



INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOFÍSICA MARINHA

**QUIMIOESTRATIGRAFIA DOS SEDIMENTOS DE MAR PROFUNDO NO OCEANO
PACÍFICO EQUATORIAL: UMA ABORDAGEM QUANTITATIVA COM ÊNFASE EM
MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO**

Dissertação submetida como
requisito para obtenção de grau
de mestre em Geologia e Geofísica Marinha

Dean Pereira de Melo

Orientadores: Prof. Dr. Alberto G. Figueiredo Jr.
Prof. Dr. Sérgio Bergamaschi

Niterói, Outubro de 2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

SUMÁRIO

Folha de Aprovação.....	iv
Lista de Figuras.....	v
Lista de Tabelas.....	xi
Resumo.....	xii
Abstract.....	xiii
Agradecimentos.....	xiv
Capítulo 1 – Introdução.....	1
1.1 Objetivo.....	2
1.2 Caracterização do Problema.....	2
Capítulo 2 – Estratigrafia Química.....	6
2.1 Introdução.....	6
2.2 Principais Aplicações da Estratigrafia Química.....	7
2.2.1 Isótopos de Carbono e Oxigênio.....	8
2.2.2 Elementos Químicos.....	14
Capítulo 3 – Geologia da Região Central do Pacífico Equatorial.....	18
3.1 Introdução.....	18
3.2 Contexto Sedimentar da Região Central do Pacífico Equatorial.....	19
3.3 Descrição dos <i>sites</i> do ODP sob estudo e seções de correlação.....	27
3.4 Geoquímica dos Sedimentos Pelágicos na Região do Pacífico Equatorial.....	32
Capítulo 4 – Métodos de Reconhecimento de Padrão.....	35
4.1 Introdução.....	35
4.2 Métodos de reconhecimento de padrões aplicados à Geoquímica.....	37
4.3 Estatística Multivariada.....	39
4.3.1 Análise de Componentes Principais.....	40
4.3.2 Cálculo das Componentes Principais.....	43
4.3.3 Análise de Cluster Hierárquico Aglomerativo.....	48

4.3.4 Cálculo da Distância Euclidiana.....	49
4.3.5 Cálculo da Correlação.....	50
4.3.6 Construção dos Clusters.....	51
4.4 <i>Support vector machine</i>	52
4.4.1 Aplicação do SVM à Químioestratigrafia.....	56
Capítulo 5 – Resultados.....	58
5.1 Introdução.....	58
5.2 Análise do Site 1215.....	58
5.2.1 Análise de Componentes Principais – Site 1215.....	62
5.3 Análise do Site 1217.....	70
5.3.1 Análise de Componentes Principais – Site 1217.....	73
5.3.2 A passagem Eoceno / Oligoceno no site 1217.....	78
5.4 Análise do Site 1218.....	79
5.4.1 Análise de Componentes Principais – Site 1218.....	82
5.4.2 Passagem Eoceno / Oligoceno no site 1218.....	87
5.4.3 Passagem Oligoceno / Mioceno no site 1218.....	88
5.5 Análise do Site 1219.....	94
5.5.1 Análise de Componentes Principais – Site 1219.....	97
5.5.2 Passagem Eoceno / Oligoceno no site 1219.....	101
5.5.3 Passagem Oligoceno / Mioceno no site 1219.....	102
5.6 Análise do Site 1220.....	107
5.6.1 Análise de Componentes Principais – Site 1220.....	110
5.6.2 Passagem Paleoceno / Eoceno no site 1220	114
5.6.3 Passagem Eoceno / Oligoceno e Oligoceno / Mioceno no site 1220	117
5.7 Análise do Site 1221.....	119
5.7.1 Análise de Componentes Principais – Site 1221	122
5.7.2 Passagens Paleoceno / Eoceno e Eoceno / Oligoceno no site 1221.....	127
5.8 Resultado da análise utilizando SVM.....	130
Capítulo 6 – Aplicação de <i>Support Vector Machines</i> (SVM) e seções de correlação químioestratigráfica.....	130
Capítulo 7 – Conclusões.....	137

Capítulo 8 – Referências Bibliográficas.....	139
Anexo 1.....	147
Anexo 2.....	157
Anexo 3.....	170
Anexo 4.....	180

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dean Pereira de Melo

QUIMIOESTRATIGRAFIA DOS SEDIMENTOS DE MAR PROFUNDO NO OCEANO PACÍFICO EQUATORIAL: UMA ABORDAGEM QUANTITATIVA COM ÊNFASE EM MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO

Dissertação submetida ao Programa de Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal Fluminense como requisito à obtenção do grau de mestre em Geologia e Geofísica Marinha.

Niterói, 25 de outubro de 2010

(Orientador: Prof. Dr. Alberto G. Figueiredo Jr.)

(Orientador: Prof. Dr. Sérgio Bergamaschi)

(Prof. Dr. Antônio Thomaz Filho)

(Prof. Dr. José Antônio Baptista Neto)

M528

Melo, Dean Pereira de

Quimioestratigrafia dos sedimentos de mar profundo no Oceano Pacífico Equatorial: uma abordagem quantitativa com ênfase em métodos de classificação / Dean Pereira de Melo. – Niterói : [s.n.], 2010.

208 f.

Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) – Universidade Federal Fluminense, 2010.

1.Estratigrafia. 2.Geoquímica marinha. 3.Oceano Pacífico Equatorial. 4.Sedimentos marinhos. I.Título.

CDD 551.7

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 - Principais processos que controlam a composição química das rochas sedimentares modificado de Rolinson (1995).....	8
Fig. 2 – Fracionamento isotópico em condições interglaciais.....	10
Fig. 3 – Fracionamento isotópico em condições glaciais.....	11
Fig. 4 – Gráfico da relação entre os valores medidos de $\delta^{18}\text{O}$ do carbonato precipitado (valores na posição transversal) e a temperatura oceânica, calculada a partir dos valores estimados de $\delta^{18}\text{O}$ da água do mar primitiva (S.W.M.O.). Extraído de Quintaes (2006).....	12
Fig. 5 - Modelo simplificado dos principais controles do sistema de ácido carbônico nos oceanos (Morse & Mackenzie, 1990).....	19
Fig. 6A - Mapa de localização da área sob estudo da região central do atlântico equatorial.....	21
Fig. 6B - Mapa batimétrico da região central do Oceano Pacífico Equatorial com as zonas de fratura principais e os <i>sites</i> sob estudo.....	21
Fig. 7A – áreas de estudo: ODP (área vermelha); Calvert & Price, 1977 (área azul); GH80-5 Cruise Serviço Geológico do Japão (área verde); Calvert <i>et al.</i> , 1978 (círculo preto).....	22
Fig. 7B – tipos de sedimentos (integrado de Horn <i>et al.</i> , 1972 e outras fontes, <i>apud</i> Calvert & Price, 1977) com informações dos poços ODP leg 199.....	22
Fig. 8 – Modelo de deposição de carbonato em águas profundas e produtividade na região equatorial do Pacífico Equatorial.....	23
Fig. 9 – Comparação entre as curvas de variação do nível do mar (relacionado com $\delta^{18}\text{O}$) para o Paleoceno e Eoceno com destaque para a passagem P/E (Sickel <i>et al.</i> , 2004).....	24
Fig. 10 – Comparação entre as curvas de variação do nível do mar (relacionado com $\delta^{18}\text{O}$) para o Oligoceno e Mioceno com destaque para a passagem E/O e O/M (Sickel <i>et al.</i> , 2004).....	25
Fig. 11 – Compilação dos dados isotópicos de oxigênio e carbono (Ravizza & Zachos, 2001)....	26
Fig. 12 – Taxa de sedimentação média (m/my) dos <i>sites</i> 1215 a 1221 da leg 199.....	29
Fig. 13 - Síntese da distribuição litológica dos <i>sites</i> 1215 a 1221 e respectivas idades (Modificado de Lyle <i>et al.</i> , 2002).....	30

Fig. 14 - Síntese da distribuição litológica dos sites 1215 a 1221 adotando o limite O/M como datum (modificado de Lyle <i>et al.</i> , 2002).....	31
Fig. 15 <i>Loading</i> (a) e <i>scores</i> (b) dos fatores F1 e F2 para a área Wahine em sedimentos silicosos (Calvert <i>et al.</i> , 1978); (c) e (d) se aplicam para sedimentos pelágicos região central do oceano pacífico (Calvert & Price, 1977).....	33
Fig. 16 <i>Loading</i> (a,b) e <i>scores</i> (c,d) de sedimentos pelágicos do pacífico equatorial (Sugisaki and Yamamoto, 1984; Mita & Nakao, 1984 <i>apud</i> Li & Schoonmaker, 2003).....	34
Fig. 17- Esquema de subdivisões do aprendizado de máquina.....	37
Fig. 18 – Variação estratigráfica de Corg, CaCO ₃ (%) e Ti. Estes e outros dados foram usados por Lange <i>et al.</i> , (1987) para definir três grupos composicionais.....	41
Fig. 19 – Gráfico ilustrando a relação espacial entre as duas primeiras componentes principais geoquímicas (PC1, PC2) para turbiditos. Muitas camadas formam clusters composicionais únicos; observe a distinção de 4 grupos composicionais (Pearce & Jarvis, 1995).....	42
Fig. 20 – Perfis geoquímicos para CaCO ₃ , TiO ₂ e SiO ₂ comparados com perfis das três primeiras componentes principais (<i>scores</i>) aplicados aos turbiditos vulcânicos. É evidente a correspondência entre as componentes principais (abaixo) e o perfil dos elementos acima. (Pearce & Jarvis, 1995).....	43
Fig. 21 – Dendograma obtido pelo método de correlação.....	51
Fig. 22 – Dendograma obtido pelo método da distância euclidiana.....	52
Fig. 23 – Hiperplano de máxima separação.....	53
Fig. 24 – Exemplo de separação linear na feature space.....	54
Fig. 25 – Modelo de classificação: (a) linear; (b) polinomial de grau 2.....	55
Fig.26 - Perfil geoquímico da variação dos elementos químicos ao longo de todo testemunho recuperado na Leg 199 Site 1215.....	59
Fig. 27 - Análise de cluster hierárquico aglomerativo em modo Q das amostras do Site 1215; os valores à esquerda que designam as amostras são as profundidades.....	61

Fig. 28 – Resultado da análise de cluster hierárquico aglomerativo apresentado como divisão quimioestratigráfica (Leg 199 site 1215).....	62
Fig. 29 – Site 1215: componentes principais (PC1x PC2) com amostras plotadas identificadas de acordo com a litologia descrita.....	65
Fig 30 - Projeção em 3D das amostras do Site 1215 sendo eixo y profundidade, eixo x axis 1 (ou PC1), e eixo z axis 2 (ou PC2).....	67
Fig. 31 – Comparação entre a assinatura geoquímica dos elementos e os eixos da análise de componentes principais (Site 1215).....	68
Fig. 32 – Detalhamento bioestratigráfico do site 1215 com base em nanofósseis, foraminíferos planctônicos e bentônicos (Lyle <i>et al.</i> , 2002).....	69
Fig. 33 - Perfil geoquímico da variação dos elementos químicos ao longo de todo testemunho recuperado na Leg 199 Site 1217.....	71
Fig. 34 - Análise de cluster hierárquico aglomerativo em modo Q das amostras do Site 1217; os valores à esquerda (que rotula as amostras) são as profundidades.....	72
Fig. 35 – Resultado da análise de cluster hierárquico aglomerativo apresentado como divisão quimioestratigráfica (Leg 199 site 1217).....	73
Fig. 36 – Site 1217: componentes principais (PC1x PC2) com amostras plotadas identificadas de acordo com a litologia descrita.....	75
Fig 37 - Projeção em 3D das amostras do Site 1217 sendo o eixo y profundidade, eixo x axis 1 (ou PC1), e eixo z axis 2 (ou PC2).....	76
Fig. 38 – Comparação entre a assinatura geoquímica dos elementos e os eixos da análise de componentes principais (Site 1217).....	77
Fig. 39 – Detalhamento bioestratigráfico do site 1217 com base em nanofósseis, foraminíferos planctônicos e bentônicos (Lyle <i>et al.</i> , 2002).....	78
Fig. 40 - Perfil geoquímico da variação dos elementos químicos ao longo de todo testemunho recuperado na Leg 199 Site 1218.....	80
Fig. 41 - Análise de cluster hierárquico aglomerativo em modo Q das amostras do Site 1218; os valores à esquerda (que rotula as amostras) são as profundidades.....	81
Fig. 42 - Resultado da análise de cluster hierárquico aglomerativo apresentado como divisão quimioestratigráfica com três clusters sendo o cluster 1 rosa, cluster 2 azul e cluster 3 vermelho	

(Leg 199 site 1218).....	82
Fig. 43 – Site 1218: componentes principais (PC1x PC2) com amostras plotadas identificadas de acordo com a litologia descrita.....	84
Fig 44 - Projeção em 3D das amostras do Site 1218 sendo o eixo y profundidade, eixo x axis 1 (ou PC1), e eixo z axis 2 (ou PC2).....	85
Fig. 45 – Comparação entre a assinatura geoquímica dos elementos e os eixos da análise de componentes principais (Site 1218).....	87
Fig. 46 – Detalhamento bioestratigráfico da passagem E/O do site 1218 com base em nanofósseis, foraminíferos planctônicos e radiolários (Lyle <i>et al.</i> , 2002).....	88
Fig. 47 – Detalhamento bioestratigráfico da passagem O/M do site 1218 com base em nanofósseis, foraminíferos planctônicos e radiolários (Lyle <i>et al.</i> , 2002).....	89
Fig. 48 - Perfil geoquímico da variação dos elementos químicos da seção carbonática entre 53m e 188m recuperado na Leg 199 Site 1218 com divisão em quimiounidades.....	91
Fig. 49 – Site 1218: componentes principais (PC1x PC2) somente com amostras de carbonatos (53m a 188m).....	92
Fig. 50 - Perfil geoquímico da variação dos elementos químicos ao longo de todo testemunho recuperado na Leg 199 Site 1219.....	95
Fig. 51 - Análise de cluster hierárquico aglomerativo em modo Q das amostras do Site 1219; os valores à esquerda (que rotula as amostras) são as profundidades.....	96
Fig. 52 - Resultado da análise de cluster hierárquico aglomerativo apresentado como divisão quimioestratigráfica, três clusters (Leg 199 site 1219).....	97
Fig. 53 - Site 1219: componentes principais (PC1x PC2) com amostras plotadas identificadas de acordo com a litologia descrita.....	98
Fig. 54 - Projeção em 3D das amostras do Site 1219 sendo o eixo y profundidade, eixo x axis 1 (ou PC1), e eixo z axis 2 (ou PC2).....	99
Fig. 55 - Comparação entre a assinatura geoquímica dos elementos e os eixos da análise de componentes principais (Site 1219).....	101
Fig. 56 - Detalhamento bioestratigráfico da passagem E/O do site 1219 com base em nanofósseis, foraminíferos planctônicos e radiolários (Lyle <i>et al.</i> , 2002).....	102
Fig. 57 - Detalhamento bioestratigráfico da passagem O/M do site 1219 com base em nanofósseis, foraminíferos planctônicos e radiolários (Lyle <i>et al.</i> , 2002).....	103

Fig. 58 - Perfil geoquímico da variação dos elementos químicos da seção carbonática entre 30m e 150m recuperado na Leg 199, Site 1219.....	104
Fig. 59 – Site 1219: componentes principais (PC1x PC2) somente com amostras de carbonatos (30m a 150m).....	105
Fig. 60 - Perfil geoquímico da variação dos elementos químicos ao longo de todo testemunho recuperado na Leg 199 Site 1220.....	108
Fig. 61 - Análise de cluster hierárquico aglomerativo em modo Q das amostras do Site 1220; os valores à esquerda (que rotula as amostras) são as profundidades.....	109
Fig. 62 - Resultado da análise de cluster hierárquico aglomerativo apresentado como divisão quimioestratigráfica, três clusters (Leg 199 site 1220).....	110
Fig. 63 - Site 1220: componentes principais (PC1x PC2) com amostras plotadas identificadas de acordo com a litologia descrita.....	111
Fig. 64 - Projeção em 3D das amostras do Site 1220 sendo o eixo y profundidade, eixo x axis 1 (ou PC1), e eixo z axis 2 (ou PC2).....	112
Fig. 65 - Comparação entre a assinatura geoquímica dos elementos e os eixos da análise de componentes principais (Site 1220).....	114
Fig. 66 – Isótopos estáveis em Cibididóides. Site 1220 (Padrão PDB), Nunes & Norris (2005).....	115
Fig. 67 – Isótopos estáveis em rocha total. Site 1220 (Padrão PDB), Nunes & Norris (2005)....	116
Fig. 68 - Detalhamento bioestratigráfico da passagem P/E do site 1220 com base em nanofósseis, foraminíferos planctônicos e radiolários (Lyle <i>et al.</i> , 2002).....	117
Fig. 69 - Detalhamento bioestratigráfico da passagem E/O e O/M do site 1220 com base em nanofósseis, foraminíferos planctônicos e radiolários (Lyle <i>et al.</i> , 2002).....	118
Fig. 70 - Perfil geoquímico da variação dos elementos químicos ao longo de todo testemunho recuperado na Leg 199 Site 1220.....	120
Fig. 71 - Análise de cluster hierárquico aglomerativo em modo Q das amostras do Site 1220; os valores à esquerda (que rotula as amostras) são as profundidades.....	121
Fig. 72 - Resultado da análise de cluster hierárquico aglomerativo apresentado como divisão quimioestratigráfica, três clusters (Leg 199, site 1221).....	122

Fig. 73 - Site 1221: componentes principais (PC1x PC2) com amostras plotadas identificadas de acordo com a litologia descrita.....	123
Fig. 74 - Projeção em 3D das amostras do Site 1221 sendo o eixo y profundidade, eixo x axis 1 (ou PC1), e eixo z axis 2 (ou PC2).....	124
Fig. 75 – Subdivisão em quimiounidades da seção carbonática depositada no limite Paleoceno/Eoceno.....	125
Fig. 76 - Comparação entre a assinatura geoquímica dos elementos e os eixos da análise de componentes principais (Site 1221).....	126
Fig. 77 - Detalhamento bioestratigráfico da passagem P/E e E/O do site 1221 com base em nanofósseis, foraminíferos planctônicos e radiolários (Lyle <i>et al.</i> , 2002).....	127
Fig. 78 – Isótopos estáveis em Cibicidoides (foraminífero). Site 1221 (Padrão PDB), Nunes & Norris (2005).....	128
Fig. 79 – Isótopos estáveis em rocha total. Site 1221 (Padrão PDB), Nunes & Norris (2005)....	129
Fig. 80 – Correlação litológica baseada nos perfis de elementos químicos realizada através da classificação por SVM.....	131
Fig. 81 – Seção de correlação quimioestratigráfica (adotando como datum o limite E/O). As dúvidas submetidas a análise por SVM estão representadas pelo sinal de interrogação.....	134
Fig. 82 - Seção de correlação quimioestratigráfica final com base nos resultados das análises de cluster, PCA e SVM.....	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Classificação dos elementos químicos segundo Goldschmidt.....	14
Tabela 2 - Composição média das rochas sedimentares (%) segundo Mason (1971).....	15
Tabela 3 – Sites da leg 199, batimetria, número de amostras analisadas e intervalo de profundidade.....	23
Tabela 4 – Matriz de dados utilizada no cálculo de componentes principais.....	44
Tabela 5- Coeficientes de correlação resultantes da tabela 4.....	45
Tabela 6- Resultado dos autovetores para os dados da tabela 4.	46
Tabela 7 – <i>Factor loadings</i> para os dados da tabela 4.....	47
Tabela 8 – <i>Factor scores</i> para os dados da tabela 4.....	47
Tabela 9 – Matriz de dados utilizada no cálculo da distância euclidiana e correlação.....	49
Tabela 10 – Coeficientes de similaridade com base no cálculo da distância euclidiana para os dados da tabela 9.....	50
Tabela 11 – Coeficientes de correlação resultantes dos dados da tabela 9.....	50
Tabela 12 – Valores dos autovetores (Leg 199, site 1215).....	64
Tabela 13 – Valores dos autovetores (Leg 199, site 1217).....	74
Tabela 14 – Valores dos autovetores (Leg 199, site 1218).....	86
Tabela 15 – Valores dos autovetores para a seção carbonática (Leg 199, site 1218).....	93
Tabela 16 – Valores dos autovetores (Leg 199, site 1219).....	100
Tabela 17 – Valores dos autovetores para a seção carbonática (Leg 199, site 1219).....	106
Tabela 18 – Valores dos autovetores (Leg 199, site 1220).....	113
Tabela 19 – Valores dos autovetores (Leg 199, site 1221).....	126

RESUMO

A estratigrafia química é uma técnica que utiliza dados da geoquímica orgânica e inorgânica para caracterizar e correlacionar estratos sedimentares. Esta ferramenta tem como base a identificação de assinaturas geoquímicas diagnósticas, que caracterizem determinados horizontes ao longo de um perfil vertical em poços ou afloramentos. Seções, que apresentem padrões similares, são definidas como quimiounidades ou unidades quimioestratigráficas e, desta forma, unidades de um determinado poço poderão ser correlacionadas com unidades de outros poços com alta resolução e, freqüentemente, sobre amplas áreas. O objetivo desta pesquisa é definir quimiounidades, através da aplicação de métodos de classificação em dados obtidos nos sedimentos de mar profundo na região do oceano pacífico equatorial. Trata-se de dados geoquímicos proveniente do Ocean Drilling Program (ODP), cuja investigação almejou a sedimentação de mar profundo da região central do oceano pacífico equatorial, de idade Paleógeno/Neógeno constituída essencialmente por sedimentos carbonáticos, vasas de radiolários e argila. Através destes métodos quantitativos pretende-se fornecer embasamento estatístico ao estudo de estratigrafia química, constituindo-se uma ferramenta de auxílio para obtenção, *a priori*, de um arcabouço quimioestratigráfico. Foram utilizadas duas técnicas não-supervisionadas, a análise de componentes principais (PCA) e a análise de *cluster*; e uma técnica supervisionada: *support vector machines (SVM)*. Foram estudados seis *sites* da leg 199 onde os métodos de classificação foram capazes de reconhecer assinaturas geoquímicas dos litotipos principais. Posteriormente foram utilizados os métodos de classificação para definir e correlacionar quimiounidades em litotipos aparentemente homogêneos, onde a resolução bioestratigráfica era baixa, isto é, o conteúdo fóssil se mostrou pobre impossibilitando o biozoneamento.

