedimentos e pelo aumento da rigidez em decorrência das raízes subterrâneas (Augustus 1995).

A velocidade de corrente dentro dos canais de maré geralmente supera  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , enquanto que dentro do mangue, a cerca de 50 m do canal, a velocidade nunca excede  $0,07 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . A vegetação densa dos mangues ao longo dos estuários desenvolve a deposição de silte nos bancos e erosão nos canais adjacentes. Durante eventos de grandes marés vazantes, sedimentos provenientes do interior dos mangues são carregados para fora e ocorre a erosão dos canais e deposição ao longo das margens dos mangues. Uma consequência da crescente redução da área dos mangues é a redução da assimetria das marés, e, conseqüentemente, alteração dos picos das marés vazantes e deposição de silte nos canais (Wolanski 1992; Wolanski *et al.* 1992).

### ***Planícies de intermaré lamosas (intertidal mudflats)***

Planícies de intermaré são ambientes de baixa declividade, compostos por sedimentos majoritariamente lamosos, que se formam nos contornos de estuários dominados por marés de alta à baixa latitude. Em estuários de baixa latitude ou tropicais, as planícies de intermaré podem ser colonizadas ou não por manguezais, dependendo da referência consultada. Dyers *et al.* (2000) e Pethick (1984), por exemplo, consideram que as planícies de intermaré podem ser colonizadas por manguezais, enquanto Friedrichs (2011) considera como planícies de intermaré os ambientes pouco íngremes constituídos por sedimentos na ausência de manguezais. De modo geral, os sedimentos das planícies de intermaré são compostos por argila, silte e areia, com maior proporção dos conteúdos de argila e silte em relação ao conteúdo de areia, de forma que os sedimentos apresentam propriedades coesivas.

Dentro das planícies de intermaré ocorrem as planícies de intermaré lamosas (*intertidal mudflats*), que não são cobertas pela água durante a maré baixa e geralmente são balizadas por sedimentos mais arenosos no limite de atuação das marés baixas (canal fluvial) e por vegetação nos limites de atuação das marés altas (de mangues em caso de estuário tropical). Em seção transversal, as planícies de intermaré lamosas podem apresentar formas convexas e/ou côncavas, aparentemente controladas pela amplitude das marés, pelo regime de ondas e pelo aporte e composição sedimentar. As características físicas das planícies de intermaré lamosas, tais como tamanho de grãos, densidade e umidade apresentam pequena variação sazonal. O conteúdo

orgânico dos sedimentos superficiais é uma exceção, especialmente em estuários de clima temperados, pois pode variar significativamente entre as estações do ano (Friedrichs 2011).

As planícies de intermaré lamosas podem ser divididas em três segmentos distintos: planícies de intermaré baixa ou inferior, próxima ao canal fluvial estuarino principal, caracterizada por sedimentos areno-lamosos; planícies de intermaré intermediárias distinguida por predominância de siltes finos; e planícies de intermaré alta ou superior compostas por sedimentos finos predominantemente argilosos e próxima da zona da vegetação. Isso indica que, partindo da zona de maré baixa em direção aos limites da maré alta, ocorre o decrescimento no tamanho médio das partículas sedimentares. Nesse ambiente, a deposição de sedimentos finos (argila) ocorre preferencialmente durante os períodos de ausência de maré (*e.g.*, entre maré alta e maré baixa), quando o cisalhamento produzido pela água é reduzido a zero e está fortemente relacionada aos processos de floculação de argilas (Pethick 1984, Dione 1988, Whitehouse & Roberts 1999, Dyers *et al.* 2000, Friedrichs 2011). Planícies de intermarés lamosas podem produzir alta e distinta atividade biológica, porém com pouca biodiversidade, e são geralmente cobertas por micro ou macroalgas fotosintetizantes que podem estabilizar os sedimentos contra a resuspensão (Stephens *et al.* 2003, Sundback & McGlather 2005, Miller *et al.* 1996, Decho 2000, Burdige 2011).

### **3.2.3 Geoquímica de ambientes estuarinos**

As principais entradas de metais em estuários ocorrem através dos rios, pela atmosfera e por fontes antrópicas (Bianchi 2007). Especialmente em estuários próximos a centros industriais e urbanos, se observa que a introdução de efluentes oriundos das atividades humanas geralmente acarreta num aumento significativo da contaminação por metais. Muitos dos metais envolvidos nesse processo são tóxicos e na maioria dos casos o enriquecimento desses elementos no ambiente ultrapassa os níveis naturais, resultando em problemas ambientais. Nesse contexto a análise de sedimentos é bastante útil na obtenção de uma estimativa da interferência humana e na qualificação dos elementos e fontes poluidoras (Förstner 1983). Entretanto, no que se refere ao entendimento da possível geração de novas fases minerais em ambiente estuarino, a determinação das concentrações elementares totais unicamente não é conclusiva, sendo necessária também a compreensão das interações dos sedimentos e seus contaminantes, assim como da interação desses com outros elementos atuantes no meio.

### ***Matéria orgânica (carbono orgânico) em sedimentos estuarinos***

Cerca de 1% de toda produtividade de carbono do planeta, na forma dissolvida ou particulada, é transportada por rios (Hedges 1992). Desse 1%, cerca de um terço é depositado em sedimentos oceânicos e do excedente, por volta de 90% são depositados nas plataformas continentais e a maior parte dos 10% restante é depositada em sedimentos lamosos siliciclásticos costeiros e estuarinos (Hedges & Keil 1995). Estuários tropicais, como o estuário de Santos-Cubatão, alojam a vegetação típica dos manguezais, que apesar de cobrirem menos de 0,2% de toda a superfície costeira do planeta, contam com cerca de 50% de todo carbono orgânico depositado em sedimentos oceânicos, constituindo, portanto, um grande depósito de matéria orgânica ou carbono. As fontes de matéria orgânica em estuários podem ser fluviais, marinhas e do próprio estuário, como por exemplo, restos vegetais, plânctons marinhos e estuarinos, microalgas, plantas aquáticas, peixes e animais bentônicos (Andrews *et al.* 2011, Bianchi & Bauer 2011). Nesse contexto, a matéria orgânica é inicialmente consumida por microrganismos aeróbicos, processo no qual o oxigênio é consumido e os sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) se mantêm abundantes. As condições físico-químicas se tornam subóxicas a anóxicas e microrganismos anaeróbicos passam a consumir a matéria orgânica através da redução de sulfatos (Berner 1985). Em ambientes anóxicos, a degradação da matéria orgânica pode ser muito lenta (>150 anos em sedimentos de manguezais) e dependente do tipo de material orgânico a ser degradado (Andrews *et al.* 2011). A degradação microbiana da matéria orgânica combinada com um transporte restrito de receptores de elétrons, decorrente da impermeabilidade dos sedimentos, acarreta num rápido incremento das condições de oxi-redução do ambiente (Du Laing 2011). A redução de sulfatos tem sido compreendida como o principal processo de oxidação da matéria orgânica em sedimentos anaeróbicos estuarinos (Howarth 1993). Entretanto, a redução de ferro, que igualmente pode ser bacteriana (Lovley 1991), também tem sido apontada como importante no controle da oxidação do carbono orgânico nesse ambiente, sempre vinculada a sulfetos dissolvidos formados durante o processo de redução de sulfatos (Kostka & Luther 1995).

Os destinos e comportamento geoquímico da matéria orgânica ou carbono orgânico (C) e principais elementos nutrientes (N, P e Si) são importantes para a compreensão da geoquímica ambiental em estuários. O armazenamento e reações que envolvem C, N, P e Si em estuários ocorrem principalmente associados aos sedimentos finos (argila e silte) de águas rasas das planícies de intermaré. A associação da matéria orgânica a sedimentos finos resulta da sorção da

matéria orgânica à superfície dos minerais (Bianchi 2007, Andrews et al 2011). Além disso, processos de oxi-redução constituem os principais processos geoquímicos influentes na especiação, mobilidade e disponibilidade de metais, cujas reações envolvidas nesses processos são principalmente controladas por comunidades de microrganismos nutridas pelo substrato de matéria-orgânica (Shimmieel 2011). Em sedimentos temporariamente umedecidos, como os das planícies de intermaré lamosas, a deposição e decomposição bacteriana por oxidação química da matéria orgânica, consomem oxigênio e controlam as condições de oxi-redutoras. Em ambientes como esse, o montante de matéria orgânica pode controlar a espessura de sedimentos superficiais sob condições oxidantes (de um a poucos centímetros de espessura, tipicamente de coloração marrom e caracterizados pela presença de óxidos de Mn e Fe) e de sedimentos abaixo na coluna sedimentar sob condições redutoras (tipicamente de coloração cinza a negra – Bianchi 2007, Du Laing 2011).

### ***Geoquímica do Enxofre (S) em sedimentos estuarinos***

A entrada de ânions sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) para a interface água-sedimento pode ser considerada a principal fonte de S em estuários (Richards 1965). O sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) é o maior íon proveniente da água do mar, na qual se encontra em concentrações muito maiores do que a água doce (~250 vezes), o que faz da água do mar um grande responsável pela entrada de enxofre em estuários (Bianchi 2007). Nos sedimentos, quando cessam as reações aeróbicas, a redução de sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), a parte final do processo da respiração microbiana anaeróbica (Capone & Kiene 1988), é responsável por grande parte da degradação anaeróbica da matéria orgânica em estuários (Bianchi 2007) e acarreta a formação de sulfetos (Du Laing 2011). Comunidades microbianas podem iniciar a redução do sulfato sob potenciais redox abaixo de -50 mV (Ross 1989, Du Laing 2011). O metabolismo anaeróbico sedimentar representa um importante caminho no ciclo do carbono em sedimentos estuarinos (Jørgensen 1977) e a decomposição da matéria orgânica, via redução de sulfato (Richards 195), é importante na química de S e C em ambientes aquáticos rasos influenciados por maré (Gardner, 1973; Howarth & Teal, 1979).

A formação de sulfetos em sedimentos estuarinos é importante porque muitos metais pesados podem ser sequestrados por minerais de sulfeto (Du Laing 2011). Nesse contexto, quando há grandes concentrações de Fe no ambiente, esse elemento é o principal metal a ser precipitado como sulfeto em sedimentos estuarinos. O Fe é liberado a partir de detritos ou minerais redutíveis, como óxidos/óxihidroxidos, presentes em camadas sedimentares onde ocorre

redução de sulfatos e geração de ferro bivalente, que reage para formar pirita, um bisulfeto de ferro ( $\text{FeS}_2$ ), a partir do monossulfeto de ferro ( $\text{FeS}$ ; mackinawita, greigita) (Billon *et al.* 2001, Neumann *et al.* 2005).

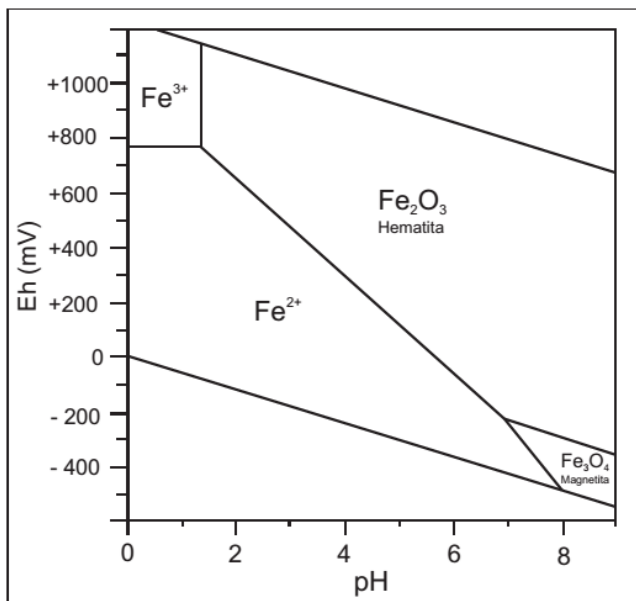
Pirita é um mineral sulfeto autigênico muito presente em sedimentos estuarinos. Aparece como grãos de vários tamanhos e de cristalização irregular. É estável sob amplas condições redutoras e facilmente dissolvida sob condições oxidantes (Scholz & Neumann 2007, Du Laing 2011, Rickard 2012). Em sistemas sedimentares, a pirita se forma em sedimentos finos rasos e anóxicos através da reação de minerais detríticos de Fe com o  $\text{H}_2\text{S}$  produzido pela redução de sulfato intersticial dissolvido produzido por bactérias que se utilizam da matéria orgânica como agente redutor e fonte de energia. Os minerais detríticos de Fe podem ser grãos finos de óxidos de Fe hidratados (*e.g.*, goethita) formados pelo intemperismo de rochas continentais suficientemente abundantes em sedimentos marinhos terrígenos, assim como minerais primários não intemperizados como biotita, piroxênios, anfibólios, magnetita e hematita. Os sedimentos mais finos possuem maior área de superfície para a adsorção de óxidos de Fe hidratados e compostos orgânicos. Portanto, onde há maiores concentrações de sedimentos finos, há maiores concentrações de Fe, carbono orgânico e, conseqüentemente, mais pirita (Pyzik & Sommer 1981, Berner 1983). Variáveis como pH, concentrações de sulfetos, composição e abundância de matéria orgânica parecem ser mais importantes do que diferentes fases cristalinas de Fe (*e.g.*, goethita, hematita e magnetita) no controle da taxa de formação da pirita (Morse & Wang 1997).

### ***Geoquímica do Ferro (Fe) em sedimentos estuarinos***

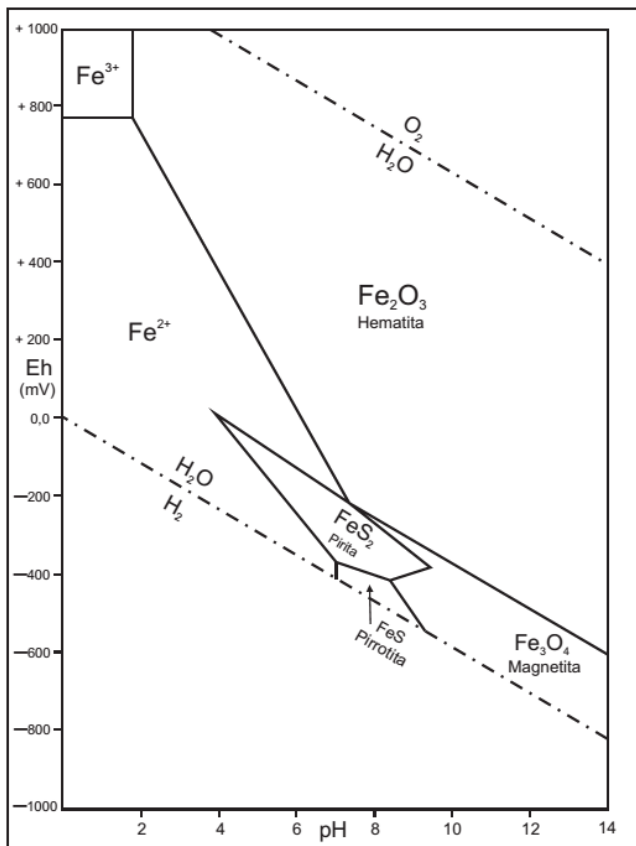
O ferro é um metal muito abundante em sedimentos costeiros e também é muito sensível às condições redox (Sundby *et al.* 1986, Rozan *et al.* 2002). As transformações redox afetam sua solubilidade e controlam suas concentrações nos sedimentos e água intersticial em ambientes costeiros sob condições de superfície (~1 atm e 25 °C). Dessa forma, o ferro pode ocorrer na forma oxidada ( $\text{Fe}^{3+}$ ) ou reduzida ( $\text{Fe}^{2+}$ ), essa última ocorre sob baixas concentrações de oxigênio. Geralmente, a fase dissolvida se encontra enriquecida em ferro bivalente ou reduzido (Bianchi 2007, Burdige 2011). Em um ambiente ácido, o ferro dissolvido pode ocorrer em diferentes formas, entretanto, sob pH neutro e baixo potencial redox, esse elemento somente é solúvel como ferro bivalente ( $\text{Fe}^{2+}$ ) (Du Laing 2011). A redução do ferro é muito importante no ciclo de muitos outros elementos como, por exemplo, C, S, P e metais pesados (Zhang *et al.* 2001). Como o ferro reduzido encontra-se dissolvido, pode facilmente vincular-se a solutos de

carga negativa e formar sulfetos (*e.g.*, FeS e FeS<sub>2</sub>). A fase mineral pirita (FeS<sub>2</sub>) é muito comum em ambiente estuarino e pode resultar na imobilização temporária ou permanente do enxofre (Cornwell & Sarpou 1995).

O ferro é fortemente associado à mineralização da matéria orgânica em sedimentos (Bianchi 2007), processo que consiste basicamente na liberação ou transformação dos constituintes da matéria orgânica ligados ao carbono para a forma inorgânica (Schlesinger 1997). Após o consumo de oxigênio, a redução do Fe pode ocorrer pela redução de óxidos de ferro vinculada à mineralização da matéria orgânica, preferencialmente com receptores de elétrons sólidos ao invés de dissolvidos, ou pela redução de óxidos de ferro microbiana vinculada à oxidação de sulfetos (Burdige *et al.* 1992, Thamdrup 2000). Em sedimentos, esses óxidos encontram-se como revestimentos de partículas inorgânicas ou biogênicas, como argilas e conchas silicosas (Burdige 2011). A redução bacteriana do ferro tem sido vinculada a sedimentos vegetados e bioturbados e ocorre predominantemente em fases de ferro amorfo trivalente (*e.g.*, óxido-hidróxidos), mas também pode ocorrer em fases cristalinas de ferro trivalente (*e.g.*, goethita, hematita, akaganeita e o argilomineral esmectita – Burdige *et al.* 1992, Kostka *et al.* 2002, Roden & Zachara 1996) com consequente precipitação e coexistência de vivianita (fosfato hidratado de ferro) e magnetita em ambiente redutor (Glasauer *et al.* 2003). A magnetita, um óxido de ferro com oxidação mista de Fe<sup>2+</sup> e Fe<sup>3+</sup> (Zhang *et al.* 2001), é estável e pode precipitar sob condições redutoras, e hematita é estável sob condições oxidantes, mas há possibilidade de seu campo de estabilidade se estender a ambientes redutores em pH > 4,6 (Figura 4, Faure 1988). Além disso, magnetita, hematita e pirita podem coexistir sobre condições redutoras em pH neutro (Figura 5, Garrels & Christ 1965).



**Figura 4:** Diagrama Eh-pH de estabilidade de óxidos de ferro e íons dominantes a 25°C e 1 atmosfera. Modificado de Faure (1988).



**Figura 5:** Diagrama Eh-pH das relações de estabilidade de óxidos e sulfetos de ferro em água a 25°C e 1 atmosfera (Fe-S-O). Modificado de Garrels & Christ (1965).

### ***Geoquímica do fósforo em sedimentos e água intersticial de estuário***

O fósforo é o décimo elemento mais abundante na Terra, com uma média crustal de 0,1% (Jahnke *et al.* 2000). A apatita é o fosfato mineral mais abundante na crosta terrestre e compreende mais de 95% de todo P da crosta terrestre. A quantidade de P liberada a partir do intemperismo é dependente do tipo de rocha, uma vez que as concentrações são baixas em granitos, altas em folhelhos e maiores em basaltos (Korniting 1978). Entretanto, como o consumo anual de P por organismos é maior do que o montante liberado pelo intemperismo e distribuído pelos rios, a reciclagem do P pelos sistemas naturais para sua manutenção é primordial (Berner & Berner 1996, Slomp 2011). Em ambientes aquáticos, o P exerce papel importante como um limitador da produção primária (van Capellen & Berner 1989, Holland 1994) e é constituinte essencial de material genético (RNA e DNA), membranas celulares (fosfolipídios) e moléculas transportadoras de energia (*e.g.*, ATP) (Froelich *et al.* 1982, Meybeck 1982). Via estuários, os rios são a principal fonte de P para os oceanos e é nos estuários onde a maioria das transformações químicas e biológicas de P ocorre (Froelich *et al.* 1982, Conley *et al.* 1995). Além das fontes naturais, na atualidade os ambientes costeiros têm recebido aportes de P de fontes antropogênicas, em muitos casos de 10 a 100 vezes maiores do que no período pré-industrial (Caraco *et al.* 1993). E em estuários tropicais o P total pode variar de 300 mg.kg<sup>-1</sup> a pelo menos 800 mg.kg<sup>-1</sup> (Silva & Sampaio 1998, Fabre *et al.* 1999).

As formas do fósforo podem ser divididas em P total dissolvido e P total particulado, que por sua vez podem ser divididos em P dissolvido e particulado orgânico e P dissolvido e particulado inorgânico. Outra fração de fósforo é o P reativo ou biodisponível (Duce *et al.* 1991, Delaney 1998). O fósforo dissolvido inorgânico é representado por fosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), ácidos fosfóricos (HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), ortofosfato (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>). A abundância relativa dessas espécies em ambientes aquáticos varia com o pH e as mais comuns na água doce e na água do mar são H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> e HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, respectivamente (Stumm & Morgan 1981, Morel 1983).

Uma vez que P apresenta alta afinidade de adsorção tanto com partículas orgânicas e minerais, o seu armazenamento em sedimentos é muito importante e pode ocorrer nas formas de P biodisponível, P associado ao Fe (*e.g.*, óxidos de ferro amorfos), mineral autigênico (*e.g.*, apatita e vivianita) e como detrito inorgânico de P (*e.g.*, feldspato). Em adição, o P dissolvido inorgânico tem sido fortemente associado aos sedimentos suspensos (Bianchi 2007), pois geralmente onde há altas concentrações de P inorgânico dissolvido e de sedimentos suspensos, as



partículas floculam e saem da coluna d'água carregando o P (Sanders *et al.* 1997), o que converte o P inorgânico dissolvido em P particulado, potencialmente acompanhado pela precipitação do Fe coloidal (Andrews *et al.* 2011), podendo ser armazenado nos sedimentos (Fox 1989).

Entre os ambientes sedimentares em estuários, as planícies de intermaré lamosas são consideradas importantes reservatórios de P (Flindt *et al.* 1997, Coelho *et al.* 2004, Lillebo *et al.* 2004). Isso porque sedimentos expostos à atmosfera têm mostrado maior capacidade de sorção de fosfatos do que sedimentos de ambientes sempre submersos (Lillebo *et al.* 2004). A liberação de P dos sedimentos em estuários é um processo variável tempo-espacialmente e controlado pela temperatura, devido à atividade microbiana ser mais alta no verão, assim como pela salinidade (a liberação de P decresce com o aumento da salinidade – Bianchi 2007). Quando uma porção de P orgânico é preservada no sedimento, uma grande parte é degradada e libera P inorgânico dissolvido para a água intersticial, que pode se vincular a óxidos de ferro ou se precipitar como minerais autigênicos como fluorapatita, e, em alguns casos, vivianita. Ambos agem como aprisionadores permanentes de P aos sedimentos (Slomp 2011). A formação do último mineral, assim como comentado acima, parece também estar associada à redução bacteriana de ferro trivalente (*e.g.*, Jorand *et al.* 2000). A quantidade de oxigênio em sedimentos e água de fundo é uma importante variável na determinação do sedimento como fonte ou aprisionador de P (Bianchi 2007). Isso porque o P dissolvido inorgânico em água de fundo apresenta correlação negativa com a concentração de oxigênio: quanto maior a concentração de oxigênio, menor a concentração de fósforo inorgânico dissolvido (Conley *et al.* 2002).

Como dito acima, a remoção permanente de P inorgânico dissolvido da água intersticial em ambientes costeiros pode ocorrer com a formação autigênica de vivianita, um fosfato hidratado de ferro ( $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ). Apesar de vivianita ser muito comum em sedimentos de lagos ricos em ferro e baixo sulfato (Selig & Fischer 2005), a sua ocorrência em sedimentos costeiros é limitada por conta do predomínio da redução de sulfato durante a degradação da matéria orgânica e aprisionamento (*scavenging*) da maioria do Fe bivalente dissolvido presente na água intersticial pelos sulfetos produzidos nesse processo. Somente quando todo o sulfato é convertido em sulfetos de ferro, o Fe bivalente pode estar presente na água intersticial e haver supersaturação em respeito à vivianita (Slomp 2011). Ainda, é sugerida uma possível ligação entre oxidação anaeróbica do metano e remoção de fósforo através da formação de vivianita em sedimentos profundos marinhos (März *et al.* 2008). Em ambientes salobros costeiros com alta

concentração de matéria orgânica, como o estuarino, onde o sulfato é reduzido próximo da interface água-sedimento, esse processo (de aprisionamento de P vinculado à oxidação anaeróbica de metano) pode ser importante e conduzir ao aprisionamento do P vinculado aos óxidos de Fe em vivianita (Slomp 2011).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### *Amostragem*

Para esse trabalho foram coletadas amostras de sedimentos superficiais, até aproximadamente 10 cm de profundidade, com o auxílio de uma mini-draga coletora de aço inoxidável, do tipo *Van Veen*, previamente limpa e descontaminada com água corrente. Dentro do orçamento e tempo disponível para a pesquisa, e de forma a se cobrir a distribuição espacial das concentrações dos metais e fases minerais da maneira mais representativa e eficaz possíveis, foi escolhido um plano de amostragem que consiste de uma malha regular de coleta de amostras ao longo de três transectos, de margem a margem no rio Morrão, com espaçamento de aproximadamente 10 metros entre os pontos de amostragem (Figura 2).

A amostragem foi realizada no dia 20 de setembro de 2013, e no período de maré vazante na menor amplitude. Após serem retiradas, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos hermeticamente fechados, tipo *zip-lock*, de modo que houvesse o mínimo de oxigênio possível junto às amostras, as quais foram devidamente identificadas segundo os respectivos pontos de amostragem e mantidas sob refrigeração até os procedimentos analíticos. No total foram coletadas 48 amostras, 16 amostras para cada um dos três transectos. O estudo abrange uma área de cerca de 3000 m<sup>2</sup> na superfície do leito do rio. As amostras foram identificadas com a sigla MR (Morrão), individualizadas segundo o transecto A, B e C, sendo o transecto A o mais a montante e o C o mais a jusante, e, numeradas de 1 a 16, partindo da margem direita para a esquerda, no sentido de quem desce o rio. Portanto, as amostras seguem a seguinte nomenclatura: MR-A1 a 16, MR-B1 a 16 e MR-C1 a 16.

### *Procedimentos Analíticos*

Os parâmetros físico-químicos, como potencial hidrogeniônico (pH), potencial de oxidação-redução (Eh), condutividade elétrica (CE) e oxigênio dissolvido (OD), foram determinados, respectivamente, com a utilização de eletrodo combinado de vidro, eletrodo combinado de vidro e platina, eletrodo de disco de platina k=10 e eletrodo com membrana para OD. As leituras dos parâmetros foram tomadas a cada cinco minutos (aproximadamente o tempo necessário de estabilização do equipamento), num total de dez leituras por amostra, com os diferentes eletrodos simultaneamente imersos na solução água-sedimento das amostras integrais. Como por definição o Eh é relativo ao eletrodo padrão de hidrogênio, e neste trabalho foi utilizado o eletrodo

Ag/AgCl, adicionado o potencial relativo ao eletrodo de referência (+209 mV) aos valores de Eh coletados (Nordstrom & Wilde 2005).

Para determinação das frações granulométricas das partículas existentes foi separada uma alíquota das amostras de sedimento, cerca de 1,0 g, e dispersa por agitação durante 24 h em solução hexametáfosfato de sódio 4%, posteriormente peneirada a 500  $\mu\text{m}$ , por peneiramento convencional. O material de granulometria inferior a 500  $\mu\text{m}$  e superior a 0,04  $\mu\text{m}$  foi analisado por difração a laser em um analisador de partícula (granulômetro) CILAS 1090L.

As concentrações totais de elementos químicos maiores associados aos sedimentos foram determinadas por fluorescência de raios-x (Philips, PW 2404, Holanda). As análises foram executada em pastilhas fundidas com metaborato de lítio. Os discos de vidro foram preparados a partir de uma amostra moída em moinho de ágata, calcinada a 1000 °C (perda ao fogo), utilizando as razões de 0,4 g de amostra, 0,6 g de tetraborato de lítio (fundente) e 0,2 g de nitrato de lítio. As análises foram realizadas em espectrômetro WDXRF (PW 2404 - PanAnalytical, Holanda).

A determinação da mineralogia do sedimento foi realizada por difração de raios-x pelo método do pó, com amostra integral seca em estufa a 40 °C e pulverizada em moinho de ágata. O difratômetro utilizado é da marca Bruker, modelo D2 Phaser, equipado com goniômetro de varredura e tubo vertical de 400 W de potência ( $\lambda$  CuK $\alpha$  = 1.5406 Å), com geometria de Bragg-Brentano de modo contínuo, velocidade de varredura de 0,25° min<sup>-1</sup> e um detector Bruker, modelo LynxEye. O equipamento foi configurado a uma tensão de 30 kV, corrente de 10 mA e 300 W de potência. O intervalo de exposição foi de 5° a 65° (2 $\theta$ ), com uma resolução de 0,018° (2 $\theta$ ), totalizando 3305 passos de 1 segundo. Também foi utilizada uma fenda de 1 mm e não foi utilizado nenhum protetor de detector.

Para a estimativa do conteúdo de matéria orgânica (MO) e de carbonatos (CT) foram retirados das amostras os fragmentos de vegetais (folhas e galhos) de dimensões maiores do que 1 cm e foi utilizada uma modificação do método de perda ao fogo por ignição (Sutherland 1998, Heiri *et al.* 2001, Van Griethuysen *et al.* 2006). Em um cadinho previamente tarado, adicionou-se aproximadamente 1 g de amostra integral, moída em moinho de ágata, no qual foi seca em estufa a 105 °C por aproximadamente cinco horas (até peso constante). Após nova pesagem (Massa 105 °C), as amostras retornaram à mufla por cinco horas a 550 °C para a carbonização da matéria

orgânica e obtenção da massa resultante (Massa 550 °C). Após a pesagem da massa resultante a 550 °C, as amostras voltaram à mufla por cinco horas a 1000 °C para a obliteração dos minerais carbonatos e obtenção da massa resultante (Massa 1000 °C). A estimativa do conteúdo orgânico (MO) do sedimento foi calculado a partir da equação:

$$\text{MO (\%)} = [(\text{Massa } 105^\circ\text{C} - \text{Massa } 550^\circ\text{C}) / \text{Massa } 105^\circ\text{C}] \times 100,$$

a estimativa do conteúdo carbonático (CT) do sedimento foi calculado a partir da equação:

$$\text{CT (\%)} = [(\text{Massa } 550^\circ\text{C} - \text{Massa } 1000^\circ\text{C}) / \text{Massa } 550^\circ\text{C}] \times 100.$$

Em geral, este procedimento superestima o conteúdo orgânico, pois a 550 °C parte da água estrutural de argilominerais é perdida. Contudo, o método continua sendo indicado na literatura por ser limpo e eficiente na determinação relativa do conteúdo orgânico de sedimentos e solos (Sutherland 1998, Heiri *et al.* 2001, Van Griethuysen *et al.* 2006).

Todos os procedimentos supracitados foram realizados nos laboratórios analíticos do Instituto de Geociências da UNICAMP.

A determinação da concentração total de elementos menores e traço presentes nos sedimentos foi realizada no laboratório de serviço Acme Analytical Laboratories, em Vancouver, Canadá. As amostras foram previamente secas em estufa a 40 °C e pulverizadas em moinho de ágata e reduzidas a partículas <63 µm. Segundo o método analítico ACME 1T-MS, em uma alíquota de aproximadamente 0,25 g da amostra são adicionados 10 mL de solução multi-ácida de H<sub>2</sub>O, HF, HClO<sub>4</sub> e HNO<sub>3</sub> na proporção de 2:2:1:1. Na sequência, a solução é aquecida em chapa de aquecimento elétrico até próximo a secura. Posteriormente, são adicionados 4 mL de HCl 50% ao resíduo e aquecido em micro-ondas. Após o resfriamento, a solução é transferida para o tubo teste de polipropileno e avolumado até 10 mL com HCl 5%. Então, a solução é analisada por ICP-MS, no qual os valores totais dos elementos são determinados. Para o controle da qualidade analítica, dois materiais de referência (STD OREAS24P, STD OREAS45E), duas duplicatas e dois brancos foram analisados em paralelo. Além do controle de qualidade do laboratório, foram enviadas juntamente duas amostras em duplicata (MR-A3R, MR-C9R), escolhidas aleatoriamente e renomeadas para serem analisadas e servirem de controle adicional da qualidade analítica do laboratório.

### ***Tratamento dos dados***

As fases cristalinas foram identificadas utilizando o catálogo do Centro Internacional para Dados de Difração e o software X'Pert HighScore Plus, da PANalytical, versão 2004.

Os resultados químicos, físico-químicos foram tratados e interpretados com o emprego de médias, valores máximos, mínimos, desvios padrões ( $\sigma$ ), análises de agrupamento (*cluster*), análises de componentes principais (PCA), coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) com nível de significância ( $\alpha$ ) de 0,05, utilizando os softwares Excel e Origin 9.1.

Um fator de enriquecimento (FE) foi calculado para cada elemento, de acordo com a equação (Buat-Menard 1979, Förstner 1983, Luiz-Silva *et al.* 2008, Birch 2011):

$$FE = (Ci/Cr)_{antropogênico} / (Ci/Cr)_{background}$$

Onde, Ci e Cr correspondem às concentrações de i (elemento de interesse) e r (elemento normalizador ou de baixa mobilidade geoquímica) nos sedimentos mais recentes (antropogênicos) e da era pré-industrial (geogênicos ou *background*). A utilização de um elemento normalizador serve para minimizar os efeitos de diferenças de ordem granulométrica ou de composição mineralógica sobre a variabilidade de metais entre diferentes amostras. Além disso, como os metais de fontes naturais e antropópicas se associam, torna-se difícil determinar a proporções naturais e antropogênicas dos metais presentes nos sedimentos (Loring 1990, 1991, Luiz-Silva *et al.* 2008). Segundo Loring (1990, 1991), Aloupi & Angelidis (2001), o lítio é um elemento adequado para normalizar a variabilidade de elementos-traço em sedimentos estuarinos e costeiros, assim como, para estimar o aporte antropogênico. Isso porque Li é constituinte de partículas sedimentares finas, como micas, minerais ferromagnesianos e argilo-minerais e em sedimentos não contaminados a razão (metal)/(Li) é relativamente constante e há uma correlação positiva entre as concentrações de metais e de Li. Ainda, na maioria dos ambientes sedimentares, o acréscimo das concentrações de Li apresenta uma relação direta com o decréscimo do tamanho das partículas sedimentares, assim como para a maioria dos metais pesados. E como as atividades antropogênicas não adicionam Li no ambiente, se supõe que a razão (metal)/(Li) seja alta em sedimentos contaminados (Loring 1990, 1991, Aloupi & Angelidis 2001). Adicionalmente a isso, o elemento lítio tem sido usado com sucesso na área de estudo como elemento normalizador (*e.g.*, Luiz-Silva *et al.* 2006, 2008). Como *background* geoquímico do rio Morrão foram utilizadas as concentrações elementares médias totais (ICP-MS) dos sedimentos pertencentes ao

intervalo entre 220-260 cm de um testemunho (M3A) estudado por Luiz-Silva *et al.* (2008), o qual foi considerado como pré-industrial ou ausente de contaminação por esses autores. Esse testemunho é compatível, em localização geográfica, com a amostra MR-B8 do presente estudo. O uso de testemunhos de sedimento para a obtenção de material que possa estabelecer um nível referencial para os elementos analisados e se estimar a influência antropogênica tem sido incentivado e sucesso tem sido obtido (*e.g.*, Förstner 1983).



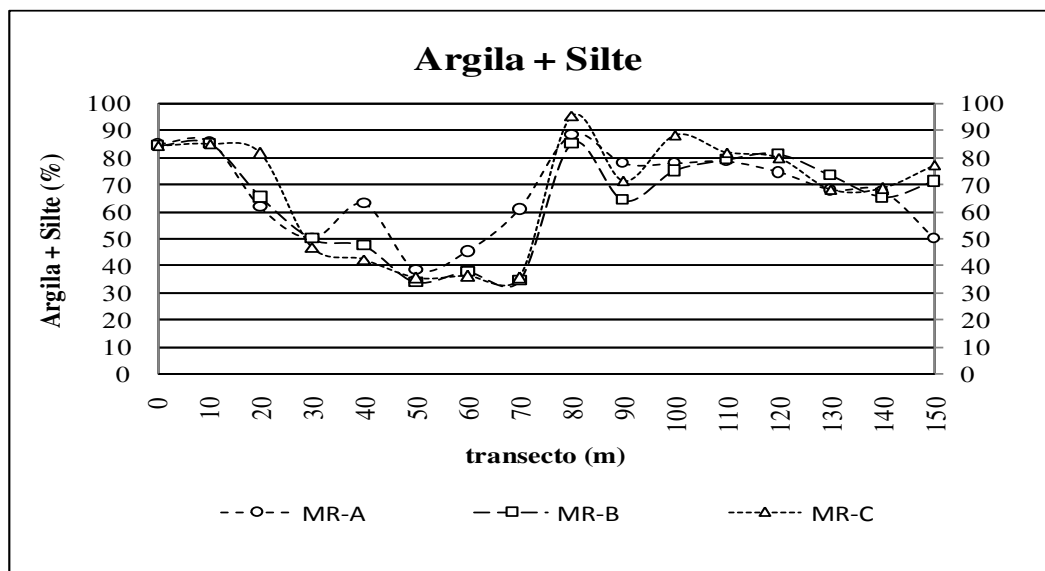


## 5 RESULTADOS

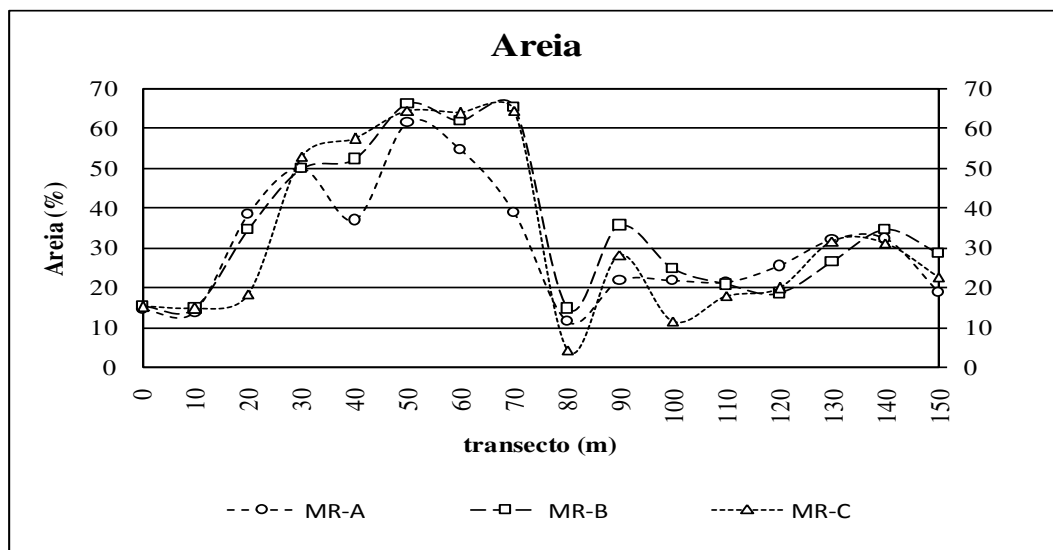
### 5.1 Composição granulométrica dos sedimentos

Os resultados granulométricos obtidos (Tabela 5.1 – Anexo B) indicam as proporções das classes granulométricas da Escala de Wentworth desde argila ( $\leq 3,90 \mu\text{m}$ ) até areia média ( $500 \mu\text{m}$ ). A distribuição das concentrações dos sedimentos finos (argila + silte;  $\leq 62,5 \mu\text{m}$ ) e areia fina (partículas entre  $62,5 - 500 \mu\text{m}$ ) ao longo dos transectos MR-A, B e C podem ser observadas nas Figuras 6, 7 e 8. Os transectos apresentaram uma variação textural muito semelhante entre si. A composição média dos sedimentos como um todo foi de 66,29% de sedimentos finos ( $\leq 62,5 \mu\text{m}$ ) e de 31,82% de areia (entre  $> 62,5$  e  $< 500 \mu\text{m}$ ). Os valores máximos e mínimos obtidos para sedimentos finos foram, respectivamente, 95,70% (amostra MR-C9) e 25,08% (MR-B8). Em adição, os valores máximos e mínimos encontrados para a fração areia foram, respectivamente, 66,21% (MR-B6) e 4,30% (MR-C9). Em nenhuma amostra foram encontradas partículas  $> 500 \mu\text{m}$ . Os dados obtidos nesse estudo apresentam semelhança com os teores de argila descritos por Berno (2010), que descreve essa fração presente no rio Morrão em teores superiores a 90%.

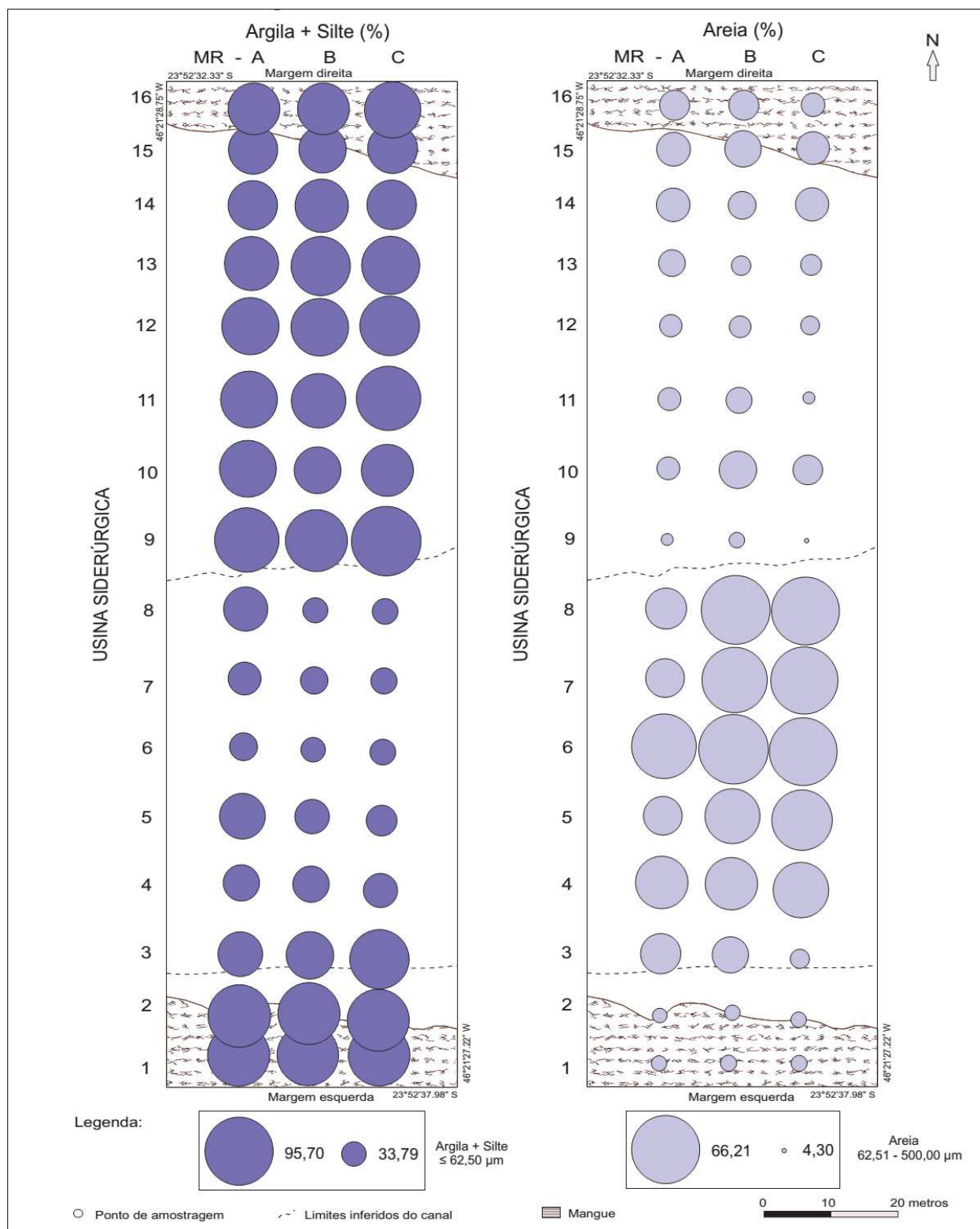
Conforme será explicado com maior detalhe mais adiante, a partir dos dados de granulometria, a área estudada foi dividida em três ambientes sedimentares distintos: mangue, planícies de intermaré lamosa (*intertidal mudflats*) e canal fluvial. Desse modo, as amostras MR-A1 e 16, MR-B1 e 16, MR-C1 e 16 foram consideradas representativas do mangue, o intervalo entre os pontos de amostragem 3 a 8 (MR-A, B e C) foi interpretado como o canal fluvial, e as áreas correspondentes às demais amostras, situadas entre o canal fluvial e o mangue, foram consideradas como uma planícies de intermaré lamosas. Os limites inferidos do canal podem ser observados também na Figura 8.



**Figura 6:** Distribuição das concentrações de sedimentos finos ao longo dos transectos do rio Morrão.



**Figura 7:** Distribuição das concentrações de areia ao longo dos transectos do rio Morrão.



**Figura 8:** Distribuição granulométrica ao longo dos transectos do rio Morroão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.

## 5.2 Conteúdo de matéria orgânica e carbonatos

A matéria orgânica presente no rio Morrão se caracteriza principalmente por fragmentos ou restos vegetais, tais como folhas e gravetos. Os materiais carbonáticos podem ser formados bio ou geoquimicamente, e serem depositados como parte dos sedimentos (Du Laing 2011), como por exemplo, carapaças de crustáceos e conchas, assim como fases minerais, tais como calcita e dolomita.

O conteúdo de matéria orgânica (MO) das amostras de sedimentos foi estimado pelo método de perda ao fogo (PF) e os resultados encontram-se na Tabela 5.2 – Anexo B.

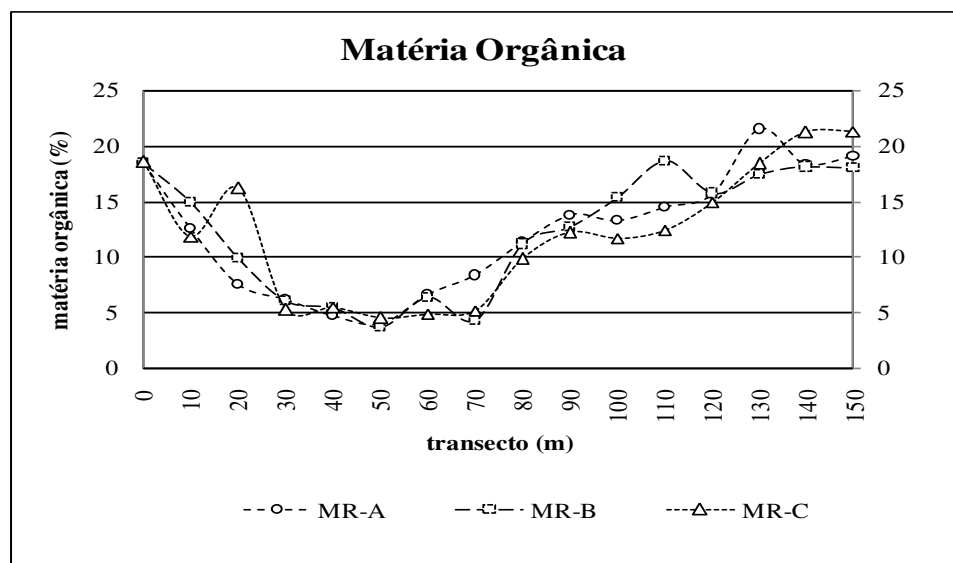
Os valores obtidos revelaram um conteúdo orgânico entre 3,65 e 21,51%, com média de  $12,20 \pm 5,58$  %. Os valores médios observados entre os diferentes ambientes deposicionais foram, respectivamente, margens esquerda e direita, 18,52 e 19,48% para os mangues, 13,09 e 15,06% para as planícies de intermaré lamosa, e média geral de 6,34% para o canal fluvial. A distribuição do conteúdo de MO ao longo dos transectos pode ser observado na Figura 9 e 11. Os transectos apresentaram uma variação do conteúdo de MO muito semelhante entre si, e, de modo geral, foi observada a tendência de a MO se associar aos sedimentos finos. A média apresentada está em conformidade com outros trabalhos realizados no rio Morrão (Gonçalves 2009, Berno 2010, Faccini 2011, Nizoli 2013).

O conteúdo de carbonatos (CT) das amostras de sedimentos do rio Morrão foi estimado pela diferença das massas obtidas a 550 °C e 1000 °C pelo método de perda ao fogo (PF). Os resultados encontram-se na Tabela 5.2 – Anexo B.

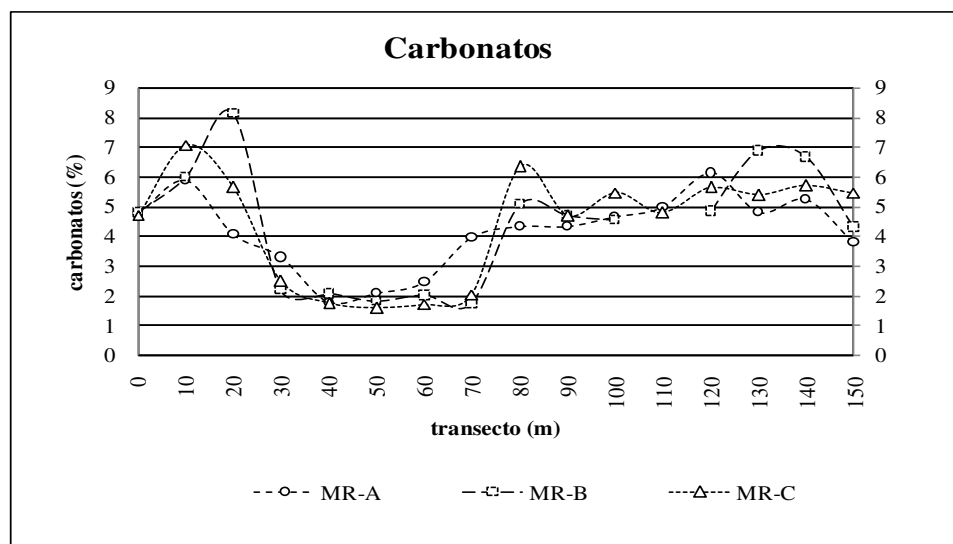
Os transectos apresentaram uma variação do conteúdo de CT muito semelhante entre si, e, de modo geral, também foi observada a tendência de a CT se associar aos sedimentos finos. A distribuição das concentrações de carbonatos ao longo dos transectos pode ser observada nas Figuras 10 e 11. Os valores obtidos revelaram um conteúdo carbonático entre 1,60 e 8,13%, com média de  $4,22 \pm 1,79$ %. Os valores médios observados entre os diferentes ambientes deposicionais foram, respectivamente, margens esquerda e direita, 4,76 e 4,53% para os mangues, 6,31 e 5,25% para as planícies de intermaré lamosa, e 2,82% para o canal fluvial. As médias apresentadas evidenciam valores entre 56,6 e 288,3% maiores do que os valores apresentados por Faccini (2011) para sedimentos do rio Cubatão próximo à área de estudo (máximo 2,82%). O material carbonático, além de material amorfo e estrutura esquelética de

animais, também pode ser representado por minerais, tais como calcita e dolomita. A calcita foi qualificada em algumas amostras analisadas por difrações de raios-x, conforme a seguir.

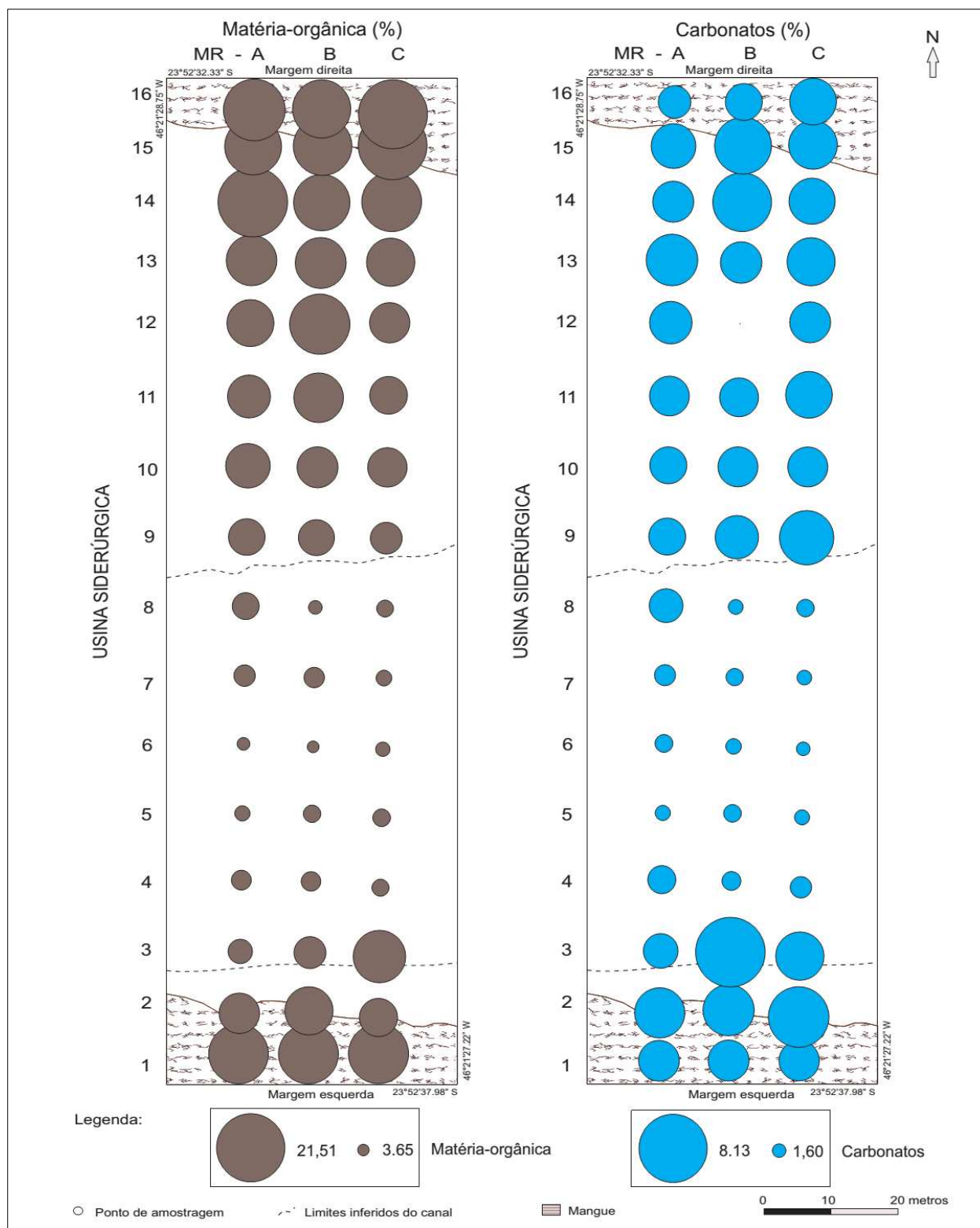
A partir das Figuras 9, 10 e 11 é possível observar que a matéria orgânica e os carbonatos se concentram principalmente nos mangues e nas planícies de intermaré lamosa, o que era o esperado, uma vez que nas áreas dos mangues predominam a vegetação e uma baixa energia de transporte sedimentar, assim como fora do canal. Já na área do canal não se acumulam esses materiais dada à alta energia de transporte.



**Figura 9:** Conteúdo de matéria orgânica ao longo dos transectos do rio Morrão.



**Figura 10:** Conteúdo carbonático ao longo dos transectos do rio Morrão.



**Figura 11:** Distribuição dos conteúdos de matéria-orgânica e carbonático ao longo dos transectos do rio Morrao. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.

### 5.3 Mineralogia

As fases minerais presentes nos sedimentos e identificadas por difração de raios-x encontram-se na Tabela 5.3 – Anexo B e foram: quartzo, feldspatos, clinozoisita, biotita, muscovita, piroxênio, anfibólio, espinélio, halita, calcita, magnetita, hematita, vivianita, pirita, montmorillonita, vermiculita, caulinita, illita e gibbsita. Destacam-se nesta análise as fases minerais magnetita, hematita, principalmente, e vivianita, por serem consideradas possíveis minerais autigênicos cujas composições químicas podem ser associadas às atividades antrópicas influentes no meio, além de pirita, característica de ambiente estuarino (tipicamente redutor e rico em enxofre) e associada aos processos de redução e/ou de formação de magnetita, hematita e vivianita (*e.g.*, Nriagu 1972, Lovley 1991, Jorand *et al.* 2000). Os difratogramas analisados são apresentados no Anexo A.

É importante ressaltar que o método analítico utilizado possui um limite de detecção de 5% em abundância. Portanto, pode haver nos sedimentos minerais que não foram identificados, ou ainda, minerais que foram identificados em determinadas amostras e em outras não, simplesmente por existirem em abundância menor do que o limite de detecção instrumental. Além disso, as análises mineralógicas por difração de raios-x resultaram numa assembleia mineral complexa e de difícil identificação, principalmente devido aos efeitos de ruído (*background*), ocasionados pelos altos teores de quartzo, ferro, matéria orgânica ou fases minerais de baixa cristalinidade, além da superposição de picos que podem ter mascarado fases minerais.

A magnetita apresenta seu pico de reflexão principal em aproximadamente 2,53 Å ou 35,4  $2\theta$ , e a hematita tem seu pico de reflexão principal em aproximadamente 2,70 Å ou 33,15  $2\theta$ . O segundo principal pico da hematita ( $\approx$  2,51 Å ou 35,60  $2\theta$ ) é muito próximo do pico principal da magnetita. Já o pico de principal reflexão da pirita ( $\approx$  2,70 Å ou 32,97  $2\theta$ ) é muito próximo do pico principal da hematita. Em ambos os casos pode haver confusões na identificação mineral durante a interpretação dos difratogramas. Em contraste, a vivianita apresenta seu pico de principal reflexão em aproximadamente 6,7 Å ou 13,15  $2\theta$  e não pode ter sua identificação facilmente confundida com outras fases minerais de interesse.

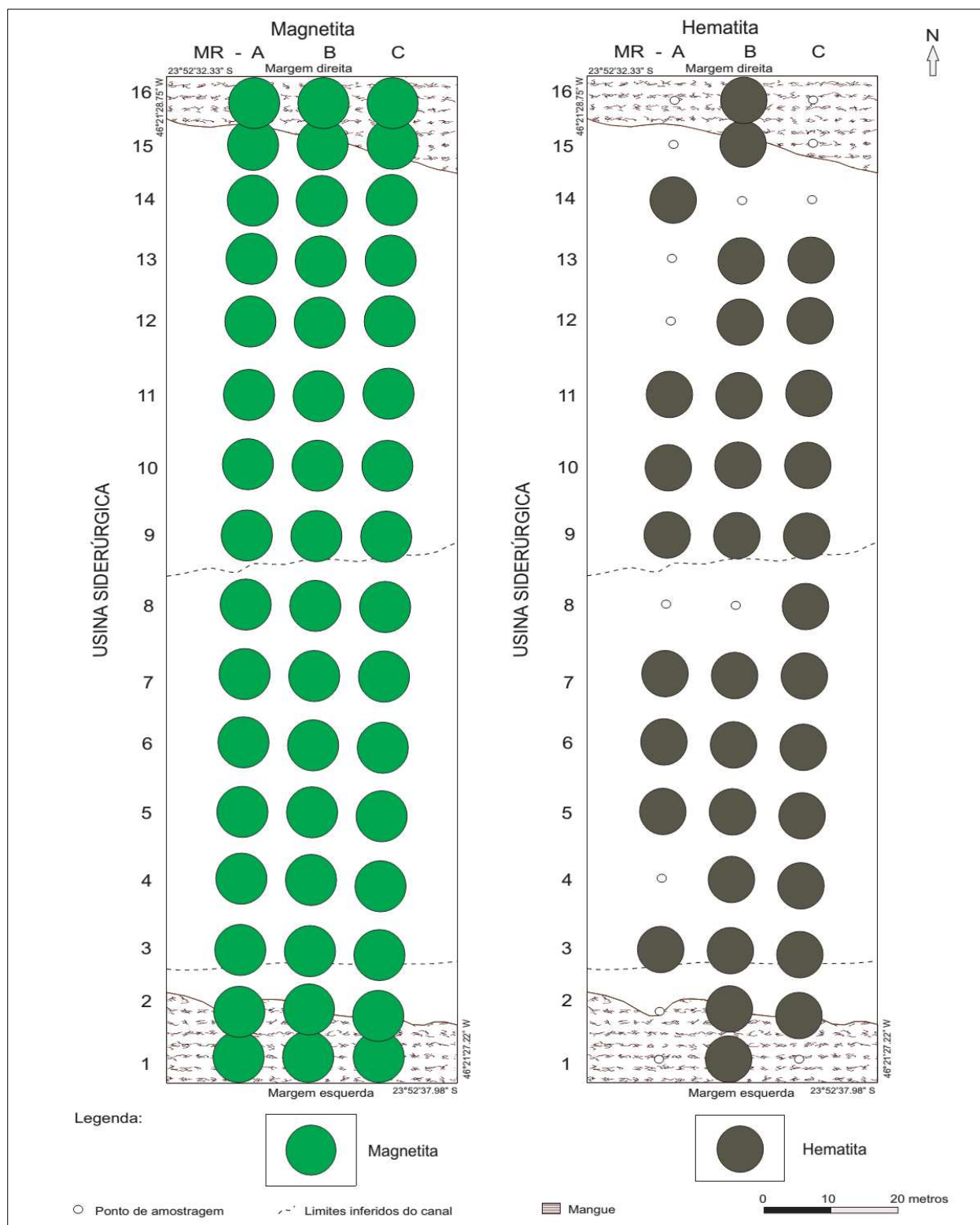
A magnetita foi observada em todas as amostras estudadas, enquanto a hematita se mostrou mais esparsa do que a magnetita e mais difusa ao longo do transecto MR-A, e mais concentrada ao longo do transecto MR-B (Figura 12). A vivianita foi encontrada especialmente

concentrada nos sedimentos da planície de intermaré lamosa da margem direita e de forma semelhante entre os transectos. Do modo semelhante à vivianita, a pirita se apresentou concentrada nos sedimentos da planície de intermaré lamosa, porém espalhada nas planícies das duas margens (Figura 13). Esses dados estão em concordância com Nizoli (2013), com exceção da ocorrência de vivianita que esse autor identificou com muita constância nos sedimentos da margem esquerda do rio Morrão, e foram ausentes neste setor no atual estudo. O diferencial é que Nizoli (2013) encontrou vivianita em sedimentos mais profundos, enquanto este estudo se limitou a amostras de superfície.

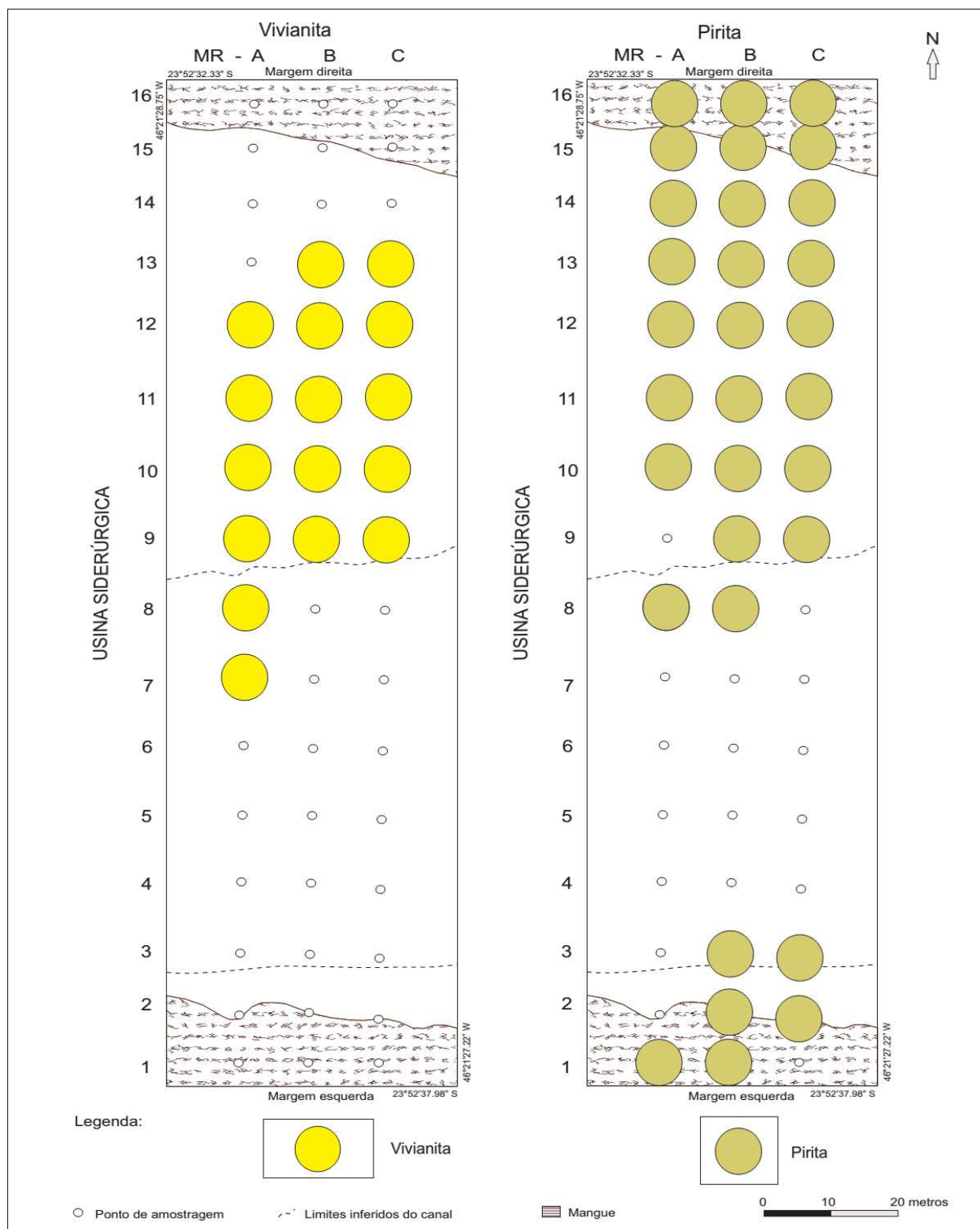
A partir da comparação dos minerais identificados por difração de raios-x com a descrição encontrada na literatura geológica regional (Sadowski 1974, Massad 1999), entende-se que as fases minerais quartzo, feldspatos, biotita, muscovita, piroxênios, anfibólios, calcita, magnetita, clinozoisita, pirita, montmorillonita, caulinita, illita e gibbsita são provenientes da erosão ou intemperismo natural das rochas situadas nas áreas fontes topograficamente mais elevadas da Serra do Mar e Complexo Costeiro e podem ser consideradas geogênicas. Os minerais bornita, espinélio, halita, gismondina e vermiculita não foram descritos na literatura regional, mas foram consideradas como provenientes de fontes naturais geogênicas. Halita, por exemplo, tem sua cristalização decorrente da composição da água do mar.

De modo geral, as fases minerais mais presentes nas amostras analisadas foram quartzo e magnetita, a julgar pela expressão dos picos característicos destes minerais nos difratogramas. Estudos inéditos de microscopia eletrônica de varredura em amostras similares coletadas em testemunho no centro do canal do rio Morrão (Angélica *com. pess.*) confirmam a presença de quartzo, hematita, magnetita, pirita, caulinita, vivianita, além de subprodutos de processos industriais, tais como sulfato de cálcio (possivelmente fosfogesso – subproduto da produção de fertilizantes) e *pellets* metálicos (ricos em Fe – possivelmente provenientes da siderurgia).





**Figura 12:** Distribuição de magnetita e hematita ao longo dos transectos do rio Morrão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.



**Figura 13:** Distribuição de vivianita e pirita ao longo dos transectos do rio Morrão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.

## 5.4 Aspectos físico-químicos

Os dados físico-químicos dos sedimentos do rio Morrão foram adquiridos em laboratório após amostragem de sedimentos e forneceram valores de pH, Eh (mV), condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) e oxigênio dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Os dados foram tomados com as sondas imersas simultaneamente nas amostras e dizem respeito às características físico-químicas da água intersticial ou de poro dos sedimentos. Para cada amostra foram tomadas até dez medidas de cada parâmetro em um tempo médio de 1 h para obtenção de valores médios. Todos os dados estão expostos na Tabela 5.4 – Anexo B.

Said (2013) coletou dados físico-químicos *in situ* em sedimento do rio Morrão no mesmo local da amostragem do presente estudo e obteve valores muito próximos aos apresentados neste trabalho. Tal semelhança valida o método de obtenção dos dados utilizado aqui, principalmente no que diz respeito à obtenção dos valores de potencial de óxido-redução (Eh), parâmetro este muito susceptível a mudança no sedimento após a coleta da amostra (devido à oxidação).

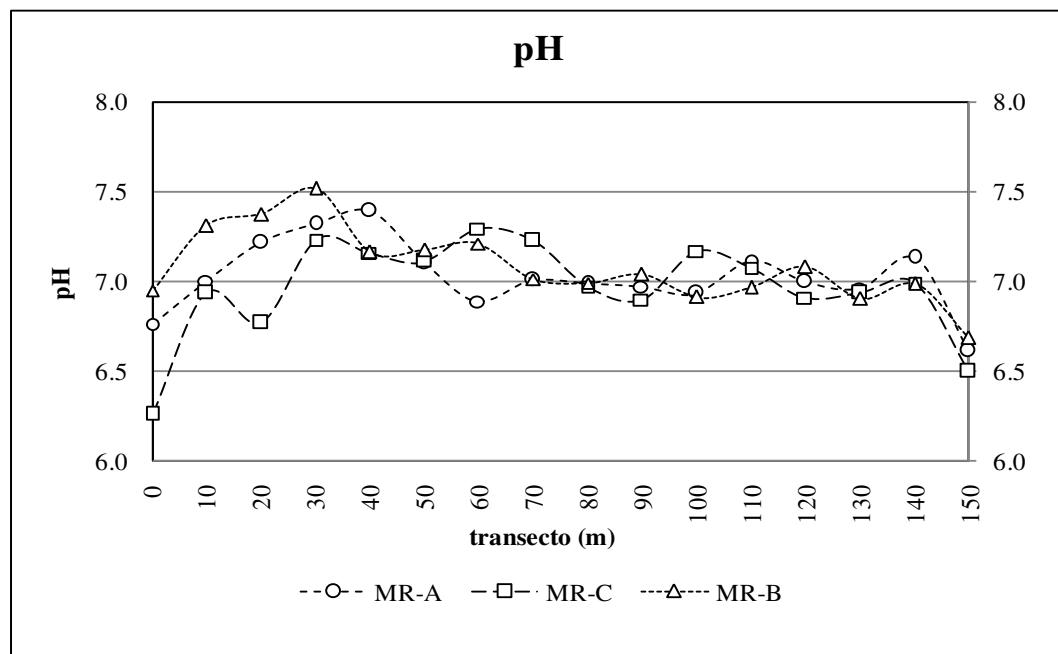
Na tentativa de se obter informações do ambiente físico-químico de formação dos possíveis minerais autigênicos, os dados referentes às amostras nas quais foram detectadas as fases minerais de interesse foram tratados individualmente (Figuras 12 e 13, Tabela 5.5 – Anexo B). A magnetita esteve presente em todas as amostras, dessa forma foi considerada uniforme e característica do ambiente como um todo, sendo assim suas condições físico-químicas formadoras não foram tratadas individualmente.

De forma geral, os resultados obtidos ao longo dos três transectos do rio Morrão caracterizam o ambiente como salino, redutor, neutro e subóxicos a anóxico. A seguir, um detalhamento de cada parâmetro físico-químico.

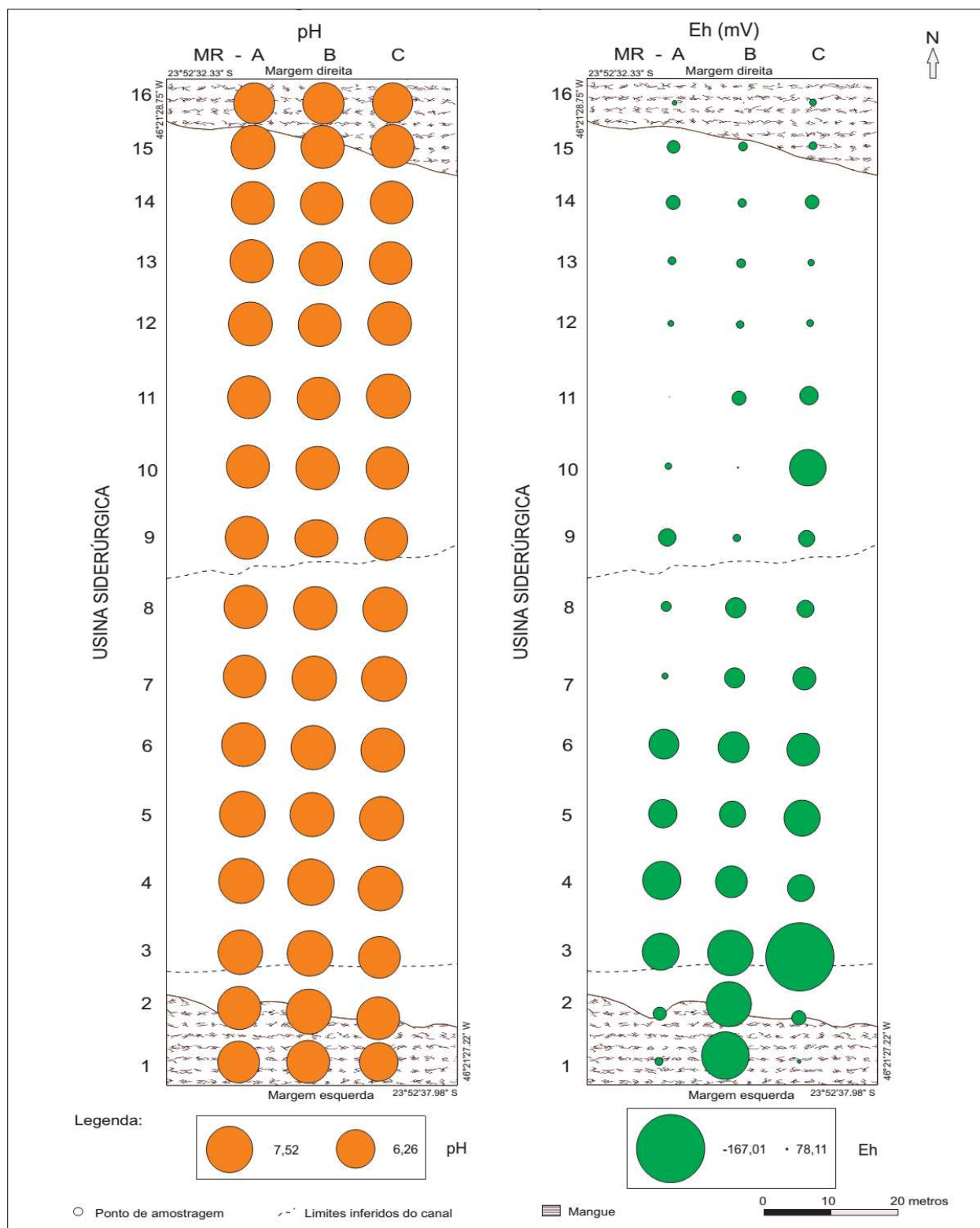
### ***Potencial hidrogeniônico (pH)***

Apesar de ter sido observada uma tendência de o ambiente ser mais ácido nas amostras do mangue em relação às da calha do rio, o pH apresentou-se bastante homogêneo ao longo dos transectos, com valores em torno de 7,0, caracterizando um ambiente majoritariamente neutro, podendo variar entre levemente alcalino e/ou ácido (Figuras 14 e 15 e Tabela 5.4 – Anexo B). Os valores de pH detectados no presente estudo apresentaram-se entre 6,14 e 7,59, com média de  $7,03 \pm 0,24$ , e mostraram pequena variação entre os três transectos e ambientes deposicionais. Como os valores de pH foram relativamente homogêneos entre todas as amostras estudadas,

também não mostraram particularidades com relação à heterogeneidade dos minerais presentes nos sedimentos (Tabela 5.5 – Anexo B). Os valores de pH encontrados neste trabalho estão consoantes com outros trabalhos (Cuzzuol & Campos 2001, Gonçalves 2009, Faccini 2011, Nizolli 2013).



**Figura 14:** Distribuição do pH da água intersticial ao longo dos transectos do rio Morrão.



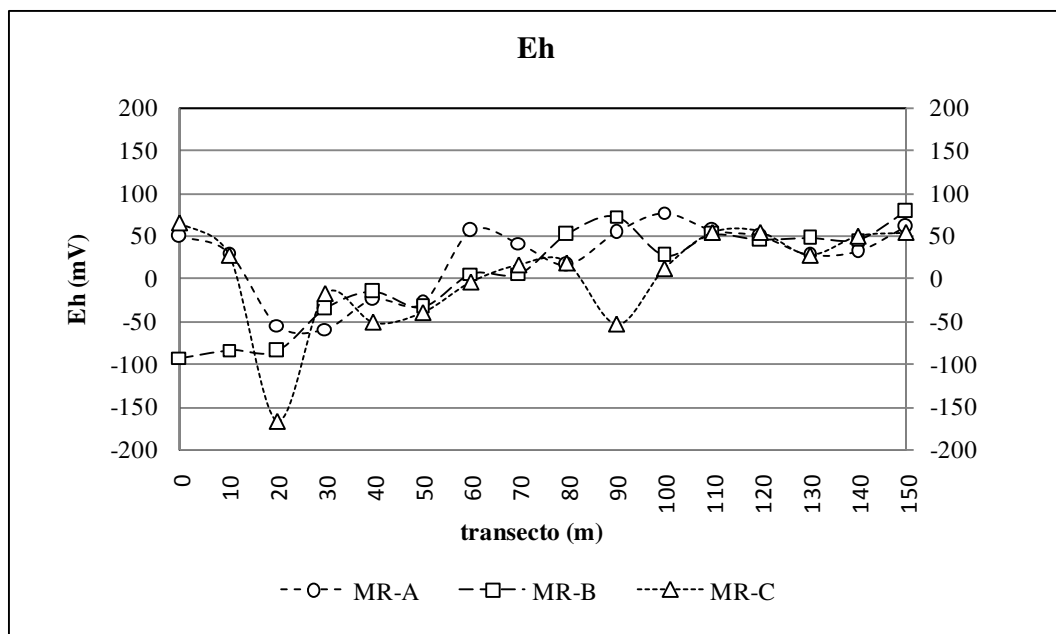
**Figura 15:** Distribuição do pH e Eh ao longo dos transectos do rio Morrão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.

