



Maria Lucia Teixeira Guerra de Mendonça

**Metodologia para determinação de metais em sedimentos
utilizando microondas com frasco fechado e análise
estatística multivariada das concentrações de metais em
sedimentos da Bacia de Campos**

Tese de Doutorado

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção
do título de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação
em Química da PUC-Rio.

Orientador: Jose Marcus Godoy

Rio de Janeiro, fevereiro de 2006



Maria Lucia Teixeira Guerra de Mendonça

**Metodologia para determinação de metais em sedimentos
utilizando microondas com frasco fechado e análise
estatística multivariada das concentrações de metais em
sedimentos da Bacia de Campos**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção
do título de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em
Química da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão
Examinadora abaixo assinada.

Prof. José Marcus de Oliveira Godoy

Orientador

Departamento de Química-PUC-Rio

Prof. Aderval Severino Luna

UERJ

Profa. Carmen Lucia Porto da Silveira

PUC-Rio

Prof. Sergio Felipe Jerez Veguería

UFF

Prof. Pércio Augusto Mardini Farias

PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador(a) Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 21 de fevereiro de 2006

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

Maria Lucia Teixeira Guerra de Mendonça

Mestre em Química Analítica em 2002 pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, pós-graduação lato-sensus em Ensino da Química em 2000 pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro, graduação em Licenciatura em Química em 1982 pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e bacharelado em Química em 1983 pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Ficha Catalográfica

Mendonça, M. L. T. G.

Metodologia para determinação de metais em sedimento utilizando microondas com frasco fechado e análise estatística multivariada das concentrações de metais em sedimentos da Bacia de Campos / Maria Lucia Teixeira Guerra de Mendonça ; orientador: José Marcus de Oliveira Godoy. – Rio de Janeiro : PUC, Departamento de Química, 2006.

181 f. : il. ; 30 cm

Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Química.

Inclui referências bibliográficas.

1. Química – Teses. 2. Metal. 3. Sedimento. 4. Análise de componente principal. 5. Análise de grupamento. 6. Bacia de Campos.

CDD: 540

Este trabalho é dedicado a minha mãe Ignez Amélia (in memorian) pela sua dedicação e carinho na minha formação.

Agradecimentos

Desejo agradecer a todos, especialmente:

-ao meu orientador Prof. Dr. José Marcus de Oliveira Godoy, pelo incentivo, sabedoria e pelo exemplo de seriedade e competência com que se deve encarar uma pesquisa;

- ao Dr. Reinaldo Calixto, pelo fornecimento de matérias de referências certificados que foram utilizados no trabalho;

- ao Dr. A. Luna, pela disponibilização de material para tratamento estatísticos dos dados e o apóia dado na sua realização;

- a todos os funcionários e técnicos da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, principalmente Fátima Almeida, Noberto, Valdeto, Charles, Rodrigo Álvaro e Maurício, pela atenção e cuidado;

- a estagiária Julianna Martins pela amizade, excelente trabalho, paciência e dedicação;

- aos amigos Bernardo, Patrícia e Marcos pela amizade, incentivo e ajuda no decorrer desta jornada:

- as amigas, Tânia e Penha e a minha irmã Teresa, por terem me dado tanto apoio e incentivo para iniciar o curso aonde tive que ultrapassar tantos obstáculos;

- à amiga Rosana Petinatti, pela inestimável amizade, companheirismo e tantas “brigas” que surtiram em crescimento pessoal e profissional em momentos tão importantes;

-um agradecimento especial ao meu marido Ricardo e aos meus filhos Pedro e Raquel, por tolerar a minha ausência e pelo apoio nestes anos de estudo.

- ao CNPq, pela bolsa de estudos e apoio financeiro e

- aos professores do Departamento de Química da PUC-Rio, pela contribuição na minha formação acadêmica.