ABSTRACT

Chemostratigraphy involves study and correlation of sediments and sedimentary rocks through organic and inorganic geochemistry. These tools consider the identification of geochemical fingerprints, defining horizons across core and outcrops. Some special intervals (e.g. carbonates) with different vertical “geochemical signature” are defined as chemostratigraphy packages (or chemofacies) and when the same pattern of geochemical elements is observed across different cores are defined a chemostratigraphic correlation with high resolution considering wide areas. This work aims to show the results of hierarchical cluster analyses (HCA), principal component analysis (PCA), and support vector machine (SVM) methods for the geochemical data from ODP drilling cores of sedimentary deposits of the Leg 199 (site 1215 to 1221) acquired from the equatorial zone of the Central Pacific Ocean, with the objective of carry out chemostratigraphy package definition. Considering that each lithology of Paleogene / Neogene deep marine sediments (carbonates, radiolarian ooze and clay) has a specific geochemical fingerprint, the experiment consists in the identification of these fingerprints using the pattern-recognition tools. Following to a second approach pattern recognition methods was used for barren sequences (carbonates) where the biostratigraphy is unable to offer a satisfactory resolution. Generally HCA results are not as favorable as the PCA one, but this method has advantage in amount of works and times, being adequate for preliminary gross-mode analyses. The SVM has been applied to correlation approach involves sites 1218, 1219, 1220 e 1221 detailing some doubts from PCA. The above mentioned methods can accelerate the data interpretation of the samples difficult to be analyzed by manual methods for chemostratigraphic unit definition.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é fruto de quatro anos de pesquisa sobre métodos de classificação aplicados a dados geoquímicos. Os primeiros testes foram realizados na empresa K2 Sistemas com objetivo de agregar tais análises ao *software* QuímioEstrat de análises de dados geoquímicos. Agradeço a K2 Sistemas pela liberação do *software* QuímioEstrat para a elaboração desta dissertação. Espero que este trabalho continue auxiliando na implementação de novas soluções. Posteriormente, devido a uma revisão bibliográfica extensa e ao estudo mais profundo das técnicas de classificação, foi possível montar um projeto mais efetivo para testar tais ferramentas no problema da quimioestratigrafia. Agradeço ao Prof. Alberto Figueiredo que é muito mais que um Professor Doutor, mas um Mestre que me orientou (e orienta) como aluno, auxiliar, mestrando e, sobretudo como ser humano; sem dúvida esse projeto não teria se concretizado se ele não tivesse apostado, junto a mim, no sucesso. Agradeço imensamente ao Prof. Sérgio Bergamaschi pela orientação, que foi preciosa em diversos aspectos, sobretudo em temas profundos da correlação quimioestratigrafica. Agradeço ao Prof. Mauro Toledo (UFF) que me auxiliou muito na organização e aplicação correta da estatística multivariada aos dados geoquímicos. Agradeço a Raphael Meloni que elaborou o algoritmo / interfaces gráficas para a aplicação do SVM aos dados geoquímicos. Agradeço a Gabriel Capistrano pelos testes executados no SVM e a Frank e Carlos Eduardo, amigos do mestrado, pelo auxílio na elaboração dos mapas desta dissertação.

Agradeço a todos que colaboraram em cada fase deste projeto de vida o qual venho me dedicando desde 2005, quando iniciei meu estágio no Cenpes com estratigrafia química: Luiz Carlos Veiga de Oliveira, René Rodrigues, Egberto Pereira, Hernani Chaves, Ricardo Latge Milward de Azevedo.

Finalmente agradeço aos meus pais: Manoel e Shirley, pelo esforço incondicional que ambos tem feito para me proporcionar as melhores condições para que eu possa desenvolver meus estudos; certamente a dedicação deles tem sido um apoio primordial.

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

A estratigrafia química é um método estratigráfico que vem tendo sua importância reconhecida internacionalmente devido ao grande volume de estudos de sucesso, envolvendo a identificação de eventos paleoceanográficos globais (Jenkyns, *et al.*, 1994), a caracterização e correlação detalhada de horizontes chave em rochas geradoras (Doveton, 2004; Triguís *et al.*, 2005) e rochas reservatório (Ehrenberg & Siring, 1992; Ratcliffe *et al.*, 2003) em pesquisas voltadas ao interesse do setor petrolífero.

Estudos quimioestratigráficos importantes, com vasta bibliografia, se destacam na área da paleoceanografia, envolvendo variações de temperatura da massa d'água (Rodrigues, 1995), nos estudos de proveniência de sedimentos (Andersson *et al.*, 2004) e diagênese (Peral *et al.*, 2007).

Nos estudos de caracterização e correlação de horizontes, de grande interesse da exploração de petróleo, a estratigrafia química complementa a bioestratigrafia e a correlação realizada através de perfis de poços, em algumas situações especiais (Sprague *et al.*, 2008): 1) onde os estratos são pobres em fósseis ou estes estão ausentes devido, por exemplo, a alta taxa de sedimentação (baixa resolução bioestratigráfica); 2) onde há rápida mudança vertical de fácies; (3) presença de descontinuidades intraformacionais; (4) diagênese diferencial; (5) onde as seções são espessas e monótonas com respostas repetitivas nos perfis geofísicos, o que dificulta a correlação detalhada (Oliveira, 2006); tais seções são chamadas de “*barren sequences*” (Pearce *et al.*, 1999 e Pearce *et al.*, 1995). Nestes casos, as variações no teor de elementos, isótopos ou outras mensurações químicas nas amostras analisadas, caracterizam geoquimicamente os horizontes homogêneos para outros métodos; grupos de amostras similares entre si, com respeito a padrões ou assinaturas geoquímicas (*geochemical fingerprints*), são chamadas unidades quimioestratigráficas, e a identificação das mesmas quimiounidades em diferentes poços (correlação quimioestratigráfica) se constitui um dos maiores objetivos dos estratígrafos. A tarefa de unir (ou discriminar) amostras em grupos, isto é, identificar padrões que definem as unidades quimioestratigráficas, é uma responsabilidade do intérprete e tem sua base calcada na experiência do mesmo e, conseqüentemente, tem certo grau de subjetividade associada.

O desejo de “*dividir os elementos da população em grupos, de forma que os elementos pertencentes a um mesmo grupo sejam similares entre si, com respeito às variáveis (características) que neles foram medidas, e os elementos em grupos diferentes sejam*

heterogêneos em relação a estas mesmas características” (Mingoti, 2005), que é claro na estratigrafia química, é também foco das técnicas de classificação ou de reconhecimento de padrões, e é exatamente sob esse ponto de vista que o problema da definição de quimiounidades será tratado nesta dissertação.

1.1 Objetivo

Com base no exposto acima, esta dissertação tem dois objetivos gerais: (1) metodológico, isto é, se propõe a avaliar métodos de reconhecimento de padrão ou classificação, capazes de auxiliar a definição de unidades quimioestratigráficas e correlacioná-las sem auxílio do especialista, caracterizando uma pré-interpretação, que posteriormente deve ser submetida ao técnico para que seja realizada uma revisão e detalhamentos necessários, diminuindo o tempo tradicionalmente envolvido na interpretação. Além disso, o sucesso destes métodos agrega embasamento estatístico a esta tarefa, ressaltando tendências e elucidando dúvidas inerentes ao processo de interpretação; (2) reconhecer as unidades quimioestratigráficas nos sedimentos de mar profundo da região do oceano pacífico equatorial buscando, sobretudo, identificar eventos paleoceanográficos e subdividir horizontes carbonáticos com baixa resolução bioestratigráfica.

1.2 Caracterização do Problema

Até o momento, o desafio de “fatiar” uma seção estratigráfica, ou identificar unidades quimioestratigráficas, com base em diversos dados geoquímicos tem sido tratado como um problema geológico/geoquímico. Porém, a utilização de dados geoquímicos no campo da geologia sedimentar não se limita apenas à sua utilização para “fatiar” seções e correlacioná-las com alta resolução, pelo contrário, existem muitos outros usos importantes destes dados, com maior expressividade nas publicações científicas, como anteriormente mencionado, envolvendo estudos de diagênese, paleoceanografia.

Há uma aplicação de especial interesse para este trabalho, que são os estudos que utilizam os dados geoquímicos para distinguir litologias ou formações. A essência desta análise, isto é, separar grupos com base em atributos intrínsecos às amostras, é tão antigo quanto a própria aplicação de métodos quantitativos na Geologia, pois já em 1830 Lyell propôs a subdivisão do Terciário baseando-se na classificação quantitativa de espécies recentes de moluscos presentes nos diversos estratos da Bacia de Paris. Isto demonstra que os estudos de classificação utilizando

técnicas matemáticas / estatísticas mais ou menos elaboradas, acompanham a geologia desde seu estabelecimento como ciência moderna (Landim, 2000). Entretanto, ainda que os objetivos sejam similares, os problemas de classificação em geologia vêm mudando suas formas de abordagem e as técnicas para resolver estes problemas vêm se tornando cada vez mais robustas. Exemplos disto, retornando à questão da utilização de dados geoquímicos para distinguir litologias e formações, são os trabalhos de Malmgren & Nordlund (1996) e Kamninskas & Malmgren (2003). Em ambos os estudos, o objetivo era classificar amostras em grupos já conhecidos, através de dados geoquímicos, sendo esses grupos os tipos de rochas (classes). Foram realizadas mensurações geoquímicas (elementos maiores e traços) e, através de diversos métodos de aprendizagem, entre eles redes neurais, foram realizados testes para avaliar qual dos métodos apresentava a menor taxa de erro, isto é, qual dos métodos atribuía corretamente uma amostra a um determinado grupo litológico (classe) através dos dados geoquímicos, uma vez que todas as amostras já haviam sido classificadas com base em critérios petrográficos / petrológicos. O interessante nestes trabalhos é o fato de que, ao invés de buscar soluções apenas com base no conhecimento geológico, os autores, reconhecendo a natureza da questão, propuseram uma solução baseada em técnicas de reconhecimento de padrões (*pattern-recognition techniques*) ainda que para corroborar (ou não) a classificação geológica inicial, testando esta ferramenta para que posteriormente fosse aplicada sem uma classificação anterior.

Nesta dissertação, a identificação de assinaturas geoquímicas diagnósticas e a divisão de uma seção estratigráfica em quimiounidades, serão observadas como um problema geológico / geoquímico que pode ser solucionado, ainda que com a necessidade de revisões, através de técnicas de reconhecimento de padrões. A técnica que será amplamente utilizada nesta dissertação é análise de *cluster*. É necessário ter cuidado com a terminologia neste ponto: análise de agrupamentos ou análise de cluster (*cluster analysis*) é um termo genérico, que simplesmente indica uma série de métodos cujo objetivo central é classificar elementos de uma população. Sendo assim, na literatura a análise de cluster é dividida em dois tipos: técnicas aglomerativas hierárquicas (TAH) e não hierárquicas (TANH) (Mingoti, 2005) que, em certo sentido, têm relação com a chamada aprendizagem não supervisionada e supervisionada, que será abordada posteriormente. A primeira (TAH), que utiliza a estatística multivariada, é uma ferramenta importante no tratamento de dados geológicos e com diversos exemplos no tratamento de dados geoquímicos (Davis, 1986); na segunda (TANH), são usados algoritmos computacionais do tipo

iterativo, que tem maior capacidade de análise em conjuntos de dados de maior porte, e envolve algum tipo de aprendizagem, como é o caso das redes neurais artificiais (Schreer *et al.*, 1998). As Máquinas de Vetores de Suporte (SVMs, do Inglês *Support Vector Machines*) também constituem uma técnica de aprendizado, não-supervisionada, e se inserem didaticamente no contexto das análises discriminantes. Desta forma, essa dissertação se propõe a avaliar a adequação destas técnicas robustas à problemática inerente à análise quimioestratigráfica.

Os dados geoquímicos utilizados nesta dissertação são provenientes das análises realizadas em testemunhos do *Ocean Drilling Program* na região central do Oceano Pacífico Equatorial. A leg 199 levantou dados geofísicos (susceptibilidade magnética, densidade), geoquímicos, mineralógicos em 8 *sites* (1215 à 1222) através da perfuração de 21 poços. Os elementos químicos mensurados foram SiO₂, Al₂O₃, CaO, TiO₂, Fe₂O₃, MnO, MgO, P₂O₅, Sr, Ba e os valores do teor de cada um desses elementos se encontra no anexo 2. Aqui serão usados os dados dos *sites* 1215, 1217, 1218, 1219, 1220 e 1221, uma vez que os *sites* 1216 e 1222 não fizeram parte do banco sob análise por não apresentarem um número representativo de amostras e por apresentar ausência de datação, o que inviabiliza o estudo das passagens de idades características do Cenozóico.

Na área há ocorrência de argila no topo da maioria dos poços cujas espessuras variam entre 20m e 50m. Há predomínio de sedimentação pelágica (vasa de nanofósseis e *chalk*) que chega atingir 220m de espessura em determinados poços (anexo 1). O segundo litotipo mais comum são as vasas de radiolários e os radiolaritos que atingem até 100m de espessura aproximadamente, além de camadas de chert e argila com chert cujas espessuras não ultrapassam 40m. Estas litologias possuem características geoquímicas muito distintas e a identificação destas assinaturas foram postas à prova através dos métodos de classificação. Embora o controle primário da variabilidade geoquímica das rochas sejam as mudanças litológicas, essas alterações não são de primeira importância para a estratigrafia química (Ratcliffe *et al.*, 2004). Desta forma, seqüências de carbonatos dos *sites* 1218, 1219, 1220 e 1221 com baixa resolução bioestratigráfica foram submetidos à análise quimioestratigráfica detalhada. Este levantamento do ODP é interessante para o estudo sob o prisma da quimioestratigrafia, uma vez que é possível fazer correlações em uma área muito extensa, o arcabouço bioestratigráfico permite discutir o caráter cronoestratigráfico de determinados “*fingerprints*” geoquímicos, além de permitir o detalhamento de seqüências marinhas de mar profundo que no contexto de outras bacias sedimentares se

constituem rochas reservatório (Mabrouk *et al.*, 2003; Nelms & Burke, 2004; Mabrouk *et al.*, 2007).

CAPÍTULO 2 – ESTRATIGRAFIA QUÍMICA

2.1 Introdução

O termo estratigrafia química ou quimioestratigrafia, que designa uma área específica de estudos dentro da geoquímica de rochas, é relativamente novo, sendo utilizado com mais frequência no início da década de 1980, embora a filosofia da técnica seja tão antiga quanto a própria estratigrafia. Os primeiros trabalhos a utilizar a técnica foram publicados na década de 1950 por Cesare Emiliani e Harold Urey em medições de variação dos isótopos de oxigênio em carapaças fósseis de foraminíferos como indicadores da temperatura pretérita das águas oceânicas. Esta utilização é, sem dúvidas, uma das mais poderosas frentes de pesquisas quimioestratigráficas, pois a investigação de mudanças ambientais em níveis locais, regionais e globais a partir da geoquímica das rochas sedimentares vem se tornando cada vez mais importantes para diversas aplicações.

Estratigrafia química (*chemostratigraphy*) é um termo cuja definição foi recentemente formalizada, pois seu significado era sensivelmente diferente em diversas publicações. Pearce *et al.* (2005); Andersson *et al.* (2004); Ratcliffe *et al.* (2003) a define como um método que envolve a caracterização geoquímica baseada em elementos maiores e traços. Entretanto, alguns autores enfatizam a importância de outras variáveis geoquímicas (Rodrigues, 2005) o que fica muito bem caracterizado no *Sci-Tech Dictionary*, que define estratigrafia química como uma disciplina da estratigrafia e da geoquímica que utiliza dados de elementos, biomarcadores (*molecular fossils*) e algumas razões isotópicas.

Uma outra discussão, acerca da conceituação do termo, aborda o tipo de rocha em que esta caracterização geoquímica é realizada. A análise quimioestratigráfica pode ser realizada em qualquer tipo de rocha. Na maioria dos estudos a investigação é focada em rochas sedimentares, em carapaças carbonáticas fósseis; porém, McClenaghan, *et al.* (2006) e Wills (2006) utilizam o termo no estudo geoquímico de rochas ígneas e seqüências meta-vulcano sedimentares. A formalização deste conceito veio com os esforços da ISSC (*International Subcomission on Stratigraphic Classification*) em tornar a estratigrafia química uma nova categoria de classificação estratigráfica. Em 2006, a ICS (*International Comission of Stratigraphy*) instituiu

um grupo de trabalho específico para a estratigrafia química, sendo constituído inicialmente por Helmut Weissert e M. Joachimski. Em 2008, foi publicado um manuscrito intitulado: “*Chemostratigraphy*”, escrito por Weissert *et al.* (2008) que buscou formalizar o conceito considerando como marcadores os isótopos e os elementos químicos, cujas mensurações de suas variações são aplicadas ao estudo das rochas sedimentares e dos sedimentos.

2.2 Principais aplicações da Estratigrafia Química

A estratigrafia química é um método de correlação e de caracterização de sedimentos e rochas sedimentares (Weissert *et al.*, 2008). O termo correlação aqui é amplo, significando a associação entre duas áreas geográficas ou entre amostras coletadas numa região, a relação entre eventos geológicos registrados nas rochas ou a continuidade lateral de assinaturas geoquímicas identificadas num perfil vertical. Caracterização de sedimentos e rochas sedimentares significa a investigação dos teores de elementos químicos (maiores, menores e traços) ou relações isotópicas, buscando compreender como os eventos geológicos atuaram para conduzir ao enriquecimento ou a diminuição de determinados elementos ou isótopos. Desta forma, na correlação o dado geoquímico é utilizado como um marcador, o qual pode ser “rastreado” em horizontes adjacentes por amplas áreas, pois determinadas variações geoquímicas anômalas são resultados de eventos globais, que ocorreram em determinada fração do tempo geológico e por isso é considerado um marco cronoestratigráfico (Oliveira, 2006). Por outro lado, na caracterização geoquímica, o objetivo é compreender por que existe uma anomalia de determinado elemento ou isótopo, ou de maneira mais geral, quais fatores ambientais orgânicos ou inorgânicos levaram aquela composição química registrada. Por isso, em última análise, uma das principais utilizações de dados geoquímicos é o de identificar e interpretar processos geológicos cujas assinaturas de elementos estejam registradas nas rochas.

A composição química das rochas sedimentares é controlada pelo tipo de rocha fonte, características e intensidade do intemperismo físico e químico (que conduzirá a eliminação de determinados minerais e consequentemente enriquecimento de outros), tipo de transporte (agente de seleção), deposição onde pode haver influência de processos biogênicos, químicos (evaporação) e diagênese que é o processo de alteração da rocha após sua sedimentação (Fig. 1). Os estudos que enfocam o papel da rocha fonte na geoquímica sedimentar, são chamados estudos de proveniência e buscam reconstituir o papel da área fonte e suas alterações ao longo do tempo

geológico.

É importante frisar que os estudos de correlação e caracterização dos estratos sedimentares são geralmente realizados em consonância, principalmente na indústria do petróleo, onde se busca o maior número possível de informações acerca de rochas geradoras e reservatórios. Nos tópicos seguintes serão abordados, mais profundamente, como os processos biogênicos e os processos sedimentares modelam as características geoquímicas das rochas.

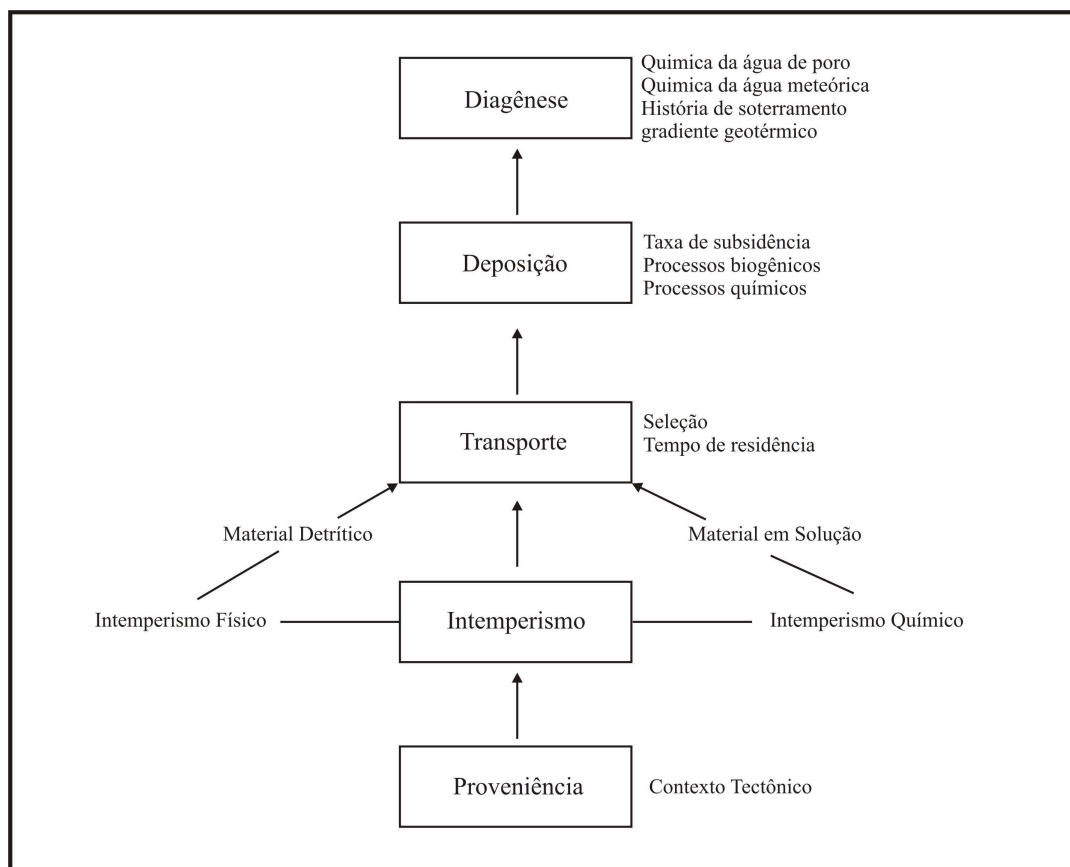


Fig. 1 - Principais processos que controlam a composição química das rochas sedimentares. Modificado de Rolinson (1995).