### ***Potencial redox (Eh)***

Contrariamente aos demais parâmetros, o Eh apresentou variação bastante evidente ao longo dos transectos e, de forma geral, houve uma tendência de o ambiente ser mais redutor do centro do canal do rio em direção à planície de intermaré esquerda. Apesar de o transecto MR-B mostrar características de ambiente mais redutor na sua margem esquerda (sentido rio acima), de maneira geral as amostras das planícies de intermaré lamosa tenderam a ser menos redutoras (Figura 15 e 16). O mesmo comportamento foi verificado por Nizoli (2013), que coletou suas amostras nessa mesma margem. Esse comportamento físico-químico talvez se deva à maior exposição dos sedimentos das bordas à atmosfera durante menor maré, principalmente na margem direita do rio Morrão que apresenta grande área exposta durante as marés baixas.

Entre os três ambientes deposicionais estudados, os valores médios de Eh foram, respectivamente, nas margens esquerda e direita,  $-1,63 \pm 79,76$  mV e  $63,82 \pm 22,56$  mV, para os mangues,  $-8,95 \pm 62,08$  mV e  $37,26 \pm 32,26$  mV, para as planícies de intermaré lamosa, e,  $-27,27 \pm 62,81$  mV para o canal fluvial (Tabela 5.4 – Anexo B). De forma geral, os valores de Eh encontrados oscilaram entre 115,43 e  $-173,46$  mV, com média de  $9,46 \pm 60,26$  mV (Tabela 5.5 – Anexo B) e podem ser considerados redutores subóxicos a anóxicos de acordo com Otero *et al.* 2006 (condições óxicas Eh > 350 mV, condições subóxicas Eh 100–350 mV e condições anóxicas Eh < 100 mV). Os índices de Eh encontrados neste trabalho estão condizentes com outros trabalhos (Gonçalves 2009, Nizoli 2013).

Nas amostras com vivianita, os valores de Eh variaram entre 115,43 e  $-103,00$  mV, com média de  $37,99 \pm 36,47$  mV. Nas amostras com hematita, os valores de Eh apresentaram amplitude de 115,43 a  $-173,46$  mV, média de  $-1,42 \pm 63,90$  mV. Nas amostras com pirita houve uma variação de 115,43 a  $-173,46$  mV e média de  $22,16 \pm 60,99$  mV. Os valores obtidos podem ser vistos na Tabela 5.5 – Anexo B.



**Figura 16:** Distribuição do Eh da água intersticial ao longo dos transectos do rio Morrão.

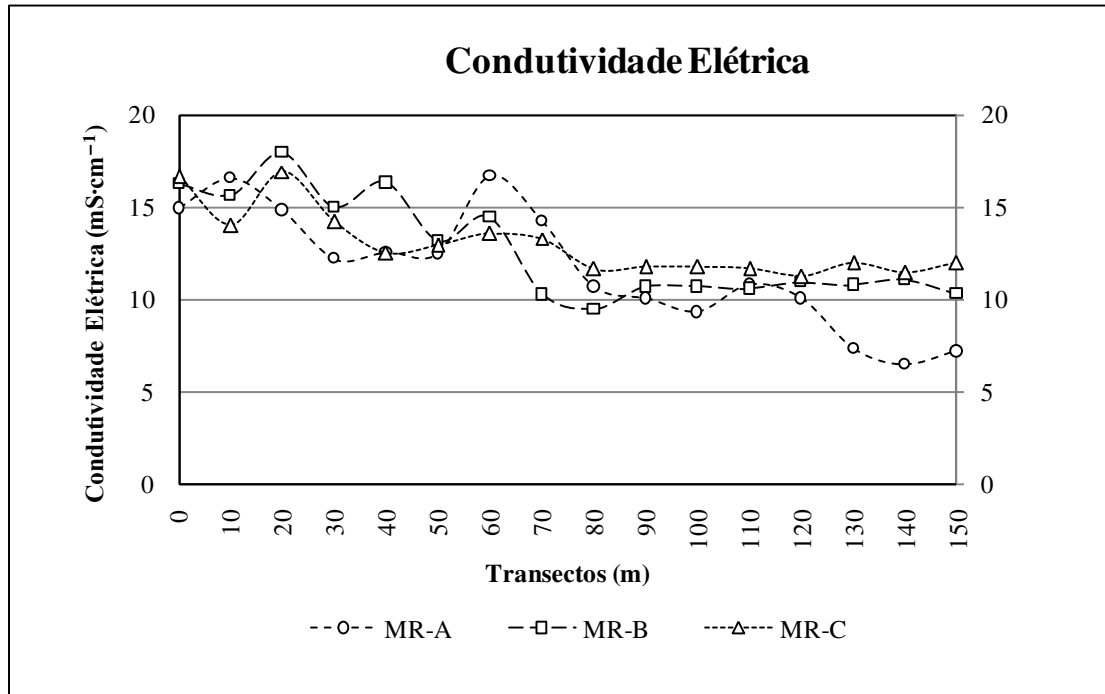
### ***Condutividade elétrica (CE)***

A condutividade elétrica (CE) apresentou uma variação pouco significativa, com valores mais elevados desde o limite direito do canal e adentrando-se na margem esquerda até os limites internos do mangue. Os menores valores de condutividade elétrica se concentraram nas planícies de intermaré lamosa direita, desde o limite do canal até dentro do mangue na margem direita do rio Morrão (Figuras 17 e 18).

Entre os três ambientes deposicionais, os valores médios de condutividade elétrica foram, respectivamente, nas margens esquerda e direita,  $15,96 \pm 1,29 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  e  $9,81 \pm 2,07 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , para os mangues,  $15,42 \pm 1,16 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  e  $10,49 \pm 1,46 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , para as planícies de intermaré lamosa, e,  $14,12 \pm 2,05 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , para o canal fluvial (Tabela 5.4 – Anexo B). Os valores de CE observados apresentaram pequena variação, entre 6,14 e  $18,73 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , média de  $12,47 \pm 2,73 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  e os valores mais altos distribuem-se próximos à margem esquerda (sentido rio acima – Tabela 5.5 – Anexo B). Os dados de condutividade elétrica encontrados neste trabalho estão de acordo com Nizoli (2013).

Nas amostras com vivianita, os valores de CE variaram entre 17,56 e  $9,17 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , com média de  $11,56 \pm 1,91 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Nas amostras com hematita, os valores de CE apresentaram amplitude de 18,73 e  $7,09 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , média de  $12,74 \pm 2,56 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Nas amostras com pirita

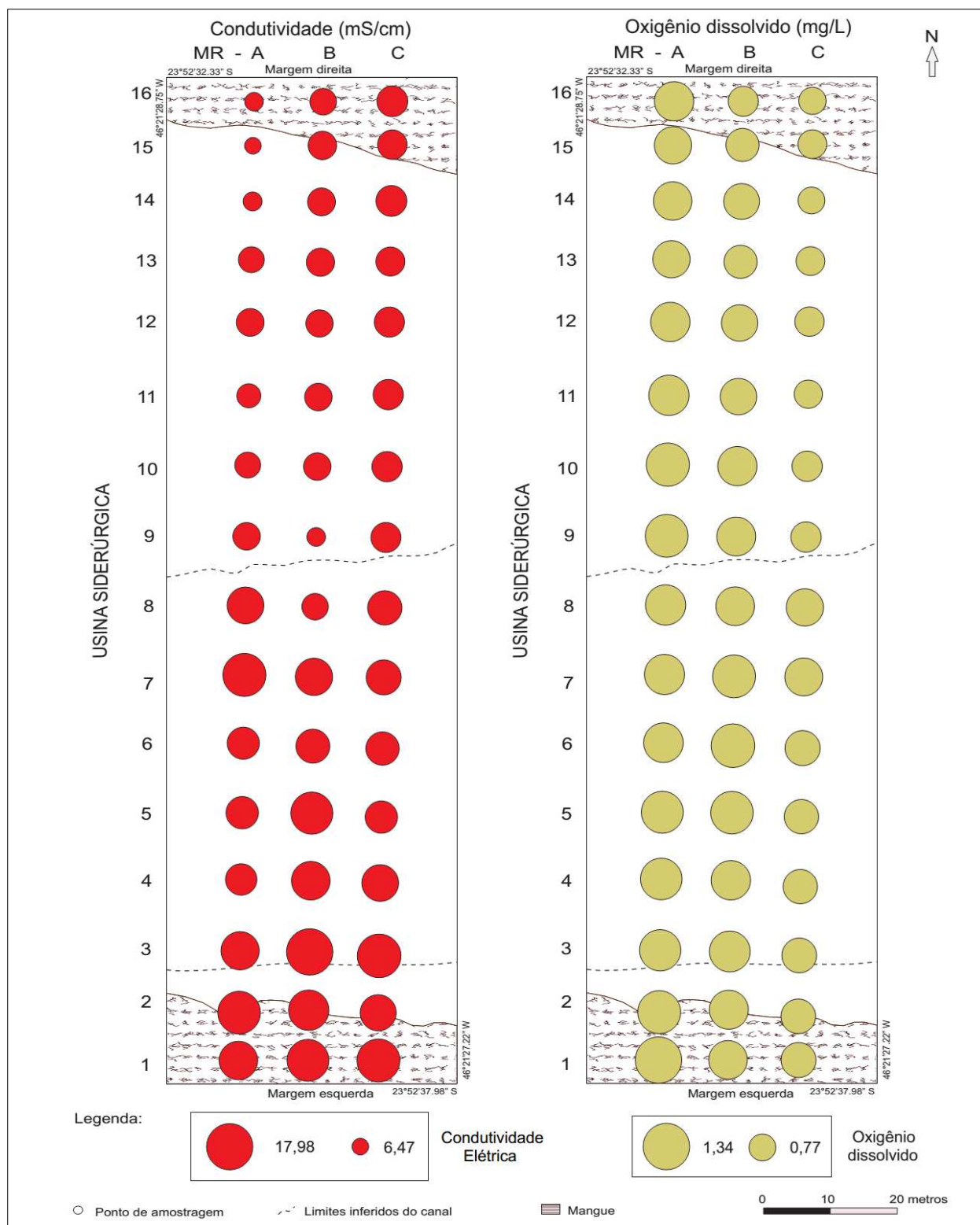
houve uma variação de 18,73 a 6,14  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  e média de  $11,77 \pm 2,83 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Os valores obtidos podem ser vistos na Tabela 5.5 – Anexo B.



**Figura 17:** Distribuição da condutividade elétrica da água intersticial ao longo dos transectos do rio Morrão.

O decréscimo dos valores de CE em direção à planície direita do rio Morrão pode ser esperado porque a água salobra do estuário permanece menos tempo nesse local, se comparado com a outra margem esquerda mais permanentemente subaquática. Outro fato importante que precisa ser considerado é que o aporte de água doce, oriunda do continente e que dilui a água do mar, parece influenciar mais essa parte da planície estuarina, a qual se conecta mais diretamente ao continente. Essa margem recebe águas continentais provenientes da Serra do Morrão e do rio Quilombo. Na outra margem do rio predomina o estuário propriamente, onde a menor influência de água doce pode ser esperada (Figura 3).



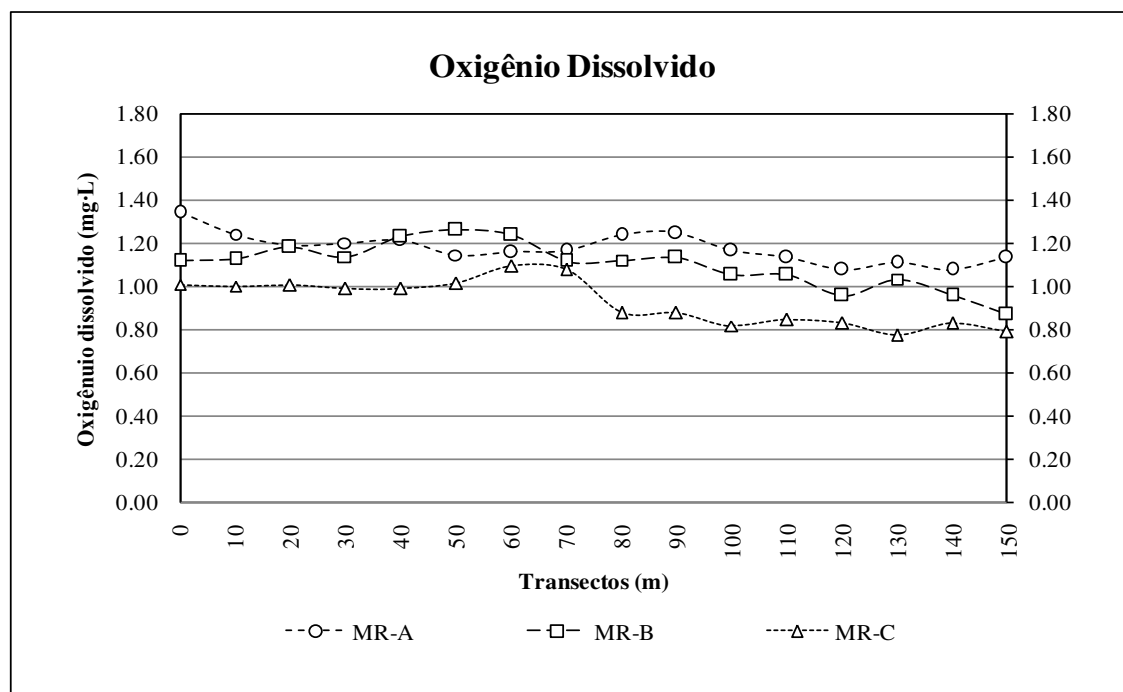


**Figura 18:** Distribuição da condutividade elétrica e do oxigênio dissolvido ao longo dos transectos do rio Morrão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.

### ***Oxigênio dissolvido (OD)***

Entre os três ambientes deposicionais, os valores médios de oxigênio dissolvido foram, respectivamente, nas margens esquerda e direita,  $1,21 \pm 0,14 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  e  $0,93 \pm 0,15 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , para os mangues,  $1,17 \pm 0,08 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  e  $1,02 \pm 0,15 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , para as planícies de intermaré lamosa, e,  $1,15 \pm 0,08 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  para o canal fluvial (Tabela 5.4 – Anexo B). As concentrações de oxigênio dissolvido apresentaram uma variação pouco significativa entre os transectos do rio Morrão. Os valores de OD observados apresentaram variação entre  $1,40$  e  $0,77 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , média de  $1,08 \pm 0,15 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ . Os valores de OD obtidos e sua distribuição para cada transecto podem ser vistos nas Figuras 18 e 19. Os dados de OD encontrados neste trabalho estão de acordo com Nizoli (2013).

Nas amostras com vivianita os valores de OD variaram entre  $1,27$  e  $0,78 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , com média de  $1,05 \pm 0,15 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ . Nas amostras com hematita os valores de OD apresentaram amplitude de  $1,28$  a  $0,78 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , média de  $1,08 \pm 0,14 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ . Nas amostras com pirita houve uma variação de  $1,40$  a  $0,77 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , média de  $1,04 \pm 0,15 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  (Tabela 5.5 – Anexo B).



**Figura 19:** Distribuição do oxigênio dissolvido da água intersticial ao longo transectos do rio Morrão.

## 5.5 Características geoquímicas dos sedimentos

### ICP-MS

Os resultados analíticos (ICP-MS) multi-elementares, médias, desvios-padrão e intervalos de concentrações para as amostras de sedimentos superficiais obtidas na amostragem dos transectos no rio Morrão encontram-se na Tabela 5.6 - Anexo B. Os valores obtidos pelo controle da qualidade das análises realizadas por ICP-MS estão reportados na Tabela 5.7 – Anexo B e foram considerados satisfatórios. De forma geral, os resultados geoquímicos apresentaram muita semelhança entre os três transectos estudados.

Como mencionado anteriormente, para o cálculo do fator de enriquecimento (FE) dos metais presentes nos sedimentos, foram utilizadas como *background* geoquímico do rio Morrão as concentrações elementares totais médias (ICP-MS) dos sedimentos pertencentes ao intervalo entre 220-260 cm de um testemunho (M3A) estudado por Luiz-Silva *et al.* (2008), cujas concentrações elementares foram consideradas pré-industriais ou ausentes de contaminação. Todas as informações obtidas pelo cálculo de FE podem ser observadas na Tabela 5.9 – Anexo B.

Os valores obtidos de FE médios e máximos podem ser observados nas Tabelas 5.10 e 5.11, respectivamente.

Tabela 5.10 - Fatores de enriquecimento médios relativos às concentrações elementares do intervalo de 220-260 cm do testemunho de asedimentos analisado por Luiz-Silva <i>et al.</i> 2008.									
Li	0,94	K	1,57	Cr	2,58	Tb	4,76	La	8,41
Al	1,06	Rb	1,57	Hf	2,68	Fe	4,79	Nb	8,47
As	1,11	Mg	1,69	Ho	2,70	Mn	5,00	Eu	8,55
Cs	1,13	Na	1,82	Th	2,73	U	5,33	Pr	9,78
V	1,19	Lu	1,85	Er	2,76	Ta	5,38	Ca	9,79
Ti	1,20	S	2,05	Sn	2,76	Pb	5,45	Ce	9,94
Ba	1,24	Tm	2,18	Zr	3,34	Zn	5,75	Nd	9,96
Sc	1,30	Co	2,34	Y	3,46	Sr	6,31	Cd	14,37
Ga	1,36	Yb	2,48	Bi	3,48	Sb	6,81	P	22,07
W	1,53	Ni	2,50	Dy	4,35	Gd	7,07	-	-
Mo	1,56	Be	2,55	Cu	4,70	Sm	8,15	-	-

A partir de informações apresentadas em estudos anteriores realizados na mesma área de estudos (*e.g.*, Luiz-Silva *et al.* 2006, 2008, Berno 2010, Nizoli 2013), os valores médios de FE para os sedimentos do rio Morrão entre 0,0 e 2,0 podem ser considerados geogênicos, valores de FE entre 2,0 e 3,0 como pouco enriquecidos pelo aporte antropogênico e valores acima de 3,0 como moderados a altamente enriquecidos pela influência antropogênica. Segundo esse critério, e

considerando os valores médios apresentados na Tabela 5.10, os elementos Li, Al, Ti, As, Cs, V, Sc, Ga, W, Mo, K, Rb, Mg, Na, Lu, S apresentam comportamento geogênico ou ligeiramente influenciados pela atividade antrópica. Os elementos Tm, Co, Yb, Ni, Be, Cr, Hf, Ho, Th, Er, Sn são elementos pouco enriquecidos pelas atividades antrópicas. E por fim, os elementos Zr, Y, Bi, Dy, Cu, Tb, Fe, Mn, U, Ta, Pb, Zn, Sr, Sb, Gd, Sm, La, Nb, Eu, Pr, Ca, Ce, Nd, Cd, P figuram como o grupo elementar moderado a altamente influenciado pelas atividades antrópicas. Como esperado, os elementos Li e Al, geralmente considerados elementos de baixa mobilidade geoquímica e normalizadores, apresentaram enriquecimento em torno de 1,00 (no caso do Li, a normalização foi feita pelo Al).

Tabela 5.11 - Fatores de enriquecimento máximos relativos às concentrações elementares do intervalo de 220-260 cm do testemunho de sedimentos analisado por Luiz-Silva <i>et al.</i> 2008.														
Li	1,13	MR-C8	Mo	2,73	MR-A14	Yb	5,79	MR-C9	Dy	14,14	MR-C9	Gd	29,09	MR-C9
Al	1,25	MR-C6	K	2,74	MR-C6	Sn	6,09	MR-C9	Zn	14,55	MR-C9	Sm	33,09	MR-C9
Cs	1,49	MR-C4	Mg	2,98	MR-A4	Th	6,96	MR-C9	U	14,61	MR-C9	La	34,46	MR-C9
Ti	1,61	MR-C7	Co	3,67	MR-A5	Er	7,35	MR-C9	Mn	15,92	MR-A4	Eu	37,11	MR-C9
As	1,66	MR-A4	Lu	4,00	MR-C9	S	7,72	MR-B3	Sr	17,18	MR-C9	Ce	39,44	MR-C9
V	2,05	MR-A4	Ni	4,41	MR-C9	Zr	7,74	MR-C9	Tb	17,29	MR-C9	Pr	40,79	MR-C9
Ga	2,12	MR-C9	Tm	4,8	MR-C9	Ho	8,05	MR-C9	Pb	18,97	MR-C9	Nd	40,88	MR-C9
Na	2,33	MR-B2	Be	4,8	MR-C9	Cu	9,01	MR-C9	Ta	20,02	MR-C9	Cd	43,01	MR-C9
Rb	2,37	MR-A6	Cr	5,01	MR-A5	Y	9,58	MR-C9	Sb	21,80	MR-C9	P	68,41	MR-C9
Sc	2,58	MR-C9	Ba	5,21	MR-C6	Bi	12,02	MR-C9	Ca	24,69	MR-A4	-	-	-
W	2,72	MR-A4	Hf	5,7	MR-C9	Fe	12,71	MR-A5	Nb	28,11	MR-C9	-	-	-

Comparativamente, considerando os valores médios ou máximos de enriquecimento, os elementos geogênicos ou pouco enriquecidos Lu, S, Tm, Co, Yb, Ni, Be, Cr, Hf, Ho, Th, Er, Sn da Tabela 5.10 figuraram entre os elementos moderada a altamente enriquecidos pelas atividades antrópicas quando analisadas as amostras individualmente ou conforme Tabela 5.11.

Conforme observado em estudos anteriores, e devido à proximidade das indústrias siderúrgica e de fertilizantes, os elementos Fe e P recebem destaque como marcadores geoquímicos da influência dessas atividades industriais nos sedimentos estudados (*e.g.*, Luiz-Silva *et al.* 2008, Boden 2010, Nizoli 2013, Sanders *et al.* 2013). Em geral, os teores de Fe oscilaram entre 4,62 e 20,23%, com média de  $11,03 \pm 3,84$  %. Os teores de P variaram entre 0,15 e 2,07%, com média de  $0,79 \pm 0,47$  %. Ambos representam elementos altamente enriquecidos. A distribuição das concentrações e do enriquecimento de Fe e P ao longo dos transectos do rio Morrão podem ser vistas nas Figuras 20 e 21, respectivamente.

### ***Fluorescência de Raios-x (FRX)***

Os resultados analíticos (FRX) dos elementos maiores, médias e intervalos de concentração, expressas na forma de óxidos convencionais estão disponíveis na Tabela 5.12 – Anexo B. Esses dados convertidos na forma de elementos químicos podem ser vistos na Tabela 5.13 – Anexo B. Como não foi realizada especiação elementar, toda a concentração ferro (Fe) foi convertida em  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e refere-se ao ferro total com valência indistinta. Em contrapartida, o estudo mineralógico (acima) revelou a presença de  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$  entre os minerais identificados nos sedimentos. Entretanto, não deve haver grandes incertezas nos cálculos da composição química geral das amostras, uma vez que os fatores multiplicativos das concentrações de ferro elementar para conversão em seus respectivos óxidos são próximos, ou seja, 1,29 para  $\text{FeO}$  ( $\text{Fe}^{2+}$ ), 1,42 para  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ( $\text{Fe}^{3+}$ ) e 1,38 para  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ( $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$ ) (esta última conversão não é usual em trabalhos geoquímicos) (Nizoli 2013).

Para o controle de qualidade dos resultados seis amostras de materiais de referência internacionais (BRP-1, OU-6, RGM-1, BRP-1\*, BE-N\*, MA-N\*) foram analisadas em paralelo. Os valores obtidos e os recomendados são reportados na Tabela 5.14 – Anexo B.

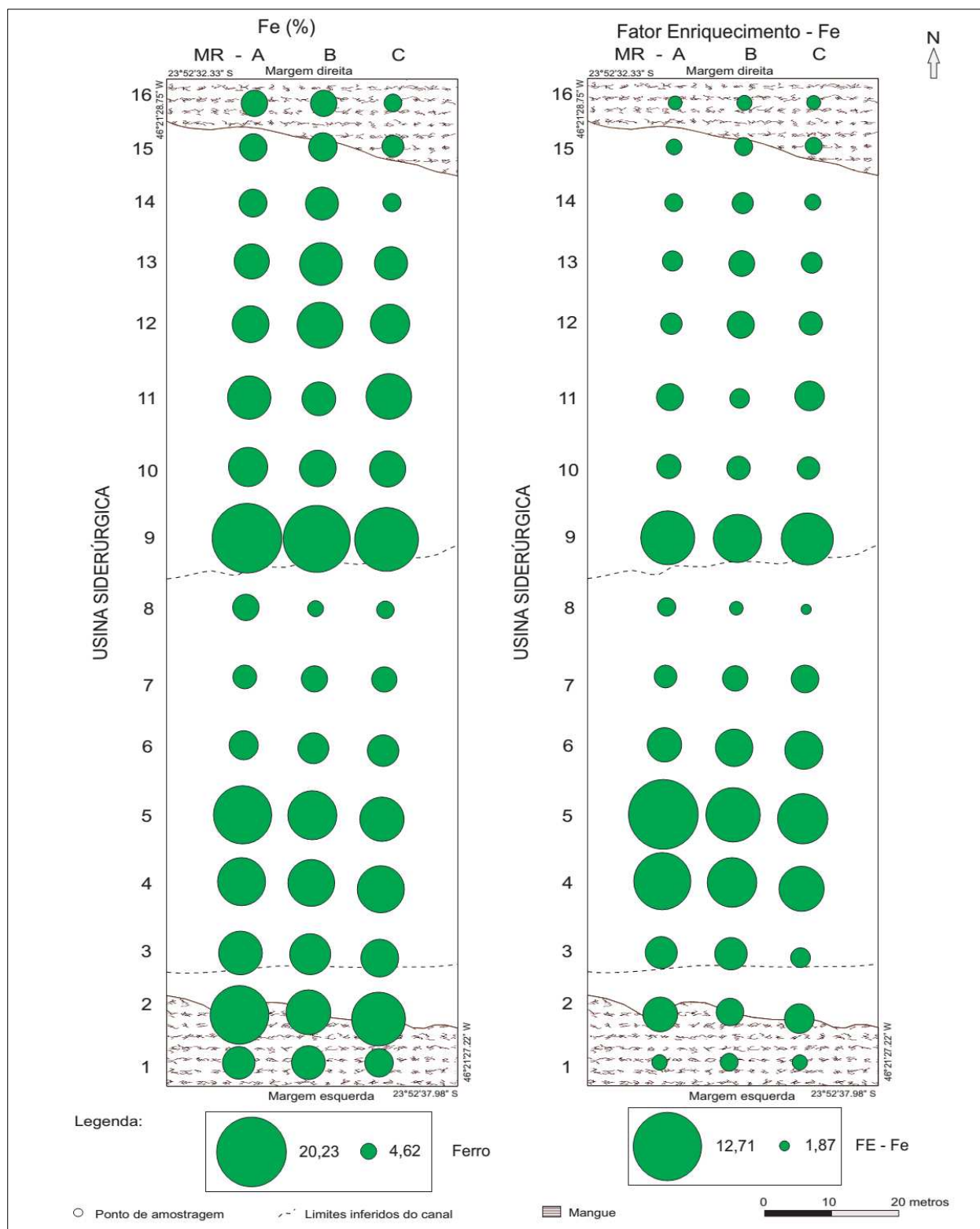
Os teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  observados apresentaram média de 18,20 % e variação entre 6,69 e 31,55 % e os teores de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , média de 1,90 % e variação entre 0,33 e 5,35 % (Tabela 5.12 – Anexo B). Comparativamente, os teores de Fe revelaram média de 12,73 %, com variação entre 4,68 e 22,07%, e, os teores de P foram, na média 0,83 %, com mínimo de 0,15 % e máximo de 2,33 % (Tabela 5.13 – Anexo B).

A FRX é um importante apoio às análises ICP-MS, por ser mais robusta no que diz respeito às análises de elementos maiores, além de proporcionar a determinação das concentrações de Si, não usual em análises de matrizes geológicas sólidas por ICP-MS. Para ambos os métodos, os resultados de elementos maiores e menores se mostraram muito semelhantes, o que é importante para validar as análises por ICP-MS quanto aos resultados de elementos maiores. Portanto, os resultados de ICP-MS comparativamente aos de FRX foram considerados satisfatórios e são confrontados na Tabela 5.15 – Anexo B.

Na tentativa de comparar as concentrações elementares obtidas a partir das amostras de sedimentos superficiais do rio Morrão, os valores médios obtidos foram confrontados com as médias crustais de folhelhos fornecidas por Faure (1998) e podem ser observados na Tabela 5.8 –

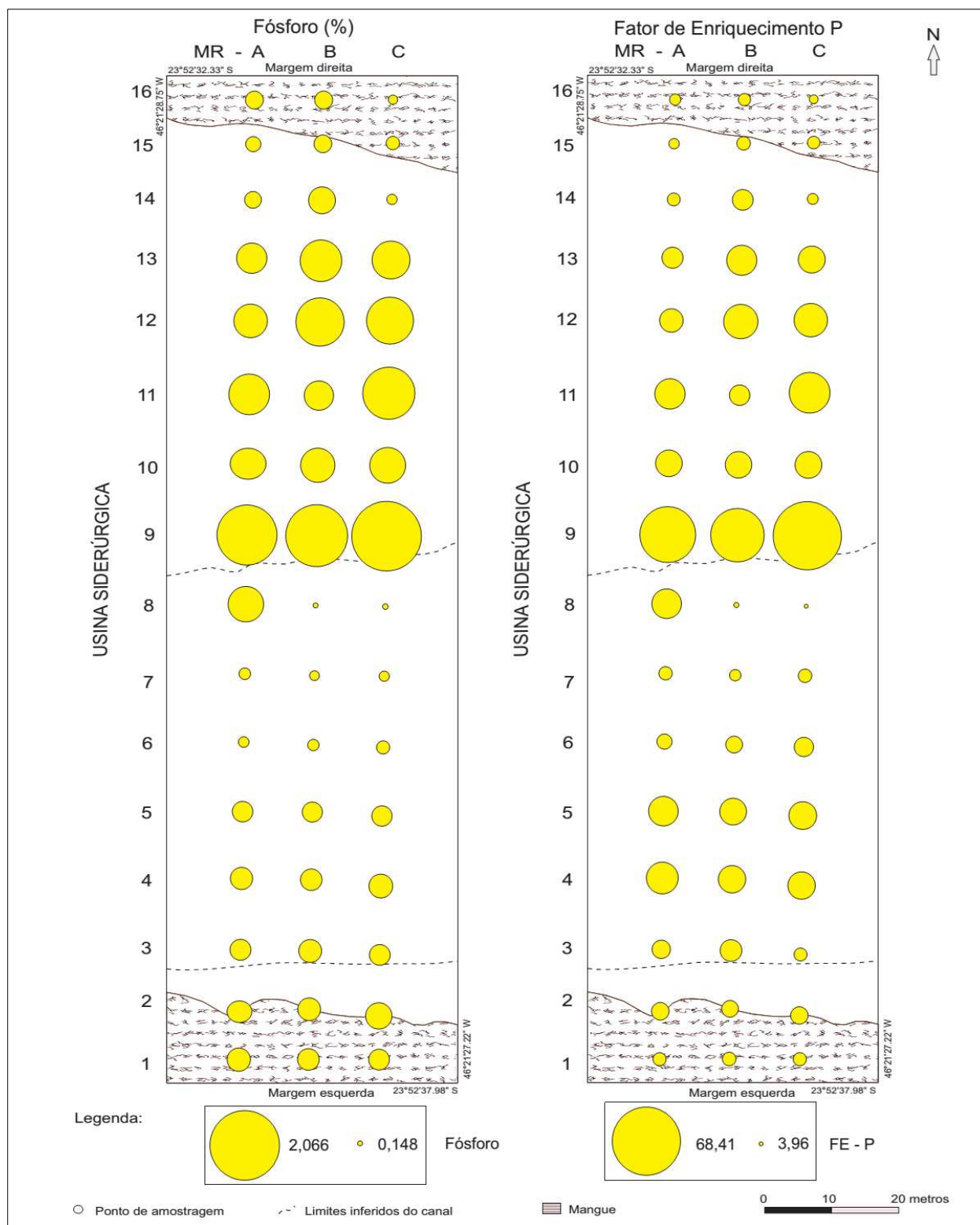
Anexo B. Os elementos Cd, Fe, Hf, Mn, Nb, P, S, Se, Ta, Th, Tl, Zn e elementos terras raras (Ce, Dy, Eu, Gd, La, Nd, Pr, Sm, Tb, Tm) apresentaram-se em concentrações acima da média dos folhelhos, com destaque para P, Th, cujas concentrações foram muitas vezes maiores do que as médias crustais.

Da mesma forma, as concentrações dos elementos químicos de maior interesse (Fe e P) podem ser consideradas superiores às concentrações encontradas em outros estuários tropicais. Por exemplo, na literatura foram apresentadas concentrações de Fe em sedimentos superficiais do estuário de Cananéia (SP) entre 0,2 e 4,7%, (Amorim *et al.* 2008, Cruz *et al.* 2014), do Complexo estuarino da Baía de Paranaguá (PR) com máxima de 8,92% (Sá 2008), no estuário do rio São Francisco, localizado entre os Estados de Sergipe e Alagoas, de 0,26 a 4,31% (Santos 2007), nos sedimentos da Baía de Todos os Santos (BA) de 0,05 a 8,3% (Otero *et al.* 2013, Krull *et al.* 2014). Estes dados são bem inferiores às concentrações de Fe evidenciadas neste trabalho, que variaram entre 4,62 e 22,07%, com média de  $11,03 \pm 3,84$  (Tabelas 5.6 – Anexo B). Do mesmo modo, também foram encontrados na literatura dados de concentração de P total nos sedimentos superficiais do estuário de Cananéia (SP) entre 0,04 e 1,02% (Barcellos *et al.* 2005, Amorim *et al.* 2008, Cruz *et al.* 2014), do estuário do rio São Francisco, entre 0,01 e 0,04% (Santos 2007), do estuário do rio Jaguaribe (CE) aproximadamente 0,02% (Filho & Marins 2013) e nos sedimentos da Baía de Sepetiba (RJ) da ordem de 0,01% (Ferreira *et al.* 2013), enquanto no atual trabalho as concentrações de P total variam de 0,15 a 2,33%, com média de  $0,79 \pm 0,47\%$  (Tabelas 5.6 – Anexo B).



**Figura 20:** Distribuição das concentrações e enriquecimentos de Fe ao longo dos transectos rio Morroão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.





**Figura 21:** Distribuição das concentrações e enriquecimentos de P ao longo dos transectos rio Morroão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.



## 6 DISCUSSÃO

### *Variação espacial da sedimentação*

No que se refere ao ambiente sedimentar da área estudada, baseado na premissa de que a distribuição das diferentes frações sedimentares apresenta uma relação intrínseca com a energia de transporte, é possível separar a seção transversal estudada do rio Morrão em três diferentes ambientes sedimentares: canal de maré, planícies de intermaré lamosa e mangue (Figuras 6, 7 e 8).

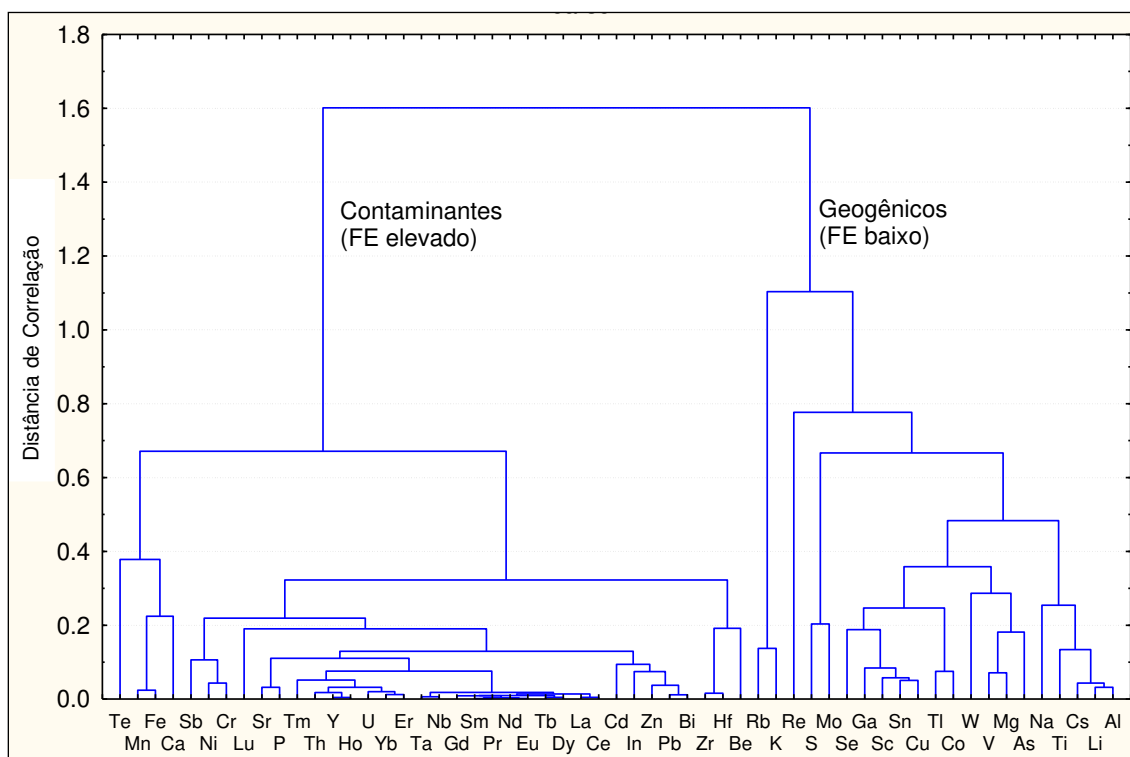
Dentro da calha do rio Morrão, e adjacente às áreas dos mangues, fica evidente a distinção de um local de alta e outros de baixa energia de transporte. Isso porque o conteúdo de sedimentos finos diminui e o conteúdo de areia aumenta significativamente no intervalo dos transectos entre 20 e 80 metros, ou seja, entre os pontos de amostragem 3 a 8 (MR-A, MR-B e MR-C), faixa destacada com linhas tracejadas na Figura 8. Essa porção do rio Morrão compreende o canal de maré, ou o local de atuação de maior energia de transporte, onde a deposição de sedimentos mais grossos sobrepõe-se aos finos, com cerca de 60% de areia (Figura 7). As áreas adjacentes ao canal de maré (entre seus limites e as margens esquerda e direita do rio) constituem as planícies de intermaré lamosa (*intertidal mudflats*), locais de menor energia de transporte de sedimentos, onde há a exposição atmosférica dos sedimentos durante os eventos de marés vazantes, e onde ocorre a deposição de sedimentos mais finos, tais como argila e silte, além de material orgânico. Nesses locais, os sedimentos finos podem representar desde 60 a 95% do material sedimentar, e o conteúdo orgânico pode atingir até 20% do volume analisado.

Os mangues são compreendidos como uma vegetação alagada de médio e alto porte e raízes aéreas, tolerante à salinidade e típica de climas subtropicais e tropicais, onde o movimento da água é dificultado pelas imperfeições na superfície do fundo e pela trama de raízes aéreas da vegetação e, conseqüentemente, há forte tendência de deposição de sedimentos finos e matéria orgânica (Figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11 e Tabelas 5.1 e 5.2 – Anexo B). Embora as amostras das extremidades dos transectos (MR-A1 e 16, MR-B1 e 16, MR-C1 e 16) tenham sido coletadas *ca.* 10 metros dentro da vegetação do mangue (borda), onde eram esperados altos conteúdos da fração argila, as frações sedimentares predominantes são de silte fino a grosso (*c.a.* 65%), com importante contribuição de areia muito fina (cerca 15%), ao invés de argila (*c.a.* 15%) (Tabela 5.1 – Anexo B). Por essa razão, as amostras podem caracterizar a transição entre as planícies de intermaré lamosa e o substrato do manguezal propriamente, onde predomina a sedimentação de

silte (Wolanski 1992, Wolanski *et al.* 1992). Entretanto, nesse trabalho, estas áreas foram consideradas como áreas de mangue.

### ***Afinidades geoquímicas e indicação de fonte***

O grau de associação entre os elementos pesquisados neste trabalho foi avaliado com base na análise de agrupamento (*cluster*) dos elementos químicos (Figura 23), considerando as concentrações absolutas de todas as amostras coletadas. Neste estudo, os fatores de enriquecimentos obtidos (Tabela 5.9 – Anexo B), assim como as correlações positivas estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ , Tabela 6.1 – Anexo B), foram utilizados para avaliar as associações geoquímicas.



**Figura 22:** Análise de agrupamento (*cluster*) da concentração total dos elementos nas amostras de sedimentos do rio Morrão. Foram utilizadas ligação completa (*complete linkage*) e correlação de Pearson na elaboração do diagrama.

A comparação entre o agrupamento obtido na Figura 22 e os fatores de enriquecimento apresentados previamente permitem deduzir que, de um modo geral, entre as amostras analisadas existem dois grupos de elementos estatisticamente bem distintos: um caracterizado por FE moderado a forte (ou os contaminantes) e outro com FE baixo (elementos pouco afetados por contaminação e os elementos geogênicos segundo literaturas que tratam do assunto; Luiz-Silva *et*

*al.* 2008). Os elementos químicos agrupados neste segundo grupo estão com fatores de enriquecimento médios (entre 0,94 e 2,05), com exceção do Co (FE = 2,34) e Sn (FE = 2,76) qualificados como elementos moderadamente enriquecidos. Neste segundo grupo, inclui-se ainda o Cu (FE = 4,70), qualificado como altamente enriquecido. A maioria dos elementos agrupados como contaminantes na Figura 22 possui fatores de enriquecimento altos (entre 3,34 e 22,07), embora Be, Cr, Tm, Er, Hf, Ni, Th, Ho e Yb apresentem fatores de enriquecimento moderados (entre 2,18 e 2,78), os quais podem ser considerados como indícios de elementos químicos contaminantes (Tabelas 5.9 e 5.10). É notório observar que o tratamento estatístico mostrado na Figura 22 parece eficaz em selecionar elementos com afinidades geoquímicas e, neste caso, nem sempre o fator de enriquecimento é determinante. Um exemplo é o Lu que apresentou fator de enriquecimento baixo a médio (1,85) e está intimamente ligado ao grupo dos contaminantes na Figura 22, juntamente com os demais elementos terras raras. Fonte antrópica de elementos terras na área tem sido documentada (Sanders *et al.* 2013).

Elementos como Re, Tl, Se, classificados como geogênicos, e In e Te, classificados como contaminantes na análise de agrupamento da Figura 22, não tiveram seus enriquecimentos calculados no presente estudo por falta de informação do *background* geoquímico dos mesmos nos sedimentos do rio Morrão fornecidos (e.g. Luiz-Silva *et al.* 2008). Entretanto, a associação destes elementos com os grupos conforme descritos acima pode ser um indicativo de fonte.

No que diz respeito aos coeficientes de correlação obtidos, todos os elementos do grupo dos contaminantes na Figura 22 apresentaram correlações positivas entre si, a maioria das quais significantes em  $p < 0,05$ . Entre os elementos do grupo geogênicos somente as correlações entre Lu, W, Cu e K não apresentaram significância estatística ( $p > 0,05$ , Tabela 6.1 – Anexo A).

Trabalhos anteriores sobre sedimentos do rio Morrão têm mostrado sucesso em separar as fontes de vários elementos químicos (geogênica *vs.* indústria de fertilizantes *vs.* siderurgia) por meio de análise estatística multivariada que emprega a análise de componentes principais. Essa eficácia tem sido reportada tanto na análise de testemunhos sedimentares isolados (Luiz-Silva *et al.* 2008), como na análise de sedimentos de superfície da bacia do rio Morrão (Boden 2010). Na análise de agrupamentos aqui mostrada (Figura 22), a separação de fontes especialmente antrópicas (siderurgia *vs.* fertilizantes) mostrou-se mais complexa. O ferro (associado ao processo siderúrgico local) não mostrou afinidades com outros metais além de Mn, Ca e Te, cujas correlações foram fortemente positivas. Em contrapartida, o grupo de elementos que inclui o P

(associado à indústria de fertilizantes) mostrou elevado grau de associação com um número grande de elementos (incluindo os elementos terras raras). Elementos tradicionalmente geogênicos na área (Al, Li, etc.) formam um grupo coeso, aos quais se associam elementos tradicionalmente antrópicos, como Cu e Cs. Os resultados deste estudo concordam em parte com os resultados (afinidades e definição de fonte de elementos) de Luiz-Silva *et al.* (2008; sedimentos de testemunho do rio Morrão) e Boden (2010; sedimentos de superfície da bacia do rio Morrão), os quais mostraram respostas muito parecidas, com indicação de duas fontes antrópicas (Fe e elementos afins de siderurgia e P e elementos afins de indústria de fertilizantes) e uma geogênica (Al, Li e afins).

Em suma, os sedimentos do presente estudo mostraram forte antagonismo entre Fe, P e Al (três fontes distintas) e revelou complexidade estatística no grau de associação entre estes elementos marcadores de fonte e outros elementos químicos. Förstner (1983) discute a aplicação da análise de cluster, análise de componentes principais e coeficiente de correlação na avaliação de poluição de metais em rios e estuários. De acordo com o autor, as ferramentas estatísticas revelam tendências e para confirmar as suspeitas de associações químicas, métodos químico-analíticos, como extrações químicas sequenciais, devem ser empregados. Deve ser notado que os processos diagenéticos podem alterar o grau de associação primária dos contaminantes, a partir da gênese de novas fases minerais que podem determinar novas afinidades geoquímicas por meio de sorção. Como as fases minerais variam espacialmente em quantidade e qualidade nos sedimentos da área de estudo (ver abaixo), as associações geoquímicas podem mudar de acordo com os minerais presentes.

***Variação espacial e condições formadoras das fases minerais autigênicas: magnetita, hematita, pirita e vivianita***

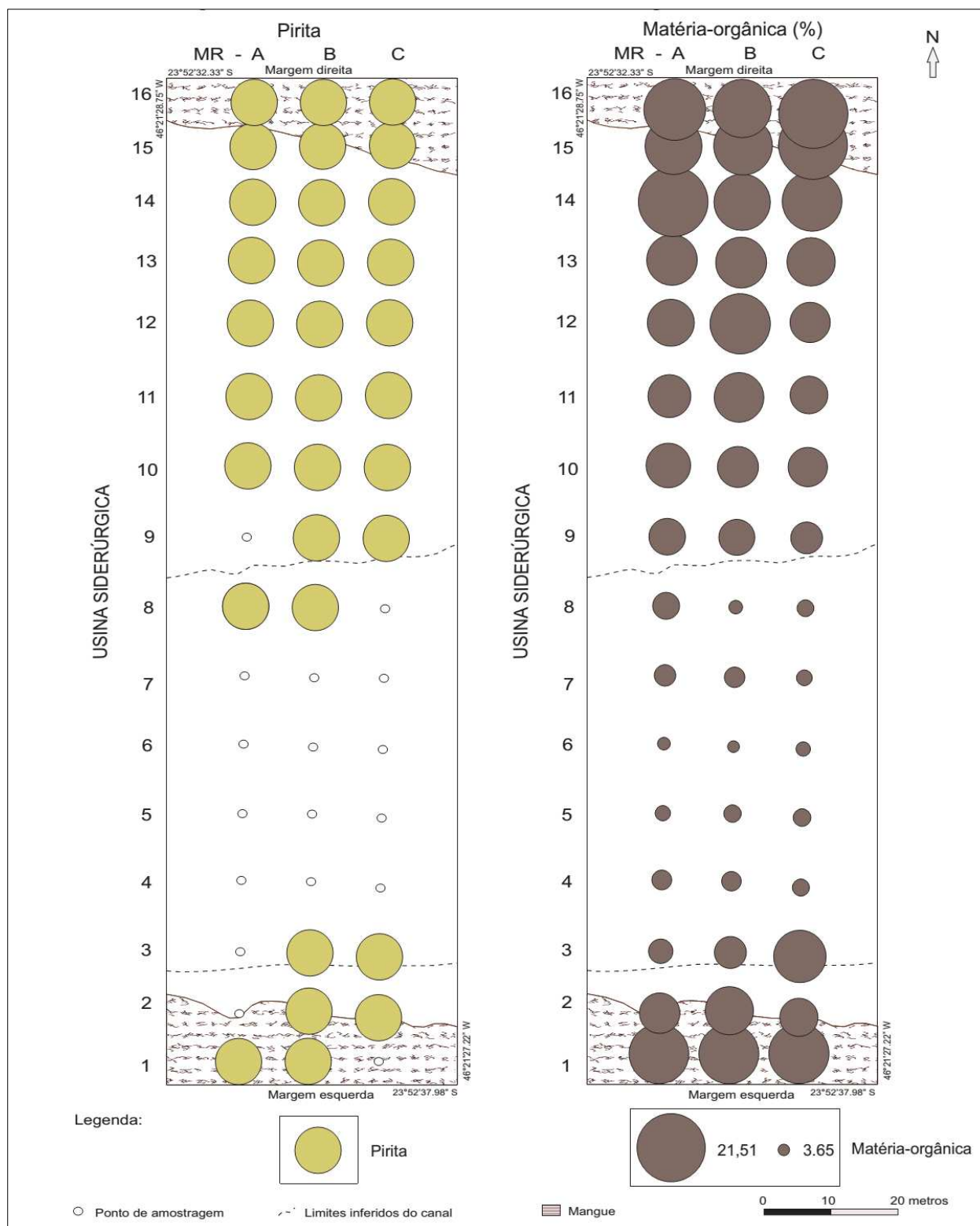
As concentrações de P observadas nos sedimentos do rio Morrão são altas em relação a outros estuários, como resultado das contribuições químicas procedentes das indústrias de fertilizantes (ou setores associados, *e.g.*, portos) localizadas à montante do local de estudo (Machado *et al.* 2008). Do mesmo modo, o Fe é um elemento muito enriquecido nos sedimentos do rio Morrão, com concentrações muito elevadas em relação às encontradas em sedimentos de outros estuários tropicais (Luiz-Silva *et al.* 2008).

Embora ferro e fósforo ocorram de forma natural (*e.g.*, Pyzik & Sommer 1981, Glasauer *et al.* 2003, Slomp 2011) nos estuários, o grande aporte químico-industrial destes elementos nos sedimentos do rio Morrão (Nizoli 2013, Oliveira-Silva 2013) deve favorecer a cristalização de fases minerais autigênicas (*e.g.* magnetita, hematita, pirita e vivianita). Para a confirmação dessa premissa, é necessário compreender as condições físico-químicas que controlam os processos formadores e de distribuição dessas fases minerais.

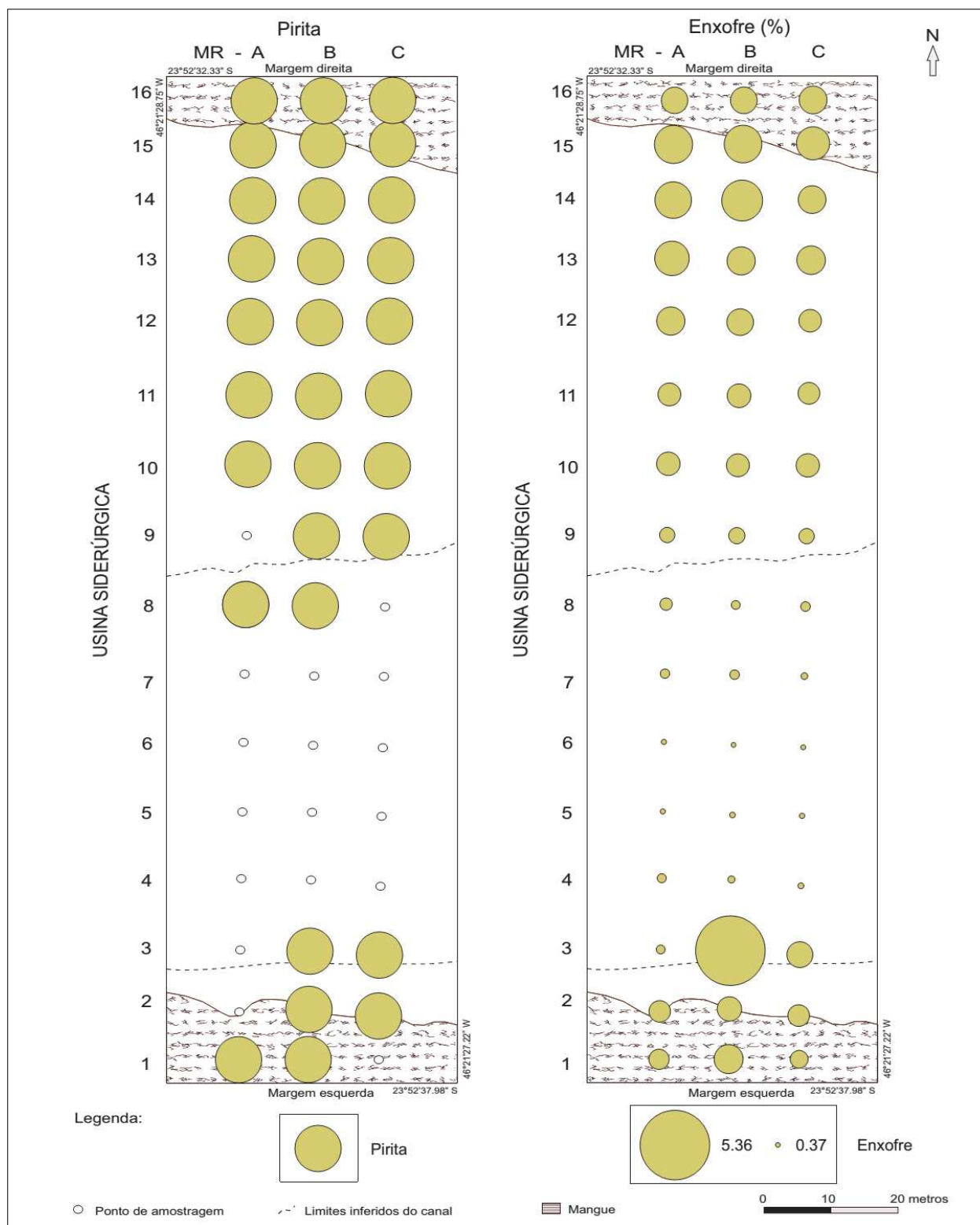
A ocorrência da magnetita mostrou-se generalizada na área estudada, uma vez que foi identificada em todas as amostras. A hematita também ocorre de forma bastante generalizada ao longo dos transectos do rio Morrão, porém de forma um pouco mais esparsa do que a magnetita (Figura 13). Para esses dois minerais não foi possível diferenciar quais fatores controlam sua geração, uma vez que não há fator excludente que proporcione sua ausência, ou seja, abrangem todos os intervalos de pH, Eh, condutividade elétrica e OD verificados no ambiente (*e.g.*, Eh exibe a mesma variação entre as amostras nas quais ocorre hematita, consequentemente magnetita, e os outros minerais; variação de -173,46 a 115,43 mV, Tabela 5.5 – Anexo B). Entretanto, embora se saiba que magnetita e hematita possam coexistir sob condições subóxicas (caso da área de estudo – Figuras 4 e 5), também se sabe que hematita é característica de ambientes com condições mais oxidantes, enquanto magnetita de ambientes mais redutores (Garrels & Christ 1965, Takeno 2005). Logo, é possível que hematita seja um mineral mais instável na área, e que esteja se desestabilizando para magnetita em virtude de o ambiente ser muito redutor e proporcionar a redução do ferro trivalente para bivalente. Entretanto, a partir do diagrama de Eh-pH das Figuras 4 e 5, é possível perceber que as condições físico-químicas verificadas neste trabalho se adequam às condições de estabilidade de ambos minerais, sob condições de pH neutro e potencial redox aproximadamente -200 mV. O potencial hidrogeniônico proposto nas Figuras 4 e 5 para a coexistência desses minerais é bastante próximo do mínimo observado neste trabalho (*ca.* -173 mV, Tabela 5.5 – Anexo B).

A pirita se apresenta em grande expressão e tem uma distribuição ao longo dos transectos do rio Morrão controlada pelas áreas de baixa energia de fluxo (planícies de intermaré lamosa), onde ocorre maior concentração de sedimentos finos. Parece dependente do conteúdo de matéria orgânica (Figura 24), assim como dos conteúdos de enxofre e ferro (Figuras 25 e 26). Do mesmo modo, como foi verificado com a magnetita e hematita, a pirita também não tem sua ocorrência vinculada a condições físico-químicas características, ou seja, os parâmetros físico-químicos

coletados na área e relativos à sua ocorrência não se diferenciam perante o ambiente como um todo (Tabela 5.5 – Anexo B). A partir do diagrama Eh-pH da Figura 5, observa-se que a coexistência de magnetita, hematita e pirita é possível em um pH próximo do neutro e Eh redutor (em torno de  $-200$  mV). Como mencionado acima, o potencial hidrogeniônico proposto nas Figuras 4 e 5 para a coexistência desses minerais é semelhante ao mínimo verificado neste trabalho (*ca.*  $-173$  mV, Tabela 5.5 – Anexo B).

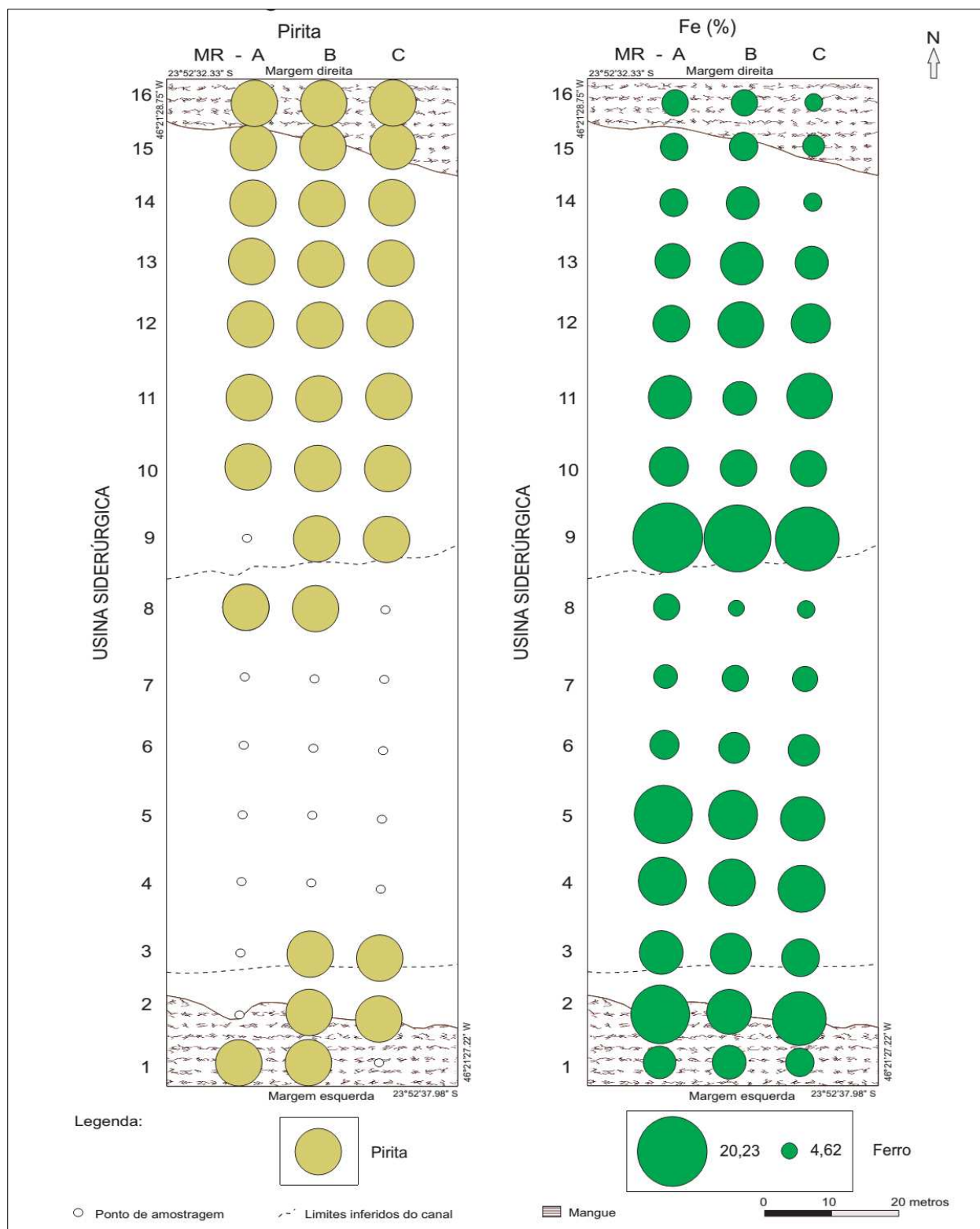


**Figura 23:** Distribuição de pirita e conteúdo de matéria orgânica ao longo dos transectos do rio Morroão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.



**Figura 24:** Distribuição de pirita e concentrações de enxofre ao longo dos transectos do rio Morrão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.





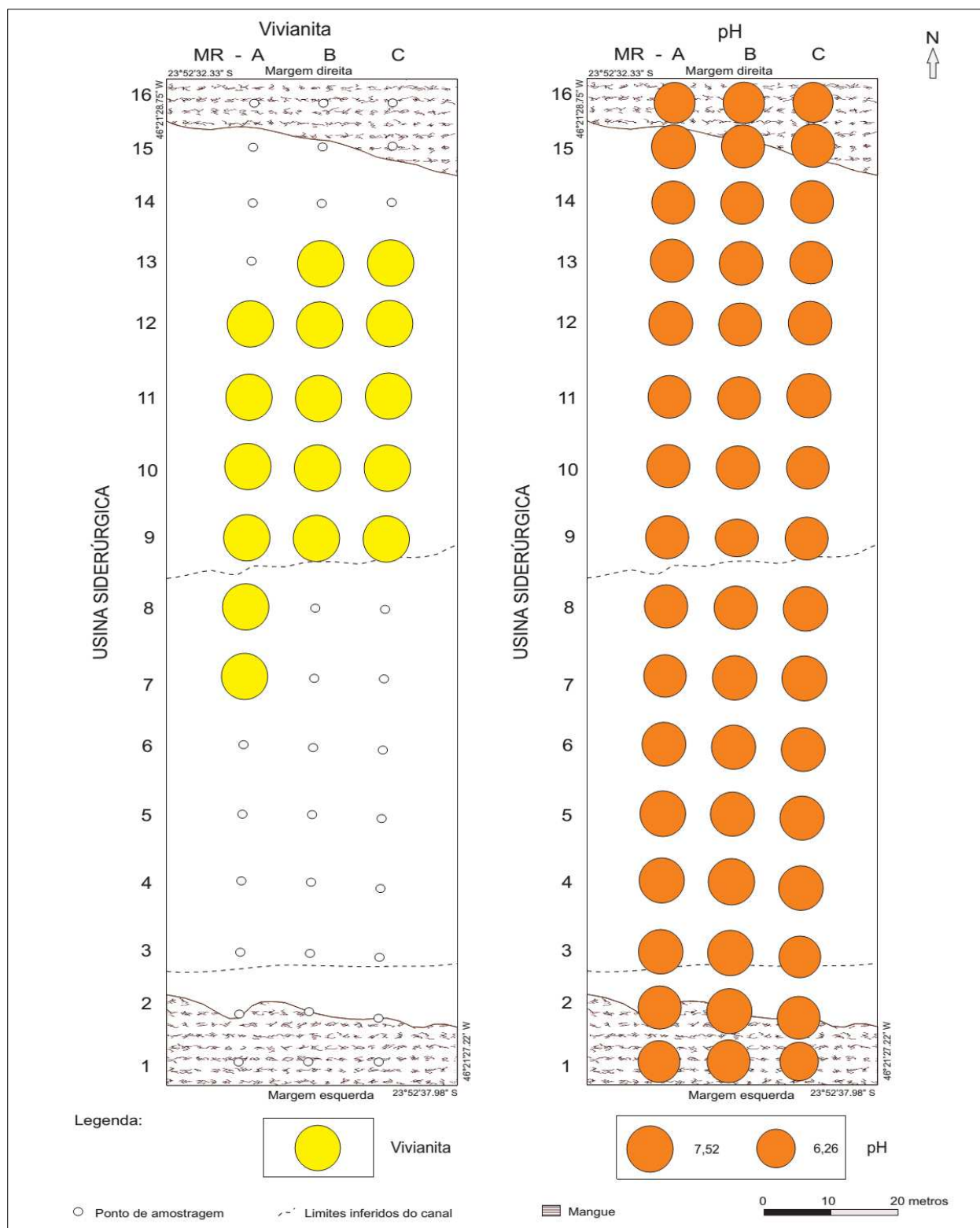
**Figura 25:** Distribuição de pirita e concentrações de ferro ao longo dos transectos do rio Morroão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.

Sulfetos como pirita ( $\text{FeS}_2$ ) têm sua cristalização relacionada à atividade de microrganismos anaeróbicos que ocorrem amplamente em sedimentos estuarinos e oxidam a matéria orgânica através da redução dos sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) e do ferro ( $\text{Fe}^{3+}$ ) (Lovley 1991, Howarth 1993, Kostka & Luther 1995). O  $\text{Fe}^{2+}$  reduzido de óxidos de ferro e/ou minerais primários como biotita, piroxênios, anfibólios, magnetita e hematita é liberado e reage para formar pirita a partir do monossulfeto de ferro ( $\text{FeS}$ ) (Bilon *et al.* 2001, Neumann *et al.* 2005), que, por sua vez, se forma a partir dos íons sulfetos ( $\text{H}_2\text{S}$ ) excretados pelas bactérias. A alta presença de hematita ( $\text{Fe}^{3+}$ ) de textura muito fina presente nos sedimentos do rio Morrão representa um aspecto favorável à biorredução para  $\text{Fe}^{2+}$  e contribui para a cristalização bastante abrangente na área estudada tanto da pirita (menos abundante) como magnetita (mais abundante). Do mesmo modo, como magnetita apresenta oxidação mista ( $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Fe}^{2+}$ ) também pode contribuir para cristalização de pirita através da redução bacteriana do ferro. Nizoli (2013) verificou a presença de Fe dissolvido na água intersticial dos sedimentos do rio Morrão (potencialmente  $\text{Fe}^{2+}$  devido às condições de pH), o que é um grande indício de que esse processo redutor pode ocorrer nos sedimentos estudados. Ainda, a relação da pirita com as concentrações de matéria orgânica, Fe e S conforme notada neste estudo é um aspecto importante a considerar, pois como os sedimentos finos possuem grande área superficial para adsorção de óxidos de Fe e compostos orgânicos, nos locais com maiores teores de sedimentos finos se concentram mais Fe, carbono orgânico e pode precipitar mais pirita (Pyzik & Sommer 1981).

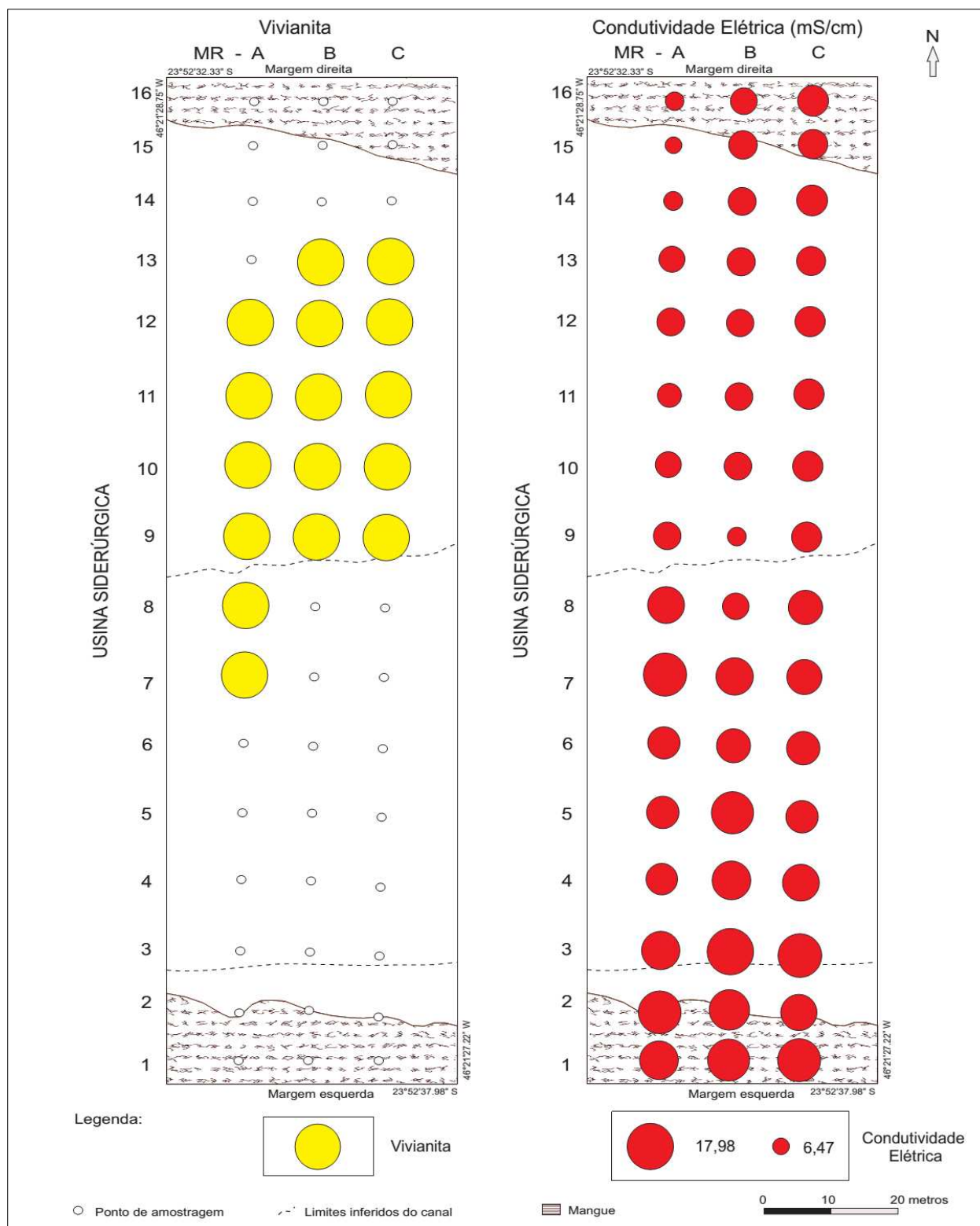
Merece destaque neste estudo a presença de vivianita, um fosfato de ferro bivalente hidratado. Este mineral é pouco comum em ambientes costeiros (Slomp 2011) e sua formação vinculada à introdução de componentes de duas fontes antrópicas industriais (Fe e P) é marcante. A distribuição da vivianita se concentrou na planície de intermaré lamosa direita (Figura 14), cujos valores de pH e condutividade elétrica ali vigentes são constantes (Figura 27 e 28), e essas variáveis parecem não exercer controle na disposição desse mineral. Contrariamente, o parâmetro Eh parece exercer algum domínio sobre a ocorrência desse mineral (Figura 29). De fato, o atual estudo mostrou que a vivianita é estável sob condições de pH neutro (*ca.* 7,0), e sob condições menos redutoras em comparação às demais fases minerais (hematita, magnetita e pirita), mais precisamente entre  $-103,00$  e  $115,43$  mV (Tabela 5.5 – Anexo B). Considerando as concentrações de oxigênio dissolvido obtidas na área (em torno de  $1,00 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) e os valores de Eh, é possível caracterizar o ambiente do rio Morrão como subóxico a anóxico (Otero 2006), e,

portanto, estabelecer algumas das condições sob as quais a vivianita pode ser formada. Esses dados estão de acordo com Heiberg *et al.* (2012), que, apesar de não informar quão redutor deve ser o ambiente, afirmam que a cristalização de vivianita ocorre em ambientes sob essas características. Isso é concordante com Nriagu (1972), Emerson (1976) e Madsen & Hanses (2013) que declararam que a cristalização de vivianita é favorecida por condições anóxicas, e que a vivianita é precipitada em soluções neutras a levemente ácidas.

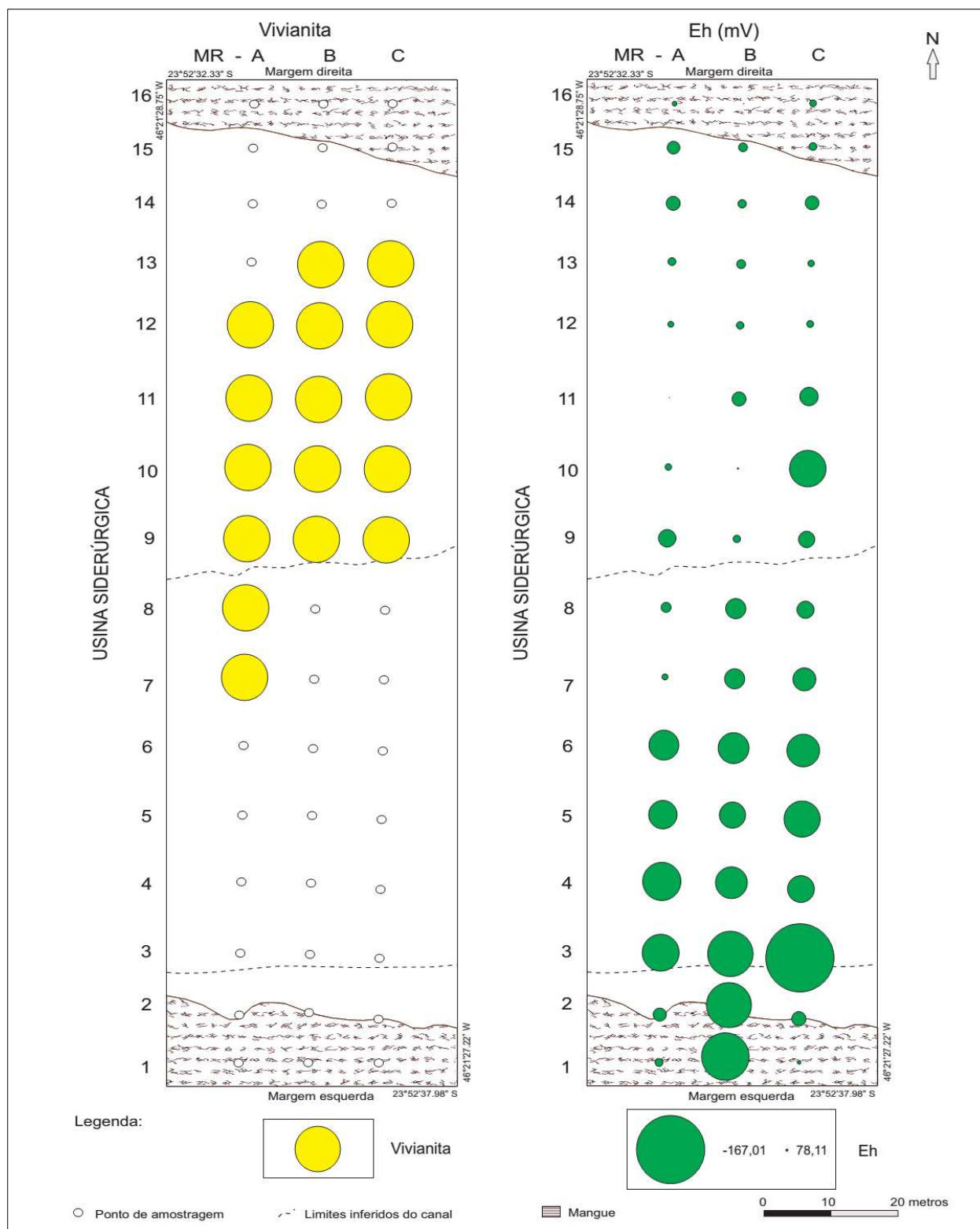
A cristalização de vivianita está associada ao processo de redução bacteriana do  $\text{Fe}^{3+}$  para  $\text{Fe}^{2+}$ , a partir de óxidos de Fe, (*e.g.*, Jorand *et al.* 2000). Nriagu (1972) também demonstrou que vivianita tende a não se formar em condições anóxicas associadas à geração de sulfetos, a menos que haja uma concentração anormalmente alta de P. Em ambientes com baixa atividade de sulfetos, a formação da vivianita inclui baixo Eh e concentração de fosfatos moderadamente alta. Segundo Lemos *et al.* (2007), elevada atividade de ferro ferroso e alta concentração de íons fosfato são necessárias para estabilizar vivianita em muitos sistemas químicos e, caso haja alta concentração de enxofre e baixa concentração de fosfato ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ), há a exclusão da cristalização da vivianita e favorecimento da cristalização da pirita ou magnetita, dependendo da concentração de ferro. Tais condições se aplicam ao estuário do rio Morrão, pois, conforme apresentado acima, o Eh é baixo no ambiente de geração de vivianita. Ademais, apesar de haver considerável geração de sulfetos, verificado pela ocorrência de pirita, por exemplo, também há grande quantidade de fosfatos disponível no ambiente. Essa alta quantidade é evidente quando são comparadas as concentrações de P presentes nos sedimentos do rio Morrão com a média crustal de folhelhos (Tabela 5.8 – Anexo B), assim como, quando comparadas às concentrações de P muito menores de outros estuários tropicais (*e.g.*, Barcellos *et al.* 2005, Santos 2007, Amorin *et al.* 2008, Cruz *et al.* 2014).



**Figura 26:** Distribuição de vivianita e pH ao longo dos transectos do rio Morroão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.



**Figura 27:** Distribuição de vivianita e condutividade elétrica ao longo do rio Morroão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.



**Figura 28:** Distribuição de vivianita e Eh ao longo dos transectos do rio Morrão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.

O fato levantado por Nriagu (1972), de que o incremento de sulfetos pode inibir a ocorrência de vivianita, talvez possa ser corroborado pelas Figuras 30 e 31, as quais exibem a relação de vivianita, enxofre e matéria orgânica. Como a matéria orgânica está relacionada à geração de sulfeto em sedimentos, em locais com alto teor de matéria orgânica não ocorre vivianita. Desse modo, o teor de sulfeto inibidor da geração de vivianita pode ser inferido a partir dos teores de matéria orgânica presentes nos sedimentos. Neste estudo, observou-se que a vivianita ocorre preferencialmente onde há teores de matéria orgânica entre 8,32 e 18,63 %. Por exemplo, os teores de matéria orgânica das amostras MR-14 a 16 dos transectos A, B e C são bastante altos (entre 17,44 e 21,51%) e nessas amostras não ocorre vivianita (Tabela – 5.2 – Anexo B). Ainda, essa competição entre enxofre e fosfato talvez possa ser explicada pela correlação negativa entre Fe, P e S nas amostras com vivianita (Tabela 6.5 – Anexo B). Onde há condições para a formação de vivianita, enxofre baixo e fosfato elevado são fatores determinantes.