Resumo

Mendonça, M. L. T. G.. **Metodologia para determinação de metais em sedimento utilizando microondas com frasco fechado e análise estatística multivariada das concentrações de metais em sedimentos da Bacia de Campos.** Rio de Janeiro, 2006. 181p. Tese de Doutorado - Departamento de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Foi estudada a otimização da digestão ácida de amostras de sedimento visando à determinação de metais (Al, Fe, Mn, Cr, Ni, V, Cu, Zn e Pb), usando-se microondas com frasco fechado. Para tal, verificou-se a recuperação destes utilizando materiais de referência certificados: MESS-3, sedimento marinho, do National Research Council of Canada (NRCC) e SRM 1645, sedimento de rio, do National Institute of Standards and Technology (NIST), sendo a determinação realizada por espectrometria de emissão óptica por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). O processo de digestão ácida com microondas em sistema fechado foi otimizado empregando-se planejamento fatorial com três variáveis e dois níveis. Como resultado, obteve-se as seguintes condições operacionais: potência máxima de 600W, o tempo total de digestão de 40 minutos e uma mistura ácida constituída de 2 mL HNO₃ + 6 mL HCl para a digestão de 250 mg de amostra. Com base na metodologia desenvolvida, foi realizada a determinação destes elementos em 163 amostras de sedimento oriundas da região petrolífera da Bacia de Campos do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Os resultados obtidos foram avaliados empregando técnicas estatísticas univariadas e multivariadas como: regressão linear, regressão múltipla, análise de componente principal (PCA) e de agrupamento (CA). Foi feito também a comparação dos dados obtidos com os resultados do Diagnóstico ambiental das áreas de exploração e produção de petróleo da Bacia de Campos, Santos e Espírito Santo (2002) pelo laboratório contratado pela Petrobras.

Palavras-chave

Metal, sedimento, análise de componente principal, análise de agrupamento, Bacia de Campos

Abstract

Mendonça, M. L. T. G. **Development of a methodology for the determination of metals in sediments applying closed flask microwaves furnace and multivariate statistical analysis of metals in Bacia de Campos sediments.** Rio de Janeiro, 2006. 181p. Tese de Doutorado - Departamento de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The optimization of acid digestion of sediment samples was studied with the purpose of determining the metals (Al, Fe, Mn, Cr, Ni, V, Cu, Zn and Pb) using closed microwaves system. For that, the recovery of these metals was noticed using certified reference materials: MESS-3, marine sediment, from the National Research Council of Canada (NRCC) and SRM 1645, river sediment, from the National Institute of Standards and Technology (NIST), with the determination performed by inductively coupled plasma optic emission spectrometry (ICP-OES). The acid digestion process with closed microwave system was optimized using factorial planning with three variables and two levels. As a result, the following operational conditions were achieved: maximum power of 600W, total digestion time of 40 minutes, and an acid mixture of 2 mL HNO₃ + 6 mL HCl for 250 mg of sample digestion. Determination of these elements in 163 sediment samples from in the oil region of Bacia de Campos in the state of Rio de Janeiro, Brazil, was based on the methodology developed. The results were evaluated employing univariate and multivariate statistical techniques such as: linear regression, multiple regressions, Principal Component Analysis (PCA) and Cluster Analysis (CA). The data were compared with the results from the environmental diagnosis of oil exploration and production areas in Bacia de Campos, Santos and Espírito Santo (2002) by laboratory contracting by Petrobras.

Keywords

Metal, sediment, principal component analysis, cluster analysis, Bacia de Campos.

Sumário

1 Introdução	20
1.1. OBJETIVOS	21
1.1.1. Objetivo geral	21
1.1.2. Objetivos específicos	22
1.2. Justificativa	22
1.3. Abrangência e delimitação do estudo	22
2.1. Referencial Teórico Sedimento	23
2.1.1. Definição	23
2.1.2. Classificação	24
2.1.3. Sedimento oceânico	28
2.1.3.1. Origem	28
2.1.3.2. Composição do sedimento oceânico	37
2.1.3.3. Tipos de sedimento oceânico	40
2.1.4. Fases geoquímicas dos sedimentos	44
2.2. Petróleo	45
2.2.1. Origem	45
2.2.1.1. Geoquímica inorgânica do petróleo	49
2.3. Técnicas de decomposição de amostras	52
2.3.1. Extração seqüencial	53
2.3.2. Fusão	58
2.3.3. Digestão ácida	59
2.3.3.1. Sistema aberto	59
2.3.3.2. Sistema fechado	66
3 Revisão bibliográfica	68
3.1. Determinação de metais traço pelo método de digestão total e parcial por sistema fechado	68
3.2. Análise estatística	75
4 Metodologia	81