2.2.1 Isótopos de Carbono e Oxigênio

A variação do sinal isotópico do oxigênio e do carbono ocorre devido a um conjunto de processos naturais, envolvendo trocas isotópicas em equilíbrio químico, processos cinéticos, efeitos metabólicos, condições químicas do meio e processos de evaporação e condensação

(Azevedo, 1995).

O primeiro trabalho a utilizar isótopos estáveis como ferramenta estratigráfica foi publicado por Cesare Emiliani em 1955. Seu trabalho enfocou a medição de $\delta^{18}\text{O}$ em testas de foraminíferos em seções do Quaternário. Posteriormente, outros autores realizaram estudos isotópicos em rocha total. A rocha carbonática é formada por carapaças de diferentes organismos, que viveram em condições ecologicamente diferentes e carbonatos gerados por diagênese, por este motivo o estudo isotópico em rocha total não parecia aconselhável. No entanto, os estudos realizados por Rodrigues (1978), Takaki (1984), Takaki & Rodrigues (1986), Rodrigues & Takaki (1987), Azevedo (1995) e Shackleton & Hall (1995), em seções de várias bacias sedimentares, vêm demonstrando que as respostas de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$, são consistentes em rocha total, tornando confiável a aplicação das mesmas na análise estratigráfica e interpretação paleoambiental.

O sinal isotópico do oxigênio varia principalmente em função da composição isotópica das águas oceânicas, dos processos de evaporação e precipitação seja em forma de chuva ou gelo (sendo que as variações de temperatura proporcionam as condições de maior ou menor taxa de evaporação e precipitação), e a interferência biótica.

As águas oceânicas de diferentes naturezas têm composições isotópicas também diferentes. Isso ocorre porque as condições de salinidade, temperatura das águas e circulação oceânica são os componentes que determinam a composição isotópica da água. O Mar Mediterrâneo, por exemplo, que tem águas restritas, quentes e salgadas apresenta valores de $\delta^{18}\text{O}$ mais positivos quando comparado às águas de degelo da Antártica (Cunha, 2001). Existem modelos para estimar a composição isotópica das águas oceânicas ao longo do tempo geológico. No trabalho de Brass *et al.* (1982) o modelo sugerido para o Cretáceo é que as águas de fundo seriam hipersalinas. Railsback & Anderson (1989) consideram o valor isotópico dos mares cretáceos mais positivos do que os atuais, concordando com a idéia de Brass *et al.* (1982), uma vez que águas salinas tendem a serem enriquecidas em $\delta^{18}\text{O}$.

Em relação à temperatura, em condições interglaciais, íons de carbonato com átomos de ^{18}O tendem a se manter em solução e os carbonatos precipitados sob estas condições são menos enriquecidos em ^{18}O e mais enriquecidos em ^{16}O (Fig. 2).

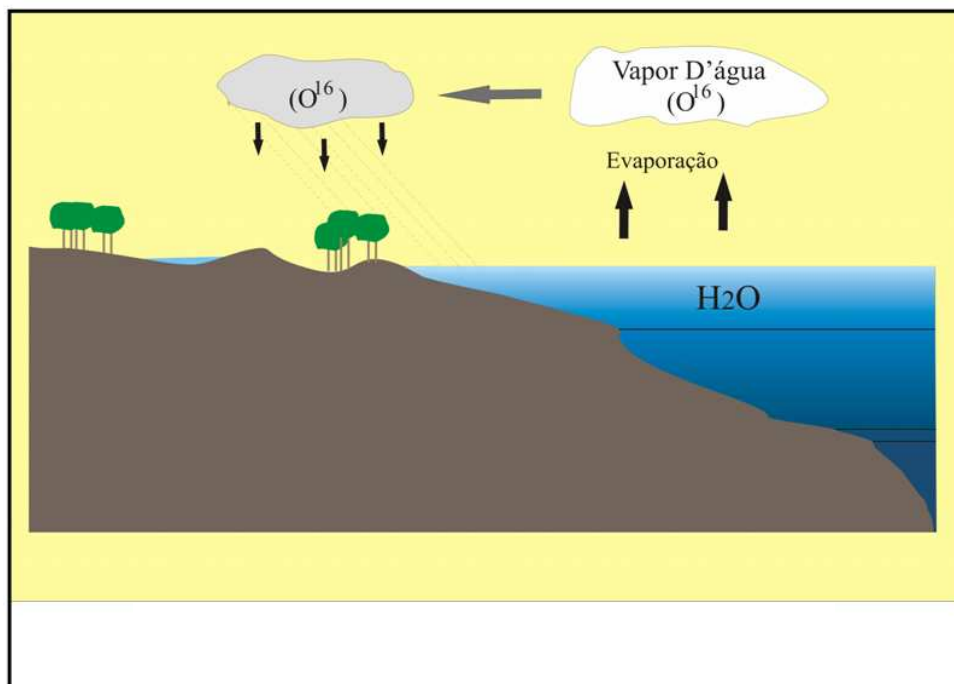


Fig. 2 - Fracionamento isotópico em condições interglaciais.

Um importante processo que produz modificações na composição isotópica do oxigênio da água do mar é a evaporação. Sendo a evaporação maior que a precipitação há concentração do isótopo ^{18}O no oceano (além do aumento da salinidade). Durante os períodos glaciais o vapor d'água enriquecido em ^{16}O não retorna aos oceanos em forma de chuva, permanecendo retido nos continentes em forma de gelo o que gera um aumento relativo do isótopo ^{18}O nas águas oceânicas (Fig. 3).

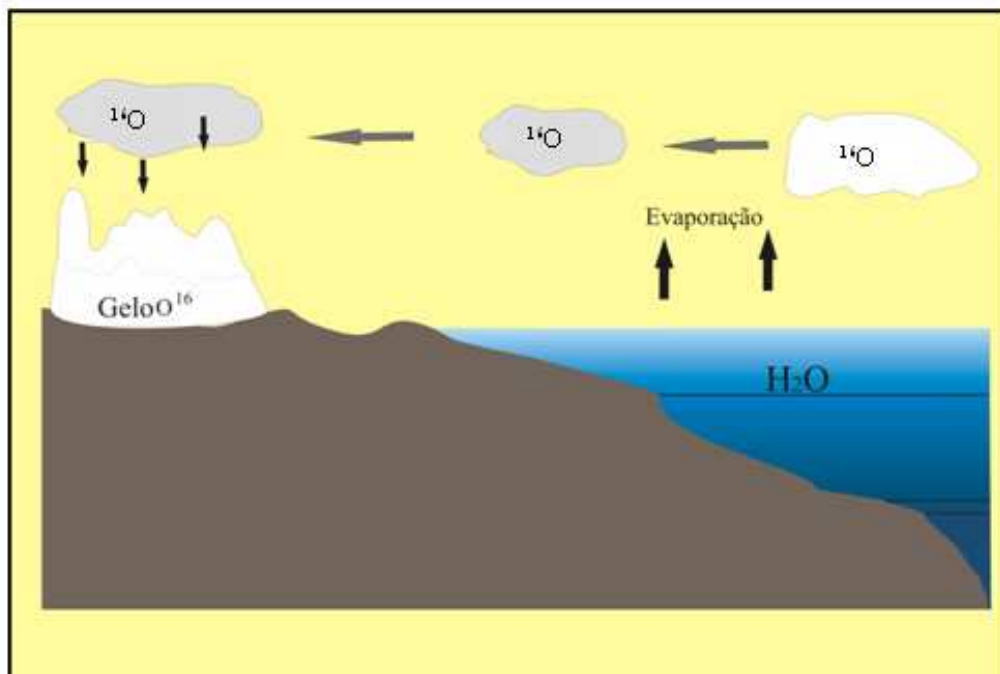


Fig. 3 – Fracionamento isotópico em condições glaciais.

Desta forma, nesta situação as diferenças na composição isotópica da água oceânica são causadas por condições de glaciação. As variações nas curvas isotópicas podem também ocorrer devido às mudanças na temperatura das águas oceânicas, de forma que os valores de $\delta^{18}\text{O}$ tendem a aumentar à medida que a temperatura diminui (relação inversamente proporcional), como mostra a figura 4.

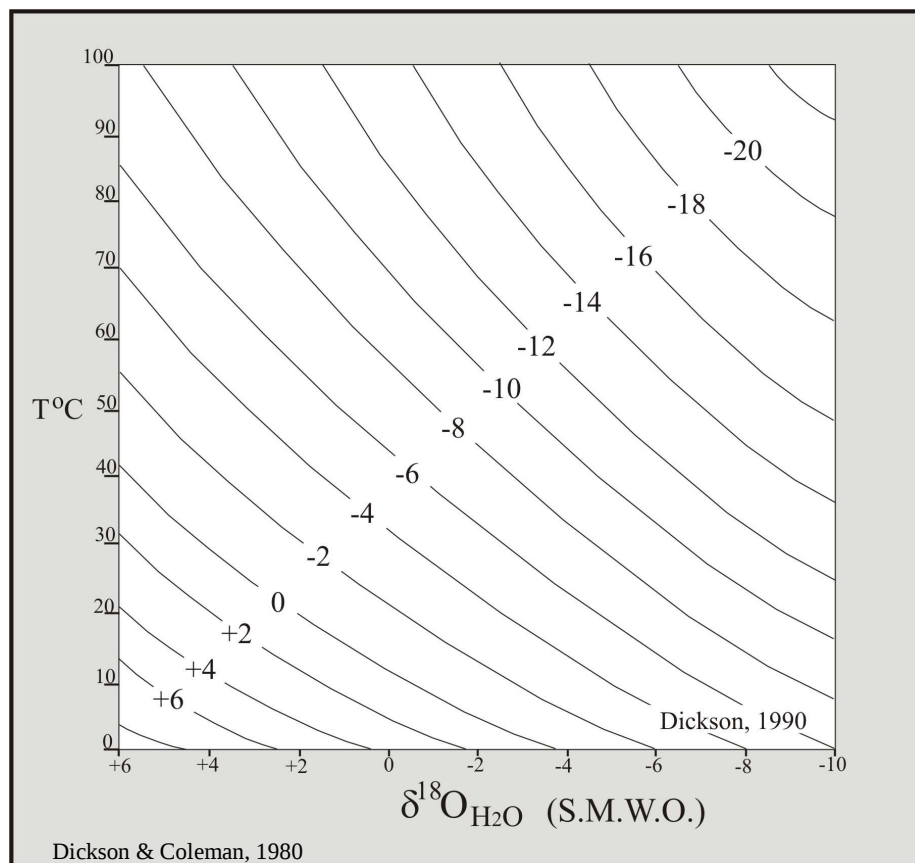


Fig. 4 – Relação entre os valores medidos de $\delta^{18}\text{O}$ do carbonato precipitado (valores na posição transversal) e a temperatura oceânica, calculada a partir dos valores estimados de $\delta^{18}\text{O}$ da água do mar primitiva (S.W.M.O.). Extraído de Quintaes (2006).

Quintaes (2006) discutiu a controvérsia entre a influência do fator temperatura e o fator volume de gelo nos valores de $\delta^{18}\text{O}$. Broecker (1982 *apud* Quintaes, 2006), demonstrou através de estudos de foraminíferos bentônicos e planctônicos de águas profundas do Pleistoceno que o fator volume de gelo é o que mais influencia as variações isotópicas.

No que tange à interferência dos organismos sobre a precipitação inorgânica, os valores isotópicos não são consideravelmente alterados e, desta forma, a variação relativa de temperatura pode ser estimada através dos valores de $\delta^{18}\text{O}$. Os processos pós-deposicionais podem alterar o sinal isotópico $\delta^{18}\text{O}$. Além dos processos diagenéticos mais comuns como dissolução, compactação, recristalização e substituição, processos como redução de porosidade, causada pelo

soterramento e, posteriormente, pela cimentação, também alteram os valores isotópicos tornando-os, de maneira geral, mais negativos (Wetzel, 1989). Considerando que sedimentos mais argilosos passam por litificação sem reações de dissolução e cimentação, nos carbonatos com intercalação de argila e margas, por exemplo, os valores de $\delta^{18}\text{O}$ serão menos alterados. A presença da dolomita também altera o sinal isotópico do oxigênio, pois o $\delta^{18}\text{O}$ da dolomita é de 1 a 7% mais positivo do que o da calcita (Tucker & Wright, 1990).

Os fatores que controlam a composição isotópica do carbono nos oceanos não são completamente compreendidos. Variações significativas na razão do isótopo de carbono refletem mudanças no ciclo do carbono dos oceanos e não respondem às variações de temperatura. A fotossíntese fitoplanctônica incorpora preferencialmente ^{12}C na matéria orgânica formada por este processo. Desta forma, a produtividade fitoplanctônica ou a oxidação bacteriana da matéria orgânica na coluna d'água irão influenciar nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ na superfície dos oceanos (Oliveira, 2006). O desequilíbrio no sistema ocorre com o aumento de produtividade primária e da preservação da matéria orgânica durante os eventos anóxicos (Shackleton, 1986 e 1987; Corfield & Cartlidge, 1993). Ambos processos retiram preferencialmente ^{12}C do sistema: o primeiro pela absorção preferencial de ^{12}C durante a fotossíntese e, o segundo, evitando a oxidação da matéria orgânica, impedindo o retorno ao sistema do CO_2 rico em ^{12}C . Assim, estes eventos tendem a serem representados por eventos isotopicamente positivos (valores mais elevados de $\delta^{13}\text{C}$) e são facilmente identificados no registro geológico. Contrariamente, os eventos de extinção podem ser reconhecidos por eventos isotopicamente negativos, onde os valores de ^{13}C diminuem devido ao menor consumo de ^{12}C , ocasionada pela menor intensidade do processo fotossintético. Ambos os fenômenos, que levam ao aumento ou decréscimo de ^{13}C , geralmente atingem toda a massa d'água oceânica num determinado momento da história da Terra, constituindo eventos globais. Por isso, são considerados marcos de correlação cronoestratigráfica passíveis de serem detectados pelas técnicas quimioestratigráficas (Oliveira, 2006). Com relação aos processos secundários, a diagênese, ao contrário do que ocorre com o oxigênio, não altera significativamente o sinal $\delta^{13}\text{C}$. Isso ocorre porque o volume de carbono das rochas carbonáticas é muito maior do que a quantidade de carbono conduzida pelos fluidos nos poros da rocha. A presença da matéria orgânica é que pode gerar importantes alterações no $\delta^{13}\text{C}$. Isso pode ocorrer durante a ação do processo diagenético relacionado à degradação da matéria orgânica (Marshall, 1992), assim como pela sulfato-redução e pela fermentação da matéria

orgânica. Todos estes fatores podem produzir mudanças acentuadas no $\delta^{13}\text{C}$ (Tucker & Wright, 1990).

2.2.2 Elementos Químicos

O comportamento geoquímico de um elemento é fortemente controlado pela sua configuração eletrônica que se relaciona à sua posição na tabela periódica. Esta relação está na classificação dos elementos químicos de Goldschmidt (Tab. 1): os elementos litófilos possuem oito elétrons na sua última camada, os calcófilos possuem dezoito elétrons e os siderófilos possuem a última camada incompleta (Teixeira & Rodrigues, 1997). Os elementos atmófilos, como o próprio nome sugere, apresentam-se como gases nas CNTP sendo que o He, Ne, Ar, Kr e Xe fazem parte da família dos gases nobres, que tem estabilidade eletrônica com dois ou oito elétrons no último nível de energia.

Tabela 1– Classificação dos elementos químicos segundo Goldschmidt.

SIDERÓFILO	CALCÓFILO	LITÓFILO	ATMÓFILO
Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Au, Re, Mo, Ge, Sn, W, C, Cu, Ga, Ge, As, Sb.	(Cu), Ag, Zn, Cd, Hg, Ga, In, Tl, (Ge) (Sn), Pb, (As), (Sb) Bi, S, Se, Te, (Fe), Mo, (Os), (Ru), (Pd)	Li, Na, K, Rb, Cs, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, B, Al, Sc, Y, La-Lu, Si, Ti, Zr, Hf, Th, P, V, Nb, Ta, O, Cr, U, H, F, Cl, Br, I, (FeO), Mn, (Zn), (Ga)	(H), N, (O), He, Ne, Ar, Kr, Xe.

Diversos estudos geoquímicos procuram estabelecer uma composição química média mais fiel aos diferentes tipos de rochas. No caso das rochas sedimentares esta é uma tarefa difícil devido à remobilização posterior de alguns elementos por organismos marinhos (Ca e Mg no caso dos carbonatos), variações climáticas e processos diagenéticos. A composição química média de folhelhos, arenitos e calcários (Tab. 2) foi estimada por Clarke (Teixeira & Rodrigues, 1991), considerando que as rochas sedimentares devam ter composição química próxima a das rochas ígneas, pois há grande contribuição como fonte deste tipo de rocha na formação das rochas sedimentares.

Tabela 2 - Composição média das rochas sedimentares (%) segundo Mason, 1971 (apud Teixeira & Rodrigues, 1997).

Óxidos	Folhelho	Arenito	Calcário	Obs.
SiO₂	58,10	78,33	5,19	
TiO₂	0,65	0,25	0,06	
Al₂O₃	15,40	4,77	0,81	
Fe₂O₃	4,02	1,07	0,54	
FeO	2,45	0,30	--	
MgO	2,44	1,16	7,89	
CaO	3,11	5,5	42,57	
Na₂O	1,30	0,45	0,05	
K₂O	3,24	1,31	0,33	
H₂O	5,00	1,63	0,77	
P₂O₅	0,17	0,08	0,04	
CO₂	2,63	5,03	41,54	
SO₃	0,64	0,07	0,05	
BaO	0,05	0,05	--	
C	0,08	--	--	
MnO	--	--	--	0,3 (média nos sedimentos)
	100,0	100,0	99,84	

Tal aproximação não pode ser aplicada no caso do Na que tende a se acumular nos oceanos e o Ca que se concentra na carapaça dos foraminíferos pelágicos (Terciário e Recente); do O₂ e do CO₂ (e a própria água) provenientes da hidrosfera e atmosfera (Teixeira & Rodrigues, 1997).

No estudo da variação vertical do teor de elementos químicos o grande desafio é identificar a fase à qual estes elementos estão ligados. À fase se entende um mineral ou grupos de minerais que aparecem associados (paragênese). A identificação destas fases é muito importante e pode ser feita com base no estudo comparativo das curvas dos elementos, fazendo uma análise visual das correlações ou através de estatística multivariada, onde agrupamentos de elementos significam fases bem definidas.

Os elementos podem ser classificados comumente como litófilos, organófilos, calcófilos e siderófilos de acordo com as fases as quais estão ligados. Na associação litófila as fases principais são a carbonática, a fase argilosa, a fase do feldspato e a fase dos sulfatos traduzindo uma relação entre os elementos e a litologia propriamente dita.

No caso da fase carbonática os principais elementos que pertencem este grupo são Ca, Mg, Sr e Mn. Na fase argilosa os grupos de elementos estão condicionados aos tipos de argilominerais:

Ilita: B, V, Ba – Ba, Sr – Al, Ti, Ba, Sr – Al, Ti, Ga, Sr.

Caolinita: Al, Ti, Ga – Al, Ti, Sr.

Clorita: Mg, Zn, Ni – Fe, Co, Mn, Ni – V, Zn, Ga, Ni, Co – Al, Ga, Co, Mn. As associações variam segundo o tipo de clorita (magnesiana, aluminosa, ferrífera, etc.).

Esmeclita: Cr (V, Ni, Co) – Ga, Ni, Co – B, Ca, Sr.

O alumínio é um elemento importante que pode auxiliar na determinação de fontes detríticas clásticas, que como ilustrado acima é elemento litogênico abundante (Rodrigues, 2005). Alguns dos elementos que apresentam alta correlação com o alumínio são: Ti, Mg, Na, K, Ga, La e Nb. Os elementos ligados ao feldspato potássico são Ba, Ti (Ga, Pb); para o feldspato sódico são Ti, Ba, Sr (Ca); para o feldspato cálcico são Ti, Ca, Ba, Sr – Ti, Ca, Ba.