Bianchi (2007) afirma que a presença de P em sedimentos estuarinos é comum, e que as planícies de intermaré lamosa (*intertidal mudflats*) são consideradas importantes reservatórios desse elemento. Tal afirmação valida o verificado na área de estudo, pois, como se observa na Figura 31, as maiores concentrações de P situam-se na planície de intermaré lamosa direita, onde se acumulam as frações sedimentares finas ( $\leq 62,50 \mu\text{m}$ ). O mesmo foi verificado para o Fe (Figura 32), o qual certamente controla a ocorrência de vivianita. As concentrações de P e Fe apresentam correlações positiva significativas com a fração argila e entre si (Tabela 6.2, Figuras 33, 34 e 35). Isso ocorre devido ao fato de que sedimentos finos possuem grande área superficial para adsorção elementar e de compostos, e por esse motivo, nos locais com maiores teores de sedimentos finos, se concentram metais e pode haver maior precipitação mineral (Pyzik & Sommer 1981).

Além disso, tanto nas amostras nas quais a vivianita foi encontrada, como nas amostras do canal de maré, é possível constatar que os teores de argila e as concentrações de P e Fe apresentam correlações negativas pouco significativas com o Eh (Tabela 6.2). Quanto menor o Eh, maiores podem ser as concentrações de Fe e P, conseqüentemente, maior probabilidade de geração de ferro bivalente proveniente da redução de ferro trivalente, uma vez que é maior o potencial de redução, e maior probabilidade de ocorrência de vivianita. Entretanto, como a ocorrência de vivianita no ambiente estudado do rio Morrão sucede sob Eh especialmente entre

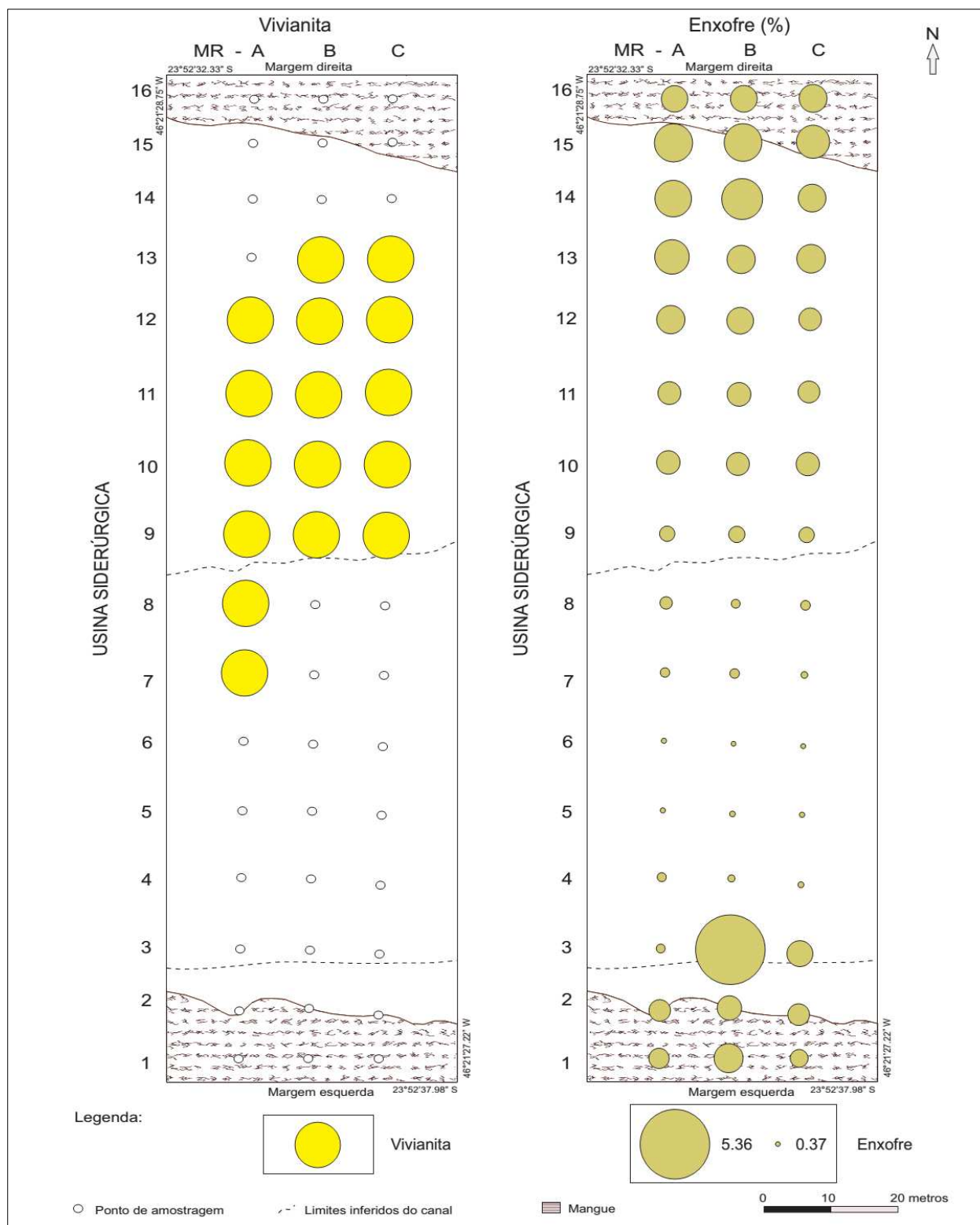


-103,00 e 115,43 mV (dados brutos), menos redutores do que o verificado para a cristalização das demais fases tratadas neste estudo, fica evidente que condições redox em intervalo específico parece condicionar a cristalização deste fosfato.

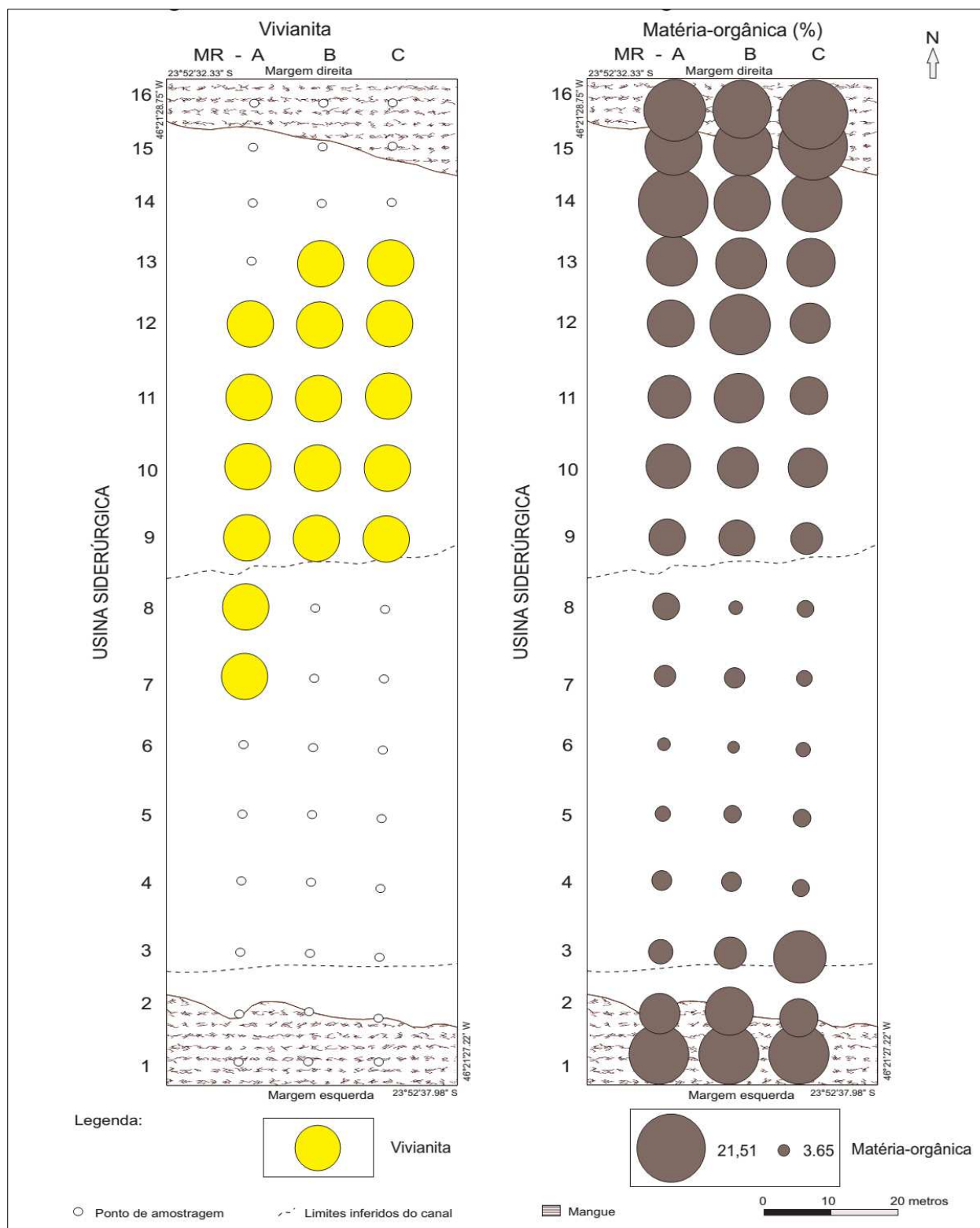
Tabela 6.2 - Coeficiente de correlação entre os teores de argila, potencial redox e concentrações de Fe e P das amostras do rio Morrão				
Correlação todas amostras				
	Argila	Eh	Fe	P
Argila	1	0.13748	0.76439*	0.91262*
Eh	0.13748	1	-0.16814	0.22781
Fe	0.76439*	-0.16814	1	0.7069*
P	0.91262*	0.22781	0.7069*	1
Correlação amostras com vivianita				
	Argila	Eh	Fe	P
Argila	1	-0.20964	0.86488*	0.9356*
Eh	-0.20964	1	-0.09466	-0.12481
Fe	0.86488*	-0.09466	1	0.90654*
P	0.9356*	-0.12481	0.90654*	1
Correlação amostras do canal				
	Argila	Eh	Fe	P
Argila	1	-0.42096	0.77797*	0.74592*
Eh	-0.42096	1	-0.46304	-0.23204
Fe	0.77797*	-0.46304	1	0.60951*
P	0.74592*	-0.23204	0.60951*	1
(*) alta significância de Pearson				

A análise das concentrações elementares por ICP-MS indicam que a vivianita foi preferencialmente identificada nas amostras com os maiores índices de P ou nas quais os níveis deste elemento estiveram próximos ou superiores a 1% (entre 0,872 e 2,066 %). Os níveis de Fe não apresentaram um comportamento específico para as amostras com a presença de vivianita. Portanto, é crucial o nível de P sedimentar na formação desse mineral, apesar de esse elemento ser menos expressivo na composição química da vivianita em relação ao Fe.

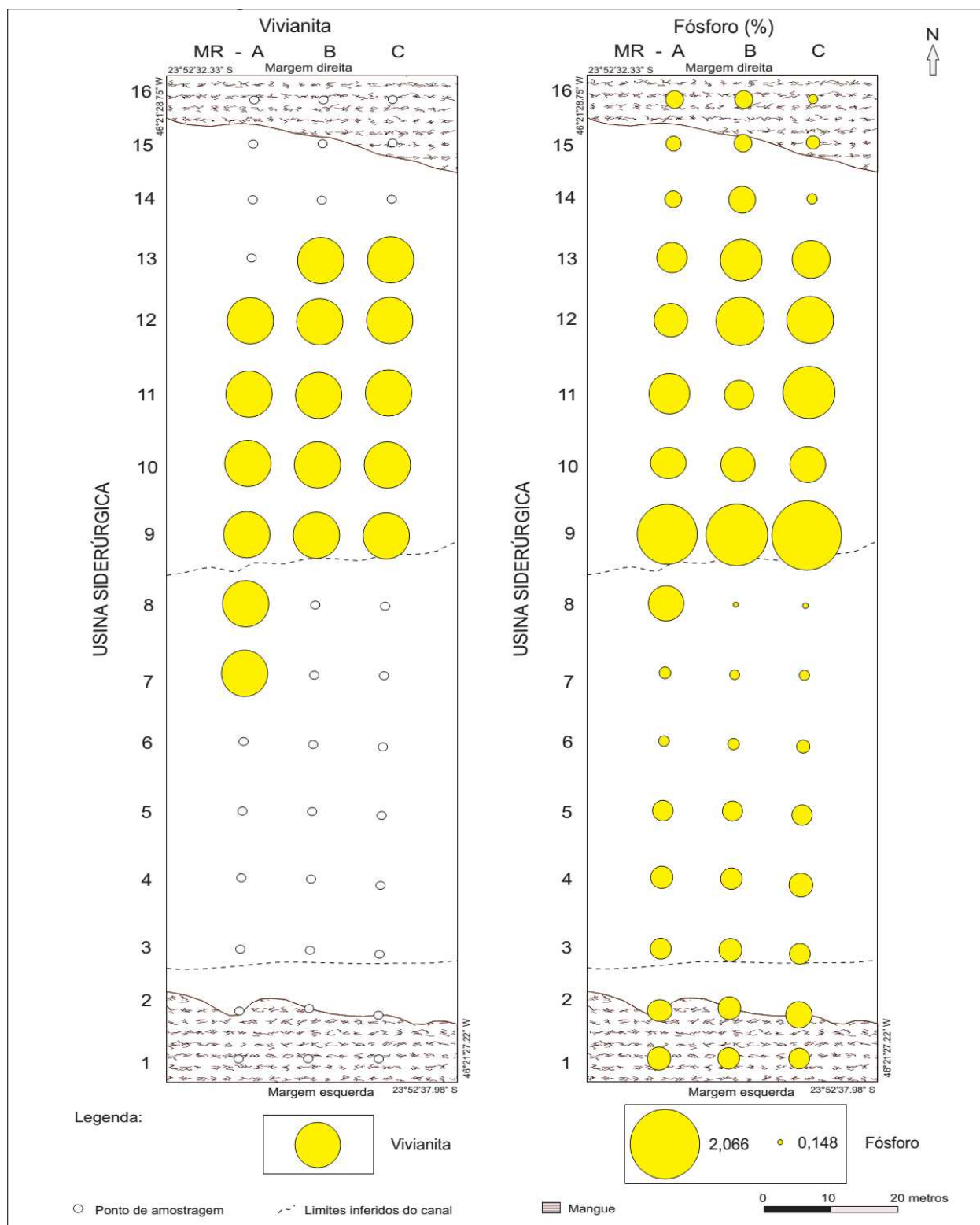




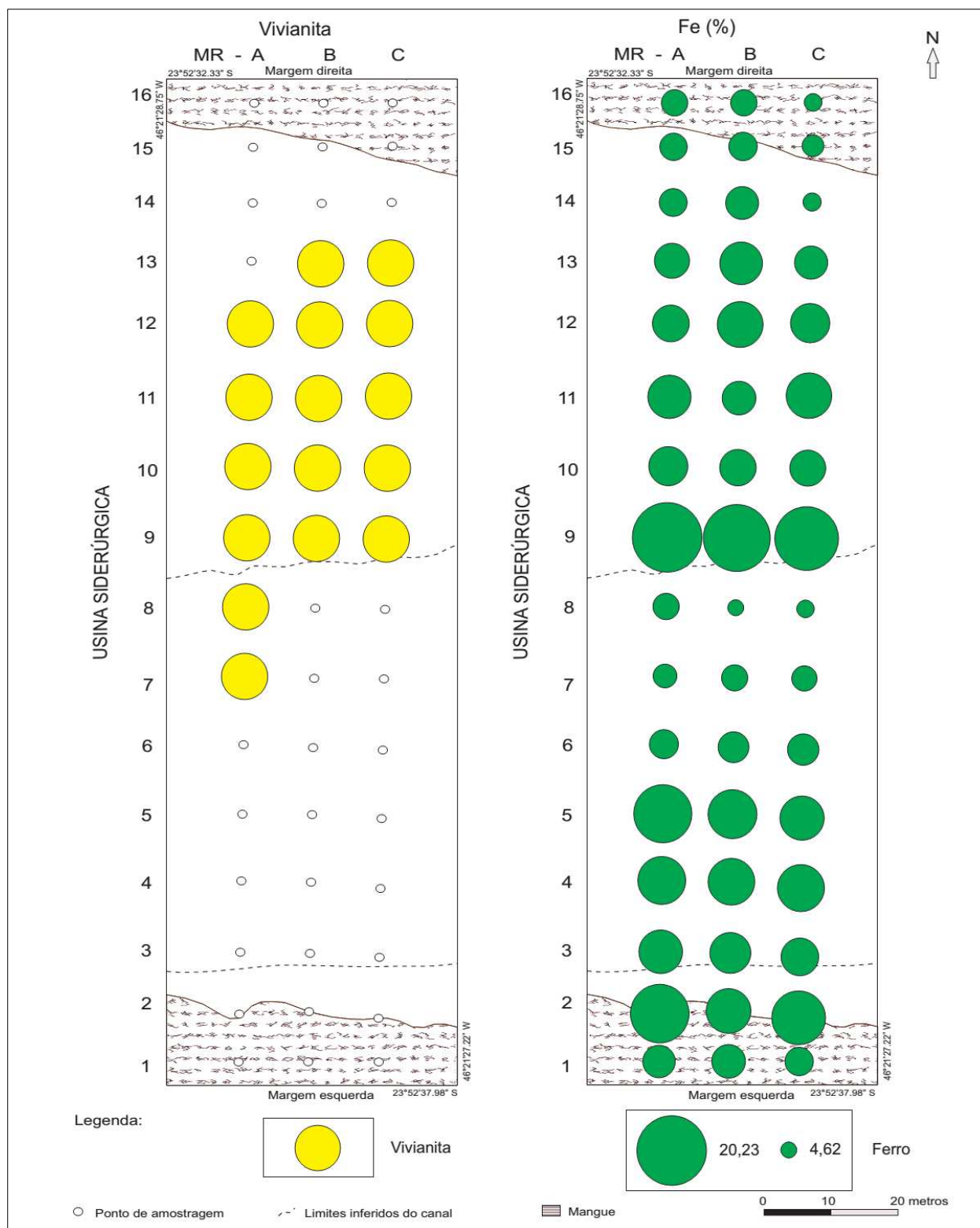
**Figura 29:** Distribuição de vivianita e concentrações de enxofre ao longo dos transectos do rio Morrão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.



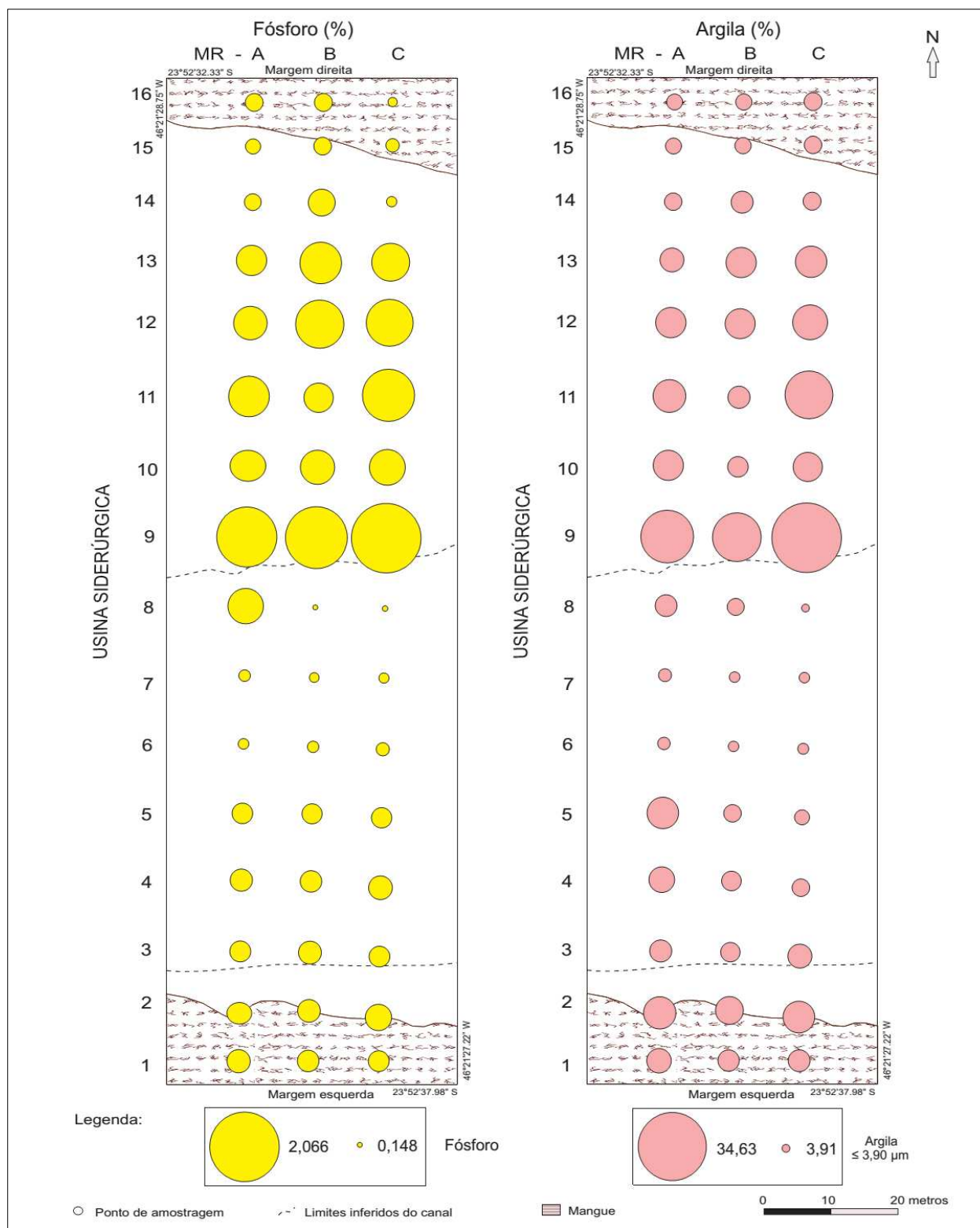
**Figura 30:** Distribuição de vivianita e conteúdo de matéria orgânica ao longo dos transectos do rio Morroão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.



**Figura 31:** Distribuição de vivianita e concentrações de fósforo ao longo dos transectos do rio Morrão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.

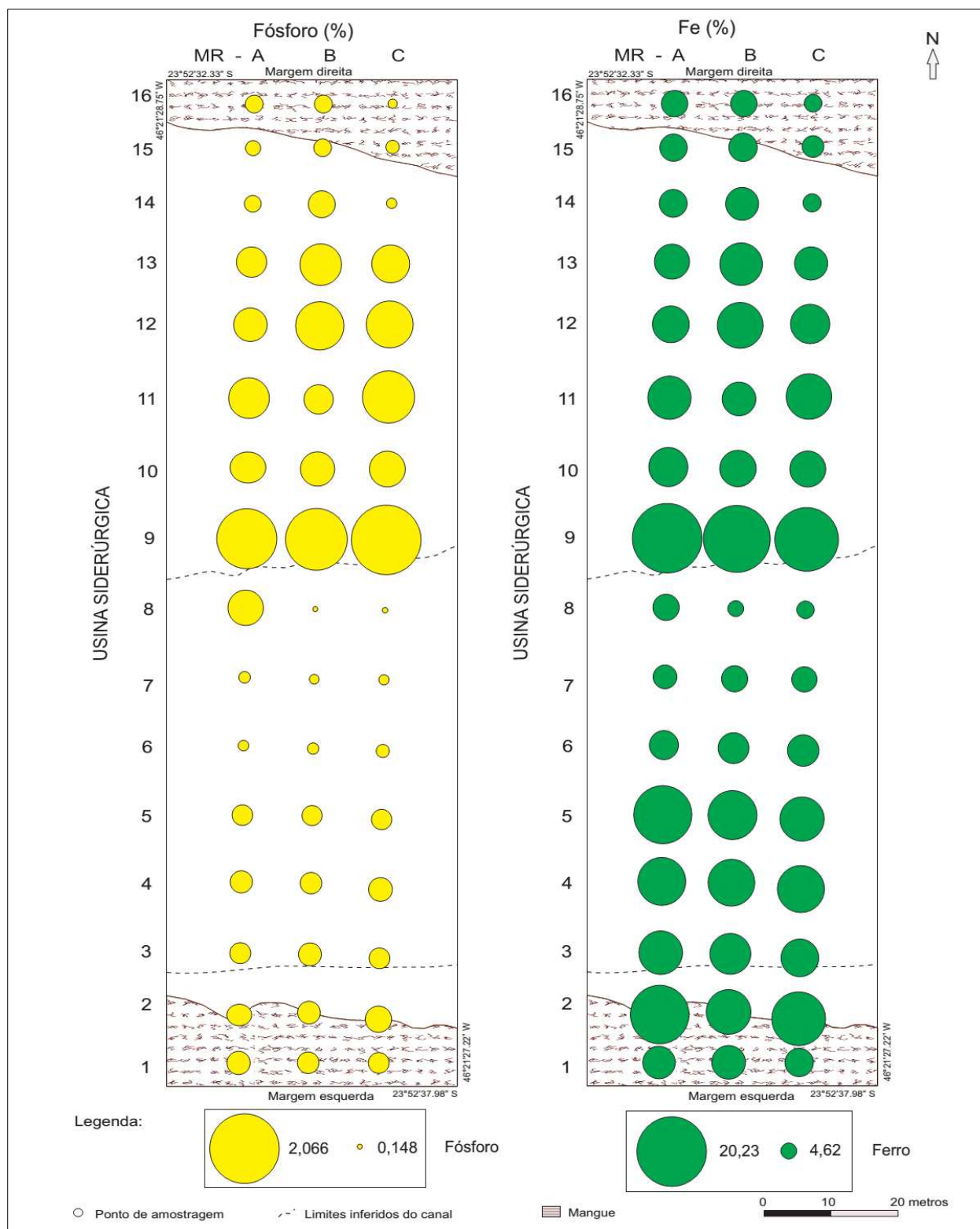


**Figura 32:** Distribuição de vivianita e concentrações de ferro ao longo dos transectos do rio Morrão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.

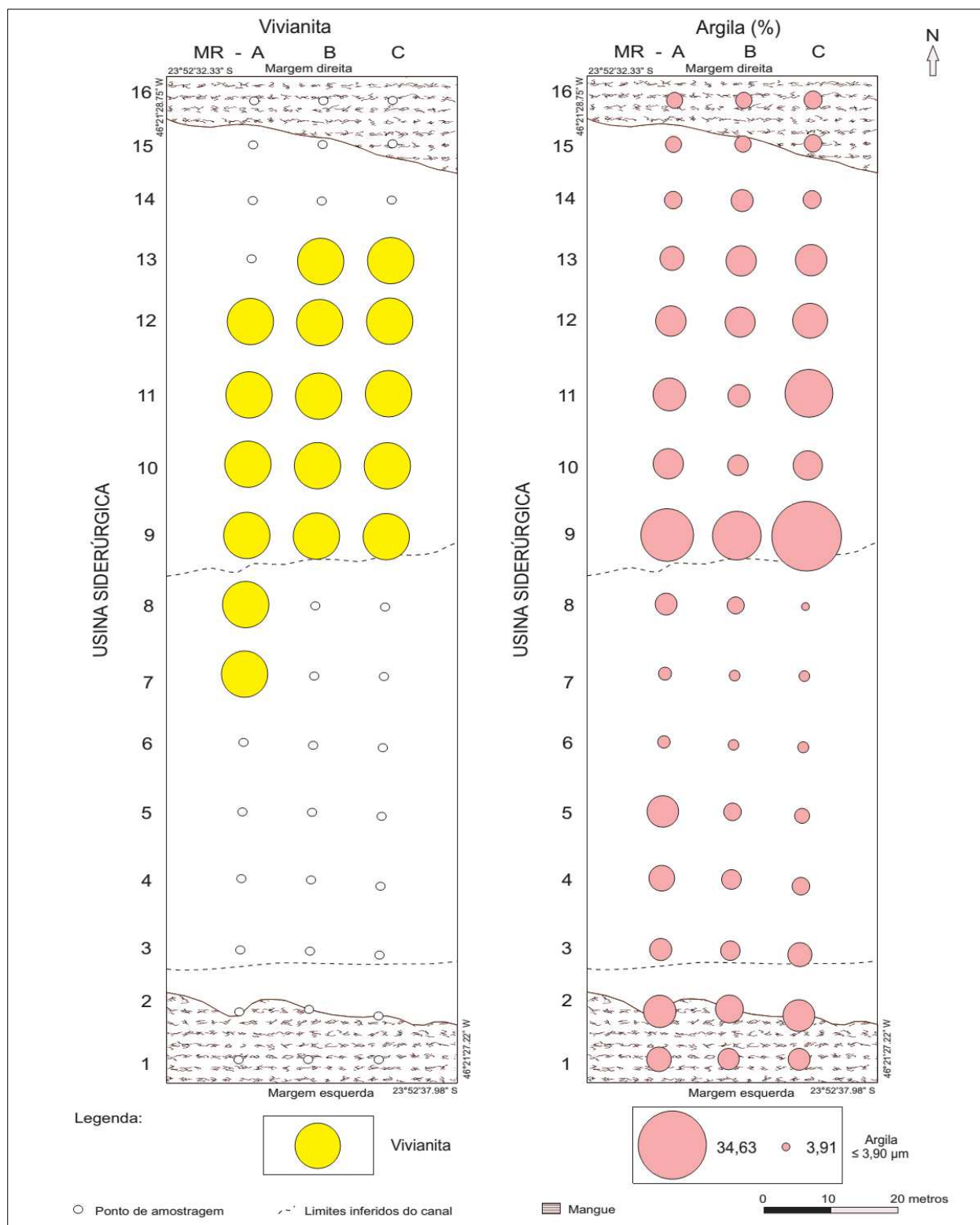


**Figura 33:** Distribuição das concentrações de fósforo e teores de argila ao longo dos transectos do rio Morrão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.





**Figura 34:** Distribuição das concentrações de fósforo e ferro ao longo dos transectos do rio Morrão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.

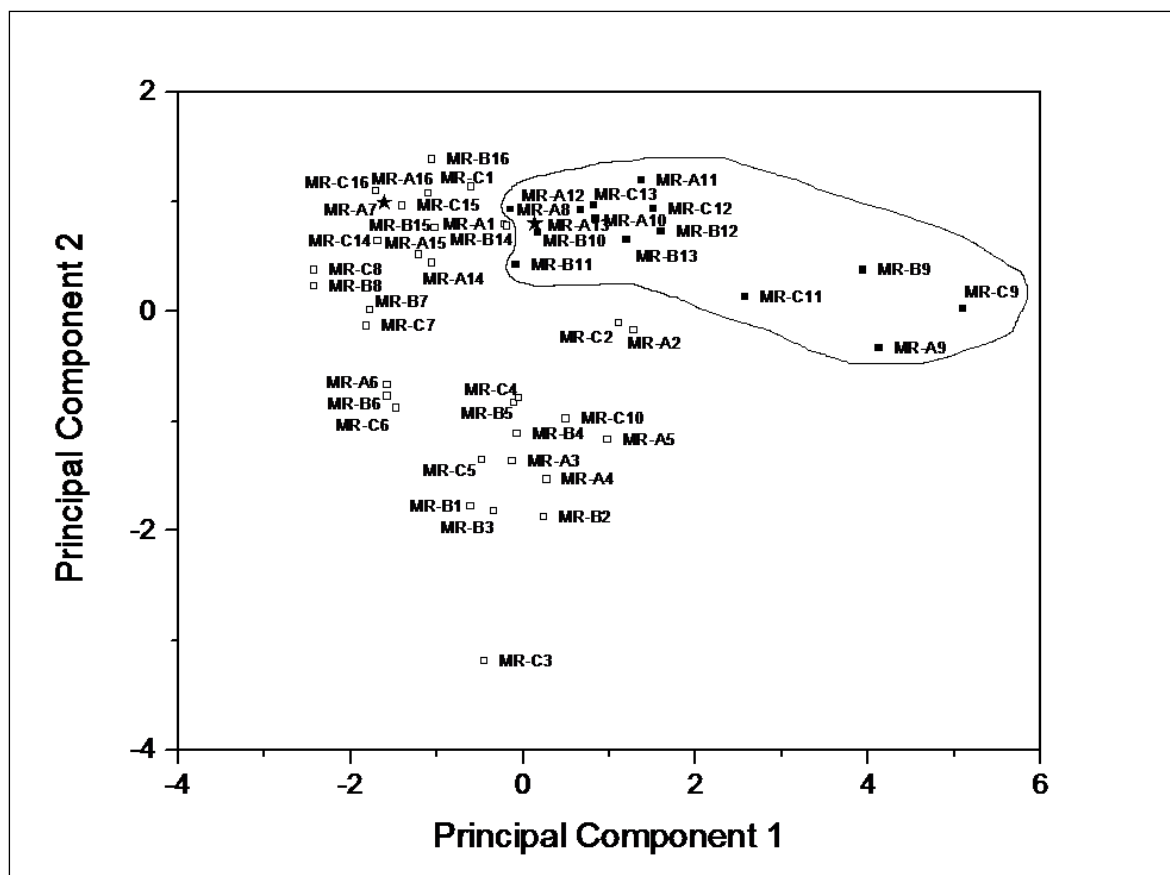


**Figura 35:** Distribuição de vivianita e teores de argila ao longo dos transectos do rio Morrão. As letras A, B e C representam os transectos e os números de 1 a 16 os diferentes pontos de amostragem.

Apesar de não representar um fator conclusivo na ocorrência da vivianita, uma razão molar Fe/P entre 4,74 e 7,07 foi observada nas amostras onde o mineral ocorreu (Tabela 6.3 – Anexo B). Entretanto, essa razão é diferente no testemunho com vivianita do rio Morrão estudado por Oliveira-Silva 2013 (razão molar Fe/P entre 0,99 e 3,73). Embora não seja conclusivo, é curioso o fato de que, tanto para as amostras do presente estudo quanto para aquelas de Oliveira-Silva (2013), a razão Fe/P e as concentrações de P nas amostras com vivianita estabeleceram um intervalo diferenciado das demais amostras. Outro fato importante é que as amostras nas quais Oliveira-Silva (2013) encontrou vivianita, assim como no presente estudo, foram aquelas com os maiores conteúdos de P (Tabela 6.4 – Anexo B). No presente estudo, a amostra MR-A7, apesar de conter vivianita, foi considerada um *outlier*, uma vez que a concentração de P foi muito baixa e a relação Fe/P mostrou-se muito mais alta do que as demais amostras. Do mesmo modo, a amostra MR-A13, na qual não foi identificada vivianita, também pode ser considerada um *outlier*, pois esta apresentou concentração de P muito próxima de 1,00% e relação molar Fe/P de 6,28 (Tabela 6.3 – Anexo B). É importante destacar que a DRX consegue registrar um mineral apenas quando o volume do mesmo na amostra é igual ou superior a 5%, o que é um fator limitante nas observações acima. Em linhas gerais, este estudo mostrou com base na razão molar Fe/P que a ocorrência da vivianita é determinada muito mais pela alta concentração de P no sedimento do que pela presença expressiva de Fe. Além disso, sedimentos muito finos, com altos teores de argila são fatores reguladores na formação do mineral (Figura 35).

Análise de componente principal (ACP) foi utilizada para identificar as afinidades entre as amostras estudadas no que se refere aos teores de argila, dados de Eh e concentrações de Fe e P (Figura 36). Os componentes principais extraídos explicaram 92,51% da variância total dos dados (65,06 % e 27,45 % para os componentes 1 e 2, respectivamente).





**Figura 36:** Análise de componentes principais (ACP) dos teores de argila, dados de Eh e concentrações de Fe e P de todas as amostras de sedimentos coletadas no rio Morrão (n=48).

A ACP mostrou-se muito interessante, pois agrupou todas as amostras nas quais foi verificada a presença de vivianita em um grupo específico (circuladas na Figura 36). Inclusive a amostra MR-A13, considerada um *outlier* com a possibilidade de conter vivianita, agrupou-se entre as amostras com vivianita, e a amostra MR-A7, *outlier* que contém vivianita, mas apresenta condições das amostras sem esse mineral, distanciou-se do grupo das amostras com vivianita segundo essa análise. As amostras MR-C9, MR-B9 e MR-A9 apresentam as maiores concentrações elementares (incluindo P) entre todas as amostras e por esse motivo parecem se distanciar das demais na ACP.

Os minerais autigênicos de P incluindo a vivianita têm se mostrado importantes na retirada de P (e possivelmente vários elementos-traço) do ambiente aquoso (Ruttenberg & Berner, 1993; Slomp *et al.* 1996). Em geral, a vivianita, o *end-member* rico em Fe do grupo mineral da vivianita, cuja fórmula química pode ser escrita como  $X_3(YO_4)_2 \cdot 8H_2O$ , onde X = Co,

Fe, Mg, Mn, Ni ou Zn, e Y = P ou As, permite co-precipitação ou sorção de quantidades substanciais de elementos contaminantes (Taylor *et al.* 2008). Em geral, correlações positivas elementares podem indicar afinidade entre os elementos e fases minerais (Förstner, 1983). Como resultado, cobalto Fe, Mg, Mn, Ni, Zn, entre outros, com forte correlação positiva com P nas amostras com vivianita (Tabela 6.5 – Anexo B) são bons candidatos à ocorrência nos grãos de vivianita. O arsênio, embora presumível na fórmula empírica da vivianita, apresentou correlação positiva baixa com P, e desse modo, tem pouca tendência a permutar com o P na cristalização da vivianita da área de estudo (Tabela 6.1 – Anexo B). Além dos elementos acima esperados na composição da vivianita, vários outros elementos neste estudo mostraram forte correlação positiva com Fe e P, e podem estar associados à vivianita (*e.g.*, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, elementos terras raras, K, Mg, Mn, Nb, Ni, Pb, Sb, Sc, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Tl, U, V, W, Y, Zn, Zr). Em adição, a forte correlação destes elementos com o Fe também elenca a magnetita e hematita como potenciais retentores (*scavengers*) de metais nos sedimentos investigados.

## 7 CONCLUSÕES

Este estudo mostrou que o ambiente sedimentar superficial do rio Morrão apresenta-se com pH neutro (entre 6,14 e 7,59), condições redox subóxicas (entre 115,43 e -173,46 mV), salinidade média (entre 6,14 e 18,73 mS·cm<sup>-1</sup>), e altamente enriquecido em diversos elementos químicos, dentre os quais se destacam Fe, P, ETR e vários metais-traço. A parcela estudada do rio Morrão pôde ser dividida em três ambientes deposicionais distintos que controlam a disposição das diferentes frações sedimentares, minerais, conteúdos orgânicos, carbonáticos e químicos: mangue, planícies de intermaré lamosa (*intertidal mudflats*) e canal fluvial. Dentre as fases minerais identificadas, magnetita, hematita, pirita e vivianita se destacam pela forte relação com o aporte antrópico industrial assinalado principalmente por altos níveis de ferro e fósforo.

Os sedimentos analisados do rio Morrão apresentaram alto enriquecimento em diversos elementos químicos associados a fontes industriais antrópicas. Em conjunto, a análise de agrupamento (*cluster*) definiu grupos de elementos associados ao Fe e P, relacionados às principais atividades industriais influentes na área de estudo e elementos geogênicos (*e.g.*, Al e Li), porém apresentou um quadro de afinidades geoquímicas diferenciado de outros trabalhos realizados na área. Na atual análise, o Fe apresentou afinidade somente com Mn, Ca e Te. Já o P apresentou afinidade com um número grande de elementos. Elementos tradicionalmente geogênicos, apesar de formarem um grupo coeso, associaram-se a elementos tradicionalmente antrópicos.

As condições físicas e químicas do estuário do rio Morrão se apresentaram adequadas para a autigênese e coexistência de minerais como magnetita, hematita, pirita e vivianita. O processo de autigênese desses minerais é incrementado pelas altas contribuições antrópicas de Fe e P evidenciadas nesse trabalho. Hematita e magnetita ocorrem amplamente nos sedimentos analisados e o ambiente não apresentou limitadores físico-químicos evidentes que inibam sua ocorrência. A fase mineral pirita, assim como magnetita e hematita, não tem sua ocorrência vinculada a um limitador físico-químico local específico, entretanto, tem sua distribuição mais restrita e controlada pelas áreas de baixa energia de fluxo fluvial e maiores concentrações de sedimentos finos, matéria orgânica, além de Fe e S. A ocorrência de vivianita é determinada pela alta presença de P nos sedimentos, mais do que pela presença de Fe. A cristalização deste mineral parece ser regulada por condições redutoras (-103,00 e 115,43 mV), porém não as mais redutoras da área. Locais com maiores teores de argila foram favoráveis à cristalização deste fosfato,

especialmente as planícies de intermaré lamosa (*intertidal mudflats*) do rio Morrão. E uma razão molar Fe/P entre 7,07 e 4,74 foi identificada como favorável à ocorrência de vivianita.

## 8 REFERÊNCIAS

- Alfonso, C. M. 2006. A Paisagem da Baixada Santista: Urbanização, Transformação e Conservação. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.
- Almeida F. F. M. 1953. Considerações sobre a Geomorfogênese da Serra do Cubatão. *Boletim Paulista de Geografia*, **15**: 3-17.
- Almeida F.F.M., Carneiro C.D.R. 1998. Origem e evolução da Serra do Mar. *Revista Brasileira de Geociências*, **28** (2): 135-150
- Aloupi M., Angelidis M.O. 2001. Normalization to lithium for the assessment of metal contamination in coastal sediment cores from the Aegean Sea, Greece. *Marine Environmental Research*, **52**: 1-12.
- Amorim E.P., Fávoro D.I.T, Berbel G.B.B. Braga E.S. 2008. Assessment of metal and trace element concentrations in the Cananéia estuary, Brazil, by neutron activation and atomic absorption techniques. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **278** (2): 458-489.
- Andrews J.E, Jickells T.D, Adams C.A, Parkes D.J, Kelly S.D. 2011. Sediment record and storage of organic carbon and the nutrient elements (N, P, and Si) in estuaries and near-coastal seas. In: E. Wolanski & D. McLusky (eds.), *Treatise on Estuarine and Coastal Science: Sedimentology and Geology*. Elsevier, **4.02**: 9-38.
- Augustinus P. G. E. F. 1995. Geomorphology and sedimentology of mangroves. In: G.M.E. Perillo (ed). *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*. Developments in Sedimentology, 53, Elsevier Science, p.: 333–358.
- Baltzer F. 1982. La transition eau douce-eau salé dans les mangroves. Conséquences sédimentologiques et géochimiques. *Mémoires de la Société Géologique de France*, **144**: 27-42.
- Barcello R.L., Berbel G.B.B., Braga E.S., Furtado V.V. 2005. Distribuição e características do fósforo sedimentar no Sistema Estuarino Lagunar de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo, Brasil. *Geochimica Brasiliensis*, **19**(1): 22-36.
- Berner R.A. 1983. Sedimentary pyrite formation: an update. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **48**: 605-615.
- Berner R.A. 1985. Sulfate reduction, organic matter decomposition and pyrite formation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, **315**: 25–38.
- Berner, R.A., and Berner, R.A. 1996. Global Environment: Water, Air, and Geochemical Cycles. Prentice Hall, New York.
- Berno L. 2010. Sazonalidade geoquímica multi-elementar em diferentes frações granulométricas de sedimentos do sistema estuarino de Santos–Cubatão (SP). Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, 50 pp.
- Bianchi T. S. 2007. *Biogeochemistry of estuaries*. Oxford University Press, New York, 706 pp.
- Bianchi T.S., Bauer J.E. 2011. Particulate organic carbon cycling and transformation. In: E. Wolanski & D. McLusky (eds.), *Treatise on Estuarine and Coastal Science: Sedimentology and Geology*. Elsevier, **5.03**: 70-117.
- Billon G., Ouddane B., Laureyns J., Boughriet A. 2001. Chemistry of metal sulfides in anoxic sediments. *Physical Chemistry Chemical Physics*, **3**: 3586–3592.

- Birch G.F. 2011. Indicators of anthropogenic change and biological risk in coastal aquatic environments. *In*: E. Wolanski & D. McLusky (eds.), *Treatise on Estuarine and Coastal Science: Sedimentology and Geology*. Elsevier, **4.09**: 235-270.
- Boden A. B. S. 2010. Geoquímica de sedimento de fundo e parâmetros físico-químicos da bacia do rio Morão, região do estuário de Cubatão: Implicações sobre contaminação industrial. Trabalho de conclusão de curso, Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, 63pp.
- Bokuniewicz H. J. 1995. Sedimentary systems of coastal plain estuaries. *In*: G. M. E. Perillo (ed). *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*. Developments in Sedimentology, 53, Elsevier Science, p.: 49-68.
- Braga E. S., Bonetti C. V. D. H., Burone L., Bonetti Filho J. 2000. Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic waters at the Baixada Santista estuarine system – Brazil. *Marine Pollution. Buletin - Journal*, **40** (2): 165-173.
- Buat-Menard, P., 1979. Influence de la retombee atmosferique sur la chimie desmetaux en trace dans la matiere en suspension de l'Atlantique Nord. Thesis, UnivParis, Vi, p. 434.
- Burdige D.J., Dhakar S.P., Nealson K.H. 1992. Effects of manganese oxide mineralogy on microbial and chemical manganese reduction. *Geomicrobiology Journal*, **10**: 27–48.
- Burdige D.J. 2011. Estuarine and coastal sediments – coupled biogeochemical cycling *In*: E. Wolanski & D. McLusky (eds.), *Treatise on Estuarine and Coastal Science: Sedimentology and Geology*. Elsevier, **5.09**: 279 - 316.
- Calmano W., Hong J., Forstner U. 1993. Binding and mobilization of heavy-metals in contaminated sediments affected by pH and redox potential. *Water Science and Technology*, **28**: 223–235.
- Capone D.G., Kiene R.P. 1988. Comparison of microbial dynamics in marine and freshwater sediments: contrast in anaerobic carbon catabolism. *Limnology and. Oceanography*, **33**: 725–749.
- Caraco N.F., Cole J.J., Likens G.E. 1993. Sulfate control of phosphorus availability in lakes. *Hydrobiologia*, **252**: 275–280.
- Çevik F., Göksu M.Z.L., Derici O.B., Findik O. 2009. An assessment of metal pollution in surface sediments of Seyhan dam by using enrichment factor, geoaccumulation index and statistical analyses. *Environmental Monitoring and Assessment*, **152**: 309–317.
- Coelho J.P., Flindt M.R., Jensen H.S., Lillebo A.I., Pardal M.A. 2004. Phosphorus speciation and availability in intertidal sediments of a temperate estuary: relation to eutrophication and annual P-fluxes. *Estuarine Coastal Shelf Science*, **61**: 583–590.
- Conley D.J., Johnstone R.W. 1995. Biogeochemistry of N, P, and Si in Baltic Sea sediments: response to a simulated deposition of a spring diatom bloom. *Marine Ecology Progress Series*, **122**: 265–276.
- Conley D.J. 2002. Terrestrial ecosystems and the global biogeochemical silica cycle. *Global Biogeochemistry. Cycles*, **16**: 774–777.
- Cornwell J.C., Sampou P. 1995. Environmental controls on iron sulfide mineral formation in a coastal plain estuary. *In*: Vairavamurthy M.A., Schoonen M.A.A. (eds.), *Geochemical Transformations of Sedimentary Sulfur*. ACS Symposium Series 612. American Chemical Society, Washington, DC, p.: 224–242.

- Couto J. M. 2003. Entre estatais e transnacionais: o Pólo Industrial de Cubatão. Tese de Doutorado, Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, 232 p.
- CPRM. 2006. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:75.000. CPRM - Serviço Geológico do Brasil.
- Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental; O sistema estuarino de Santos e São Vicente, CETESB: São Paulo, 2001.
- Cruz A.C.F., Davanzo M.B., Araujo G.S., Buruaem L.M., Santaella S.T., Morais R.D., Abessa D.M.S. 2014. Cumulative influences of a small city and former mining activities on the sediment quality of a subtropical estuarine protected area. *Environmental Monitoring and Assessment*, **186**: 7035-7046.
- Cuzzuol G. R. F., Campos A. 2001. Aspectos nutricionais na vegetação de manguezal do estuário do Rio Mucuri, Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, **24**: 227-234.
- Dalrymple R.W., Zaitlin B.A. & Boyd R. 1992. Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. *Journal of Sedimentary Petrology*, **62**: 1130-1146.
- Davis J.L. 1964. A morphogenetic approach to world shorelines. *Zeitschrift. Geomorphology*, **8**: 127-142.
- Decho A.W. 2000. Microbial biofilms in intertidal systems: an overview. *Continental Shelf Research*, **20**: 1257-1273.
- Delaney M.L. 1998. Phosphorus accumulation in marine sediments and the oceanic phosphorus cycle. *Global Biogeochemical Cycles*, **12**: 563-572.
- Dionne J.C. 1988. Characteristic features of modern tidal flats in cold regions. In: de Boer, P.L. (ed.). *Tide-Influenced Sedimentary Environments and Facies*. D. Reidel Publication Company, Dordrecht, p.: 301-332.
- Di Toro D.M., Mahony J.D., Hansen D.J. 1992. Acid volatile sulfide predicts the acute toxicity of cadmium and nickel in sediments. *Environmental Science & Technology*, **26**: 96-101.
- DNH. 2014. Diretoria de hidrografia e navegação. Centro de Hidrografia da Marinha. Banco nacional de dados oceanográficos. Tábuas das Marés. Disponível em: <https://www.mar.mil.br>. Acesso em 15 Out. 2014.
- Duce R.A., Liss P.S., Merrill J.T. et al. 1991. The atmospheric input of trace species to the world ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, **5**: 193-259.
- Du Laing G. 2011. Redox metal processes and controls in estuaries. In: E. Wolanski & D. McLusky (eds.), *Treatise on Estuarine and Coastal Science: Sedimentology and Geology*. Elsevier, **4.05**: 115- 141.
- Dyers K. R. 1995. Sediment transport processes in estuaries. In: G.M.E. Perillo (ed). *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*. Developments in Sedimentology, 53, Elsevier Science, p.: 423-459.
- Dyers K.R, Christie M.C, Wright E.W. 2000. The classification of intertidal mudflats. *Continental Shelf Research*. **20**: 1039-1060.
- Embleton C., Thornes J. (eds.), 1979. *Process in Geomorphology*. Arnold, Paris.
- Emerson S. 1976. Early diagenesis in anaerobic lake sediments: chemical equilibria in interstitial waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. **40**: 925-934.
- Fabre A., Fromard F., Trichon V. 1999. Fractionation of phosphate in sediments of four representative mangrove stages (French Guiana). *Hydrobiologia*, **392**: 13-19.

- Faccini, P. 2011. Geoquímica de elementos-traço na interface água-sedimento no sistema estuarino Santos-Cubatão. Estudo de caso: Rio Cubatão, Estado de São Paulo. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, 70 pp.
- Fairbridge R.W. 1980. The estuary: its definition and geodynamic cycle. *In*: E. Olausson & I. Cato (eds), *Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries*. John Wiley and Sons Ltd., p.: 1-35.
- Faure G. 1998. *Principles and applications of geochemistry: a comprehensive textbook for geology students*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 600 pp.
- Ferreira M.M., Satyro S.F., Araripe D.R., Patchineelam S.R. 2013. Teores de fósforo numa franja de manguezal: Itacuruçá/Coroa-Grande, Baía de Sepetiba, RJ. *Sociedade Brasileira de Geoquímica*, 17 dezembro 2013, 4p.
- Ferrer L. M. 2001. Fixação e mobilidade de espécies de mercúrio no sistema sedimento/água do mangue no município de Cubatão. 122 pp.
- Filho F.J.P., Marins R.V. 2013. Partição geoquímica do fósforo em perfis sedimentares do estuário do rio Jaguaribe (CE). *Sociedade Brasileira de Geoquímica*, 17 dezembro 2013, 4p.
- Flindt M.R., Kamp-Nielsen L., Marques J.C., Pardal S.E., Bocci M., Bendoricho G., Nielsen S.N., Jørgensen S.E. 1997. Description of the three shallow estuaries: Mondego River (Portugal), Roskilde Fjord (Denmark) and the Lagoon of Venice (Italy). *Ecological Modelling*, **102**: 17–31.
- Förstner U. 1983. Metal pollution in river and estuaries. *In*: I. Thornton (ed), *Applied Environmental Geochemistry*. Academic Press, p.: 395-423 (404).
- Fox L.E. 1989. A model for inorganic control of phosphate concentrations in river waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **53**: 417–428.
- Friedricks C.T. 2011. Tidal flat morphodynamics: a synthesis. *In*: E. Wolanski & D. McLusky (eds.), *Treatise on Estuarine and Coastal Science: Sedimentology and Geology*. Elsevier, **3.06**: 137-170.
- Froelich P.N., Bender M.L., Luedtke N.A. 1982. The marine phosphorus cycle. *American Journal of Science*, **282**: 474–511.
- Gardner L.R. 1973. The effect of hydrologic factors on the pore water chemistry of intertidal marsh sediments. *Southeastern Geology*, **15**: 17–28.
- Garrels R.M., Christ C.M. 1965. Solutions, minerals and equilibria. Harpers' Geoscience Series. Harper and Row, New York, 450 pp.
- Glasauer S., Weidler P.G., Langley S., Beveridge T.J. 2003. Controls on Fe reduction and mineral formation by a subsurface bacterium. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **67**: 1277-1288.
- Giri C., Cochieng E., Tieszen L.L., Zhu Z, Shin A., love-Santelli R.E. 2011. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, **20**: 154-159.
- Ghrefat H., Yusuf N. 2006. Assessing Mn, Fe, Cu, Zn, and Cd pollution in bottom sediments of Wadi Al–Arab Dam, Jordan. *Chemosphere*, **65**: 2114–2121.
- Goldberg E.D., Gamble E., Griffin J.J., Koide M. 1977. Pollution history of Narragansett Bay as recorded in its sediments. *Estuarine and Coastal Marine Science*, **5**: 549-561.
- Goldberg E.D., Hodge V, Koide M., Griffin J., Gamble E., Bricker O.P., Matisoff G., Holdren G.R., Jr., Braun R. 1978. A pollution history of Chesapeake Bay. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **42**: 1413-1426.



- Gonçalves W. F. L. 2009. Sazonalidade geoquímica em águas intersticiais, superficiais e sedimentos estuarinos de Cubatão (SP), impactados por atividades industriais. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, 52 pp.
- Hart B. S. 1995. Delta front estuaries. In: G.M.E. Perillo (ed). *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*. Developments in Sedimentology, 53, Elsevier Science, p.: 207–224.
- Hayes M. O. 1975. *Morphology and sand accumulations in estuaries*. In: L. E. Cronin, (ed). *Estuarine Research*, 2, Academic Press, p.: 3–22.
- Hedges J.I. 1992. Global biogeochemical cycles: progress and problems. *Marine Chemistry*, **39**: 67–93.
- Hedges J.I., Keil R.G. 1995. Sedimentary organic matter preservation: an assessment and speculative synthesis. *Marine Chemistry*, **49**: 81–115.
- Heiberg L., Koch C.B., Kjaergaard C., Jensen H.S., Hansen H.B. 2012. Vivianite precipitation and phosphate sorption following iron reduction in anoxic solis. *Journal of Environmental Quality*, **41**: 938–949.
- Heiri O., Lotter A. F., Lemcke G. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, **25**: 101–110.
- Herz R. 1991. Manguezais do Brasil. São Paulo. Instituto Oceanográfico de São Paulo.
- Holland, H.D. 1994. The Chemical Evolution of the Atmosphere and the Oceans. Princeton University Press, Princeton, NJ, 582 pp.
- Howarth R.W., Teal J.M. 1979. Sulfate reduction in a New England salt marsh. *Limnology and Oceanography*, **24**: 999–1013.
- Howarth, R.W. (1993) Microbial processes in salt-marsh sediments. In: Ford T.E. (ed.). *An Ecological Approach* Blackwell Publishers, Cambridge, MA, p.: 239–259.
- Jahnke R.A., Nelson J.R., Marinelli R.L., Eckman J.E. 2000. Benthic flux of biogenic elements on the southeastern U.S. continental shelf: influence of porewater advective transport and benthic microalgae. *Continental Shelf Research*, **20**: 109–127.
- Jorand F., Appenzeller B.M.R., Abdelmoula M., Refait P., Block J.C., Génin J.M.R. 2000. Assessment of vivianite formation in *Shewanella Putrefaciens* culture. *Environmental Technology*, **21**: 1001–1005.
- Jørgensen B.B. 1977. The sulfur cycle of coastal marine sediment (Limfjorden, Denmark). *Limnology and Oceanography*, **28**: 814–822.
- Klein C., Ladeira A.E.. 2000. Geochemistry and petrology of some proterozoic banded iron formations of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Economic Geology*, **95**: 405–428.
- Klumpp A., Domingos M., Klumpp G. 1996. Assessment of the vegetation risk by fluoride emissions from fertiliser industries at Cubatão, Brazil. *Science of Total Environment*, **192**: 219–228.
- Kostka J.E., Luther III G.W. 1995. Seasonal cycling of reactive Fe in salt-marsh sediments. *Biogeochemistry*, **29**: 159–181.
- Kostka J.E., Gribsholt B., Petrie E., Dalton D., Skelton H., Kristensen E. 2002. The rates and pathways of carbon oxidation in bioturbated saltmarsh sediments. *Limnology and Oceanography*, **47**: 230–240.
- Kranck K. 1973. Flocculation of suspended sediment in the sea. *Nature*, **246**: 348–350.

- Krull M., Abessa D.M.S., Hatje V., Barros F. 2014. Integrated assessment of metal contamination in sediments from two tropical estuaries. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **106**: 195-203.
- Lau S.S.S. 2000. The significance of temporal variability in sediment quality for contamination assessment in a coastal wetland. *Water Research*, **34**: 387-394.
- Lemos M. C. M. 1998. The politics of pollution control in Brazil: state actors and social movements cleaning up Cubatão. *World Development*, **26** (1): 75-87.
- Lemos V.P., Costa M.L., Lemos, R.L., Faria M.S.G. 2007. Vivianite and siderite in lateritic iron crust: an example of bioreduction. *Química Nova*, **30**: 36-40.
- Lillebo A.I., Neto J.M., Flindt M.R., Marques J.C., Pardal M.A. 2004. Phosphorus dynamics in a temperate intertidal estuary. *Estuarine and Coastal Shelf Science*, **61**: 101-109.
- Loring D.H. 1990. Lithium – a new approach for the granulometric normalization of trace metal data. *Marine Chemistry*, **29**: 155-168.
- Loring D.H. 1991. Normalization of heavy-metal data from estuarine and coastal sediments. *ICES Journal of Marine Science*, **48**(1): 101-115.
- Lovley D. 1991. Dissimilatory Fe(III) and Mn(IV) reduction. *Microbiological Reviews*. **55**: 259-287.
- Ludwick J. C. 1974. Tidal currents and zig-zag sand shoals in a wide estuary mouth. *Geological Society of America Bulletin*, **85**: 717-726.
- Ludwick J. C., 1975. Tidal currents, sediment transport and sand banks in Chesapeake Bay entrance. In: L.E. Cronin (ed), *Estuarine Research*, 2, Academic Press, p.: 365-380.
- Luiz-Silva W., Matos R. H. R., Kristosch G. C. 2002. Geoquímica e índice de geoacumulação de mercúrio em sedimentos de superfície do estuário de Santos – Cubatão (SP). *Química Nova*, **25** (5): 753-756.
- Luiz-Silva W., Matos R. H. R., Kristsch G. C., Machado W. 2006. Variabilidade espacial e sazonal da concentração de elementos-traço em sedimentos do sistema estuarino de Santos-Cubatão (SP). *Química Nova*, **29** (2): 256-263.
- Luiz-Silva W., Machado W. & Matos R. H. R. 2008. Multi-elemental contamination and historic record in sediments from the Santos-Cubatão Estuarine System, Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, **19**: 1490-1500.
- Luiz-Silva W., Machado W. 2012. Diluição geoquímica entre contaminantes sedimentares do estuário do rio Morrão, sistema estuarino de Santos-Cubatão, Brasil. *Geochimica Brasiliensi*, **26** (1): 39-48.
- Luiz-Silva W., Matos R.H.R., Machado W., Nizoli E.C. 2012. Taxas de sedimentação em estuário do sudeste do Brasil, baseadas em assinatura geoquímica e histórico industrial. *Geociências*, **31**: 69-78.
- Luiz-Silva W., Nizoli E.C, Matos R.H.R 2012. Chumbo em sedimento e água de estuários. In: Figueiredo Bernardino Ribeiro, Org. e Outros. (ed.) *Chumbo, Ambiente e Saúde – o desafio do controle da exposição humana*. Annablume editora.comunicação, p.: 117-144.
- Machado W., Luiz-Silva W., Sanders C.J. Patchineelam S.R. 2008. Coupled anthropogenic anomalies of radionuclides and major elements in estuarine sediments. *Journal of Environmental Radioactivity*. 99: 1329-1334.
- Madsen H. E. L., Hansen H. C. B. 2013. Kinetics of crystal growth of vivianite,  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , from solution at 25, 35, 45°C. *Journal of Crystal Growth*. **401**: 82-86.

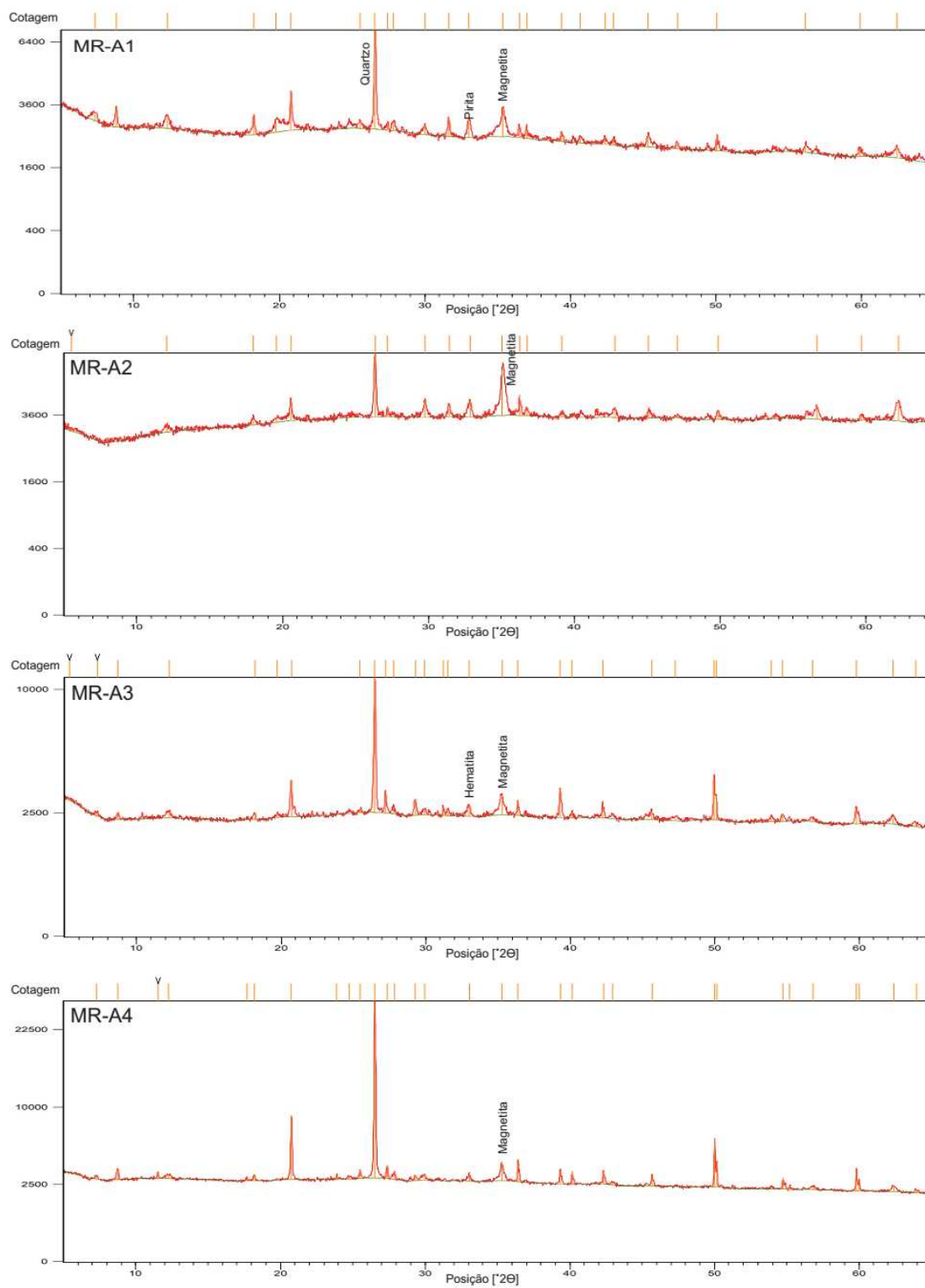
- März C., Hoffmann J., Bleil U., de Lange G.L., Kasten S. 2008. Diagenetic changes of magnetic and geochemical signals by anaerobic methane oxidation in sediments of the Zambezi deep-sea fan (SW Indian Ocean). *Marine Geology*, **255**: 118–130.
- Massad F. 1999. Baixada Santista: implicações na história geológica no projeto de fundações, São Paulo, *Revista Latino Americana de Geotecnia*, **22(1)**: 3-49.
- Meybeck M. 1982. Carbon, nitrogen, and phosphorus transport by world rivers. *American Journal of Science*, **282**: 401–450.
- Miller D., Geider R., MacIntyre H. 1996. Microphytobenthos: the ecological role of the “secret garden” of unvegetated shallow-water marine habitats. II. Role in sediment stability and shallow-water food webs. *Estuaries and Coasts*, **19**: 202–212.
- Morel F.M. 1983. Principles of Aquatic Chemistry. John Wiley, New York.
- Morse J.W., Wang Q. 1997. Pyrite formation under conditions approximating those in anoxic sediments: II. Influence of precursor iron minerals and organic matter. *Marine Chemistry*, **57**: 187–193.
- Müller A., 2002. Pyritization of iron and trace metals in anoxic fjord sediments (Nordavannet fjord, western Norway). *Applied Geochemistry*, **17**: 923–933.
- Nascimento S. C. 2007. Comportamento de íons e sua associação a resíduos de indústria siderúrgica em manguezal do sistema estuarino de Santos-Cubatão/SP. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 127 pp.
- Neumann T., Rausch N., Leipe T., Dellwig O., Berner Z., Böttcher M.E. 2005. Intense pyrite formation under low-sulfate conditions in the Achterwasser lagoon, SW Baltic Sea. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **69**: 3619–3630.
- Nizoli E. C. 2009. Contribuição dos sulfetos volatilizados por acidificação no controle da biodisponibilidade de metais em sedimentos do rio Morrão, sistema estuarino de Santos-Cubatão (SP). Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, 58 pp.
- Nizoli E. C. 2013. Partição multi-elementar tempo-espacial na interface água intertidal-sedimento em estuário tropical impactado e procedimentos químicos analíticos para análise de metais em água salinas. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, 148 pp.
- Nordstrom D. K. & Wilde F.D. 2005. Reduction-oxidation potential (electrode method), version 1.2. In: F.D. Wilde (ed.) *National field manual for the collection of water-quality data: Field measurements*. USGS–TWRI, section 6.5. Disponível em: [http://water.usgs.gov/owq/FieldManual/Chapter6/Ch6\\_contents.html](http://water.usgs.gov/owq/FieldManual/Chapter6/Ch6_contents.html). Acessado em 10 setembro 2014.
- Nriagu J.O. 1972. Stability of vivianite and ion-pair formation in system  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2\text{H}_3\text{PO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ . *Geochimica et Cosmochimica Acta*. **36**: 459–470.
- Oliveira S.M.B. & Imbernon R.A.L. 1998. Weathering alteration and related REE concentration in the Catalão I carbonatite complex, central Brazil. *Journal of South America Earth Sciences*, **11**: 379-388.
- Oliveira S.M.B., Silva P.S.C., Mazzili B.P., Favaro D.I.T., Saueia C.H. 2007. Rare earth elements as tracers of sediment contamination by phosphogypsum in the Santos estuary, southern Brazil. *Applied Geochemistry*, **22**: 837-850.

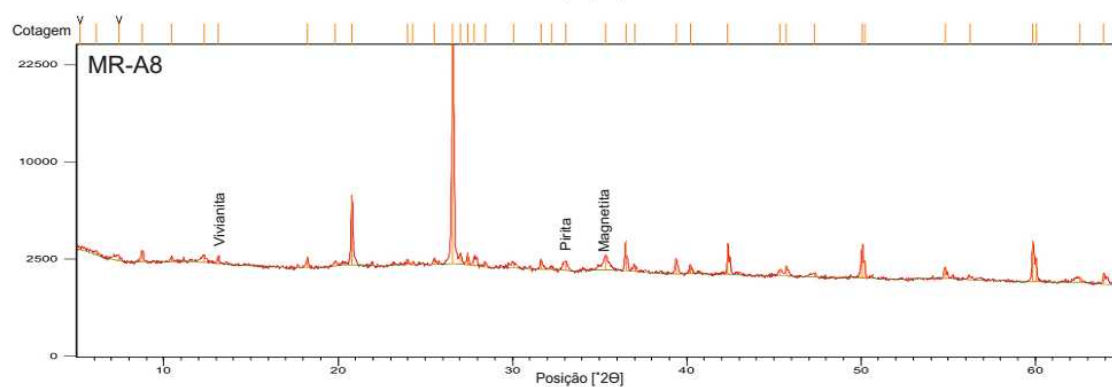
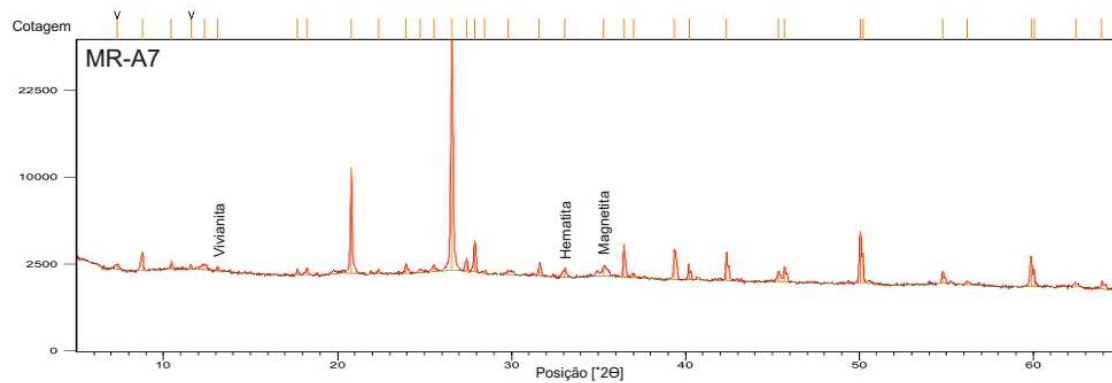
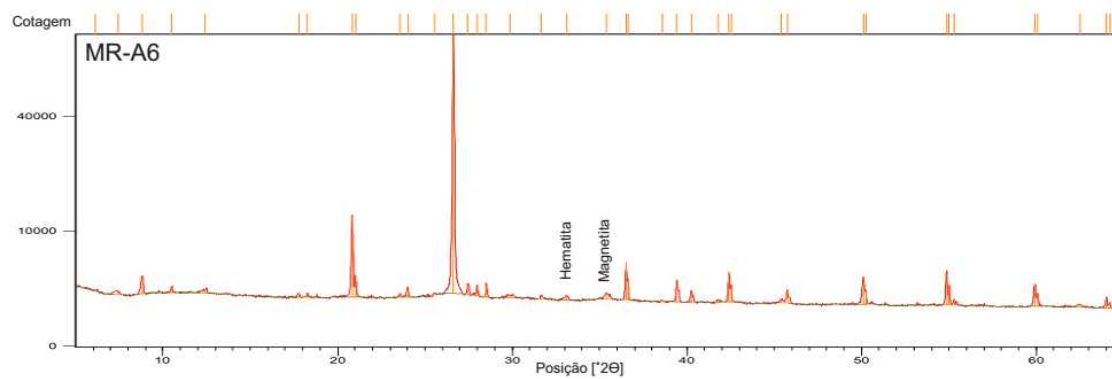
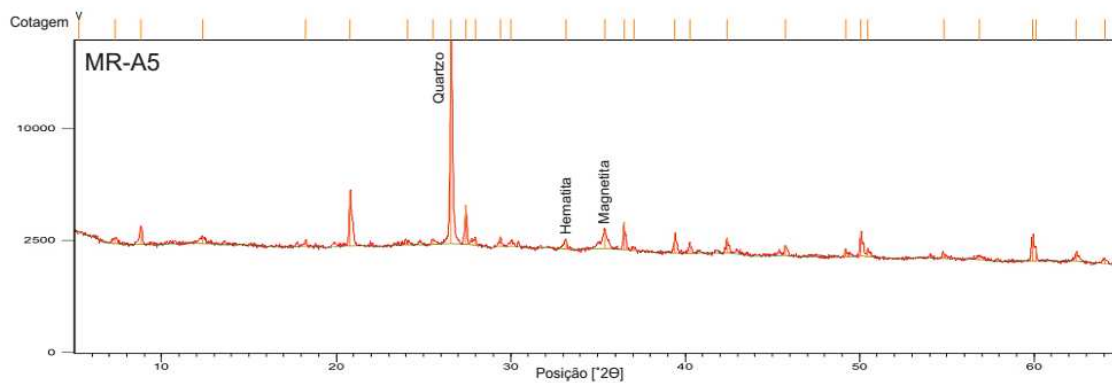
- Oliveira-Silva F. 2013. Geoquímica de mercúrio, selênio e elementos maiores e mineralogia em sedimentos do Sistema Estuarino de Santos-Cubatão (SP): histórico de contaminação. Trabalho de conclusão de curso, Instituto de Geociências da Universidade estadual de Campinas, 72p.
- Otero X.L., Ferreira, T.O., Vidal-Torrado, P., Macías, F. 2006. Spatial variation in pore water geochemistry in a mangrove system (Pai Matos island, Cananeia-Brazil). *Applied Geochemistry*, **21**: 2171–2186.
- Otero O.M.F. Barbosa R.M., Queiroz A.F.S., Castro A.M., Macêdo B.L.F, Celino J.J. 2013. Determinação de metais pesados em sedimentos de manguezal da Baía de Todos os Santos (Bahia, Brasil) para pesquisa de valores de referência. *Sociedade Brasileira de Geoquímica*, 17 dez 2013, 4pp.
- Pethick J. 1984. Tidal landforms: mudflats and salt marshes. *In: An introduction to coastal geomorphology*. Edward Arnold Ltd, p.: 145-166.
- Pérez-López R., Nieto J.M., López-Coto I., Aguado J.L., Bolívar J.P., Santisteban M. 2010. Dynamics of contaminants in phosphogypsum of the fertilizer industry of Huelva (SW Spain): From phosphate rock ore to the environment. *Applied Geochemistry*, **25**. 705–715.
- Perillo G. M. E. 1995. Geomorphology and sedimentology of estuaries: an introduction. *In: G. M. E. Perillo (ed). Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*. Developments in Sedimentology, 53, Elsevier Science, p.: 1–16.
- Perillo G. M. E. 1995. Definitions and geomorphologic classifications of estuaries. *In: G. M. E. Perillo (ed) Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*. Developments in Sedimentology, 53, Elsevier Science, p.: 17–48.
- Pyzik A.J., Sommer E.S. 1981. Sedimentary iron monosulfides: kinetics and mechanisms of formation. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **45**: 687-698.
- Richards F.A. 1965. Anoxic basins and fjords. *In: Riley J.P., Skirrow G. (eds.). Chemical Oceanography*, Academic Press, New York, vol. 1: 611–645.
- Rickard D. 2012. Sedimentary Pyrite. *In: Rickard D. (ed.). Sulfidic sediments and sedimentary rocks*, Developments in sedimentology, **65**: 233-285.
- Roden E.E., Zachara J.M. 1996. Microbial reduction of crystalline iron (III) oxides: influences of oxide surface area and potential for cell growth. *Environmental Science and Technology*, **30**: 1618–1628.
- Rozan T.F., Tallefert M., Trouwborst R.E., Glazer B.T., Ma S., Herszage J., Valdes L.M., Price K.S., Luther G.W. 2002. Iron–sulfur–phosphorus cycling in the sediments of a shallow coastal bay: implications for sediment nutrient release and benthic macroalgal blooms. *Limnology and Oceanography*, **47**: 1346–1354.
- Ross, S., 1989. *Soil Processes*. Routledge, New York, NY, 444 pp.
- Roy P. S., 1984. New South Wales Estuaries: their origin and evolution. *In: B. G. Thom (ed), Coastal Geomorphology in Australia*. Academic Press, p.: 99-121.
- Ruttenberg K.C. & Berner R.A. 1993. Authigenic apatite formation and burial in sediments from non-upwelling continental margin environments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. **57**. 991–1007.
- Sá F. 2008. Geoquímica do arsênio no Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. Tese de Doutorado, Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense , 115 pp.