4.1. Origem das amostras	81
4.2. Reagentes	83
4.3. Instrumento	83
4.3.1. Parâmetros característicos de desempenho da técnica de ICP-OES	84
4.4. Procedimento	87
4.4.1. Digestão no microondas	87
4.4.2. Mistura ácida utilizada	87
4.4.3. Experimentos multivariados e processamento de dados	88
4.4.4. Análise estatística univariada	89
4.4.4.1. Determinação dos valores anômalos (<i>outliers</i>) e normalidade dos resultados	89
4.4.4.2. Estatística descritiva, determinação do índice de geoacumulação e fator de enriquecimento	90
4.4.4.3. Regressão simples	91
4.4.5. Estatística multivariada	92
4.4.5.1. Regressão múltipla	93
4.4.5.2. Análise dos componentes principais (PCA)	93
4.4.5.3. Análise de agrupamento (Cluster Analysis-CA)	94
4.4.5.4. Análise e comparação dos dados do relatório do laboratório contratado pela Petrobras com os dados da PUC-Rio	95
5 Resultados e discussão	97
5.1. Digestão total	97
5.2. Digestão parcial	97
5.3. Concentração dos metais nos sedimentos da Bacia de Campos	107
5.4. Tratamento estatístico	107
5.4.1. Determinação de valores anômalos (<i>outliers</i>) e normalidade dos resultados	107
5.4.1.1. Índice de geoacumulação e fator de enriquecimento dos elementos	110
5.4.2. Estatística univariada	112
5.4.2.1. Estatística descritiva dos resultados	112
5.4.2.2. Correlação entre as concentrações dos elementos	113

5.4.2.3. Regressão simples	113
5.5. Estatística multivariada	117
5.5.1. Regressão múltipla	117
5.5.2. Análise de componentes principais (PCA)	121
5.5.3. Análise de agrupamento (CA)	124
5.6. Análise dos dados do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	125
5.6.1. Análise de componentes principais (PCA)	135
5.6.2. Índice de geoacumulação (IG) e fator de enriquecimento (EF)	137
5.6.3. Comparação entre os valores obtidos no presente trabalho (PUC-Rio) e os dados do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	139
5.6.4. Resultados da PUC-Rio acrescido com alguns resultados do laboratório contratado pela Petrobras	143
6 Conclusão	152
7 Referências bibliográficas	154
8 Anexos	163
8.1. Tabelas de resumo estatístico para os elementos: Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V e Zn em grupos com os resultados obtidos do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	163
8.2. Resumo estatístico para Al, Ba, Fe, Mn, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn, Areia, Silte, Argila, Carbonato, COT, Profundidade em grupos de plataformas e transetes com os resultados obtidos do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	166
8.3. Tabelas de resumo estatístico para os elementos: Al, Fe, Mn, Cr, Cu, Ni, Pb, V e Zn em grupos de plataformas e transetes com os resultados obtidos da PUC-Rio	174
8.4. Tabelas de resumo estatístico para os elementos: Al, Fe, Mn, Cr, Cu, Ni, Pb, V e Zn em grupos com os resultados obtidos da PUC-Rio	178

Lista de figuras

Figura 1-Processos de sedimentação: a primeira é transgressiva e a segunda é Regressiva (Guerra e Guerra, 2001)	24
Figura 2-Representação de alguns tipos de sedimentação (Guerra e Guerra, 2001)	27
Figura 3-Movimento da massa gravitacional: A - Movimento da massa litificada;	31
B - Análise de estabilidade;	31
C- Deslizamento (Einsele, 1992)	31
Figura 4- A – Gráfico da densidade X profundidade da água do mar;	33
B – Gráfico da temperatura X profundidade da água do mar;	33
C – Gráfico da salinidade X profundidade da água do mar (Einsele, 1992).	33
Figura 5-Força de Coriolis e Espiral de Eckman (O Globo, 1996)	34
Figura 6-Circulação atmosférica, provocando circulação nas águas superficiais dos oceanos (Einsele, 1992).	35
Figura 7-A - Direção do vento e da água;	36
B - Direção das correntes oceânicas (Einsele, 1992)	36
Figura 8 - A - Gráfico de dissolução de carbonato X profundidade da água do mar;	39
B - Gráfico de preservação de carbonato X profundidade da água do mar (Einsele,1992).	39
Figura 9-Zonas de alta e baixa fertilidade, profundidade de compensação de calci (CCD) e lysoline no fundo do mar (Einsele, 1992).	40
Figura 10-Esquema de preservação de sílica nos sedimentos no fundo do mar (Einsele, 1992)	42
Figura 11-Principais elementos do ciclo do carbono (os números entre parênteses indicam as quantidades armazenadas e os números sem parênteses indicam o fluxo anual – unidade: 10^6 ton^3) (Allen e Allen, 1990)).	48