Na associação organófila as principais associações são carbono orgânico – Mo – Ni – Cu; carbono orgânico – Mo – Ni – Cu – V – Cr – Zn. No ambiente em que a matéria orgânica é bem preservada, com aumento da anoxia a tendência é que ocorra enriquecimento sucessivo de Ni, Cu, Mo, V. A associação calcófila corresponde aos elementos relacionados aos sulfetos. A maioria dos elementos que se associam a fase sulfeto também pode ser encontrada na associação organófila. O único elemento que pode estar presente na associação calcófila, mas não pode estar presente na associação organófila é o Co. Desta forma, quando há associação entre o Co e a matéria orgânica é porque também existe uma fase de sulfetos ligada à matéria orgânica. As associações Pb – Co – Fe ou Pb – Zn – Co – Fe são freqüentemente indicadoras da fase pirita (Teixeira & Rodrigues, 1997). Entre estes elementos o Fe parece exercer um papel fundamental na formação da pirita, uma vez que é a disponibilidade dos íons ferroso e férrico (ao lado dos íons de enxofre) o principal fator controlador da formação deste mineral em ambientes marinhos com baixa oxigenação (Rodrigues, 2005)

Na associação siderófila (elementos ligados ao ferro) os elementos mais comuns são Fe,

Mn, Cr, V, Mo, Ni, Co, Pb. São comuns as seguintes associações Mn, V, Cr ou Mo – Mn – Co ou Mo - Ni – Co – Mn. O par V-Cr é praticamente indissolúvel, devido a semelhança de seus raios iônicos. Ni – Co é também um par muito comum, exceto quando o Ni está associado à matéria orgânica onde o Co não é comum. Mn – Co é bastante freqüente na fase óxido, pela proximidade de seus raios iônicos (Teixeira & Rodrigues, 1997).

O Ba é geralmente reportado na bibliografia como sendo indicador de produtividade primária e sedimentação biogênica. De acordo com Rodrigues (2005) há situações em que o Ba pode ter alta correlação estatística com o Al o que sugere uma fonte do influxo de terrígenos de fora da bacia principalmente através de minerais de argila.

Para o estudo quimioestratigráfico a compreensão do significado dos grupos de elementos, cujas variações apresentam comportamento similar (alta correlação positiva) ou comportamento contrário (alta correlação negativa) e até ausência de relação, possibilitará identificar controles ambientais e eventos paleoceanográficos que geraram tais assinaturas geoquímicas nas rochas e tais assinaturas têm papel fundamental na correlação geológica.

CAPÍTULO 3 – GEOLOGIA DA REGIÃO CENTRAL DO PACÍFICO EQUATORIAL

3.1 Introdução

As regiões abissais, tal como a região central do pacífico equatorial, são geralmente dominadas por sedimentação pelágica, constituída por argila pelágica e vasas biogênicas. As argilas pelágicas acumulam-se em profundidades abissais (abaixo da profundidade de compensação dos minerais carbonáticos) em regiões oceânicas oligotróficas, distantes das fontes de sedimentos terrígenos, como rios e deltas. Tais argilas têm granulometria fina (em geral menor que $3\mu\text{m}$), e a contribuição terrígena é de natureza eólica, contendo poucos minerais autigênicos (Morse & Mackensie, 1990). As vasas biogênicas podem ter, de maneira geral, composições calcárias ou silicosas. As vasas calcárias são constituídas predominantemente de testas calcíticas de cocolitoforídeos e/ou de foraminíferos, ou de testas de pterópodes. Os diversos fatores de grande importância para a deposição de carbonatos no fundo marinho estão sumarizados na figura 5. Tais fatores podem ser divididos em externos, como a influência das águas que vêm do continente e a troca de CO_2 na interface atmosfera-oceano; e fatores internos que estão ligados à formação, dissolução e remoção do CaCO_3 . A maior parte do CaCO_3 formado nos oceanos é precipitado por organismos pelágicos que se concentram na zona fótica onde as águas são saturadas em calcita e aragonita e afundam ao longo da coluna d'água. As influências da redução da temperatura, do aumento da pressão hidrostática e da pressão de CO_2 (P_{CO_2}) são causas da subsaturação das águas profundas em aragonita e calcita. O aumento da P_{CO_2} é resultado da oxidação da matéria orgânica, como este processo ocorre de maneira heterogênea em águas profundas, o estado de saturação de CaCO_3 também é bastante variável. Desta forma, apenas uma pequena fração do total de CaCO_3 produzido é eventualmente soterrado de maneira permanente nos sedimentos e a formação e preservação do CaCO_3 está intimamente ligada à produtividade oceânica, circulação, dissolução, ao soterramento e ao complexo ciclo do carbono orgânicos nos oceanos. Murray & Renard, 1981 (*apud* Li & Schoonmaker, 2003) como parte da expedição Challenger fizeram uma observação geral de que há maior abundância de carbonato de cálcio no Oceano Atlântico e este ocorre em regiões mais profundas em relação ao Oceano Pacífico. Com o aumento da profundidade, foi observada uma sequência de preservação de testas calcárias de forma que as primeiras a desaparecerem eram as testas de pterópodes, seguidas de testas pequenas e frágeis de foraminíferos; em regiões mais profundas, já na superfície do sedimento, só

se preservariam testas grandes de foraminíferos, mas com sinais de corrosão. De acordo com estes autores existe uma correlação entre a produtividade de testas de composição carbonática e a quantidade absoluta de CaCO_3 encontrada em profundidade equivalente em subsuperfície. Esta observação levou Murray à idéia de que existia uma profundidade na qual abaixo dela as testas calcárias não se preservavam (profundidade de compensação do carbonato), isto é, abaixo deste limite a taxa de dissolução e deposição do carbonato de cálcio está balanceada e o conteúdo de carbonato de cálcio permanece 0%.

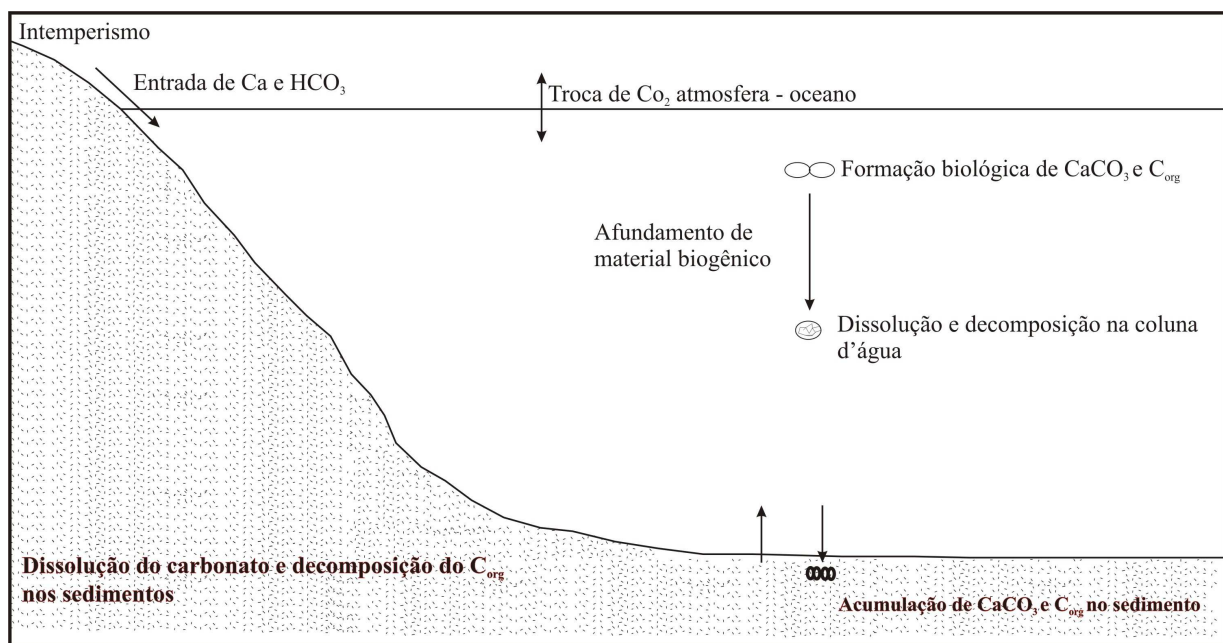


Fig. 5 - Modelo simplificado dos principais controles da formação e acumulação de CaCO_3 nos oceanos (Morse & Mackenzie, 1990).

3.2 Contexto Sedimentar da Região Central do Pacífico Equatorial

A região central do Pacífico Equatorial foi estudada pelo *Ocean Drilling Program* (ODP) leg 199 sites 1215 a 1222 (Fig. 6A e 6B), cujo projeto foi chamado “*The Paleogene Equatorial Transect*”. Tectonicamente esta área se encontra no contexto de três zonas de fraturas chamadas Molokai (a norte) Clarion (área central) e Clipperton (a sul) como ilustrado na Fig. 6B. Cada *site* tem um número variável de poços testemunhados e somente alguns poços apresentam análises

geoquímicas relevantes para o presente estudo (Tab. 3).

De acordo com lineações magnéticas, a idade da crosta oceânica varia entre 42Ma (*site* 1218) e 57Ma (*site* 1222); desta forma, as investigações estão concentradas nos eventos ocorridos a partir do Paleoceno (Thanetiano – 58.7Ma). A batimetria média nesta região é de aproximadamente 5000m de profundidade, cuja topografia é típica de planície abissal. A sedimentação é composta, de maneira geral, por argila, *chert*, vasas silicosas (carapaças de radiolários), vasas carbonáticas compostas por cocólitos como ilustram os mapas de sedimentação integrados (Fig. 7A e 7B). A espessa coluna de sedimentos encontrada nesta área é resultado de uma situação particular que ocorre na região equatorial do Pacífico. Nesta área, ocorre um rebaixamento local do nível do mar devido à força de Coriolis onde sob a influência dos ventos no hemisfério norte as águas de superfície são conduzidas à direita da direção do vento e no hemisfério sul à esquerda. Desta forma ocorre uma reposição da água de superfície por água profunda ao longo do equador criando a “ressurgência da zona de divergência equatorial”. A alta produtividade na região produz saturação das águas com CaCO_3 em tal quantidade que a CCD é rebaixada ao fundo oceânico permitindo a sua preservação em regiões mais profundas (Fig. 8). O deslocamento da placa tectônica conforme ilustrado na figura 8 registra na coluna sedimentar cenozóica a influência da ressurgência equatorial à medida que a placa passa sob esta região.

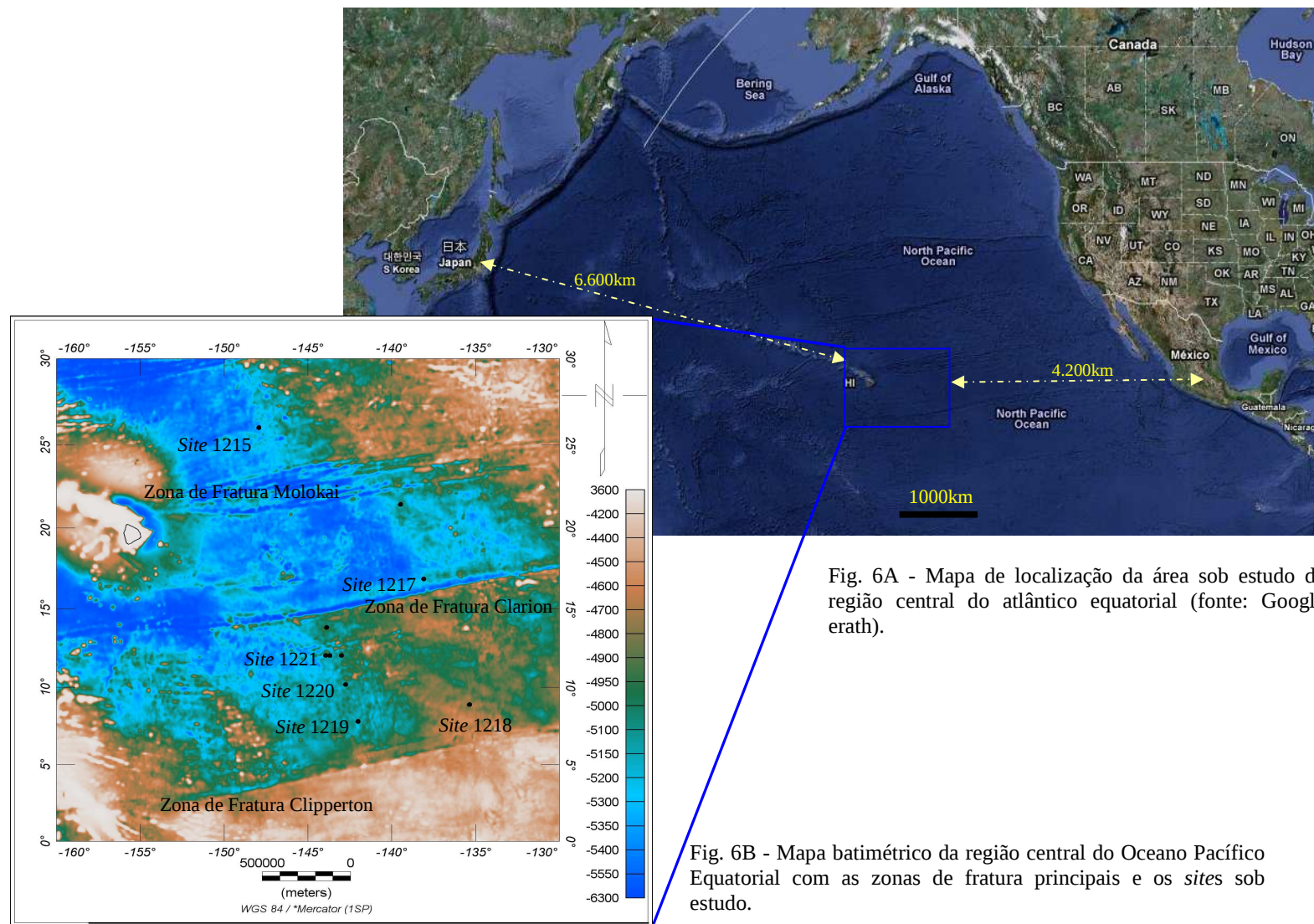


Fig. 6A - Mapa de localização da área sob estudo da região central do atlântico equatorial (fonte: Google earth).

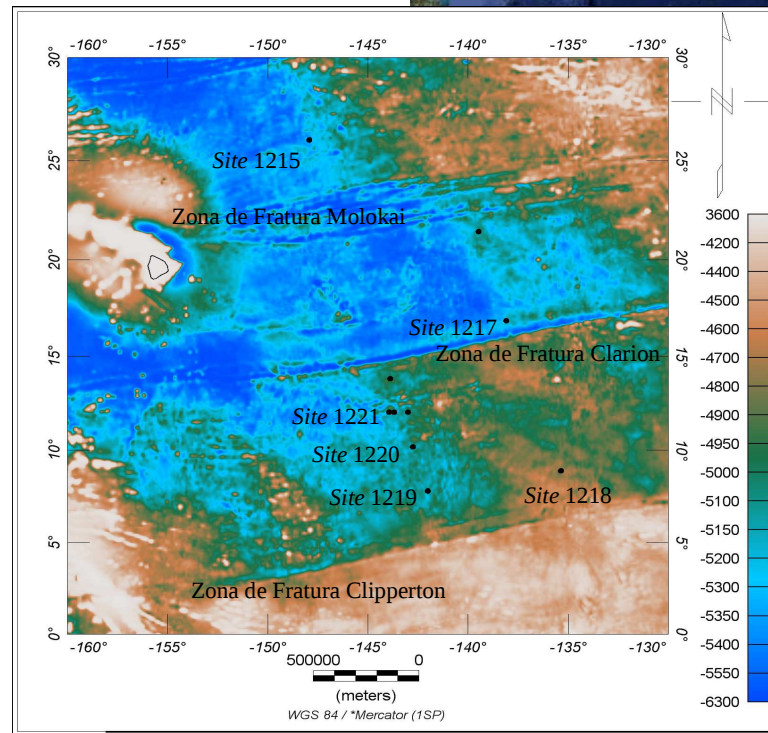


Fig. 6B - Mapa batimétrico da região central do Oceano Pacífico Equatorial com as zonas de fratura principais e os sites sob estudo.

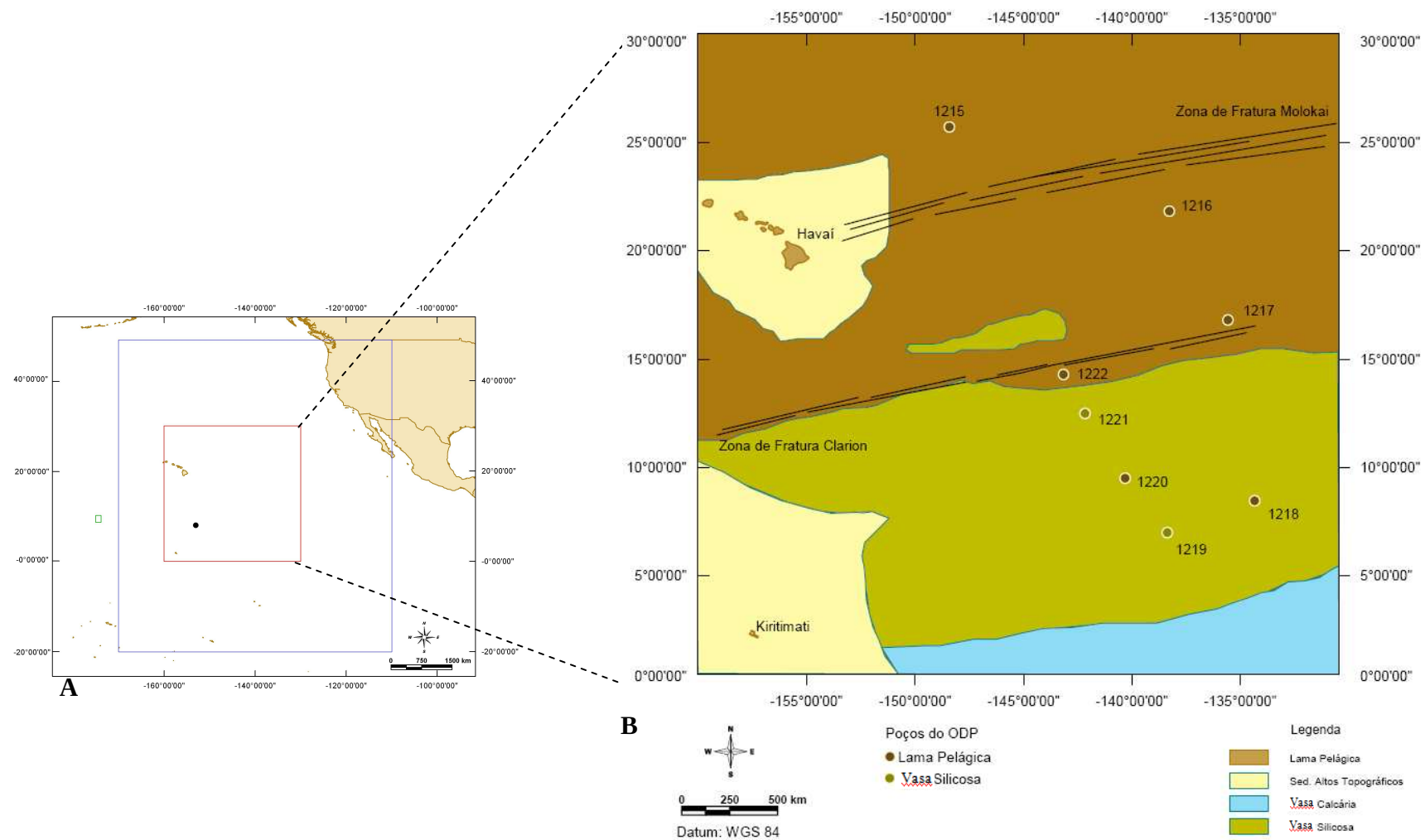


Fig. 7A – áreas de estudo: ODP (área vermelha); Calvert & Price (1977) (área azul); GH80-5 *Cruise* Serviço Geológico do Japão (área verde); Calvert *et al.* (1978) (circulo preto). Fig. 7B – tipos de sedimentos (integrado de Horn *et al.*, 1972 e outras fontes, *apud* Calvert & Price, 1977) com informações dos poços ODP leg 199.

Tabela 3 – Sites da leg 199, batimetria, número de amostras analisadas e intervalo de profundidade.