- Sadowski G. R. 1974. Tectônica da Serra de Cubatão, S. P. Teste de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 166 pp.
- Said G.W. 2013. Ecotoxicidade associada à contaminação por metais em sedimento no rio Morrão, Sistema Estuarino de Santos-Cubatão, SP. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, 93 pp.
- Sanders R., Klein C., Jickells T. 1997. Biogeochemical nutrient cycling in the upper Great Ouse estuary, Norfolk, UK. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **44**: 543–555.
- Sanders L. M, Luiz-Silva W., Machado W., Sanders C. J., Marotta H., Enrich-Prast A., Bosco-Santos A., Boden A., Silva-Filho E. V., Santos I. R., Patchineelam S. R. 2013. Rare earth element and radionuclide distribution in surface sediments along na estuarine system affected by fertilizer industry contamination. *Water, Air & Soil Pollution*. **224**: 1741-1748.
- Santos E.S. 2007. Aplicação de marcadores geoquímicos para a avaliação dos impactos das barragens nos sedimentos do estuário do rio São Francisco (AL/SE). Tese de Doutorado, Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense, 139 pp.
- Schlesinger W.H. *Biogeochemistry: an analysis of global change*. Second Edition. San Diego: Academic Press, 1997. 588p.
- Leia mais em: <http://www.webartigos.com/artigos/decomposicao-ou-mineralizacao/52722/#ixzz3Qc66G95v>
- Scholz, F., Neumann, T., 2007. Trace element diagenesis in pyrite-rich sediments of the Achterwasser lagoon, SW Baltic Sea. *Marine Chemistry*, **107**: 516–532.
- Schoonen M.A.A., Barnes H.L. 1991. Reactions forming pyrite and marcasite from solution: II. Via FeS precursors below 100 °C. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **55**: 1505–1514.
- Selig U., Fischer K. 2005. Phosphorus accumulation in lake sediments during the last 14,000 years: description by fractionation techniques and X-ray micro-analysis. *Journal of Freshwater Ecology*, **20**: 347–359.
- Shimmield G. 2011. Introduction to the geochemistry of estuaries and coasts. In: E. Wolanski & D. McLusky (eds.), *Treatise on Estuarine and Coastal Science: Sedimentology and Geology*. Elsevier, **4.01**: p. 1-8.
- Silva C.A.R., Sampaio L.S. 1998. Speciation of phosphorus in a tidal floodplain forest in the Amazon estuary. *Mangroves and Salt Marshes*, **2**: 51 –57.
- Slomp C.P., Epping E.H., Helden W., Raaphorst W.V. 1996. A key role for iron-bound phosphorus in authigenic apatite formation in North Atlantic continental platform sediments. *Journal Marine Research*. **54**: 1179–1205.
- Slomp C.P. 2011. Phosphorus Cycling in the Estuarine and Coastal Zones: Sources, Sinks, and Transformations. In: E. Wolanski & D. McLusky (eds.), *Treatise on Estuarine and Coastal Science: Sedimentology and Geology*. Elsevier, **5.06**: 201-229.
- Stephens F.C., Louchard E.M., Reid R.P., Maffione R.A. 2003. Effects of microalgal communities on reflectance spectra of carbonate sediments in subtidal optically shallow marine environments. *Limnology and Oceanography*. **48**: 535–546.
- Stumm W., Morgan J.J. 1981. Aquatic Chemistry. An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters. John Wiley, New York.

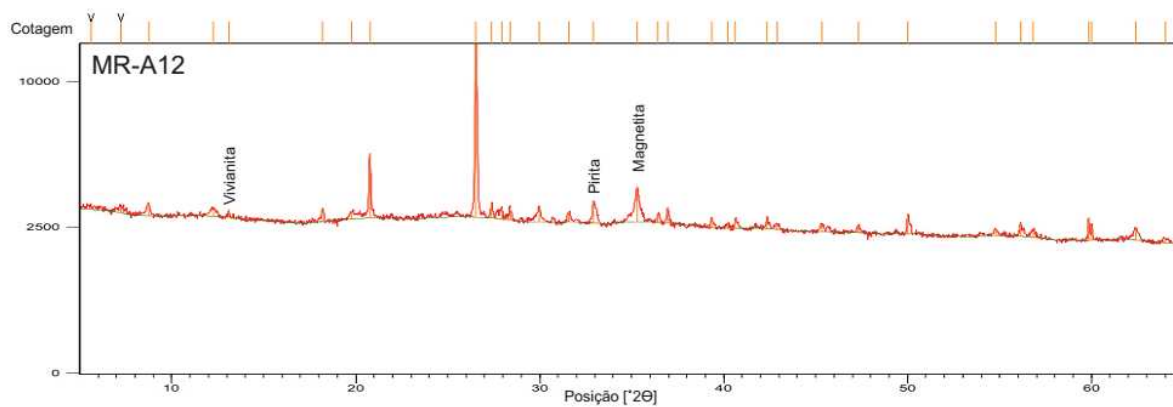
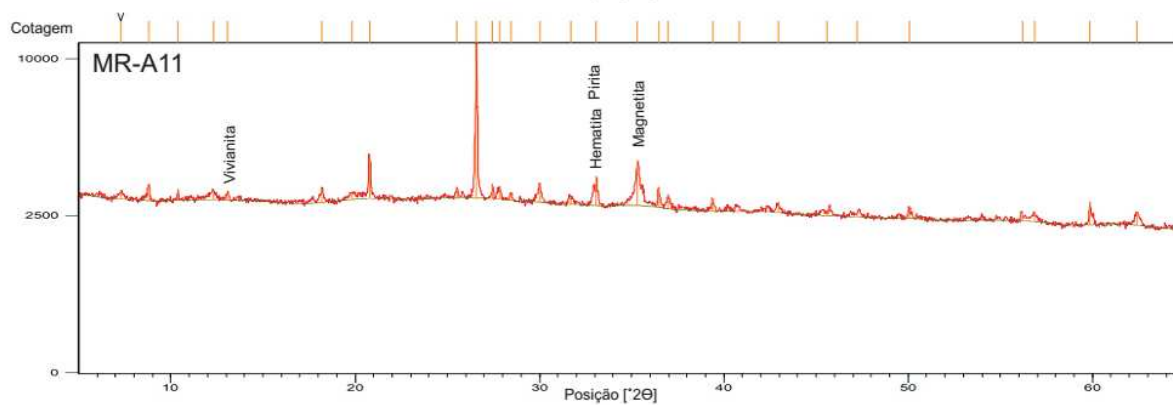
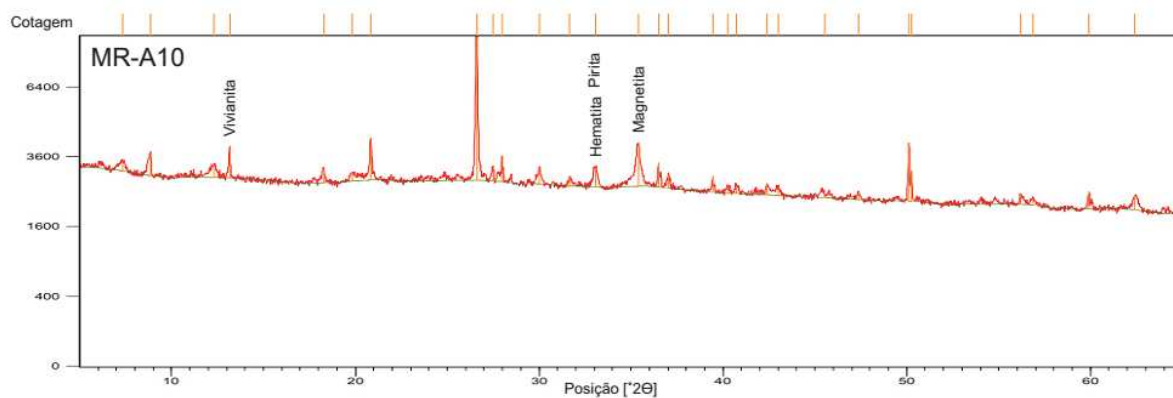
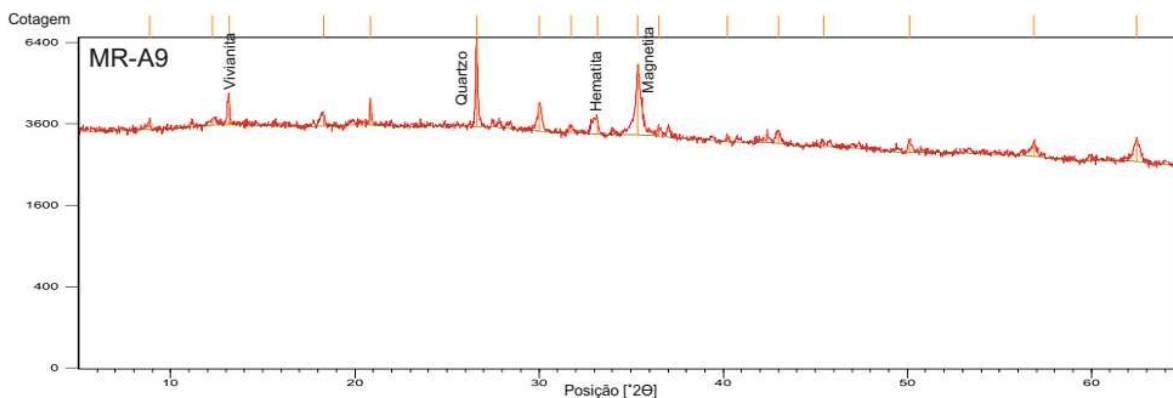
- Suguio K., Martins L. 1978. Formações Quaternárias Marinhas do Litoral Paulista e Sul Fluminense. São Paulo. In: International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary. Publicação Especial, **1**: 11-18.
- Suguio K. 2003. *Geologia Sedimentar*. Edgard Blücher, São Paulo, 400 pp.
- Sundback K., McGlather K., 2005. Interactions between benthic macroalgal and microalgal mats. In: Kristensen E., Haese R.R., Kostka J.E. (eds.), Interactions between macro- and microorganisms in marine sediments. *American Geophysical Union*, Washington, DC, p.: 7–29.
- Sundby B., Anderson L.G., Hall P.O.J., Iverfeldt A., Rutgers van der Loeff M.M., Westerlund S.F.G. 1986. The effect of oxygen on release and uptake of cobalt, manganese, iron and phosphate at the sediment–water interface. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **50**: 1281–1288.
- Sutherland R. 1998. Loss-on-ignition estimates of organic matter and relationships to organic carbon in fluvial bed sediments. *Hydrobiologia*, **389**: 153-167.
- Taylor K. G., Hudson-Edwards K. A., Bennett A.J, Vishnyakov V. 2008. Early diagenetic vivianite  $[\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}]$  in a contaminated freshwater sediment and insights into zinc uptake: A  $\mu$ -EXAFS,  $\mu$ -XANES and Raman study. *Applied Geochemistry*. **23**: 1623-1633.
- Takeno N. 2005. Atlas of Eh-pH diagrams – intercomparison of thermodynamic databases. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology. *Geological Survey of Japan Open File Report*, **419**: 285pp.
- Thamdrup B., Dalsgaard T. 2002. Production of  $\text{N}_2$  through anaerobic ammonium oxidation coupled to nitrate reduction in marine sediments. *Applied and Environmental Microbiology*, **68**: 1312–1318.
- Wells J. T. 1989. A scoping study of the distribution, composition, and dynamics of water-column and bottom sediments: Albemarle-Pamlico estuarine system. *Albemarle-Pamlico Estuarine Study*, 89, 39 pp.
- Wells J. T. 1995. Tide-dominated estuaries and tidal rivers. In: G. M. E. Perillo (ed). *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*. Developments in Sedimentology, 53, Elsevier Science, p.: 179–205.
- Whitehouse R.J.S., Roberts W. 1999. Predicting the morphological evolution of intertidal mudflats. HR Wallingford Report SR538/Environment Agency R & D Technical Report W191, Wallingford, Oxon, UK
- Wolanski E., Jones M., Bunt J. S. 1980. Hydrodynamics of a tidal creek-mangrove swamp system. *Australian Journal of Marine and Freshwater Researches*, **31**: 431-450.
- Wolanski E. 1992. Hydrodynamics of mangrove swamps and their coastal waters. In: V. Jaccarini & E. Martens (eds) The ecology of mangrove and related ecosystems. *Hydrobiologia*, **247**: 141-161.
- Wolanski E., Mazda Y., Ridd P. 1992. Mangrove hydrodynamics. In: A.I. Robertson & D.M. Alongi (eds), *Tropical mangrove ecosystems*. American Geophysical Union, p.: 43-62.
- van Capellen P., Berner R.A. 1989. Marine apatite precipitation. In: Miles D.I. (ed.). *Water–Rock Interaction, Proceedings of 6th International Symposium (WRI-6)*, A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, p.: 707–710.
- Van Griethuysen C., Lange H.J., Van den Heuvel M., Bies S.C., Gillissen F., Koelmans A.A. 2006. Temporal dynamics of AVS and SEM in sediment of shallow freshwater floodplain lakes. *Applied Geochemistry*, **21**: 632–642.
- Zhang W., Yu L., Hutchinson S.M. 2001. Diagenesis of magnetic minerals in the intertidal sediments of the Yangtze Estuary, China, and its environmental significance. *The Science of the Total Environment*, **266**: 169-175.

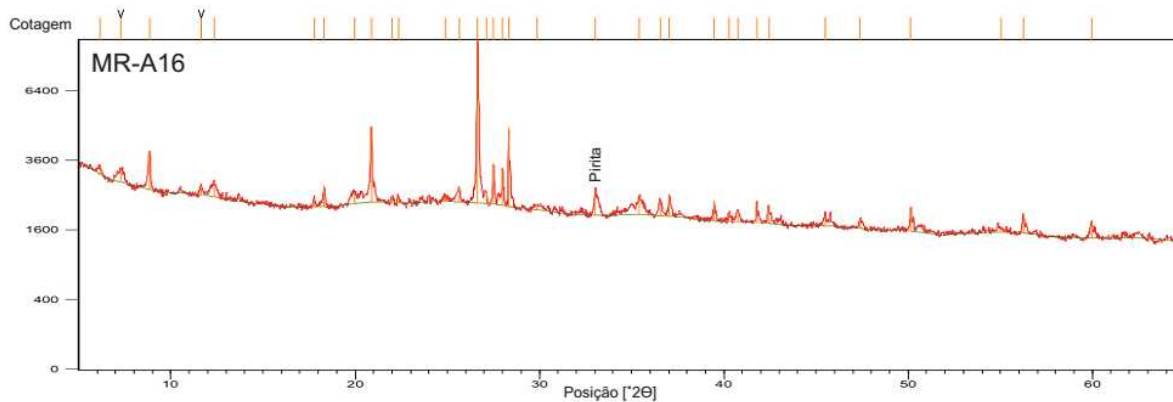
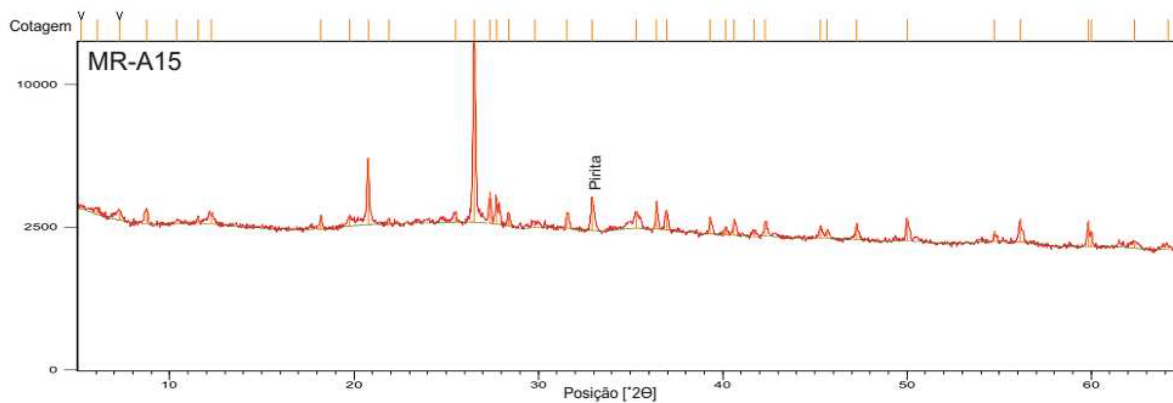
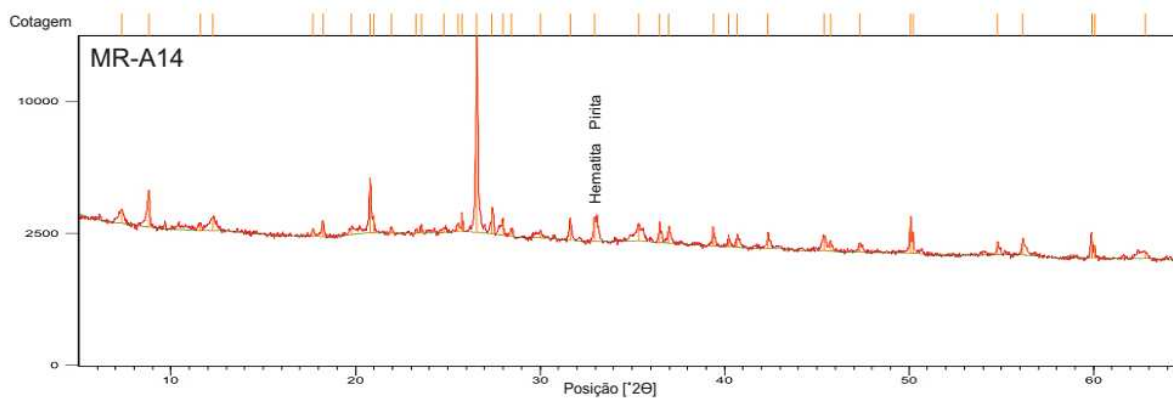
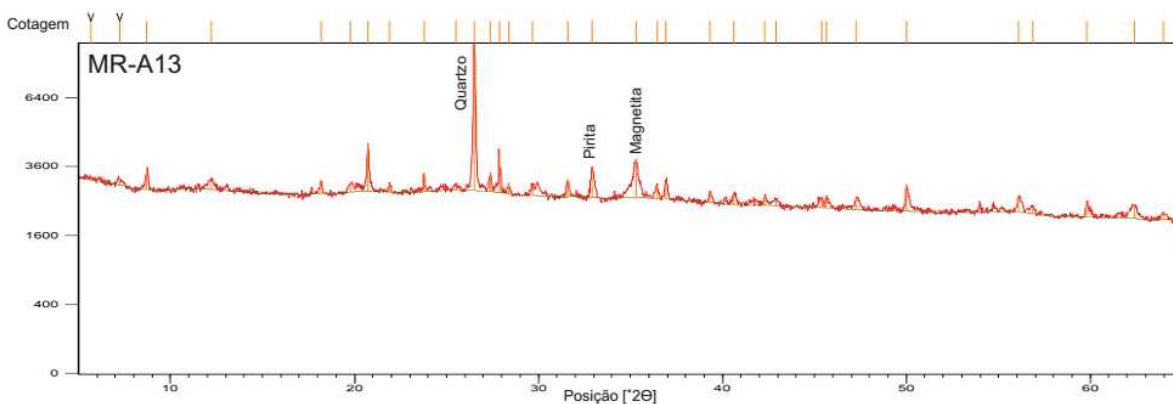
## 9 ANEXO A

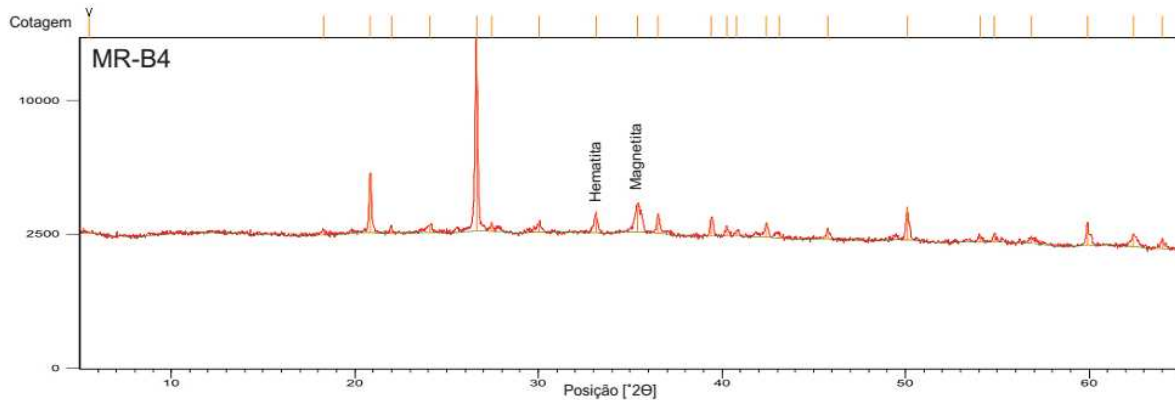
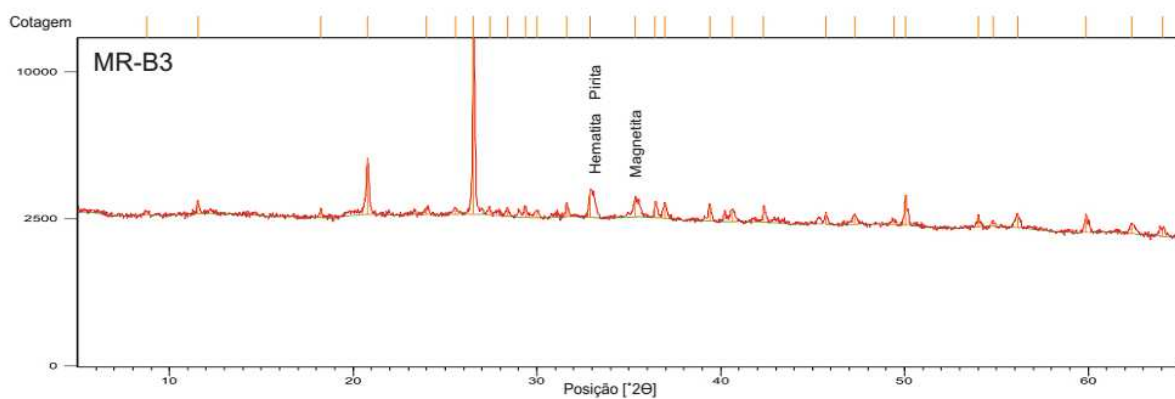
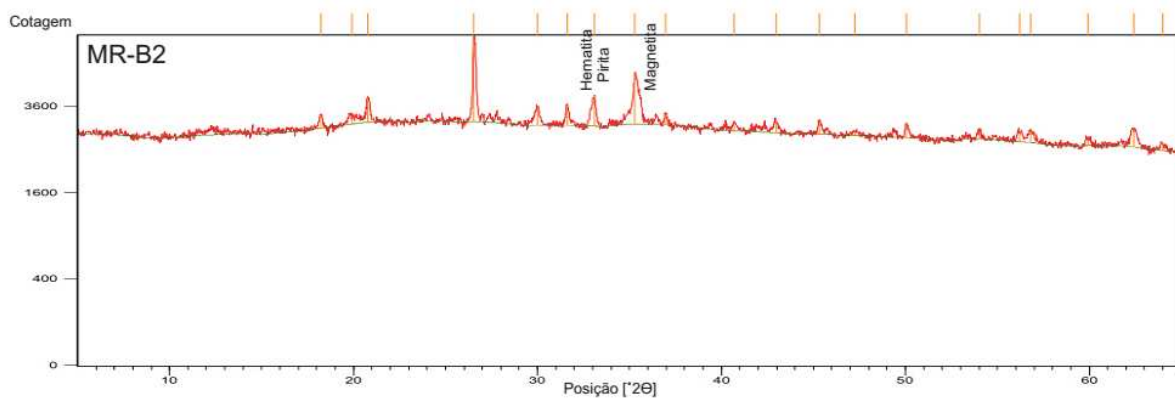
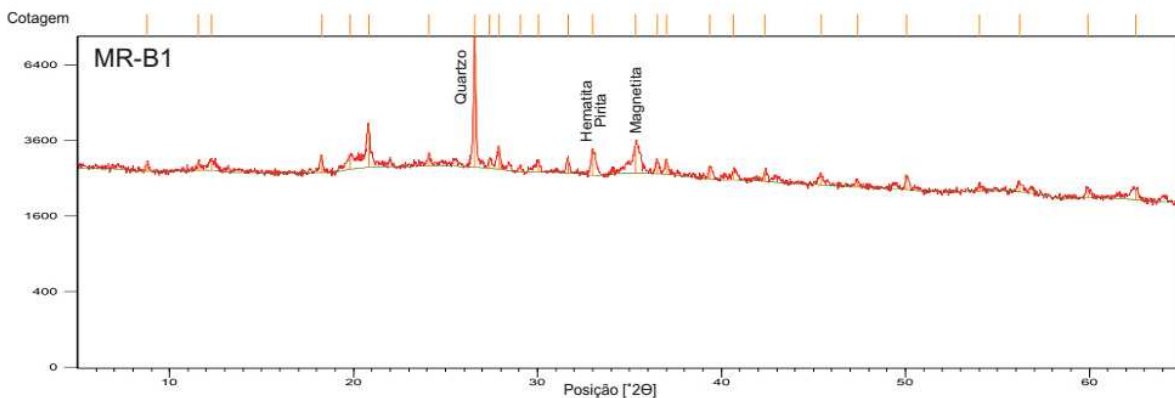


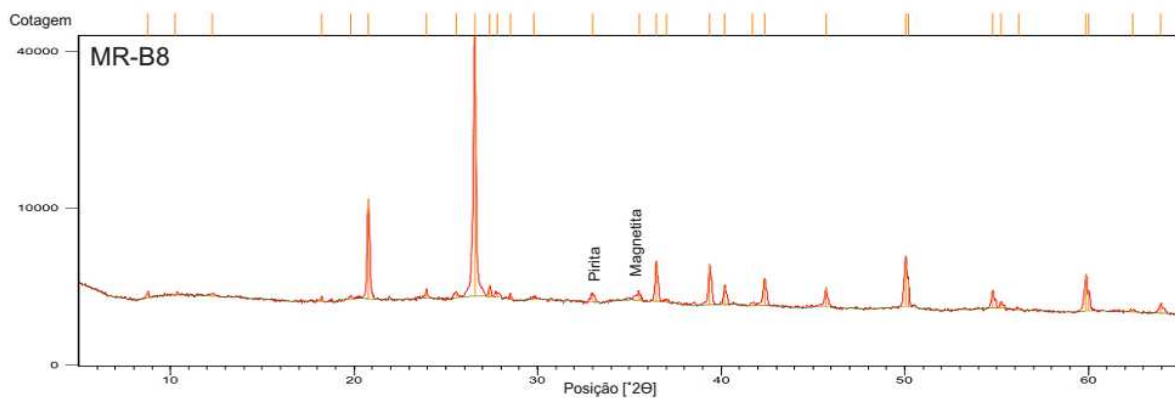
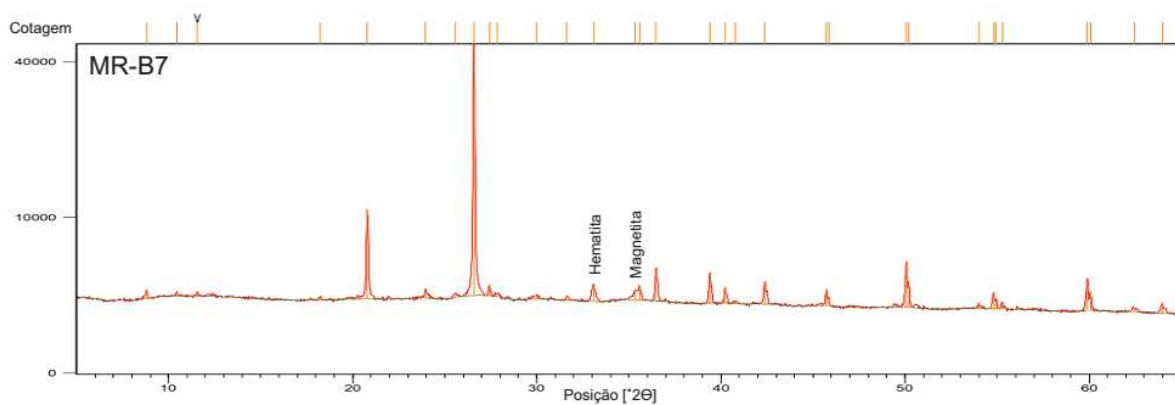
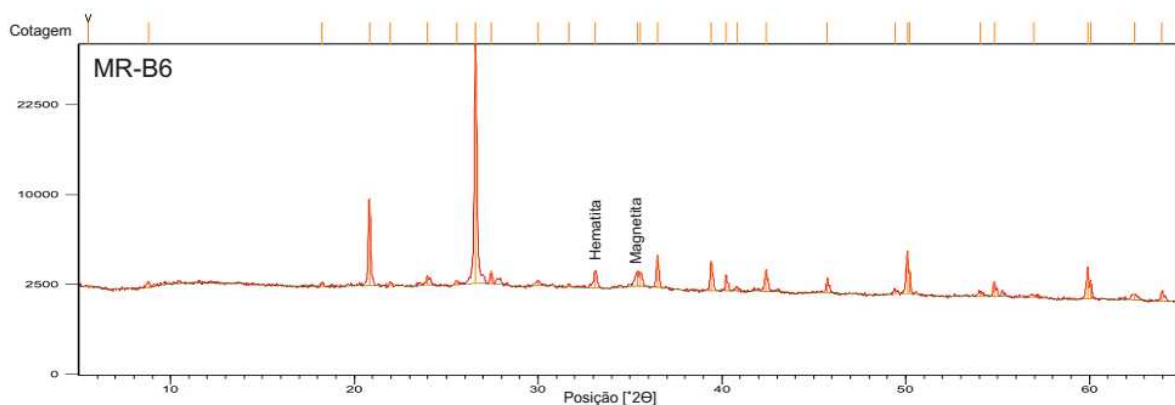
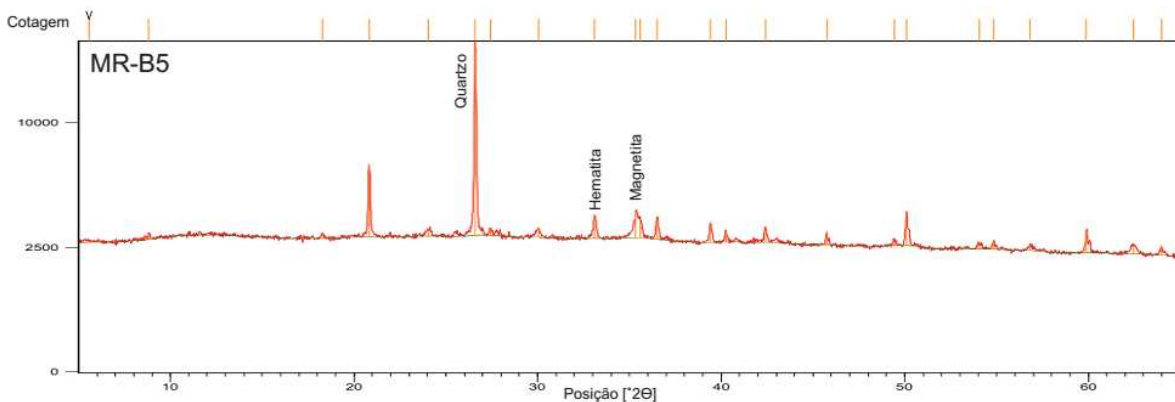


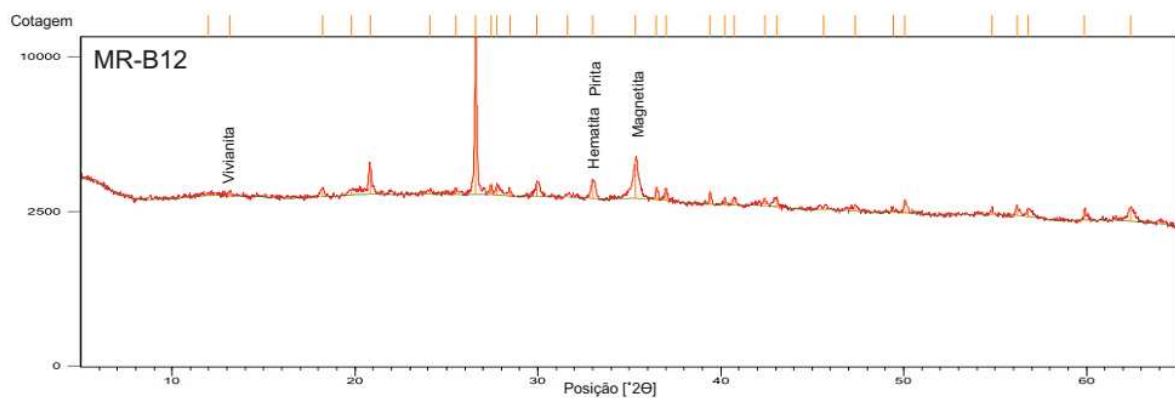
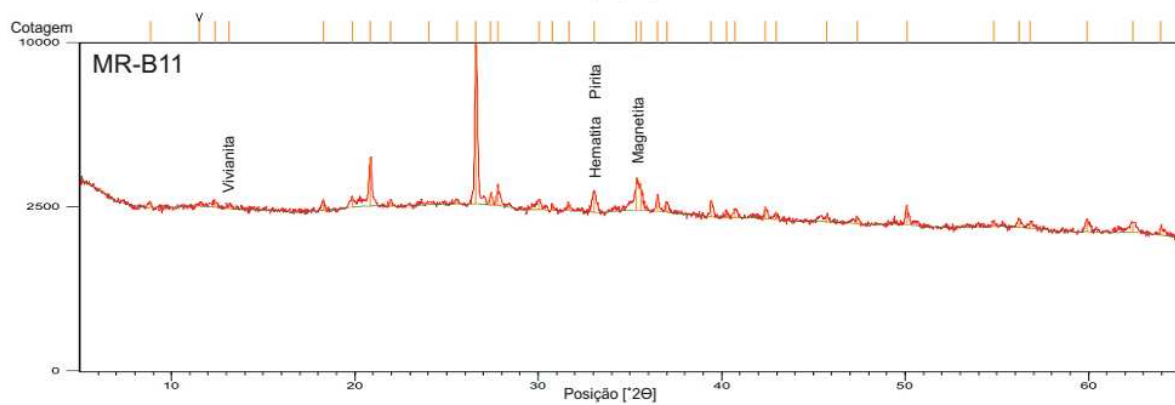
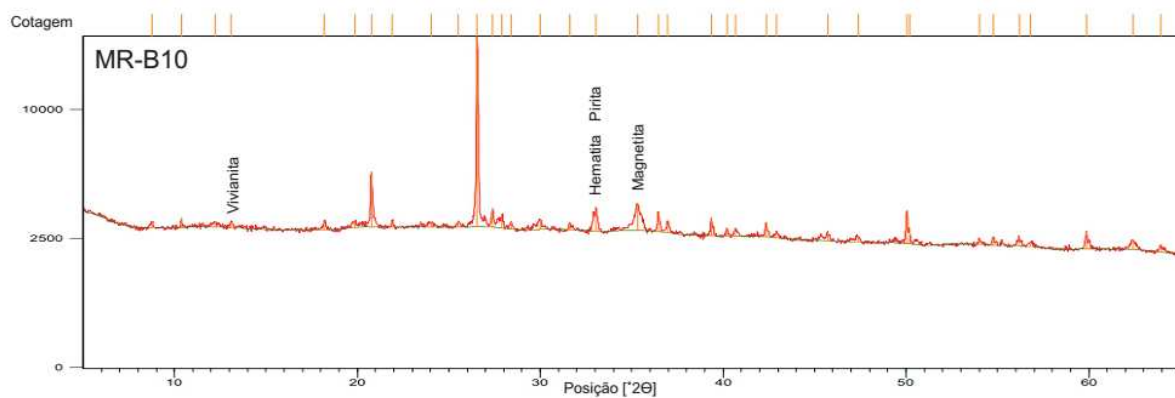
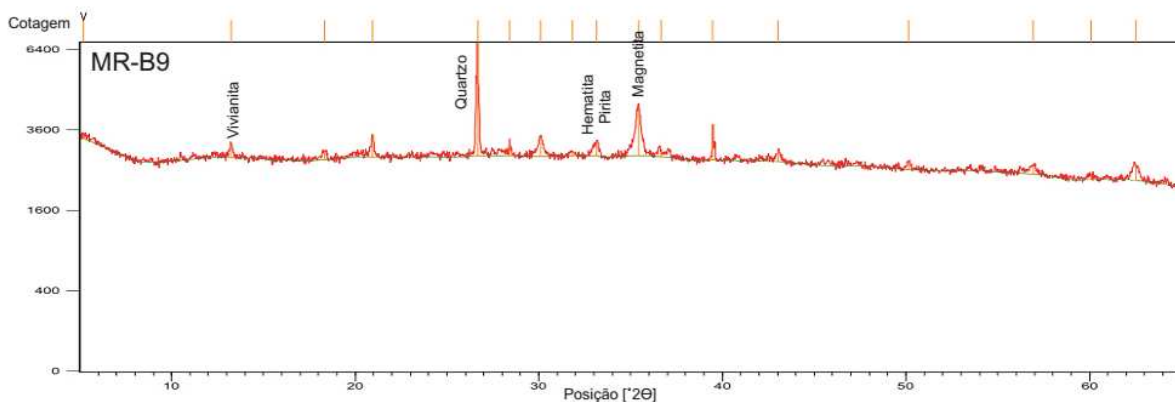


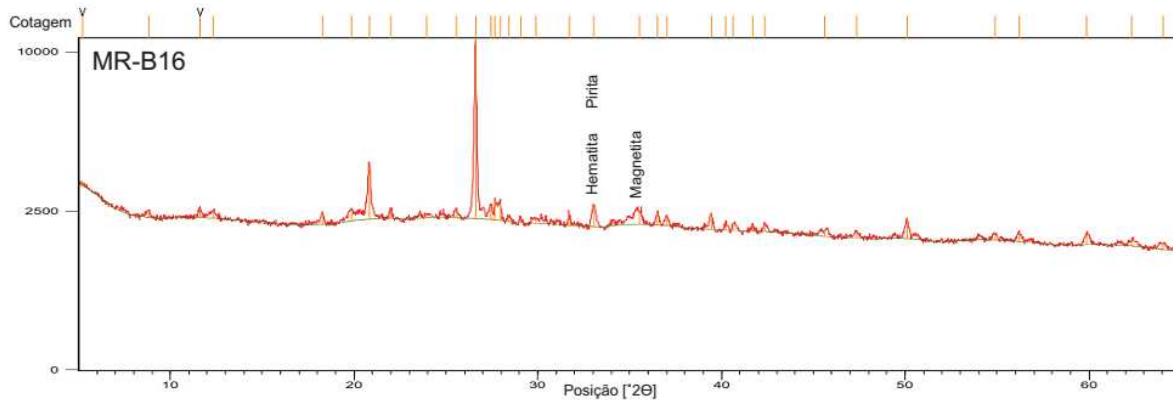
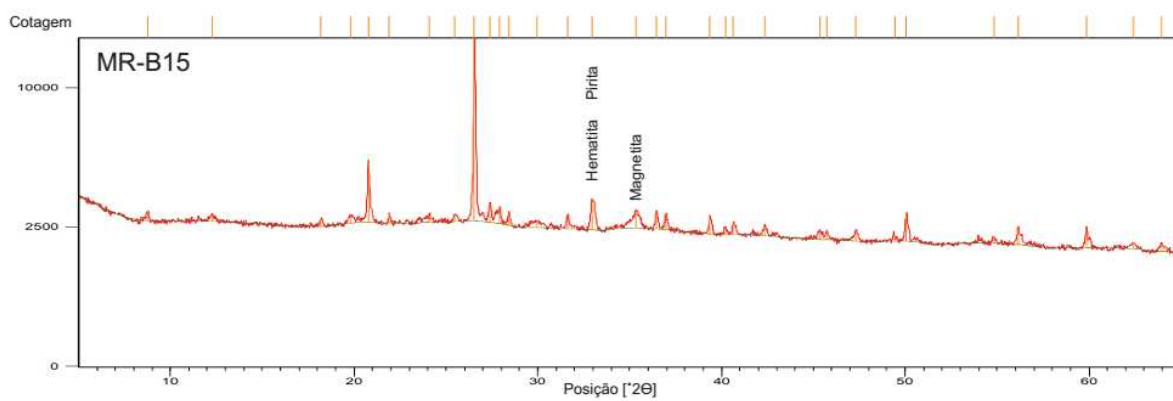
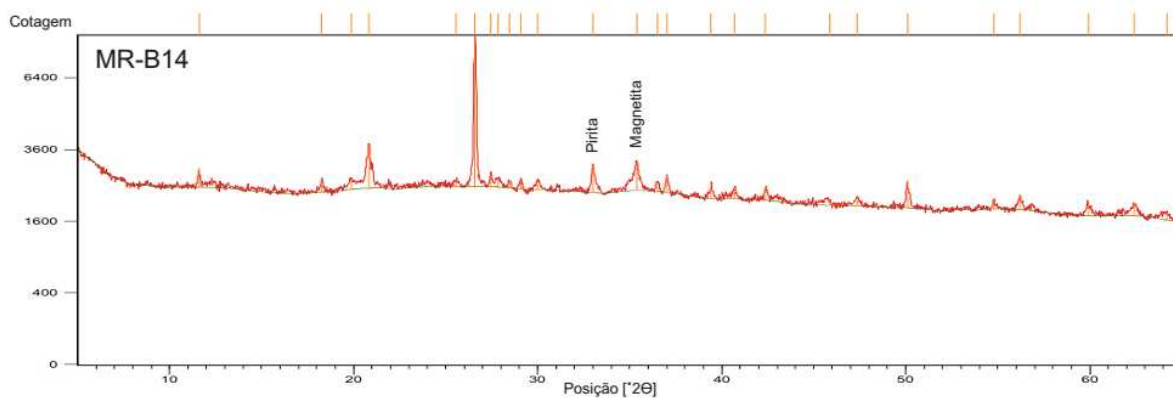
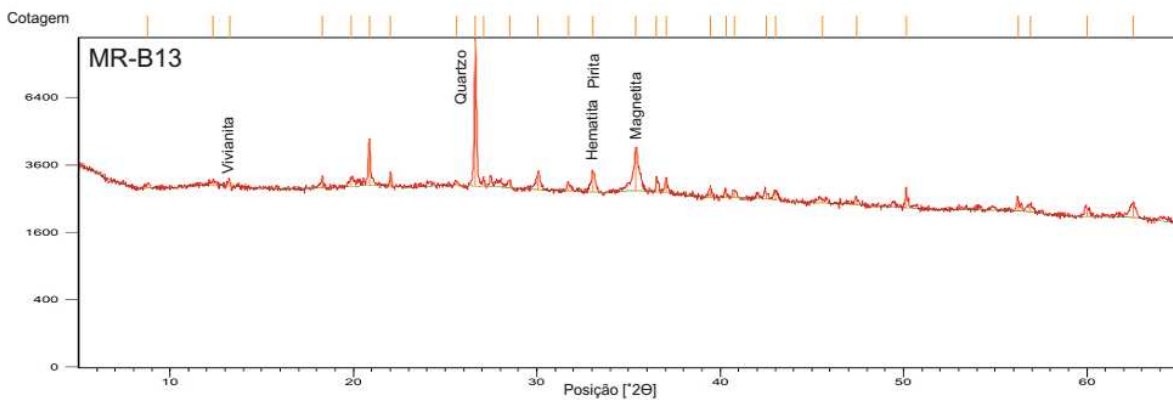


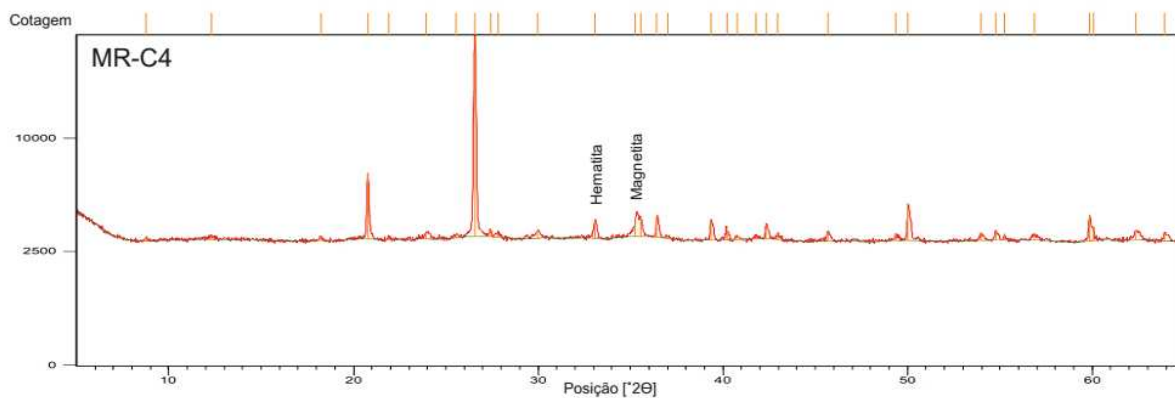
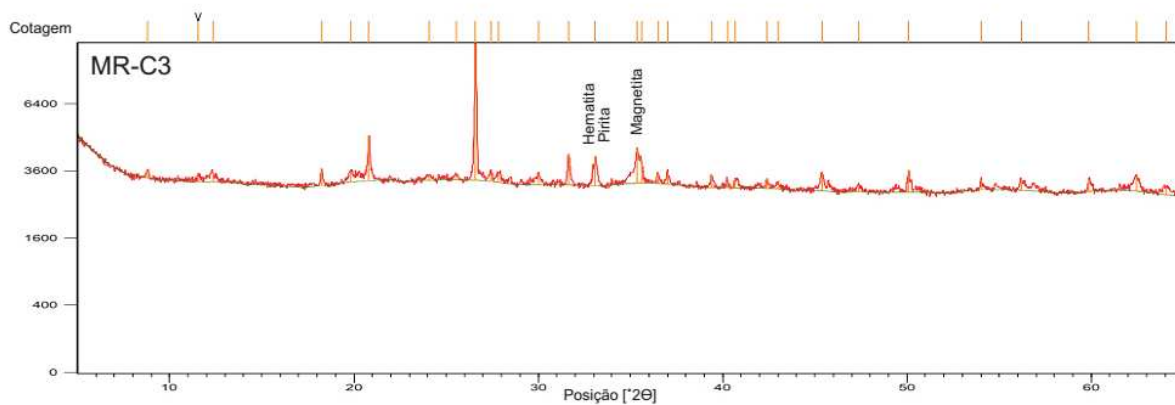
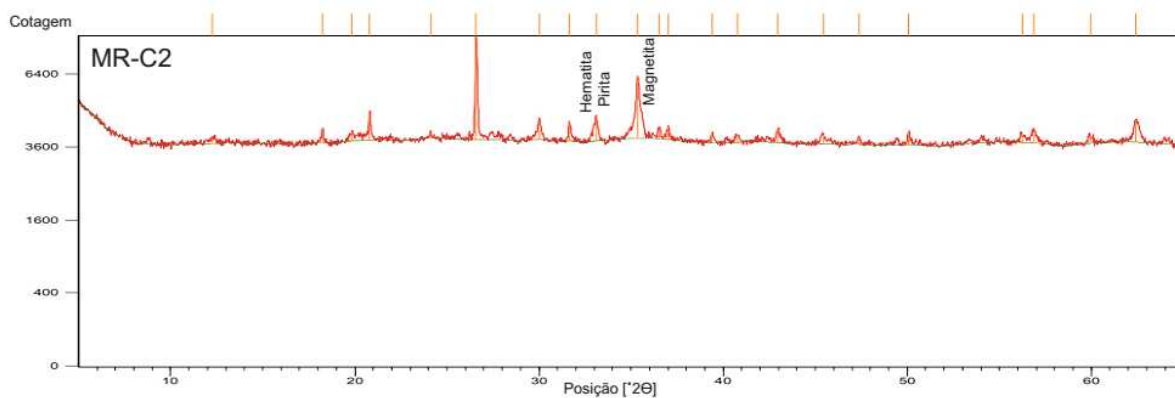
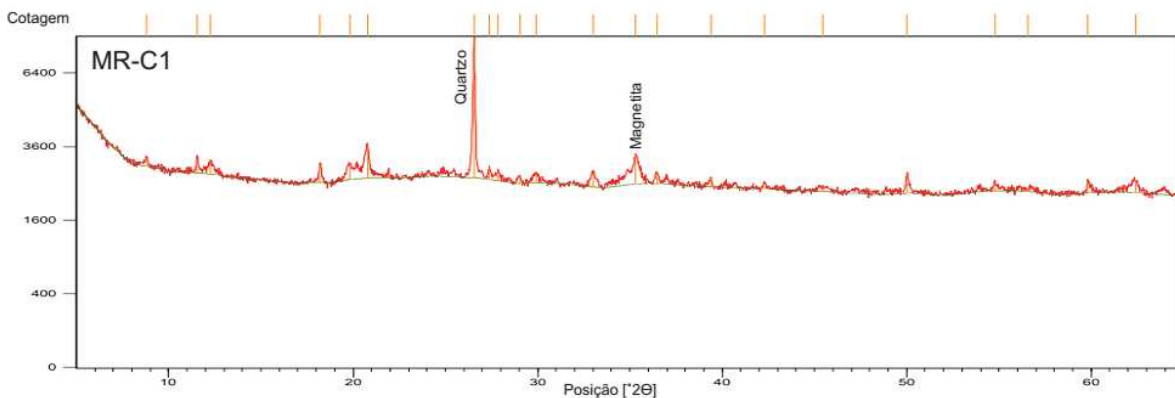




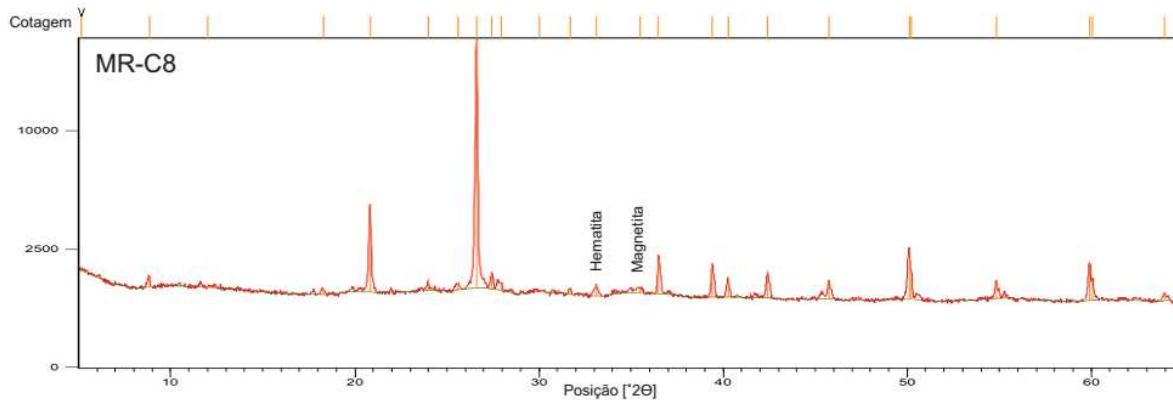
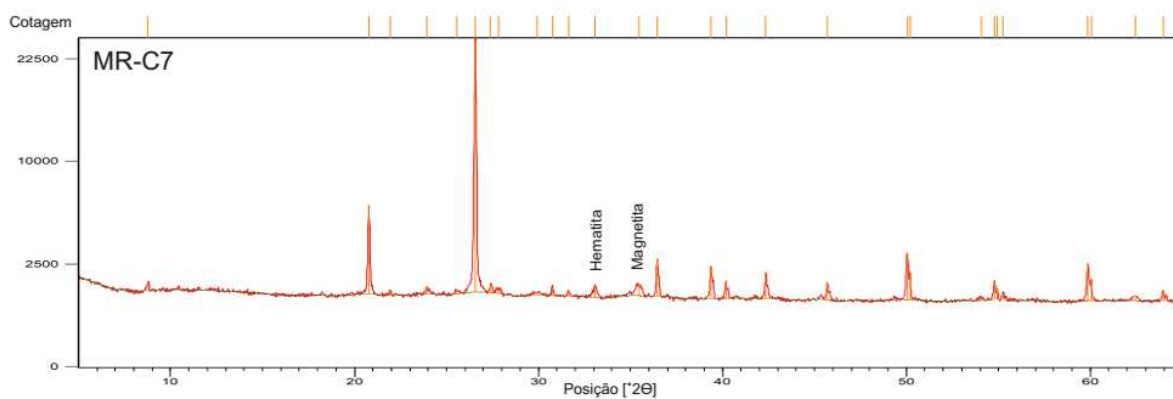
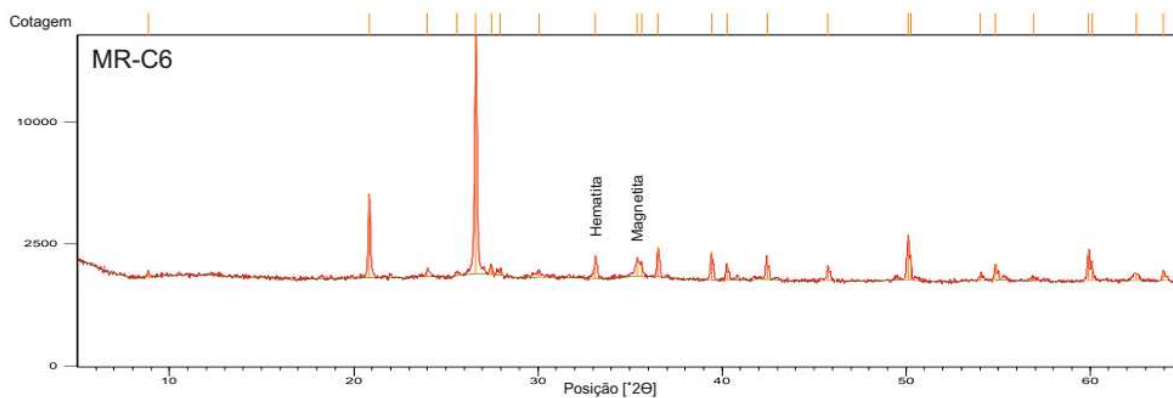
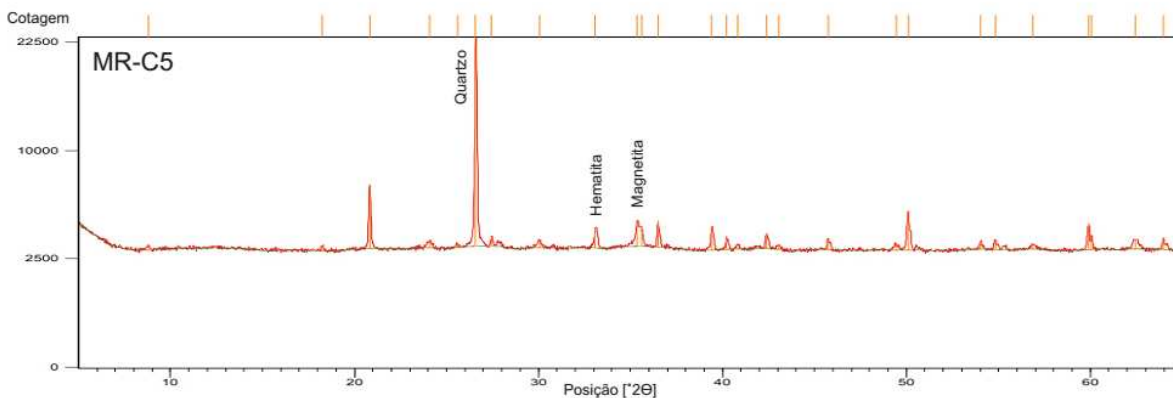




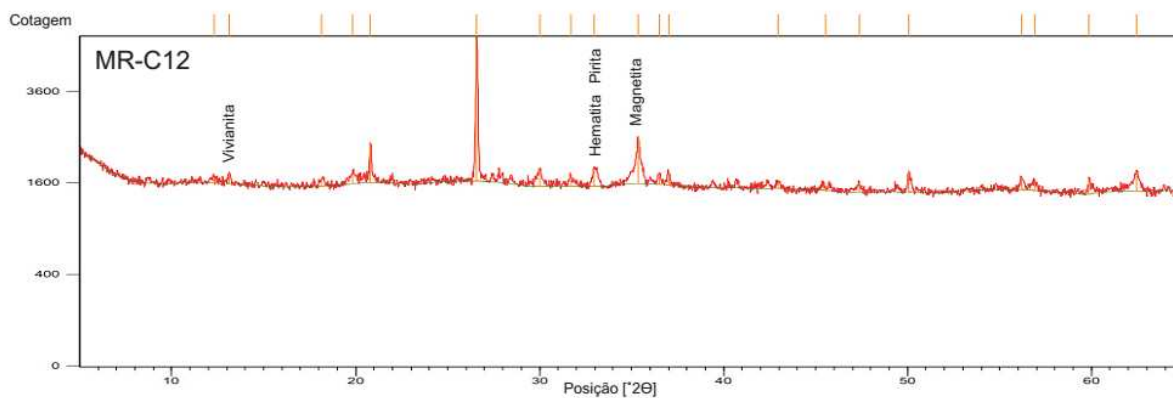
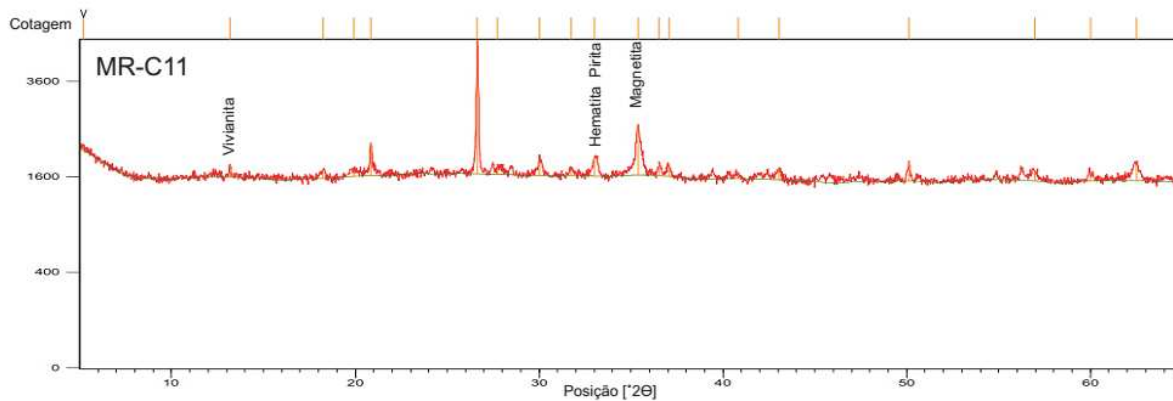
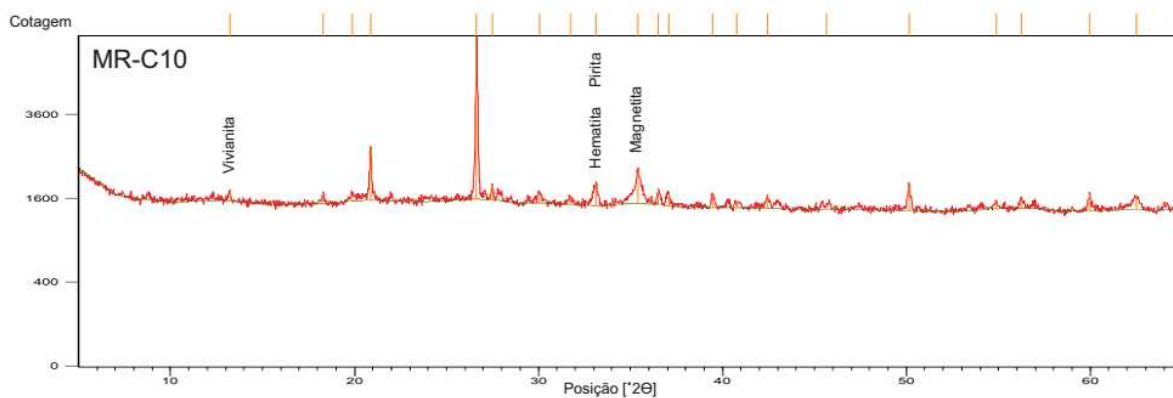
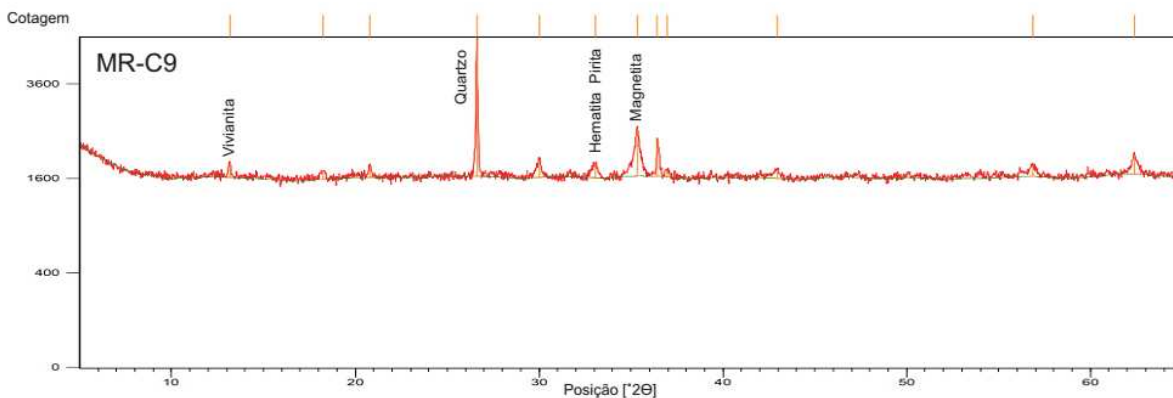


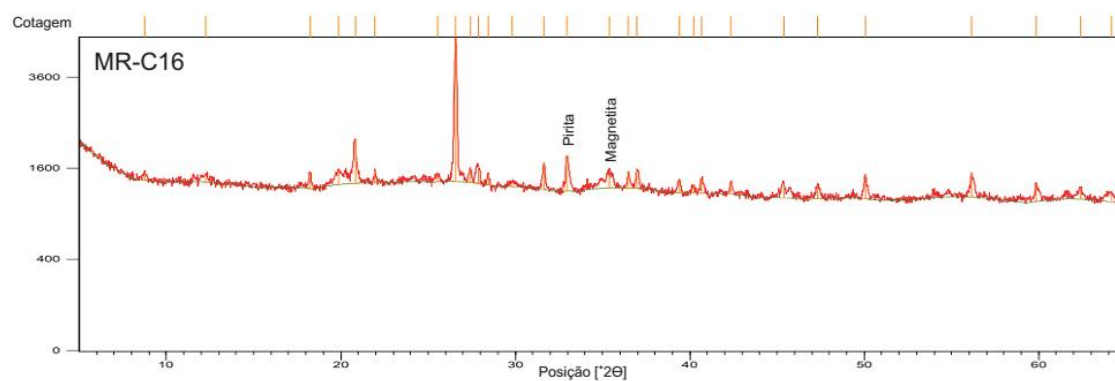
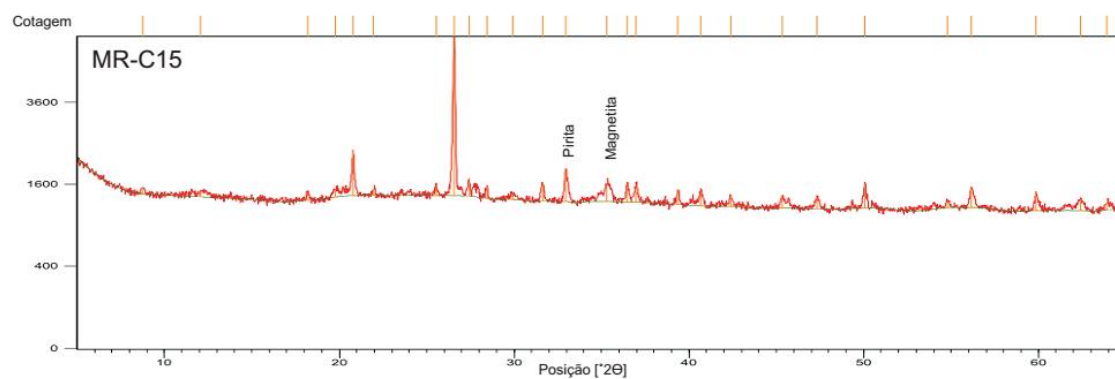
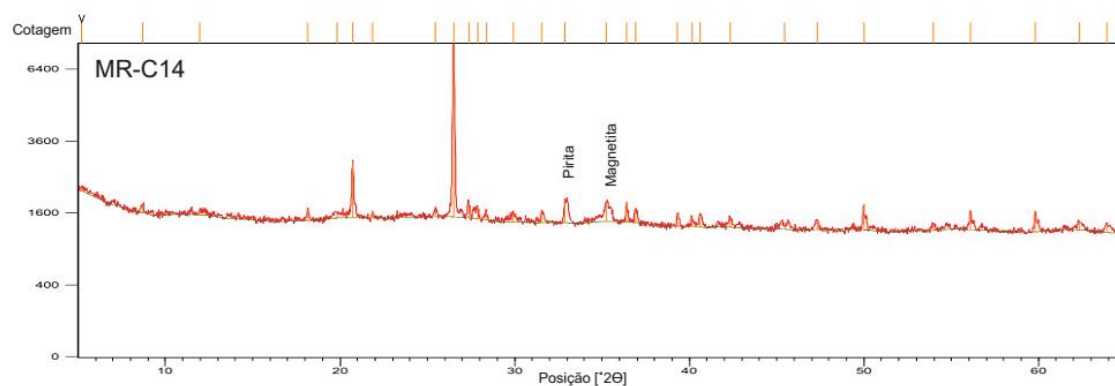
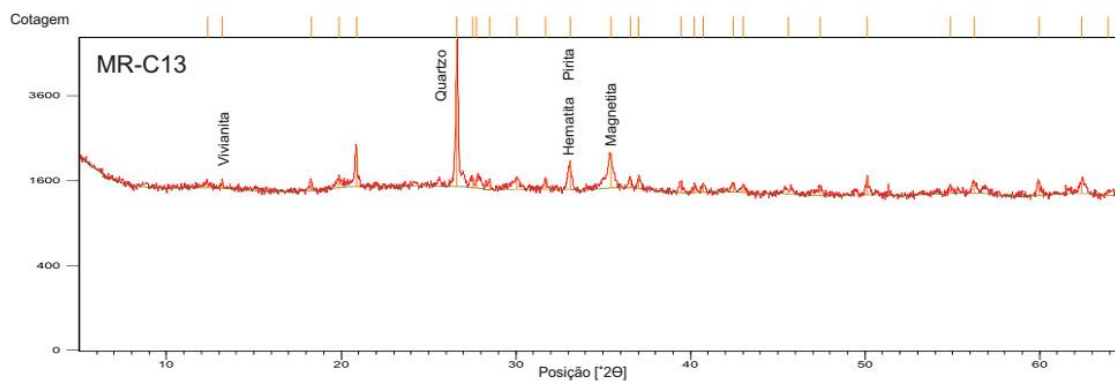












## ANEXO B

Amostras Média	Argila (%) ≤ 3,90 µm	Silte muito fino (%) 3,91 - 7,8 µm	Silte fino (%) 7,81 - 15,60 µm	Silte médio (%) 15,61 - 31,20 µm	Silte grosso (%) 31,21 - 62,50 µm	Areia muito fina (%) 62,51 - 125,00 µm	Areia fina (%) 125,01 - 250,00 µm	Areia média (%) 250,01 - 500,00 µm	Argila + silte (%) ≤ 62,50 µm	Areia (%) 62,51 - 500,00 µm
MR-A 1	12,23	9,85	16,58	23,83	22,93	13,43	1,16	0,00	85,41	14,59
MR-A 2	16,09	10,34	16,78	22,36	20,53	12,71	1,19	0,00	86,10	13,90
MR-A 3	11,00	6,81	10,33	14,71	18,80	20,08	11,64	6,64	61,65	38,35
MR-A 4	12,80	6,18	8,55	10,74	11,71	12,97	15,86	21,18	49,99	50,01
MR-A 5	15,69	9,24	11,88	13,23	13,00	12,06	11,83	13,05	63,05	36,95
MR-A 6	6,25	4,00	6,65	9,81	11,75	16,73	21,69	23,13	38,46	61,54
MR-A 7	6,48	4,84	8,08	11,78	14,13	18,99	19,34	16,36	45,31	54,69
MR-A 8	10,85	6,80	10,99	15,23	17,08	19,37	12,82	6,85	60,95	39,05
MR-A 9	26,28	10,21	15,68	19,53	16,91	10,47	0,93	0,00	88,61	11,39
MR-A 10	15,08	9,12	14,72	19,79	19,44	16,82	4,98	0,06	78,14	21,86
MR-A 11	16,35	9,00	14,24	18,93	19,63	17,44	4,42	0,00	78,15	21,85
MR-A 12	15,15	9,34	14,56	19,28	20,44	17,26	3,97	0,00	78,77	21,23
MR-A 13	11,93	8,38	13,86	19,42	20,99	18,76	6,53	0,14	74,58	25,42
MR-A 14	8,71	7,41	12,74	18,39	20,79	19,99	8,94	3,03	68,04	31,96
MR-A 15	7,97	7,11	12,27	18,49	21,96	20,44	8,58	3,18	67,80	32,20
MR-A 16	5,44	5,16	9,40	14,28	16,00	13,82	4,86	0,05	50,28	49,72
MR-B 1	10,61	9,68	16,78	24,33	23,25	14,04	1,31	0,00	84,65	15,35
MR-B 2	13,90	9,81	16,71	23,20	21,65	13,43	1,29	0,00	85,28	14,72
MR-B 3	9,66	7,48	11,96	17,08	19,26	17,82	9,95	6,78	65,45	34,55
MR-B 4	9,76	4,91	8,35	12,57	14,47	14,89	15,55	19,49	50,06	49,94
MR-B 5	8,74	5,46	8,38	11,59	13,41	15,99	17,23	19,19	47,59	52,41
MR-B 6	5,26	3,42	5,92	8,73	10,46	15,72	23,21	27,28	33,79	66,21
MR-B 7	5,33	3,72	6,49	9,64	12,67	19,73	22,23	20,18	37,86	62,14
MR-B 8	5,02	3,35	5,55	7,91	12,65	24,39	24,59	16,55	34,47	65,53
MR-B 9	24,29	9,18	14,41	18,91	18,46	13,33	1,42	0,00	85,25	14,75
MR-B 10	10,24	6,95	11,59	16,41	19,19	20,46	10,79	4,37	64,38	35,62
MR-B 11	11,03	8,14	14,16	20,35	21,58	18,17	6,41	0,16	75,25	24,75
MR-B 12	14,95	9,39	15,05	20,01	19,93	16,11	4,49	0,06	79,34	20,66
MR-B 13	15,06	9,35	15,52	20,99	20,55	15,26	3,27	0,00	81,48	18,52
MR-B 14	10,96	8,26	13,65	19,50	21,19	18,27	7,34	0,83	73,57	26,43
MR-B 15	8,12	6,98	11,87	17,43	20,95	20,51	9,69	4,45	65,35	34,65
MR-B 16	8,11	7,52	13,19	19,90	22,65	18,76	6,91	2,96	71,37	28,63
MR-C 1	10,88	9,89	16,93	24,22	22,89	13,86	1,32	0,00	84,82	15,18
MR-C 2	15,78	9,65	16,05	22,30	21,49	13,47	1,25	0,00	85,28	14,72
MR-C 3	11,96	9,88	16,24	22,27	21,35	15,14	3,15	0,00	81,71	18,29
MR-C 4	8,77	4,52	7,58	11,74	14,47	15,90	16,68	20,35	47,07	52,93
MR-C 5	7,47	4,02	6,82	10,55	13,54	17,08	19,09	21,44	42,40	57,60
MR-C 6	5,51	3,56	6,12	9,19	11,13	16,16	22,53	25,80	35,51	64,49
MR-C 7	5,29	3,71	6,44	9,38	11,25	18,04	23,43	22,46	36,07	63,93
MR-C 8	3,91	2,89	5,19	8,34	15,09	26,42	22,92	15,24	35,41	64,59
MR-C 9	34,63	11,12	14,74	19,34	15,87	4,30	0,00	0,00	95,70	4,30
MR-C 10	14,56	9,15	13,44	16,88	17,66	17,26	7,99	3,06	71,69	28,31
MR-C 11	23,85	10,46	15,91	20,25	18,06	10,73	0,75	0,00	88,53	11,47
MR-C 12	17,38	10,01	15,36	20,10	19,29	14,68	3,18	0,00	82,14	17,86
MR-C 13	15,62	9,44	15,05	20,11	19,88	16,04	3,86	0,00	80,11	19,89
MR-C 14	8,96	7,51	12,61	18,36	20,86	19,50	8,85	3,36	68,29	31,71
MR-C 15	8,73	7,67	12,89	18,55	20,86	19,19	8,62	3,48	68,71	31,29
MR-C 16	8,97	8,74	15,16	21,99	22,64	17,12	5,26	0,13	77,50	22,50
média	11,91	7,53	12,14	16,86	17,86	16,12	9,04	6,66	66,29	33,71
máximo	34,63	11,12	16,93	24,33	23,25	26,42	23,43	27,28	95,70	4,30
mínimo	3,91	2,89	5,19	7,91	10,46	4,30	0,00	0,00	25,08	74,92

Tabela 5.2 - Conteúdo de matéria orgânica e carbonático das amostras de sedimento (%).													
Amostra	MR-A1	MR-A2	MR-A3	MR-A4	MR-A5	MR-A6	MR-A7	MR-A8	MR-A9	MR-A10	MR-A11	MR-A12	MR-A13
MO (%)	18,48	12,52	7,54	6,12	4,72	3,96	6,61	8,32	11,31	13,77	13,27	14,52	15,65
CT (%)	4,76	5,87	4,05	3,28	1,77	2,09	2,45	3,95	4,33	4,33	4,65	4,96	6,12
Amostra	MR-B1	MR-B2	MR-B3	MR-B4	MR-B5	MR-B6	MR-B7	MR-B8	MR-B9	MR-B10	MR-B11	MR-B12	MR-B13
MO (%)	18,51	14,91	9,89	6,03	5,38	3,65	6,33	4,24	11,13	12,67	15,36	18,63	15,74
CT (%)	4,79	5,99	8,13	2,20	2,06	1,81	2,01	1,73	5,07	4,67	4,55	-	4,84
Amostra	MR-C1	MR-C2	MR-C3	MR-C4	MR-C5	MR-C6	MR-C7	MR-C8	MR-C9	MR-C10	MR-C11	MR-C12	MR-C13
MO (%)	18,59	11,83	16,20	5,27	5,46	4,47	4,85	5,19	9,82	12,17	11,67	12,45	14,94
CT (%)	4,72	7,07	5,65	2,49	1,75	1,60	1,71	2,04	6,35	4,68	5,46	4,78	5,63
(MO) conteúdo de matéria-orgânica; (CT) conteúdo carbonático; (dp) desvio padrão, (-) dado ausente													

Tabela 5.2 - Conteúdo de matéria orgânica e carbonático das amostras de sedimento (%) - <i>continuação</i>													
Amostra	MR-A14	MR-A15	MR-A16	média	dp	máximo	mínimo						
MO (%)	21,51	18,36	19,07	12,23	5,55	21,51	3,96						
CT (%)	4,80	5,23	3,81	4,15	1,25	6,12	1,77						
Amostra	MR-B14	MR-B15	MR-B16	média	dp	máximo	mínimo	Ambiente Sedimentar	Mangue Esquerdo	Mangue Direito	Planície Esquerda*	Planície Direita*	Canal de Maré
MO (%)	17,44	18,14	18,03	12,26	5,60	18,63	3,65	MO (%)	18,52	19,48	13,09	15,16	6,34
CT (%)	6,87	6,66	4,31	4,11	2,26	8,13	0,00	CT (%)	4,76	4,53	6,31	5,25	2,82
Amostra	MR-C14	MR-C15	MR-C16	média	dp	máximo	mínimo						
MO (%)	18,48	21,26	21,34	12,12	5,96	21,34	4,47						
CT (%)	5,40	5,70	5,46	4,41	1,84	7,07	1,60						
(MO) conteúdo de matéria-orgânica; (CT) conteúdo carbonático; (dp) desvio padrão; (*) planície de intermaré lamosa													

Figura 5.3 - Fases minerais identificadas nos sedimentos dos transectos por Difração de Raios-X.			
Amostra	MR-A	MR-B	MR-C
	Fases minerais		
MR-1	Quartzo	Quartzo	Quartzo
	Magnetita	Magnetita	Magnetita
	Pirita	Hematita	Muscovita
	Biotita	Pirita	Feldspato
	Muscovita	Feldspato	Caulinita
	Feldspato	Muscovita	Gypsum
	Montmorillonita	Gypsum	
MR-2		Caulinita	
	Quartzo	Quartzo	Quartzo
	Espinélio	Magnetita	Espinélio
	Magnetita	Hematita	Magnetita
	Muscovita	Pirita	Hematita
	Clinozoisita	Muscovita	Pirita
MR-3		Piroxênio	Halita
		Feldspato	Caulinita
	Quartzo	Quartzo	Quartzo
	Magnetita	Magnetita	Espinélio
	Hematita	Hematita	Magnetita
	Muscovita	Pirita	Hematita
	Calcita	Calcita	Pirita
MR-4		Biotita	Feldspato
		Feldspato	Muscovita
			Caulinita
	Quartzo	Quartzo	Quartzo
	Magnetita	Magnetita	Espinélio
	Muscovita	Hematita	Magnetita
	Feldspato	Feldspato	Hematita
MR-5	Biotita		Muscovita
	Caulinita		Feldspato
	Quartzo	Quartzo	Quartzo
	Feldspato	Magnetita	Espinélio
	Magnetita	Hematita	Magnetita
	Hematita	Feldspato	Hematita
MR-6	Biotita	Muscovita	Biotita
	Caulinita	Anfibólio	Feldspato
	Quartzo	Quartzo	Quartzo
	Magnetita	Magnetita	Magnetita
	Hematita	Hematita	Hematita
	Caulinita	Feldspato	Feldspato
	Vermiculita	Muscovita	
	Feldspato		
	Muscovita		
	Biotita		
	Anfibólio		

Figura 5.3 - Fases minerais identificadas nos sedimentos dos transectos por Difração de Raios-X.			
Amostra	MR-A	MR-B	MR-C
	Fases minerais		
MR-7	Quartzo	Quartzo	Quartzo
	Vivianita	Magnetita	Magnetita
	Magnetita	Hematita	Hematita
	Hematita	Muscovita	Muscovita
	Pirita	Feldspato	Feldspato
	Anfibólio	Anfibólio	
	Feldspato	Biotita	
	Biotita		
	Muscovita		
	Caulinita		
MR-8	Quartzo	Quartzo	Quartzo
	Vivianita	Magnetita	Magnetita
	Magnetita	Pirita	Pirita
	Pirita	Feldspato	Muscovita
	Vermiculita	Muscovita	Feldspato
	Muscovita	Anfibólio	
	Biotita	Biotita	
	Anfibólio		
MR-9	Quartzo	Quartzo	Quartzo
	Vivianita	Magnetita	Espinélio
	Magnetita	Hematita	Magnetita
	Hematita	Vivianita	Hematita
	Biotita		Vivianita
	Muscovita		Pirita
	Piroxênio		Muscovita
MR-10	Quartzo	Quartzo	Quartzo
	Vivianita	Magnetita	Magnetita
	Magnetita	Hematita	Hematita
	Hematita	Vivianita	Vivianita
	Pirita	Pirita	Pirita
	Caulinita	Feldspato	Muscovita
	Feldspato	Muscovita	Feldspato
	Muscovita	Biotita	
MR-11	Quartzo	Quartzo	Quartzo
	Vivianita	Magnetita	Magnetita
	Magnetita	Hematita	Hematita
	Hematita	Vivianita	Vivianita
	Pirita	Pirita	Pirita
	Caulinita	Feldspato	Muscovita
	Anfibólio	Caulinita	Feldspato
	Biotita		
	Muscovita		
	Feldspato		
MR-12	Quartzo	Quartzo	Quartzo
	Vivianita	Magnetita	Espinélio
	Magnetita	Hematita	Magnetita
	Pirita	Vivianita	Hematita
	Feldspato	Pirita	Vivianita
	Muscovita	Muscovita	Pirita
	Caulinita	Caulinita	Caulinita
		Feldspato	