Figura 12-Fingerprint inorgânico do petróleo da Bacia de Campos-normalização condritica (Fonseca, 2000)	52
Figura 13-Pontos de amostragem da Bacia de Campos (Petrobras, 2002)	82
Figura 14-Eschema de desenho amostral (Petrobras, 2002)	82
Figura 15 - Curvas de calibração dos elementos: Al, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn e Cr em meio nítrico utilizadas para análise de amostras de sedimento por ICP-OES	85
Figura 16 – Gráficos dos primeiro, segundo e terceiro planejamentos respectivamente da ANOVA dos valores em duas réplicas, mostrando significância estatística com 95% de confiança de cada planejamento	101
Figura 17-Gráficos Pareto dos efeitos principais e interações obtido pelo planejamento fatorial 2^3 do primeiro, segundo e terceiro planejamentos respectivamente. A linha vertical que corta o retângulo mostra a significância estatística do efeito com 95% de confiança	106
Figura 18 – Histogramas de distribuição da normalidade, aplicando o teste de Kolmogorov-Smirnov dos elementos Al, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Cr e Zn	110
Figura 19 – Gráfico dos valores preditos vs resíduos dos elementos Al, Cr, Cu, Pb, V, Zn, Mn e Ni (variáveis dependentes) na realização do modelo de regressão simples relativo ao elemento Fe (variável independente)	117
Figura 20 - Gráfico dos valores preditos vs resíduos dos elementos Cu, Ni, Pb, V, Cr e Zn, na realização do modelo de regressão múltipla relativo aos elementos Fe, Al e Mn (variáveis independentes)	121
Figura 21 – PCA <i>loading</i> 3-D plotando (PC 1 vs PC 2 vs PC 3) para nove elementos das amostras de sedimento da Bacia de Campos	122
Figura 22 – Dendograma obtido pela análise de agrupamento (CA) hierárquico para nove elementos analisados das amostras de sedimento da Bacia de Campos	124
Figura 23 – Média das variáveis em cada grupo da análise de agrupamento	125
Figura 24 - Gráfico da concentração de níquel (mg/kg) em sedimento em função da concentração de vanádio (mg/kg) [$Ni = (2,10 \pm 0.44) + (0,243 \pm 0,014).V$, $R^2 = 0,616$], dados do relatório.	126
Figura 25 – Gráficos da frequência acumulada vs log-normal (concentração	

do metal) Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn, COT, Silte, Argila e Carbonato
respectivamente 133

Figura 26 – Gráficos dos resultados da concentração (mg/kg) dos metais do
relatório do laboratório contratado pela Petrobras vs resultados da
concentração (mg/kg) de Al, Fe, Cu, V, Ni, Pb, Cr, Zn e Mn respectivamente
da PUC-Rio 142

Figura 27 – Gráficos da frequência acumulada vs log-normal (concentração-
mg/kg) de Al, Fe, Mn, Cr, Cu, Ni, Pb, V e Zn respectivamente com os dados
da PUC-Rio 146

Figura 29 – Gráfico da frequência acumulada vs log (concentração-mg/kg) Fe,
V e Zn respectivamente em função da profundidade 149

Figura 30 - Dendograma obtido pela análise de agrupamento (CA) hierárquico
para nove elementos analisados pela PUC-Rio e acrescido de alguns
parâmetros (areia, silte, argila, carbonato, profundidade e COT) do relatório
do laboratório contratado pela Petrobras das amostras de sedimento Bacia de
Campos 150

Lista de tabelas

Tabela 1 - Médias aritmética e geométrica, mediana e razão da média geométrica/mediana da concentração em $\mu\text{g/kg}$ de alguns elementos traços no petróleo brasileiro da Bacia de Campos- RJ 1-14 (tabela modificada de Fonseca, 2000)	51
Tabela 2-Parâmetros do instrumento ICP-OES Perkin-Elmer Optima 4300	83
Tabela 3 - Parâmetros obtidos pelas curvas de calibração, em meio nítrico, utilizadas para a análise dos elementos em amostras de sedimento por ICP-OES	86
Tabela 4-Limites de detecção e quantificação ($\mu\text{g/g}$) obtidos utilizando o instrumento ICP-OES Perkin-Elmer Optima 4300	86
Tabela 5-Programa para digestão utilizando o microondas DGT 100 plus da Provecto Analítica	87
Tabela 6-Ácidos utilizados na digestão com suas respectivas condições	88
Tabela 7 – Planejamentos 1, 2 e 3	88
Tabela 7-Categorias de contaminação baseada no efeito de enriquecimento (EF)	91
Tabela 9 – Procedimentos empregados para digestão total no microondas DGT 100 Plus da Provecto Analítica	98
Tabela 10-Resultados dos experimentos para a determinação do melhor método pelo planejamento 2 ^k	102
Tabela 11 – Valores referentes à média (n=10) do experimento otimizado (mistura ácida: 2 mL HNO_3 + 6mL HCl , P=600 W e T=40 min) do material de referência certificado MESS-3	104
Tabela 12 - Valores referentes à média (n=10) do experimento otimizado (mistura ácida: 2 mL HNO_3 + 6mL HCl , P=600 W e T=40 min) do material certificado MAPEP-01-S 8	104
Tabela 13 - Valores referentes à média (n=10) do experimento otimizado (mistura ácida: 2 mL HNO_3 + 6mL HCl , P=600 W e T=40 min) do material certificado MAPEP-02-S 9	105