<i>Site 1215*</i>	<i>Site 1217*</i>	<i>Site 1218*</i>	<i>Site 1219*</i>	<i>Site 1220*</i>	<i>Site 1221*</i>
Poço A*	Poço A*	Poço A*	Poço A*	Poço A*	Poço A*
Poço B*	Poço B	Poço B	Poço B	Poço B*	Poço B*
	Poço C	Poço C		Poço C	Poço C*
					Poço D
Bat. 5396m	Bat. 5342m	Bat. 4826m	Bat. 5063m	Bat. 5218m	Bat. 5175m
Nº amostras	Nº amostras	Nº amostras	Nº amostras	Nº amostras	Nº amostras
44	58	163	76	76	57
Intervalo de prof. 0.51 - 67.46m	Intervalo de prof. 0.79 - 128.83m	Intervalo de prof. 0.74 - 274.23m	Intervalo de prof. 2.23 - 244.23m	Intervalo de prof. 2.24 - 199.79m	Intervalo de prof. 2.23 - 156.15m

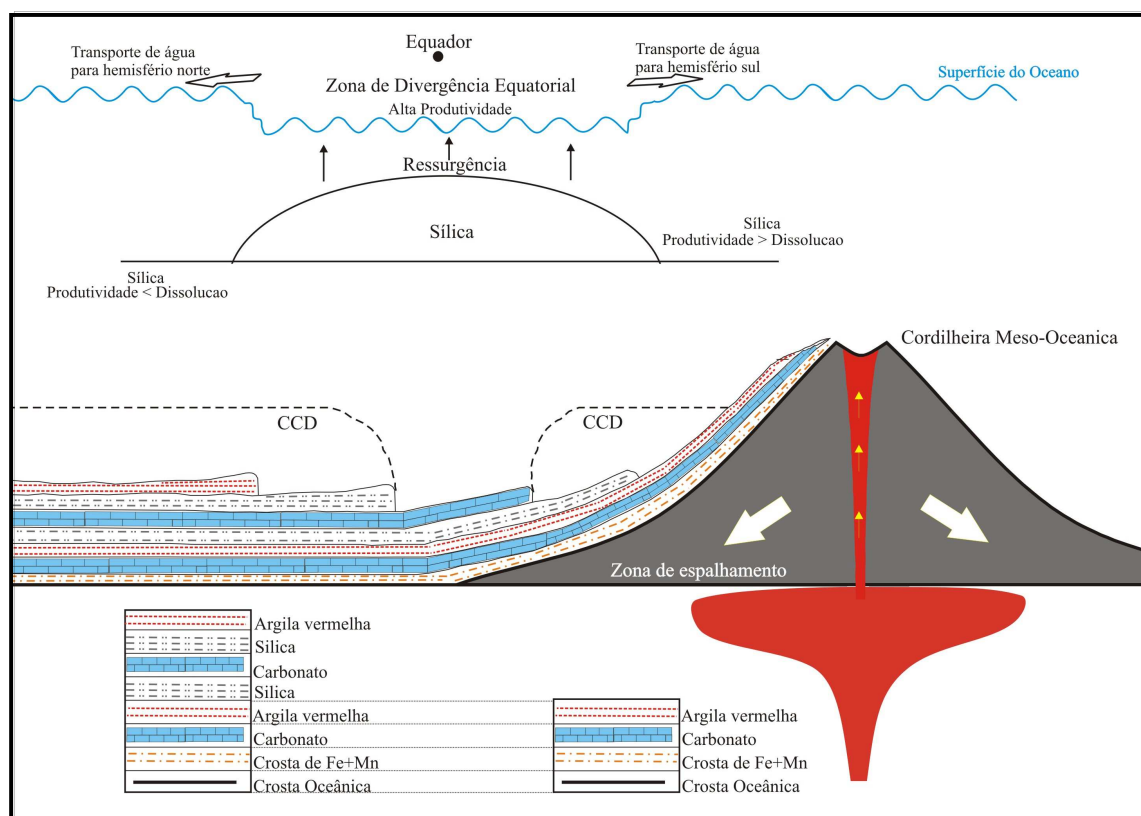


Fig. 8 – Modelo de deposição de carbonato em águas profundas em zona de alta produtividade na região do Pacífico Equatorial (Figueiredo Jr. – notas de aula).

Os sites da leg 199 do ODP amostraram seções do Paleógeno e Neógeno com interessantes mudanças ambientais e oceanográficas ocorridas neste período. O início do Paleógeno, particularmente o Eoceno (~55-33 Ma), registrou um dos períodos de clima mais quente na Terra durante todo o Cenozóico, e tem sido reportado na literatura que as temperaturas das águas abissais foram significativamente mais quentes quando comparadas às temperaturas atuais (Shackleton & Kennett, 1975). A passagem Paleoceno / Eoceno (Fig. 9) é considerada um dos melhores exemplos no registro geológico de resposta da interação oceano-clima atmosférico durante um progressivo aquecimento (*greenhouse*). Os efeitos desta mudança foi um aquecimento substancial de ~5°-7°C (Fig. 9) nos oceanos do sul e nos subtrópicos, extinção de foraminíferos bentônicos de mar profundo da ordem de 35% - 50% e uma perturbação global no ciclo do carbono (Zachos *et al.*, 1993).

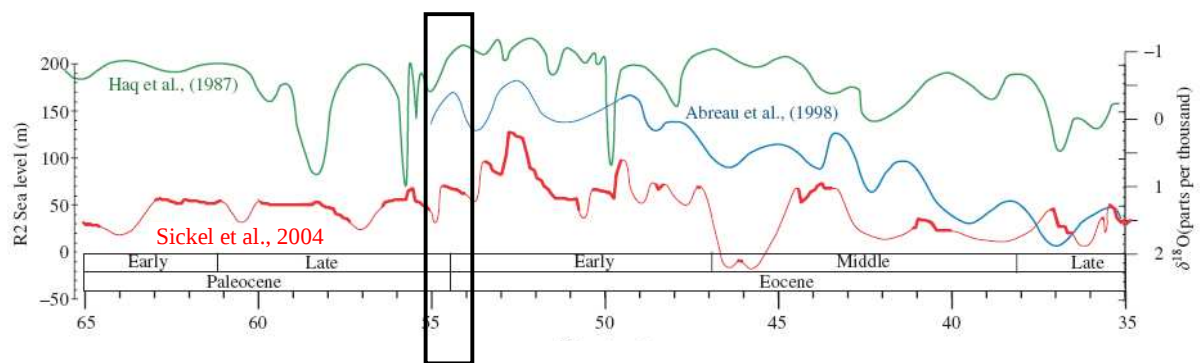


Fig. 9 – Comparação entre as curvas de variação do nível do mar (relacionado com $\delta^{18}\text{O}$) para o Paleoceno e Eoceno com destaque para a passagem P/E (Sickel *et al.*, 2004).

A passagem Eoceno / Oligoceno representa um importante registro na mudança do efeito estufa (*greenhouse*) que dominou de maneira geral o clima do planeta durante o Cretáceo e o início do Paleógeno para um resfriamento no final do Paleógeno. Há diversas propostas na literatura para posicionar o momento no qual houve maior acumulo de gelo em escala continental através da investigação do sinal isotópico ($\delta^{18}\text{O}$) em foraminíferos bentônicos. As melhores estimativas desta mudança climática apontam para o Eoceno médio (~43Ma) e também há indicações para o Oligoceno (~34Ma) segundo Zachos *et al.* (1992). Um dos mais importantes efeitos desta mudança, na massa d'água, que conduziu ao rebaixamento do nível do mar (Fig. 10)

foi um significativo rebaixamento da CCD (~1600m) e tal evento se correlaciona com extrema precisão com a passagem Eoceno / Oligoceno (van Andel *et al.*, 1975 *apud* Lyle *et al.*, 2002) e a deposição de carbonatos de mar profundo. Esta passagem é marcada por um rápido aumento no teor de $\delta^{18}\text{O}$ mensurado na calcita de foraminíferos bentônicos, chamado de evento Oi-1.

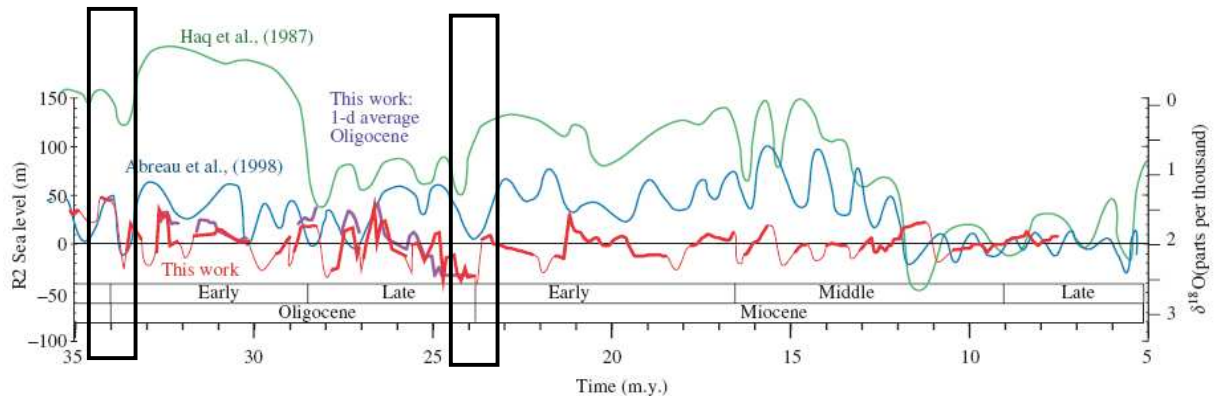


Fig. 10 – Comparação entre as curvas de variação do nível do mar (relacionado com $\delta^{18}\text{O}$) para o Oligoceno e Mioceno com destaque para a passagem E/O e O/M (Sickel *et al.*, 2004).

Observando a figura 9 e a figura 10 é perceptível a tendência de queda do nível do mar, fato que é amplamente discutido nos estudos do Cenozóico. Entretanto, o final do Oligoceno registra uma exceção a esta tendência, (Fig. 10) também revelada em curvas isotópicas ($\delta^{18}\text{O}$) com base em foraminíferos bentônicos (Ravizza & Zachos 2001). Desta forma, houve um inequívoco aumento do nível do mar cujas hipóteses para explicar tal situação têm sido: a Antártica ter sofrido rápida deglaciação em grande escala ou as temperaturas globais em águas profundas teriam se aquecido aproximadamente entre 5° - 7° C (Lyle *et al.*, 2002). Na realidade, ainda não há uma base de dados estratigráficos suficiente para testar tais hipóteses ou avaliar as mudanças geoquímicas ocorridas na massa d'água. Os autores concordam, entretanto, que a passagem Oligoceno / Mioceno registra o final desta tendência de aquecimento ocorrida no final do Oligoceno (que teria durado 1,5 a 2 Ma) e o retorno à tendência de resfriamento (início do Mioceno) chamado evento Mi-1. A figura 11 ilustra as passagens mencionadas e seus respectivos sinais no registro de $\delta^{18}\text{O}$ em foraminíferos bentônicos.

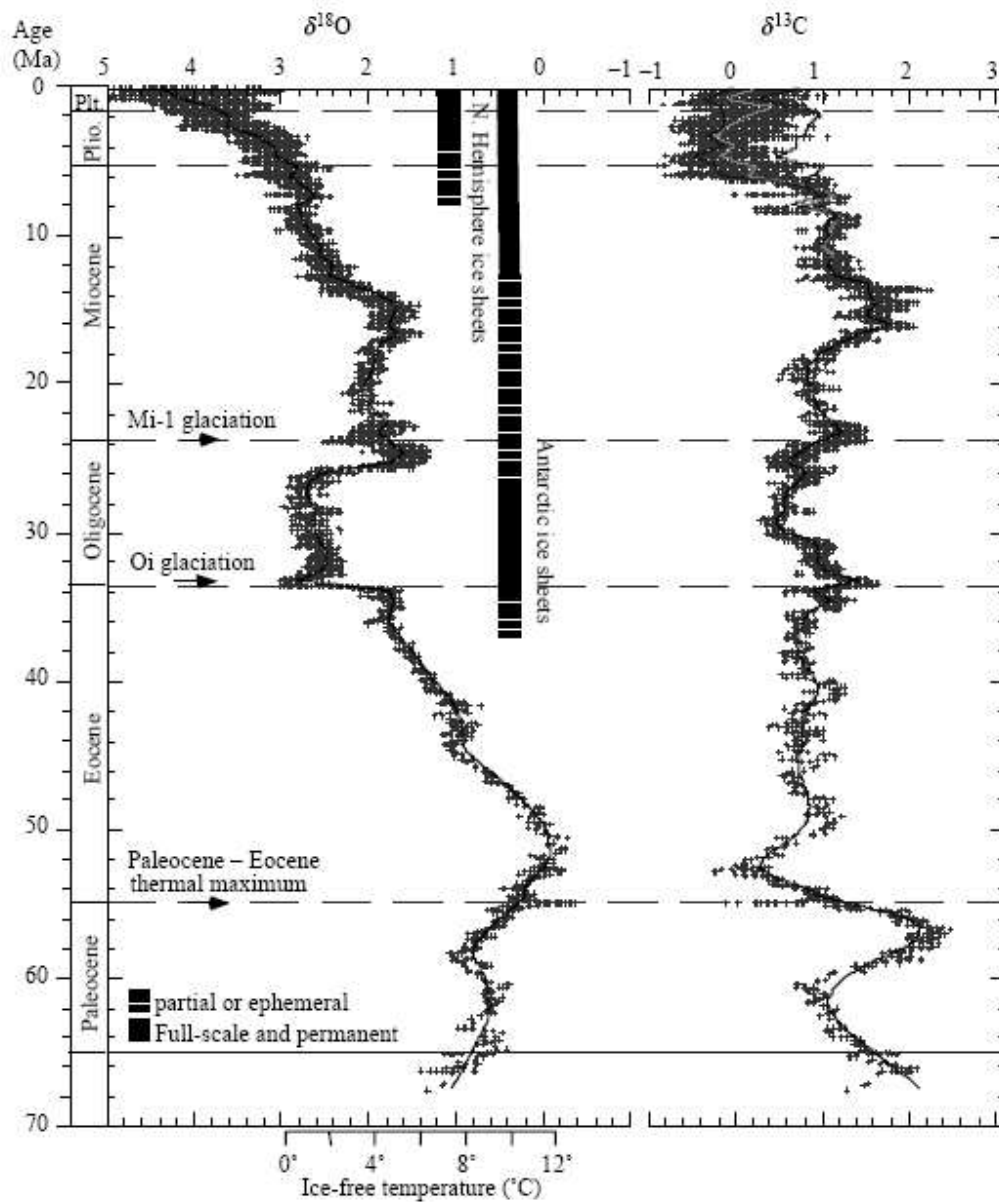


Fig. 11 – Compilação dos dados isotópicos de oxigênio e carbono (Ravizza & Zachos, 2001)

3.3 Descrição dos sites do ODP sob estudo e seções de correlação

O site 1215 está localizado a norte da zona de fratura Molokai e apresenta fina, porém contínua, cobertura sedimentar. Os primeiros 26m de sedimentos são compostos de argila vermelha pelágica, que cobre uma vasa calcária argilosa com *chert* de 42m de espessura, ambos depositados majoritariamente no Eoceno (Fig. 12 e Fig. 13). O intervalo de argila com nanofósseis em 54.7m é considerado o primeiro limite Paleoceno/Eoceno (P/E) observado em amostras do oceano pacífico equatorial. A bioestratigrafia por nanofósseis calcários indica que o limite ocorre na biozona NP9, e o evento de extinção P/E é observado entre ~54.5 e ~55.5m.

O site 1217, situado próximo à zona de fratura Clarion, tem aproximadamente 138m de espessura e registra a sedimentação do Eoceno inferior, caracterizada por *chalk* de nanofósseis, que é sobreposta por uma seqüência de argila com *chert* pobre em fósseis (Fig. 13). A camada superior de argila vermelha apresenta pouco mais de 50m de espessura, e contém uma subunidade fina de vasa carbonática (nanofósseis). Abaixo das argilas vermelhas é observada uma vasa de radiolários com argila, que tem idade em torno de ~38-43Ma e contém uma fauna rica e bem preservada de radiolários do Eoceno Médio.

O Site 1221 localizado mais a sul da zona de fratura Clarion, apresenta uma variação de litologias vistas em outros sites da leg 199. Uma unidade litológica fina de argila e vasa de radiolários cobre a vasa de nanofósseis do Oligoceno Inferior, cujo contato é brusco com a vasa de radiolários e argila; esta passagem abrupta é típica do limite Eoceno/Oligoceno. A seção rica em *chert* se depositou entre ~48Ma e 53.8Ma. Abaixo deste intervalo, *chalks* de nanofósseis de idade Paleoceno/Eoceno foram reconhecidos. No aspecto mineralógico, foi observado enriquecimento em argilas de colorações diversificadas (marrom, rosa, preto); geoquimicamente esta passagem também está registrada através da diminuição dos teores de Ca e Sr (Nunes & Norris, 2005) relacionada à extinção de 35% - 50% da fauna de foraminíferos bentônicos.

O site 1220 se localiza entre a Zona de fratura Clarion e Clipperton; a seqüência sedimentar é dividida em cinco grandes unidades (Fig. 13). A unidade superior, entre 0 – 19m consiste em argila de coloração marrom escuro com zeólitas. Uma segunda unidade é composta por vasas de nanofósseis e radiolários com conteúdo de argila variável, onde o limite Oligoceno/Mioceno é sugerido; uma terceira unidade é similar a unidade II, mas apresenta quantidade significativa de diatomáceas (15%-45%) que aumenta para a base. O contato brusco entre as vasas enriquecidas em nanofósseis e as vasas de radiolários marca o limite

Eoceno/Oligoceno. As unidades da base do perfil são caracterizadas por vasas de nanofósseis parcialmente dolomitizadas, vasas de radiolários com argila e chert e, finalmente, por *chalk* de nanofósseis. Abaixo do *chalk* de nanofósseis encontram-se finas camadas de argila e, baseando-se em dados bioestratigráficos, esta sequência representa a passagem Paleoceno/Eoceno. As camadas de *chalk* e argila demonstram uma grande variação composicional e de coloração, alternando intervalos de carbonatos brancos a marrons entre 198.9 e 199.4m. As camadas brancas ocorrem entre 199.15 e 199.23 e contém de 15% - 30% de foraminíferos planctônicos; os sedimentos abaixo deste intervalo são de *chalk* calcários maciços de coloração marrom amarelada, mas pobre em microfósseis.

O *site* 1219, o que se encontra mais próximo da Zona de fratura Clipperton, apresenta excelente correlação com o *site* 1218 embora a distância entre eles seja de aproximadamente 720 km (Fig. 13). O topo da seção é composto por vasas de radiolários e nanofósseis com 30m de espessura. A segunda unidade litológica abaixo, que registra a passagem Oligoceno/Mioceno, apresenta 120m de espessura de vasa carbonática com significativa variação no conteúdo de nanofósseis ao longo da de toda seção. A mudança brusca entre a segunda unidade e a vasa de radiolários (terceira unidade) ocorre em 151m de profundidade, marcando o limite entre o Eoceno/Oligoceno; em direção a base esta unidade torna-se mais rica em chert e a argila torna-se rica em zeólitas com uma pequena camada de alternância entre diatomáceas e vasas de nanofósseis. A quarta unidade litológica é caracterizada por *chalk*.

O *site* 1218 encontra-se na região de menor profundidade (4.826m), como pode ser observado no mapa de localização dos *sites* (Fig. 8), próximo à zona de fratura Clipperton. A seção sedimentar é composta por quatro unidades litológicas: argila marrom amarelada com intervalos pobres em fósseis, intercalado por horizontes com radiolários e nanofósseis. A idade desta unidade é Pleistoceno-Mioceno médio; vasas de nanofósseis e *chalk* de idade Mioceno – Oligoceno. O limite basal desta unidade é brusco, e marca a passagem Eoceno/Oligoceno; os sedimentos do Eoceno superior são compostos por radiolaritos e *chalk* de nanofósseis com algumas camadas de chert.

A transição E/O é caracterizada pela mudança litológica rápida envolvendo *chalk* de nanofósseis e radiolaritos de coloração escura; esta mudança de sedimentos ricos em carbonatos para sedimentos pobres neste componente também é evidente na análise geoquímica e de rocha total, e no aumento dos valores de susceptibilidade magnética. Em termos bioestratigráficos a

passagem é marcada através das biozonas de nanofósseis calcários.

A passagem O/M foi definida com base no pequeno range da espécie de nanofósseis *Sphenolithus delphix*, além da primeira ocorrência do foraminífero planctônico *Paragloborotalia kugleri* (que marca o limite O/M) e a primeira ocorrência do radiolário *Cyrtocapsella tetrapera*. Este limite nos *sites* localizados mais a sul (1218 e 1219) ocorre em seções carbonáticas enquanto no *site* 1220 (mais a norte) esta passagem ocorre numa seção de vasa de radiolários pouco espessa. A taxa de sedimentação durante o Eoceno foi alta (Fig. 12), principalmente nos *sites* localizados mais a norte, e provavelmente ocorreu numa situação de nível de mar alto onde a deposição de carbonato é muito restrita devido a CCD e há extensa deposição de sedimentos silicosos (Fig. 13). Por outro lado, a taxa de sedimentação carbonática foi alta durante o Oligoceno principalmente nos *sites* localizados a sul (mais próximos da região central equatorial), provavelmente num nível de mar baixo em relação ao Eoceno, permitindo a deposição e preservação de espessas seções carbonáticas de mar profundo. Estas características do ambiente de sedimentação ficam ressaltadas no perfil onde foi adotado o datum de correlação O/M (Fig. 14) que permite a interpretação do ponto de vista cronoestratigráfico. No *site* 1220, o último a registrar com segurança a passagem O/M, as seções mostram que a seção Oligo-Miocênica tem contribuição tanto de sedimentos carbonáticos quanto silicosos, sugerindo uma mudança gradativa da composição de sedimentos carbonáticos que tendem a ser mais silicosos para o topo.

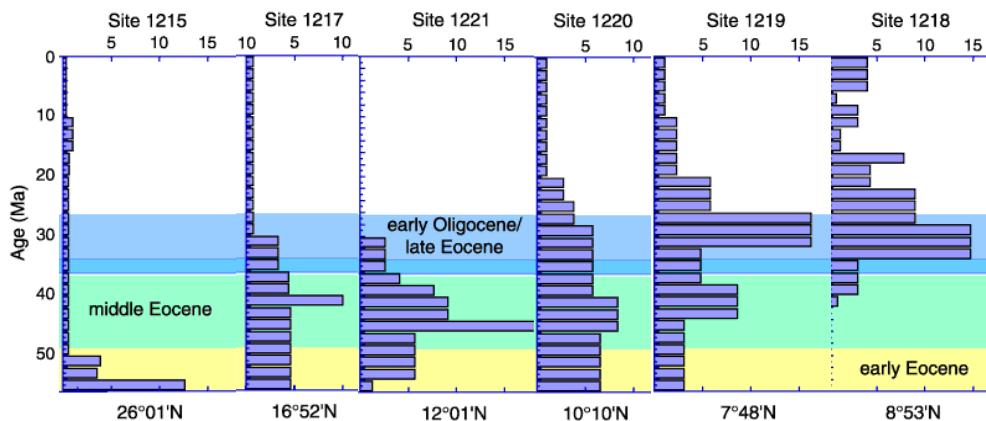


Fig. 12 – Taxa de sedimentação média (m/my) dos *sites* 1215 a 1221 da leg 199 (Lyle et al., 2002).