Figura 5.3 - Fases minerais identificadas nos sedimentos dos transectos por Difração de Raios-X.			
Amostra	MR-A	MR-B	MR-C
	Fases minerais		
MR-13	Quartzo	Quartzo	Quartzo
	Magnetita	Magnetita	Espinélio
	Pirita	Vivianita	Magnetita
	Feldspato	Pirita	Hematita
	Muscovita	Gibbsita	Vivianita
	Caulinita	Illite	Pirita
		Muscovita	Halita
MR-14	Quartzo	Quartzo	Quartzo
	Magnetita	Magnetita	Magnetita
	Hematita	Calcita	Pirita
	Pirita	Pirita	Muscovita
	Feldspato	Feldspato	Feldspato
	Biotita	Muscovita	
	Caulinita	Gypsum	
	Muscovita		
MR-15	Quartzo	Quartzo	Quartzo
	Magnetita	Magnetita	Magnetita
	Pirita	Hematita	Pirita
	Feldspato	Muscovita	Muscovita
	Biotita	Biotita	Feldspato
	Muscovita	Feldspato	
	Caulinita		
MR-16	Quartzo	Quartzo	Quartzo
	Magnetita	Magnetita	Magnetita
	Pirita	Pirita	Pirita
	Feldspato	Muscovita	Feldspato
	Muscovita	Feldspato	Biotita
	Vermiculita	Caulinita	
	Caulinita		

Tabela 5.4 - Parâmetros físico-químicos dos sedimentos do Rio Morrão												
AMOSTRA	Eh (mV)			pH			Condutividade (mS/cm)			OD (mg/L)		
	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C
MR-1	100,00	-62,09	88,19	6,68	6,80	6,15	16,63	17,52	16,92	1,26	1,10	1,01
	114,00	-59,13	87,18	6,70	6,89	6,17	16,29	16,77	17,10	1,22	1,09	1,01
	114,00	-82,78	63,13	6,71	6,94	6,28	16,24	17,05	17,67	1,23	1,09	-
	53,00	-100,52	61,13	6,76	6,96	6,29	14,18	16,30	17,43	1,37	1,09	-
	35,00	-111,36	58,12	6,77	6,98	6,31	14,81	16,06	17,32	1,39	1,10	-
	29,00	-108,40	32,07	6,78	6,99	6,34	15,08	16,21	16,99	1,40	1,10	-
	25,00	-96,58	-	6,79	6,99	-	15,12	15,90	17,00	1,40	1,11	-
	24,00	-100,52	-	6,79	6,99	-	15,09	15,63	16,79	1,40	1,13	-
	1,00	-105,45	-	6,82	6,99	-	14,10	15,63	15,54	1,40	1,16	-
	2,00	-102,49	-	6,86	6,99	-	12,01	15,45	13,85	1,33	1,18	-
média	49,70	-92,93	64,97	6,77	6,95	6,26	14,95	16,25	16,66	1,34	1,12	1,01
desvio padrão	43,93	18,72	20,88	0,06	0,06	0,08	1,35	0,67	1,14	0,08	0,03	0,00
MR-2	45,00	29,20	59,87	6,58	7,25	6,41	17,48	16,64	14,28	1,22	1,10	1,00
	36,00	-146,00	56,88	6,80	7,28	6,52	17,16	16,21	14,14	1,23	1,10	1,00
	27,00	-105,12	40,91	6,91	7,30	6,74	17,05	15,93	14,08	1,23	1,10	-
	41,00	-96,36	27,94	6,99	7,30	6,96	16,79	15,51	14,39	1,23	1,11	-
	64,00	-90,52	26,94	7,05	7,31	7,06	16,71	15,55	14,29	1,24	1,11	-
	68,00	-81,76	21,95	7,10	7,33	7,10	16,61	15,27	13,94	1,24	1,13	-
	4,00	-73,00	22,95	7,13	7,33	7,11	16,38	15,40	13,85	1,24	1,14	-
	7,00	-96,36	12,97	7,15	7,34	7,15	16,21	15,25	13,78	1,25	1,15	-
	5,00	-93,44	4,99	7,15	7,34	7,16	15,74	15,46	13,80	1,26	1,15	-
	9,00	-86,63	-9,98	7,17	7,34	7,18	15,71	15,31	13,79	1,26	1,16	-
média	30,60	-84,00	26,54	7,00	7,31	6,94	16,58	15,65	14,03	1,24	1,13	1,00
desvio padrão	24,17	44,32	21,75	0,19	0,03	0,28	0,58	0,46	0,23	0,01	0,02	0,00
MR-3	34,14	29,63	-156,32	7,14	7,14	6,14	15,96	18,60	18,26	1,19	1,12	1,01
	0,98	-148,13	-159,34	7,16	7,32	6,41	15,83	18,73	17,76	1,19	1,13	1,00
	-22,43	-106,65	-165,39	7,18	7,34	6,55	15,48	18,56	17,88	1,19	1,14	-
	-56,57	-97,77	-159,34	7,21	7,36	6,84	15,07	18,40	17,35	1,19	1,15	-
	-73,15	-91,84	-172,45	7,22	7,36	6,88	15,25	17,91	17,41	1,19	1,17	-
	-66,32	-82,95	-171,44	7,25	7,42	6,93	15,22	18,13	16,08	1,19	1,18	-
	-94,61	-74,06	-167,41	7,26	7,45	6,96	14,60	17,91	16,13	1,19	1,21	-
	-97,54	-97,77	-171,44	7,26	7,46	6,98	14,82	17,48	15,90	1,19	1,22	-
	-84,86	-94,80	-173,46	7,28	7,46	6,99	13,13	17,19	16,23	1,20	1,23	-
	-86,81	-87,89	-173,46	7,28	7,46	7,00	13,09	16,91	16,42	1,20	1,24	-
média	-54,72	-85,22	-167,01	7,22	7,38	6,77	14,84	17,98	16,94	1,19	1,18	1,01
desvio padrão	44,57	44,96	6,56	0,05	0,10	0,30	1,00	0,63	0,88	0,00	0,04	0,01
(dp) desvio padrão; (Cond) condutividade elétrica; (OD) oxigênio dissolvido												



Tabela 5.4 - Parâmetros físico-químicos dos sedimentos do Rio Morrão - <i>continuação</i>												
AMOSTRA	Eh (mV)			pH			Condutividade (mS/cm)			OD (mg/L)		
	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C
MR-4	-35,75	62,94	32,07	6,89	7,39	7,17	13,60	15,45	14,16	1,20	1,12	0,99
	-27,58	7,87	29,06	7,12	7,46	7,17	12,73	15,16	15,66	1,20	1,12	0,99
	-86,83	-37,37	26,05	7,21	7,47	7,18	12,45	15,93	13,72	1,20	1,12	-
	-56,18	-36,39	-16,03	7,29	7,50	7,24	12,14	15,20	13,55	1,20	1,13	-
	-86,83	-54,09	-28,06	7,38	7,52	7,25	11,44	14,98	15,01	1,20	1,13	-
	-76,61	-87,53	-61,13	7,40	7,55	7,26	12,01	14,56	15,22	1,20	1,14	-
	-119,52	-66,87	-27,06	7,48	7,56	7,26	12,37	15,23	14,60	1,20	1,15	-
	-81,72	-28,52	-22,05	7,49	7,57	7,26	12,53	14,62	13,41	1,20	1,15	-
	13,28	-47,20	-59,12	7,50	7,58	7,28	11,37	14,46	12,89	1,20	1,15	-
	-36,77	-75,72	-56,12	7,50	7,59	7,28	11,39	14,48	-	1,20	1,16	-
média	-59,45	-36,29	-18,24	7,32	7,52	7,23	12,20	15,01	14,25	1,20	1,14	0,99
desvio padrão	38,43	43,98	36,32	0,20	0,07	0,04	0,70	0,48	0,93	0,00	0,01	0,00
MR-5	28,00	58,52	2,92	7,35	7,01	7,10	12,96	16,92	11,89	1,20	1,21	0,99
	15,00	63,40	-12,65	7,39	7,06	7,25	12,25	16,65	12,25	1,20	1,21	0,98
	-44,00	44,87	-59,38	7,40	7,09	7,22	12,62	16,17	12,79	1,21	1,21	0,99
	-37,00	7,80	-46,72	7,40	7,14	7,13	12,60	16,96	12,78	1,21	1,21	0,99
	17,00	-89,73	-62,30	7,40	7,18	7,16	12,82	15,30	12,51	1,21	1,21	0,99
	-16,00	-45,84	-76,90	7,40	7,20	7,16	13,02	17,33	12,64	1,21	1,21	0,99
	-27,00	-42,92	-37,96	7,40	7,22	7,16	12,60	16,73	12,66	1,22	1,23	0,99
	-59,00	-50,72	-89,55	7,40	7,24	7,14	12,39	15,96	12,78	1,22	1,25	0,99
	-52,00	-42,92	-84,68	7,40	7,25	7,13	12,47	16,19	12,68	1,22	1,26	1,00
	-68,00	-61,45	-	7,40	7,26	-	11,99	15,28	-	1,22	1,27	-
média	-24,30	-15,90	-51,91	7,40	7,16	7,16	12,57	16,35	12,55	1,21	1,23	0,99
desvio padrão	34,14	54,95	31,72	0,02	0,09	0,05	0,32	0,70	0,30	0,01	0,02	0,01
MR-6	27,59	-30,93	39,42	7,01	7,03	6,96	13,50	12,65	13,83	1,12	1,23	0,99
	28,58	-32,93	34,62	7,04	7,07	7,04	12,98	12,74	13,54	1,13	1,23	0,99
	-3,94	-66,86	0,96	7,07	7,10	7,14	12,56	12,30	13,87	1,13	1,24	0,99
	-138,95	-54,88	-16,35	7,11	7,17	7,16	12,45	13,53	13,81	1,14	1,25	0,99
	-64,06	1,00	-47,12	7,12	7,20	7,18	12,07	13,65	13,28	1,14	1,27	1,00
	-53,22	-24,95	-50,00	7,14	7,21	7,23	12,10	13,84	12,89	1,15	1,27	1,01
	-35,48	-18,96	-69,23	7,14	7,23	7,12	12,02	13,34	11,75	1,15	1,27	1,02
	-26,61	-32,93	-103,85	7,15	7,24	7,10	11,95	13,72	12,04	1,16	1,27	1,04
	-29,56	-20,96	-56,73	7,15	7,25	7,10	13,12	12,96	12,34	1,16	1,28	1,05
	0,99	-46,90	-125,00	7,15	7,27	7,10	12,17	12,98	12,24	1,16	1,28	1,06
média	-29,47	-32,93	-39,33	7,11	7,17	7,11	12,49	13,17	12,96	1,14	1,26	1,01
desvio padrão	49,44	19,40	54,46	0,05	0,08	0,07	0,54	0,52	0,81	0,01	0,02	0,03
(dp) desvio padrão; (Cond) condutividade elétrica; (OD) oxigênio dissolvido												

Tabela 5.4 - Parâmetros físico-químicos dos sedimentos do Rio Morrão - <i>continuação</i>												
AMOSTRA	Eh (mV)			pH			Condutividade (mS/cm)			OD (mg/L)		
	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C
MR-7	93,62	110,70	43,36	6,76	6,87	7,20	17,56	15,80	14,74	1,13	1,20	1,02
	83,77	90,57	57,81	6,82	6,99	7,27	17,27	12,62	16,08	1,14	1,20	1,03
	79,82	25,16	33,72	6,85	7,12	7,28	16,98	15,33	15,03	1,14	1,21	1,05
	76,87	21,13	35,65	6,87	7,22	7,29	16,44	15,21	13,32	1,15	1,21	1,09
	69,97	3,02	-4,82	6,90	7,26	7,30	16,63	15,17	12,35	1,16	1,22	1,10
	58,14	-18,11	-2,89	6,91	7,32	7,30	17,42	14,27	12,90	1,17	1,25	1,11
	23,65	-32,20	-22,16	6,93	7,33	7,34	16,36	14,07	13,03	1,17	1,27	1,13
	17,74	-28,18	-60,70	6,94	7,34	7,34	16,13	14,48	12,71	1,17	1,27	1,13
	31,54	-55,35	-58,77	6,95	7,34	7,34	16,14	14,68	12,84	1,18	1,27	1,14
	26,61	-59,38	-64,55	6,96	7,35	7,34	16,04	13,08	12,95	1,18	1,27	1,14
média	56,17	5,74	-4,34	6,89	7,21	7,30	16,70	14,47	13,60	1,16	1,24	1,09
desvio padrão	28,60	57,70	46,27	0,07	0,17	0,04	0,57	1,01	1,24	0,02	0,03	0,05
MR-8	94,38	107,29	61,87	6,79	6,91	6,86	14,85	10,46	14,30	1,15	1,14	1,06
	55,40	87,78	13,97	6,90	6,95	7,03	14,53	10,77	14,91	1,14	1,14	1,06
	50,27	24,38	44,91	6,93	6,98	7,18	14,28	10,50	14,65	1,15	1,13	1,06
	51,30	20,48	41,91	6,99	7,00	7,24	14,30	10,63	13,79	1,15	1,13	1,06
	48,22	2,93	39,92	7,04	7,03	7,28	14,28	10,50	13,69	1,16	1,12	1,06
	44,11	-17,56	-76,84	7,06	7,03	7,31	13,98	10,17	13,41	1,17	1,11	1,07
	32,83	-31,21	-20,96	7,08	7,05	7,33	14,19	10,05	12,95	1,18	1,11	1,08
	10,26	-27,31	3,99	7,09	7,07	7,34	13,80	9,86	13,04	1,18	1,10	1,09
	19,49	-53,64	26,94	7,10	7,07	7,35	14,31	9,92	11,26	1,18	1,10	1,10
	12,31	-57,55	27,94	7,11	7,07	7,36	14,26	9,79	11,05	1,18	1,09	1,11
média	41,86	5,56	16,37	7,01	7,02	7,23	14,28	10,26	13,31	1,16	1,12	1,08
desvio padrão	24,95	55,92	40,25	0,10	0,05	0,16	0,28	0,35	1,30	0,02	0,02	0,02
MR-9	37,00	57,31	51,32	6,98	6,88	6,84	13,41	10,27	12,78	1,27	1,13	0,94
	38,00	63,14	25,16	6,99	6,96	6,92	10,76	9,66	12,10	1,23	1,13	0,92
	32,00	62,17	16,10	6,99	6,98	6,94	10,76	9,66	12,06	1,23	1,12	0,89
	28,00	54,40	16,10	6,99	6,99	6,97	10,69	9,49	11,56	1,23	1,12	0,86
	15,00	51,48	-5,03	6,99	7,00	6,98	10,46	9,42	11,40	1,23	1,12	0,87
	10,00	48,57	-5,03	6,99	7,01	7,00	10,55	9,41	11,35	1,23	1,12	0,86
	0,00	46,63	-2,01	6,99	7,02	7,01	10,16	9,28	11,21	1,23	1,12	0,86
	-15,00	54,40	-6,04	6,99	7,03	7,01	10,06	9,22	11,22	1,23	1,12	0,86
	4,00	37,88	58,37	6,99	7,03	7,02	10,05	9,17	11,52	1,23	1,12	0,85
	4,00	36,91	45,29	6,99	7,04	7,03	10,09	9,17	11,24	1,24	1,12	0,85
média	15,30	51,29	19,42	6,99	6,99	6,97	10,70	9,47	11,64	1,24	1,12	0,88
desvio padrão	17,83	9,01	24,86	0,00	0,05	0,06	1,00	0,33	0,51	0,01	0,00	0,03
(dp) desvio padrão; (Cond) condutividade elétrica; (OD) oxigênio dissolvido												

Tabela 5.4 - Parâmetros físico-químicos dos sedimentos do Rio Morrão - <i>continuação</i>												
AMOSTRA	Eh (mV)			pH			Condutividade (mS/cm)			OD (mg/L)		
	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C
MR-10	106,30	32,20	31,00	6,91	6,95	6,57	10,74	11,32	13,12	1,25	1,15	0,90
	84,27	74,00	-14,00	6,94	7,00	6,75	10,13	10,90	11,94	1,25	1,14	0,89
	63,21	62,39	-22,00	6,98	7,02	6,79	10,60	11,20	11,62	1,25	1,13	0,88
	51,71	40,25	-49,00	6,98	7,04	6,87	9,90	10,76	12,04	1,22	1,13	0,88
	51,71	60,38	-46,00	7,02	7,05	6,89	10,01	10,52	11,53	1,23	1,13	0,88
	45,01	35,22	-50,00	7,01	7,06	6,98	9,87	10,00	11,49	1,24	1,13	0,87
	39,26	41,26	-100,00	6,99	7,07	7,00	9,84	10,35	11,49	1,25	1,13	0,87
	38,31	38,24	-92,00	6,98	7,08	7,04	9,84	10,35	11,51	1,26	1,13	0,86
	34,48	36,23	-86,00	6,97	7,08	7,05	9,80	11,04	11,41	1,26	1,13	0,86
	31,60	39,25	-103,00	6,97	7,09	7,07	9,80	10,41	11,49	1,26	1,13	0,86
média	54,59	45,94	-53,10	6,97	7,04	6,90	10,05	10,68	11,77	1,25	1,13	0,88
desvio padrão	23,97	14,23	43,37	0,03	0,04	0,16	0,34	0,43	0,52	0,01	0,01	0,01
MR-11	115,43	53,45	66,44	6,84	6,72	6,98	9,64	9,95	13,04	1,17	1,06	0,85
	105,22	49,42	43,63	6,87	6,81	7,08	9,29	9,89	12,75	1,17	1,06	0,82
	110,32	25,21	30,74	6,89	6,86	7,12	9,27	9,72	12,00	1,17	1,06	0,80
	92,96	27,23	24,79	6,91	6,88	7,16	9,33	11,22	11,96	1,17	1,06	0,80
	91,94	20,17	6,94	6,92	6,92	7,19	9,33	10,94	11,81	1,18	1,06	0,81
	82,74	16,14	1,98	6,92	6,94	7,21	9,32	11,24	11,58	1,17	1,06	0,81
	36,77	26,22	5,95	6,92	6,98	7,22	9,28	11,87	11,28	1,17	1,05	0,81
	48,01	21,18	-2,97	7,01	7,00	7,24	9,26	11,03	10,76	1,16	1,04	0,82
	51,08	19,16	-32,72	7,02	7,01	7,25	9,26	10,70	11,16	1,15	1,04	0,82
	38,82	17,14	-24,79	7,04	7,02	7,25	9,21	10,22	11,31	1,15	1,04	0,82
média	77,33	27,53	12,00	6,93	6,91	7,17	9,32	10,68	11,76	1,17	1,05	0,82
desvio padrão	30,70	13,17	30,22	0,07	0,10	0,09	0,12	0,71	0,71	0,01	0,01	0,01
MR-12	45,04	59,38	71,64	7,07	6,88	6,93	10,98	10,92	12,73	1,14	1,05	0,88
	47,09	62,30	72,62	7,09	6,93	7,02	10,87	10,63	12,31	1,14	1,05	0,86
	43,00	66,19	69,68	7,11	6,95	7,06	10,80	10,52	11,09	1,14	1,05	0,85
	44,02	66,19	55,94	7,12	6,97	7,07	10,79	10,63	11,41	1,14	1,06	0,84
	50,16	60,35	54,96	7,13	6,98	7,08	10,70	10,74	11,72	1,14	1,05	0,84
	48,11	41,85	46,13	7,13	6,99	7,09	10,64	10,79	11,58	1,13	1,05	0,84
	64,49	31,15	44,16	7,14	7,01	7,11	10,73	10,39	11,79	1,13	1,05	0,84
	73,71	36,99	41,22	7,14	7,01	7,11	10,84	10,33	11,79	1,13	1,05	0,84
	73,71	35,04	40,24	7,14	7,01	7,14	10,79	10,33	10,98	1,13	1,05	0,84
	77,80	-	36,31	7,14	-	7,15	10,79	-	11,55	1,13	-	0,84
média	56,71	51,05	53,29	7,12	6,97	7,08	10,79	10,59	11,70	1,14	1,05	0,85
desvio padrão	14,05	14,47	13,86	0,02	0,04	0,06	0,09	0,21	0,52	0,01	0,00	0,01
(dp) desvio padrão; (Cond) condutividade elétrica; (OD) oxigênio dissolvido												

Tabela 5.4 - Parâmetros físico-químicos dos sedimentos do Rio Morrão - <i>continuação</i>												
AMOSTRA	Eh (mV)			pH			Condutividade (mS/cm)			OD (mg/L)		
	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C
MR-13	61,61	70,94	104,07	6,90	6,96	6,63	11,67	11,94	12,05	1,12	1,07	0,81
	49,69	52,44	73,16	6,95	7,00	6,83	10,07	11,13	11,57	1,12	1,08	0,80
	47,70	50,38	61,82	6,96	7,04	6,87	10,07	11,04	11,12	1,12	1,08	0,79
	47,70	43,18	56,67	6,99	7,07	6,89	10,10	10,83	11,19	1,11	1,07	0,79
	59,62	40,10	54,61	7,01	7,11	6,93	9,89	10,81	11,14	1,12	1,07	0,79
	47,70	38,04	47,40	7,02	7,11	6,95	9,83	10,72	10,94	1,12	1,07	0,79
	48,69	40,10	42,25	7,02	7,15	6,97	9,76	10,59	10,89	1,12	1,07	0,78
	47,70	38,04	34,00	7,03	7,16	6,99	9,68	10,74	11,39	1,12	1,07	0,78
	48,69	39,07	35,03	7,02	7,16	7,01	9,69	10,52	11,30	1,12	1,07	0,78
	39,75	-	39,15	7,06	-	7,02	9,68	-	11,03	1,12	-	0,78
média	49,88	45,81	54,82	7,00	7,08	6,91	10,04	10,92	11,26	1,12	1,07	0,79
desvio padrão	6,30	10,81	21,34	0,05	0,07	0,12	0,60	0,43	0,34	0,00	0,00	0,01
MR-14	14,12	48,77	36,31	6,96	6,85	6,84	8,43	11,79	12,17	1,10	1,08	0,79
	35,30	62,42	49,42	6,97	6,88	6,89	7,13	9,93	11,74	1,09	1,03	0,78
	35,30	62,42	43,37	6,97	6,89	6,92	7,27	10,95	12,56	1,09	1,03	0,78
	27,23	60,47	41,35	6,98	6,90	6,93	7,09	10,94	12,47	1,10	1,03	0,77
	25,21	55,60	33,28	6,98	6,91	6,94	7,27	10,89	11,96	1,10	1,03	0,77
	24,20	46,82	29,25	6,98	6,92	6,95	7,28	10,80	12,26	1,11	1,03	0,77
	26,22	45,84	25,21	6,98	6,92	6,96	7,24	10,72	11,96	1,12	1,03	0,77
	30,25	37,06	1,01	6,98	6,92	6,97	7,24	10,68	11,68	1,13	1,02	0,77
	31,26	32,19	12,10	6,92	6,93	6,97	7,24	10,67	11,36	1,13	1,02	0,77
	25,21	27,31	12,10	6,92	6,93	6,98	7,12	10,67	11,62	1,13	1,02	0,77
média	27,43	47,89	28,34	6,96	6,90	6,94	7,33	10,80	11,98	1,11	1,03	0,77
desvio padrão	6,19	12,62	15,68	0,02	0,03	0,04	0,39	0,45	0,39	0,02	0,02	0,01
MR-15	54,51	84,19	53,79	7,07	6,89	6,77	7,07	12,57	11,65	1,06	0,97	1,22
	64,24	75,88	49,73	7,13	6,96	6,86	6,53	12,15	11,57	1,06	0,96	0,80
	60,35	48,85	79,17	7,17	6,97	6,98	6,65	11,08	10,88	1,06	0,96	0,78
	50,61	46,77	64,96	7,14	6,98	7,00	6,51	9,37	11,71	1,06	0,96	0,78
	43,80	45,73	49,73	7,14	6,99	7,02	6,45	11,06	11,34	1,06	0,96	0,78
	12,65	35,34	48,72	7,14	7,00	7,04	6,54	10,97	11,40	1,06	0,96	0,78
	12,65	37,42	44,66	7,14	7,02	7,05	6,36	10,87	11,36	1,08	0,95	0,78
	9,73	23,91	38,57	7,14	7,03	7,07	6,15	10,82	11,26	1,10	0,95	0,78
	4,87	18,71	39,58	7,14	7,04	7,07	6,30	10,70	11,59	1,10	0,94	0,78
	7,79	-	31,46	7,14	-	7,09	6,14	-	11,65	1,11	-	-
média	32,12	46,31	50,04	7,13	6,99	7,00	6,47	11,07	11,44	1,08	0,96	0,83
desvio padrão	24,50	21,73	13,75	0,02	0,05	0,10	0,27	0,90	0,25	0,02	0,01	0,15
(dp) desvio padrão; (Cond) condutividade elétrica; (OD) oxigênio dissolvido												

Tabela 5.4 - Parâmetros físico-químicos dos sedimentos do Rio Morrão - <i>continuação</i>												
AMOSTRA	Eh (mV)			pH			Condutividade (mS/cm)			OD (mg/L)		
	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C
MR-16	62,13	90,38	99,90	6,57	6,67	6,31	7,68	9,69	12,36	1,08	0,89	0,77
	55,12	80,34	91,08	6,58	6,68	6,40	7,45	10,50	12,17	1,07	0,89	0,77
	82,17	77,33	83,25	6,59	6,69	6,46	7,22	10,31	12,09	1,07	0,89	0,78
	65,14	81,34	72,47	6,60	6,69	6,50	7,09	10,33	11,82	1,14	0,88	0,79
	64,14	86,36	61,70	6,61	6,69	6,52	7,08	10,20	11,93	1,16	0,87	0,79
	54,11	80,34	48,97	6,62	6,69	6,53	7,01	10,45	11,86	1,17	0,86	0,79
	58,12	77,33	40,15	6,62	6,69	6,53	7,00	10,47	11,80	1,16	0,85	0,79
	63,13	67,28	18,61	6,63	6,69	6,57	7,04	10,50	11,92	1,16	0,84	0,80
	44,09	62,26	13,71	6,64	6,69	6,58	7,06	10,63	11,92	1,16	0,84	0,80
	61,13	-	8,81	6,64	-	6,59	7,06	-	11,82	1,16	-	0,81
média	60,93	78,11	53,87	6,61	6,69	6,50	7,17	10,34	11,97	1,13	0,87	0,79
desvio padrão	9,76	8,72	33,12	0,02	0,01	0,09	0,22	0,28	0,18	0,04	0,02	0,01
Valores médios												
AMOSTRA	Eh (mV)			pH			Condutividade Elétrica (mS/cm)			OD (mg/L)		
	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C
MR-1	49,70	-92,93	64,97	6,77	6,95	6,26	14,95	16,25	16,66	1,34	1,12	1,01
MR-2	30,60	-84,00	26,54	7,00	7,31	6,94	16,58	15,65	14,03	1,24	1,13	1,00
MR-3	-54,72	-85,22	-167,01	7,22	7,38	6,77	14,84	17,98	16,94	1,19	1,18	1,01
MR-4	-59,45	-36,29	-18,24	7,32	7,52	7,23	12,20	15,01	14,25	1,20	1,14	0,99
MR-5	-24,30	-15,90	-51,91	7,40	7,16	7,16	12,57	16,35	12,55	1,21	1,23	0,99
MR-6	-29,47	-32,93	-39,33	7,11	7,17	7,11	12,49	13,17	12,96	1,14	1,26	1,01
MR-7	56,17	5,74	-4,34	6,89	7,21	7,30	16,70	14,47	13,60	1,16	1,24	1,09
MR-8	41,86	5,56	16,37	7,01	7,02	7,23	14,28	10,26	13,31	1,16	1,12	1,08
MR-9	15,30	51,29	19,42	6,99	6,99	6,97	10,70	9,47	11,64	1,24	1,12	0,88
MR-10	54,59	45,94	-53,10	6,97	7,04	6,90	10,05	10,68	11,77	1,25	1,13	0,88
MR-11	77,33	27,53	12,00	6,93	6,91	7,17	9,32	10,68	11,76	1,17	1,05	0,82
MR-12	56,71	51,05	53,29	7,12	6,97	7,08	10,79	10,59	11,70	1,14	1,05	0,85
MR-13	49,88	45,81	54,82	7,00	7,08	6,91	10,04	10,92	11,26	1,08	0,96	0,83
MR-14	27,43	47,89	28,34	6,96	6,90	6,94	7,33	10,80	11,98	1,11	1,03	0,77
MR-15	32,12	46,31	50,04	7,13	6,99	7,00	6,47	11,07	11,44	1,08	0,96	0,83
MR-16	60,93	78,11	53,87	6,61	6,69	6,50	7,17	10,34	11,97	1,13	0,87	0,79
(dp) desvio padrão; (Cond) condutividade elétrica; (OD) oxigênio dissolvido												

Tabela 5.4 - Parâmetros físico-químicos dos sedimentos do Rio Morrão - <i>continuação</i>				
Ambientes Sedimentares do rio Morrão				
Mangue Esquerdo	Eh média	pH média	Cond média	OD média
	-1,63	6,72	15,96	1,21
	Eh dp	pH dp	Cond dp	OD dp
	79,76	0,28	1,29	0,14
	máximo	máximo	máximo	máximo
	114,00	6,99	17,67	1,40
	mínimo	mínimo	mínimo	mínimo
Mangue Direito	-111,36	6,15	12,01	1,01
	Eh média	pH média	Cond média	OD média
	63,82	6,60	9,81	0,93
	Eh dp	pH dp	Cond dp	OD dp
	22,56	0,10	2,07	0,15
	máximo	máximo	máximo	máximo
	99,90	6,69	12,36	1,17
Planície Esquerda*	mínimo	mínimo	mínimo	mínimo
	8,81	6,31	7,00	0,77
	Eh média	pH média	Cond média	OD média
	-8,95	7,08	15,42	1,17
	Eh dp	pH dp	Cond dp	OD dp
	62,08	0,25	1,16	0,08
	máximo	máximo	máximo	máximo
Planície Direita*	68,00	7,34	17,48	1,26
	mínimo	mínimo	mínimo	mínimo
	-146,00	6,41	13,78	1,00
	Eh média	pH média	Cond média	OD média
	37,67	7,00	10,49	1,02
	Eh dp	pH dp	Cond dp	OD dp
	32,26	0,10	1,46	0,15
Canal Fluvial	máximo	máximo	máximo	máximo
	115,43	7,25	13,41	1,27
	mínimo	mínimo	mínimo	mínimo
	-103,00	6,57	6,14	0,77
	Eh média	pH média	Cond média	OD média
	-27,27	7,18	14,12	1,15
	Eh dp	pH dp	Cond dp	OD dp
	62,81	0,21	2,05	0,08
	máximo	máximo	máximo	máximo
	110,70	7,59	18,73	1,28
	mínimo	mínimo	mínimo	mínimo
	-173,46	6,14	9,79	0,98

(dp) desvio padrão; (Cond) condutividade elétrica; (OD) oxigênio dissolvido; (\*) planície de intermaré lamosa

Figura 5.5 - Variação dos parâmetros físico-químicos entre amostras com fases minerais de destaque													
GERAL	Todas amostras	Eh média			pH média			Cond média			OD média		
		9,46			7,03			12,47			1,08		
		Eh dp			pH dp			Cond dp			OD dp		
		60,26			0,24			2,73			0,15		
		máximo			máximo			máximo			máximo		
		115,43			7,59			18,73			1,40		
		mínimo			mínimo			mínimo			mínimo		
		-173,46			6,14			6,14			0,77		
	Transectos Todas Amostras	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C
		Eh média			pH média			Cond média			OD média		
		24,04	2,30	1,61	7,03	7,09	6,98	11,66	12,78	12,98	1,18	1,11	0,90
		Eh dp			pH dp			Cond dp			OD dp		
		50,09	62,63	64,88	0,20	0,21	0,28	3,20	2,76	1,85	0,07	0,10	0,12
		máximo			máximo			máximo			máximo		
		115,43	110,70	104,07	7,50	7,59	7,36	17,56	18,73	18,26	1,40	1,28	1,22
		mínimo			mínimo			mínimo			mínimo		
	-138,95	-148,13	-173,46	6,57	6,67	6,14	6,14	9,17	10,76	1,06	0,84	0,77	
VIVIANITA	Amostras Vivianita	Eh média			pH média			Cond média			OD média		
		37,99			7,00			11,40			1,05		
		Eh dp			pH dp			Cond dp			OD dp		
		36,47			0,11			1,84			0,15		
		máximo			máximo			máximo			máximo		
		115,43			7,25			17,56			1,27		
		mínimo			mínimo			mínimo			mínimo		
		-103,00			6,57			9,17			0,78		
	Transectos Amostra Vivianita	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C
		Eh média			pH média			Cond média			OD média		
		50,33	44,15	11,36	6,99	7,00	7,04	11,97	10,46	12,03	1,18	1,09	0,85
		Eh dp			pH dp			Cond dp			OD dp		
		29,82	14,93	47,98	0,09	0,09	0,16	2,69	0,68	1,13	0,04	0,04	0,05
		máximo			máximo			máximo			máximo		
		115,43	74,00	104,07	7,14	7,16	7,28	17,56	11,94	15,66	1,27	1,15	0,99
		mínimo			mínimo			mínimo			mínimo		
	-15,00	16,14	-103,00	6,76	6,72	6,57	9,21	9,17	10,76	1,13	1,04	0,78	
(dp) desvio padrão; (Cond) condutividade elétrica; (OD) oxigênio dissolvido													

(dp) desvio padrão; (Cond) condutividade elétrica; (OD) oxigênio dissolvido

Figura 5.5 - Variação dos parâmetros físico-químicos entre amostras com fases minerais de destaque - <i>continuação</i>													
HEMATITA	Amostras Hematita	Eh média			pH média			Cond média			OD média		
		-1,24			7,08			12,74			1,08		
		Eh dp			pH dp			Cond dp			OD dp		
		63,60			0,21			2,56			0,14		
		máximo			máximo			máximo			máximo		
		115,43			7,59			18,73			1,28		
		mínimo			mínimo			mínimo			mínimo		
		-173,46			6,14			7,09			0,78		
	Transectos Amostras Hematita	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C
		Eh média			pH média			Cond média			OD média		
		15,29	-1,30	-12,29	7,06	7,10	7,06	11,75	13,11	12,97	1,18	1,11	0,93
		Eh dp			pH dp			Cond dp			OD dp		
		-54,12	64,16	66,85	-0,17	0,22	0,21	-2,92	2,80	1,72	-0,05	0,10	0,11
		máximo			máximo			máximo			máximo		
		115,43	110,70	104,07	7,40	7,59	7,36	17,56	18,73	18,26	1,27	1,28	1,14
mínimo			mínimo			mínimo			mínimo				
-138,95	-148,13	-173,46	6,76	6,67	6,14	7,09	9,17	10,76	1,09	0,84	0,78		
PIRITA	Amostras Pirita	Eh média			pH média			Cond média			OD média		
		22,16			6,96			11,77			1,04		
		Eh dp			pH dp			Cond dp			OD dp		
		60,99			0,20			2,83			0,15		
		máximo			máximo			máximo			máximo		
		115,43			7,46			18,73			1,40		
		mínimo			mínimo			mínimo			mínimo		
		-173,46			6,14			6,14			0,77		
	Transectos Amostras Pirita	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C	MR-A	MR-B	MR-C
		Eh média			pH média			Cond média			OD média		
		50,67	9,93	7,82	6,94	7,02	6,92	10,71	12,11	12,45	1,16	1,07	0,83
		Eh dp			pH dp			Cond dp			OD dp		
		26,84	65,45	70,26	0,16	0,18	0,23	3,39	2,80	1,74	0,08	0,08	0,07
		máximo			máximo			máximo			máximo		
		115,43	110,70	104,07	7,17	7,35	7,36	17,56	17,52	17,67	1,40	1,27	1,22
		mínimo			mínimo			mínimo			mínimo		
		1,00	-148,13	-173,46	6,57	6,67	6,14	6,14	9,17	10,76	1,06	0,84	0,77
(dp) desvio padrão; (Cond) condutividade elétrica; (OD) oxigênio dissolvido													



Tabela 5.6 - Concentrações elementos maiores, menores e traços analisados por ICP-MS																
Análito	Al	As	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Dy	Er	Eu	Fe	Ga
Unidade	%	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	%	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	%	mg·kg <sup>-1</sup>
Amostra/LD	0,02	0,2	1	0,04	0,02	0,02	0,02	0,2	1	0,1	0,02	0,1	0,1	0,1	0,02	0,02
MR-A1	6,94	8,1	4	0,76	1,29	1,13	370,82	12,8	100	6,3	54,43	9,2	3,4	5,3	9,46	20,90
MR-A2	5,94	10,5	2	0,94	1,72	1,40	338,06	16,4	129	5,4	60,41	9,1	2,9	5,2	17,03	20,13
MR-A3	4,24	8,0	2	0,60	2,90	1,00	150,26	10,7	66	5,1	31,61	5,0	1,8	2,0	12,71	14,79
MR-A4	3,27	6,9	2	0,37	2,89	0,74	104,65	11,1	101	2,9	27,22	3,4	1,5	1,6	13,94	11,76
MR-A5	3,43	5,8	2	0,33	2,42	0,62	116,46	12,3	106	2,9	23,45	2,9	1,2	1,4	16,92	10,62
MR-A6	3,42	4,0	1	0,23	1,07	0,50	104,72	8,7	57	2,8	17,41	3,3	1,3	1,3	8,46	10,46
MR-A7	3,81	5,6	2	0,32	1,07	0,62	159,05	8,2	54	3,4	23,89	4,3	1,4	2,2	6,89	11,84
MR-A8	5,25	5,9	3	0,59	2,05	1,83	355,65	10,8	90	4,7	28,99	9,0	3,4	5,6	7,66	15,58
MR-A9	4,74	8,5	5	1,26	3,32	2,05	1187,21	18,7	140	4,3	73,79	19,6	4,6	17,4	20,23	21,00
MR-A10	6,27	9,2	4	1,06	2,42	1,76	732,22	16,4	109	5,6	59,51	12,6	3,5	9,5	11,40	20,44
MR-A11	5,83	9,6	4	1,05	2,81	1,73	1075,93	17,4	123	5,2	65,45	16,6	4,2	13,2	12,60	20,31
MR-A12	6,14	8,8	4	0,92	2,25	1,68	741,98	16,6	106	5,7	56,63	12,5	3,4	9,8	10,70	19,79
MR-A13	5,94	9,8	3	0,89	2,50	2,18	693,08	17,1	108	5,3	54,04	12,0	3,7	9,3	10,21	19,51
MR-A14	5,47	9,0	2	0,56	1,45	1,32	304,45	14,7	81	5,0	42,49	6,7	2,6	4,8	8,10	16,69
MR-A15	5,87	7,1	3	0,52	1,37	1,02	275,17	14,8	80	5,2	42,17	6,2	2,2	4,0	7,96	16,93
MR-A16	6,48	8,9	3	0,58	1,09	0,91	317,59	12,4	85	6,1	41,48	6,6	2,6	4,5	7,66	18,85
MR-B1	6,96	9,4	3	0,67	1,32	0,94	378,05	13,8	100	6,2	50,47	7,6	3,0	5,4	9,81	21,24
MR-B2	5,92	9,8	2	0,76	1,47	1,35	300,92	16,3	111	5,5	51,58	7,1	2,5	4,8	13,01	18,91
MR-B3	4,42	7,0	2	0,54	3,19	0,92	184,71	13,8	75	4,7	37,23	5,0	1,9	3,0	11,92	12,92
MR-B4	3,75	6,2	2	0,36	2,37	0,73	133,06	11,8	95	3,5	25,99	3,7	1,6	1,8	13,59	11,78
MR-B5	3,66	5,6	2	0,33	2,12	0,68	121,05	11,6	91	3,1	26,17	3,7	1,6	1,6	14,24	10,92
MR-B6	3,33	4,6	2	0,24	1,14	0,48	103,29	7,3	59	2,7	17,67	3,3	1,1	1,3	8,98	9,61
MR-B7	3,60	5,4	2	0,23	0,93	0,45	126,50	7,9	56	3,0	19,21	3,6	1,5	1,6	7,61	10,30
MR-B8	3,82	5,9	<1	0,16	0,50	0,36	92,49	7,5	50	3,6	13,64	3,3	1,3	1,1	4,62	10,66
MR-B9	5,28	7,4	5	1,36	3,13	2,87	1117,96	16,5	156	4,8	67,35	17,5	5,1	15,3	19,44	21,07
MR-B10	5,63	7,5	4	0,64	2,39	1,26	450,29	15,1	94	5,1	45,68	9,3	3,0	6,7	10,60	17,22
MR-B11	6,31	7,4	4	0,65	1,83	1,27	438,84	15,2	95	5,8	49,81	9,2	3,0	6,0	9,81	19,51
MR-B12	6,14	9,4	5	1,05	2,95	2,12	1087,35	18,8	133	5,3	65,08	16,8	4,4	14,5	13,33	19,28
MR-B13	5,92	8,3	5	1,11	2,65	2,30	981,38	17,3	127	5,3	63,74	16,5	5,1	13,8	12,41	18,82
MR-B14	5,66	10,3	4	0,73	2,18	1,74	548,69	16,0	99	4,9	53,00	10,8	3,4	7,8	9,57	15,52
MR-B15	5,59	8,4	3	0,47	1,56	1,39	301,24	16,2	81	4,8	45,44	6,2	2,2	4,4	8,28	15,16
MR-B16	6,60	8,2	3	0,48	1,16	0,80	277,12	13,1	83	5,8	40,14	6,7	2,4	4,1	7,64	16,50
MR-C1	6,99	9,9	3	0,62	0,98	0,77	343,51	13,2	97	6,2	51,06	7,4	2,7	4,9	8,27	19,41
MR-C2	6,11	10,7	4	0,85	1,75	1,45	358,41	14,6	119	5,6	57,87	8,7	3,4	5,0	15,64	21,20
MR-C3	6,30	10,5	4	0,73	1,47	1,13	305,59	14,0	96	6,2	48,72	7,3	2,6	4,0	10,96	19,15
MR-C4	3,76	6,8	2	0,39	2,42	0,76	123,47	11,2	83	4,5	27,28	4,0	1,9	1,6	13,68	12,03
MR-C5	3,52	6,6	3	0,34	2,00	0,62	110,16	10,7	84	3,2	22,75	3,5	1,4	1,5	12,86	10,66
MR-C6	3,52	5,3	2	0,27	1,44	0,47	103,17	8,8	61	2,7	17,84	3,3	1,2	1,3	9,14	9,66
MR-C7	3,53	4,9	2	0,27	0,88	0,46	130,73	7,1	54	2,8	18,07	3,7	1,4	1,7	7,34	10,18
MR-C8	5,16	7,6	2	0,18	0,74	0,31	93,68	10,3	57	4,8	16,75	3,1	1,4	1,2	5,09	14,95
MR-C9	4,96	8,0	5	1,99	4,03	3,18	1503,76	17,6	148	4,5	70,53	23,7	6,2	22,8	18,52	21,79
MR-C10	6,14	9,9	4	1,16	2,52	1,87	573,39	15,4	106	5,5	53,32	9,9	2,8	7,8	10,47	18,93
MR-C11	5,69	9,7	6	1,15	3,22	1,76	1331,11	17,6	124	4,9	72,75	17,8	5,0	17,0	13,25	20,61
MR-C12	6,39	9,9	4	1,19	2,85	1,81	1100,38	16,5	114	5,8	65,07	16,5	4,4	13,9	11,42	20,70
MR-C13	6,21	9,9	3	0,99	2,59	2,11	771,32	18,2	106	5,6	57,62	13,2	3,7	10,7	10,26	19,39
MR-C14	4,08	6,1	2	0,39	0,86	0,82	156,89	9,2	56	3,5	30,48	4,8	1,6	2,8	5,28	12,43
MR-C15	4,83	7,8	3	0,44	1,13	0,99	256,22	12,2	64	4,1	33,92	5,4	1,8	3,6	6,33	13,89
MR-C16	4,70	6,4	2	0,36	0,78	0,56	186,15	8,4	56	4,0	29,17	4,6	1,6	2,8	5,15	12,91
MR-A3R	4,20	7,6	2	0,54	2,95	0,83	137,02	12,7	69	4,9	30,46	4,6	1,7	2,2	12,16	12,85
MR-C9R	4,96	7,1	5	1,99	4,08	3,25	1522,11	18,1	153	4,5	71,05	25,3	6,1	23,7	18,82	21,14
média	5,13	7,82	3,10	0,69	2,00	1,27	455,55	13,46	93,74	4,67	43,00	8,72	2,75	6,38	11,03	16,22
desvio padrão	1,16	1,76	1,18	0,42	0,89	0,72	406,96	3,43	28,06	1,09	17,89	5,71	1,34	5,73	3,84	4,07
máximo	6,99	10,70	6,00	1,99	4,08	3,25	1522,11	18,80	156,00	6,30	73,79	25,30	6,20	23,70	20,23	21,79
mínimo	3,27	4,00	1,00	0,16	0,50	0,31	92,49	7,10	50,00	2,70	13,64	2,90	1,10	1,10	4,62	9,61

(LD) limite de detecção instrumental

Tabela 5.6 - Concentrações elementos maiores, menores e traços analisados por ICP-MS - continuação																
Análito	Gd	Hf	Ho	In	K	La	Li	Lu	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Nd	Ni	P
Unidade	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	%	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	%	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	%	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	%
Amostr/LD	0,1	0,02	0,1	0,01	0,02	0,1	0,1	0,1	0,02	2	0,05	0,002	0,04	0,1	0,1	0,001
MR-A1	19,7	3,20	1,1	0,23	1,43	197,5	58,8	0,3	0,93	1117	2,82	1,558	71,66	164,7	33,3	0,692
MR-A2	16,8	2,97	0,9	0,25	1,10	151,0	46,9	0,2	1,01	2970	2,38	1,481	57,38	145,8	44,5	0,738
MR-A3	9,1	2,68	0,6	0,15	1,11	71,0	38,0	0,2	0,77	2018	1,72	0,776	26,17	72,6	30,6	0,623
MR-A4	5,9	1,73	0,5	0,09	1,08	50,2	23,3	0,1	0,90	2932	2,20	0,574	22,18	50,2	33,9	0,660
MR-A5	5,4	2,42	0,5	0,11	1,16	49,6	23,2	0,2	0,83	2563	1,19	0,637	19,10	56,7	28,9	0,612
MR-A6	5,4	2,96	0,4	0,09	1,24	50,8	23,5	0,2	0,57	1067	1,03	0,638	16,93	48,8	18,0	0,318
MR-A7	7,4	3,49	0,6	0,05	1,28	69,6	29,1	0,2	0,64	803	1,65	0,883	22,75	77,6	19,1	0,348
MR-A8	14,4	2,82	1,4	0,17	1,46	136,0	39,9	0,4	0,84	998	1,45	1,066	40,88	162,8	25,7	1,054
MR-A9	42,0	5,51	2,1	0,32	1,00	454,2	35,8	0,5	0,96	3299	2,07	0,992	146,39	524,7	49,1	1,783
MR-A10	29,8	4,65	1,4	0,26	1,37	315,8	44,8	0,3	0,96	1684	2,93	1,222	100,77	298,8	40,2	1,063
MR-A11	36,2	5,01	1,7	0,28	1,28	421,3	44,6	0,4	0,93	1931	2,72	1,180	128,20	409,7	44,3	1,209
MR-A12	24,9	4,60	1,4	0,22	1,39	288,7	47,6	0,3	0,93	1479	2,81	1,259	100,42	281,6	38,8	0,997
MR-A13	25,1	4,70	1,3	0,16	1,36	272,5	48,1	0,4	0,92	1347	2,94	1,390	99,05	278,0	40,8	0,901
MR-A14	13,9	3,67	0,9	0,12	1,48	124,5	43,2	0,2	0,87	802	4,53	1,500	58,61	138,2	34,3	0,498
MR-A15	12,2	3,54	0,9	0,13	1,65	110,0	48,3	0,3	0,91	746	3,25	1,398	50,64	128,3	29,4	0,450
MR-A16	12,6	3,40	0,9	0,13	1,65	119,0	52,8	0,3	0,88	758	2,62	1,374	48,25	132,4	29,6	0,531
MR-B1	15,3	3,29	1,0	0,13	1,53	153,4	52,4	0,3	0,92	1077	3,33	1,576	57,36	161,1	32,6	0,641
MR-B2	13,9	2,71	0,9	0,17	1,20	123,0	45,2	0,3	0,99	2106	2,59	1,631	45,85	131,0	40,0	0,675
MR-B3	9,1	2,61	0,6	0,16	1,14	73,8	35,1	0,2	0,76	1776	2,84	1,179	29,88	80,3	28,2	0,680
MR-B4	6,6	2,52	0,5	0,11	1,20	55,9	26,2	0,2	0,80	2351	1,65	0,629	22,05	57,9	29,9	0,639
MR-B5	6,0	2,91	0,5	0,10	1,15	54,4	25,0	0,2	0,79	2248	1,48	0,650	19,80	56,0	28,8	0,596
MR-B6	5,6	3,13	0,4	0,09	1,20	47,6	22,9	0,1	0,57	1144	0,93	0,622	16,57	49,7	19,2	0,342
MR-B7	7,2	3,67	0,5	0,06	1,23	60,4	28,6	0,2	0,62	839	1,90	0,697	19,62	63,5	17,0	0,292
MR-B8	5,4	2,38	0,4	0,04	1,44	42,5	32,2	0,1	0,64	451	1,51	0,603	13,80	41,2	17,1	0,148
MR-B9	41,8	5,65	1,9	0,45	1,07	417,9	38,5	0,5	1,06	3081	1,91	1,181	141,05	475,4	50,1	1,836
MR-B10	19,1	4,81	1,1	0,18	1,55	188,8	43,1	0,2	0,95	1418	2,31	1,155	68,37	206,5	35,6	1,018
MR-B11	18,8	4,12	1,1	0,16	1,52	193,9	47,8	0,3	0,99	1202	2,74	1,324	70,22	185,1	34,6	0,872
MR-B12	37,0	5,67	1,9	0,25	1,29	388,9	47,0	0,4	0,97	1980	2,83	1,263	131,59	433,9	45,6	1,439
MR-B13	39,6	5,70	1,8	0,29	1,32	372,9	46,0	0,4	0,94	1800	2,61	1,303	122,08	390,5	45,1	1,235
MR-B14	22,4	4,40	1,2	0,22	1,39	230,9	43,2	0,3	0,89	1191	3,88	1,322	87,93	233,3	39,3	0,798
MR-B15	12,0	3,82	0,9	0,13	1,68	109,0	43,5	0,2	0,93	797	3,51	1,483	54,33	133,3	31,9	0,529
MR-B16	12,0	3,86	0,9	0,14	1,77	108,8	48,6	0,2	0,90	710	2,62	1,372	46,99	125,8	29,3	0,536
MR-C1	14,8	2,99	1,0	0,12	1,51	127,3	52,1	0,3	0,88	880	3,11	1,579	46,70	149,1	33,6	0,617
MR-C2	15,6	2,84	0,9	0,16	1,16	147,9	50,5	0,3	1,04	2696	2,60	1,547	52,58	153,6	45,2	0,783
MR-C3	12,5	2,81	0,9	0,17	1,33	113,0	53,0	0,3	1,03	1513	2,57	1,833	43,14	127,9	35,8	0,617
MR-C4	6,2	2,74	0,5	0,10	1,16	56,3	28,9	0,2	0,76	2221	1,50	0,591	21,70	55,3	29,2	0,706
MR-C5	6,2	2,58	0,5	0,10	1,16	51,8	24,4	0,2	0,81	2025	1,28	0,681	18,34	49,4	28,4	0,605
MR-C6	5,2	2,83	0,4	0,09	1,33	48,0	22,9	0,1	0,63	1340	0,94	0,631	16,58	46,5	19,0	0,394
MR-C7	6,9	3,59	0,5	0,08	1,22	59,9	25,3	0,2	0,62	859	1,07	0,700	19,49	61,4	17,5	0,306
MR-C8	5,7	2,17	0,5	0,07	2,07	41,7	47,5	0,2	0,87	545	2,21	0,802	16,22	40,6	20,2	0,167
MR-C9	62,1	6,67	2,6	0,59	0,93	627,7	34,0	0,5	1,04	3382	2,01	0,989	173,64	653,0	49,7	2,066
MR-C10	19,9	4,40	1,3	0,28	1,38	224,6	44,5	0,3	1,01	1597	3,07	1,147	73,51	231,4	36,1	1,064
MR-C11	41,1	6,11	1,9	0,30	1,23	526,6	42,7	0,4	1,04	2217	2,42	1,139	150,91	516,9	44,6	1,550
MR-C12	39,3	5,45	1,8	0,33	1,26	461,0	46,8	0,4	1,03	1908	2,67	1,205	122,10	414,7	42,9	1,394
MR-C13	25,4	4,37	1,6	0,26	1,34	289,9	46,9	0,4	1,04	1509	2,74	1,261	96,38	305,7	38,7	1,126
MR-C14	8,7	2,19	0,6	0,08	1,03	81,8	31,5	0,1	0,61	484	2,65	0,955	35,65	79,1	20,8	0,309
MR-C15	9,7	2,74	0,8	0,11	1,21	91,8	35,5	0,2	0,78	621	3,18	1,241	40,44	111,6	23,9	0,401
MR-C16	9,0	2,03	0,6	0,06	1,01	82,7	35,1	0,2	0,63	422	2,58	1,091	30,81	79,2	20,7	0,278
MR-A3R	7,6	2,58	0,6	0,13	1,20	65,2	34,3	0,2	0,81	2055	1,64	0,773	23,15	64,3	25,9	0,618
MR-C9R	58,5	6,60	2,4	0,58	0,92	655,7	33,0	0,5	1,04	3397	2,02	0,992	183,88	685,3	48,6	1,979
média	18,14	3,69	1,03	0,18	1,30	185,13	39,24	0,27	0,86	1607,12	2,34	1,10	62,44	192,41	32,91	0,79
desvio padrão	14,23	1,26	0,57	0,12	0,22	161,55	9,92	0,11	0,14	832,48	0,78	0,34	46,43	167,08	9,76	0,47
máximo	62,10	6,67	2,60	0,59	2,07	655,70	58,80	0,50	1,06	3397,00	4,53	1,83	183,88	685,30	50,10	2,07
mínimo	5,20	1,73	0,40	0,04	0,92	41,70	22,90	0,10	0,57	422,00	0,93	0,57	13,80	40,60	17,00	0,15

(LD) limite de detecção instrumental

Tabela 5.6 - Concentrações elementos maiores, menores e traços analisados por ICP-MS - continuação																
Análito	Pb	Pr	Rb	S	Sb	Sc	Se	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Te	Th	Ti	Tl
Unidade	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	%	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	%	mg·kg <sup>-1</sup>
Amostra/LD	0,02	0,1	0,1	0,04	0,02	0,1	0,3	0,1	0,1	1	0,1	0,1	0,05	0,1	0,001	0,05
MR-A1	76,28	45,8	98,3	1,56	1,62	13,9	2,2	27,3	5,8	279	4,4	1,8	0,16	22,3	0,426	1,03
MR-A2	116,13	42,1	79,5	1,66	2,63	10,9	1,5	25,8	5,9	244	3,5	1,7	0,11	19,6	0,337	1,30
MR-A3	65,20	16,9	76,0	0,69	1,56	7,1	0,7	11,2	4,0	363	1,6	0,8	0,54	15,0	0,299	1,23
MR-A4	49,96	12,1	61,9	0,70	1,61	5,1	1,0	8,0	3,4	272	1,3	0,6	0,28	11,2	0,237	0,94
MR-A5	44,92	12,0	54,8	0,40	1,35	5,6	0,8	7,9	2,8	216	1,1	0,6	0,19	13,4	0,254	0,87
MR-A6	34,09	12,3	69,1	0,40	0,84	5,4	0,7	8,3	2,5	142	1,1	0,7	0,05	13,4	0,276	0,71
MR-A7	37,96	17,4	71,0	0,73	0,93	6,7	1,1	11,6	3,1	152	1,4	0,9	0,18	16,9	0,315	0,77
MR-A8	70,67	36,7	83,3	0,96	1,18	8,9	1,5	24,5	4,1	353	2,2	1,8	0,18	20,9	0,338	1,09
MR-A9	150,67	117,9	62,5	1,18	3,72	16,0	2,2	75,9	7,1	608	10,1	4,3	0,68	37,9	0,346	1,45
MR-A10	119,05	73,7	84,8	1,81	2,07	15,0	1,7	45,8	6,4	384	6,3	2,4	0,31	27,3	0,419	1,59
MR-A11	127,90	96,8	75,3	1,76	2,24	14,5	2,2	60,1	6,7	492	7,2	3,5	0,33	30,6	0,407	1,59
MR-A12	99,97	69,7	84,8	2,18	1,80	14,0	2,3	41,7	6,3	395	5,8	2,6	0,36	27,8	0,415	1,54
MR-A13	98,28	69,9	84,7	2,66	1,94	13,9	2,2	39,8	6,5	416	6,3	2,4	0,37	27,7	0,401	1,69
MR-A14	61,41	35,1	86,7	2,82	1,20	10,1	2,0	21,8	5,3	259	3,3	1,4	0,15	19,0	0,367	1,50
MR-A15	56,31	31,3	94,9	2,94	1,04	10,9	2,1	19,4	5,0	235	3,0	1,3	0,08	17,8	0,386	1,35
MR-A16	58,41	33,0	100,7	2,04	1,05	11,9	1,8	20,7	5,0	247	3,0	1,3	0,19	18,9	0,429	1,05
MR-B1	72,29	39,3	86,4	2,24	1,48	12,4	2,1	24,7	7,5	252	3,5	1,6	0,25	21,1	0,427	1,02
MR-B2	86,66	32,3	77,1	1,88	1,97	10,7	1,7	21,1	5,4	229	2,9	1,4	0,26	18,9	0,349	1,11
MR-B3	64,46	20,3	65,8	5,36	1,63	7,3	1,3	13,6	3,9	385	1,8	0,9	0,19	12,8	0,266	1,23
MR-B4	49,57	14,7	64,3	0,55	1,39	6,1	0,8	9,5	3,1	215	1,4	0,7	0,23	13,8	0,287	1,09
MR-B5	44,79	13,8	59,8	0,44	1,26	5,6	0,7	9,4	2,7	209	1,2	0,7	0,20	12,5	0,265	0,95
MR-B6	34,15	12,7	63,8	0,37	0,85	5,2	0,6	8,5	2,5	147	1,1	0,6	0,30	12,8	0,271	0,70
MR-B7	31,32	15,4	64,6	0,74	0,84	6,6	0,8	9,8	3,6	124	1,3	0,8	0,27	14,4	0,317	0,67
MR-B8	23,33	11,0	77,8	0,69	0,51	6,8	0,7	7,7	2,4	81	0,9	0,6	0,18	11,4	0,299	0,67
MR-B9	172,42	115,0	66,2	1,25	3,73	16,5	2,1	70,5	7,3	605	9,5	3,8	0,88	37,5	0,376	1,61
MR-B10	73,19	51,0	91,4	1,77	1,49	10,9	1,0	29,5	5,3	378	4,2	1,8	0,28	22,3	0,397	1,29
MR-B11	75,73	47,9	94,1	1,83	1,40	11,8	1,5	28,9	5,1	325	4,1	1,8	0,21	21,7	0,423	1,29
MR-B12	137,64	105,5	79,5	2,06	2,48	15,8	2,3	61,4	6,8	513	8,3	3,6	0,40	36,0	0,418	1,64
MR-B13	129,78	101,5	81,9	2,18	2,55	16,3	2,4	65,3	7,3	462	8,7	3,3	0,77	34,9	0,407	1,74
MR-B14	83,89	59,5	81,6	3,15	1,76	12,2	2,2	35,9	5,5	345	5,2	2,1	0,35	23,2	0,370	1,65
MR-B15	60,70	32,2	86,0	2,90	1,17	9,8	2,1	19,8	4,4	259	3,2	1,3	0,10	17,4	0,382	1,44
MR-B16	53,31	33,3	106,4	2,06	0,97	11,0	1,8	19,5	5,0	217	3,0	1,4	0,11	18,0	0,406	1,10
MR-C1	68,25	34,7	82,5	1,38	1,38	11,5	1,6	22,4	5,4	234	3,0	1,4	0,20	21,0	0,404	1,01
MR-C2	94,33	41,3	79,0	1,67	2,33	11,8	1,7	26,2	6,4	264	3,4	1,5	0,25	19,8	0,366	1,28
MR-C3	77,42	32,0	89,1	2,00	1,63	10,6	1,7	21,4	5,0	235	2,5	1,3	0,18	18,1	0,381	1,19
MR-C4	49,87	15,1	67,4	0,46	1,37	6,5	0,9	10,1	3,3	255	1,4	0,7	0,27	14,3	0,307	1,09
MR-C5	46,78	12,3	62,6	0,41	1,29	5,8	0,9	8,7	2,7	221	1,2	0,6	0,22	13,0	0,259	0,91
MR-C6	35,02	12,0	64,7	0,38	0,86	5,1	0,5	8,0	2,3	166	1,2	0,6	0,25	12,3	0,252	0,74
MR-C7	33,88	15,2	63,2	0,52	0,76	6,4	0,7	10,4	2,2	117	1,3	0,8	0,13	15,3	0,299	0,66
MR-C8	27,80	10,5	110,1	0,75	0,56	8,1	0,4	7,4	2,8	112	1,1	0,6	0,19	10,4	0,319	0,83
MR-C9	233,23	163,1	60,5	1,19	4,45	17,9	2,0	98,9	9,2	705	12,3	5,4	1,00	45,9	0,352	1,72
MR-C10	121,02	53,7	78,0	1,80	1,92	12,2	1,9	33,6	5,5	356	4,7	2,1	0,41	23,8	0,394	1,63
MR-C11	125,21	117,2	74,9	1,68	2,31	17,6	2,4	74,6	7,0	565	9,6	3,9	0,44	36,7	0,413	1,55
MR-C12	129,10	107,0	74,3	1,74	2,07	17,0	1,9	64,1	6,1	461	7,9	3,7	0,37	32,7	0,411	1,64
MR-C13	101,41	72,2	81,0	2,21	1,94	14,4	1,7	45,0	6,3	425	6,2	2,8	0,40	29,6	0,406	1,82
MR-C14	39,59	21,8	60,6	2,14	0,74	7,1	1,2	13,5	3,1	142	2,1	0,9	0,11	11,3	0,258	0,80
MR-C15	50,24	23,8	64,8	2,56	0,91	8,4	1,8	15,4	3,9	202	2,4	1,2	0,05	15,2	0,289	1,19
MR-C16	38,77	20,4	64,2	2,15	0,73	8,0	1,5	12,8	3,3	153	1,9	0,9	0,09	13,7	0,265	0,70
MR-A3R	60,01	15,4	70,9	0,68	1,41	6,8	0,5	10,5	3,4	334	1,4	0,8	0,44	13,6	0,272	1,19
MR-C9R	233,58	179,9	60,3	1,20	4,35	18,9	2,4	99,0	9,3	736	12,9	5,4	1,20	47,6	0,360	1,80
média	80,52	47,51	76,46	1,58	1,67	10,58	1,52	29,34	4,90	309,74	3,97	1,78	0,31	21,25	0,35	1,21
desvio padrão	47,76	41,16	13,10	0,96	0,90	4,02	0,62	24,36	1,82	154,91	3,14	1,27	0,24	9,34	0,06	0,35
máximo	233,58	179,90	110,10	5,36	4,45	18,90	2,40	99,00	9,30	736,00	12,90	5,40	1,20	47,60	0,43	1,82
mínimo	23,33	10,50	54,80	0,37	0,51	5,10	0,40	7,40	2,20	81,00	0,90	0,60	0,05	10,40	0,24	0,66
(LD) limite de detecção instrumental																

Tabela 5.6 - continuação								
Analito	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
Unidade	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>
Amostra/LD	0,1	0,1	1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
MR-A1	0,4	16,0	75	1,7	32,5	2,6	259,5	138,9
MR-A2	0,3	14,2	70	1,5	29,6	2,2	369,9	121,3
MR-A3	0,3	8,3	51	1,4	18,7	1,6	233,4	95,6
MR-A4	0,2	6,8	60	1,3	14,2	1,2	176,4	64,5
MR-A5	0,2	6,8	54	1,2	16,0	1,3	188,2	89,2
MR-A6	0,2	5,3	36	0,7	13,2	1,2	139,1	104,6
MR-A7	0,2	6,5	40	1,0	17,3	1,3	128,4	114,0
MR-A8	0,4	18,6	58	1,0	42,6	2,6	201,5	110,2
MR-A9	0,5	26,1	64	1,5	61,6	3,6	355,2	250,7
MR-A10	0,4	19,1	70	1,4	40,9	3,0	359,1	191,2
MR-A11	0,5	21,6	68	1,3	49,0	3,3	378,5	221,3
MR-A12	0,4	20,4	67	1,3	41,7	2,8	326,9	190,0
MR-A13	0,4	22,5	67	1,3	41,6	3,0	318,0	190,9
MR-A14	0,3	14,3	56	1,3	27,7	2,0	249,7	143,0
MR-A15	0,3	12,3	59	1,3	26,2	2,1	225,1	136,2
MR-A16	0,3	12,6	63	1,4	26,0	2,0	212,3	129,7
MR-B1	0,3	14,1	71	1,5	30,5	2,5	265,2	125,2
MR-B2	0,3	12,0	68	1,4	27,7	2,1	314,8	111,7
MR-B3	0,2	9,0	52	1,4	19,7	1,7	234,3	91,8
MR-B4	0,2	7,2	57	1,2	16,6	1,4	188,0	87,3
MR-B5	0,2	6,5	52	1,1	15,2	1,3	186,4	91,2
MR-B6	0,1	5,2	37	0,7	12,9	1,2	135,5	106,7
MR-B7	0,2	5,8	43	0,8	20,7	1,3	119,7	125,8
MR-B8	0,2	4,2	42	0,8	12,2	1,2	81,4	86,5
MR-B9	0,6	28,3	72	1,5	58,0	3,9	432,6	243,3
MR-B10	0,3	14,5	61	1,1	31,8	2,3	259,3	176,0
MR-B11	0,3	14,3	66	1,3	32,5	2,5	280,1	154,4
MR-B12	0,5	25,9	71	1,4	55,2	3,6	364,5	239,7
MR-B13	0,6	25,9	70	1,3	52,4	3,7	364,6	240,0
MR-B14	0,3	18,5	62	1,4	35,7	2,7	305,7	171,4
MR-B15	0,3	12,5	59	1,2	25,7	1,9	246,1	148,4
MR-B16	0,3	11,5	62	1,2	26,3	2,1	219,7	135,4
MR-C1	0,3	13,3	73	1,4	29,6	2,2	239,9	112,4
MR-C2	0,3	13,8	71	1,5	29,0	2,5	355,4	110,3
MR-C3	0,3	10,9	70	1,6	28,1	2,0	279,5	101,7
MR-C4	0,2	7,1	54	1,6	16,6	1,6	196,4	93,5
MR-C5	0,2	6,5	48	0,9	15,5	1,1	184,6	95,5
MR-C6	0,2	5,4	40	0,8	13,3	1,2	146,6	95,2
MR-C7	0,2	5,8	38	0,8	15,4	1,3	122,4	116,3
MR-C8	0,2	4,3	50	0,9	13,7	1,3	96,7	77,6
MR-C9	0,6	32,4	71	1,8	72,0	4,4	559,2	283,5
MR-C10	0,4	15,3	66	1,2	35,9	2,4	365,4	175,7
MR-C11	0,5	24,9	67	1,4	54,3	3,3	397,8	256,3
MR-C12	0,5	22,6	73	1,3	52,0	3,3	386,2	223,3
MR-C13	0,4	21,0	66	1,3	45,8	2,8	339,4	188,4
MR-C14	0,2	9,1	43	0,9	17,2	1,3	174,6	83,2
MR-C15	0,3	10,4	46	1,1	22,2	1,6	196,0	100,6
MR-C16	0,2	9,0	42	0,9	18,1	1,6	149,9	81,6
MR-A3R	0,2	7,9	50	1,2	17,2	1,5	225,2	93,3
MR-C9R	0,6	34,1	68	1,6	73,1	4,3	569,2	291,5
média	0,32	14,01	58,78	1,24	30,82	2,22	262,07	144,12
desvio padrão	0,13	7,78	11,49	0,27	16,16	0,90	108,99	60,08
máximo	0,60	34,10	75,00	1,80	73,10	4,40	569,20	291,50
mínimo	0,10	4,20	36,00	0,70	12,20	1,10	81,40	64,50
(LD) limite de detecção instrumental								

Figura 5.7 - Controle de qualidade das análises ICP-MS

Analito	Ag	Al	As	Au	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr
Unidade	$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	%	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$
Amostra / LD	20	0,02	0,2	0,1	1	1	0,04	0,02	0,02	0,02	0,2	1
Duplicatas Laboratório												
MR-C9R	*	4,96	7,1	<0.1	77	5	1,99	4,08	3,25	1522,11	18,1	153
MR-C9R	*	5,02	8,2	<0.1	78	6	2,06	4,12	3,19	1605,95	17,8	153
MR-B6	114	3,33	4,6	<0.1	477	2	0,24	1,14	0,48	103,29	7,3	59
MR-B6	110	3,45	4,2	<0.1	487	2	0,23	1,18	0,46	103,79	7,8	61
Materias de Referência												
STD OREAS24P	86	7,53	2,1	<0.1	309	1	0,14	5,85	0,13	40,32	50,6	203
STD OREAS45E	350	7,06	16,3	<0.1	236	<1	0,25	0,07	0,07	23,26	56,5	1069
STD OREAS24P	61	7,97	1,6	<0.1	288	1	<0.04	5,78	0,11	37,27	50,5	230
STD OREAS45E	312	6,99	17,3	<0.1	240	<1	0,24	0,07	0,07	25,54	58,8	1078
BLK	<20	<0.02	0,4	<0.1	<1	<1	<0.04	<0.02	<0.02	<0.02	<0.2	3
BLK	<20	<0.02	<0.2	<0.1	<1	<1	<0.04	<0.02	<0.02	<0.02	<0.2	3
Réplica Pesquisa												
MR-A3R	315	4,20	7,6	<0.1	339	2	0,54	2,95	0,83	137,02	12,7	69
MR-C9R	*	4,96	7,1	<0.1	77	5	1,99	4,08	3,25	1522,11	18,1	153
Analito	Cs	Cu	Dy	Er	Eu	Fe	Ga	Gd	Hf	Ho	In	K
Unidade	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	%	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	%
Amostra / LD	0,1	0,02	0,1	0,1	0,1	0,02	0,02	0,1	0,02	0,1	0,01	0,02
Duplicatas Laboratório												
MR-C9R	4,5	71,05	25,3	6,1	23,7	18,82	21,14	58,5	6,60	2,4	0,58	0,92
MR-C9R	4,7	75,86	23,6	5,9	22,6	18,92	21,45	52,0	6,52	2,6	0,59	0,89
MR-B6	2,7	17,67	3,3	1,1	1,3	8,98	9,61	5,6	3,13	0,4	0,09	1,20
MR-B6	2,7	17,82	3,4	1,4	1,3	9,14	9,29	5,6	3,15	0,4	0,08	1,35
Materias de Referência												
STD OREAS24P	0,9	53,53	5,3	2,4	1,9	7,30	21,28	6,0	3,92	0,9	0,05	0,60
STD OREAS45E	1,3	797,69	2,2	1,3	0,5	23,09	18,16	1,9	2,82	0,3	0,07	0,29
STD OREAS24P	0,9	54,91	4,9	2,2	1,7	7,47	20,05	5,4	3,60	0,8	0,05	0,66
STD OREAS45E	1,3	814,28	2,3	1,2	0,5	25,48	17,74	2,1	3,00	0,4	0,10	0,32
Branco / BLK	<0.1	0,14	<0.1	<0.1	<0.1	<0.02	<0.02	<0.1	<0.02	<0.1	<0.01	<0.02
Branco / BLK	<0.1	<0.02	<0.1	<0.1	<0.1	<0.02	<0.02	<0.1	<0.02	<0.1	<0.01	<0.02
Réplica Pesquisa												
MR-A3R	4,9	30,46	4,6	1,7	2,2	12,16	12,85	7,6	2,58	0,6	0,13	1,20
MR-C9R	4,5	71,05	25,3	6,1	23,7	18,82	21,14	58,5	6,60	2,4	0,58	0,92

(LD) limite de detecção instrumental

Figura 5.7 - Controle de qualidade das análises ICP-MS - *continuação*

Analito	La	Li	Lu	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Nd	Ni	P	Pb
Unidade	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	%	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	%	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	%	mg.kg <sup>-1</sup>
Amostra / LD	0,1	0,1	0,1	0,02	2	0,05	0,002	0,04	0,1	0,1	0,001	0,02
Duplicatas Laboratório												
MR-C9R	655,7	33,0	0,5	1,04	3397	2,02	0,992	183,88	685,3	48,6	1,979	233,58
MR-C9R	690,1	35,7	0,5	1,05	3473	2,04	0,984	184,61	712,3	50,9	2,092	231,43
MR-B6	47,6	22,9	0,1	0,57	1144	0,93	0,622	16,57	49,7	19,2	0,342	34,15
MR-B6	48,0	23,4	0,1	0,58	1182	0,91	0,656	17,38	49,2	19,2	0,355	33,75
Materias de Referência												
STD OREAS24P	17,3	8,9	0,3	4,09	1091	1,46	2,356	18,45	22,4	145,9	0,137	3,14
STD OREAS45E	10,1	7,6	0,2	0,16	578	2,22	0,049	6,43	9,8	495,7	0,028	18,27
STD OREAS24P	17,4	7,7	0,2	4,05	1097	1,49	2,539	19,58	21,3	153,1	0,138	2,89
STD OREAS45E	10,8	7,1	0,2	0,16	576	2,53	0,051	6,76	9,7	481,6	0,031	18,82
Branco / BLK	<0,1	0,1	<0,1	<0,02	<2	<0,05	<0,002	<0,04	<0,1	<0,1	<0,001	0,04
Branco / BLK	<0,1	<0,1	<0,1	<0,02	<2	<0,05	<0,002	<0,04	<0,1	<0,1	<0,001	0,10
Réplica Pesquisa												
MR-A3R	65,2	34,3	0,2	0,81	2055	1,64	0,773	23,15	64,3	25,9	0,618	60,01
MR-C9R	655,7	33,0	0,5	1,04	3397	2,02	0,992	183,88	685,3	48,6	1,979	233,58
Analito	Pr	Rb	Re	S	Sb	Sc	Se	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb
Unidade	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	%	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>
Amostra / LD	0,1	0,1	0,002	0,04	0,02	0,1	0,3	0,1	0,1	1	0,1	0,1
Duplicatas Laboratório												
MR-C9R	179,9	60,3	<0,002	1,20	4,35	18,9	2,4	99,0	9,3	736	12,9	5,4
MR-C9R	176,1	60,2	0,002	1,20	4,59	18,8	2,2	96,7	9,5	737	12,1	5,6
MR-B6	12,7	63,8	0,003	0,37	0,85	5,2	0,6	8,5	2,5	147	1,1	0,6
MR-B6	12,3	66,6	0,003	0,38	0,88	5,2	0,7	7,7	2,4	154	1,1	0,6
Materias de Referência												
STD OREAS24P	4,4	21,1	<0,002	<0,04	0,11	20,2	<0,3	5,4	1,7	431	1,2	0,8
STD OREAS45E	2,4	21,9	<0,002	<0,04	0,96	94,8	2,4	2,0	1,6	9	0,5	0,3
STD OREAS24P	4,8	22,6	<0,002	<0,04	0,10	20,4	<0,3	5,4	1,7	421	1,2	0,8
STD OREAS45E	2,4	21,3	<0,002	0,05	0,95	95,4	3,1	2,3	1,5	16	0,5	0,3
Branco / BLK	<0,1	<0,1	<0,002	<0,04	<0,02	<0,1	<0,3	<0,1	<0,1	<1	<0,1	<0,1
Branco / BLK	<0,1	<0,1	<0,002	<0,04	<0,02	0,1	<0,3	<0,1	<0,1	<1	<0,1	<0,1
Réplica Pesquisa												
MR-A3R	15,4	70,9	<0,002	0,68	1,41	6,8	0,5	10,5	3,4	334	1,4	0,8
MR-C9R	179,9	60,3	<0,002	1,20	4,35	18,9	2,4	99,0	9,3	736	12,9	5,4

(LD) limite de detecção instrumental

Figura 5.7 - Controle de qualidade das análises ICP-MS - <i>continuação</i>												
Analito	Te	Th	Ti	Tl	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
Unidade	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	%	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>
Amostra / LD	0,05	0,1	0,001	0,05	0,1	0,1	1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Duplicatas Laboratório												
MR-C9R	1,20	47,6	0,360	1,80	0,6	34,1	68	1,6	73,1	4,3	569,2	291,5
MR-C9R	0,87	49,2	0,367	1,73	0,6	34,4	73	1,8	73,6	4,1	567,3	291,8
MR-B6	0,30	12,8	0,271	0,70	0,1	5,2	37	0,7	12,9	1,2	135,5	106,7
MR-B6	0,17	12,7	0,269	0,74	0,2	5,2	38	0,7	12,8	1,2	133,8	105,7
Materias de Referência												
STD OREAS24P	0,72	2,6	1,058	<0,05	0,3	0,6	165	0,5	21,4	1,9	115,5	143,9
STD OREAS45E	0,16	11,9	0,541	0,08	0,2	2,2	341	1,0	7,4	1,3	45,1	100,3
STD OREAS24P	0,74	2,8	1,146	<0,05	0,3	0,6	169	0,5	22,3	2,0	115,3	144,2
STD OREAS45E	0,18	12,8	0,560	0,09	0,2	2,2	336	1,1	7,9	1,2	43,8	98,3
Branco / BLK	<0,05	<0,1	<0,001	<0,05	<0,1	<0,1	<1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,2
Branco / BLK	<0,05	<0,1	<0,001	<0,05	<0,1	<0,1	<1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,2
Réplica Pesquisa												
MR-A3R	0,44	13,6	0,272	1,19	0,2	7,9	50	1,2	17,2	1,5	225,2	93,3
MR-C9R	1,20	47,6	0,360	1,80	0,6	34,1	68	1,6	73,1	4,3	569,2	291,5
(LD) limite de detecção instrumental												