Tabela 14 - Valores referentes à média (n=10) do experimento otimizado (mistura ácida: 2 mL HNO ₃ + 6mL HCl, P=600 W e T=40 min) do material certificado MAPEP-03-S 10	105
Tabela 15 – Quantidade de amostras (em %) que apresentam os índices geoacumulação, nas faixas indicadas (IG de 0 a 6) das amostras dos sedimentos da Bacia de Campos	111
Tabela 16 - Quantidade de amostras (em %) que apresentam os fatores de enriquecimento (EF) em relação ao elemento de referência - Fe, nas faixas indicadas (EF < 2 a EF > 40) dos sedimentos da Bacia de Campos	111
Tabela 17 – Estatística descritiva dos resultados das amostras de sedimento da Bacia de Campos (concentração em mg/kg)	112
Tabela 18 – Correlação entre os nove elementos analisados das amostras de sedimento da Bacia de Campos	113
Tabela 19 - Modelo de regressão simples para os elementos Al, Mn, Cr, Ni, Pb, V e Zn (variáveis dependentes) relativo ao Fe (variável independente) para as amostras de sedimento da Bacia de Campos	114
Tabela 20 - Modelo de regressão múltipla para os elementos Cr, Cu, Ni, Pb, V e Zn (variáveis dependentes), em relação as variáveis independentes: Fe, Al e Mn, para as amostras de sedimento da Bacia de Campos	119
Tabela 21 – Autovalores e variâncias provenientes do PCA da amostras de sedimento da Bacia de Campos	121
Tabela 22 – <i>Factor loading</i> do PCA da amostras de sedimento da Bacia de Campos (<i>loading</i> > 0,65)	122
Tabela 23 – Estatística descritiva dos resultados das amostras de sedimento da Bacia de Campos do laboratório contratado pela Petrobras (concentração em mg/kg)	126
Tabela 24 - Correlação entre os parâmetros obtidos pelo laboratório do laboratório contratado pela Petrobras	127
Tabela 25 – Comparação entre os valores de concentração (mg/kg) de metais em sedimentos da Bacia de Campos encontrados na literatura e os encontrados no relatório do laboratório contratado pela Petrobras	135
Tabela 26 - <i>Factor loading</i> do PCA da amostras de sedimento da Bacia de Campos do relatório do laboratório contratado pela Petrobras (<i>factor loadings</i>	

>0,4)	136
Tabela 27 – Quantidade de amostras (%) dos resultados das amostras de sedimento da Bacia de Campos do relatório do laboratório contratado pela Petrobras de acordo com a classe dos fatores de enriquecimento (EF)	137
Tabela 28 - Quantidade de amostras (%) dos resultados das amostras de sedimento da Bacia de Campos do relatório do laboratório contratado pela Petrobras de acordo com a classe dos índices de geoacumulação (IG)	138
Tabela 29 – Comparação entre os valores de concentração (mg/kg) de metais em sedimentos da Bacia de Campos encontrados na literatura, os apresentados no relatório do laboratório contratado pela Petrobras e os obtidos na PUC-Rio	143
Tabela 30 - Correlação entre nove elementos analisados pela PUC-Rio e acrescido de alguns parâmetros (areia, silte, argila, carbonato, profundidade e COT) das amostras de sedimento da Bacia de Campos obtidos do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	147
Tabela 31 - <i>Factor loading</i> do PCA da amostras de sedimento da Bacia de Campos dos dados da PUC-Rio acrescido de alguns parâmetros (areia, silte, argila, carbonato, profundidade e COT) do relatório do laboratório contratado pela Petrobras (<i>factor loadings</i> >0,4)	148
Tabela 32- Resumo estatístico para o Al (mg/kg) em agrupamento (dados do relatório)	163
Tabela 33 - Resumo estatístico para o Ba (mg/kg) em agrupamento (dados do relatório)	163
Tabela 34 - Resumo estatístico para o Cr (mg/kg) em agrupamento (dados do relatório)	163
Tabela 35 - Resumo estatístico para o Cu (mg/kg) em agrupamento (dados do relatório)	164
Tabela 36 - Resumo estatístico para o Fe (mg/kg) em agrupamento (dados do relatório)	164
Tabela 37 - Resumo estatístico para o Mn (mg/kg) em agrupamento (dados do relatório)	164
Tabela 38 - Resumo estatístico para o Ni (mg/kg) em agrupamento (dados do relatório)	164