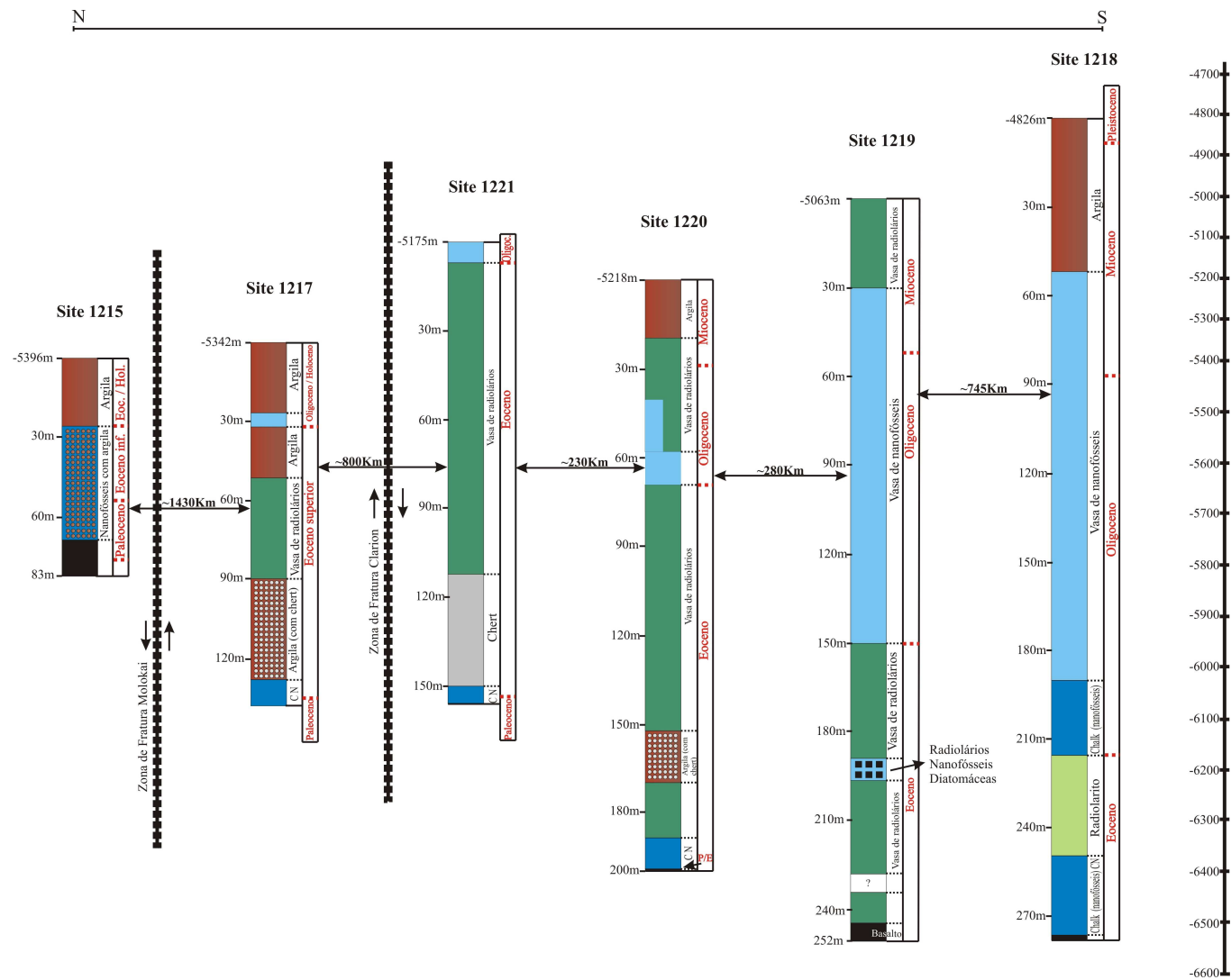
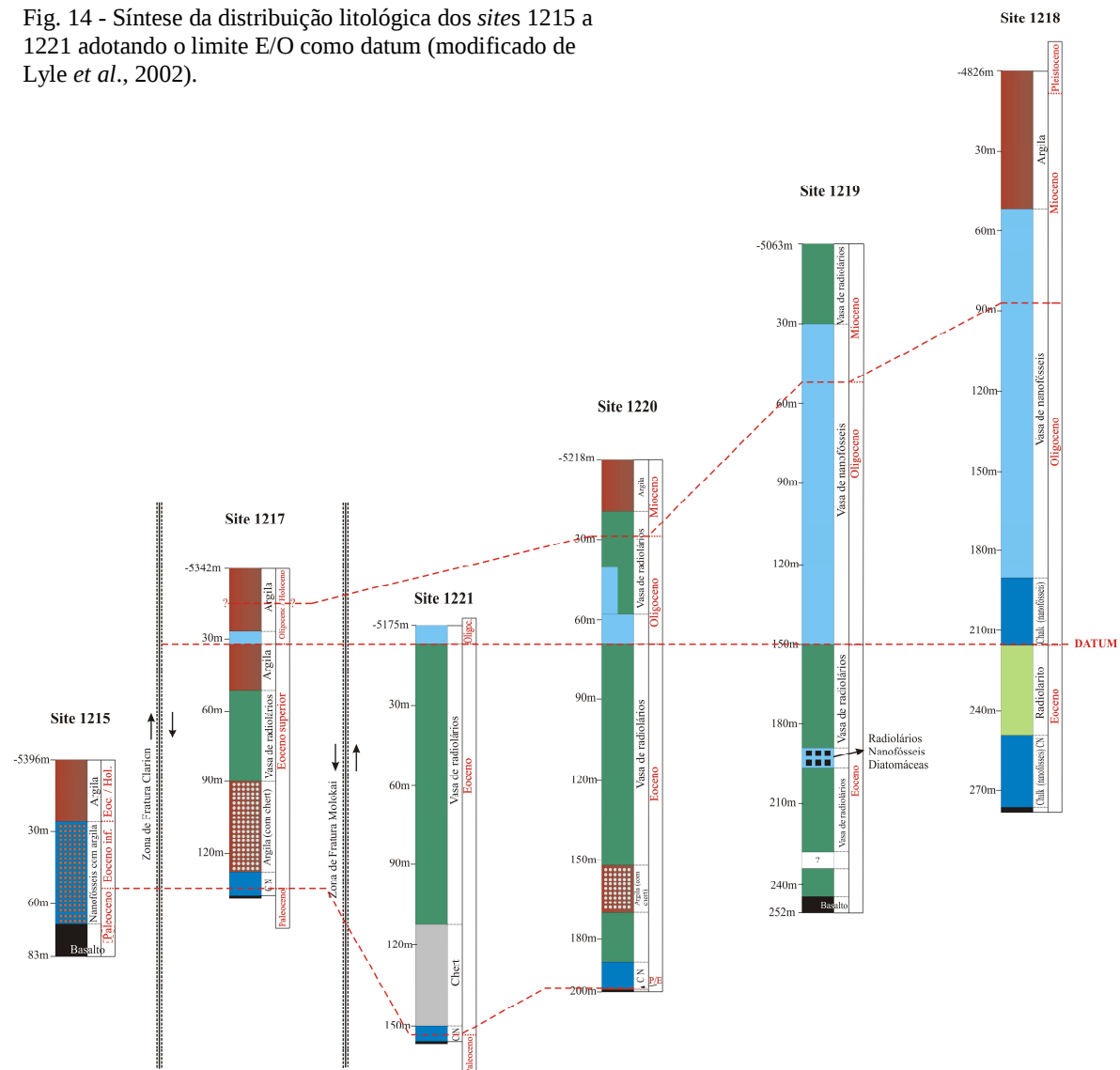


Fig. 13 - Síntese da distribuição litológica dos sites 1215 a 1221 e respectivas idades (Modificado de Lyle *et al.*, 2002).

Fig. 14 - Síntese da distribuição litológica dos *sites* 1215 a 1221 adotando o limite E/O como datum (modificado de Lyle *et al.*, 2002).



3.4 Geoquímica dos Sedimentos Pelágicos na Região do Pacífico Equatorial

Segundo Calvert *et al.* (1978) e Calvert & Price (1977) em estudos geoquímicos na região do Pacífico Equatorial, existem associações de elementos químicos que podem ser interpretados de acordo com fases mineralógicas e respectivos controles ambientais de deposição. Nos gráficos A e C (Fig. 15), resultado da análise de fatores, os grupos de elementos que estão dentro das elipses têm coeficientes de correlação maiores que 0.49 (pares de elementos). Os elementos ligados por uma linha sólida também apresentam coeficiente de correlação maior que 0.49. De acordo com estes autores, na região Wahine, os elementos Al, Ti, K e Rb (controlados pelo fator F1) estão associados a folhelhos terrígenos nas vasas silicosas e o silício está parcialmente associado a este grupo porque existe um *input* independente de carapaças silicosas de radiolários. O fator F2 é representado pelos elementos Mn, Ni, Cu, Zn, Mo, Ba e Sr que estão preferencialmente incorporados na fase MnO₂ cujos nódulos, que foram objeto de pesquisa de Calvert *et al.* (1978) e Calvert & Price (1977), apresentam principalmente Ni, Cu e Co na sua composição química. Na figura 15 (*scores*) observamos que a maioria das amostras é quimicamente similar, com exceção das duas amostras que apresentam grande influência do grupo de elementos F2 e uma amostra que sofre grande influência do grupo de elementos F1. Na região do pacífico equatorial (Fig. 15) a análise de fatores revelou quatro controles principais: o fator F1 está ligado a fase dos aluminossilicatos Al, Si, Ti, Th, Zr, K, Rb, Fe, As e Mg. Os elementos controlados por F1, mas com correlação negativa são Ca e Sr. O fator F2 está ligado a fase MnO₂: Mn, Ni, Co, Mo, Pd, Cu e Zn. O fator F3 (não representado no gráfico) corresponderia a P e Y. Com relação às amostras (Fig. 15), em geral estas apresentam similaridade geoquímica exceto quatro amostras de alto topográfico que apresentam alto teor de carbonato e uma amostra de argila pelágica rica em manganês.

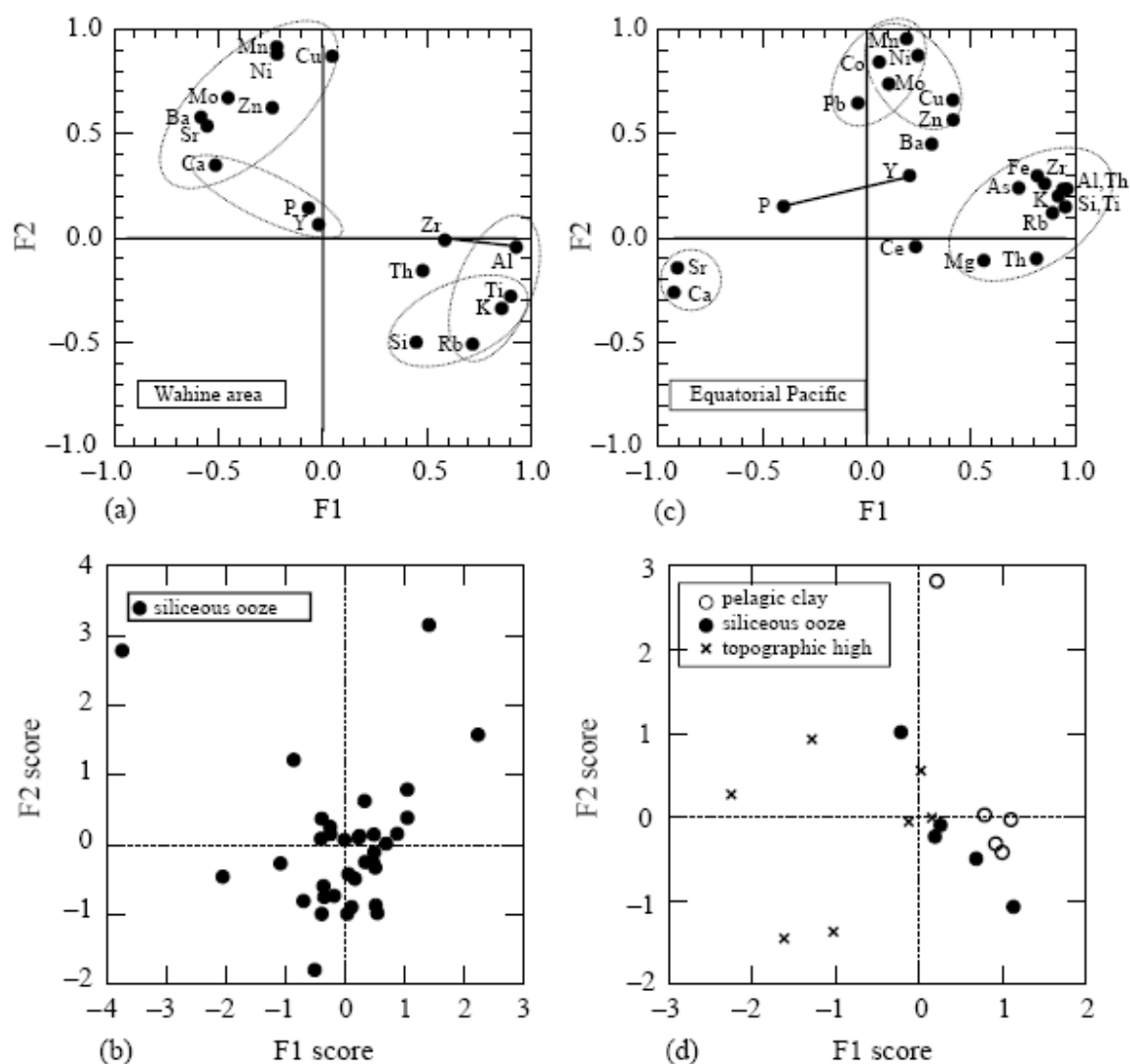


Fig. 15 *Loading* (a) e *scores* (b) dos fatores F1 e F2 para a área Wahine em sedimentos silicosos (Calvert *et al.*, 1978); (c) e (d) se aplicam para sedimentos pelágicos da região central do oceano pacífico (Calvert & Price, 1977).

Sugisaki & Yamamoto (1984) (*apud* Li & Schoonmaker, 2003) analisaram elementos maiores dos sedimentos abissais da região do pacífico equatorial através de amostras coletadas pela expedição GH80-5 do Serviço Geológico do Japão, enquanto Mita & Nakao, 1984 (*apud* Li & Schoonmaker, 2003) analisaram elementos traços. Os resultados encontrados foram similares àqueles reportados por Calvert *et al.* (1978) e Calvert & Price (1977) no que tange aos fatores que controlam o comportamento dos elementos químicos. O fator F1 se relaciona com a fase

aluminosilicato (Al, Fe e Ti) e o fator F1, mas com correlação negativa, está ligado à fase P e Ca. O fator F2 está relacionada a fase MnO_2 (Mn, Ni, Co, Cu, Zn e Mo). E o fator F3 está ligado à sílica biogênica e zeólitas (K, Na e Si), como ilustrado na figura 16 a e b. Analisando a distribuição das amostras (Fig. 16 c e d), as amostras de argila pelágica são caracterizadas pela presença expressiva de aluminosilicato (fator F1) enquanto a argila silicosa tende a se afastar da fase MnO_2 (fator F2); a argila zeolítica é aparentemente controlada pela fase MnO_2 (Fator 2) e Ca e P (fator F1).

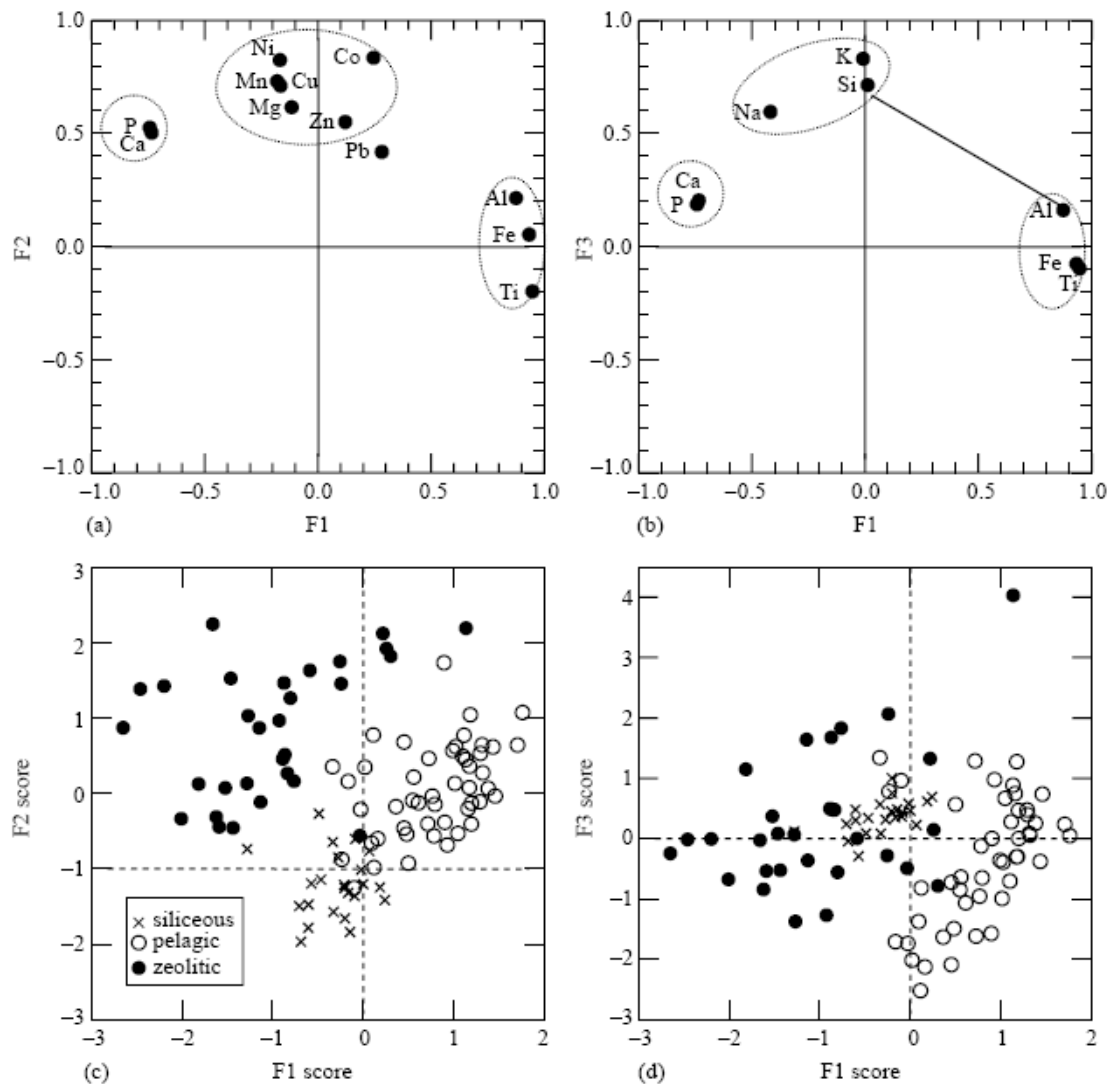


Fig. 16 - Loading (a,b) e scores (c,d) de sedimentos pelágicos do pacífico equatorial Sugisaki & Yamamoto, 1984; Mita & Nakao (1984 *apud* Li & Schoonmaker, 2003).

CAPÍTULO 4 – MÉTODOS DE RECONHECIMENTO DE PADRÕES

4.1 Introdução

Os métodos de reconhecimento de padrão, também chamados de técnicas de agrupamento, *cluster analysis*, métodos de discriminação ou métodos de classificação, são amplamente utilizados, tendo inúmeros exemplos na ecologia, psicologia, classificação de imagens, dentre outros. A necessidade de utilizar métodos de reconhecimento de padrões surge quando há grande quantidade de elementos numa população ou quando há grande quantidade de variáveis medidas em tais elementos (atributos), tornando a análise do intérprete muito difícil, seja pela complexidade da inter-relação entre os atributos ou pelo enorme tempo exigido para completar a tarefa de classificar os indivíduos de uma população.

Quando existe uma grande quantidade de variáveis envolvidas numa análise que exige classificação, o método mais utilizado, inclusive para auxiliar no entendimento do fenômeno, é a estatística multivariada. Esta se insere no grupo dos processos de aprendizagem não-supervisionados. Esta terminologia de processos de aprendizagem (ou aprendizagem de máquina) está dentro do campo de estudos da mineração de dados (*data mining*). A mineração de dados é o processo de explorar grandes quantidades de dados a procura de padrões consistentes, como regras de associação ou sequências temporais, para detectar relacionamentos sistemáticos entre variáveis, detectando assim novos subconjuntos de dados. A mineração de dados obviamente utiliza diversas técnicas da estatística, recuperação de informação, inteligência artificial e reconhecimento de padrões. O reconhecimento de padrões, que é o que efetivamente interessa nesta dissertação, é um sub-tópico da aprendizagem de máquina e este último pode ser dividido em dois grupos principais: aprendizagem não-supervisionada e aprendizagem supervisionada (Haykin, 1999), como ilustra a figura 17. A aprendizagem não-supervisionada consiste em classificar um conjunto de dados utilizando-se apenas informações provenientes dos atributos que compõem o conjunto de dados (como por exemplo, os valores do teor dos elementos químicos são atributos que caracterizam o conjunto de amostras coletadas). Na aprendizagem supervisionada a idéia é “ensinar ao método” um padrão conhecido, fornecendo um conjunto de dados de entrada e saída. O conjunto de dados é dividido em duas partes: o primeiro, chamado de conjunto de treinamento, é utilizado na fase de aprendizagem e o segundo grupo são os dados de teste que vão mostrar se o algoritmo está gerando respostas adequadas.