Tabela 5.8 - Concentrações médias ICP-MS dos sedimentos do rio Morrão <i>versus</i> média crustal de folhelhos										
	<b>Al</b>	<b>As</b>	<b>Be</b>	<b>Bi</b>	<b>Ca</b>	<b>Cd</b>	<b>Ce</b>	<b>Co</b>	<b>Cr</b>	<b>Cs</b>
<b>Unidade</b>	%	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	%	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>
<b>Sedimentos rio Morrão</b>	5,13	7,82	3,10	0,69	2,00	<b>1,27</b>	<b>455,55</b>	13,46	93,74	4,67
<b>Média crustal folhelhos</b>	8	13	3	-	2,21	0,3	59	19	90	5
	<b>Cu</b>	<b>Dy</b>	<b>Er</b>	<b>Eu</b>	<b>Fe</b>	<b>Ga</b>	<b>Gd</b>	<b>Hf</b>	<b>Ho</b>	<b>In</b>
<b>Unidade</b>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	%	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>
<b>Sedimentos rio Morrão</b>	43,00	<b>8,72</b>	2,75	<b>6,38</b>	<b>11,03</b>	16,22	<b>18,14</b>	<b>3,69</b>	1,03	0,18
<b>Média crustal folhelhos</b>	45	4,6	2,5	1	4,72	19	6,4	2,8	1,2	0,1
	<b>K</b>	<b>La</b>	<b>Li</b>	<b>Lu</b>	<b>Mg</b>	<b>Mn</b>	<b>Mo</b>	<b>Na</b>	<b>Nb</b>	<b>Nd</b>
<b>Unidade</b>	%	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	%	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	%	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>
<b>Sedimentos rio Morrão</b>	1,30	<b>185,13</b>	39,24	0,27	0,86	<b>1607,12</b>	2,34	1,10	<b>62,44</b>	<b>192,41</b>
<b>Média crustal folhelhos</b>	2,66	92	66	0,7	1,5	850	2,6	0,96	11	24
	<b>Ni</b>	<b>P</b>	<b>Pb</b>	<b>Pr</b>	<b>Rb</b>	<b>Re</b>	<b>S</b>	<b>Sb</b>	<b>Sc</b>	<b>Se</b>
<b>Unidade</b>	mg·kg <sup>-1</sup>	%	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	%	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>
<b>Sedimentos rio Morrão</b>	32,91	<b>0,79</b>	80,52	<b>47,51</b>	76,46	0,00	<b>1,58</b>	1,67	10,58	<b>1,52</b>
<b>Média crustal folhelhos</b>	68	0,07	-	5,6	140	-	0,24	1,5	13	0,6
	<b>Sm</b>	<b>Sn</b>	<b>Sr</b>	<b>Ta</b>	<b>Tb</b>	<b>Te</b>	<b>Th</b>	<b>Ti</b>	<b>Tl</b>	<b>Tm</b>
<b>Unidade</b>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	%	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>
<b>Sedimentos rio Morrão</b>	<b>29,34</b>	4,90	309,74	<b>3,97</b>	<b>1,78</b>	0,31	<b>21,25</b>	0,35	<b>1,21</b>	<b>0,32</b>
<b>Média crustal folhelhos</b>	6,4	6	300	0,8	1	-	1,7	0,46	0,82	0,2
	<b>U</b>	<b>V</b>	<b>W</b>	<b>Y</b>	<b>Yb</b>	<b>Zn</b>	<b>Zr</b>	-	-	-
<b>Unidade</b>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>	-	-	-
<b>Sedimentos rio Morrão</b>	14,01	58,78	1,24	30,82	2,22	<b>262,07</b>	144,12	-	-	-
<b>Média crustal folhelhos</b>	-	130	1,8	26	2,6	95	160	-	-	-
<b>(1,27)</b> concentrações médias acima das médias crustais de folhelhos obtidas em Faure (1998)										



Tabela 5.9 - Fator de enriquecimento									
EF (Li)	Li	Be	Na*	Mg*	Al*	P	S*	K*	Ca*
MR-A 1	1,04	2,22	1,71	1,22	0,96	13,25	1,34	1,15	4,37
MR-A 2	0,97	1,39	2,04	1,66	1,03	17,72	1,79	1,11	7,30
MR-A 3	1,10	1,72	1,32	1,56	0,91	18,46	0,92	1,38	15,19
MR-A 4	0,87	2,80	1,59	2,98	1,14	31,89	1,52	2,19	24,69
MR-A 5	0,83	2,81	1,78	2,76	1,20	29,70	0,87	2,36	20,77
MR-A 6	0,84	1,39	1,76	1,87	1,19	15,24	0,86	2,49	9,06
MR-A 7	0,94	2,24	1,96	1,70	1,07	13,46	1,27	2,08	7,32
MR-A 8	0,93	2,45	1,73	1,62	1,07	29,74	1,22	1,73	10,23
MR-A 9	0,93	4,56	1,79	2,07	1,08	56,07	1,67	1,32	18,46
MR-A 10	0,88	2,92	1,76	1,65	1,14	26,71	2,04	1,44	10,75
MR-A 11	0,94	2,93	1,71	1,61	1,07	30,52	1,99	1,35	12,54
MR-A 12	0,95	2,74	1,71	1,51	1,05	23,58	2,31	1,38	9,41
MR-A 13	0,99	2,04	1,87	1,48	1,01	21,09	2,80	1,33	10,35
MR-A 14	0,97	1,51	2,25	1,55	1,03	12,98	3,30	1,62	6,68
MR-A 15	1,01	2,03	1,87	1,45	0,99	10,49	3,08	1,61	5,65
MR-A 16	1,00	1,86	1,68	1,29	1,00	11,32	1,95	1,47	4,11
MR-B 1	0,92	1,87	1,95	1,36	1,08	13,77	2,16	1,38	5,02
MR-B 2	0,94	1,44	2,33	1,69	1,07	16,81	2,10	1,25	6,47
MR-B 3	0,97	1,86	2,17	1,67	1,03	21,81	7,72	1,53	18,09
MR-B 4	0,86	2,49	1,55	2,36	1,17	27,46	1,06	2,16	18,01
MR-B 5	0,84	2,61	1,68	2,44	1,19	26,84	0,89	2,17	16,88
MR-B 6	0,84	2,85	1,76	1,92	1,19	16,81	0,82	2,47	9,91
MR-B 7	0,97	2,28	1,58	1,67	1,03	11,49	1,31	2,03	6,47
MR-B 8	1,03	*	1,21	1,53	0,97	5,17	1,08	2,11	3,09
MR-B 9	0,89	4,24	1,98	2,13	1,12	53,69	1,64	1,31	16,19
MR-B 10	0,94	3,03	1,73	1,70	1,06	26,59	2,08	1,70	11,04
MR-B 11	0,93	2,73	1,79	1,60	1,08	20,54	1,93	1,50	7,62
MR-B 12	0,94	3,47	1,74	1,59	1,06	34,47	2,22	1,29	12,50
MR-B 13	0,95	3,55	1,83	1,58	1,05	30,23	2,40	1,35	11,47
MR-B 14	0,94	3,02	1,98	1,59	1,07	20,80	3,69	1,52	10,05
MR-B 15	0,95	2,25	2,21	1,65	1,05	13,69	3,37	1,82	7,14
MR-B 16	0,90	2,02	1,83	1,43	1,11	12,42	2,14	1,72	4,75
MR-C 1	0,91	1,88	1,96	1,30	1,09	13,33	1,34	1,37	3,74
MR-C 2	1,01	2,59	1,98	1,59	0,99	17,46	1,67	1,08	6,90
MR-C 3	1,03	2,46	2,24	1,50	0,97	13,11	1,91	1,18	5,52
MR-C 4	0,94	2,26	1,32	2,03	1,06	27,50	0,80	1,89	16,67
MR-C 5	0,85	4,01	1,81	2,56	1,18	27,92	0,85	2,24	16,32
MR-C 6	0,80	2,85	1,78	2,12	1,25	19,37	0,84	2,74	12,52
MR-C 7	0,88	2,58	1,79	1,89	1,14	13,62	1,04	2,28	6,92
MR-C 8	1,13	1,37	1,09	1,41	0,89	3,96	0,80	2,06	3,10
MR-C 9	0,84	4,80	1,88	2,36	1,19	68,41	1,77	1,29	23,60
MR-C 10	0,89	2,93	1,67	1,75	1,12	26,92	2,04	1,46	11,27
MR-C 11	0,92	4,59	1,73	1,88	1,09	40,87	1,99	1,36	15,01
MR-C 12	0,90	2,79	1,67	1,70	1,11	33,54	1,88	1,27	12,12
MR-C 13	0,93	2,09	1,74	1,71	1,08	27,03	2,38	1,35	10,99
MR-C 14	0,95	2,07	1,96	1,49	1,06	11,04	3,43	1,54	5,44
MR-C 15	0,90	2,76	2,26	1,70	1,11	12,72	3,64	1,61	6,34
MR-C 16	0,92	1,86	2,01	1,39	1,09	8,92	3,10	1,36	4,42
FE médio	0,94	2,55	1,82	1,69	1,06	22,07	2,05	1,57	9,79
máximo	1,13	4,80	2,33	2,98	1,25	68,41	7,72	2,74	24,69
mínimo	0,80	1,37	1,09	1,22	0,89	3,96	0,80	1,08	3,09
Background	81,63	2,50	1,26	1,06	10,02	725,00	1,62	1,73	0,41
O Li foi calculado com base no Al e os demais elementos foram calculados com base no Li (Background) referentes testemunho apresentado por Luiz-Silva <i>et al.</i> (2008)									

Tabela 5.9 - Fator de enriquecimento - <i>continuação</i>									
EF (Li)	Sc	Ti	V	Cr	Cs	Mn	Fe *	Co	Ni
MR-A 1	1,16	0,99	1,02	1,86	1,02	2,40	2,80	1,51	1,71
MR-A 2	1,14	0,98	1,19	3,01	1,10	8,01	6,33	2,42	2,86
MR-A 3	0,92	1,07	1,07	1,90	1,28	6,72	5,83	1,95	2,43
MR-A 4	1,07	1,38	2,05	4,75	1,19	15,92	10,42	3,30	4,39
MR-A 5	1,18	1,49	1,85	5,01	1,19	13,98	12,71	3,67	3,76
MR-A 6	1,13	1,60	1,22	2,66	1,14	5,75	6,27	2,56	2,31
MR-A 7	1,13	1,47	1,09	2,03	1,12	3,49	4,13	1,95	1,98
MR-A 8	1,09	1,15	1,16	2,47	1,12	3,17	3,34	1,87	1,94
MR-A 9	2,19	1,32	1,42	4,28	1,15	11,66	9,85	3,61	4,13
MR-A 10	1,64	1,27	1,24	2,67	1,19	4,76	4,43	2,53	2,71
MR-A 11	1,59	1,24	1,21	3,02	1,11	5,48	4,92	2,70	2,99
MR-A 12	1,44	1,19	1,12	2,44	1,14	3,93	3,92	2,41	2,46
MR-A 13	1,42	1,14	1,11	2,46	1,05	3,54	3,70	2,46	2,56
MR-A 14	1,15	1,16	1,03	2,05	1,10	2,35	3,27	2,35	2,39
MR-A 15	1,11	1,09	0,97	1,81	1,03	1,95	2,87	2,12	1,84
MR-A 16	1,10	1,11	0,95	1,76	1,10	1,82	2,53	1,62	1,69
MR-B 1	1,16	1,11	1,08	2,09	1,13	2,60	3,26	1,82	1,88
MR-B 2	1,16	1,05	1,20	2,69	1,16	5,90	5,01	2,49	2,67
MR-B 3	1,02	1,03	1,18	2,34	1,28	6,40	5,92	2,72	2,42
MR-B 4	1,14	1,49	1,73	3,97	1,28	11,36	9,04	3,12	3,44
MR-B 5	1,10	1,44	1,66	3,99	1,18	11,38	9,92	3,21	3,47
MR-B 6	1,11	1,61	1,29	2,82	1,13	6,32	6,83	2,21	2,53
MR-B 7	1,13	1,51	1,20	2,15	1,00	3,71	4,64	1,91	1,79
MR-B 8	1,04	1,26	1,04	1,70	1,07	1,77	2,50	1,61	1,60
MR-B 9	2,10	1,33	1,49	4,44	1,19	10,13	8,80	2,96	3,92
MR-B 10	1,24	1,25	1,13	2,39	1,13	4,16	4,28	2,42	2,49
MR-B 11	1,21	1,20	1,10	2,18	1,16	3,18	3,58	2,20	2,18
MR-B 12	1,65	1,21	1,20	3,10	1,08	5,33	4,94	2,77	2,92
MR-B 13	1,74	1,20	1,21	3,02	1,10	4,95	4,70	2,60	2,96
MR-B 14	1,38	1,17	1,14	2,51	1,08	3,49	3,86	2,56	2,74
MR-B 15	1,10	1,20	1,08	2,04	1,05	2,32	3,32	2,58	2,21
MR-B 16	1,11	1,14	1,02	1,87	1,14	1,85	2,74	1,86	1,82
MR-C 1	1,08	1,06	1,12	2,04	1,14	2,14	2,77	1,75	1,94
MR-C 2	1,15	0,99	1,12	2,58	1,06	6,76	5,40	2,00	2,70
MR-C 3	0,98	0,98	1,05	1,98	1,12	3,61	3,60	1,83	2,04
MR-C 4	1,10	1,45	1,49	3,15	1,49	9,73	8,25	2,68	3,05
MR-C 5	1,17	1,45	1,57	3,77	1,25	10,50	9,18	3,03	3,51
MR-C 6	1,09	1,50	1,39	2,92	1,13	7,41	6,95	2,66	2,50
MR-C 7	1,24	1,61	1,20	2,34	1,06	4,30	5,05	1,94	2,09
MR-C 8	0,84	0,91	0,84	1,31	0,96	1,45	1,87	1,50	1,28
MR-C 9	2,58	1,41	1,66	4,77	1,26	12,59	9,49	3,58	4,41
MR-C 10	1,34	1,21	1,18	2,61	1,18	4,54	4,10	2,39	2,45
MR-C 11	2,02	1,32	1,25	3,18	1,10	6,57	5,41	2,85	3,15
MR-C 12	1,78	1,20	1,24	2,67	1,18	5,16	4,25	2,44	2,76
MR-C 13	1,51	1,18	1,12	2,48	1,14	4,07	3,81	2,68	2,49
MR-C 14	1,10	1,12	1,09	1,95	1,06	1,94	2,92	2,02	1,99
MR-C 15	1,16	1,11	1,03	1,98	1,10	2,21	3,11	2,38	2,03
MR-C 16	1,12	1,03	0,95	1,75	1,09	1,52	2,56	1,66	1,78
FE médio	1,30	1,20	1,19	2,58	1,13	5,00	4,79	2,34	2,50
máximo	2,58	1,61	2,05	5,01	1,49	15,92	12,71	3,67	4,41
mínimo	0,84	0,91	0,84	1,31	0,96	1,45	1,87	1,50	1,28
Background	16,65	0,60	102,50	74,50	8,55	645,00	4,69	11,80	27,08
O Li foi calculado com base no Al e os demais elementos foram calculados com base no Li (Background) referentes testemunho apresentado por Luiz-Silva <i>et al.</i> (2008)									

Tabela 5.9 - Fator de enriquecimento - <i>continuação</i>									
EF (Li)	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
MR-A 1	4,02	3,90	1,18	0,77	1,34	3,93	2,50	2,19	6,71
MR-A 2	5,60	6,98	1,42	1,25	1,36	4,31	2,85	2,40	6,74
MR-A 3	3,62	5,43	1,29	1,18	1,61	7,92	2,23	2,34	3,79
MR-A 4	5,08	6,70	1,67	1,66	2,14	9,67	2,76	2,57	5,24
MR-A 5	4,39	7,18	1,52	1,40	1,90	7,72	3,12	3,57	4,53
MR-A 6	3,22	5,24	1,47	0,95	2,37	5,01	2,54	4,13	3,97
MR-A 7	3,57	3,90	1,35	1,08	1,96	4,33	2,69	3,64	4,30
MR-A 8	3,16	4,47	1,29	0,83	1,68	7,33	4,83	2,56	5,64
MR-A 9	8,96	8,78	1,94	1,33	1,40	14,07	7,78	6,50	22,51
MR-A 10	5,77	7,09	1,51	1,15	1,52	7,10	4,13	3,96	12,38
MR-A 11	6,38	7,51	1,51	1,21	1,36	9,14	4,97	4,61	15,82
MR-A 12	5,17	6,08	1,38	1,04	1,43	6,88	3,96	3,71	11,61
MR-A 13	4,88	5,85	1,34	1,14	1,42	7,17	3,91	3,69	11,34
MR-A 14	4,27	5,11	1,28	1,17	1,61	4,97	2,90	3,07	7,47
MR-A 15	3,79	4,12	1,16	0,82	1,58	4,03	2,45	2,62	5,77
MR-A 16	3,41	3,56	1,18	0,94	1,53	3,88	2,23	2,28	5,03
MR-B 1	4,19	4,48	1,34	1,00	1,33	3,99	2,63	2,22	6,03
MR-B 2	4,96	6,16	1,39	1,21	1,37	4,20	2,77	2,29	5,58
MR-B 3	4,61	5,91	1,22	1,12	1,51	9,09	2,54	2,43	4,69
MR-B 4	4,31	6,35	1,49	1,33	1,97	6,80	2,87	3,09	4,63
MR-B 5	4,55	6,60	1,45	1,25	1,92	6,93	2,75	3,39	4,36
MR-B 6	3,35	5,24	1,39	1,12	2,24	5,32	2,55	4,33	3,98
MR-B 7	2,92	3,70	1,19	1,06	1,82	3,59	3,27	4,08	3,78
MR-B 8	1,84	2,24	1,10	1,03	1,94	2,08	1,71	2,49	2,36
MR-B 9	7,60	9,94	1,81	1,08	1,38	13,02	6,81	5,87	20,17
MR-B 10	4,61	5,32	1,32	0,97	1,71	7,27	3,34	3,79	8,73
MR-B 11	4,53	5,18	1,35	0,87	1,58	5,63	3,07	3,00	8,09
MR-B 12	6,02	6,86	1,36	1,12	1,36	9,04	5,31	4,74	15,41
MR-B 13	6,02	7,01	1,36	1,01	1,43	8,32	5,15	4,84	14,61
MR-B 14	5,33	6,26	1,19	1,34	1,52	6,62	3,74	3,68	11,20
MR-B 15	4,54	5,01	1,15	1,08	1,59	4,93	2,67	3,17	6,88
MR-B 16	3,59	4,00	1,12	0,94	1,76	3,70	2,45	2,59	5,32
MR-C 1	4,26	4,07	1,23	1,06	1,27	3,74	2,57	2,00	4,93
MR-C 2	4,98	6,23	1,39	1,19	1,26	4,33	2,60	2,03	5,73
MR-C 3	3,99	4,67	1,20	1,11	1,35	3,67	2,40	1,78	4,48
MR-C 4	4,10	6,01	1,38	1,32	1,88	7,31	2,60	3,00	4,13
MR-C 5	4,05	6,69	1,45	1,51	2,06	7,51	2,87	3,63	4,14
MR-C 6	3,39	5,66	1,40	1,30	2,27	6,01	2,63	3,86	3,99
MR-C 7	3,10	4,28	1,33	1,08	2,01	3,83	2,75	4,27	4,24
MR-C 8	1,53	1,80	1,04	0,90	1,86	1,95	1,30	1,52	1,88
MR-C 9	9,01	14,55	2,12	1,32	1,43	17,18	9,58	7,74	28,11
MR-C 10	5,21	7,27	1,41	1,25	1,41	6,63	3,65	3,67	9,09
MR-C 11	7,40	8,24	1,60	1,27	1,41	10,96	5,75	5,57	19,46
MR-C 12	6,04	7,30	1,47	1,18	1,28	8,16	5,02	4,43	14,36
MR-C 13	5,34	6,40	1,37	1,18	1,39	7,51	4,42	3,73	11,31
MR-C 14	4,21	4,90	1,31	1,08	1,55	3,74	2,47	2,45	6,23
MR-C 15	4,15	4,89	1,30	1,23	1,47	4,72	2,83	2,63	6,27
MR-C 16	3,61	3,78	1,22	1,02	1,47	3,61	2,33	2,16	4,83
FE médio	4,70	5,75	1,36	1,11	1,57	6,31	3,46	3,34	8,47
máximo	9,01	14,55	2,12	1,66	2,37	17,18	9,58	7,74	28,11
mínimo	1,53	1,80	1,04	0,77	1,26	1,95	1,30	1,52	1,88
Background	18,78	92,25	24,64	14,58	101,48	98,50	18,05	87,90	14,83
O Li foi calculado com base no Al e os demais elementos foram calculados com base no Li (Background) referentes testemunho apresentado por Luiz-Silva <i>et al.</i> (2008)									

Tabela 5.9 - Fator de enriquecimento - <i>continuação</i>									
EF (Li)	Mo	Cd	Sn	Sb	Hf	Ta	Pb	Bi	Th
MR-A 1	1,25	8,84	2,22	4,59	1,58	4,14	3,59	2,65	1,96
MR-A 2	1,32	13,73	2,83	9,34	1,84	4,13	6,85	4,12	2,16
MR-A 3	1,18	12,10	2,37	6,84	2,05	2,33	4,74	3,24	2,04
MR-A 4	2,46	14,60	3,29	11,51	2,16	3,09	5,93	3,26	2,48
MR-A 5	1,34	12,29	2,72	9,69	3,03	2,62	5,35	2,92	2,98
MR-A 6	1,14	9,78	2,40	5,95	3,66	2,59	4,01	2,01	2,94
MR-A 7	1,48	9,80	2,40	5,32	3,48	2,66	3,61	2,26	3,00
MR-A 8	0,95	21,09	2,31	4,93	2,05	3,05	4,90	3,04	2,70
MR-A 9	1,51	26,33	4,47	17,31	4,47	15,61	11,64	7,23	5,46
MR-A 10	1,71	18,07	3,22	7,70	3,02	7,78	7,35	4,86	3,14
MR-A 11	1,59	17,84	3,38	8,37	3,26	8,93	7,93	4,83	3,54
MR-A 12	1,54	16,23	2,98	6,30	2,81	6,74	5,81	3,97	3,01
MR-A 13	1,59	20,84	3,04	6,72	2,84	7,25	5,65	3,80	2,97
MR-A 14	2,73	14,05	2,76	4,63	2,47	4,23	3,93	2,66	2,27
MR-A 15	1,75	9,71	2,33	3,59	2,13	3,44	3,22	2,21	1,90
MR-A 16	1,29	7,93	2,13	3,31	1,87	3,14	3,06	2,26	1,85
MR-B 1	1,66	8,25	3,22	4,70	1,82	3,70	3,81	2,63	2,08
MR-B 2	1,49	13,73	2,69	7,26	1,74	3,55	5,30	3,45	2,16
MR-B 3	2,11	12,05	2,50	7,74	2,16	2,84	5,08	3,16	1,88
MR-B 4	1,64	12,81	2,66	8,84	2,79	2,96	5,23	2,82	2,72
MR-B 5	1,54	12,51	2,43	8,40	3,38	2,66	4,95	2,71	2,58
MR-B 6	1,06	9,64	2,46	6,18	3,97	2,66	4,12	2,15	2,88
MR-B 7	1,73	7,24	2,83	4,89	3,73	2,52	3,03	1,65	2,60
MR-B 8	1,22	5,14	1,68	2,64	2,15	1,55	2,00	1,02	1,83
MR-B 9	1,29	34,28	4,27	16,14	4,26	13,66	12,38	7,25	5,02
MR-B 10	1,40	13,44	2,77	5,76	3,24	5,39	4,70	3,05	2,67
MR-B 11	1,49	12,22	2,40	4,88	2,50	4,75	4,38	2,79	2,34
MR-B 12	1,57	20,74	3,26	8,79	3,50	9,77	8,10	4,59	3,95
MR-B 13	1,48	22,99	3,57	9,23	3,60	10,47	7,80	4,96	3,91
MR-B 14	2,34	18,52	2,87	6,79	2,96	6,66	5,37	3,47	2,77
MR-B 15	2,10	14,69	2,28	4,48	2,55	4,07	3,86	2,22	2,06
MR-B 16	1,41	7,57	2,32	3,32	2,31	3,42	3,03	2,03	1,91
MR-C 1	1,56	6,80	2,33	4,41	1,67	3,19	3,62	2,44	2,08
MR-C 2	1,34	13,20	2,85	7,69	1,63	3,73	5,16	3,46	2,02
MR-C 3	1,26	9,80	2,12	5,12	1,54	2,61	4,04	2,83	1,76
MR-C 4	1,35	12,09	2,57	7,90	2,75	2,68	4,77	2,77	2,55
MR-C 5	1,37	11,68	2,49	8,81	3,07	2,72	5,30	2,86	2,75
MR-C 6	1,07	9,44	2,26	6,26	3,59	2,90	4,23	2,42	2,77
MR-C 7	1,10	8,36	1,96	5,00	4,12	2,84	3,70	2,19	3,12
MR-C 8	1,21	3,00	1,33	1,96	1,33	1,28	1,62	0,78	1,13
MR-C 9	1,54	43,01	6,09	21,80	5,70	20,02	18,97	12,02	6,96
MR-C 10	1,80	19,32	2,78	7,19	2,87	5,84	7,52	5,35	2,76
MR-C 11	1,48	18,95	3,69	9,01	4,16	12,44	8,11	5,53	4,43
MR-C 12	1,49	17,79	2,93	7,37	3,38	9,34	7,63	5,22	3,60
MR-C 13	1,52	20,69	3,02	6,89	2,71	7,32	5,98	4,33	3,26
MR-C 14	2,19	11,97	2,22	3,91	2,02	3,69	3,47	2,54	1,85
MR-C 15	2,34	12,82	2,47	4,27	2,24	3,74	3,91	2,55	2,21
MR-C 16	1,92	7,34	2,12	3,46	1,68	3,00	3,05	2,11	2,01
FE médio	1,56	14,37	2,76	6,81	2,68	5,38	5,45	3,48	2,73
máximo	2,73	43,01	6,09	21,80	5,70	20,02	18,97	12,02	6,96
mínimo	0,95	3,00	1,33	1,96	1,33	1,28	1,62	0,78	1,13
Background	3,13	0,18	3,63	0,49	2,81	1,48	29,52	0,40	15,83
O Li foi calculado com base no Al e os demais elementos foram calculados com base no Li (Background) referentes testemunho apresentado por Luiz-Silva <i>et al.</i> (2008)									

Tabela 5.9 - Fator de enriquecimento - <i>continuação</i>									
EF (Li)	U	W	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd
MR-A 1	4,17	1,41	6,27	5,62	6,62	5,96	5,28	4,99	5,34
MR-A 2	4,64	1,56	6,01	6,43	7,63	6,62	6,26	6,14	5,71
MR-A 3	3,35	1,80	3,49	3,53	3,78	4,07	3,35	2,91	3,81
MR-A 4	4,47	2,72	4,02	4,01	4,42	4,59	3,91	3,80	4,03
MR-A 5	4,49	2,52	3,99	4,48	4,40	5,20	3,87	3,34	3,71
MR-A 6	3,46	1,45	4,04	3,97	4,45	4,42	4,02	3,06	3,66
MR-A 7	3,42	1,67	4,46	4,87	5,08	5,68	4,53	4,18	4,05
MR-A 8	7,15	1,22	6,36	7,95	7,82	8,68	6,99	7,77	5,75
MR-A 9	11,18	2,04	23,68	29,57	28,00	31,20	24,12	26,90	18,69
MR-A 10	6,54	1,52	13,16	14,58	13,99	14,20	11,63	11,73	10,59
MR-A 11	7,42	1,42	17,63	21,51	18,45	19,55	15,33	16,38	12,93
MR-A 12	6,57	1,33	11,32	13,90	12,45	12,59	9,97	11,39	8,33
MR-A 13	7,17	1,32	10,58	12,85	12,36	12,30	9,41	10,70	8,31
MR-A 14	5,07	1,47	5,38	6,28	6,91	6,81	5,74	6,15	5,12
MR-A 15	3,90	1,31	4,25	5,08	5,51	5,65	4,57	4,58	4,02
MR-A 16	3,66	1,29	4,21	5,36	5,31	5,34	4,46	4,72	3,80
MR-B 1	4,12	1,39	5,46	6,43	6,38	6,54	5,36	5,70	4,65
MR-B 2	4,07	1,51	5,08	5,94	6,08	6,17	5,31	5,88	4,90
MR-B 3	3,93	1,94	3,93	4,69	4,92	4,87	4,41	4,73	4,13
MR-B 4	4,21	2,23	3,98	4,53	4,77	4,70	4,12	3,80	4,01
MR-B 5	3,99	2,14	4,06	4,32	4,69	4,77	4,28	3,54	3,82
MR-B 6	3,48	1,49	3,88	4,02	4,72	4,62	4,22	3,14	3,89
MR-B 7	3,11	1,36	3,94	3,94	4,58	4,73	3,90	3,10	4,01
MR-B 8	2,00	1,21	2,46	2,56	2,90	2,72	2,72	1,89	2,67
MR-B 9	11,27	1,90	20,26	25,89	25,40	26,28	20,83	21,99	17,29
MR-B 10	5,16	1,24	8,18	9,32	10,06	10,20	7,79	8,60	7,06
MR-B 11	4,59	1,33	7,57	8,19	8,52	8,24	6,88	6,95	6,26
MR-B 12	8,45	1,45	15,45	20,63	19,09	19,65	14,86	17,07	12,54
MR-B 13	8,63	1,38	15,13	19,03	18,76	18,07	16,15	16,60	13,71
MR-B 14	6,56	1,58	9,98	11,33	11,71	11,49	9,45	9,99	8,26
MR-B 15	4,40	1,34	4,68	6,18	6,29	6,52	5,18	5,60	4,39
MR-B 16	3,63	1,20	4,18	5,08	5,83	5,51	4,56	4,67	3,93
MR-C 1	3,91	1,31	4,56	5,88	5,66	6,09	4,89	5,20	4,52
MR-C 2	4,19	1,45	5,47	6,33	6,95	6,47	5,90	5,48	4,92
MR-C 3	3,15	1,47	3,98	5,14	5,13	5,14	4,59	4,18	3,76
MR-C 4	3,77	2,70	3,64	3,81	4,44	4,07	3,98	3,06	3,42
MR-C 5	4,08	1,80	3,96	4,03	4,29	4,31	4,06	3,40	4,05
MR-C 6	3,61	1,70	3,91	4,02	4,46	4,32	3,97	3,14	3,62
MR-C 7	3,51	1,54	4,42	4,61	5,11	5,17	4,68	3,72	4,34
MR-C 8	1,39	0,92	1,64	1,76	1,88	1,82	1,77	1,40	1,91
MR-C 9	14,61	2,58	34,46	39,44	40,79	40,88	33,09	37,11	29,09
MR-C 10	5,27	1,31	9,42	11,49	10,26	11,07	8,59	9,70	7,12
MR-C 11	8,94	1,60	23,02	27,80	23,34	25,77	19,88	22,03	15,33
MR-C 12	7,40	1,35	18,39	20,97	19,44	18,86	15,58	16,44	13,37
MR-C 13	6,86	1,35	11,54	14,67	13,09	13,87	10,92	12,63	8,63
MR-C 14	4,43	1,39	4,85	4,44	5,88	5,34	4,88	4,92	4,40
MR-C 15	4,49	1,51	4,83	6,44	5,70	6,69	4,94	5,61	4,35
MR-C 16	3,93	1,25	4,40	4,73	4,94	4,80	4,15	4,41	4,08
FE médio	5,33	1,53	8,41	9,94	9,78	9,96	8,15	8,55	7,07
máximo	14,61	2,72	34,46	39,44	40,79	40,88	33,09	37,11	29,09
mínimo	1,39	0,92	1,64	1,76	1,88	1,82	1,77	1,40	1,91
Background	5,33	1,68	43,73	91,53	9,60	38,35	7,18	1,48	5,13
O Li foi calculado com base no Al e os demais elementos foram calculados com base no Li (Background) referentes testemunho apresentado por Luiz-Silva <i>et al.</i> (2008)									

Tabela 5.9 - Fator de enriquecimento - <i>continuação</i>							
EF (Li)	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
MR-A 1	3,33	3,17	1,97	2,33	1,85	1,98	1,39
MR-A 2	3,94	3,93	2,02	2,49	1,74	2,10	1,16
MR-A 3	2,29	2,67	1,66	1,91	2,15	1,88	1,43
MR-A 4	2,80	2,96	2,26	2,59	2,34	2,30	1,17
MR-A 5	2,81	2,53	2,27	2,08	2,35	2,51	2,35
MR-A 6	3,24	2,85	1,79	2,23	2,32	2,28	2,32
MR-A 7	3,37	3,00	2,17	1,94	1,87	2,00	1,87
MR-A 8	4,91	4,57	3,70	3,43	2,73	2,91	2,73
MR-A 9	13,07	11,10	6,18	5,18	3,80	4,50	3,80
MR-A 10	5,83	5,70	3,29	3,15	2,43	3,00	1,82
MR-A 11	8,54	7,55	4,01	3,80	3,05	3,31	2,44
MR-A 12	5,94	5,33	3,10	2,88	2,29	2,63	1,71
MR-A 13	5,43	5,06	2,85	3,10	2,26	2,79	2,26
MR-A 14	3,53	3,15	2,19	2,43	1,89	2,07	1,26
MR-A 15	2,93	2,60	1,96	1,84	1,69	1,94	1,69
MR-A 16	2,68	2,53	1,80	1,98	1,55	1,69	1,55
MR-B 1	3,32	2,94	2,01	2,31	1,56	2,13	1,56
MR-B 2	3,37	3,19	2,10	2,23	1,81	2,08	1,81
MR-B 3	2,79	2,89	1,80	2,18	1,55	2,17	1,55
MR-B 4	2,91	2,86	2,01	2,46	2,08	2,39	2,08
MR-B 5	3,05	3,00	2,11	2,58	2,18	2,33	2,18
MR-B 6	2,85	2,92	1,84	1,94	1,19	2,34	1,19
MR-B 7	3,04	2,55	1,84	2,11	1,90	2,03	1,90
MR-B 8	2,03	2,08	1,31	1,63	1,69	1,67	0,84
MR-B 9	10,74	9,22	5,20	5,34	4,24	4,53	3,53
MR-B 10	4,55	4,38	2,69	2,81	1,89	2,39	1,26
MR-B 11	4,10	3,90	2,42	2,53	1,71	2,34	1,71
MR-B 12	8,34	7,25	4,26	3,77	2,89	3,43	2,32
MR-B 13	7,81	7,27	4,12	4,47	3,55	3,60	2,37
MR-B 14	5,29	5,07	2,93	3,17	1,89	2,80	1,89
MR-B 15	3,25	2,89	2,18	2,04	1,88	1,95	1,25
MR-B 16	3,14	2,80	1,95	1,99	1,68	1,93	1,12
MR-C 1	2,92	2,88	2,02	2,09	1,57	1,89	1,57
MR-C 2	3,23	3,49	1,88	2,71	1,62	2,21	1,62
MR-C 3	2,67	2,79	1,79	1,98	1,54	1,69	1,54
MR-C 4	2,64	2,81	1,82	2,65	1,88	2,48	1,88
MR-C 5	2,68	2,91	2,16	2,31	2,23	2,02	2,23
MR-C 6	2,85	2,92	1,84	2,11	2,38	2,34	1,19
MR-C 7	3,44	2,97	2,08	2,23	2,15	2,30	2,15
MR-C 8	1,37	1,32	1,11	1,19	1,15	1,22	1,15
MR-C 9	17,29	14,14	8,05	7,35	4,80	5,79	4,00
MR-C 10	5,14	4,51	3,08	2,54	2,45	2,41	1,83
MR-C 11	9,94	8,45	4,69	4,72	3,19	3,46	2,55
MR-C 12	8,60	7,15	4,05	3,79	2,91	3,15	2,33
MR-C 13	6,50	5,71	3,59	3,18	2,32	2,67	2,32
MR-C 14	3,11	3,09	2,01	2,05	1,73	1,85	0,86
MR-C 15	3,68	3,08	2,37	2,04	2,30	2,02	1,53
MR-C 16	2,79	2,66	1,80	1,84	1,55	2,04	1,55
FE médio	4,76	4,35	2,70	2,76	2,18	2,48	1,85
máximo	17,29	14,14	8,05	7,35	4,80	5,79	4,00
mínimo	1,37	1,32	1,11	1,19	1,15	1,22	0,84
Background	0,75	4,03	0,78	2,03	0,30	1,83	0,30
O Lifo calculado com base no Al e os demais elementos foram calculados com base no Li (Background) referentes testemunho apresentado por Luiz-Silva et al. (2008)							

Tabela 5.12 - Concentrações dos elementos maiores e menores dos sedimentos do rio Morrão analisados por Fluorescência de Raios-X na forma de óxidos (%)												
Amostra	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P.F.(1000°C)	Soma
MR-A1	34,55	0,76	15,17	15,62	0,17	1,80	2,24	2,24	1,95	1,74	23,24	99,47
MR-A2	29,70	0,59	11,85	28,32	0,43	1,86	2,81	2,08	1,53	1,88	18,39	99,45
MR-A3	45,91	0,47	8,50	22,68	0,29	1,47	4,52	1,23	1,60	1,54	11,59	99,79
MR-A4	50,26	0,38	6,52	22,56	0,41	1,71	4,51	0,96	1,50	1,52	9,40	99,74
MR-A5	50,16	0,41	6,61	27,02	0,34	1,52	3,67	0,93	1,43	1,42	6,49	100,01
MR-A6	66,34	0,44	6,72	14,19	0,14	1,09	1,63	0,98	1,63	0,74	6,05	99,93
MR-A7	64,46	0,51	7,76	11,37	0,11	1,24	1,66	1,33	1,63	0,80	9,06	99,93
MR-A8	52,98	0,60	10,52	12,60	0,14	1,62	3,23	1,54	1,91	2,36	12,27	99,76
MR-A9	27,33	0,60	9,84	30,79	0,55	1,84	5,72	1,62	1,35	4,55	15,64	99,82
MR-A10	36,68	0,71	12,68	19,36	0,26	1,83	3,95	1,76	1,82	2,73	18,10	99,88
MR-A11	35,04	0,69	11,82	20,77	0,30	1,79	4,60	1,69	1,74	3,19	17,92	99,56
MR-A12	36,99	0,72	12,48	18,29	0,22	1,79	3,69	1,83	1,91	2,43	19,48	99,82
MR-A13	36,60	0,70	12,10	16,81	0,20	1,75	4,01	1,99	1,87	2,24	21,77	100,05
MR-A14	38,45	0,65	11,72	13,07	0,12	1,70	2,43	2,18	2,00	1,24	26,31	99,86
MR-A15	40,96	0,68	12,51	12,73	0,11	1,74	2,30	2,02	2,19	1,04	23,59	99,87
MR-A16	40,41	0,74	14,12	12,52	0,11	1,73	1,90	2,06	2,24	1,37	22,88	100,08
MR-B1	34,68	0,74	14,89	16,27	0,16	1,78	2,28	2,28	1,93	1,56	23,30	99,86
MR-B2	31,82	0,63	13,05	23,09	0,33	1,93	2,58	2,37	1,69	1,67	20,90	100,05
MR-B3	39,62	0,47	9,25	20,57	0,27	1,51	5,22	1,75	1,60	1,61	18,02	99,90
MR-B4	51,20	0,47	7,41	23,12	0,32	1,50	3,68	0,98	1,54	1,45	8,23	99,90
MR-B5	51,68	0,44	7,19	24,15	0,30	1,47	3,24	1,08	1,54	1,38	7,44	99,92
MR-B6	65,94	0,43	6,55	15,23	0,15	1,09	1,74	0,93	1,62	0,79	5,46	99,93
MR-B7	66,21	0,51	6,99	12,01	0,11	1,16	1,41	0,99	1,53	0,67	8,34	99,93
MR-B8	74,39	0,47	7,53	6,69	0,06	1,19	0,80	0,84	1,67	0,33	5,97	99,95
MR-B9	27,63	0,61	10,49	29,44	0,47	1,86	4,96	1,58	1,37	4,50	16,20	99,10
MR-B10	41,78	0,67	11,21	17,29	0,20	1,70	3,61	1,59	1,98	2,26	17,30	99,60
MR-B11	38,56	0,72	13,36	15,98	0,18	1,81	2,98	1,85	2,06	2,01	19,90	99,40
MR-B12	33,68	0,70	12,04	21,24	0,29	1,75	4,59	1,69	1,72	3,21	18,60	99,50
MR-B13	33,00	0,70	12,13	20,36	0,28	1,76	4,25	1,82	1,72	2,96	20,60	99,50
MR-B14	35,47	0,66	11,92	15,92	0,18	1,69	3,48	1,92	1,82	1,96	24,30	99,30
MR-B15	40,05	0,66	11,79	12,82	0,11	1,68	2,48	2,02	2,12	1,18	24,80	99,70
MR-B16	40,79	0,74	14,04	12,24	0,10	1,69	1,89	2,00	2,35	1,21	22,30	99,40
MR-C1	35,35	0,78	16,22	14,10	0,14	1,73	1,85	2,37	1,97	1,47	23,30	99,30
MR-C2	29,57	0,62	12,52	26,88	0,39	1,89	2,83	2,09	1,57	1,84	18,90	99,10
MR-C3	34,73	0,67	13,65	17,93	0,22	1,91	2,45	2,56	1,81	1,45	21,80	99,20
MR-C4	52,77	0,47	7,28	22,47	0,30	1,37	3,59	0,89	1,56	1,58	7,80	100,00
MR-C5	54,15	0,44	6,85	22,66	0,27	1,40	3,00	0,98	1,51	1,41	7,20	99,90
(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) refere-se ao óxido total com valência não discriminada ou não analisada												

Tabela 5.12 - Concentrações dos elementos maiores e menores dos sedimentos do rio Morrão analisados por Fluorescência de Raios-X na forma de óxidos (%)												
Amostra	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P.F.(1000°C)	Soma
MR-C6	65,23	0,38	6,23	15,25	0,16	1,09	2,02	0,94	1,44	0,84	6,07	99,70
MR-C7	68,48	0,50	6,67	11,83	0,11	1,08	1,32	0,98	1,50	0,70	6,60	99,70
MR-C8	67,08	0,53	10,04	7,74	0,07	1,52	1,13	1,15	2,51	0,39	7,20	99,40
MR-C9	23,71	0,62	10,31	31,55	0,54	1,81	6,52	1,56	1,22	5,35	16,20	99,30
MR-C10	38,98	0,71	12,56	18,65	0,23	1,77	3,92	1,62	1,84	2,56	16,80	99,70
MR-C11	32,30	0,71	11,73	22,85	0,34	1,85	5,12	1,64	1,64	4,00	17,10	99,30
MR-C12	34,51	0,73	13,37	20,04	0,29	1,85	4,58	1,74	1,69	3,55	17,20	99,60
MR-C13	35,92	0,70	12,57	17,63	0,22	1,80	3,96	1,77	1,78	2,70	20,60	99,60
MR-C14	38,81	0,67	11,61	14,24	0,14	1,69	3,23	1,93	1,96	1,68	23,90	99,80
MR-C15	37,77	0,66	12,23	12,57	0,11	1,75	2,24	2,22	1,99	1,16	27,00	99,70
MR-C16	36,69	0,73	14,20	12,10	0,09	1,68	1,83	2,30	2,08	1,05	26,80	99,50
média	43,32	0,61	10,81	18,20	0,23	1,63	3,16	1,64	1,76	1,90	-	-
máximo	74,39	0,78	16,22	31,55	0,55	1,93	6,52	2,56	2,51	5,35	-	-
mínimo	23,71	0,38	6,23	6,69	0,06	1,08	0,80	0,84	1,22	0,33	-	-
(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) refere-se ao óxido total com valência não discriminada ou não analisada												



Tabela 5.13 - Concentrações dos elementos maiores e menores dos sedimentos do rio Morrão analisados por Fluorescência de Raios-X (%)														
Amostra	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	P	P.F.(1000°C)	Σ Oxigênio	Σ Elementos	Soma
MR-A1	16,15	0,46	8,03	10,92	0,13	1,09	1,60	1,66	1,62	0,76	23,24	33,82	42,41	99,47
MR-A2	13,88	0,35	6,27	19,81	0,33	1,12	2,01	1,54	1,27	0,82	18,39	33,64	47,42	99,45
MR-A3	21,46	0,28	4,50	15,86	0,22	0,89	3,23	0,91	1,33	0,67	11,59	38,85	49,35	99,79
MR-A4	23,50	0,23	3,45	15,78	0,32	1,03	3,22	0,71	1,25	0,66	9,40	40,19	50,15	99,74
MR-A5	23,45	0,24	3,50	18,90	0,26	0,92	2,63	0,69	1,19	0,62	6,49	41,13	52,40	100,01
MR-A6	31,01	0,26	3,55	9,93	0,11	0,66	1,16	0,72	1,36	0,32	6,05	44,81	49,08	99,93
MR-A7	30,13	0,30	4,11	7,95	0,08	0,75	1,19	0,99	1,35	0,35	9,06	43,67	47,21	99,93
MR-A8	24,76	0,36	5,57	8,81	0,11	0,98	2,31	1,14	1,58	1,03	12,27	40,84	46,65	99,76
MR-A9	12,77	0,36	5,21	21,53	0,42	1,11	4,09	1,20	1,12	1,99	15,64	34,38	49,80	99,82
MR-A10	17,15	0,43	6,71	13,54	0,20	1,11	2,82	1,31	1,51	1,19	18,10	35,82	45,96	99,88
MR-A11	16,38	0,42	6,26	14,53	0,24	1,08	3,29	1,25	1,44	1,39	17,92	35,37	46,27	99,56
MR-A12	17,29	0,43	6,61	12,79	0,17	1,08	2,64	1,36	1,58	1,06	19,48	35,34	45,01	99,82
MR-A13	17,11	0,42	6,41	11,76	0,16	1,06	2,87	1,47	1,55	0,98	21,77	34,50	43,77	100,05
MR-A14	17,97	0,39	6,20	9,14	0,09	1,03	1,73	1,62	1,66	0,54	26,31	33,18	40,38	99,86
MR-A15	19,14	0,41	6,62	8,91	0,08	1,05	1,64	1,50	1,82	0,45	23,59	34,65	41,63	99,87
MR-A16	18,89	0,44	7,47	8,76	0,09	1,04	1,36	1,53	1,86	0,60	22,88	35,17	42,04	100,08
MR-B1	16,21	0,44	7,88	11,38	0,12	1,07	1,63	1,69	1,60	0,68	23,30	33,85	42,71	99,86
MR-B2	14,87	0,38	6,91	16,15	0,25	1,16	1,84	1,75	1,41	0,73	20,90	33,70	45,46	100,05
MR-B3	18,52	0,28	4,90	14,39	0,21	0,91	3,73	1,30	1,33	0,70	18,02	35,61	46,27	99,90
MR-B4	23,93	0,28	3,92	16,17	0,25	0,91	2,63	0,73	1,28	0,63	8,23	40,94	50,73	99,90
MR-B5	24,16	0,26	3,80	16,89	0,24	0,89	2,32	0,80	1,27	0,60	7,44	41,24	51,24	99,92
MR-B6	30,82	0,26	3,47	10,65	0,12	0,66	1,24	0,69	1,34	0,35	5,46	44,87	49,59	99,93
MR-B7	30,95	0,31	3,70	8,40	0,08	0,70	1,01	0,73	1,27	0,29	8,34	44,14	47,44	99,93
MR-B8	34,77	0,28	3,99	4,68	0,04	0,72	0,57	0,62	1,39	0,15	5,97	46,76	47,21	99,95
MR-B9	12,92	0,37	5,55	20,59	0,37	1,12	3,54	1,17	1,14	1,96	16,20	34,18	48,73	99,11
MR-B10	19,53	0,40	5,93	12,09	0,15	1,03	2,58	1,18	1,64	0,99	17,30	36,76	45,52	99,59
MR-B11	18,02	0,43	7,07	11,18	0,14	1,09	2,13	1,37	1,71	0,88	19,90	35,49	44,02	99,41
MR-B12	15,74	0,42	6,37	14,86	0,23	1,06	3,28	1,25	1,43	1,40	18,60	34,88	46,04	99,51
MR-B13	15,43	0,42	6,42	14,24	0,21	1,06	3,04	1,35	1,43	1,29	20,60	34,09	44,89	99,57
MR-B14	16,58	0,40	6,31	11,13	0,14	1,02	2,49	1,42	1,51	0,86	24,30	33,16	41,85	99,32
MR-B15	18,72	0,39	6,24	8,97	0,09	1,01	1,77	1,50	1,76	0,51	24,80	33,94	40,97	99,71
MR-B16	19,07	0,45	7,43	8,56	0,08	1,02	1,35	1,48	1,95	0,53	22,30	35,14	41,92	99,36
MR-C1	16,52	0,47	8,58	9,86	0,11	1,04	1,32	1,76	1,64	0,64	23,30	34,03	41,94	99,28
MR-C2	13,82	0,37	6,63	18,80	0,30	1,14	2,02	1,55	1,30	0,80	18,90	33,46	46,74	99,10
MR-C3	16,23	0,40	7,22	12,54	0,17	1,15	1,75	1,90	1,50	0,63	21,80	33,87	43,51	99,18
MR-C4	24,67	0,28	3,85	15,72	0,23	0,83	2,57	0,66	1,30	0,69	7,80	41,49	50,79	100,08
MR-C5	25,31	0,26	3,63	15,85	0,21	0,84	2,14	0,73	1,25	0,62	7,20	41,83	50,84	99,87
(Fe) refere-se ao ferro total com valência não discriminada ou não analisada														

Tabela 5.13 - Concentrações dos elementos maiores e menores dos sedimentos do rio Morrão analisados por Fluorescência de Raios-X (%) - <i>continuação</i>														
Amostra	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	P	P.F.(1000°C)	Σ Oxigênio	Σ Elementos	Soma
MR-C6	30,49	0,23	3,30	10,67	0,13	0,66	1,44	0,70	1,20	0,37	6,07	44,41	49,17	99,65
MR-C7	32,01	0,30	3,53	8,27	0,08	0,65	0,94	0,73	1,25	0,31	6,60	45,10	48,07	99,76
MR-C8	31,36	0,32	5,31	5,41	0,05	0,92	0,81	0,85	2,08	0,17	7,20	44,87	47,28	99,36
MR-C9	11,08	0,37	5,46	22,07	0,42	1,09	4,66	1,16	1,01	2,33	16,20	33,54	49,65	99,39
MR-C10	18,22	0,42	6,65	13,04	0,18	1,07	2,80	1,20	1,53	1,12	16,80	36,61	46,23	99,64
MR-C11	15,10	0,43	6,21	15,98	0,26	1,12	3,66	1,22	1,36	1,75	17,10	35,11	47,08	99,28
MR-C12	16,13	0,44	7,08	14,02	0,22	1,12	3,27	1,29	1,40	1,55	17,20	35,83	46,52	99,55
MR-C13	16,79	0,42	6,65	12,33	0,17	1,09	2,83	1,31	1,48	1,18	20,60	34,80	44,25	99,65
MR-C14	18,14	0,40	6,14	9,96	0,11	1,02	2,31	1,43	1,63	0,73	23,90	34,08	41,87	99,86
MR-C15	17,66	0,40	6,47	8,79	0,09	1,06	1,60	1,65	1,65	0,51	27,00	32,84	39,86	99,70
MR-C16	17,15	0,44	7,52	8,46	0,07	1,01	1,31	1,71	1,73	0,46	26,80	32,90	39,85	99,55
média	20,25	0,36	5,72	12,73	0,18	0,98	2,26	1,22	1,46	0,83	-	-	-	-
máximo	34,77	0,47	8,58	22,07	0,42	1,16	4,66	1,90	2,08	2,33	-	-	-	-
mínimo	11,08	0,23	3,30	4,68	0,04	0,65	0,57	0,62	1,01	0,15	-	-	-	-
(Fe) refere-se ao ferro total com valência não discriminada ou não analisada														

Tabela 5.14 - Valores obtidos e recomendados obtidos na análise dos materiais de referência para Fluorescência de Raios-X						
(%)	BE-N*		MA-N*		BRP-1*	
	(valor obtido)	(valor cert. $\pm$ 1sd)	(valor obtido)	(valor cert. $\pm$ 1sd)	(valor obtido)	(valor cert. $\pm$ 1sd)
SiO <sub>2</sub>	38,27	28,20 $\pm$ 0,62	67,03	66,60 $\pm$ 0,79	50,12	50,39 $\pm$ 0,27
TiO <sub>2</sub>	2,665	2,61 $\pm$ 0,14	0,024	0,01 $\pm$ 0,06	3,837	3,81 $\pm$ 0,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,08	10,07 $\pm$ 0,41	17,81	17,62 $\pm$ 0,61	12,37	12,40 $\pm$ 0,14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,88	12,84 $\pm$ 0,35	0,46	0,47 $\pm$ 0,51	15,28	15,59 $\pm$ 0,16
MnO	0,205	0,20 $\pm$ 0,02	0,041	0,04 $\pm$ 0,01	0,214	0,216 $\pm$ 0,006
MgO	13,17	13,15 $\pm$ 0,44	0,05	0,04 $\pm$ 0,09	3,92	3,94 $\pm$ 0,05
CaO	13,86	13,87 $\pm$ 0,37	0,62	0,59 $\pm$ 0,11	7,98	7,95 $\pm$ 0,11
Na <sub>2</sub> O	3,22	3,18 $\pm$ 0,23	5,94	5,84 $\pm$ 0,26	2,73	2,71 $\pm$ 0,04
K <sub>2</sub> O	1,39	1,39 $\pm$ 0,11	3,16	3,18 $\pm$ 0,21	1,51	1,52 $\pm$ 0,02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,05	1,05 $\pm$ 0,13	1,42	1,39 $\pm$ 0,14	0,632	0,63 $\pm$ 0,02
(%)	RGM-1		OU-6		BRP-1	
	(valor obtido)	(valor cert. $\pm$ 1sd)	(valor obtido)	(valor cert. $\pm$ 1sd)	(valor obtido)	(valor cert. $\pm$ 1sd)
SiO <sub>2</sub>	73,39	73,4 $\pm$ 0,53	57,63	57,51 $\pm$ 0,095	50,69	50,39 $\pm$ 0,27
TiO <sub>2</sub>	0,265	0,27 $\pm$ 0,02	0,992	0,998 $\pm$ 0,004	3,81	3,81 $\pm$ 0,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,79	13,7 $\pm$ 0,19	20,32	20,50 $\pm$ 0,032	12,60	12,40 $\pm$ 0,14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,84	1,86 $\pm$ 0,03	8,79	9,001 $\pm$ 0,033	15,38	15,59 $\pm$ 0,16
MnO	0,035	0,036 $\pm$ 0,004	0,287	0,284 $\pm$ 0,001	0,22	0,216 $\pm$ 0,006
MgO	0,30	0,28 $\pm$ 0,03	2,46	2,398 $\pm$ 0,010	4,00	3,94 $\pm$ 0,05
CaO	1,20	1,15 $\pm$ 0,07	0,77	0,740 $\pm$ 0,005	8,10	7,95 $\pm$ 0,11
Na <sub>2</sub> O	4,14	4,07 $\pm$ 0,15	1,79	1,778 $\pm$ 0,016	2,83	2,71 $\pm$ 0,04
K <sub>2</sub> O	4,35	4,30 $\pm$ 0,10	3,01	3,051 $\pm$ 0,012	1,54	1,52 $\pm$ 0,02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,047	0,048	0,139	0,118 $\pm$ 0,002	0,65	0,63 $\pm$ 0,02
(sd) desvio padrão; (valor cert.) valor de certificado; (*) padrões das análises das amostras da segunda etapa de amostragem						

Tabela 5.15 - Comparativo das concentrações de elementos maiores obtidos por ICP-MS e FRX																											
Amostra	Ti			Al			Fe			Mn			Mg			Ca			Na			K			P		
	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX
MR-A1	0,46	0,43	1,07	8,03	6,94	1,16	10,92	9,46	1,15	0,13	0,11	1,16	1,09	0,93	1,17	1,60	1,29	1,24	1,66	1,56	1,06	1,62	1,43	1,13	0,76	0,69	1,10
MR-A2	0,35	0,34	1,05	6,27	5,94	1,06	19,81	17,03	1,16	0,33	0,30	1,12	1,12	1,01	1,11	2,01	1,72	1,17	1,54	1,48	1,04	1,27	1,10	1,15	0,82	0,74	1,11
MR-A3	0,28	0,30	0,94	4,50	4,24	1,06	15,86	12,71	1,25	0,22	0,20	1,10	0,89	0,77	1,15	3,23	2,90	1,11	0,91	0,78	1,17	1,33	1,11	1,20	0,67	0,62	1,08
MR-A4	0,23	0,24	0,95	3,45	3,27	1,06	15,78	13,94	1,13	0,32	0,29	1,08	1,03	0,90	1,15	3,22	2,89	1,12	0,71	0,57	1,24	1,25	1,08	1,16	0,66	0,66	1,00
MR-A5	0,24	0,25	0,96	3,50	3,43	1,02	18,90	16,92	1,12	0,26	0,26	1,03	0,92	0,83	1,11	2,63	2,42	1,09	0,69	0,64	1,08	1,19	1,16	1,02	0,62	0,61	1,01
MR-A6	0,26	0,28	0,95	3,55	3,42	1,04	9,93	8,46	1,17	0,11	0,11	0,98	0,66	0,57	1,15	1,16	1,07	1,09	0,72	0,64	1,13	1,36	1,24	1,09	0,32	0,32	1,01
MR-A7	0,30	0,32	0,96	4,11	3,81	1,08	7,95	6,89	1,15	0,08	0,08	1,04	0,75	0,64	1,17	1,19	1,07	1,11	0,99	0,88	1,12	1,35	1,28	1,06	0,35	0,35	1,00
MR-A8	0,36	0,34	1,06	5,57	5,25	1,06	8,81	7,66	1,15	0,11	0,10	1,10	0,98	0,84	1,16	2,31	2,05	1,13	1,14	1,07	1,07	1,58	1,46	1,08	1,03	1,05	0,98
MR-A9	0,36	0,35	1,05	5,21	4,74	1,10	21,53	20,23	1,06	0,42	0,33	1,28	1,11	0,96	1,15	4,09	3,32	1,23	1,20	0,99	1,21	1,12	1,00	1,12	1,99	1,78	1,11
MR-A10	0,43	0,42	1,02	6,71	6,27	1,07	13,54	11,40	1,19	0,20	0,17	1,19	1,11	0,96	1,15	2,82	2,42	1,17	1,31	1,22	1,07	1,51	1,37	1,10	1,19	1,06	1,12
MR-A11	0,42	0,41	1,02	6,26	5,83	1,07	14,53	12,60	1,15	0,24	0,19	1,22	1,08	0,93	1,16	3,29	2,81	1,17	1,25	1,18	1,06	1,44	1,28	1,13	1,39	1,21	1,15
MR-A12	0,43	0,42	1,04	6,61	6,14	1,08	12,79	10,70	1,20	0,17	0,15	1,18	1,08	0,93	1,16	2,64	2,25	1,17	1,36	1,26	1,08	1,58	1,39	1,14	1,06	1,00	1,06
MR-A13	0,42	0,40	1,04	6,41	5,94	1,08	11,76	10,21	1,15	0,16	0,13	1,15	1,06	0,92	1,15	2,87	2,50	1,15	1,47	1,39	1,06	1,55	1,36	1,14	0,98	0,90	1,09
MR-A14	0,39	0,37	1,05	6,20	5,47	1,13	9,14	8,10	1,13	0,09	0,08	1,12	1,03	0,87	1,18	1,73	1,45	1,20	1,62	1,50	1,08	1,66	1,48	1,12	0,54	0,50	1,08
MR-A15	0,41	0,39	1,06	6,62	5,87	1,13	8,91	7,96	1,12	0,08	0,07	1,09	1,05	0,91	1,16	1,64	1,37	1,20	1,50	1,40	1,07	1,82	1,65	1,10	0,45	0,45	1,01
MR-A16	0,44	0,43	1,03	7,47	6,48	1,15	8,76	7,66	1,14	0,09	0,08	1,16	1,04	0,88	1,18	1,36	1,09	1,25	1,53	1,37	1,11	1,86	1,65	1,13	0,60	0,53	1,13
MR-B1	0,44	0,43	1,04	7,88	6,96	1,13	11,38	9,81	1,16	0,12	0,11	1,15	1,07	0,92	1,17	1,63	1,32	1,23	1,69	1,58	1,08	1,60	1,53	1,04	0,68	0,64	1,06
MR-B2	0,38	0,35	1,09	6,91	5,92	1,17	16,15	13,01	1,24	0,25	0,21	1,20	1,16	0,99	1,18	1,84	1,47	1,25	1,75	1,63	1,08	1,41	1,20	1,17	0,73	0,68	1,08
MR-B3	0,28	0,27	1,07	4,90	4,42	1,11	14,39	11,92	1,21	0,21	0,18	1,17	0,91	0,76	1,20	3,73	3,19	1,17	1,30	1,18	1,10	1,33	1,14	1,17	0,70	0,68	1,03
MR-B4	0,28	0,29	0,98	3,92	3,75	1,05	16,17	13,59	1,19	0,25	0,24	1,04	0,91	0,80	1,13	2,63	2,37	1,11	0,73	0,63	1,16	1,28	1,20	1,07	0,63	0,64	0,99
MR-B5	0,26	0,27	0,99	3,80	3,66	1,04	16,89	14,24	1,19	0,24	0,22	1,05	0,89	0,79	1,12	2,32	2,12	1,09	0,80	0,65	1,24	1,27	1,15	1,11	0,60	0,60	1,01
MR-B6	0,26	0,27	0,96	3,47	3,33	1,04	10,65	8,98	1,19	0,12	0,11	1,01	0,66	0,57	1,16	1,24	1,14	1,09	0,69	0,62	1,10	1,34	1,20	1,12	0,35	0,34	1,01
MR-B7	0,31	0,32	0,97	3,70	3,60	1,03	8,40	7,61	1,10	0,08	0,08	0,98	0,70	0,62	1,13	1,01	0,93	1,08	0,73	0,70	1,05	1,27	1,23	1,04	0,29	0,29	0,99
MR-B8	0,28	0,30	0,94	3,99	3,82	1,04	4,68	4,62	1,01	0,04	0,05	0,98	0,72	0,64	1,12	0,57	0,50	1,15	0,62	0,60	1,03	1,39	1,44	0,96	0,15	0,15	0,99
MR-B9	0,37	0,38	0,97	5,55	5,28	1,05	20,59	19,44	1,06	0,37	0,31	1,19	1,12	1,06	1,06	3,54	3,13	1,13	1,17	1,18	0,99	1,14	1,07	1,06	1,96	1,84	1,07
MR-B10	0,40	0,40	1,01	5,93	5,63	1,05	12,09	10,60	1,14	0,15	0,14	1,08	1,03	0,95	1,08	2,58	2,39	1,08	1,18	1,16	1,02	1,64	1,55	1,06	0,99	1,02	0,97
MR-B11	0,43	0,42	1,02	7,07	6,31	1,12	11,18	9,81	1,14	0,14	0,12	1,13	1,09	0,99	1,10	2,13	1,83	1,16	1,37	1,32	1,04	1,71	1,52	1,13	0,88	0,87	1,01
MR-B12	0,42	0,42	1,00	6,37	6,14	1,04	14,86	13,33	1,11	0,23	0,20	1,15	1,06	0,97	1,09	3,28	2,95	1,11	1,25	1,26	0,99	1,43	1,29	1,11	1,40	1,44	0,97
MR-B13	0,42	0,41	1,03	6,42	5,92	1,08	14,24	12,41	1,15	0,21	0,18	1,19	1,06	0,94	1,13	3,04	2,65	1,15	1,35	1,30	1,04	1,43	1,32	1,08	1,29	1,24	1,05
MR-B14	0,40	0,37	1,07	6,31	5,66	1,11	11,13	9,57	1,16	0,14	0,12	1,14	1,02	0,89	1,15	2,49	2,18	1,14	1,42	1,32	1,08	1,51	1,39	1,09	0,86	0,80	1,07
MR-B15	0,39	0,38	1,03	6,24	5,59	1,12	8,97	8,28	1,08	0,09	0,08	1,08	1,01	0,93	1,09	1,77	1,56	1,14	1,50	1,48	1,01	1,76	1,68	1,05	0,51	0,53	0,97
MR-B16	0,45	0,41	1,10	7,43	6,60	1,13	8,56	7,64	1,12	0,08	0,07	1,10	1,02	0,90	1,13	1,35	1,16	1,16	1,48	1,37	1,08	1,95	1,77	1,10	0,53	0,54	0,99
MR-C1	0,47	0,40	1,16	8,58	6,99	1,23	9,86	8,27	1,19	0,11	0,09	1,21	1,04	0,88	1,19	1,32	0,98	1,35	1,76	1,58	1,11	1,64	1,51	1,08	0,64	0,62	1,04
MR-C2	0,37	0,37	1,01	6,63	6,11	1,08	18,80	15,64	1,20	0,30	0,27	1,13	1,14	1,04	1,10	2,02	1,75	1,16	1,55	1,55	1,00	1,30	1,16	1,12	0,80	0,78	1,03
MR-C3	0,40	0,38	1,05	7,22	6,30	1,15	12,54	10,96	1,14	0,17	0,15	1,15	1,15	1,03	1,12	1,75	1,47	1,19	1,90	1,83	1,04	1,50	1,33	1,13	0,63	0,62	1,03
MR-C4	0,28	0,31	0,93	3,85	3,76	1,02	15,72	13,68	1,15	0,23	0,22	1,03	0,83	0,76	1,09	2,57	2,42	1,06	0,66	0,59	1,12	1,30	1,16	1,12	0,69	0,71	0,98
(Fe) refere-se ao ferro total com valência não discriminada ou não analisada																											

Amostra	Ti			Al			Fe			Mn			Mg			Ca			Na			K			P		
	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX
MR-C5	0,26	0,26	1,02	3,63	3,52	1,03	15,85	12,86	1,23	0,21	0,20	1,02	0,84	0,81	1,04	2,14	2,00	1,07	0,73	0,68	1,07	1,25	1,16	1,08	0,62	0,61	1,02
MR-C6	0,23	0,25	0,90	3,30	3,52	0,94	10,67	9,14	1,17	0,13	0,13	0,95	0,66	0,63	1,04	1,44	1,44	1,00	0,70	0,63	1,11	1,20	1,33	0,90	0,37	0,39	0,93
MR-C7	0,30	0,30	0,99	3,53	3,53	1,00	8,27	7,34	1,13	0,08	0,09	0,96	0,65	0,62	1,05	0,94	0,88	1,07	0,73	0,70	1,04	1,25	1,22	1,02	0,31	0,31	1,00
MR-C8	0,32	0,32	0,99	5,31	5,16	1,03	5,41	5,09	1,06	0,05	0,05	0,98	0,92	0,87	1,05	0,81	0,74	1,09	0,85	0,80	1,06	2,08	2,07	1,01	0,17	0,17	1,02
MR-C9	0,37	0,35	1,06	5,46	4,96	1,10	22,07	18,52	1,19	0,42	0,34	1,23	1,09	1,04	1,05	4,66	4,03	1,16	1,16	0,99	1,17	1,01	0,93	1,09	2,33	2,07	1,13
MR-C10	0,42	0,39	1,07	6,65	6,14	1,08	13,04	10,47	1,25	0,18	0,16	1,13	1,07	1,01	1,06	2,80	2,52	1,11	1,20	1,15	1,05	1,53	1,38	1,11	1,12	1,06	1,05
MR-C11	0,43	0,41	1,03	6,21	5,69	1,09	15,98	13,25	1,21	0,26	0,22	1,19	1,12	1,04	1,07	3,66	3,22	1,14	1,22	1,14	1,07	1,36	1,23	1,11	1,75	1,55	1,13
MR-C12	0,44	0,41	1,07	7,08	6,39	1,11	14,02	11,42	1,23	0,22	0,19	1,18	1,12	1,03	1,08	3,27	2,85	1,15	1,29	1,21	1,07	1,40	1,26	1,11	1,55	1,39	1,11
MR-C13	0,42	0,41	1,03	6,65	6,21	1,07	12,33	10,26	1,20	0,17	0,15	1,14	1,09	1,04	1,04	2,83	2,59	1,09	1,31	1,26	1,04	1,48	1,34	1,10	1,18	1,13	1,05
MR-C14	0,40	0,26	1,54	6,14	4,08	1,51	9,96	5,28	1,89	0,11	0,05	2,24	1,02	0,61	1,67	2,31	0,86	2,68	1,43	0,96	1,50	1,63	1,03	1,58	0,73	0,31	2,37
MR-C15	0,40	0,29	1,37	6,47	4,83	1,34	8,79	6,33	1,39	0,09	0,06	1,40	1,06	0,78	1,35	1,60	1,13	1,42	1,65	1,24	1,33	1,65	1,21	1,37	0,51	0,40	1,26
MR-C16	0,44	0,27	1,65	7,52	4,70	1,60	8,46	5,15	1,64	0,07	0,04	1,65	1,01	0,63	1,61	1,31	0,78	1,68	1,71	1,09	1,56	1,73	1,01	1,71	0,46	0,28	1,65
MR-A1	0,46	0,43	1,07	8,03	6,94	1,16	10,92	9,46	1,15	0,13	0,11	1,16	1,09	0,93	1,17	1,60	1,29	1,24	1,66	1,56	1,06	1,62	1,43	1,13	0,76	0,69	1,10
MR-A2	0,35	0,34	1,05	6,27	5,94	1,06	19,81	17,03	1,16	0,33	0,30	1,12	1,12	1,01	1,11	2,01	1,72	1,17	1,54	1,48	1,04	1,27	1,10	1,15	0,82	0,74	1,11
MR-A3	0,28	0,30	0,94	4,50	4,24	1,06	15,86	12,71	1,25	0,22	0,20	1,10	0,89	0,77	1,15	3,23	2,90	1,11	0,91	0,78	1,17	1,33	1,11	1,20	0,67	0,62	1,08
MR-A4	0,23	0,24	0,95	3,45	3,27	1,06	15,78	13,94	1,13	0,32	0,29	1,08	1,03	0,90	1,15	3,22	2,89	1,12	0,71	0,57	1,24	1,25	1,08	1,16	0,66	0,66	1,00
MR-A5	0,24	0,25	0,96	3,50	3,43	1,02	18,90	16,92	1,12	0,26	0,26	1,03	0,92	0,83	1,11	2,63	2,42	1,09	0,69	0,64	1,08	1,19	1,16	1,02	0,62	0,61	1,01
MR-A6	0,26	0,28	0,95	3,55	3,42	1,04	9,93	8,46	1,17	0,11	0,11	0,98	0,66	0,57	1,15	1,16	1,07	1,09	0,72	0,64	1,13	1,36	1,24	1,09	0,32	0,32	1,01
MR-A7	0,30	0,32	0,96	4,11	3,81	1,08	7,95	6,89	1,15	0,08	0,08	1,04	0,75	0,64	1,17	1,19	1,07	1,11	0,99	0,88	1,12	1,35	1,28	1,06	0,35	0,35	1,00
MR-A8	0,36	0,34	1,06	5,57	5,25	1,06	8,81	7,66	1,15	0,11	0,10	1,10	0,98	0,84	1,16	2,31	2,05	1,13	1,14	1,07	1,07	1,58	1,46	1,08	1,03	1,05	0,98
MR-A9	0,36	0,35	1,05	5,21	4,74	1,10	21,53	20,23	1,06	0,42	0,33	1,28	1,11	0,96	1,15	4,09	3,32	1,23	1,20	0,99	1,21	1,12	1,00	1,12	1,99	1,78	1,11
MR-A10	0,43	0,42	1,02	6,71	6,27	1,07	13,54	11,40	1,19	0,20	0,17	1,19	1,11	0,96	1,15	2,82	2,42	1,17	1,31	1,22	1,07	1,51	1,37	1,10	1,19	1,06	1,12
MR-A11	0,42	0,41	1,02	6,26	5,83	1,07	14,53	12,60	1,15	0,24	0,19	1,22	1,08	0,93	1,16	3,29	2,81	1,17	1,25	1,18	1,06	1,44	1,28	1,13	1,39	1,21	1,15
MR-A12	0,43	0,42	1,04	6,61	6,14	1,08	12,79	10,70	1,20	0,17	0,15	1,18	1,08	0,93	1,16	2,64	2,25	1,17	1,36	1,26	1,08	1,58	1,39	1,14	1,06	1,00	1,06
MR-A13	0,42	0,40	1,04	6,41	5,94	1,08	11,76	10,21	1,15	0,16	0,13	1,15	1,06	0,92	1,15	2,87	2,50	1,15	1,47	1,39	1,06	1,55	1,36	1,14	0,98	0,90	1,09
MR-A14	0,39	0,37	1,05	6,20	5,47	1,13	9,14	8,10	1,13	0,09	0,08	1,12	1,03	0,87	1,18	1,73	1,45	1,20	1,62	1,50	1,08	1,66	1,48	1,12	0,54	0,50	1,08
MR-A15	0,41	0,39	1,06	6,62	5,87	1,13	8,91	7,96	1,12	0,08	0,07	1,09	1,05	0,91	1,16	1,64	1,37	1,20	1,50	1,40	1,07	1,82	1,65	1,10	0,45	0,45	1,01
MR-A16	0,44	0,43	1,03	7,47	6,48	1,15	8,76	7,66	1,14	0,09	0,08	1,16	1,04	0,88	1,18	1,36	1,09	1,25	1,53	1,37	1,11	1,86	1,65	1,13	0,60	0,53	1,13
MR-B1	0,44	0,43	1,04	7,88	6,96	1,13	11,38	9,81	1,16	0,12	0,11	1,15	1,07	0,92	1,17	1,63	1,32	1,23	1,69	1,58	1,08	1,60	1,53	1,04	0,68	0,64	1,06
MR-B2	0,38	0,35	1,09	6,91	5,92	1,17	16,15	13,01	1,24	0,25	0,21	1,20	1,16	0,99	1,18	1,84	1,47	1,25	1,75	1,63	1,08	1,41	1,20	1,17	0,73	0,68	1,08
MR-B3	0,28	0,27	1,07	4,90	4,42	1,11	14,39	11,92	1,21	0,21	0,18	1,17	0,91	0,76	1,20	3,73	3,19	1,17	1,30	1,18	1,10	1,33	1,14	1,17	0,70	0,68	1,03
MR-B4	0,28	0,29	0,98	3,92	3,75	1,05	16,17	13,59	1,19	0,25	0,24	1,04	0,91	0,80	1,13	2,63	2,37	1,11	0,73	0,63	1,16	1,28	1,20	1,07	0,63	0,64	0,99
MR-B5	0,26	0,27	0,99	3,80	3,66	1,04	16,89	14,24	1,19	0,24	0,22	1,05	0,89	0,79	1,12	2,32	2,12	1,09	0,80	0,65	1,24	1,27	1,15	1,11	0,60	0,60	1,01
MR-B6	0,26	0,27	0,96	3,47	3,33	1,04	10,65	8,98	1,19	0,12	0,11	1,01	0,66	0,57	1,16	1,24	1,14	1,09	0,69	0,62	1,10	1,34	1,20	1,12	0,35	0,34	1,01
MR-B7	0,31	0,32	0,97	3,70	3,60	1,03	8,40	7,61	1,10	0,08	0,08	0,98	0,70	0,62	1,13	1,01	0,93	1,08	0,73	0,70	1,05	1,27	1,23	1,04	0,29	0,29	0,99
MR-B8	0,28	0,30	0,94	3,99	3,82	1,04	4,68	4,62	1,01	0,04	0,05	0,98	0,72	0,64	1,12	0,57	0,50	1,15	0,62	0,60	1,03	1,39	1,44	0,96	0,15	0,15	0,99