Tabela 39 - Resumo estatístico para o Pb (mg/kg) em agrupamento (dados do relatório)	165
Tabela 40 - Resumo estatístico para o V (mg/kg) em agrupamento (dados do relatório)	165
Tabela 41 - Resumo estatístico para o Zn (mg/kg) em agrupamento (dados do relatório)	165
Tabela 42 - Resumo estatístico para o Al (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	166
Tabela 43 - Resumo estatístico para o Ba (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	166
Tabela 44 - Resumo estatístico para o Cr (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	167
Tabela 45 - Resumo estatístico para o Cu (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	167
Tabela 46 - Resumo estatístico para o Fe (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	168
Tabela 47 - Resumo estatístico para o Mn (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	168
Tabela 48 - Resumo estatístico para o Ni (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	169
Tabela 49 - Resumo estatístico para o Pb (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	169
Tabela 40 - Resumo estatístico para o V (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	170
Tabela 51 - Resumo estatístico para o Zn (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados do relatório do laboratório contratado pela	

Petrobras	170
Tabela 52 - Resumo estatístico para Areia (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	171
Tabela 53 - Resumo estatístico para Silte (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	171
Tabela 54 - Resumo estatístico para Argila (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	172
Tabela 55 - Resumo estatístico para Carbonato (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	172
Tabela 56 - Resumo estatístico para COT (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	173
Tabela 57 - Resumo estatístico para Profundidade local (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados do relatório do laboratório contratado pela Petrobras	173
Tabela 58 - Resumo estatístico para o Al (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados da PUC-Rio	174
Tabela 59 - Resumo estatístico para o Fe (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados da PUC-Rio	174
Tabela 60 - Resumo estatístico para o Mn (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados da PUC-Rio	175
Tabela 61 - Resumo estatístico para o Cr (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados da PUC-Rio	175
Tabela 62 - Resumo estatístico para o Cu (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados da PUC-Rio	176
Tabela 63 - Resumo estatístico para o Ni (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados da PUC-Rio	176
Tabela 64 - Resumo estatístico para o Pb (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados da PUC-Rio	177

Tabela 65 - Resumo estatístico para o V (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados da PUC-Rio	177
Tabela 66 - Resumo estatístico para o Zn (mg/kg) para plataformas e transetes com os resultados da PUC-Rio	178
Tabela 67 - Resumo estatístico para o Al (mg/kg) em agrupamento com os resultados obtidos pela PUC-Rio	178
Tabela 68 - Resumo estatístico para o Fe (mg/kg) em agrupamento com os resultados obtidos pela PUC-Rio	179
Tabela 69- Resumo estatístico para o Mn (mg/kg) em agrupamento com os resultados obtidos pela PUC-Rio	179
Tabela 70 - Resumo estatístico para o Cr (mg/kg) em agrupamento com os resultados obtidos pela PUC-Rio	179
Tabela 71 - Resumo estatístico para o Cu (mg/kg) em agrupamento com os resultados obtidos pela PUC-Rio	179
Tabela 72 - Resumo estatístico para o Ni (mg/kg) em agrupamento com os resultados obtidos pela PUC-Rio	180
Tabela 73 - Resumo estatístico para o Pb (mg/kg) em agrupamento com os resultados obtidos pela PUC-Rio	180
Tabela 74 - Resumo estatístico para o V (mg/kg) em agrupamento com os resultados obtidos pela PUC-Rio	180
Tabela 75 - Resumo estatístico para o Zn (mg/kg) em agrupamento com os resultados obtidos pela PUC-Rio	181