Além do vetor de entrada, um vetor de saída é também informado e o método atualizará vetores de pesos na tentativa de aprender padrões existentes entre os dados de entrada e os dados de saída (Moraes, 2004). Assim, o método deverá aprender que para um determinado vetor de entrada ele deverá produzir uma saída igual à informada pelo programador. Ao final, ele deverá gerar resultados que satisfaçam uma aplicação específica (previsão, classificação, etc.). Pelo fato de não existir professor (o programador que ensina) e não ser necessário fornecer dados de saída, os métodos estatísticos multivariados são considerados métodos de aprendizagem não-supervisionados. Neste ponto cabe uma pergunta: por que os métodos estatísticos multivariados são considerados métodos de aprendizagem de máquina? Aqui será necessário discutir a definição de aprendizagem, o que é uma tarefa árdua, pois a noção de aprendizagem dentro da psicologia, informática e pedagogia, só para citar alguns campos, diferem substancialmente. Para fins práticos neste estudo, vamos utilizar a definição de Rich & Knight, 1991 que definem aprendizagem como sendo mudanças adaptáveis no sistema, que permitem a este fazer, nas iterações seguintes, a mesma tarefa utilizando-se a mesma base de dados com mais eficiência e eficácia. Assim, a ferramenta estatística pode ser considerada um método de aprendizagem, pois é perfeitamente possível alterar parâmetros dentro do sistema, que proporcionarão melhoras nas respostas adquiridas. O detalhe importante é que os métodos de classificação supervisionados, que também serão utilizados nesta dissertação, também utilizam algum tipo de estatística para gerar resultados. Sob este prisma, é correto caracterizar cada metodologia sob a denominação *supervisionado x não supervisionado* e explicar que tipo de método estatístico / algoritmo está sendo aplicado.

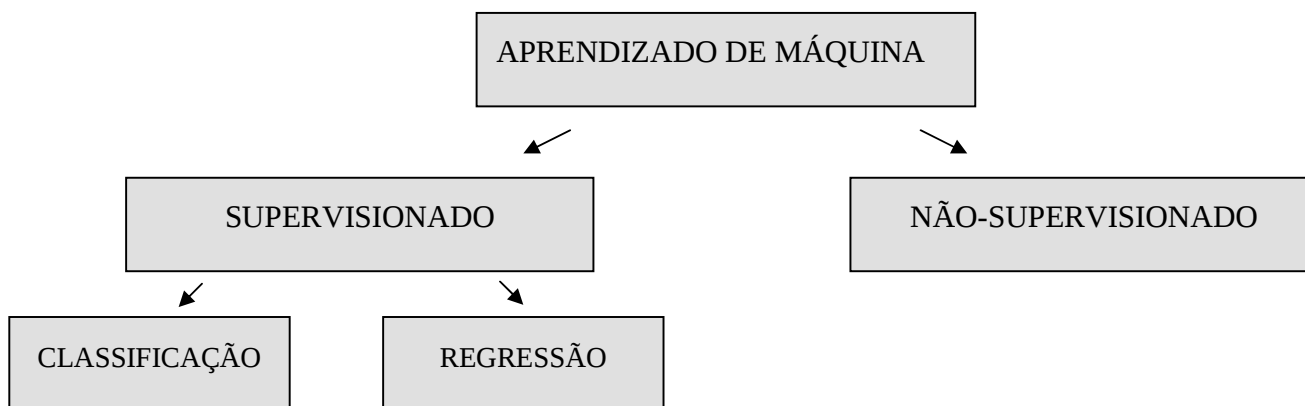


Fig. 17- Esquema de subdivisões do aprendizado de máquina.

4.2 Métodos de reconhecimento de padrões aplicados à Geoquímica

Os métodos de classificação quantificados, isto é, que utilizam a formalização matemática para a tarefa de agrupar elementos de uma população vêm sendo aplicados em problemas geológicos à medida que as técnicas matemáticas, estatísticas e da computação evoluem e são difundidas. O cálculo das componentes principais, que se insere no conjunto de análises da estatística multivariada, por exemplo, foi introduzida por Karl Pearson em 1901, fundamentada por Hotelling, 1933 *apud* Bonham-Carter *et al.*, 2008; Miesch *et al.* (1966) já utilizaram análises multivariadas em dados geoquímicos. Essas aplicações iniciais podem ser consideradas embrionárias, se comparadas ao avanço dos métodos quantitativos aplicados à geologia impulsionada pelo advento do computador. A aplicação de métodos de classificação em geologia (embora na época esse termo não fosse utilizado) com auxílio de computadores tem seu início no desenvolvimento da geomatemática (Bonham-Carter *et al.*, 2008). Um dos pioneiros nesta área, Frederik Pieter Agterberg, realizou grandes contribuições para a literatura geomatemática em diversas áreas: distribuição de frequências estatísticas aplicada a dados geológicos, avaliação de reservas minerais, análises estratigráficas e modelagens fractais. Agterberg (1965) *apud* Bonham-Carter *et al.* (2008) demonstrou o valor das correlações estatísticas no estabelecimento de autocorrelações espaciais de concentrações de elementos químicos, reconhecendo o padrão de ocorrências de anomalias geoquímicas interessantes para a exploração de minérios. Estes métodos também são importantes e hoje são amplamente utilizados na geofísica aplicada à

prospecção de petróleo para interpretação de litofácies a partir de dados de perfis de poços (Bonnet & Dahan, 1983; Waterman & Robert Raymond, 1987).

O reconhecimento de padrões como concebido atualmente começou a ser utilizado em geoquímica na década de 1970 (Howarth, 1974) e na geoquímica orgânica ficou marcado pelo trabalho de Christie *et al.* (1984). As aplicações em geoquímica de rochas, que é o foco desta dissertação, abrangem a geoquímica de exploração de minérios (onde se estuda na maioria dos casos a geoquímica de rochas ígneas e metamórficas) e a aplicação na geologia sedimentar, voltada para a exploração de petróleo. No primeiro caso, o objetivo é a exploração mineral onde se busca reconhecer padrões de dispersão de determinados elementos químicos de interesse econômico. Através da distribuição espacial das amostras analisadas, são feitos mapas de anomalias e as técnicas de classificação auxiliam na detecção de grupos de amostras que tenham as características geoquímicas do prospecto. Exemplos de trabalhos nesta linha utilizando estatística multivariada pode ser visto em Ji *et al.* (2007); a utilização de redes neurais é tratada por Mansour *et al.* (2009) e Lacassie *et al.* (2006). No caso da estratigrafia química, Malmgren & Nordlund (1996) e Kamninskis & Malmgren (2003) usaram métodos de classificação para identificação de litologias pré-classificadas, através de dados químicos sendo, entretanto, um teste da precisão dos métodos e sua capacidade em corroborar a classificação feita com base na descrição física; Hussain (2007) utilizou a estatística multivariada para classificar formações geológicas areníticas, buscando agrupar amostras de áreas onde existiam dúvidas sobre a quais formações pertenciam, com base em dados de elementos químicos. Os trabalhos que compõem a literatura pesquisada não aplicam qualquer tipo de método de classificação para identificação de unidades quimioestratigráficas ou para correlação entre elas de maneira independente, o que vem sendo feito é considerar os agrupamentos identificados de maneira empírica e utilizar os métodos de classificação para validar estes agrupamentos. Pearce *et al.* (1995) utilizaram análises de cluster hierárquico aglomerativo e análise de componentes principais para agrupar amostras de turbiditos ricos em matéria orgânica, turbiditos carbonáticos e vulcânicos, porém a utilização dos métodos de classificação teve o objetivo de corroborar o agrupamento realizado com base na descrição das amostras *a priori*.

Ehrenberg & Siring (1991) foram os pioneiros na utilização de dados geoquímicos de elementos maiores e traços na correlação de arenitos. Neste caso a idade de uma quimiounidade de arenito reservatório era duvidosa (Jurássico Médio ou Jurássico Superior); foi utilizado então

um poço de referência onde eram conhecidas as idades dos arenitos para comparar as assinaturas geoquímicas entre os arenitos do poço de referência e do poço de idade duvidosa. Foi utilizada análise discriminante e ficou claro que a geoquímica do arenito de idade Jurássico Médio (do poço de referência) era muito similar à geoquímica do arenito de idade duvidosa.

Aplicações de SVM (*support vector machines*) não foram encontradas em qualquer tipo de problema geoquímico, foram encontradas somente em mapeamento de *landslides* (Yao *et al.*, 2008) e na caracterização de poluição de solos através de mapas (Kanevski *et al.*, 2008).

4.3 Estatística Multivariada

Este método apresenta duas características principais: os valores das diferentes variáveis devem ser medidos nos mesmos indivíduos e as mesmas devem ser interdependentes e consideradas simultaneamente (Kendal, 1963). A estatística multivariada, em sentido amplo, tem sido utilizada com frequência em problemas geológicos, tratando dados de caracteres morfológicos medidos em fósseis, características físicas de rochas sedimentares como granulometria, porosidade, permeabilidade; dados hidrogeológicos como descarga, material em suspensão, profundidade do leito entre outros (Landim, 2000). Porém, a estatística multivariada é constituída por diversas técnicas que buscam responder, segundo Pisani (1969), a quatro questões principais: 1) dependência (por exemplo, o estudo da relação entre as variáveis onde pode ser aplicada análise de regressão e correlação canônica); 2) inferência (procura responder, por exemplo, se uma amostra multidimensional pertence a uma população multidimensional, sendo utilizadas extensões de métodos univariados como o teste T^2 de Hotteling); 3) redução e escala (tem por objetivo principal reduzir o número de variáveis medidos em cada amostra, sendo utilizado geralmente a análise de componentes principais e a análise de fatores) e 4) discriminação e classificação (cujo objetivo principal é classificar elementos de uma população ou definir onde um elemento se encaixa de maneira mais adequada a partir de grupos já definidos, sendo aplicados geralmente a análise de cluster hierárquico aglomerativo e funções discriminantes). Cada um destes métodos estatísticos, que não necessariamente conduz ao objetivo central desta dissertação que é agrupar amostras, isto é, relacionado à discriminação e classificação, podem ser importantes como auxiliares para atingir este objetivo, e mais do que isso, algumas destas técnicas auxiliam na compreensão dos fenômenos geológico-geoquímicos.

4.3.1 Análise de Componentes Principais

Este é dos métodos multivariados, o mais antigo e com mais exemplos de aplicação na geologia e especialmente na geoquímica. A análise de componentes principais (PCA – *Principal Component Analysis*) é, simplesmente, o cálculo dos autovalores e correspondentes autovetores de uma matriz de variâncias-covariâncias ou de uma matriz de coeficientes de correlação entre variáveis. Isto significa que a partir de “m” variáveis originais, será feita uma transformação linear, gerando “n” novas variáveis; como um dos objetivos desta análise é reduzir um grande número de variáveis em geral teremos $m < n$ (Mingoti, 2005). O aspecto da redução do número de variáveis é tão importante que, de acordo com Barroso (2003), isto caracteriza a PCA que transforma um conjunto de “m” variáveis em um conjunto menor “n” de variáveis aleatórias não-correlacionadas. Cada variável medida (por exemplo, medição de elementos químicos em amostras) pode ser considerada um eixo de variabilidade, estando usualmente correlacionada com outras variáveis (por exemplo, a alta correlação positiva que ocorre usualmente entre La, Ni, Y, Zr).

O objetivo da PCA é transformar os dados de tal modo a descrever a variabilidade, com um menor número de eixos (que são as componentes e serão as novas variáveis) não correlacionáveis entre si. Numa análise geoquímica, por exemplo, a tendência é que os elementos La, Ni, Y, Zr fossem sumarizados numa mesma componente e os elementos Ca e Sr, num segundo componente, sendo que estes componentes, obviamente, não são correlacionáveis. Geometricamente cada variável pode ser representada por um conjunto de pontos, isto é, pela sua representatividade na matriz de correlação ou variância-covariância, e as componentes principais são geradas pela rotação destes pontos num espaço multidimensional, que no espaço bidimensional representem variabilidade suficiente que possa indicar algum padrão a ser interpretado (Landim, 2000). Desta forma, a PCA pode ser utilizada para auxiliar no entendimento dos fenômenos ou simplesmente para reduzir o número de variáveis a serem interpretadas, que poderão ser utilizadas para outras análises, como na análise de cluster hierárquico aglomerativo.

Através de diversos trabalhos é possível perceber a importância da PCA no tratamento de dados geológicos e geoquímicos, que podem auxiliar na interpretação (Christofolletti *et al.*, 2005; Moita Neto & Moita, 1998; Pearce *et al.* 2005; Schultz, 2004; Silva *et al.*, 2002, Taheri & Audemard, 1993; Reymont & Hirano, 1999). Pearce & Jarvis (1995) reportaram uma das

melhores demonstrações do uso da PCA no tratamento de dados de elementos em quimioestratigrafia. Neste caso, eram conhecidos três grupos de turbiditos que constituíam a Planície Abissal Madeira: turbiditos calcários, turbiditos ricos em matéria orgânica e turbiditos com contribuição de vulcânica de forma que essas classes de turbiditos são facilmente identificados através das variáveis carbonato de cálcio ($\%CaCO_3$), carbono orgânico ($\%C_{org}$) e a razão Ti/Al, respectivamente (Fig. 18).

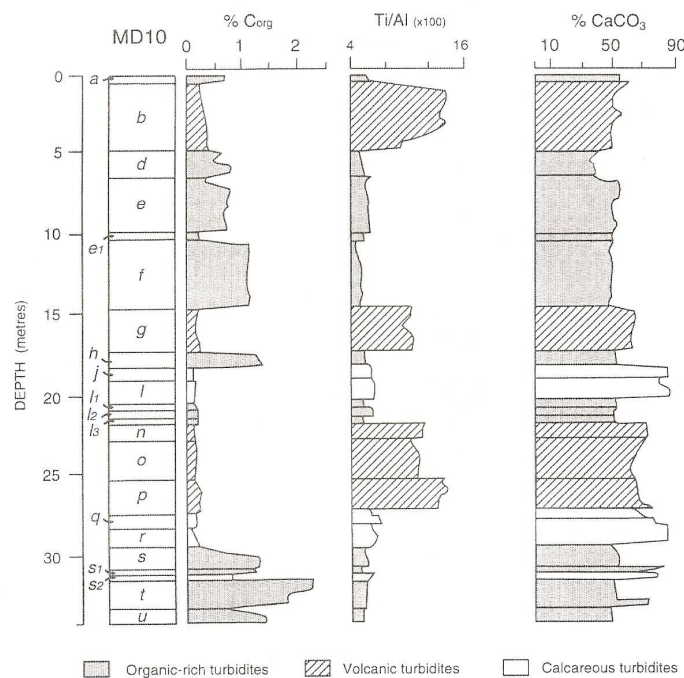


Fig. 18 – Variação estratigráfica de Corg, $CaCO_3$ (%) e Ti. Estes e outros dados foram usados por Lange *et al.* (1987) *apud* Pearce & Jarvis, 1995, para definir três grupos composicionais.

Foram utilizados elementos maiores (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5) com objetivo de tentar caracterizar as três classes de turbiditos através destes dados. Entretanto, a quantidade de variáveis é relativamente grande e algumas delas terão comportamentos similares (alta correlação estatística) como TiO_2 e Fe_2O_3 ; a análise de PCA une, através de transformações lineares, variáveis com alta correlação em eixos, que poderão ter algum significado a ser interpretado. Aqui é esperado, com base na afinidade entre os elementos,

que TiO_2 e Fe_2O estejam na mesma componente e que caracterizem os turbiditos vulcânicos, enquanto espera-se que CaO ocupe uma componente distinta e caracterize os turbiditos calcários. A figura 19 demonstra esta interpretação, onde com base na posição das amostras já classificadas, é proposto que a componente principal 1 é relativa ao carbonato e a componente principal 2 está ligada a contribuição vulcânica. A figura 19 ilustra também como a PCA permite a visualização de agrupamentos, ou seja, a PCA sob este ponto de vista já é um método de classificação.

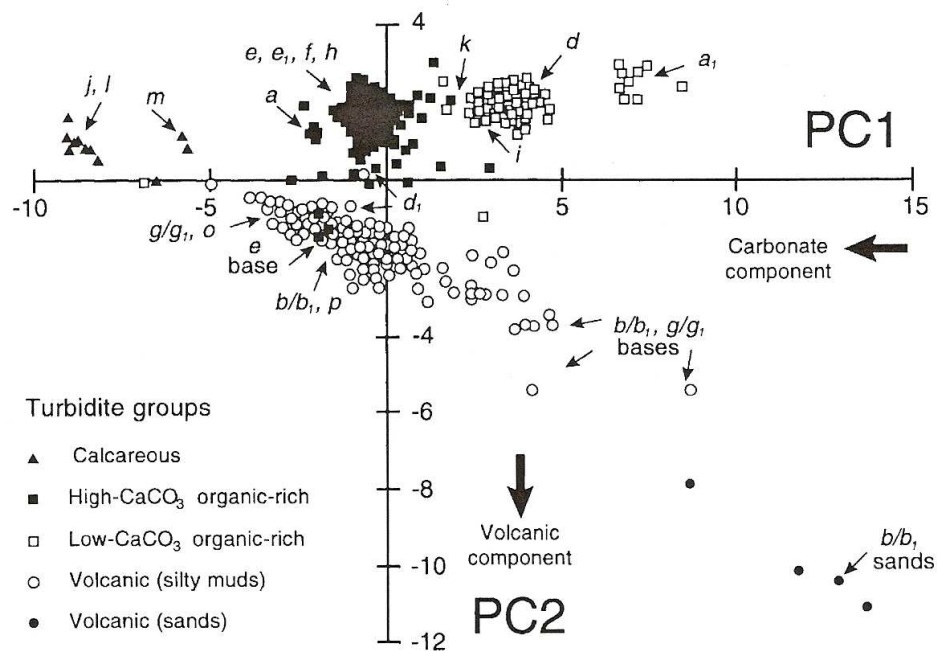


Fig. 19 – Gráfico ilustrando a relação espacial entre as duas primeiras componentes principais geoquímicas (PC1, PC2) para turbiditos. Muitas camadas formam clusters composicionais únicos; observe a distinção de 4 grupos composicionais (Pearce & Jarvis, 1995).

Na figura 20 fica claro que a análise de componentes principais é capaz de diminuir o número de variáveis, substituindo-as por novas variáveis capazes de demonstrar um padrão, como fica evidente na estreita correspondência entre a PC1 com CaCO_3 , PC2 com TiO_2 e a PC3 com SiO_2 .

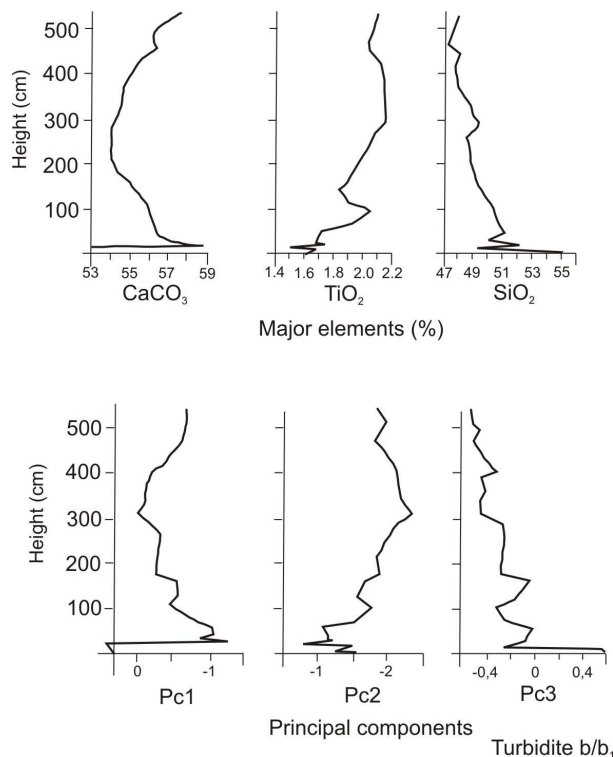


Fig. 20 – Perfis geoquímicos para CaCO_3 , TiO_2 e SiO_2 comparados com perfis das três primeiras componentes principais (*scores*) aplicados aos turbiditos vulcânicos *b/bl*. É evidente a correspondência entre as componentes principais (abaixo) e o perfil dos elementos acima. (Pearce & Jarvis, 1995).

4.3.2 Cálculo das Componentes Principais

O cálculo das componentes pode ser feito a partir de uma matriz de variâncias-covariâncias ou de uma matriz de correlação. Em algumas situações, as variáveis não podem ser diretamente comparadas devido a diferentes escalas de mensuração (como % e ppm). Nestes casos é necessário padronizar os dados através da transformação z. Após a padronização as matrizes de correlação e variâncias-covariâncias tornam-se idênticas.

Considere-se uma matriz simétrica A , de dimensões $p \times p$, com termos a_{ij} , de onde os autovalores e os autovetores serão extraídos, V_i o i -ésimo autovetor, cujos termos são v_{ij} e λ_i o i -ésimo autovalor, tal relação pode ser expressa por:

$$(A - \lambda_i I) V_i = 0, \text{ onde}$$

I é a matriz identidade.

Uma outra forma de escrever a relação acima é:

$$AV_i = V_i \lambda_i \quad \text{ou} \quad [A][V] = [V][\lambda], \text{ onde}$$

[V] é uma matriz, p x p, de todos os autovetores e

[λ] é uma matriz, p x p, com os autovalores λ_i na diagonal principal.