(Fe) refere-se ao ferro total com valência não discriminada ou não analisada

Amostra	Ti			Al			Fe			Mn			Mg			Ca			Na			K			P		
	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX	ICP	FRX	ICP/FRX
MR-B9	0,37	0,38	0,97	5,55	5,28	1,05	20,59	19,44	1,06	0,37	0,31	1,19	1,12	1,06	1,06	3,54	3,13	1,13	1,17	1,18	0,99	1,14	1,07	1,06	1,96	1,84	1,07
MR-B10	0,40	0,40	1,01	5,93	5,63	1,05	12,09	10,60	1,14	0,15	0,14	1,08	1,03	0,95	1,08	2,58	2,39	1,08	1,18	1,16	1,02	1,64	1,55	1,06	0,99	1,02	0,97
MR-B11	0,43	0,42	1,02	7,07	6,31	1,12	11,18	9,81	1,14	0,14	0,12	1,13	1,09	0,99	1,10	2,13	1,83	1,16	1,37	1,32	1,04	1,71	1,52	1,13	0,88	0,87	1,01
MR-B12	0,42	0,42	1,00	6,37	6,14	1,04	14,86	13,33	1,11	0,23	0,20	1,15	1,06	0,97	1,09	3,28	2,95	1,11	1,25	1,26	0,99	1,43	1,29	1,11	1,40	1,44	0,97
MR-B13	0,42	0,41	1,03	6,42	5,92	1,08	14,24	12,41	1,15	0,21	0,18	1,19	1,06	0,94	1,13	3,04	2,65	1,15	1,35	1,30	1,04	1,43	1,32	1,08	1,29	1,24	1,05
MR-B14	0,40	0,37	1,07	6,31	5,66	1,11	11,13	9,57	1,16	0,14	0,12	1,14	1,02	0,89	1,15	2,49	2,18	1,14	1,42	1,32	1,08	1,51	1,39	1,09	0,86	0,80	1,07
MR-B15	0,39	0,38	1,03	6,24	5,59	1,12	8,97	8,28	1,08	0,09	0,08	1,08	1,01	0,93	1,09	1,77	1,56	1,14	1,50	1,48	1,01	1,76	1,68	1,05	0,51	0,53	0,97
MR-B16	0,45	0,41	1,10	7,43	6,60	1,13	8,56	7,64	1,12	0,08	0,07	1,10	1,02	0,90	1,13	1,35	1,16	1,16	1,48	1,37	1,08	1,95	1,77	1,10	0,53	0,54	0,99
MR-C1	0,47	0,40	1,16	8,58	6,99	1,23	9,86	8,27	1,19	0,11	0,09	1,21	1,04	0,88	1,19	1,32	0,98	1,35	1,76	1,58	1,11	1,64	1,51	1,08	0,64	0,62	1,04
MR-C2	0,37	0,37	1,01	6,63	6,11	1,08	18,80	15,64	1,20	0,30	0,27	1,13	1,14	1,04	1,10	2,02	1,75	1,16	1,55	1,55	1,00	1,30	1,16	1,12	0,80	0,78	1,03
MR-C3	0,40	0,38	1,05	7,22	6,30	1,15	12,54	10,96	1,14	0,17	0,15	1,15	1,15	1,03	1,12	1,75	1,47	1,19	1,90	1,83	1,04	1,50	1,33	1,13	0,63	0,62	1,03
MR-C4	0,28	0,31	0,93	3,85	3,76	1,02	15,72	13,68	1,15	0,23	0,22	1,03	0,83	0,76	1,09	2,57	2,42	1,06	0,66	0,59	1,12	1,30	1,16	1,12	0,69	0,71	0,98
MR-C5	0,26	0,26	1,02	3,63	3,52	1,03	15,85	12,86	1,23	0,21	0,20	1,02	0,84	0,81	1,04	2,14	2,00	1,07	0,73	0,68	1,07	1,25	1,16	1,08	0,62	0,61	1,02
MR-C6	0,23	0,25	0,90	3,30	3,52	0,94	10,67	9,14	1,17	0,13	0,13	0,95	0,66	0,63	1,04	1,44	1,44	1,00	0,70	0,63	1,11	1,20	1,33	0,90	0,37	0,39	0,93
MR-C7	0,30	0,30	0,99	3,53	3,53	1,00	8,27	7,34	1,13	0,08	0,09	0,96	0,65	0,62	1,05	0,94	0,88	1,07	0,73	0,70	1,04	1,25	1,22	1,02	0,31	0,31	1,00
MR-C8	0,32	0,32	0,99	5,31	5,16	1,03	5,41	5,09	1,06	0,05	0,05	0,98	0,92	0,87	1,05	0,81	0,74	1,09	0,85	0,80	1,06	2,08	2,07	1,01	0,17	0,17	1,02
MR-C9	0,37	0,35	1,06	5,46	4,96	1,10	22,07	18,52	1,19	0,42	0,34	1,23	1,09	1,04	1,05	4,66	4,03	1,16	1,16	0,99	1,17	1,01	0,93	1,09	2,33	2,07	1,13
MR-C10	0,42	0,39	1,07	6,65	6,14	1,08	13,04	10,47	1,25	0,18	0,16	1,13	1,07	1,01	1,06	2,80	2,52	1,11	1,20	1,15	1,05	1,53	1,38	1,11	1,12	1,06	1,05
MR-C11	0,43	0,41	1,03	6,21	5,69	1,09	15,98	13,25	1,21	0,26	0,22	1,19	1,12	1,04	1,07	3,66	3,22	1,14	1,22	1,14	1,07	1,36	1,23	1,11	1,75	1,55	1,13
MR-C12	0,44	0,41	1,07	7,08	6,39	1,11	14,02	11,42	1,23	0,22	0,19	1,18	1,12	1,03	1,08	3,27	2,85	1,15	1,29	1,21	1,07	1,40	1,26	1,11	1,55	1,39	1,11
MR-C13	0,42	0,41	1,03	6,65	6,21	1,07	12,33	10,26	1,20	0,17	0,15	1,14	1,09	1,04	1,04	2,83	2,59	1,09	1,31	1,26	1,04	1,48	1,34	1,10	1,18	1,13	1,05
MR-C14	0,40	0,26	1,54	6,14	4,08	1,51	9,96	5,28	1,89	0,11	0,05	2,24	1,02	0,61	1,67	2,31	0,86	2,68	1,43	0,96	1,50	1,63	1,03	1,58	0,73	0,31	2,37
MR-C15	0,40	0,29	1,37	6,47	4,83	1,34	8,79	6,33	1,39	0,09	0,06	1,40	1,06	0,78	1,35	1,60	1,13	1,42	1,65	1,24	1,33	1,65	1,21	1,37	0,51	0,40	1,26
MR-C16	0,44	0,27	1,65	7,52	4,70	1,60	8,46	5,15	1,64	0,07	0,04	1,65	1,01	0,63	1,61	1,31	0,78	1,68	1,71	1,09	1,56	1,73	1,01	1,71	0,46	0,28	1,65
(Fe) refere-se ao ferro total com valência não discriminada ou não analisada																											

Tabela 6.1- Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras de sedimento do rio Morrão									
	Al	As	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr
Al	1	0.82391*	0.5902*	0.54808*	0.07818	0.50209*	0.46721*	0.68761*	0.49813*
As	0.82391*	1	0.57138*	0.63347*	0.31085*	0.56639*	0.52126*	0.78695*	0.62246*
Be	0.5902*	0.57138*	1	0.81035*	0.59412*	0.7783*	0.85074*	0.75854*	0.76453*
Bi	0.54808*	0.63347*	0.81035*	1	0.72038*	0.93246*	0.92099*	0.82405*	0.86933*
Ca	0.07818	0.31085*	0.59412*	0.72038*	1	0.72002*	0.70481*	0.66131*	0.74063*
Cd	0.50209*	0.56639*	0.7783*	0.93246*	0.72002*	1	0.88569*	0.83105*	0.83558*
Ce	0.46721*	0.52126*	0.85074*	0.92099*	0.70481*	0.88569*	1	0.79099*	0.806*
Co	0.68761*	0.78695*	0.75854*	0.82405*	0.66131*	0.83105*	0.79099*	1	0.85558*
Cr	0.49813*	0.62246*	0.76453*	0.86933*	0.74063*	0.83558*	0.806*	0.85558*	1
Cs	0.95671*	0.83475*	0.53398*	0.53658*	0.15251	0.47876*	0.44434*	0.66745*	0.47703*
Cu	0.74128*	0.79809*	0.84746*	0.91189*	0.59651*	0.85296*	0.86886*	0.92526*	0.8693*
Dy	0.52066*	0.55992*	0.85736*	0.94785*	0.69548*	0.91882*	0.98782*	0.81569*	0.83422*
Er	0.60817*	0.61152*	0.8702*	0.93899*	0.66114*	0.92781*	0.94914*	0.82612*	0.85636*
Eu	0.4623*	0.51205*	0.84407*	0.93637*	0.7067*	0.90465*	0.99407*	0.79311*	0.81329*
Fe	-0.00867	0.26219	0.44736*	0.60527*	0.77573*	0.5382*	0.50587*	0.54336*	0.80216*
Ga	0.87865*	0.83452*	0.76061*	0.83077*	0.40644*	0.75394*	0.7403*	0.83596*	0.77188*
Gd	0.47092*	0.50722*	0.84042*	0.94495*	0.69758*	0.90323*	0.98611*	0.77835*	0.81607*
Hf	0.42386*	0.40241*	0.81438*	0.81765*	0.61473*	0.81614*	0.92077*	0.72034*	0.67735*
Ho	0.55987*	0.55828*	0.86391*	0.9383*	0.67456*	0.92831*	0.97273*	0.8172*	0.81959*
In	0.4262*	0.48359*	0.77505*	0.96196*	0.74321*	0.90596*	0.89843*	0.74914*	0.84071*
K	0.46691*	0.16766	-0.01847	-0.24385	-0.41818*	-0.18648	-0.17953	0.0302	-0.2387
La	0.46439*	0.51311*	0.84407*	0.92781*	0.70185*	0.87771*	0.99531*	0.77587*	0.79782*
Li	0.96802*	0.8075*	0.51032*	0.4556*	0.00173	0.41777*	0.37019*	0.61191*	0.40098*
Lu	0.56721*	0.53984*	0.79636*	0.85428*	0.60144*	0.86356*	0.87137*	0.7608*	0.79592*
Mg	0.74773*	0.8184*	0.73875*	0.76503*	0.55659*	0.73192*	0.6593*	0.88513*	0.84236*
Mn	-0.08825	0.23057	0.38282*	0.57528*	0.78447*	0.49664*	0.47132*	0.47499*	0.75721*
Mo	0.72433*	0.71654*	0.35313*	0.32661*	0.02879	0.35468*	0.27057	0.5825*	0.24932
Na	0.89642*	0.78888*	0.46752*	0.44016*	-0.02937	0.42825*	0.31363*	0.62311*	0.40956*
Nb	0.5362*	0.57295*	0.86817*	0.92753*	0.68114*	0.90611*	0.98704*	0.83835*	0.82131*
Nd	0.45277*	0.5019*	0.85137*	0.9293*	0.70729*	0.89611*	0.99611*	0.78544*	0.8119*
Ni	0.58803*	0.75779*	0.7864*	0.88945*	0.73498*	0.8578*	0.81904*	0.92402*	0.95652*
P	0.36621*	0.44799*	0.82856*	0.9204*	0.85002*	0.9021*	0.92918*	0.77821*	0.88601*
Pb	0.47411*	0.57379*	0.79656*	0.98828*	0.75063*	0.93451*	0.92545*	0.81221*	0.89243*
Pr	0.47218*	0.51282*	0.84837*	0.93888*	0.69954*	0.90484*	0.99329*	0.78954*	0.81838*
Rb	0.73679*	0.46305*	0.20585	0.0536	-0.26298	0.06958	0.0261	0.27638	0.02303
S	0.53796*	0.50294*	0.2606	0.25932	0.12634	0.31682*	0.21101	0.50309*	0.14609
Sb	0.31954*	0.49641*	0.71723*	0.91994*	0.78785*	0.86374*	0.83477*	0.75732*	0.91327*
Sc	0.75966*	0.71894*	0.86344*	0.90065*	0.52136*	0.85603*	0.9162*	0.85462*	0.79164*
Se	0.76573*	0.72163*	0.75377*	0.72184*	0.35879*	0.74214*	0.72137*	0.8053*	0.66187*
Sm	0.46138*	0.5079*	0.85028*	0.93793*	0.70075*	0.9004*	0.99353*	0.78417*	0.81849*
Sn	0.74229*	0.75144*	0.81018*	0.91325*	0.56276*	0.86371*	0.8552*	0.87054*	0.84019*
Sr	0.38847*	0.48262*	0.81541*	0.90551*	0.88233*	0.90395*	0.92355*	0.807*	0.83293*
Ta	0.49497*	0.53568*	0.85913*	0.93459*	0.6883*	0.9069*	0.98673*	0.81314*	0.82142*
Tb	0.48439*	0.51781*	0.83995*	0.9383*	0.68878*	0.9057*	0.99139*	0.79194*	0.81367*
Te	0.10001	0.23423	0.62097*	0.77263*	0.73708*	0.76179*	0.76077*	0.50416*	0.67559*
Th	0.51666*	0.5302*	0.85723*	0.93552*	0.67718*	0.91377*	0.98104*	0.79914*	0.82787*
Ti	0.91182*	0.72126*	0.68507*	0.59936*	0.18424	0.57885*	0.60109*	0.70726*	0.53349*
Tl	0.60723*	0.72506*	0.73966*	0.83035*	0.70849*	0.88888*	0.7977*	0.92483*	0.75756*
Tm	0.57809*	0.55989*	0.84162*	0.91236*	0.64374*	0.91621*	0.93302*	0.79461*	0.81425*
U	0.5877*	0.59005*	0.85366*	0.93028*	0.67128*	0.95378*	0.95321*	0.84436*	0.84171*
V	0.82381*	0.82796*	0.72273*	0.76518*	0.50321*	0.7081*	0.65353*	0.85023*	0.85279*
W	0.60072*	0.7134*	0.58184*	0.69701*	0.5597*	0.60689*	0.5262*	0.72615*	0.74169*
Y	0.55944*	0.56269*	0.85908*	0.9373*	0.67672*	0.93531*	0.96886*	0.82095*	0.8347*
Yb	0.63457*	0.61055*	0.86367*	0.93638*	0.65047*	0.93272*	0.94605*	0.8421*	0.85091*
Zn	0.59237*	0.70954*	0.80405*	0.97242*	0.72499*	0.91754*	0.87867*	0.88913*	0.90294*
Zr	0.46552*	0.46681*	0.8405*	0.87317*	0.64815*	0.86793*	0.96438*	0.77923*	0.74724*
(*) alta significância de Pearson									

Tabela 6.1- Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras de sedimento do rio Morrão - <i>continuação</i>									
	Cs	Cu	Dy	Er	Eu	Fe	Ga	Gd	Hf
Al	0.95671*	0.74128*	0.52066*	0.60817*	0.4623*	-0.00867	0.87865*	0.47092*	0.42386*
As	0.83475*	0.79809*	0.55992*	0.61152*	0.51205*	0.26219	0.83452*	0.50722*	0.40241*
Be	0.53398*	0.84746*	0.85736*	0.8702*	0.84407*	0.44736*	0.76061*	0.84042*	0.81438*
Bi	0.53658*	0.91189*	0.94785*	0.93899*	0.93637*	0.60527*	0.83077*	0.94495*	0.81765*
Ca	0.15251	0.59651*	0.69548*	0.66114*	0.7067*	0.77573*	0.40644*	0.69758*	0.61473*
Cd	0.47876*	0.85296*	0.91882*	0.92781*	0.90465*	0.5382*	0.75394*	0.90323*	0.81614*
Ce	0.41434*	0.86886*	0.98782*	0.94914*	0.99407*	0.50587*	0.7403*	0.98611*	0.92077*
Co	0.66745*	0.92526*	0.81569*	0.82612*	0.79311*	0.54336*	0.83596*	0.77835*	0.72034*
Cr	0.47703*	0.8693*	0.83422*	0.85636*	0.81329*	0.80216*	0.77188*	0.81607*	0.67735*
Cs	1	0.70872*	0.47628*	0.57274*	0.41144*	0.05399	0.86409*	0.42524*	0.35209*
Cu	0.70872*	1	0.90066*	0.916*	0.87025*	0.52236*	0.9256*	0.86967*	0.77174*
Dy	0.47628*	0.90066*	1	0.97516*	0.99196*	0.52357*	0.79047*	0.9904*	0.90426*
Er	0.57274*	0.916*	0.97516*	1	0.95744*	0.50883*	0.84378*	0.96336*	0.86588*
Eu	0.41144*	0.87025*	0.99196*	0.95744*	1	0.5208*	0.74423*	0.99219*	0.91404*
Fe	0.05399	0.52236*	0.52357*	0.50883*	0.5208*	1	0.36564*	0.52592*	0.39438*
Ga	0.86409*	0.9256*	0.79047*	0.84378*	0.74423*	0.36564*	1	0.75259*	0.63127*
Gd	0.42524*	0.86967*	0.99045*	0.96336*	0.99219*	0.52592*	0.75259*	1	0.91122*
Hf	0.35209*	0.77174*	0.90426*	0.86588*	0.91404*	0.39438*	0.63127*	0.91122*	1
Ho	0.50819*	0.8875*	0.98709*	0.97181*	0.98198*	0.47193*	0.79911*	0.9743*	0.89202*
In	0.41461*	0.82656*	0.92012*	0.90461*	0.9166*	0.63705*	0.72291*	0.93301*	0.81247*
K	0.42002*	-8.53E-02	-0.1743	-0.10476	-0.19376	-0.55204*	0.1422	-0.19638	-0.04163
La	0.413*	0.86646*	0.98639*	0.94903*	0.99072*	0.50362*	0.74283*	0.99028*	0.91601*
Li	0.96181*	0.66209*	0.43095*	0.52942*	0.3653*	-0.07391	0.83677*	0.37775*	0.32045*
Lu	0.54096*	0.82237*	0.89146*	0.90788*	0.87574*	0.48501*	0.79089*	0.8668*	0.77861*
Mg	0.74802*	0.84522*	0.69575*	0.75553*	0.6617*	0.53077*	0.87085*	0.66107*	0.55417*
Mn	-0.01771	0.45827*	0.48333*	0.46167*	0.48437*	0.97591*	0.30263*	0.49021*	0.32872*
Mo	0.68492*	0.55077*	0.30001*	0.35987*	0.27723	-0.16386	0.57976*	0.27195	0.24727
Na	0.85827*	0.66989*	0.38066*	0.48015*	0.32472*	-0.01338	0.77015*	0.3295*	0.26641
Nb	0.48014*	0.91026*	0.98773*	0.96066*	0.98568*	0.49296*	0.78897*	0.98188*	0.92019*
Nd	0.40096*	0.86642*	0.99064*	0.95304*	0.99828*	0.52669*	0.73902*	0.99097*	0.92061*
Ni	0.59299*	0.93454*	0.85307*	0.87559*	0.82367*	0.72775*	0.83845*	0.8281*	0.70282*
P	0.36006*	0.82378*	0.93674*	0.91573*	0.93772*	<b>0.7069*</b>	0.69045*	0.92967*	0.83752*
Pb	0.4605*	0.88602*	0.94964*	0.93284*	0.94182*	0.66549*	0.78343*	0.95182*	0.82339*
Pr	0.42149*	0.87394*	0.99339*	0.9628*	0.99691*	0.52409*	0.75099*	0.99711*	0.92167*
Rb	0.73612*	0.23926	0.0764	0.17557	0.02063	-0.36559*	0.487*	0.03513	0.0993
S	0.53543*	0.43991*	0.23816	0.28066	0.22401	-0.13855	0.39963*	0.20748	0.19749
Sb	0.33416*	0.81966*	0.8678*	0.85357*	0.86133*	0.82922*	0.69027*	0.87033*	0.71524*
Sc	0.70775*	0.94596*	0.93402*	0.94967*	0.91276*	0.36685*	0.9157*	0.91688*	0.84875*
Se	0.69551*	0.86431*	0.74585*	0.78627*	0.72354*	0.21191	0.81206*	0.70895*	0.65427*
Sm	0.41291*	0.87228*	0.99306*	0.96238*	0.99747*	0.53224*	0.74712*	0.99612*	0.91581*
Sn	0.71214*	0.94931*	0.89325*	0.93163*	0.86897*	0.47614*	0.92934*	0.87554*	0.77868*
Sr	0.40631*	0.83104*	0.92921*	0.90816*	0.93042*	0.64763*	0.69363*	0.92092*	0.83706*
Ta	0.44158*	0.89164*	0.98791*	0.96022*	0.99168*	0.51994*	0.76602*	0.98994*	0.9223*
Tb	0.43229*	0.87535*	0.9952*	0.96137*	0.99645*	0.51227*	0.76026*	0.99115*	0.91248*
Te	0.13941	0.57305*	0.76306*	0.73778*	0.78284*	0.63655*	0.45037*	0.79564*	0.71702*
Th	0.46595*	0.88277*	0.98692*	0.96792*	0.9852*	0.51705*	0.7778*	0.98194*	0.93042*
Ti	0.86603*	0.75845*	0.63059*	0.69729*	0.58366*	0.03973	0.85323*	0.59044*	0.65097*
Tl	0.61079*	0.8573*	0.81672*	0.82514*	0.795*	0.44252*	0.75341*	0.78751*	0.76502*
Tm	0.54311*	0.87044*	0.9485*	0.95619*	0.9333*	0.4636*	0.8019*	0.9387*	0.85163*
U	0.53636*	0.90832*	0.97507*	0.97997*	0.96265*	0.48174*	0.81455*	0.95822*	0.87522*
V	0.82344*	0.87393*	0.70322*	0.78312*	0.65351*	0.49185*	0.91032*	0.67009*	0.53748*
W	0.69932*	0.75866*	0.58199*	0.65792*	0.54701*	0.5949*	0.76035*	0.56636*	0.39402*
Y	0.51109*	0.89329*	0.98692*	0.97766*	0.97725*	0.49615*	0.80416*	0.97076*	0.89116*
Yb	0.59437*	0.92027*	0.97386*	0.98757*	0.953*	0.49111*	0.85279*	0.95957*	0.87256*
Zn	0.58168*	0.93985*	0.90732*	0.91547*	0.88798*	0.6459*	0.84502*	0.89741*	0.78139*
Zr	0.39734*	0.83561*	0.95424*	0.91538*	0.95973*	0.44278*	0.69889*	0.95506*	0.98406*
(*) alta significância de Pearson									



Tabela 6.1- Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras de sedimento do rio Morrão - <i>continuação</i>									
	Ho	In	K	La	Li	Lu	Mg	Mn	Mo
Al	0.55987*	0.4262*	0.46691*	0.46439*	0.96802*	0.56721*	0.74773*	-0,08825	0.72433*
As	0.55828*	0.48359*	0.16766	0.51311*	0.8075*	0.53984*	0.8184*	0.23057	0.71654*
Be	0.86391*	0.77505*	-0,01847	0.84407*	0.51032*	0.79636*	0.73875*	0.38282*	0.35313*
Bi	0.9383*	0.96196*	-0,24385	0.92781*	0.4556*	0.85428*	0.76503*	0.57528*	0.32661*
Ca	0.67456*	0.74321*	-0,41818*	0.70185*	0.00173	0.60144*	0.55659*	0.78447*	0,02879
Cd	0.92831*	0.90596*	-0,18648	0.87771*	0.41777*	0.86356*	0.73192*	0.49664*	0.35468*
Ce	0.97273*	0.89843*	-0,17953	0.99531*	0.37019*	0.87137*	0.6593*	0.47132*	0,27057
Co	0.8172*	0.74914*	0,0302	0.77587*	0.61191*	0.7608*	0.88513*	0.47499*	0.5825*
Cr	0.81959*	0.84071*	-0,2387	0.79782*	0.40098*	0.79592*	0.84236*	0.75721*	0,24932
Cs	0.50819*	0.4461*	0.42002*	0.413*	0.96181*	0.54096*	0.74802*	-0,01771	0.68492*
Cu	0.8875*	0.82656*	-0,08534	0.86646*	0.66209*	0.82237*	0.84522*	0.45827*	0.55077*
Dy	0.98709*	0.92012*	-0,1743	0.98639*	0.43095*	0.89146*	0.69575*	0.48333*	0.30001*
Er	0.97181*	0.90461*	-0,10476	0.94903*	0.52942*	0.90788*	0.75553*	0.46167*	0.35987*
Eu	0.98198*	0.9166*	-0,19376	0.99072*	0.3653*	0.87574*	0.6617*	0.48437*	0,27723
Fe	0.47193*	0.63705*	-0.55204*	0.50362*	-0,07391	0.48501*	0.53077*	0.97591*	-0,16386
Ga	0.79911*	0.72291*	0,422	0.74283*	0.83677*	0.79089*	0.87085*	0.30263*	0.57976*
Gd	0.9743*	0.93301*	-0,19638	0.99028*	0.37775*	0.8668*	0.66107*	0.49021*	0,27195
Hf	0.89202*	0.81247*	-0,04163	0.91601*	0.32045*	0.77861*	0.55417*	0.32872*	0,24727
Ho	1	0.90966*	-0,10391	0.96742*	0.46433*	0.91329*	0.71783*	0.42683*	0.33678*
In	0.90966*	1	-0,25847	0.90996*	0.32976*	0.81447*	0.70227*	0.6077*	0,19625
K	-0,10391	-2,58E-01	1	-0,19232	0.52312*	-0,07521	0,14849	-0.60128*	0.35085*
La	0.96742*	0.90996*	-0,19232	1	0.36755*	0.85724*	0.65396*	0.47473*	0,26533
Li	0.46433*	0.32976*	0.52312*	0.36755*	1	0.50035*	0.69753*	-0,14826	0.71773*
Lu	0.91329*	0.81447*	-0,07521	0.85724*	0.50035*	1	0.70569*	0.4147*	0,26856
Mg	0.71783*	0.70227*	0,14849	0.65396*	0.69753*	0.70569*	1	0.4934*	0.51003*
Mn	0.42683*	0.6077*	-0.60128*	0.47473*	-0,14826	0.4147*	0.4934*	1	-0,22387
Mo	0.33678*	0,19625	0.35085*	0,26533	0.71773*	0,26856	0.51003*	-0,22387	1
Na	0.41422*	0.30673*	0.32015*	0.305*	0.88693*	0.44875*	0.65194*	-0,10711	0.7819*
Nb	0.97273*	0.89675*	-0,13649	0.98505*	0.44506*	0.86588*	0.69853*	0.44307*	0.37197*
Nd	0.97851*	0.91245*	-0,19296	0.99244*	0.35628*	0.87702*	0.6564*	0.48732*	0,26183
Ni	0.82832*	0.82629*	-0,18855	0.81315*	0.51517*	0.78073*	0.88213*	0.68464*	0.41619*
P	0.93209*	0.92676*	-0.29563*	0.92456*	0,25833	0.85907*	0.70453*	0.67673*	0,13113
Pb	0.93427*	0.97026*	-0,28158	0.92789*	0.37907*	0.84865*	0.73967*	0.63501*	0,26005
Pr	0.97794*	0.92348*	-0,18833	0.99332*	0.37699*	0.87104*	0.66541*	0.48593*	0,27458
Rb	0,12424	-0,00899	0.8628*	0,02535	0.8116*	0,15333	0.41721*	-0.42051*	0.50633*
S	0,25791	0,17515	0,1937	0,19763	0.54108*	0,21604	0.33325*	-0,20395	0.79649*
Sb	0.83446*	0.91696*	-0.42174*	0.8354*	0.24227	0.78476*	0.69496*	0.79885*	0,13794
Sc	0.93441*	0.83385*	0,06104	0.91578*	0.68865*	0.87391*	0.78995*	0.3034*	0.50582*
Se	0.77102*	0.61731*	0.08506	0.7074*	0.70296*	0.73398*	0.69262*	0,1253	0.72532*
Sm	0.97779*	0.92308*	-0,19843	0.99266*	0.36701*	0.8755*	0.66203*	0.49484*	0,2622
Sn	0.89283*	0.8281*	-0,0213	0.85486*	0.66976*	0.83734*	0.81239*	0.4099*	0.5409*
Sr	0.92209*	0.90123*	-0,25304	0.91693*	0.30615*	0.84436*	0.68539*	0.61097*	0,23477
Ta	0.97179*	0.91182*	-0,16863	0.98523*	0.40308*	0.86684*	0.6788*	0.47304*	0.32012*
Tb	0.98653*	0.92079*	-0,18001	0.98978*	0.38912*	0.88742*	0.66831*	0.47342*	0,27831
Te	0.73775*	0.80932*	-0.35406*	0.75651*	0,04546	0.67613*	0.43836*	0.62158*	-0,05651
Th	0.98219*	0.90637*	-0,15269	0.97564*	0.41895*	0.90655*	0.68221*	0.4647*	0,27624
Ti	0.66116*	0.4966*	0.4721*	0.59594*	0.8715*	0.65801*	0.71826*	-0,05261	0.61013*
Tl	0.82201*	0.77153*	0,00683	0.78507*	0.5389*	0.74354*	0.79596*	0.39557*	0.57537*
Tm	0.95811*	0.88809*	-0,07756	0.92433*	0.50411*	0.89935*	0.72104*	0.41438*	0.33042*
U	0.98088*	0.89088*	-0,11867	0.94631*	0.49739*	0.90686*	0.72363*	0.42517*	0.39495*
V	0.71756*	0.6797*	0,12087	0.65409*	0.76598*	0.71883*	0.92876*	0.4409*	0.53877*
W	0.58003*	0.63238*	-0,1036	0.53584*	0.58734*	0.59927*	0.77387*	0.54334*	0.47354*
Y	0.99542*	0.906*	-0,12383	0.96234*	0.46753*	0.92646*	0.71717*	0.44499*	0.32881*
Yb	0.97403*	0.89654*	-0,07316	0.94243*	0.54994*	0.91792*	0.74712*	0.4299*	0.38691*
Zn	0.89008*	0.92553*	-0,22719	0.88369*	0.49452*	0.8095*	0.82639*	0.6071*	0.40053*
Zr	0.94173*	0.85928*	-0,0806	0.9589*	0.36812*	0.83286*	0.61367*	0.38064*	0.28836*
(*) alta significância de Pears on									

Tabela 6.1- Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras de sedimento do rio Morrão - <i>continuação</i>									
	Na	Nb	Nd	Ni	P	Pb	Pr	Rb	S
Al	0.89642*	0.5362*	0.45277*	0.58803*	0.36621*	0.47411*	0.47218*	0.73679*	0.53796*
As	0.78888*	0.57295*	0.5019*	0.75779*	0.44799*	0.57379*	0.51282*	0.46305*	0.50294*
Be	0.46752*	0.86817*	0.85137*	0.7864*	0.82856*	0.79656*	0.84837*	0.20585	0.2606
Bi	0.44016*	0.92753*	0.9293*	0.88945*	0.9204*	0.98828*	0.93888*	0.0536	0.25932
Ca	-0.02937	0.68114*	0.70729*	0.73498*	0.85002*	0.75063*	0.69954*	-0.26298	0.12634
Cd	0.42825*	0.90611*	0.89611*	0.8578*	0.9021*	0.93451*	0.90484*	0.06958	0.31682*
Ce	0.31363*	0.98704*	0.99611*	0.81904*	0.92918*	0.92545*	0.99329*	0.0261	0.21101
Co	0.62311*	0.83835*	0.78544*	0.92402*	0.77821*	0.81221*	0.78954*	0.27638	0.50309*
Cr	0.40956*	0.82131*	0.8119*	0.95652*	0.88601*	0.89243*	0.81838*	0.02303	0.14609
Cs	0.85827*	0.48014*	0.40096*	0.59299*	0.36006*	0.4605*	0.42149*	0.73612*	0.53543*
Cu	0.66989*	0.91026*	0.86642*	0.93454*	0.82378*	0.88602*	0.87394*	0.23926	0.43991*
Dy	0.38066*	0.98773*	0.99064*	0.85307*	0.93674*	0.94964*	0.99339*	0.0764	0.23816
Er	0.48015*	0.96066*	0.95304*	0.87559*	0.91573*	0.93284*	0.9628*	0.17557	0.28066
Eu	0.32472*	0.98568*	0.99828*	0.82367*	0.93772*	0.94182*	0.99691*	0.02063	0.22401
Fe	-0.01338	0.49296*	0.52669*	0.72775*	<b>0.7069*</b>	0.66549*	0.52409*	-0.36559*	<b>-0.13855</b>
Ga	0.77015*	0.78897*	0.73902*	0.83845*	0.69045*	0.78343*	0.75099*	0.487*	0.39963*
Gd	0.3295*	0.98188*	0.99097*	0.8281*	0.92967*	0.95182*	0.99711*	0.03513	0.20748
Hf	0.26641	0.92019*	0.92061*	0.70282*	0.83752*	0.82339*	0.92167*	0.0993	0.19749
Ho	0.41422*	0.97273*	0.97851*	0.82832*	0.93209*	0.93427*	0.97794*	0.12424	0.25791
In	0.30673*	0.89675*	0.91245*	0.82629*	0.92676*	0.97026*	0.92348*	-0.00899	0.17515
K	0.32015*	-0.13649	-0.19296	-0.18855	-0.29563*	-0.28158	-0.18833	0.8628*	0.1937
La	0.305*	0.98505*	0.99244*	0.81315*	0.92456*	0.92789*	0.99332*	0.02535	0.19763
Li	0.88693*	0.44506*	0.35628*	0.51517*	0.25833	0.37907*	0.37699*	0.8116*	0.54108*
Lu	0.44875*	0.86588*	0.87702*	0.78073*	0.85907*	0.84865*	0.87104*	0.15333	0.21604
Mg	0.65194*	0.69853*	0.6564*	0.88213*	0.70453*	0.73967*	0.66541*	0.41721*	0.33325*
Mn	-0.10711	0.44307*	0.48732*	0.68464*	0.67673*	0.63501*	0.48593*	-0.42051*	-0.20395
Mo	0.7819*	0.37197*	0.26183	0.41619*	0.13113	0.26005	0.27458	0.50633*	0.79649*
Na	1	0.4001*	0.31049*	0.52437*	0.2211	0.3719*	0.32985*	0.60569*	0.67745*
Nb	0.4001*	1	0.98669*	0.852*	0.91312*	0.92623*	0.98822*	0.0998	0.29071*
Nd	0.31049*	0.98669*	1	0.82014*	0.93957*	0.93687*	0.99661*	0.01591	0.20252
Ni	0.52437*	0.852*	0.82014*	1	0.85839*	0.89294*	0.83019*	0.12635	0.29541*
P	0.2211	0.91312*	0.93957*	0.85839*	1	0.94075*	0.93454*	-0.0795	<b>0.11243</b>
Pb	0.3719*	0.92623*	0.93687*	0.89294*	0.94075*	1	0.94571*	-0.00725	0.20682
Pr	0.32985*	0.98822*	0.99661*	0.83019*	0.93454*	0.94571*	1	0.03588	0.21499
Rb	0.60569*	0.0998	0.01591	0.12635	-0.0795	-0.00725	0.03588	1	0.33683*
S	0.67745*	0.29071*	0.20252	0.29541*	0.11243	0.20682	0.21499	0.33683*	1
Sb	0.27366	0.83722*	0.8582*	0.89365*	0.91462*	0.95188*	0.86342*	-0.14378	0.11607
Sc	0.60971*	0.94474*	0.91052*	0.84325*	0.8171*	0.86935*	0.92013*	0.34359*	0.38039*
Se	0.76199*	0.78594*	0.71518*	0.73408*	0.60571*	0.67997*	0.72002*	0.34409*	0.61426*
Sm	0.32279*	0.98526*	0.99728*	0.82832*	0.93664*	0.9446*	0.99843*	0.02327	0.2051
Sn	0.65205*	0.89523*	0.86134*	0.8881*	0.80612*	0.88787*	0.87325*	0.29063*	0.40747*
Sr	0.26262	0.92021*	0.93092*	0.8508*	0.96813*	0.91755*	0.92473*	-0.02362	0.26057
Ta	0.35969*	0.99359*	0.99126*	0.84216*	0.92274*	0.93713*	0.99386*	0.06189	0.25056
Tb	0.34208*	0.98473*	0.99543*	0.82213*	0.93476*	0.94275*	0.99572*	0.04336	0.21644
Te	-0.02493	0.73384*	0.78186*	0.65408*	0.81826*	0.80376*	0.7835*	-0.19828	-0.07324
Th	0.37295*	0.97908*	0.98524*	0.83353*	0.9321*	0.93728*	0.98621*	0.07837	0.19722
Ti	0.7459*	0.65754*	0.58521*	0.61168*	0.48503*	0.53955*	0.59803*	0.70045*	0.40105*
Tl	0.51667*	0.83819*	0.78732*	0.85853*	0.77613*	0.80935*	0.79581*	0.23805	0.50249*
Tm	0.43627*	0.93779*	0.93239*	0.82377*	0.89056*	0.90855*	0.93678*	0.16796	0.23714
U	0.47101*	0.97209*	0.95764*	0.86078*	0.91452*	0.92591*	0.96294*	0.1383	0.32827*
V	0.70976*	0.70187*	0.64735*	0.87703*	0.6811*	0.734*	0.66598*	0.42576*	0.34578*
W	0.59335*	0.58069*	0.53977*	0.79047*	0.60399*	0.67063*	0.55477*	0.23915	0.36601*
Y	0.42533*	0.97079*	0.97478*	0.84036*	0.93511*	0.9362*	0.9751*	0.11562	0.2593
Yb	0.49834*	0.96402*	0.95034*	0.86973*	0.90762*	0.93279*	0.95955*	0.198	0.31467*
Zn	0.51803*	0.89924*	0.88073*	0.94119*	0.88754*	0.96248*	0.89437*	0.08085	0.32944*
Zr	0.31117*	0.9683*	0.96418*	0.77071*	0.8822*	0.87809*	0.96401*	0.09629	0.22354

(\*) alta significância de Pears on

Tabela 6.1- Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras de sedimento do rio Morrão - <i>continuação</i>									
	Sb	Sc	Se	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Te
Al	0.31954*	0.75966*	0.76573*	0.46138*	0.74229*	0.38847*	0.49497*	0.48439*	0.10001
As	0.49641*	0.71894*	0.72163*	0.5079*	0.75144*	0.48262*	0.53568*	0.51781*	0.23423
Be	0.71723*	0.86344*	0.75377*	0.85028*	0.81018*	0.81541*	0.85913*	0.83995*	0.62097*
Bi	0.91994*	0.90065*	0.72184*	0.93793*	0.91325*	0.90551*	0.93459*	0.9383*	0.77263*
Ca	0.78785*	0.52136*	0.35879*	0.70075*	0.56276*	0.88233*	0.6883*	0.68878*	0.73708*
Cd	0.86374*	0.85603*	0.74214*	0.9004*	0.86371*	0.90395*	0.9069*	0.9057*	0.76179*
Ce	0.83477*	0.9162*	0.72137*	0.99353*	0.8552*	0.92355*	0.98673*	0.99139*	0.76077*
Co	0.75732*	0.85462*	0.8053*	0.78417*	0.87054*	0.807*	0.81314*	0.79194*	0.50416*
Cr	0.91327*	0.79164*	0.66187*	0.81849*	0.84019*	0.83293*	0.82142*	0.81367*	0.67559*
Cs	0.33416*	0.70775*	0.69551*	0.41291*	0.71214*	0.40631*	0.44158*	0.43229*	0.13941
Cu	0.81966*	0.94596*	0.86431*	0.87228*	0.94931*	0.83104*	0.89164*	0.87535*	0.57305*
Dy	0.8678*	0.93402*	0.74585*	0.99306*	0.89325*	0.92921*	0.98791*	0.9952*	0.76306*
Er	0.85357*	0.94967*	0.78627*	0.96238*	0.93163*	0.90816*	0.96022*	0.96137*	0.73778*
Eu	0.86133*	0.91276*	0.72354*	0.99747*	0.86897*	0.93042*	0.99168*	0.99645*	0.78284*
Fe	0.82922*	0.36685*	0.21191	0.53224*	0.47614*	0.64763*	0.51994*	0.51227*	0.63655*
Ga	0.69027*	0.9157*	0.81206*	0.74712*	0.92934*	0.69363*	0.76602*	0.76026*	0.45037*
Gd	0.87033*	0.91688*	0.70895*	0.99612*	0.87554*	0.92092*	0.98994*	0.99115*	0.79564*
Hf	0.71524*	0.84875*	0.65427*	0.91581*	0.77868*	0.83706*	0.9223*	0.91248*	0.71702*
Ho	0.83446*	0.93441*	0.77102*	0.97779*	0.89283*	0.92209*	0.97179*	0.98653*	0.73775*
In	0.91696*	0.83385*	0.61731*	0.92308*	0.8281*	0.90123*	0.91182*	0.92079*	0.80932*
K	-0.42174*	0.06104	0.08506	-0.19843	-0.0213	-0.25304	-0.16863	-0.18001	-0.35406*
La	0.8354*	0.91578*	0.7074*	0.99266*	0.85486*	0.91693*	0.98523*	0.98978*	0.75651*
Li	0.24227	0.68865*	0.70296*	0.36701*	0.66976*	0.30615*	0.40308*	0.38912*	0.04546
Lu	0.78476*	0.87391*	0.73398*	0.8755*	0.83734*	0.84436*	0.86684*	0.88742*	0.67613*
Mg	0.69496*	0.78995*	0.69262*	0.66203*	0.81239*	0.68539*	0.6788*	0.66831*	0.43836*
Mn	0.79885*	0.3034*	0.1253	0.49484*	0.4099*	0.61097*	0.47304*	0.47342*	0.62158*
Mo	0.13794	0.50582*	0.72532*	0.2622	0.5409*	0.23477	0.32012*	0.27831	-0.05651
Na	0.27366	0.60971*	0.76199*	0.32279*	0.65205*	0.26262	0.35969*	0.34208*	-0.02493
Nb	0.83722*	0.94474*	0.78594*	0.98526*	0.89523*	0.92021*	0.99359*	0.98473*	0.73384*
Nd	0.8582*	0.91052*	0.71518*	0.99728*	0.86134*	0.93092*	0.99126*	0.99543*	0.78186*
Ni	0.89365*	0.84325*	0.73408*	0.82832*	0.8881*	0.8508*	0.84216*	0.82213*	0.65408*
P	0.91462*	0.81741*	0.60571*	0.93664*	0.80612*	0.96813*	0.92274*	0.93476*	0.81826*
Pb	0.95188*	0.86935*	0.67997*	0.9446*	0.88787*	0.91755*	0.93713*	0.94275*	0.80376*
Pr	0.86342*	0.92013*	0.72002*	0.99843*	0.87325*	0.92473*	0.99386*	0.99572*	0.7835*
Rb	-0.14378	0.34359*	0.34409*	0.02327	0.29063*	-0.02362	0.06189	0.04336	-0.19828
S	0.11607	0.38039*	0.61426*	0.2051	0.40747*	0.26057	0.25056	0.21644	-0.07324
Sb	1	0.75068*	0.5684*	0.86754*	0.81512*	0.88241*	0.8621*	0.85783*	0.83032*
Sc	0.75068*	1	0.85395*	0.91609*	0.94224*	0.8217*	0.93319*	0.91971*	0.61282*
Se	0.5684*	0.85395*	1	0.71607*	0.84835*	0.65264*	0.75178*	0.73085*	0.35457*
Sm	0.86754*	0.91609*	0.71607*	1	0.86901*	0.92496*	0.99267*	0.99518*	0.79095*
Sn	0.81512*	0.94224*	0.84835*	0.86901*	1	0.81952*	0.88644*	0.87364*	0.63892*
Sr	0.88241*	0.8217*	0.65264*	0.92496*	0.81952*	1	0.92101*	0.923*	0.80987*
Ta	0.8621*	0.93319*	0.75178*	0.99267*	0.88644*	0.92101*	1	0.98774*	0.7821*
Tb	0.85783*	0.91971*	0.73085*	0.99518*	0.87364*	0.923*	0.98774*	1	0.76403*
Te	0.83032*	0.61282*	0.35457*	0.79095*	0.63892*	0.80987*	0.7821*	0.76403*	1
Th	0.85576*	0.9321*	0.74395*	0.98508*	0.89267*	0.91769*	0.9842*	0.9866*	0.77917*
Ti	0.37591*	0.82851*	0.76766*	0.58691*	0.78075*	0.50203*	0.61821*	0.60399*	0.25336
Tl	0.71361*	0.82841*	0.77173*	0.78846*	0.8233*	0.83253*	0.81426*	0.79315*	0.58231*
Tm	0.80911*	0.92344*	0.78044*	0.93811*	0.87624*	0.88965*	0.93737*	0.94122*	0.73727*
U	0.83703*	0.94064*	0.81901*	0.95914*	0.91527*	0.91979*	0.96649*	0.96524*	0.72387*
V	0.68245*	0.82158*	0.74863*	0.65926*	0.86037*	0.66444*	0.67872*	0.66567*	0.42603*
W	0.70156*	0.6531*	0.64142*	0.55281*	0.75641*	0.633*	0.57233*	0.55119*	0.44066*
Y	0.8473*	0.93453*	0.7734*	0.97469*	0.9016*	0.92359*	0.96932*	0.98356*	0.74225*
Yb	0.84421*	0.95763*	0.80722*	0.95622*	0.93721*	0.90623*	0.96002*	0.95989*	0.72715*
Zn	0.90372*	0.88217*	0.74627*	0.89071*	0.91928*	0.87891*	0.89396*	0.88872*	0.69525*
Zr	0.77789*	0.90032*	0.7175*	0.96039*	0.8331*	0.88367*	0.96817*	0.95884*	0.7425*
(*) alta significância de Pears on									

Tabela 6.1- Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras de sedimento do rio Morrão - <i>continuação</i>									
	Th	Ti	Tl	Tm	U	V	W	Y	Yb
Al	0.51666*	0.91182*	0.60723*	0.57809*	0.5877*	0.82381*	0.60072*	0.55944*	0.63457*
As	0.5302*	0.72126*	0.72506*	0.55989*	0.59005*	0.82796*	0.7134*	0.56269*	0.61055*
Be	0.85723*	0.68507*	0.73966*	0.84162*	0.85366*	0.72273*	0.58184*	0.85908*	0.86367*
Bi	0.93552*	0.59936*	0.83035*	0.91236*	0.93028*	0.76518*	0.69701*	0.9373*	0.93638*
Ca	0.67718*	0.18424	0.70849*	0.64374*	0.67128*	0.50321*	0.5597*	0.67672*	0.65047*
Cd	0.91377*	0.57885*	0.88888*	0.91621*	0.95378*	0.7081*	0.60689*	0.93531*	0.93272*
Ce	0.98104*	0.60109*	0.7977*	0.93302*	0.95321*	0.65353*	0.5262*	0.96886*	0.94605*
Co	0.79914*	0.70726*	0.92483*	0.79461*	0.84436*	0.85023*	0.72615*	0.82095*	0.8421*
Cr	0.82787*	0.53349*	0.75756*	0.81425*	0.84171*	0.85279*	0.74169*	0.8347*	0.85091*
Cs	0.46595*	0.86603*	0.61079*	0.54311*	0.53636*	0.82344*	0.69932*	0.51109*	0.59437*
Cu	0.88277*	0.75845*	0.8573*	0.87044*	0.90832*	0.87393*	0.75866*	0.89329*	0.92027*
Dy	0.98692*	0.63059*	0.81672*	0.9485*	0.97507*	0.70322*	0.58199*	0.98692*	0.97386*
Er	0.96792*	0.69729*	0.82514*	0.95619*	0.97997*	0.78312*	0.65792*	0.97766*	0.98757*
Eu	0.9852*	0.58366*	0.795*	0.9333*	0.96265*	0.65351*	0.54701*	0.97725*	0.953*
Fe	0.51705*	0.03973	0.44252*	0.4636*	0.48174*	0.49185*	0.5949*	0.49615*	0.49111*
Ga	0.7778*	0.85323*	0.75341*	0.8019*	0.81455*	0.91032*	0.76035*	0.80416*	0.85279*
Gd	0.98194*	0.59044*	0.78751*	0.9387*	0.95822*	0.67009*	0.56636*	0.97076*	0.95957*
Hf	0.93042*	0.65097*	0.76502*	0.85161*	0.87522*	0.53748*	0.39402*	0.89116*	0.87256*
Ho	0.98219*	0.66116*	0.82201*	0.95811*	0.98088*	0.71756*	0.58003*	0.99542*	0.97403*
In	0.90637*	0.4966*	0.77153*	0.88809*	0.89088*	0.6797*	0.63238*	0.906*	0.89654*
K	-0,15269	0.4721*	0.00683	-0,07756	-0,11867	0,12087	-0,1036	-0,12383	-0,07316
La	0.97564*	0.59594*	0.78507*	0.92433*	0.94631*	0.65409*	0.53584*	0.96234*	0.94243*
Li	0.41895*	0.8715*	0.5389*	0.50411*	0.49739*	0.76598*	0.58734*	0.46753*	0.54994*
Lu	0.90655*	0.65801*	0.74354*	0.89935*	0.90686*	0.71883*	0.59927*	0.92646*	0.91792*
Mg	0.68221*	0.71826*	0.79596*	0.72104*	0.72363*	0.92876*	0.77387*	0.71717*	0.74712*
Mn	0.4647*	-0,05261	0.39557*	0.41438*	0.42517*	0.4409*	0.54334*	0.44499*	0.4299*
Mo	0.27624	0.61013*	0.57537*	0.33042*	0.39495*	0.53877*	0.47354*	0.32881*	0.38691*
Na	0.37295*	0.7459*	0.51667*	0.43627*	0.47110*	0.70976*	0.59335*	0.42533*	0.49834*
Nb	0.97908*	0.65754*	0.83819*	0.93779*	0.97209*	0.70187*	0.58069*	0.97079*	0.96402*
Nd	0.98524*	0.58521*	0.78732*	0.93239*	0.95764*	0.64735*	0.53977*	0.97478*	0.95034*
Ni	0.83353*	0.61168*	0.85853*	0.82377*	0.86078*	0.87703*	0.79047*	0.84036*	0.86973*
P	0.9321*	0.48503*	0.77613*	0.89056*	0.91452*	0.68111*	0.60399*	0.93511*	0.90762*
Pb	0.93728*	0.53955*	0.80935*	0.90855*	0.92591*	0.734*	0.67063*	0.9362*	0.93279*
Pr	0.98621*	0.59803*	0.79581*	0.93678*	0.96294*	0.66598*	0.55477*	0.9751*	0.95955*
Rb	0.07837	0.70045*	0.23805	0,16796	0,1383	0.42576*	0,23915	0,11562	0,198
S	0,19722	0.40105*	0.50249*	0,23714	0.32827*	0.34578*	0.36601*	0,2593	0.31467*
Sb	0.85576*	0.37591*	0.71361*	0.80911*	0.83703*	0.68245*	0.70156*	0.8473*	0.84421*
Sc	0.9321*	0.82851*	0.82841*	0.92344*	0.94064*	0.82158*	0.6531*	0.93453*	0.95763*
Se	0.74395*	0.76766*	0.77173*	0.78044*	0.81901*	0.74863*	0.64142*	0.7734*	0.80722*
Sm	0.98508*	0.58691*	0.78846*	0.93811*	0.95914*	0.65926*	0.55281*	0.97469*	0.95622*
Sn	0.89267*	0.78075*	0.8233*	0.87624*	0.91527*	0.86037*	0.75641*	0.9016*	0.93721*
Sr	0.91769*	0.50203*	0.83253*	0.88965*	0.91979*	0.66444*	0.633*	0.92359*	0.90623*
Ta	0.9842*	0.61821*	0.81426*	0.93737*	0.96649*	0.67872*	0.57233*	0.96932*	0.96002*
Tb	0.9866*	0.60399*	0.79315*	0.94122*	0.96524*	0.66567*	0.55119*	0.98356*	0.95989*
Tc	0.77917*	0,25336	0.58231*	0.73727*	0.72387*	0.42603*	0.44066*	0.74225*	0.72715*
Th	1	0.6578*	0.80335*	0.94832*	0.9721*	0.69494*	0.57389*	0.98378*	0.96976*
Ti	0.6578*	1	0.67164*	0.67348*	0.67534*	0.7886*	0.55588*	0.66411*	0.72125*
Tl	0.80335*	0.67164*	1	0.81892*	0.85618*	0.74713*	0.64681*	0.82198*	0.83931*
Tm	0.94832*	0.67348*	0.81892*	1	0.95675*	0.73711*	0.58725*	0.95907*	0.95727*
U	0.9721*	0.67534*	0.85618*	0.95675*	1	0.74671*	0.61231*	0.98625*	0.98471*
V	0.69494*	0.7886*	0.74713*	0.73711*	0.74671*	1	0.83939*	0.72755*	0.78609*
W	0.57389*	0.55588*	0.64681*	0.58725*	0.61231*	0.83939*	1	0.58773*	0.65197*
Y	0.98378*	0.66411*	0.82198*	0.95907*	0.98625*	0.72755*	0.58773*	1	0.98075*
Yb	0.96976*	0.72125*	0.83931*	0.95727*	0.98471*	0.78609*	0.65197*	0.98075*	1
Zn	0.88973*	0.62115*	0.87337*	0.87066*	0.90327*	0.81847*	0.74323*	0.89408*	0.91142*
Zr	0.96821*	0.65939*	0.80458*	0.90769*	0.92978*	0.60283*	0.45681*	0.94108*	0.92301*

(\*) alta significância de Pears on

Tabela 6.1- <i>continuação</i>		
	Zn	Zr
Al	0.59237*	0.46552*
As	0.70954*	0.46681*
Be	0.80405*	0.8405*
Bi	0.97242*	0.87317*
Ca	0.72499*	0.64815*
Cd	0.91754*	0.86793*
Ce	0.87867*	0.96438*
Co	0.88913*	0.77923*
Cr	0.90294*	0.74724*
Cs	0.58168*	0.39734*
Cu	0.93985*	0.83561*
Dy	0.90732*	0.95424*
Er	0.91547*	0.91538*
Eu	0.88798*	0.95973*
Fe	0.6459*	0.44278*
Ga	0.84502*	0.69889*
Gd	0.89741*	0.95506*
Hf	0.78139*	0.98406*
Ho	0.89008*	0.94173*
In	0.92553*	0.85928*
K	-0,22719	-0,0806
La	0.88369*	0.9589*
Li	0.49452*	0.36812*
Lu	0.8095*	0.83286*
Mg	0.82639*	0.61367*
Mn	0.6071*	0.38064*
Mo	0.40053*	0.28836*
Na	0.51803*	0.31117*
Nb	0.89924*	0.9683*
Nd	0.88073*	0.96418*
Ni	0.94119*	0.77071*
P	0.88754*	0.8822*
Pb	0.96248*	0.87809*
Pr	0.89437*	0.96401*
Rb	0,08085	0,09629
S	0.32944*	0,22354
Sb	0.90372*	0.77789*
Sc	0.88217*	0.90032*
Se	0.74627*	0.7175*
Sm	0.89071*	0.96039*
Sn	0.91928*	0.8331*
Sr	0.87891*	0.88367*
Ta	0.89396*	0.96817*
Tb	0.88872*	0.95884*
Te	0.69525*	0.7425*
Th	0.88973*	0.96821*
Ti	0.62115*	0.65939*
Tl	0.87337*	0.80458*
Tm	0.87066*	0.90769*
U	0.90327*	0.92978*
V	0.81847*	0.60283*
W	0.74323*	0.45681*
Y	0.89408*	0.94108*
Yb	0.91142*	0.92301*
Zn	1	0.83484*
Zr	0.83484*	1
(*) alta significância de Pearson		

Tabela 6.3 - Relações das concentrações de Fe e P com a ocorrência da vivianita					
Método	FRX				
Amostra	Fe	P	Fe	P	Fe/P
Unidade	%	%	mol.kg <sup>-1</sup>	mol.kg <sup>-1</sup>	
MR-A1	10,92	0,76	1,96	0,24	7,99
MR-A2	19,81	0,82	3,55	0,26	13,39
MR-A3	15,86	0,67	2,84	0,22	13,07
MR-A4	15,78	0,66	2,83	0,21	13,21
MR-A5	18,90	0,62	3,38	0,20	16,88
MR-A6	9,93	0,32	1,78	0,10	17,06
<b>MR-A7</b>	<b>7,95</b>	<b>0,35</b>	<b>1,42</b>	<b>0,11</b>	<b>12,65</b>
<b>MR-A8</b>	<b>8,81</b>	<b>1,03</b>	<b>1,58</b>	<b>0,33</b>	<b>4,74</b>
<b>MR-A9</b>	<b>21,53</b>	<b>1,99</b>	<b>3,86</b>	<b>0,64</b>	<b>6,01</b>
<b>MR-A10</b>	<b>13,54</b>	<b>1,19</b>	<b>2,43</b>	<b>0,38</b>	<b>6,31</b>
<b>MR-A11</b>	<b>14,53</b>	<b>1,39</b>	<b>2,60</b>	<b>0,45</b>	<b>5,78</b>
<b>MR-A12</b>	<b>12,79</b>	<b>1,06</b>	<b>2,29</b>	<b>0,34</b>	<b>6,68</b>
<b>MR-A13</b>	<b>11,76</b>	<b>0,98</b>	<b>2,11</b>	<b>0,32</b>	<b>6,67</b>
MR-A14	9,14	0,54	1,64	0,17	9,39
MR-A15	8,91	0,45	1,60	0,15	10,89
MR-A16	8,76	0,60	1,57	0,19	8,13
MR-B1	11,38	0,68	2,04	0,22	9,29
MR-B2	16,15	0,73	2,89	0,23	12,31
MR-B3	14,39	0,70	2,58	0,23	11,36
MR-B4	16,17	0,63	2,90	0,20	14,17
MR-B5	16,89	0,60	3,02	0,19	15,52
MR-B6	10,65	0,35	1,91	0,11	17,12
MR-B7	8,40	0,29	1,50	0,09	16,04
MR-B8	4,68	0,15	0,84	0,05	17,78
<b>MR-B9</b>	<b>20,59</b>	<b>1,96</b>	<b>3,69</b>	<b>0,63</b>	<b>5,82</b>
<b>MR-B10</b>	<b>12,09</b>	<b>0,99</b>	<b>2,17</b>	<b>0,32</b>	<b>6,80</b>
<b>MR-B11</b>	<b>11,18</b>	<b>0,88</b>	<b>2,00</b>	<b>0,28</b>	<b>7,07</b>
<b>MR-B12</b>	<b>14,86</b>	<b>1,40</b>	<b>2,66</b>	<b>0,45</b>	<b>5,88</b>
<b>MR-B13</b>	<b>14,24</b>	<b>1,29</b>	<b>2,55</b>	<b>0,42</b>	<b>6,11</b>
MR-B14	11,13	0,86	1,99	0,28	7,22
MR-B15	8,97	0,51	1,61	0,17	9,66
MR-B16	8,56	0,53	1,53	0,17	8,99
MR-C1	9,86	0,64	1,77	0,21	8,53
MR-C2	18,80	0,80	3,37	0,26	12,99
MR-C3	12,54	0,63	2,25	0,20	10,99
MR-C4	15,72	0,69	2,81	0,22	12,64
MR-C5	15,85	0,62	2,84	0,20	14,28
MR-C6	10,67	0,37	1,91	0,12	16,14
MR-C7	8,27	0,31	1,48	0,10	15,02
MR-C8	5,41	0,17	0,97	0,05	17,64
<b>MR-C9</b>	<b>22,07</b>	<b>2,33</b>	<b>3,95</b>	<b>0,75</b>	<b>5,24</b>
<b>MR-C10</b>	<b>13,04</b>	<b>1,12</b>	<b>2,34</b>	<b>0,36</b>	<b>6,48</b>
<b>MR-C11</b>	<b>15,98</b>	<b>1,75</b>	<b>2,86</b>	<b>0,56</b>	<b>5,08</b>
<b>MR-C12</b>	<b>14,02</b>	<b>1,55</b>	<b>2,51</b>	<b>0,50</b>	<b>5,02</b>
<b>MR-C13</b>	<b>12,33</b>	<b>1,18</b>	<b>2,21</b>	<b>0,38</b>	<b>5,80</b>
MR-C14	9,96	0,73	1,78	0,24	7,53
MR-C15	8,79	0,51	1,57	0,16	9,63
MR-C16	8,46	0,46	1,52	0,15	10,24
<b>(1.03)</b> amostras com vivianita; <b>(0.98)</b> amostras <i>outliners</i>					

Tabela 6.4 - Relações das concentrações de Fe e P com a ocorrência da vivianita de Oliveira-Silva (2013)							
Amostra	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe	P	Fe	P	Fe/P
Unidade	%	%	%	%	mol/kg	mol/kg	
M4A 0-5M	15,17	1,66	10,61	0,72	1,90	0,23	8,12
M4A 5-10M	18,06	1,73	12,63	0,76	2,26	0,24	9,28
M4A 10-15M	23,18	2,11	16,21	0,92	2,90	0,30	9,76
M4A 15-20M	24,33	2,04	17,02	0,89	3,05	0,29	10,60
M4A 20-25M	34,01	1,8	23,79	0,79	4,26	0,25	16,79
M4A 25-30M	38,95	1,97	27,24	0,86	4,88	0,28	17,57
M4A 30-35M	50,27	2,06	35,16	0,90	6,30	0,29	21,69
M4A 35-40M	39,82	1,86	27,85	0,81	4,99	0,26	19,03
M4A 40-45M	37,47	1,63	26,21	0,71	4,69	0,23	20,43
M4A 45-50M	41,13	2,59	28,77	1,13	5,15	0,36	14,12
M4A 50-55M	25,84	4,16	18,07	1,82	3,24	0,59	5,52
M4A 55-60M	<b>21,50</b>	<b>5,12</b>	<b>15,04</b>	<b>2,23</b>	<b>2,69</b>	<b>0,72</b>	<b>3,73</b>
M4A 60-70M	<b>12,48</b>	<b>10,92</b>	<b>8,73</b>	<b>4,77</b>	<b>1,56</b>	<b>1,54</b>	<b>1,02</b>
M4A 70-80M	<b>13,27</b>	<b>10,63</b>	<b>9,28</b>	<b>4,64</b>	<b>1,66</b>	<b>1,50</b>	<b>1,11</b>
M4A 80-90M	<b>12,48</b>	<b>11,12</b>	<b>8,73</b>	<b>4,85</b>	<b>1,56</b>	<b>1,57</b>	<b>1,00</b>
M4A 90-100M	<b>19,87</b>	<b>8,50</b>	<b>13,90</b>	<b>3,71</b>	<b>2,49</b>	<b>1,20</b>	<b>2,08</b>
M4A 100-110M	<b>12,75</b>	<b>11,46</b>	<b>8,92</b>	<b>5,00</b>	<b>1,60</b>	<b>1,61</b>	<b>0,99</b>
M4A 110-120M	25,51	4,10	17,84	1,79	3,20	0,58	5,53
M4A 120-130M	34,86	2,06	24,38	0,90	4,37	0,29	15,04
M4A 130-140M	-	-	-	-	-	-	-
M4A 140-150M	12,88	1,73	9,01	0,76	1,61	0,24	6,62
M4A 150-160M	8,35	0,83	5,84	0,36	1,05	0,12	8,94
M4A 160-170M	3,03	0,11	2,12	0,05	0,38	0,02	24,48
M4A 170-180M	2,99	0,12	2,09	0,05	0,37	0,02	22,15
M4A 180-190M	2,1	0,06	1,47	0,03	0,26	0,01	31,11
M4A 200-210M	1,96	0,06	1,37	0,03	0,25	0,01	29,04
M4A 210-220M	1,36	0,05	0,95	0,02	0,17	0,01	24,18
M4A 220-230M	3,13	0,07	2,19	0,03	0,39	0,01	39,74
M4A 230-240M	4,42	0,08	3,09	0,03	0,55	0,01	49,11
M4A 240-250M	4,3	0,09	3,01	0,04	0,54	0,01	42,47
M4A 250-260M	4,42	0,09	3,09	0,04	0,55	0,01	43,65
M4A 260-270M	5,09	0,12	3,56	0,05	0,64	0,02	37,70
<b>(15.04)</b> amostras com vivianita							

Tabela 6.5 - Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras com vivianita								
	Al	As	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co
Al	1	0.56917*	0.04731	-0.05649	-0.21227	-0.14868	-0.11761	0.26679
As	0.56917*	1	0.25566	0.31565	0.30746	0.19485	0.36333	0.68934*
Be	0.04731	0.25566	1	0.67451*	0.72247*	0.54877*	0.78092*	0.66911*
Bi	-0.05649	0.31565	0.67451*	1	0.88829*	0.85593*	0.88597*	0.68358*
Ca	-0.21227	0.30746	0.72247*	0.88829*	1	0.85913*	0.92983*	0.77666*
Cd	-0.14868	0.19485	0.54877*	0.85593*	0.85913*	1	0.76873*	0.64989*
Ce	-0.11761	0.36333	0.78092*	0.88597*	0.92983*	0.76873*	1	0.7804*
Co	0.26679	0.68934*	0.66911*	0.68358*	0.77666*	0.64989*	0.7804*	1
Cr	0.04343	0.31841	0.79771*	0.86982*	0.85003*	0.8365*	0.88386*	0.78351*
Cs	0.98857*	0.50347*	0.01559	-0.04839	-0.22573	-0.14782	-0.13825	0.24202
Cu	0.22709	0.59525*	0.81575*	0.80692*	0.7773*	0.62687*	0.88483*	0.88977*
Dy	-0.12765	0.30272	0.77255*	0.90844*	0.9359*	0.82104*	0.98205*	0.77736*
Er	-0.0153	0.2457	0.78382*	0.86818*	0.86314*	0.84174*	0.91763*	0.70633*
Eu	-0.17407	0.29341	0.7732*	0.91646*	0.94352*	0.81141*	0.98697*	0.75637*
Fe	-0.26735	0.08801	0.72039*	0.81582*	0.8055*	0.72356*	0.81686*	0.62876*
Ga	0.53725*	0.48369*	0.5622*	0.67591*	0.50634*	0.45134*	0.61756*	0.67797*
Gd	-0.12785	0.26641	0.77116*	0.93038*	0.90998*	0.81049*	0.96803*	0.7232*
Hf	-0.18997	0.32182	0.7912*	0.8183*	0.90154*	0.719*	0.92334*	0.76958*
Ho	-0.1357	0.23693	0.73795*	0.91339*	0.93655*	0.85632*	0.9497*	0.72235*
In	-0.10475	0.17864	0.68302*	0.95901*	0.84585*	0.84884*	0.83546*	0.5787*
K	0.54369*	6,15E-04	-0.50521*	-0.7892*	-0.74926*	-0.69334*	-0.79316*	-0.4078
La	-0.09039	0.36156	0.77778*	0.90273*	0.91264*	0.74427*	0.98967*	0.75077*
Li	0.95251*	0.47349*	-0.02468	-0.20848	-0.34537	-0.25386	-0.23071	0.16134
Lu	-0.14767	0.16141	0.53035*	0.76251*	0.77697*	0.83533*	0.80415*	0.59075*
Mg	0.45808*	0.52286*	0.66108*	0.70966*	0.67501*	0.61375*	0.6508*	0.77326*
Mn	-0.31024	0.10356	0.72529*	0.88364*	0.87769*	0.76687*	0.8785*	0.62941*
Mo	0.69398*	0.79244*	-0.0083	-0.10146	-0.1908	-0.17077	-0.1347	0.33428
Na	0.86959*	0.43179	-0.08845	-0.24668	-0.41418	-0.23052	-0.28597	0.10519
Nb	-0.04422	0.41256	0.81682*	0.88443*	0.90833*	0.77631*	0.98034*	0.83668*
Nd	-0.18239	0.29251	0.78482*	0.90644*	0.94201*	0.79501*	0.9906*	0.75432*
Ni	0.09186	0.49876*	0.80119*	0.83802*	0.86667*	0.78217*	0.90212*	0.90728*
P	-0.2142	0.1307	0.76818*	0.89136*	0.94505*	0.84223*	0.91399*	0.67426*
Pb	-0.13561	0.2349	0.69843*	0.98274*	0.90448*	0.87976*	0.90172*	0.67569*
Pr	-0.13836	0.29705	0.77943*	0.92037*	0.93058*	0.81192*	0.98526*	0.75481*
Rb	0.67204*	0.02784	-0.32189	-0.64681*	-0.67034*	-0.57248*	-0.67224*	-0.26294
S	0.57451*	0.73742*	-0.01038	-0.11556	-0.07093	0.00647	-0.06961	0.43336
Sb	-0.26296	0.12713	0.68643*	0.91381*	0.85016*	0.83744*	0.85295*	0.63361*
Sc	0.26007	0.53581*	0.78368*	0.83842*	0.77442*	0.69077*	0.89643*	0.83423*
Se	0.33536	0.59343*	0.56688*	0.47475*	0.381	0.42923	0.56733*	0.59669*
Sm	-0.16215	0.27926	0.78769*	0.91573*	0.9272*	0.80256*	0.98578*	0.74139*
Sn	0.22739	0.45545*	0.63321*	0.82369*	0.69159*	0.67795*	0.78202*	0.7451*
Sr	-0.18718	0.22914	0.77528*	0.88815*	0.96733*	0.86049*	0.94877*	0.76181*
Ta	-0.09977	0.34623	0.80708*	0.91099*	0.91051*	0.80614*	0.97099*	0.79949*
Tb	-0.15985	0.28161	0.74794*	0.91632*	0.93226*	0.80649*	0.98214*	0.74072*
Te	-0.31692	0.049	0.62476*	0.85368*	0.78915*	0.85787*	0.77103*	0.55266*
Th	-0.15528	0.26077	0.76599*	0.91209*	0.91936*	0.83664*	0.97345*	0.75205*
Ti	0.91411*	0.58505*	0.22256	0.00306	-0.08186	-0.12711	0.05254	0.42175
Tl	0.17865	0.664*	0.50912*	0.68934*	0.76421*	0.77002*	0.69963*	0.87461*
Tm	-0.00778	0.19428	0.73515*	0.84621*	0.81156*	0.83404*	0.87496*	0.64122*
U	-0.04933	0.2903	0.72867*	0.86351*	0.89351*	0.90875*	0.9138*	0.76468*
V	0.73029*	0.55678*	0.54923*	0.57358*	0.40369	0.46038*	0.50128*	0.64956*
W	0.27136	0.3132	0.51887*	0.64087*	0.37338	0.42567	0.51332*	0.45129*
Y	-0.12695	0.23183	0.72947*	0.8922*	0.92781*	0.87268*	0.94279*	0.72946*
Yb	0.02936	0.28943	0.75576*	0.87955*	0.86052*	0.86936*	0.90708*	0.75931*
Zn	0.08159	0.45426*	0.71977*	0.96634*	0.88437*	0.83608*	0.89564*	0.78173*
Zr	-0.13025	0.36727	0.81816*	0.86874*	0.92821*	0.77114*	0.96976*	0.8266*
(*) alta significância de Pearson								



Tabela 6.5 - Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras com vivianita								
	Cr	Cs	Cu	Dy	Er	Eu	Fe	Ga
Al	0,04343	0,98857*	0,22709	-0,12765	-0,0153	-0,17407	-0,26735	0,53725*
As	0,31841	0,50347*	0,59525*	0,30272	0,2457	0,29341	0,08801	0,48369*
Be	0,79771*	0,01559	0,81575*	0,77255*	0,78382*	0,7732*	0,72039*	0,5622*
Bi	0,86982*	-0,04839	0,80692*	0,90844*	0,86818*	0,91646*	0,81582*	0,67591*
Ca	0,85003*	-0,22573	0,7773*	0,9359*	0,86314*	0,94352*	0,8055*	0,50634*
Cd	0,8365*	-0,14782	0,62687*	0,82104*	0,84174*	0,81141*	0,72356*	0,45134*
Ce	0,88386*	-0,13825	0,88483*	0,98205*	0,91763*	0,98697*	0,81686*	0,61756*
Co	0,78351*	0,24202	0,88977*	0,77736*	0,70633*	0,75637*	0,62876*	0,67797*
Cr	1	0,0344	0,88608*	0,91219*	0,91496*	0,89537*	0,90314*	0,73903*
Cs	0,0344	1	0,20785	-0,1369	-0,02966	-0,18753	-0,25182	0,55763*
Cu	0,88608*	0,20785	1	0,87364*	0,82496*	0,85863*	0,7794*	0,81497*
Dy	0,91219*	-0,1369	0,87364*	1	0,94963*	0,99165*	0,85362*	0,62568*
Er	0,91496*	-0,02966	0,82496*	0,94963*	1	0,93718*	0,79098*	0,64736*
Eu	0,89537*	-0,18753	0,85863*	0,99165*	0,93718*	1	0,85735*	0,60169*
Fe	0,90314*	-0,25182	0,7794*	0,85362*	0,79098*	0,85735*	1	0,5999*
Ga	0,73903*	0,55763*	0,81497*	0,62568*	0,64736*	0,60169*	0,5999*	1
Gd	0,89517*	-0,13531	0,85676*	0,98446*	0,95104*	0,98253*	0,84443*	0,62518*
Hf	0,79734*	-0,21009	0,81622*	0,89587*	0,82214*	0,91676*	0,76898*	0,47232*
Ho	0,89794*	-0,14363	0,80482*	0,97948*	0,947*	0,97433*	0,82805*	0,59701*
In	0,85407*	-0,08831	0,7422*	0,87482*	0,87004*	0,87433*	0,81682*	0,60524*
K	-0,7013*	0,53602*	-0,59991*	-0,80902*	-0,70235*	-0,83062*	-0,84155*	-0,32141
La	0,86001*	-0,10541	0,88602*	0,97669*	0,91878*	0,97982*	0,79963*	0,64496*
Li	-0,05791	0,94326*	0,12782	-0,22794	-0,09985	-0,28438	-0,35094	0,42843
Lu	0,84693*	-0,15108	0,67729*	0,84641*	0,85648*	0,82746*	0,77749*	0,55722*
Mg	0,74337*	0,46306*	0,78508*	0,64652*	0,67481*	0,63718*	0,56799*	0,81341*
Mn	0,89294*	-0,29657	0,78313*	0,90487*	0,82779*	0,91552*	0,98029*	0,58033*
Mo	-0,05699	0,63993*	0,21263	-0,1609	-0,14935	-0,18303	-0,26829	0,21371
Na	-0,04989	0,85033*	0,08116	-0,27412	-0,10396	-0,31834	-0,30721	0,3678
Nb	0,91856*	-0,06237	0,9357*	0,97708*	0,92392*	0,97183*	0,84537*	0,67639*
Nd	0,90155*	-0,19799	0,86818*	0,98974*	0,92879*	0,99712*	0,87199*	0,60684*
Ni	0,94639*	0,07688	0,9508*	0,91457*	0,87814*	0,89414*	0,84368*	0,7202*
P	0,90771*	-0,21116	0,77045*	0,93677*	0,8979*	0,9413*	<b>0,89935*</b>	0,57763*
Pb	0,90854*	-0,13179	0,79374*	0,93042*	0,88853*	0,93441*	0,86888*	0,6309*
Pr	0,90373*	-0,14995	0,87028*	0,99167*	0,94605*	0,99403*	0,85413*	0,62048*
Rb	-0,53186*	0,67683*	-0,4019	-0,65511*	-0,51854*	-0,7004*	-0,70451*	-0,09744
S	-0,00788	0,51982*	0,18716	-0,08522	-0,03384	-0,10813	-0,25593	0,11023
Sb	0,9099*	-0,25175	0,77402*	0,90187*	0,85953*	0,90698*	0,96*	0,58511*
Sc	0,87848*	0,24423	0,96101*	0,88771*	0,88634*	0,87337*	0,72667*	0,82054*
Se	0,63397*	0,28679	0,70977*	0,55603*	0,59696*	0,53218*	0,41574	0,57741*
Sm	0,90112*	-0,17382	0,86849*	0,99207*	0,94705*	0,99548*	0,8615*	0,61144*
Sn	0,85358*	0,21532	0,84411*	0,8016*	0,83438*	0,80611*	0,73891*	0,81958*
Sr	0,92493*	-0,19292	0,823*	0,96873*	0,92865*	0,96758*	0,88754*	0,59767*
Ta	0,92098*	-0,11251	0,91228*	0,97863*	0,93688*	0,98093*	0,87548*	0,65513*
Tb	0,89666*	-0,16668	0,85406*	0,99417*	0,93564*	0,99441*	0,8578*	0,61705*
Te	0,82813*	-0,30076	0,65476*	0,8148*	0,82044*	0,83388*	0,85801*	0,42948
Th	0,91383*	-0,166	0,85425*	0,98326*	0,94383*	0,98954*	0,86573*	0,61128*
Ti	0,13725	0,898*	0,37793	0,00315	0,0708	-0,03209	-0,15085	0,58327*
Tl	0,66648*	0,15457	0,71671*	0,69468*	0,64725*	0,67448*	0,45606*	0,45425*
Tm	0,90702*	-0,0104	0,78072*	0,89941*	0,93031*	0,87458*	0,76047*	0,62202*
U	0,92939*	-0,06363	0,81313*	0,94899*	0,96675*	0,93287*	0,80219*	0,61345*
V	0,68653*	0,72782*	0,73682*	0,52671*	0,62364*	0,4778*	0,4137	0,89408*
W	0,6409*	0,26923	0,68192*	0,56699*	0,61627*	0,55675*	0,60441*	0,73493*
Y	0,91721*	-0,13442	0,80502*	0,97559*	0,95487*	0,96522*	0,8396*	0,60753*
Yb	0,95635*	0,0185	0,84777*	0,94923*	0,97433*	0,92476*	0,82611*	0,68982*
Zn	0,88216*	0,07618	0,86438*	0,89932*	0,87208*	0,90216*	0,7658*	0,71921*
Zr	0,88188*	-0,1479	0,89408*	0,9576*	0,88595*	0,96273*	0,83127*	0,57766*
(*) alta significância de Pearson								

Tabela 6.5 - Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras com vivianita								
	Gd	Hf	Ho	In	K	La	Li	Lu
Al	-0,12785	-0,18997	-0,1357	-0,10475	0,54369*	-0,09039	0,95251*	-0,14767
As	0,26641	0,32182	0,23693	0,17864	0,0006154	0,36156	0,47349*	0,16141
Be	0,77116*	0,7912*	0,73795*	0,68302*	-0,50521*	0,77778*	-0,02468	0,53035*
Bi	0,93038*	0,8183*	0,91339*	0,95901*	-0,7892*	0,90273*	-0,20848	0,76251*
Ca	0,90998*	0,90154*	0,93655*	0,84585*	-0,74926*	0,91264*	-0,34537	0,77697*
Cd	0,81049*	0,719*	0,85632*	0,84884*	-0,69334*	0,74427*	-0,25386	0,83533*
Ce	0,96803*	0,92334*	0,9497*	0,83546*	-0,79316*	0,98967*	-0,23071	0,80415*
Co	0,7232*	0,76958*	0,72235*	0,5787*	-0,4078	0,75077*	0,16134	0,59075*
Cr	0,89517*	0,79734*	0,89794*	0,85407*	-0,7013*	0,86001*	-0,05791	0,84693*
Cs	-0,13531	-0,21009	-0,14363	-0,08831	0,53602*	-0,10541	0,94326*	-0,15108
Cu	0,85676*	0,81622*	0,80482*	0,7422*	-0,59991*	0,88602*	0,12782	0,67729*
Dy	0,98446*	0,89587*	0,97948*	0,87482*	-0,80902*	0,97669*	-0,22794	0,84641*
Er	0,95104*	0,82214*	0,947*	0,87004*	-0,70235*	0,91878*	-0,09985	0,85648*
Eu	0,98253*	0,91676*	0,97433*	0,87433*	-0,83062*	0,97982*	-0,28438	0,82746*
Fe	0,84443*	0,76898*	0,82805*	0,81682*	-0,84155*	0,79963*	-0,35094	0,77749*
Ga	0,62518*	0,47232*	0,59701*	0,60524*	-0,32141	0,64496*	0,42843	0,55722*
Gd	1	0,91099*	0,95688*	0,90568*	-0,81416*	0,97795*	-0,23943	0,7978*
Hf	0,91099*	1	0,83526*	0,76513*	-0,71536*	0,91201*	-0,30156	0,60714*
Ho	0,95688*	0,83526*	1	0,88764*	-0,79247*	0,93942*	-0,24965	0,87921*
In	0,90568*	0,76513*	0,88764*	1	-0,78222*	0,86107*	-0,24413	0,74559*
K	-0,81416*	-0,71536*	-0,79247*	-0,78222*	1	-0,78882*	0,5967*	-0,76393*
La	0,97795*	0,91201*	0,93942*	0,86107*	-0,78882*	1	-0,20578	0,77397*
Li	-0,23943	-0,30156	-0,24965	-0,24413	0,5967*	-0,20578	1	-0,20686
Lu	0,7978*	0,60714*	0,87921*	0,74559*	-0,76393*	0,77397*	-0,20686	1
Mg	0,63311*	0,60056*	0,6528*	0,69553*	-0,28452	0,65965*	0,29442	0,54386*
Mn	0,90005*	0,82251*	0,89059*	0,87791*	-0,89231*	0,86989*	-0,41567	0,79966*
Mo	-0,15684	-0,08463	-0,23577	-0,18411	0,41771	-0,11803	0,65301*	-0,28513
Na	-0,2618	-0,3268	-0,31161	-0,26643	0,56156*	-0,26707	0,92283*	-0,19225
Nb	0,96596*	0,92104*	0,92551*	0,83881*	-0,76625*	0,97573*	-0,13899	0,7862*
Nd	0,97987*	0,91922*	0,96533*	0,86784*	-0,83755*	0,98286*	-0,29183	0,82522*
Ni	0,89612*	0,87482*	0,8553*	0,79443*	-0,64776*	0,88703*	-0,00843	0,74854*
P	0,91724*	0,83812*	0,958*	0,89524*	-0,79973*	0,8987*	-0,34142	0,84634*
Pb	0,94948*	0,84219*	0,93305*	0,95579*	-0,8242*	0,90535*	-0,27955	0,79728*
Pr	0,99434*	0,92653*	0,96402*	0,88766*	-0,82024*	0,98517*	-0,24829	0,81347*
Rb	-0,65118*	-0,61116*	-0,65927*	-0,62938*	0,90933*	-0,64409*	0,77014*	-0,64251*
S	-0,1071	0,01747	-0,15351	-0,19702	0,40814	-0,0834	0,56921*	-0,16341
Sb	0,91166*	0,80157*	0,89061*	0,9064*	-0,88706*	0,84847*	-0,35655	0,81784*
Sc	0,88971*	0,81422*	0,83866*	0,78202*	-0,59993*	0,90705*	0,15708	0,71648*
Se	0,52099*	0,42252	0,50468*	0,39075	-0,34457	0,54669*	0,35186	0,54899*
Sm	0,99152*	0,91735*	0,96729*	0,88434*	-0,83121*	0,98402*	-0,27237	0,82375*
Sn	0,82234*	0,705*	0,7714*	0,74992*	-0,55133*	0,78763*	0,11241	0,66875*
Sr	0,94153*	0,87852*	0,96421*	0,87117*	-0,78902*	0,93172*	-0,28786	0,85703*
Ta	0,97902*	0,92833*	0,93791*	0,86686*	-0,81*	0,968*	-0,19489	0,80335*
Tb	0,98098*	0,888*	0,98023*	0,88353*	-0,83817*	0,97814*	-0,2654	0,84946*
Te	0,84188*	0,78954*	0,81261*	0,85755*	-0,81203*	0,75337*	-0,41139	0,74185*
Th	0,9777*	0,90958*	0,96772*	0,87086*	-0,83288*	0,95989*	-0,25254	0,84156*
Ti	0,0069	0,04973	-0,05702	-0,07252	0,45076*	0,06725	0,86711*	-0,1459
Tl	0,66062*	0,71998*	0,66514*	0,61048*	-0,38674	0,67356*	0,04963	0,54846*
Tm	0,89038*	0,76069*	0,90595*	0,83806*	-0,69615*	0,85711*	-0,08107	0,85341*
U	0,9253*	0,81531*	0,95155*	0,83887*	-0,72482*	0,89412*	-0,12741	0,89587*
V	0,53582*	0,38636	0,51012*	0,54557*	-0,11508	0,52772*	0,63758*	0,46225*
W	0,61627*	0,40438	0,52997*	0,64668*	-0,48708*	0,57087*	0,23543	0,48024*
Y	0,94642*	0,81987*	0,99351*	0,8674*	-0,78553*	0,92627*	-0,22926	0,91261*
Yb	0,9443*	0,80968*	0,94169*	0,86105*	-0,70015*	0,89884*	-0,06816	0,87128*
Zn	0,92105*	0,85167*	0,88022*	0,92578*	-0,68031*	0,91012*	-0,08585	0,7105*
Zr	0,95214*	0,97604*	0,90441*	0,81422*	-0,76297*	0,95518*	-0,2292	0,72215*
(*) alta significância de Pearson								

Tabela 6.5 - Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras com vivianita								
	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Nd	Ni	P
Al	0.45808*	-0,31024	0.69398*	0.86959*	-0,04422	-0,18239	0.09186	-0,2142
As	0.52286*	0,10356	0.79244*	0,43179	0,41256	0,29251	0.49876*	0,1307
Be	0.66108*	0.72529*	-0,0083	-0,08845	0.81682*	0.78482*	0.80119*	0.76818*
Bi	0.70966*	0.88364*	-0,10146	-0,24668	0.88443*	0.90644*	0.83802*	0.89136*
Ca	0.67501*	0.87769*	-0,1908	-0,41418	0.90833*	0.94201*	0.86667*	0.94505*
Cd	0.61375*	0.76687*	-0,17077	-0,23052	0.77631*	0.79501*	0.78217*	0.84223*
Ce	0.6508*	0.8785*	-0,1347	-0,28597	0.98034*	0.9906*	0.90212*	0.91399*
Co	0.77326*	0.62941*	0,33428	0,10519	0.83668*	0.75432*	0.90728*	0.67426*
Cr	0.74337*	0.89294*	-0,05699	-0,04989	0.91856*	0.90155*	0.94639*	0.90771*
Cs	0.46306*	-0,29657	0.63993*	0.85033*	-0,06237	-0,19799	0,07688	-0,21116
Cu	0.78508*	0.78313*	0,21263	0,08116	0,9357*	0.86818*	0.9508*	0.77045*
Dy	0.64652*	0.90487*	-0,1609	-0,27412	0.97708*	0.98974*	0.91457*	0.93677*
Er	0.67481*	0.82779*	-0,14935	-0,10396	0.92392*	0.92879*	0.87814*	0.8979*
Eu	0.63718*	0.91552*	-0,18303	-0,31834	0.97183*	0.99712*	0.89414*	0.9413*
Fe	0.56799*	0.98029*	-0,26829	-0,30721	0.84537*	0.87199*	0.84368*	<b>0.89935*</b>
Ga	0.81341*	0.58033*	0,21371	0,3678	0.67639*	0.60684*	0.7202*	0.57763*
Gd	0.63311*	0.90005*	-0,15684	-0,2618	0.96596*	0.97987*	0.89612*	0.91724*
Hf	0.60056*	0.82251*	-0,08463	-0,3268	0.92104*	0.91922*	0.87482*	0.83812*
Ho	0.6528*	0.89059*	-0,23577	-0,31161	0.92551*	0.96533*	0.8553*	0.958*
In	0.69553*	0.87791*	-0,18411	-0,26643	0.83881*	0.86784*	0.79443*	0.89524*
K	-0,28452	-0.89231*	0,41771	0.56156*	-0,76625*	-0.83755*	-0.64776*	-0.79973*
La	0.65965*	0.86989*	-0,11803	-0,26707	0.97573*	0.98286*	0.88703*	0.8987*
Li	0,29442	-0,41567	0.65301*	0.92283*	-0,13899	-0,29183	-0,00843	-0,34142
Lu	0.54386*	0.79966*	-0,28513	-0,19225	0.7862*	0.82522*	0.74854*	0.84634*
Mg	1	0.58747*	0,20781	0,19886	0.68809*	0.6365*	0.76007*	0.69025*
Mn	0.58747*	1	-0,31808	-0,41183	0.88069*	0.9261*	0.84019*	0.94698*
Mo	0,20781	-0,31808	1	0.7105*	-0,02898	-0,18943	0,12506	-0,33692
Na	0,19886	-0,41183	0.7105*	1	-0,16926	-0,32581	-0,0117	-0,39452
Nb	0.68809*	0.88069*	-0,02898	-0,16926	1	0.97712*	0.95591*	0.89178*
Nd	0.6365*	0.9261*	-0,18943	-0,32581	0.97712*	1	0.9011*	0.94445*
Ni	0.76007*	0.84019*	0,12506	-0,0117	0.95591*	0.9011*	1	0.84505*
P	0.69025*	0.94698*	-0,33692	-0,39452	0.89178*	0.94445*	0.84505*	1
Pb	0.65996*	0.92116*	-0,16437	-0,29155	0.90067*	0.92941*	0.85901*	0.92454*
Pr	0.64781*	0.90871*	-0,15585	-0,27596	0.97894*	0.99314*	0.90979*	0.93183*
Rb	-0,12612	-0,77157*	0.44512*	0.71229*	-0,59154*	-0,70793*	-0,47254*	-0.69001*
S	0,20197	-0,30669	0.88846*	0.66136*	0,03207	-0,12594	0,19495	-0,26257
Sb	0.56833*	0.9706*	-0,23361	-0,30505	0.8763*	0.90712*	0.85081*	0.90981*
Sc	0.79138*	0.75184*	0,13792	0,10759	0.93222*	0.87448*	0.9203*	0.78255*
Se	0,39654	0,38336	0,40479	0,3852	0.62996*	0.5282*	0.64585*	0,37484
Sm	0.63517*	0.91629*	-0,18068	-0,30034	0.97458*	0.99489*	0.9007*	0.93528*
Sn	0.68248*	0.73037*	0,16559	0,17997	0.82905*	0.79424*	0.83936*	0.70629*
Sr	0.68346*	0.9293*	-0,24467	-0,32647	0.94526*	0.97007*	0.90206*	0.9759*
Ta	0.67206*	0.91093*	-0,08848	-0,20505	0.98736*	0.98116*	0.94164*	0.9098*
Tb	0.63571*	0.91637*	-0,19727	-0,31166	0.96516*	0.99202*	0.88696*	0.94323*
Te	0.50042*	0.87217*	-0,25197	-0,31418	0.78136*	0.81985*	0.77057*	0.82979*
Th	0.6349*	0.91186*	-0,19909	-0,27312	0.96648*	0.98536*	0.89789*	0.9345*
Ti	0.50974*	-0,19303	0.64024*	0.76815*	0,12777	-0,02859	0,23861	-0,11635
Tl	0.69743*	0.50687*	0,3204	-0,00301	0.72967*	0.6608*	0.79481*	0.60146*
Tm	0.62546*	0.79766*	-0,22685	-0,14242	0.8633*	0.87078*	0.83166*	0.86567*
U	0.65403*	0.83239*	-0,13139	-0,13143	0.92615*	0.92411*	0.89943*	0.90396*
V	0.80396*	0,38616	0,40984	0.583*	0.58078*	0.47454*	0.679*	0.45613*
W	0.51831*	0.57009*	0,23363	0,32402	0.61353*	0.55412*	0.60476*	0.47265*
Y	0.64835*	0.88901*	-0,23854	-0,27433	0.92579*	0.95851*	0.86966*	0.95722*
Yb	0.67936*	0.84338*	-0,07999	-0,06213	0.92902*	0.91955*	0.91971*	0.89477*
Zn	0.79264*	0.8238*	0,06988	-0,11294	0.91175*	0.89602*	0.89399*	0.85398*
Zr	0.65252*	0.87536*	-0,07931	-0,27152	0.97609*	0.96611*	0.93541*	0.88796*
(*) alta significância de Pearson								

Tabela 6.5 - Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras com vivianita								
	Pb	Pr	Rb	S	Sb	Sc	Se	Sm
Al	-0,13561	-0,13836	0.67204*	0.57451*	-0,26296	0,26007	0,33536	-0,16215
As	0,2349	0,29705	0.02784	0.73742*	0,12713	0.53581*	0.59343*	0,27926
Be	0.69843*	0.77943*	-0,32189	-0,01038	0.68643*	0.78368*	0.56688*	0.78769*
Bi	0.98274*	0.92037*	-0.64681*	-0,11556	0.91381*	0.83842*	0.47475*	0.91573*
Ca	0.90448*	0.93058*	-0.67034*	-0,07093	0.85016*	0.77442*	0,381	0.9272*
Cd	0.87976*	0.81192*	-0.57248*	0,00647	0.83744*	0.69077*	0,42923	0.80256*
Ce	0.90172*	0.98526*	-0.67224*	-0,06961	0.85295*	0.89643*	0.56733*	0.98578*
Co	0.67569*	0.75481*	-0,26294	0,43336	0.63361*	0.83423*	0.59669*	0.74139*
Cr	0.90854*	0.90373*	-0.53186*	-0,00788	0.9099*	0.87848*	0.63397*	0.90112*
Cs	-0,13179	-0,14995	0.67683*	0.51982*	-0,25175	0,24423	0,28679	-0,17382
Cu	0.79374*	0.87028*	-0,4019	0,18716	0.77402*	0.96101*	0.70977*	0.86849*
Dy	0.93042*	0.99167*	-0.65511*	-0,08522	0.90187*	0.88771*	0.55603*	0.99207*
Er	0.88853*	0.94605*	-0.51854*	-0,03384	0.85953*	0.88634*	0.59696*	0.94705*
Eu	0.93441*	0.99403*	-0.7004*	-0,10813	0.90698*	0.87337*	0.53218*	0.99548*
Fe	0.86888*	0.85413*	-0.70451*	<b>-0,25593</b>	0.96*	0.72667*	0,41574	0.8615*
Ga	0.6309*	0.62048*	-0,09744	0,11023	0.58511*	0.82054*	0.57741*	0.61144*
Gd	0.94948*	0.99434*	-0.65118*	-0,1071	0.91166*	0.88971*	0.52099*	0.99152*
Hf	0.84219*	0.92653*	-0.61116*	0,01747	0.80157*	0.81422*	0,42252	0.91735*
Ho	0.93305*	0.96402*	-0.65927*	-0,15351	0.89061*	0.83866*	0.50468*	0.96729*
In	0.95579*	0.88766*	-0.62938*	-0,19702	0.9064*	0.78202*	0,39075	0.88434*
K	-0.8242*	-0.82024*	0.90933*	0,40814	-0.88706*	-0.59993*	-0,34457	-0.83121*
La	0.90535*	0.98517*	-0.64409*	-0,0834	0.84847*	0.90705*	0.54669*	0.98402*
Li	-0,27955	-0,24829	0.77014*	0.56921*	-0,35655	0,15708	0,35186	-0,27237
Lu	0.79728*	0.81347*	-0.64251*	-0,16341	0.81784*	0.71648*	0.54899*	0.82375*
Mg	0.65996*	0.64781*	-0,12612	0,20197	0.56833*	0.79138*	0,39654	0.63517*
Mn	0.92116*	0.90871*	-0.77157*	-0,30669	0.9706*	0.75184*	0,38336	0.91629*
Mo	-0,16437	-0,15585	0.44512*	0.88846*	-0,23361	0,13792	0,40479	-0,18068
Na	-0,29155	-0,27596	0.71229*	0.66136*	-0,30505	0,10759	0,3852	-0,30034
Nb	0.90067*	0.97894*	-0.59154*	0,03207	0.8763*	0.93222*	0.62996*	0.97458*
Nd	0.92941*	0.99314*	-0.70793*	-0,12594	0.90712*	0.87448*	0.5282*	0.99489*
Ni	0.85901*	0.90979*	-0.47254*	0,19495	0.85081*	0.9203*	0.64585*	0.9007*
P	0.92454*	0.93183*	-0.69001*	<b>-0,26257</b>	0.90981*	0.78255*	0,37484	0.93528*
Pb	1	0.94124*	-0.69031*	-0,15727	0.95018*	0.81596*	0.46456*	0.93515*
Pr	0.94124*	1	-0.67147*	-0,08981	0.90752*	0.89408*	0.5356*	0.99653*
Rb	-0.69031*	-0.67147*	1	0,4283	-0.7327*	-0,37791	-0,17745	-0.69057*
S	-0,15727	-0,08981	0,4283	1	-0,20555	0,15189	0,40869	-0,11867
Sb	0.95018*	0.90752*	-0.7327*	-0,20555	1	0.7643*	0.45552*	0.90959*
Sc	0.81596*	0.89408*	-0,37791	0,15189	0.7643*	1	0.69971*	0.88752*
Se	0.46456*	0.5356*	-0,17745	0,40869	0.45552*	0.69971*	1	0.53781*
Sm	0.93515*	0.99653*	-0.69057*	-0,11867	0.90959*	0.88752*	0.53781*	1
Sn	0.81577*	0.81384*	-0,38467	0,18299	0.80033*	0.86066*	0.65646*	0.80665*
Sr	0.92061*	0.95921*	-0.65483*	-0,12799	0.90936*	0.82413*	0.46978*	0.95835*
Ta	0.9252*	0.98649*	-0.63297*	-0,02198	0.91855*	0.9228*	0.5917*	0.98521*
Tb	0.93541*	0.99114*	-0.70169*	-0,13652	0.90625*	0.86965*	0.53064*	0.99115*
Te	0.88485*	0.83303*	-0.71067*	-0,14118	0.92956*	0.67742*	0,40222	0.84134*
Th	0.9361*	0.98811*	-0.67683*	-0,10899	0.91916*	0.88682*	0.5498*	0.98688*
Ti	-0,05695	0,00749	0.60184*	0.55915*	-0,18201	0,38899	0,36262	-0,01732
Tl	0.6623*	0.6803*	-0,30127	0.47201*	0.55035*	0.72128*	0.49476*	0.66431*
Tm	0.86957*	0.88526*	-0.52937*	-0,14547	0.81848*	0.84571*	0.60799*	0.89174*
U	0.89242*	0.93463*	-0.55129*	0,02646	0.86985*	0.86771*	0.62542*	0.92931*
V	0.53517*	0.52003*	0,12634	0,3394	0.44278	0.78336*	0.63506*	0.49797*
W	0.62076*	0.58574*	-0,2003	0,08532	0.66595*	0.69161*	0.58698*	0.57246*
Y	0.91989*	0.95677*	-0.64631*	-0,13056	0.89161*	0.84273*	0.53592*	0.95913*
Yb	0.91496*	0.93944*	-0.51447*	0,01437	0.88614*	0.89192*	0.62783*	0.93405*
Zn	0.95074*	0.91592*	-0.53875*	0,07098	0.85512*	0.8829*	0.53272*	0.90383*
Zr	0.88929*	0.96784*	-0.62132*	0,00635	0.86059*	0.8863*	0.53668*	0.96393*
(*) alta significância de Pearson								

Tabela 6.5 - Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras com vivianita								
	Sn	Sr	Ta	Tb	Te	Th	Ti	Tl
Al	0,22739	-0,18718	-0,09977	-0,15985	-0,31692	-0,15528	0,91411*	0,17865
As	0,45545*	0,22914	0,34623	0,28161	0,049	0,26077	0,58505*	0,664*
Be	0,63321*	0,77528*	0,80708*	0,74794*	0,62476*	0,76599*	0,22256	0,50912*
Bi	0,82369*	0,88815*	0,91099*	0,91632*	0,85368*	0,91209*	0,00306	0,68934*
Ca	0,69159*	0,96733*	0,91051*	0,93226*	0,78915*	0,91936*	-0,08186	0,76421*
Cd	0,67795*	0,86049*	0,80614*	0,80649*	0,85787*	0,83664*	-0,12711	0,77002*
Ce	0,78202*	0,94877*	0,97099*	0,98214*	0,77103*	0,97345*	0,05254	0,69963*
Co	0,7451*	0,76181*	0,79949*	0,74072*	0,55266*	0,75205*	0,42175	0,87461*
Cr	0,85358*	0,92493*	0,92098*	0,89666*	0,82813*	0,91383*	0,13725	0,66648*
Cs	0,21532	-0,19292	-0,11251	-0,16668	-0,30076	-0,166	0,898*	0,15457
Cu	0,84411*	0,823*	0,91228*	0,85406*	0,65476*	0,85425*	0,37793	0,71671*
Dy	0,8016*	0,96873*	0,97863*	0,99417*	0,8148*	0,98326*	0,00315	0,69468*
Er	0,83438*	0,92865*	0,93688*	0,93564*	0,82044*	0,94383*	0,0708	0,64725*
Eu	0,80611*	0,96758*	0,98093*	0,99441*	0,83388*	0,98954*	-0,03209	0,67448*
Fe	0,73891*	0,88754*	0,87548*	0,8578*	0,85801*	0,86573*	-0,15085	0,45606*
Ga	0,81958*	0,59767*	0,65513*	0,61705*	0,42948	0,61128*	0,58327*	0,45425*
Gd	0,82234*	0,94153*	0,97902*	0,98098*	0,84188*	0,9777*	0,0069	0,66062*
Hf	0,705*	0,87852*	0,92833*	0,888*	0,78954*	0,90958*	0,04973	0,71998*
Ho	0,7714*	0,96421*	0,93791*	0,98023*	0,81261*	0,96772*	-0,05702	0,66514*
In	0,74992*	0,87117*	0,86686*	0,88353*	0,85755*	0,87086*	-0,07252	0,61048*
K	-0,55133*	-0,78902*	-0,81*	-0,83817*	-0,81203*	-0,83288*	0,45076*	-0,38674
La	0,78763*	0,93172*	0,968*	0,97814*	0,75337*	0,95989*	0,06725	0,67356*
Li	0,11241	-0,28786	-0,19489	-0,2654	-0,41139	-0,25254	0,86711*	0,04963
Lu	0,66875*	0,85703*	0,80335*	0,84946*	0,74185*	0,84156*	-0,1459	0,54846*
Mg	0,68248*	0,68346*	0,67206*	0,63571*	0,50042*	0,6349*	0,50974*	0,69743*
Mn	0,73037*	0,9293*	0,91093*	0,91637*	0,87217*	0,91186*	-0,19303	0,50687*
Mo	0,16559	-0,24467	-0,08848	-0,19727	-0,25197	-0,19909	0,64024*	0,3204
Na	0,17997	-0,32647	-0,20505	-0,31166	-0,31418	-0,27312	0,76815*	-0,00301
Nb	0,82905*	0,94526*	0,98736*	0,96516*	0,78136*	0,96648*	0,12777	0,72967*
Nd	0,79424*	0,97007*	0,98116*	0,99202*	0,81985*	0,98536*	-0,02859	0,6608*
Ni	0,83936*	0,90206*	0,94164*	0,88696*	0,77057*	0,89789*	0,23861	0,79481*
P	0,70629*	0,9759*	0,9098*	0,94323*	0,82979*	0,9345*	-0,11635	0,60146*
Pb	0,81577*	0,92061*	0,9252*	0,93541*	0,88485*	0,9361*	-0,05695	0,6623*
Pr	0,81384*	0,95921*	0,98649*	0,99114*	0,83303*	0,98811*	0,00749	0,6803*
Rb	-0,38467	-0,65483*	-0,63297*	-0,70169*	-0,71067*	-0,67683*	0,60184*	-0,30127
S	0,18299	-0,12799	-0,02198	-0,13652	-0,14118	-0,10899	0,55915*	0,47201*
Sb	0,80033*	0,90936*	0,91855*	0,90625*	0,92956*	0,91916*	-0,18201	0,55035*
Sc	0,86066*	0,82413*	0,9228*	0,86965*	0,67742*	0,88682*	0,38899	0,72128*
Se	0,65646*	0,46978*	0,5917*	0,53064*	0,40222	0,5498*	0,36262	0,49476*
Sm	0,80665*	0,95835*	0,98521*	0,99115*	0,84134*	0,98688*	-0,01732	0,66431*
Sn	1	0,76116*	0,8407*	0,79254*	0,74239*	0,81891*	0,30411	0,58789*
Sr	0,76116*	1	0,94752*	0,96442*	0,82536*	0,95848*	-0,05715	0,67931*
Ta	0,8407*	0,94752*	1	0,97062*	0,85013*	0,98436*	0,05681	0,70473*
Tb	0,79254*	0,96442*	0,97062*	1	0,8153*	0,983*	-0,03799	0,65572*
Te	0,74239*	0,82536*	0,85013*	0,8153*	1	0,85989*	-0,2322	0,5762*
Th	0,81891*	0,95848*	0,98436*	0,983*	0,85989*	1	-0,0099	0,67291*
Ti	0,30411	-0,05715	0,05681	-0,03799	-0,2322	-0,0099	1	0,27641
Tl	0,58789*	0,67931*	0,70473*	0,65572*	0,5762*	0,67291*	0,27641	1
Tm	0,73732*	0,87162*	0,87646*	0,88343*	0,79916*	0,90018*	0,07632	0,63433*
U	0,80813*	0,94546*	0,93272*	0,93167*	0,82072*	0,94989*	0,03042	0,72756*
V	0,73649*	0,48059*	0,55194*	0,49595*	0,33982	0,50453*	0,70971*	0,5264*
W	0,78119*	0,5013*	0,63012*	0,56815*	0,51259*	0,57857*	0,24792	0,26157
Y	0,77391*	0,96923*	0,93594*	0,97224*	0,81309*	0,96526*	-0,05185	0,66649*
Yb	0,85704*	0,92587*	0,93553*	0,92893*	0,82061*	0,94026*	0,10692	0,68847*
Zn	0,8552*	0,87862*	0,91109*	0,89556*	0,79986*	0,89226*	0,17779	0,7828*
Zr	0,77002*	0,93287*	0,97667*	0,94562*	0,81075*	0,95999*	0,0792	0,74927*
(*) alta significância de Pearson								

Tabela 6.5 - <i>continuação</i>								
	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
Al	-0,00778	-0,04933	0.73029*	0,27136	-0,12695	0,02936	0,08159	-0,13025
As	0,19428	0,2903	0.55678*	0,3132	0,23183	0,28943	0.45426*	0,36727
Be	0.73515*	0.72867*	0.54923*	0.51887*	0.72947*	0.75576*	0.71977*	0.81816*
Bi	0.84621*	0.86351*	0.57358*	0.64087*	0.8922*	0.87955*	0.96634*	0.86874*
Ca	0.81156*	0.89351*	0.40369	0,37338	0.92781*	0.86052*	0.88437*	0.92821*
Cd	0.83404*	0.90875*	0.46038*	0,42567	0.87268*	0.86936*	0.83608*	0.77114*
Ce	0.87496*	0.9138*	0.50128*	0.51332*	0.94279*	0.90708*	0.89564*	0.96976*
Co	0.64122*	0.76468*	0.64956*	0.45129*	0.72946*	0.75931*	0.78173*	0.8266*
Cr	0.90702*	0.92939*	0.68653*	0.6409*	0.91721*	0.95635*	0.88216*	0.88188*
Cs	-0,0104	-0,06363	0.72782*	0,26923	-0,13442	0,0185	0,07618	-0,1479
Cu	0.78072*	0.81313*	0.73682*	0.68192*	0.80502*	0.84777*	0.86438*	0.89408*
Dy	0.89941*	0.94899*	0.52671*	0.56699*	0.97559*	0.94923*	0.89932*	0.9576*
Er	0.93031*	0.96675*	0.62364*	0.61627*	0.95487*	0.97433*	0.87208*	0.88595*
Eu	0.87458*	0.93287*	0.4778*	0.55675*	0.96522*	0.92476*	0.90216*	0.96273*
Fe	0.76047*	0.80219*	0,4137	0.60441*	0.8396*	0.82611*	0.7658*	0.83127*
Ga	0.62202*	0.61345*	0.89408*	0.73493*	0.60753*	0.68982*	0.71921*	0.57766*
Gd	0.89038*	0.9253*	0.53582*	0.61627*	0.94642*	0.9443*	0.92105*	0.95214*
Hf	0.76069*	0.81531*	0.38636	0,40438	0.81987*	0.80968*	0.85167*	0.97604*
Ho	0.90595*	0.95155*	0.51012*	0.52997*	0.99351*	0.94169*	0.88022*	0.90441*
In	0.83806*	0.83887*	0.54557*	0.64668*	0.8674*	0.86105*	0.92578*	0.81422*
K	-0.69615*	-0.72482*	-0,11508	-0.48708*	-0.78553*	-0.70015*	-0.68031*	-0.76297*
La	0.85711*	0.89412*	0.52772*	0.57087*	0.92627*	0.89884*	0.91012*	0.95518*
Li	-0,08107	-0,12741	0.63758*	0,23543	-0,22926	-0,06816	-0,08585	-0,2292
Lu	0.85341*	0.89587*	0.46225*	0.48024*	0.91261*	0.87128*	0.7105*	0.72215*
Mg	0.62546*	0.65403*	0.80396*	0.51831*	0.64835*	0.67936*	0.79264*	0.65252*
Mn	0.79766*	0.83239*	0,38616	0.57009*	0.88901*	0.84338*	0.8238*	0.87536*
Mo	-0,22685	-0,13139	0.40984	0,23363	-0,23854	-0,07999	0,06988	-0,07931
Na	-0,14242	-0,13143	0.583*	0,32402	-0,27433	-0,06213	-0,11294	-0,27152
Nb	0.8633*	0.92615*	0.58078*	0.61353*	0.92579*	0.92902*	0.91175*	0.97609*
Nd	0.87078*	0.92411*	0.47454*	0.55412*	0.95851*	0.91955*	0.89602*	0.96611*
Ni	0.83166*	0.89943*	0.679*	0.60476*	0.86966*	0.91971*	0.89399*	0.93541*
P	0.86567*	0.90396*	0.45613*	0.47265*	0.95722*	0.89477*	0.85398*	0.88796*
Pb	0.86957*	0.89242*	0.53517*	0.62076*	0.91989*	0.91496*	0.95074*	0.88929*
Pr	0.88526*	0.93463*	0.52003*	0.58574*	0.95677*	0.93944*	0.91592*	0.96784*
Rb	-0.52937*	-0.55129*	0,12634	-0,2003	-0.64631*	-0.51447*	-0.53875*	-0.62132*
S	-0,14547	0,02646	0,3394	0,08532	-0,13056	0,01437	0,07098	0,00635
Sb	0.81848*	0.86985*	0.44278	0.66595*	0.89161*	0.88614*	0.85512*	0.86059*
Sc	0.84571*	0.86771*	0.78336*	0.69161*	0.84273*	0.89192*	0.8829*	0.8863*
Se	0.60799*	0.62542*	0.63506*	0.58698*	0.53592*	0.62783*	0.53272*	0.53668*
Sm	0.89174*	0.92931*	0.49797*	0.57246*	0.95913*	0.93405*	0.90383*	0.96393*
Sn	0.73732*	0.80813*	0.73649*	0.78119*	0.77391*	0.85704*	0.8552*	0.77002*
Sr	0.87162*	0.94546*	0.48059*	0.5013*	0.96923*	0.92587*	0.87862*	0.93287*
Ta	0.87646*	0.93272*	0.55194*	0.63012*	0.93594*	0.93553*	0.91109*	0.97667*
Tb	0.88343*	0.93167*	0.49595*	0.56815*	0.97224*	0.92893*	0.89556*	0.94562*
Te	0.79916*	0.82072*	0,33982	0.51259*	0.81309*	0.82061*	0.79986*	0.81075*
Th	0.90018*	0.94989*	0.50453*	0.57857*	0.96526*	0.94026*	0.89226*	0.95999*
Ti	0,07632	0,03042	0.70971*	0,24792	-0,05185	0,10692	0,17779	0,0792
Tl	0.63433*	0.72756*	0.5264*	0,26157	0.66649*	0.68847*	0.7828*	0.74927*
Tm	1	0.92034*	0.61499*	0.48573*	0.9177*	0.93167*	0.82205*	0.84766*
U	0.92034*	1	0.59126*	0.56089*	0.97259*	0.97656*	0.86234*	0.89004*
V	0.61499*	0.59126*	1	0.6886*	0.52745*	0.67456*	0.6613*	0.48419*
W	0.48573*	0.56089*	0.6886*	1	0.52563*	0.63608*	0.64092*	0.49229*
Y	0.9177*	0.97259*	0.52745*	0.52563*	1	0.95816*	0.86241*	0.8965*
Yb	0.93167*	0.97656*	0.67456*	0.63608*	0.95816*	1	0.88808*	0.88553*
Zn	0.82205*	0.86234*	0.6613*	0.64092*	0.86241*	0.88808*	1	0.88951*
Zr	0.84766*	0.89004*	0.48419*	0.49229*	0.8965*	0.88553*	0.88951*	1
(*) alta significância de Pearson								

Tabela 6.6 - Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras do canal do rio Morrão

	Al	As	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr
Al	1	0.77404*	0.61843*	0.48988*	0.12691	0.51895*	0.42679	0.54428*	0.3035
As	0.77404*	1	0.61538*	0.50424*	0.40409	0.42174	0.35643	0.68423*	0.4657*
Be	0.61843*	0.61538*	1	0.82803*	0.52149*	0.80829*	0.7778*	0.73441*	0.74137*
Bi	0.48988*	0.50424*	0.82803*	1	0.69215*	0.95705*	0.96957*	0.7942*	0.77331*
Ca	0.12691	0.40409	0.52149*	0.69215*	1	0.68324*	0.56161*	0.81763*	0.80137*
Cd	0.51895*	0.42174	0.80829*	0.95705*	0.68324*	1	0.93569*	0.75074*	0.77482*
Ce	0.42679	0.35643	0.7778*	0.96957*	0.56161*	0.93569*	1	0.68983*	0.7152*
Co	0.54428*	0.68423*	0.73441*	0.7942*	0.81763*	0.75074*	0.68983*	1	0.88105*
Cr	0.3035	0.4657*	0.74137*	0.77331*	0.80137*	0.77482*	0.7152*	0.88105*	1
Cs	0.89845*	0.85756*	0.48732*	0.44491	0.28808	0.44928	0.31501	0.56769*	0.26233
Cu	0.59991*	0.67459*	0.85403*	0.94654*	0.72518*	0.88979*	0.86115*	0.88749*	0.79713*
Dy	0.49406*	0.39587	0.79885*	0.97561*	0.56929*	0.96443*	0.99278*	0.69716*	0.70874*
Er	0.571*	0.44778	0.81395*	0.95807*	0.59305*	0.98227*	0.96036*	0.73259*	0.73597*
Eu	0.42187	0.34701	0.77326*	0.96881*	0.57483*	0.94124*	0.99927*	0.69172*	0.71655*
Fe	-0,05271	0,31557	0,49622*	0,57112*	0,86746*	0,50722*	0,45838*	0,75872*	0,84931*
Ga	0.85635*	0.78639*	0.8036*	0.84004*	0.4795*	0.82534*	0.77786*	0.76772*	0.62281*
Gd	0,41156	0,35765	0,76602*	0,96946*	0,56771*	0,92861*	0,99864*	0,6821*	0,70195*
Hf	0,18984	0,05662	0,62286*	0,79945*	0,29984	0,73414*	0,87505*	0,37542	0,42373
Ho	0.54238*	0.3909	0.81582*	0.94752*	0.55582*	0.97828*	0.96699*	0.68989*	0.72157*
In	0.43719	0.41856	0.79719*	0.98703*	0.68644*	0.9466*	0.97639*	0.78264*	0.77386*
K	0,37215	6,27E-02	-0,24216	-0,40738	-0,61292*	-0,35439	-0,32025	-0,30892	-0,46156*
La	0,39382	0,33653	0,76199*	0,96539*	0,56167*	0,9257*	0,99897*	0,67508*	0,70579*
Li	0.94687*	0.77858*	0.40738	0.29643	-0,01058	0,30572	0,2255	0,37673	0,08036
Lu	0.65814*	0.41001	0.80223*	0.82274*	0.46131*	0.89163*	0.82083*	0.67702*	0.65312*
Mg	0.67269*	0.82842*	0.75492*	0.65396*	0.61144*	0.64096*	0.55774*	0.86601*	0.81969*
Mn	-0,06844	0,33607	0,47938*	0,57996*	0,89145*	0,52287*	0,47291*	0,74735*	0,862*
Mo	0.61284*	0.74164*	0.33945	0.33936	0.36037	0.27918	0.2366	0.57653*	0.28213
Na	0.87198*	0.71518*	0.60741*	0.42342	0.12833	0.41589	0.32035	0.50869*	0.26001
Nb	0,4302	0,3923	0,78656*	0,97935*	0,59478*	0,93543*	0,99803*	0,71846*	0,73338*
Nd	0,41727	0,34385	0,77408*	0,96798*	0,56181*	0,93739*	0,99968*	0,68082*	0,7117*
Ni	0,41926	0,67686*	0,77027*	0,83565*	0,85902*	0,78881*	0,72288*	0,92675*	0,93049*
P	0,36915	0,38531	0,7961*	0,9371*	0,80952*	0,9648*	0,90232*	0,81419*	0,87631*
Pb	0,44621	0,4616*	0,81509*	0,99657*	0,70156*	0,95583*	0,97793*	0,79429*	0,79246*
Pr	0,41214	0,34757	0,76989*	0,96749*	0,55919*	0,92985*	0,99968*	0,68172*	0,70817*
Rb	0.69465*	0.44508	0.02137	-0,10741	-0,38976	-0,06919	-0,10137	-0,04736	-0,29149
S	0.40029	0.36761	0.16496	0.23193	0.35107	0.2015	0.13232	0.44362	0.09621
Sb	0,33172	0,47565*	0,78254*	0,96526*	0,81221*	0,9018*	0,91785*	0,84685*	0,85861*
Sc	0.67992*	0.5671*	0.80341*	0.93019*	0.44415	0.89308*	0.94107*	0.70517*	0.62888*
Se	0.63013*	0.55505*	0.79625*	0.80925*	0.54784*	0.84513*	0.75152*	0.73121*	0.69154*
Sm	0,42815	0,35621	0,77734*	0,96926*	0,55728*	0,93515*	0,99983*	0,68503*	0,70857*
Sn	0.56589*	0.57591*	0.82365*	0.974*	0.64782*	0.93504*	0.94241*	0.79007*	0.74154*
Sr	0,39594	0,4663*	0,72821*	0,92355*	0,88286*	0,92719*	0,84544*	0,83327*	0,78746*
Ta	0,38747	0,36225	0,76306*	0,96837*	0,57797*	0,91194*	0,99573*	0,69415*	0,71245*
Tb	0,44378	0,33532	0,77365*	0,96211*	0,54134*	0,94636*	0,99709*	0,66661*	0,69532*
Te	0,21309	0,38036	0,63261*	0,86801*	0,65128*	0,78637*	0,85018*	0,58067*	0,61001*
Th	0,41535	0,3133	0,78464*	0,95468*	0,5218*	0,93831*	0,98493*	0,63038*	0,68021*
Ti	0.81335*	0.5492*	0.55738*	0.49407*	-0,07887	0.51144*	0.50023*	0.2911	0.16867
Tl	0.56272*	0.67992*	0.74317*	0.87515*	0.8547*	0.85697*	0.75764*	0.91794*	0.7941*
Tm	0.58964*	0.4656*	0.76561*	0.91778*	0.55983*	0.95583*	0.90813*	0.68439*	0.68397*
U	0.51273*	0.3778	0.81075*	0.95097*	0.62946*	0.99394*	0.9529*	0.72072*	0.75597*
V	0.64594*	0.79736*	0.73921*	0.69437*	0.68896*	0.70213*	0.58507*	0.89157*	0.86271*
W	0.48343*	0.76239*	0.61711*	0.71253*	0.79411*	0.65046*	0.5626*	0.86463*	0.74704*
Y	0.55191*	0.38408	0.81956*	0.93599*	0.54788*	0.9762*	0.95209*	0.68132*	0.70982*
Yb	0.57234*	0.42685	0.79489*	0.95675*	0.59193*	0.98094*	0.95972*	0.72437*	0.71603*
Zn	0,45352	0,53783*	0,83575*	0,97825*	0,78114*	0,92427*	0,915*	0,87082*	0,84159*
Zr	0,26463	0,15412	0,68684*	0,88143*	0,40038	0,82757*	0,94777*	0,49048*	0,53976*

(\*) alta significância de Pearson

Tabela 6.6 - Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras do canal do rio Morrão - *cont.*

	Cs	Cu	Dy	Er	Eu	Fe	Ga	Gd	Hf
Al	0.89845*	0.59991*	0.49406*	0.571*	0.42187	-0.05271	0.85635*	0.41156	0.18984
As	0.85756*	0.67459*	0.39587	0.44778	0.34701	0.31557	0.78639*	0.35765	0.05662
Be	0.48732*	0.85403*	0.79885*	0.81395*	0.77326*	0.49622*	0.8036*	0.76602*	0.62286*
Bi	0.44491	0.94654*	0.97561*	0.95807*	0.96881*	0.57112*	0.84004*	0.96946*	0.79945*
Ca	0.28808	0.72518*	0.56929*	0.59305*	0.57483*	0.86746*	0.4795*	0.56771*	0.29984
Cd	0.44928	0.88979*	0.96443*	0.98227*	0.94124*	0.50722*	0.82534*	0.92861*	0.73414*
Ce	0.31501	0.86115*	0.99278*	0.96036*	0.99927*	0.45838*	0.77786*	0.99864*	0.87505*
Co	0.56769*	0.88749*	0.69716*	0.73259*	0.69172*	0.75872*	0.76772*	0.6821*	0.37542
Cr	0.26233	0.79713*	0.70874*	0.73597*	0.71655*	0.84931*	0.62281*	0.70195*	0.42373
Cs	1	0.58896*	0.38891	0.47742*	0.31168	0.06858	0.80067*	0.31166	0.06268
Cu	0.58896*	1	0.8787*	0.88588*	0.85872*	0.62005*	0.87648*	0.85619*	0.65466*
Dy	0.38891	0.8787*	1	0.98336*	0.99337*	0.4312	0.81893*	0.98984*	0.84982*
Er	0.47742*	0.88588*	0.98336*	1	0.96312*	0.42875	0.85527*	0.95397*	0.7788*
Eu	0.31168	0.85872*	0.99337*	0.96312*	1	0.45772*	0.77369*	0.99805*	0.86881*
Fe	0.06858	0.62005*	0.4312	0.42875	0.45772*	1	0.30748	0.45819*	0.27687
Ga	0.80067*	0.87648*	0.81893*	0.85527*	0.77369*	0.30748	1	0.77243*	0.51511*
Gd	0.31166	0.85619*	0.98984*	0.95397*	0.99805*	0.45819*	0.77243*	1	0.87821*
Hf	0.06268	0.65466*	0.84982*	0.7788*	0.86881*	0.27687	0.51511*	0.87821*	1
Ho	0.41256	0.85284*	0.98545*	0.98932*	0.97018*	0.39896	0.83119*	0.95972*	0.79935*
In	0.37075	0.90548*	0.97376*	0.94962*	0.97691*	0.57745*	0.79352*	0.97677*	0.81089*
K	0.23124	-4,22E-01	-0,30252	-0,26234	-0,32074	-0.69669*	0.0153	-0,32513	-0,38148
La	0.28817	0.84872*	0.98828*	0.95083*	0.99817*	0.46258*	0.75882*	0.99933*	0.88372*
Li	0.9195*	0.41735	0.29289	0.36926	0.2197	-0,21262	0.74519*	0.22062	0.01291
Lu	0.53118*	0.78388*	0.85824*	0.90639*	0.82224*	0.33779	0.82472*	0.80689*	0.68694*
Mg	0.63963*	0.75904*	0.5802*	0.64302*	0.55618*	0.57505*	0.8084*	0.54804*	0.17626
Mn	0.05408	0.61696*	0.44677	0.44709	0.47568*	0.97299*	0.32451	0.47553*	0.2432
Mo	0.67717*	0.53448*	0.26394	0.318	0.24265	0.1308	0.58375*	0.24272	-0.00307
Na	0.77467*	0.61602*	0.38299	0.43771	0.31366	0.00751	0.70905*	0.29972	0.16953
Nb	0.33433	0.88382*	0.99017*	0.95804*	0.99708*	0.49184*	0.79026*	0.99779*	0.86315*
Nd	0.30545	0.85588*	0.99276*	0.96003*	0.99924*	0.45647*	0.77183*	0.99852*	0.87938*
Ni	0.47625*	0.89728*	0.73*	0.75307*	0.7224*	0.83222*	0.74824*	0.72054*	0.41774
P	0.34189	0.87835*	0.91558*	0.93178*	0.90935*	<b>0.68999*</b>	0.72949*	0.89637*	0.68722*
Pb	0.39431	0.92978*	0.97796*	0.95772*	0.97818*	0.59019*	0.81304*	0.97802*	0.80589*
Pr	0.30408	0.8562*	0.99079*	0.95616*	0.99882*	0.45785*	0.76854*	0.99914*	0.88131*
Rb	0.63402*	-0,06145	-0,04908	0.01371	-0,10476	-0.56977*	0.40037	-0,10303	-0,25482
S	0.46976*	0.39979	0.16258	0.19379	0.14737	0.07435	0.29654	0.132	0.00653
Sb	0.3344	0.93108*	0.90771*	0.88535*	0.91864*	0.73982*	0.7411*	0.92044*	0.72926*
Sc	0.57303*	0.87628*	0.95301*	0.94734*	0.93677*	0.30578	0.91211*	0.93851*	0.78247*
Se	0.55452*	0.87998*	0.79414*	0.83553*	0.75485*	0.3946	0.79204*	0.73257*	0.55188*
Sm	0.3181	0.86076*	0.99327*	0.96126*	0.99911*	0.45183	0.77777*	0.99867*	0.87798*
Sn	0.52393*	0.94839*	0.9541*	0.95084*	0.94108*	0.50561*	0.88173*	0.94311*	0.76495*
Sr	0.44748	0.89244*	0.86686*	0.87895*	0.85578*	0.67431*	0.74564*	0.84886*	0.61257*
Ta	0.29366	0.86048*	0.98099*	0.93959*	0.99418*	0.48649*	0.75969*	0.99749*	0.8778*
Tb	0.32289	0.84894*	0.9959*	0.97076*	0.99749*	0.41962	0.78127*	0.9946*	0.87789*
Te	0.2593	0.74415*	0.83552*	0.78092*	0.8483*	0.54699*	0.63634*	0.86955*	0.74743*
Th	0.30454	0.84166*	0.98454*	0.95594*	0.98293*	0.42816	0.76088*	0.98131*	0.90519*
Ti	0.71683*	0.52386*	0.55131*	0.60033*	0.48657*	-0,17896	0.75543*	0.48897*	0.47201*
Tl	0.65812*	0.92312*	0.78814*	0.82643*	0.7623*	0.68052*	0.83257*	0.75851*	0.47966*
Tm	0.50034*	0.83086*	0.94016*	0.96112*	0.90978*	0.38147	0.85801*	0.90391*	0.71168*
U	0.40786	0.86584*	0.97592*	0.98796*	0.95819*	0.46245*	0.8102*	0.9449*	0.77135*
V	0.65023*	0.81362*	0.61591*	0.69344*	0.58436*	0.6338*	0.80296*	0.57288*	0.21758
W	0.65813*	0.84285*	0.58327*	0.63006*	0.56036*	0.71638*	0.72236*	0.56085*	0.2986
Y	0.42278	0.84954*	0.97507*	0.98742*	0.95519*	0.38939	0.82177*	0.94406*	0.80015*
Yb	0.48206*	0.87863*	0.98209*	0.99416*	0.96254*	0.41926	0.8503*	0.95308*	0.78651*
Zn	0.44425	0.96469*	0.91895*	0.909*	0.91357*	0.70624*	0.8048*	0.91344*	0.72532*
Zr	0.14117	0.73282*	0.92659*	0.86529*	0.94356*	0.34766	0.61609*	0.95059*	0.97855*

(\*) alta significância de Pearson



Tabela 6.6 - Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras do canal do rio Morrão - *cont.*

	Ho	In	K	La	Li	Lu	Mg	Mn	Mo
Al	0.54238*	0.43719	0.37215	0.39382	0.94687*	0.65814*	0.67269*	-0.06844	0.61284*
As	0.3909	0.41856	0.06273	0.33653	0.77858*	0.41001	0.82842*	0.33607	0.74164*
Be	0.81582*	0.79719*	-0.24216	0.76199*	0.40738	0.80223*	0.75492*	0.47938*	0.33945
Bi	0.94752*	0.98703*	-0.40738	0.96539*	0.29643	0.82274*	0.65396*	0.57996*	0.33936
Ca	0.55582*	0.68644*	-0.61292*	0.56167*	-0.01058	0.46131*	0.61144*	0.89145*	0.36037
Cd	0.97828*	0.9466*	-0.35439	0.9257*	0.30572	0.89163*	0.64096*	0.52287*	0.27918
Ce	0.96699*	0.97639*	-0.32025	0.99897*	0.2255	0.82083*	0.55774*	0.47291*	0.2366
Co	0.68989*	0.78264*	-0.30892	0.67508*	0.37673	0.67702*	0.86601*	0.74735*	0.57653*
Cr	0.72157*	0.77386*	-0.46156*	0.70579*	0.08036	0.65312*	0.81969*	0.862*	0.28213
Cs	0.41256	0.37075	0.23124	0.28817	0.9195*	0.53118*	0.63963*	0.05408	0.67717*
Cu	0.85284*	0.90548*	-0.42153	0.84872*	0.41735	0.78388*	0.75904*	0.61696*	0.53448*
Dy	0.98545*	0.97376*	-0.30252	0.98828*	0.29289	0.85824*	0.5802*	0.44677	0.26394
Er	0.98932*	0.94962*	-0.26234	0.95083*	0.36926	0.90639*	0.64302*	0.44709	0.318
Eu	0.97018*	0.97691*	-0.32074	0.99817*	0.2197	0.82224*	0.55618*	0.47568*	0.24265
Fe	0.39896	0.57745*	-0.69669*	0.46258*	-0.21262	0.33779	0.57505*	0.97299*	0.1308
Ga	0.83119*	0.79352*	0.0153	0.75882*	0.74519*	0.82472*	0.8084*	0.32451	0.58375*
Gd	0.95972*	0.97677*	-0.32513	0.99933*	0.22062	0.80689*	0.54804*	0.47553*	0.24272
Hf	0.79935*	0.81089*	-0.38148	0.88372*	0.01291	0.68694*	0.17626	0.2432	-0.00307
Ho	1	0.94354*	-0.23844	0.95813*	0.33471	0.90749*	0.61542*	0.41466	0.26165
In	0.94354*	1	-0.38485	0.97424*	0.23307	0.81114*	0.61454*	0.58124*	0.27034
K	-0.23844	-3.85E-01	1	-0.33253	0.51307*	-0.12639	-0.03534	-0.67143*	0.09705
La	0.95813*	0.97424*	-0.33253	1	0.19709	0.80366*	0.5381*	0.47926*	0.21947
Li	0.33471	0.23307	0.51307*	0.19709	1	0.46267*	0.5575*	-0.21878	0.65936*
Lu	0.90749*	0.81114*	-0.12639	0.80366*	0.46267*	1	0.62146*	0.3001	0.27283
Mg	0.61542*	0.61454*	-0.03534	0.5381*	0.5575*	0.62146*	1	0.61201*	0.60326*
Mn	0.41466	0.58124*	-0.67143*	0.47926*	-0.21878	0.3001	0.61201*	1	0.18427
Mo	0.26165	0.27034	0.09705	0.21947	0.65936*	0.27283	0.60326*	0.18427	1
Na	0.4105	0.34598	0.09054	0.2848	0.7875*	0.53475*	0.54834*	-0.04305	0.63414*
Nb	0.95985*	0.98255*	-0.34333	0.99725*	0.23297	0.8109*	0.58334*	0.50902*	0.27333
Nd	0.96863*	0.97457*	-0.32574	0.99901*	0.2165	0.82242*	0.54865*	0.47077*	0.22755
Ni	0.71383*	0.8054*	-0.47694*	0.71516*	0.25314	0.63206*	0.866*	0.85858*	0.45565*
P	0.92079*	0.93833*	-0.47685*	0.89669*	0.14116	0.82194*	0.66814*	0.70573*	0.23806
Pb	0.94946*	0.99329*	-0.41149	0.97542*	0.24641	0.81561*	0.64645*	0.60332*	0.31269
Pr	0.96182*	0.97524*	-0.32684	0.99959*	0.2132	0.81085*	0.5456*	0.47335*	0.23123
Rb	0.0036	-0.13513	0.86414*	-0.12038	0.83045*	0.12577	0.23334	-0.53337*	0.37446
S	0.14772	0.21118	-0.08315	0.1129	0.38676	0.17093	0.21913	0.04935	0.72428*
Sb	0.868*	0.95809*	-0.53893*	0.91853*	0.13791	0.72313*	0.67562*	0.75781*	0.34598
Sc	0.9404*	0.91274*	-0.10199	0.9312*	0.5285*	0.86365*	0.65432*	0.31113	0.42345
Se	0.8194*	0.74797*	-0.35356	0.72825*	0.42965	0.80835*	0.66261*	0.39525	0.51235*
Sm	0.96659*	0.97566*	-0.32044	0.99888*	0.22782	0.82029*	0.55263*	0.46661*	0.23669
Sn	0.93367*	0.94677*	-0.33666	0.93593*	0.40306	0.82843*	0.68353*	0.52103*	0.47505*
Sr	0.85749*	0.916*	-0.4819*	0.84125*	0.22187	0.74792*	0.64477*	0.69274*	0.38078
Ta	0.94239*	0.97692*	-0.34369	0.99766*	0.19551	0.78021*	0.55035*	0.50509*	0.24555
Tb	0.97908*	0.96752*	-0.30022	0.99489*	0.24111	0.84653*	0.54145*	0.43453	0.22804
Te	0.77807*	0.86631*	-0.41592	0.86326*	0.11164	0.55314*	0.46214*	0.58067*	0.18849
Th	0.96837*	0.95037*	-0.3527	0.98317*	0.20868	0.85629*	0.50385*	0.42905	0.16366
Ti	0.57937*	0.4255	0.24335	0.47851*	0.77241*	0.69668*	0.40797	-0.20909	0.37368
Tl	0.77594*	0.84615*	-0.37014	0.74638*	0.41872	0.73686*	0.77559*	0.6896*	0.52782*
Tm	0.96039*	0.8997*	-0.20718	0.89904*	0.41375	0.90573*	0.64188*	0.40072	0.27275
U	0.99207*	0.94892*	-0.31219	0.94327*	0.29328	0.90362*	0.61469*	0.47505*	0.25258
V	0.64662*	0.6471*	-0.18411	0.56361*	0.51069*	0.64751*	0.95913*	0.66666*	0.6137*
W	0.55986*	0.6462*	-0.40472	0.5515*	0.39451	0.53345*	0.77489*	0.72382*	0.59955*
Y	0.99395*	0.93023*	-0.25434	0.94181*	0.34275	0.92202*	0.59632*	0.39487	0.26988
Yb	0.98778*	0.95305*	-0.25152	0.94971*	0.37307	0.90292*	0.61248*	0.42649	0.30083
Zn	0.88549*	0.96728*	-0.4952*	0.90989*	0.24893	0.78445*	0.69814*	0.69897*	0.34951
Zr	0.88436*	0.89663*	-0.36486	0.95421*	0.07828	0.75151*	0.31198	0.33116	0.06533

(\*) alta significância de Pearson

Tabela 6.6 - Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras do canal do rio Morrão - *cont.*

	Na	Nb	Nd	Ni	P	Pb	Pr	Rb	S
Al	0.87198*	0.4302	0.41727	0.41926	0.36915	0.44621	0.41214	0.69465*	0.40029
As	0.71518*	0.3923	0.34385	0.67686*	0.38531	0.4616*	0.34757	0.44508	0.36761
Be	0.60741*	0.78656*	0.77408*	0.77027*	0.7961*	0.81509*	0.76989*	0.02137	0.16496
Bi	0.42342	0.97935*	0.96798*	0.83565*	0.9371*	0.99657*	0.96749*	-0,10741	0.23193
Ca	0,12833	0.59478*	0.56181*	0.85902*	0.80952*	0.70156*	0.55919*	-0,38976	0,35107
Cd	0,41589	0.93543*	0.93739*	0.78881*	0.9648*	0.95583*	0.92985*	-0,06919	0,2015
Ce	0,32035	0.99803*	0.99968*	0.72288*	0.90232*	0.97793*	0.99968*	-0,10137	0,13232
Co	0.50869*	0.71846*	0.68082*	0.92675*	0.81419*	0.79429*	0.68172*	-0,04736	0,44362
Cr	0,26001	0.73338*	0.7117*	0.93049*	0.87631*	0.79246*	0.70817*	-0,29149	0,09621
Cs	0.77467*	0,33433	0,30545	0.47625*	0,34189	0,39431	0,30408	0.63402*	0.46976*
Cu	0.61602*	0.88382*	0.85588*	0.89728*	0.87835*	0.92978*	0.8562*	-0,06145	0,39979
Dy	0,38299	0.99017*	0.99276*	0.73*	0.91558*	0.97796*	0.99079*	-0,04908	0,16258
Er	0,43771	0.95804*	0.96003*	0.75307*	0.93178*	0.95772*	0.95616*	0,01371	0,19379
Eu	0,31366	0.99708*	0.99924*	0.7224*	0.90935*	0.97818*	0.99882*	-0,10476	0,14737
Fe	0,00751	0.49184*	0.45647*	0.83222*	<b>0.68999*</b>	0.59019*	0.45785*	-0.56977*	<b>0,07435</b>
Ga	0.70905*	0.79026*	0.77183*	0.74824*	0.72949*	0.81304*	0.76854*	0.40037	0,29654
Gd	0,29972	0.99779*	0.99852*	0.72054*	0.89637*	0.97802*	0.99914*	-0,10303	0,132
Hf	0,16953	0.86315*	0.87938*	0.41774	0.68722*	0.80589*	0.88131*	-0,25482	0,00653
Ho	0,4105	0.95985*	0.96863*	0.71383*	0.92079*	0.94946*	0.96182*	0,0036	0,14772
In	0,34598	0.98255*	0.97457*	0.8054*	0.93833*	0.99329*	0.97524*	-0,13513	0,21118
K	0,09054	-0,34333	-0,32574	-0.47694*	-0.47685*	-0,41149	-0,32684	0.86414*	-0,08315
La	0,2848	0.99725*	0.99901*	0.71516*	0.89669*	0.97542*	0.99959*	-0,12038	0,1129
Li	0.7875*	0,23297	0,2165	0,25314	0,14116	0,24641	0,2132	0.83045*	0,38676
Lu	0.53475*	0.8109*	0.82242*	0.63206*	0.82194*	0.81561*	0.81085*	0,12577	0,17093
Mg	0.54834*	0.58334*	0.54865*	0.866*	0.66814*	0.64645*	0.5456*	0,23334	0,21913
Mn	-0,04305	0.50902*	0.47077*	0.85858*	0.70573*	0.60332*	0.47335*	-0.53337*	0,04935
Mo	0.63414*	0,27333	0,22755	0.45565*	0,23806	0,31269	0,23123	0,37446	0.72428*
Na	1	0,33315	0,31078	0,38378	0,2845	0,36743	0,30559	0,42564	0.5874*
Nb	0,33315	1	0.99714*	0.75471*	0.90897*	0.98649*	0.99794*	-0,1088	0,15591
Nd	0,31078	0.99714*	1	0.71695*	0.90333*	0.97646*	0.99938*	-0,10896	0,12418
Ni	0,38378	0.75471*	0.71695*	1	0.86504*	0.83578*	0.71776*	-0,16671	0,22085
P	0,2845	0.90897*	0.90333*	0.86504*	1	0.94826*	0.89825*	-0,23967	<b>0,17358</b>
Pb	0,36743	0.98649*	0.97646*	0.83578*	0.94826*	1	0.97654*	-0,13815	0,20698
Pr	0,30559	0.99794*	0.99938*	0.71776*	0.89825*	0.97654*	1	-0,11027	0,12707
Rb	0,42564	-0,1088	-0,10896	-0,16671	-0,23967	-0,13815	-0,11027	1	0,08272
S	0.5874*	0,15591	0,12418	0,22085	0,17358	0,20698	0,12707	0,08272	1
Sb	0,29927	0.93722*	0.91591*	0.90715*	0.94546*	0.97306*	0.91772*	-0,27148	0,22436
Sc	0.54014*	0.94099*	0.93726*	0.69122*	0.80772*	0.92068*	0.9374*	0,18626	0,23588
Se	0.71645*	0.75939*	0.74934*	0.72335*	0.78997*	0.78852*	0.74124*	-0,02164	0,4493
Sm	0,32208	0.99779*	0.99944*	0.71927*	0.90045*	0.97725*	0.99973*	-0,09889	0,13464
Sn	0.49299*	0.95466*	0.94113*	0.81633*	0.89486*	0.96626*	0.94012*	-0,00869	0,27766
Sr	0,33489	0.86238*	0.84628*	0.86004*	0.95228*	0.92368*	0.84204*	-0,18497	0,36095
Ta	0,2852	0.99744*	0.9947*	0.73349*	0.89124*	0.97845*	0.99712*	-0,1274	0,13049
Tb	0,33054	0.99222*	0.9978*	0.69698*	0.90149*	0.96929*	0.99612*	-0,07977	0,12965
Te	0,06885	0.86268*	0.85289*	0.71017*	0.79654*	0.87305*	0.85626*	-0,17862	0,00236
Th	0,32821	0.97913*	0.98708*	0.68174*	0.89305*	0.95775*	0.98391*	-0,12389	0,07173
Ti	0.68798*	0.49027*	0.4972*	0.26051	0,33292	0,45264	0.4933*	0.5495*	0,10027
Tl	0.48132*	0.78358*	0.75247*	0.9164*	0.88077*	0.8643*	0.752*	-0,01186	0,40634
Tm	0,42658	0.90366*	0.90989*	0.71256*	0.88474*	0.90922*	0.90125*	0,08079	0,11288
U	0,40111	0.94809*	0.95481*	0.74566*	0.95273*	0.95334*	0.94735*	-0,06246	0,18405
V	0.55695*	0.61219*	0.57713*	0.90223*	0.73312*	0.68435*	0.57402*	0,11764	0,27009
W	0.4753*	0.60236*	0.55582*	0.88647*	0.70821*	0.69174*	0.55858*	-0,04886	0,38138
Y	0,43442	0.9443*	0.95433*	0.69586*	0.91516*	0.93568*	0.94674*	-0,00902	0,16904
Yb	0,4386	0.95622*	0.95994*	0.72986*	0.92529*	0.95497*	0.95532*	0,01562	0,21641
Zn	0,42777	0.93253*	0.9116*	0.90433*	0.94418*	0.97589*	0.91248*	-0,19127	0,26703
Zr	0,20237	0.93804*	0.95086*	0.53294*	0.7851*	0.89125*	0.952*	-0,20669	0,03448

(\*) alta significância de Pearson

Tabela 6.6 - Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras do canal do rio Morrão - *cont.*

	Sb	Sc	Se	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Te
Al	0,33172	0,67992*	0,63013*	0,42815	0,56589*	0,39594	0,38747	0,44378	0,21309
As	0,47565*	0,5671*	0,55505*	0,35621	0,57591*	0,4663*	0,36225	0,33532	0,38036
Be	0,78254*	0,80341*	0,79625*	0,77734*	0,82365*	0,72821*	0,76306*	0,77365*	0,63261*
Bi	0,96526*	0,93019*	0,80925*	0,96926*	0,974*	0,92355*	0,96837*	0,96211*	0,86801*
Ca	0,81221*	0,44415	0,54784*	0,55728*	0,64782*	0,88286*	0,57797*	0,54134*	0,65128*
Cd	0,9018*	0,89308*	0,84513*	0,93515*	0,93504*	0,92719*	0,91194*	0,94636*	0,78637*
Ce	0,91785*	0,94107*	0,75152*	0,99983*	0,94241*	0,84544*	0,99573*	0,99709*	0,85018*
Co	0,84685*	0,70517*	0,73121*	0,68503*	0,79007*	0,83327*	0,69415*	0,66661*	0,58067*
Cr	0,85861*	0,62888*	0,69154*	0,70857*	0,74154*	0,78746*	0,71245*	0,69532*	0,61001*
Cs	0,3344	0,57303*	0,55452*	0,3181	0,52393*	0,44748	0,29366	0,32289	0,2593
Cu	0,93108*	0,87628*	0,87998*	0,86076*	0,94839*	0,89244*	0,86048*	0,84894*	0,74415*
Dy	0,90771*	0,95301*	0,79414*	0,99327*	0,9541*	0,86686*	0,98099*	0,9959*	0,83552*
Er	0,88535*	0,94734*	0,83553*	0,96126*	0,95084*	0,87895*	0,93959*	0,97076*	0,78092*
Eu	0,91864*	0,93677*	0,75485*	0,99911*	0,94108*	0,85578*	0,99418*	0,99749*	0,8483*
Fe	0,73982*	0,30578	0,3946	0,45183	0,50561*	0,67431*	0,48649*	0,41962	0,54699*
Ga	0,7411*	0,91211*	0,79204*	0,77777*	0,88173*	0,74564*	0,75969*	0,78127*	0,63634*
Gd	0,92044*	0,93851*	0,73257*	0,99867*	0,94311*	0,84886*	0,99749*	0,9946*	0,86955*
Hf	0,72926*	0,78247*	0,55188*	0,87798*	0,76495*	0,61257*	0,8778*	0,87789*	0,74743*
Ho	0,868*	0,9404*	0,8194*	0,96659*	0,93367*	0,85749*	0,94239*	0,97908*	0,77807*
In	0,95809*	0,91274*	0,74797*	0,97566*	0,94677*	0,916*	0,97692*	0,96752*	0,86631*
K	-0,53893*	-0,10199	-0,35356	-0,32044	-0,33666	-0,4819*	-0,34369	-0,30022	-0,41592
La	0,91853*	0,9312*	0,72825*	0,99888*	0,93593*	0,84125*	0,99766*	0,99489*	0,86326*
Li	0,13791	0,5285*	0,42965	0,22782	0,40306	0,22187	0,19551	0,24111	0,11164
Lu	0,72313*	0,86365*	0,80835*	0,82029*	0,82843*	0,74792*	0,78021*	0,84653*	0,55314*
Mg	0,67562*	0,65432*	0,66261*	0,55263*	0,68353*	0,64477*	0,55035*	0,54145*	0,46214*
Mn	0,75781*	0,31113	0,39525	0,46661*	0,52103*	0,69274*	0,50509*	0,43453	0,58067*
Mo	0,34598	0,42345	0,51235*	0,23669	0,47505*	0,38078	0,24555	0,22804	0,18849
Na	0,29927	0,54014*	0,71645*	0,32208	0,49299*	0,33489	0,2852	0,33054	0,06885
Nb	0,93722*	0,94099*	0,75939*	0,99779*	0,95466*	0,86238*	0,99744*	0,99222*	0,86268*
Nd	0,91591*	0,93726*	0,74934*	0,99944*	0,94113*	0,84628*	0,9947*	0,9978*	0,85289*
Ni	0,90715*	0,69122*	0,72335*	0,71927*	0,81633*	0,86004*	0,73349*	0,69698*	0,71017*
P	0,94546*	0,80772*	0,78997*	0,90045*	0,89486*	0,95228*	0,89124*	0,90149*	0,79654*
Pb	0,97306*	0,92068*	0,78852*	0,97725*	0,96626*	0,92368*	0,97845*	0,96929*	0,87305*
Pr	0,91772*	0,9374*	0,74124*	0,99973*	0,94012*	0,84204*	0,99712*	0,99612*	0,85626*
Rb	-0,27148	0,18626	-0,02164	-0,09889	-0,00869	-0,18497	-0,1274	-0,07977	-0,17862
S	0,22436	0,23588	0,4493	0,13464	0,27766	0,36095	0,13049	0,12965	0,00236
Sb	1	0,83*	0,75515*	0,91586*	0,93247*	0,93479*	0,93106*	0,89831*	0,86858*
Sc	0,83*	1	0,79264*	0,94214*	0,9453*	0,77568*	0,92879*	0,94283*	0,76083*
Se	0,75515*	0,79264*	1	0,75199*	0,84039*	0,7604*	0,71822*	0,7635*	0,48342*
Sm	0,91586*	0,94214*	0,75199*	1	0,9422*	0,84424*	0,99565*	0,99725*	0,85001*
Sn	0,93247*	0,9453*	0,84039*	0,9422*	1	0,89099*	0,93925*	0,93873*	0,84389*
Sr	0,93479*	0,77568*	0,7604*	0,84424*	0,89099*	1	0,84344*	0,84117*	0,81871*
Ta	0,93106*	0,92879*	0,71822*	0,99565*	0,93925*	0,84344*	1	0,98723*	0,87424*
Tb	0,89831*	0,94283*	0,7635*	0,99725*	0,93873*	0,84117*	0,98723*	1	0,83113*
Te	0,86858*	0,76083*	0,48342*	0,85001*	0,84389*	0,81871*	0,87424*	0,83113*	1
Th	0,88792*	0,9257*	0,76729*	0,98507*	0,92659*	0,82115*	0,9736*	0,98936*	0,82504*
Ti	0,30747	0,72021*	0,59615*	0,50495*	0,58737*	0,28077	0,46272*	0,52819*	0,29415
Tl	0,88657*	0,7726*	0,75887*	0,75643*	0,8656*	0,93464*	0,75849*	0,74661*	0,73417*
Tm	0,82645*	0,91238*	0,78149*	0,90721*	0,9072*	0,84743*	0,88179*	0,92392*	0,75533*
U	0,88621*	0,90869*	0,83429*	0,9523*	0,92967*	0,89832*	0,92759*	0,96508*	0,77534*
V	0,72358*	0,66186*	0,7396*	0,58068*	0,73671*	0,70661*	0,57416*	0,57328*	0,49459*
W	0,76823*	0,61108*	0,68499*	0,56136*	0,73166*	0,76259*	0,57657*	0,54026*	0,58289*
Y	0,85246*	0,93137*	0,83407*	0,95193*	0,93463*	0,85109*	0,92431*	0,96755*	0,75984*
Yb	0,87706*	0,94674*	0,82175*	0,96018*	0,94601*	0,88222*	0,93792*	0,97033*	0,78518*
Zn	0,98131*	0,86277*	0,79777*	0,91382*	0,94385*	0,93765*	0,91959*	0,89949*	0,83468*
Zr	0,81729*	0,86063*	0,62896*	0,94937*	0,85072*	0,71464*	0,94824*	0,94819*	0,81531*

(\*) alta significância de Pearson

Tabela 6.6 - Coeficiente de correlação das concentrações dos elementos para as amostras do canal do rio Morrão - *cont.*

	Th	Ti	Tl	Tm	U	V	W	Y	Yb
Al	0,41535	0,81335*	0,56272*	0,58964*	0,51273*	0,64594*	0,48343*	0,55191*	0,57234*
As	0,3133	0,5492*	0,67992*	0,4656*	0,3778	0,79736*	0,76239*	0,38408	0,42685
Be	0,78464*	0,55738*	0,74317*	0,76561*	0,81075*	0,73921*	0,61711*	0,81956*	0,79489*
Bi	0,95468*	0,49407*	0,87515*	0,91778*	0,95097*	0,69437*	0,71253*	0,93599*	0,95675*
Ca	0,5218*	-0,07887	0,8547*	0,55983*	0,62946*	0,68896*	0,79411*	0,54788*	0,59193*
Cd	0,93831*	0,51144*	0,85697*	0,95583*	0,99394*	0,70213*	0,65046*	0,9762*	0,98094*
Ce	0,98493*	0,50023*	0,75764*	0,90813*	0,9529*	0,58507*	0,5626*	0,95209*	0,95972*
Co	0,63038*	0,2911	0,91794*	0,68439*	0,72072*	0,89157*	0,86463*	0,68132*	0,72437*
Cr	0,68021*	0,16867	0,7941*	0,68397*	0,75597*	0,86271*	0,74704*	0,70982*	0,71603*
Cs	0,30454	0,71683*	0,65812*	0,50034*	0,40786	0,65023*	0,65813*	0,42278	0,48206*
Cu	0,84166*	0,52386*	0,92312*	0,83086*	0,86584*	0,81362*	0,84285*	0,84954*	0,87863*
Dy	0,98454*	0,55131*	0,78814*	0,94016*	0,97592*	0,61591*	0,58327*	0,97507*	0,98209*
Er	0,95594*	0,60033*	0,82643*	0,96112*	0,98796*	0,69344*	0,63006*	0,98742*	0,99416*
Eu	0,98293*	0,48657*	0,7623*	0,90978*	0,95819*	0,58436*	0,56036*	0,95519*	0,96254*
Fe	0,42816	-0,17896	0,68052*	0,38147	0,46245*	0,6338*	0,71638*	0,38939	0,41926
Ga	0,76088*	0,75543*	0,83257*	0,85801*	0,8102*	0,80296*	0,72236*	0,82177*	0,8503*
Gd	0,98131*	0,48897*	0,75851*	0,90391*	0,9449	0,57288*	0,56085*	0,94406*	0,95308*
Hf	0,90519*	0,47201*	0,47966*	0,71168*	0,77135*	0,21758	0,2986	0,80015*	0,78651*
Ho	0,96837*	0,57937*	0,77594*	0,96039*	0,99207*	0,64662*	0,55986*	0,99395*	0,98778*
In	0,95037*	0,4255	0,84615*	0,8997*	0,94892*	0,6471*	0,6462*	0,93023*	0,95305*
K	-0,3527	0,24335	-0,37014	-0,20718	-0,31219	-0,18411	-0,40472	-0,25434	-0,25152
La	0,98317*	0,47851*	0,74638*	0,89904*	0,94327*	0,56361*	0,5515*	0,94181*	0,94971*
Li	0,20868	0,77241*	0,41872	0,41375	0,29328	0,51069*	0,39451	0,34275	0,37307
Lu	0,85629*	0,69668*	0,73686*	0,90573*	0,90362*	0,64751*	0,53345*	0,92202*	0,90292*
Mg	0,50385*	0,40797	0,77559*	0,64188*	0,61469*	0,95913*	0,77489*	0,59632*	0,61248*
Mn	0,42905	-0,20909	0,6896*	0,40072	0,47505*	0,66666*	0,72382*	0,39487	0,42649
Mo	0,16366	0,37368	0,52782*	0,27275	0,25258	0,6137*	0,59955*	0,26988	0,30083
Na	0,32821	0,68798*	0,48132*	0,42658	0,40111	0,55695*	0,4753*	0,43442	0,4386
Nb	0,97913*	0,49027*	0,78358*	0,90366*	0,94809*	0,61219*	0,60236*	0,9443*	0,95622*
Nd	0,98708*	0,4972*	0,75247*	0,90989*	0,95481*	0,57713*	0,55582*	0,95433*	0,95994*
Ni	0,68174*	0,26051	0,9164*	0,71256*	0,74566*	0,90223*	0,88647*	0,69586*	0,72986*
P	0,89305*	0,33292	0,88077*	0,88474*	0,95273*	0,73312*	0,70821*	0,91516*	0,92529*
Pb	0,95775*	0,45264	0,8643*	0,90922*	0,95334*	0,68435*	0,69174*	0,93568*	0,95497*
Pr	0,98391*	0,4933*	0,752*	0,90125*	0,94735*	0,57402*	0,55858*	0,94674*	0,95532*
Rb	-0,12389	0,5495*	-0,01186	0,08079	-0,06246	0,11764	-0,04886	-0,00902	0,01562
S	0,07173	0,10027	0,40634	0,11288	0,18405	0,27009	0,38138	0,16904	0,21641
Sb	0,88792*	0,30747	0,88657*	0,82645*	0,88621*	0,72358*	0,76823*	0,85246*	0,87706*
Sc	0,9257*	0,72021*	0,7726*	0,91238*	0,90869*	0,66186*	0,61108*	0,93137*	0,94674*
Se	0,76729*	0,59615*	0,75887*	0,78149*	0,83429*	0,7396*	0,68499*	0,83407*	0,82175*
Sm	0,98507*	0,50495*	0,75643*	0,90721*	0,9523*	0,58068*	0,56136*	0,95193*	0,96018*
Sn	0,92659*	0,58737*	0,8656*	0,9072*	0,92967*	0,73671*	0,73166*	0,93463*	0,94601*
Sr	0,82115*	0,28077	0,93464*	0,84743*	0,89832*	0,70661*	0,76259*	0,85109*	0,88222*
Ta	0,9736*	0,46272*	0,75849*	0,88179*	0,92759*	0,57416*	0,57657*	0,92431*	0,93792*
Tb	0,98936*	0,52819*	0,74661*	0,92392*	0,96508*	0,57328*	0,54026*	0,96755*	0,97033*
Te	0,82504*	0,29415	0,73417*	0,75533*	0,77534*	0,49459*	0,58289*	0,75984*	0,78518*
Th	1	0,55569*	0,72804*	0,91673*	0,95533*	0,54464*	0,53947*	0,9605*	0,95743*
Ti	0,55569*	1	0,40632	0,60435*	0,52561*	0,43853	0,36606	0,60408*	0,60003*
Tl	0,72804*	0,40632	1	0,79293*	0,81301*	0,83856*	0,88884*	0,77057*	0,82353*
Tm	0,91673*	0,60435*	0,79293*	1	0,95662*	0,67106*	0,58745*	0,95839*	0,95486*
U	0,95533*	0,52561*	0,81301*	0,95662*	1	0,66681*	0,5939*	0,99083*	0,98815*
V	0,54464*	0,43853	0,83856*	0,67106*	0,66681*	1	0,85611*	0,64616*	0,66836*
W	0,53947*	0,36606	0,88884*	0,58745*	0,5939*	0,85611*	1	0,55449*	0,6253*
Y	0,9605*	0,60408*	0,77057*	0,95839*	0,99083*	0,64616*	0,55449*	1	0,98674*
Yb	0,95743*	0,60003*	0,82353*	0,95486*	0,98815*	0,66836*	0,6253*	0,98674*	1
Zn	0,89365*	0,4029	0,91683*	0,85927*	0,90598*	0,74814*	0,78294*	0,87736*	0,90523*
Zr	0,96047*	0,48161*	0,58358*	0,80665*	0,86069*	0,34547	0,38168	0,8804*	0,87055*

(\*) alta significância de Pearson

Tabela 6.6 - <i>continuação</i>		
	Zn	Zr
Al	0,45352	0,26463
As	0,53783*	0,15412
Be	0,83575*	0,68684*
Bi	0,97825*	0,88143*
Ca	0,78114*	0,40038
Cd	0,92427*	0,82757*
Ce	0,915*	0,94777*
Co	0,87082*	0,49048*
Cr	0,84159*	0,53976*
Cs	0,44425	0,14117
Cu	0,96469*	0,73282*
Dy	0,91895*	0,92659*
Er	0,909*	0,86529*
Eu	0,91357*	0,94356*
Fe	0,70624*	0,34766
Ga	0,8048*	0,61609*
Gd	0,91344*	0,95059*
Hf	0,72532*	0,97855*
Ho	0,88549*	0,88436*
In	0,96728*	0,89663*
K	-0,4952*	-0,36486
La	0,90989*	0,95421*
Li	0,24893	0,07828
Lu	0,78445*	0,75151*
Mg	0,69814*	0,31198
Mn	0,69897*	0,33116
Mo	0,34951	0,06533
Na	0,42777	0,20237
Nb	0,93253*	0,93804*
Nd	0,9116*	0,95086*
Ni	0,90433*	0,53294*
P	0,94418*	0,7851*
Pb	0,97589*	0,89125*
Pr	0,91248*	0,952*
Rb	-0,19127	-0,20669
S	0,26703	0,03448
Sb	0,98131*	0,81729*
Sc	0,86277*	0,86063*
Se	0,79777*	0,62896*
Sm	0,91382*	0,94937*
Sn	0,94385*	0,85072*
Sr	0,93765*	0,71464*
Ta	0,91959*	0,94824*
Tb	0,89949*	0,94819*
Te	0,83468*	0,81531*
Th	0,89365*	0,96047*
Ti	0,4029	0,48161*
Tl	0,91683*	0,58358*
Tm	0,85927*	0,80665*
U	0,90598*	0,86069*
V	0,74814*	0,34547
W	0,78294*	0,38168
Y	0,87736*	0,8804*
Yb	0,90523*	0,87055*
Zn	1	0,81017*
Zr	0,81017*	1
(*) alta significância de Pearson		