Multiplicando ambos os lados da equação pela transposta de V, V[´].

$$[A] = [V][\lambda][V]^{-1}$$

A soma dos autovalores é igual a soma dos termos da diagonal em [A], ou seja, a soma das variâncias:

$$\sum \lambda_i = \sum a_{ii} \quad \lambda_1 > \lambda_2 \dots > \lambda_p$$

Resolvendo a equação acima para λ, as raízes determinadas serão os autovalores. Encontrados os autovalores, substituindo-os nas equações simultâneas e resolvendo-as, obtém-se para cada autovalor os correspondentes autovetores, ou seja, as componentes principais.

Segue abaixo em exemplo numérico explicado (Landim, 2000):

Considere a matriz de dados:

Tabela 4 – Matriz de dados utilizada no cálculo de componentes principais.

	Variável 1	Variável 2	Variável 3
Amostra 1	1	2	4
Amostra 2	4	2	3
Amostra 3	7	3	2
Amostra 4	8	5	1

O primeiro passo é obter a matriz de correlação (esta será preferida à matriz de variâncias-covariâncias; o cálculo será apresentado na próxima seção) como segue abaixo.

Tabela 5- Coeficientes de correlação resultantes da tabela 4.

	1	0,820	0,980
[A] =	0,820	1	0,913
	0,980	0,913	1

A seguir serão feitas as seguintes operações:

1) $[A] [X] = \lambda [X]$; significa que a matriz de coeficientes a_{ij} 's $[A]$ multiplicada por um vetor desconhecidos x_i 's $[X]$ é igual a este vetor $[X]$ multiplicado por uma constante λ .

2) Solução das equações: $[A] [X] = [B]$, onde $[B] = \lambda [X]$ e $([A] - \lambda[I]) [X] = 0$

3) Cálculo das raízes da equação (autovalores) para uma matriz 3 x 3 como a da tabela 2:

$$(a_{11} - \lambda) x_1 + a_{12} x_2 + a_{13} x_3 = 0$$

$$a_{21} x_1 + (a_{22} - \lambda) x_2 + a_{23} x_3 = 0$$

$$a_{31} x_1 + a_{32} x_2 + (a_{33} - \lambda) x_3 = 0$$

$$(1 - \lambda) (1 - \lambda) (1 - \lambda) + (0,820) (-0,913) (-0,980) + (-0,980) (0,820) (-0,913) - (-0,980) (1 - \lambda) (-0,980) - (1 - \lambda) (-0,913) (-0,913) - (0,820) (0,820) (1 - \lambda) = (\lambda - 2,810) (\lambda - 0,188) (\lambda - 0,002)$$

$$\text{Autovalores: } \lambda_1 = 2,810; \lambda_2 = 0,188; \lambda_3 = 0,002 \quad (\text{soma} = 3)$$

A variância explicada será dada por:

$$\lambda_1 = (2,810/3) * 100 = 93,66$$

$$\lambda_2 = (0,188/3) * 100 = 6,27$$

$$\lambda_3 = (0,002/3) * 100 = 0,07$$

O cálculo dos componentes do autovetor V1:

$$(1 - 2,810) X_1 + 0,820 X_2 - 0,980 X_3 = 0$$

$$0,820 - (1 - 2,810) X_2 - 0,913 X_3 = 0$$

$$- 0,980 X_1 - 0,913 X_2 - (1 - 2,810) X_3 = 0$$

$$\left. \begin{array}{l} X1 = -1 \\ X2 = -0,974 \\ X3 = 1,032 \end{array} \right\} \text{Vetor V1}$$

Padronização do vetor V1 para o tamanho unitário:

$$Q = -1^2 + (-0,974)^2 + (1,032)^2 = 3,012$$

$$\sqrt{Q} = 1,735$$

$$Vn1 = -1 / 1,735 = -0,58$$

$$Vn1 = -0,974 / 1,735 = -0,56$$

$$Vn1 = 1,032 / 1,734 = 0,59$$

O cálculo dos componentes do autovetor V2 e V3 são análogos aos detalhados acima. O conjunto de autovetores finais é:

Tabela 6- Resultado dos autovetores para os dados da tabela 4.

	F1	F2	F3
Variável 1	-0,58	-0,60	0,56
Variável 2	-0,56	0,79	0,26
Variável 3	0,59	0,16	0,79

O carregamento das variáveis nas componentes principais é calculado pelo produto entre o autovetor padronizado pela raiz do autovalor correspondente:

Tabela 7 – *Factor loadings* para os dados da tabela 4.

	F1	F2	F3
Variável 1	-0,97	-0,26	0,024
Variável 2	-0,94	0,34	0,011
Variável 3	1	0,07	0,034

A matriz de carregamentos de cada variável nas componentes principais (Tab. 6) ao ser multiplicada pela matriz original de dados (Tab. 4) fornecerá a matriz de *scores* (contagens) de cada caso (amostras) em relação às componentes principais.

	Var 1	Var 2	Var 3
Amostra 1	1	2	4
Amostra 2	4	2	3
Amostra 3	7	3	2
Amostra 4	8	5	1

*

	F1	F2	F3
Var 1	-0,58	-0,60	0,56
Var 2	-0,56	0,79	0,26
Var 3	0,59	0,16	0,79

Tabela 8 – *Factor scores* para os dados da tabela 4.

=

	F1	F2	F3
Amostra 1	2.10	0.45	0.03
Amostra 2	0.93	-0.35	-0.07
Amostra 3	-0.69	-0.51	0.06
Amostra 4	-2.34	0.41	-0.02

Os *factor scores* (Tabela 8) são os valores utilizados nos gráficos 2D do tipo F1 x F2 para identificar agrupamentos de amostras e também nos gráficos do tipo F1 x prof. onde a assinatura das amostras pode ser comparada com as tendências das variáveis originais (elemento x prof.), o que auxilia na interpretação do significado de cada componente principal.

4.3.3 Análise de *Cluster* (hierárquico aglomerativo)

Esta é a análise que efetivamente irá gerar, a partir de um conjunto de dados geoquímicos, agrupamentos de amostras. As análises anteriores embora possam dar algumas indicações de classificação, não foram elaboradas para isso. Nesta dissertação o que interessa é agrupar amostras com base nos dados geoquímicos. Mas seria também possível, ao invés de agrupar as amostras, agrupar variáveis (neste caso os elementos químicos), isto é, explorar quais elementos estão estatisticamente mais próximos uns dos outros; poderíamos esperar, por exemplo, que o Ca e o Sr ficassem num mesmo cluster, enquanto o Fe, Mn, Ti em outro cluster. Se a análise objetivar o primeiro caso, classificar as amostras de uma população, a chamamos de modo Q (Hussain, 2007; Corsi & Landim, 2003), se por outro lado, o objetivo for explorar a similaridade entre variáveis, a análise está sendo aplicada em modo R (Ferreira, 2000; Ji *et al.*, 2007). No modo Q, a similaridade será medida em relação a todas as variáveis medidas, enquanto no modo R serão considerados todos os indivíduos nos quais foram feitas as mesmas análises. Talvez a abordagem no modo R sugira certa similaridade entre a PCA e a análise de fatores (FA); a diferença entre ambas é: 1) na análise de cluster são utilizadas distâncias para avaliar a similaridade, como será abordado mais adiante; 2) a análise de cluster no modo Q, não pretende relacionar os grupos de amostras a agentes que levaram àquela distribuição dos elementos (fatores), como no caso da FA; 3) a análise de cluster no modo Q não tem por objetivo diminuir a quantidade de variáveis como no caso da PCA.

Como o objetivo da análise de cluster é agrupar indivíduos em g grupos, é necessário que se decida a medida de similaridade ou dissimilaridade que será utilizada. Existem várias medidas diferentes que conduzem a este objetivo e cada uma delas produz um determinado tipo de agrupamento. A diferença entre as medidas de similaridade e dissimilaridade é bastante simples de demonstrar: se um determinado ponto no espaço estiver exatamente sobre um segundo ponto, a distância entre eles será zero, ou seja, o coeficiente de distância será zero e a similaridade será máxima. Desta forma quanto menor a distância, maior o grau de similaridade e a recíproca é verdadeira; neste caso a medida em questão é de dissimilaridade, pois a relação entre o coeficiente e a similaridade são inversamente proporcionais. Nesta categoria estão incluídas: distância euclidiana, distância generalizada ou ponderada, distância de Minkowsky dentre outras. Na categoria de medida de similaridade a mais comum é a correlação, pois quanto maior o valor (mais próximo de 1) maior é a similaridade. Podem ser citados nesta categoria: coeficiente de

concordância simples, coeficiente de concordância positiva, coeficiente de concordância de Jaccard.

4.3.4 Cálculo da distância euclidiana

A distância D entre dois pontos, cuja localização é especificada num sistema de coordenadas cartesianas, é fornecida pelo teorema de Pitágoras:

$$D_{1,2} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

Onde x_1 , x_2 , y_1 , y_2 são valores das coordenadas dos dois pontos. Para calcular a distância euclidiana que leva em conta k pontos, num espaço n-dimensional, é utilizada a fórmula generalizada:

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2} / n \quad (1)$$

Tendo todas as variáveis o mesmo peso, a função distância será limitada a valores entre 0 (maior similaridade) e 1.0 (menor similaridade) ou entre 0% e 100%.

Considerando a tabela de dados abaixo (Landim, 2000) será exemplificada a aplicação do cálculo da distância euclidiana e correlação de Pearson.

Tabela 9 – Matriz de dados utilizada no cálculo da distância euclidiana e correlação.

	Variável 1	Variável 2	Variável 3	Variável 4	Variável 5	Variável 6
Amostra 1	1	2	3	4	5	6
Amostra 2	5	4	1	8	7	9
Amostra 3	6	5	4	2	7	9
Amostra 4	6	4	2	1	3	7
Amostra 5	9	2	1	4	7	8
Amostra 6	9	6	3	4	5	6
Amostra 7	1	5	9	7	5	3

Utilizando a fórmula 1, obtém-se a seguinte matriz de inicial de similaridades (distância euclidiana):

Tabela 10 – Coeficientes de similaridade com base no cálculo da distância euclidiana para os dados da tabela 9.

	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6	Amostra 7
Amostra 1	0						
Amostra 2	7.3	0					
Amostra 3	7.21	6.9	0				
Amostra 4	6.63	8.4	5.1	0			
Amostra 5	8.72	6.1	5.7	6.3	0		
Amostra 6	8.94	7.3	5.3	5.3	5.3	0	
Amostra 7	7.94	11.0	10.7	11.4	13.2	10.9	0

4.3.5 Cálculo da Correlação

O coeficiente de correlação paramétrico (Pearson) é calculado de acordo com a fórmula 2:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{var}(X) \cdot \text{var}(Y)}} \quad (2)$$

Onde $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ e $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ são valores medidos para duas variáveis, e os valores $\bar{x}$ e $\bar{y}$ são médias aritméticas de ambas variáveis.

Segue abaixo a tabela mostrando o resultado da correlação entre amostras utilizando a tabela 9.

Tabela 11 – Coeficientes de correlação resultantes dos dados da tabela 9.

	Am. 1	Am. 2	Am. 3	Am. 4	Am. 5	Am. 6	Am. 7
Am. 1	1						
Am. 2	0,65	1					
Am. 3	0,41	0,36	1				
Am. 4	0,02	0,28	0,83	1			
Am. 5	0,20	0,64	0,65	0,68	1		
Am. 6	-0,43	0,19	0,45	0,77	0,71	1	
Am. 7	0,15	-0,43	-0,64	-0,85	-0,85	-0,95	1

A diagonal principal na tabela de distância euclidiana é zero (máxima similaridade) enquanto na tabela de Pearson é 1 (100% de correlação). Existe correspondência na interpretação das

similaridades ou correlação entre as amostras comparando os valores de correlação positiva da tabela 10; o maior valor de correlação positiva é 0,83 (amostra 3 / amostra 4) e estas duas amostras também apresentam a maior similaridade na tabela 10 que é 5,1 representando o menor valor. Os mais altos valores de correlação são das amostras 6 / 7, 5 / 7, 4 / 7, porém não há correspondência com os valores de similaridade da tabela de distância euclidiana pois a correlação é negativa.

4.3.6 Construção dos *clusters*

Existe uma forma gráfica utilizada para mostrar quanto um determinado indivíduo é similar a outro chamado dendograma. Trata-se de um gráfico bidimensional onde um dos eixos será a amostra ou indivíduo e o outro eixo uma medida estatística que dará a noção do quão próximo ou distante estão os indivíduos. Para construir um dendograma a partir do coeficiente de correlação (que é uma medida de similaridade) é necessário calcular a matriz de correlação a partir da matriz inicial de dados. Neste caso teremos uma matriz amostra x amostra onde *amostra 1* vs. *amostra 1* terá coeficiente de correlação igual a 1 como demonstrado na tabela 11. Neste caso, a escala com os valores da tabela de correlação é decrescente, ou seja, quanto mais curto o eixo que liga duas ou mais amostras maior a correlação entre elas (Fig. 21).

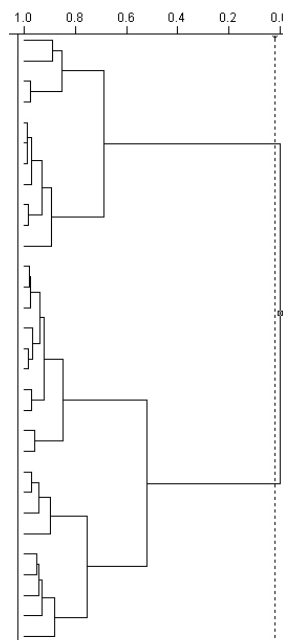


Fig. 21 – Dendograma obtido pelo método de correlação.

No caso dos coeficientes de distância, é medida a dissimilaridade como distância num espaço multidimensional. De maneira análoga à construção do dendograma com coeficientes de correlação, na construção com coeficientes de distância será preciso calcular a partir da matriz inicial de dados uma matriz inicial de similaridade, de forma que para amostras iguais, a similaridade será igual a zero (Tab. 10). Na análise do dendograma a escala está disposta de maneira crescente, ou seja, quanto menor o eixo maior a similaridade dada pelo coeficiente de distância, pois este valor estará mais próximo a zero (Fig. 22).

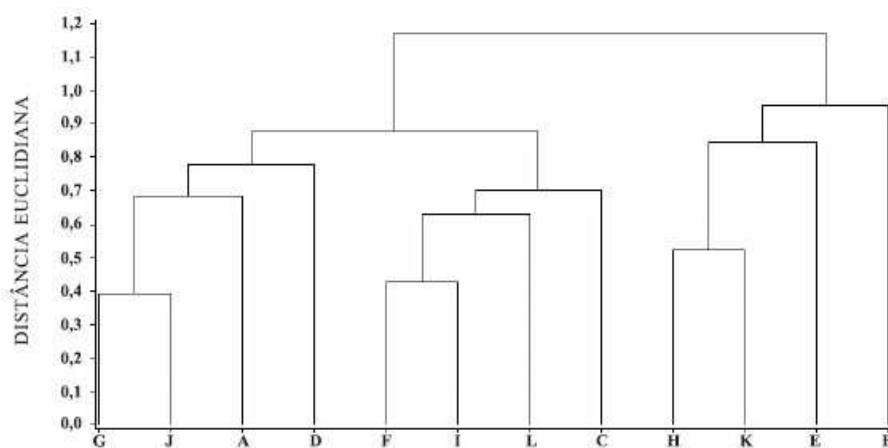


Fig. 22 – Dendograma obtido pelo método da distância euclidiana.

4.4 Support vector machines

As Máquinas de Vetores de Suporte (SVMs, do inglês *Support Vector Machines*) constituem uma técnica de aprendizado que vem recebendo crescente atenção da comunidade de Aprendizado de Máquina (Lorena & Carvalho, 2007). Os resultados da aplicação dessa técnica são comparáveis e muitas vezes superiores aos obtidos por outros algoritmos de aprendizado, como as Redes Neurais Artificiais (RNAs) (Braga *et al.*, 2000). Exemplos de aplicações de sucesso podem ser encontrados em diversos domínios, como na categorização de textos, na análise de imagens, bioinformática, química, entre outros campos (Ivanciuc, 2007). Em geologia, a aplicação desta técnica ainda é muito restrita, estando ligada a análise de imagens (Yao *et al.*, 2008).

Os modelos de SVM foram originalmente definidos para a classificação de objetos em

apenas duas classes, isto é, passíveis de discriminação linear do tipo: “não” “sim” ou +1 -1, como ilustra a figura 23.

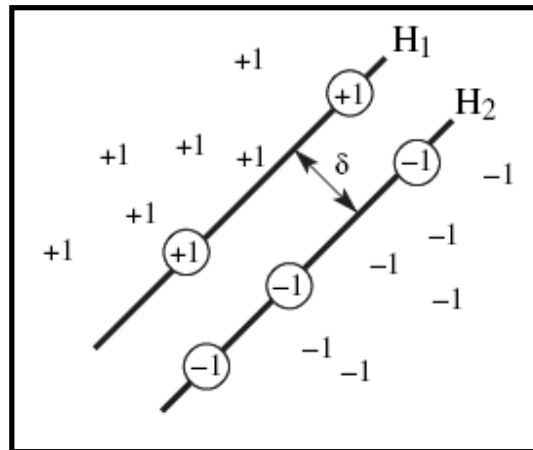


Fig. 23 – Hiperplano de máxima separação.

Para estes objetos bidimensionais que pertencem a duas classes (neste caso, classe +1 e classe -1), é fácil encontrar uma linha que os separa perfeitamente. Para qualquer série de objetos separáveis em duas classes, uma SVM encontra um único hiperplano, cuja distância máxima é δ na figura 23. O hiperplano H1 define o limite dos objetos +1, enquanto o hiperplano H2 define o limite dos objetos -1. Dois objetos da classe +1 definem o hiperplano H1 e três objetos da classe -1 definem o hiperplano H2. Estes objetos, que se apresentam circunscritos na figura 23, são chamados vetores de suporte. Uma característica especial do SVM é que a solução para um problema de classificação é representado pelos vetores de suporte que determinam a margem máxima dos hiperplanos.

O SVM pode ser usado para separar classes que não podem ser discriminadas por um classificador linear, como ilustrado na figura 24. Neste caso as coordenadas dos objetos são mapeadas num novo espaço usando funções lineares, chamadas *feature functions* (ϕ). Neste novo espaço, chamado *feature space* que é multidimensional, as duas classes podem ser separadas com um classificador linear.

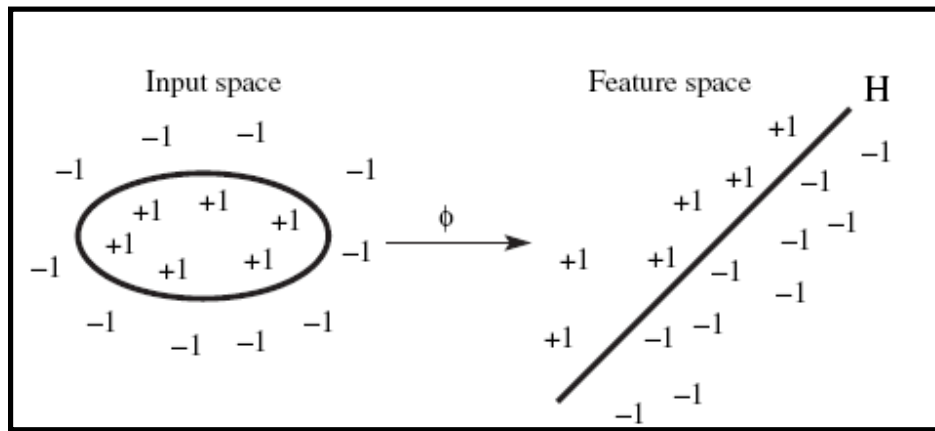


Fig. 24 – Exemplo de separação linear na *feature space*.

A transformação do espaço de entrada (*input space*) para o *feature space* é feita através da função não linear ϕ que combina as coordenadas iniciais dentro do *feature space*, o qual pode ter infinitas dimensões. Pelo fato do *feature space* ser multidimensional, o uso de funções ϕ não é prático na definição de hiperplanos de classificação. Ao invés disso, o mapeamento não linear realizado pela função ϕ é computado através de funções especiais chamadas de funções de Kernel. Tais funções têm a vantagem de operar no espaço de entrada, onde a solução do problema de classificação é uma soma ponderada das funções de Kernel sobre os vetores de suporte. Para facilitar a compreensão, é utilizado outro exemplo onde são aplicadas as funções de Kernel (Fig. 25).

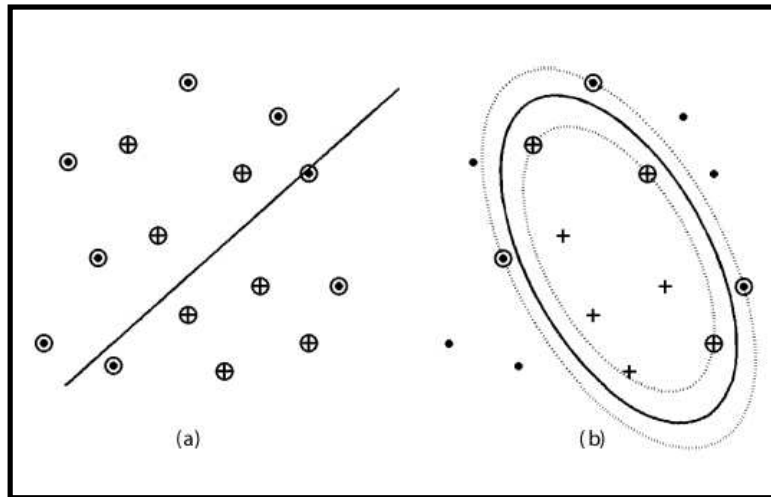


Fig. 25 – Modelo de classificação: (a) linear; (b) polinomial de grau 2.

Estes pontos foram gerados por uma base de dados sintética, com padrões bidimensionais, desenhada com o objetivo de investigar as propriedades dos algoritmos de classificação SVM. A classe +1 neste caso é ilustrada com o + circunscrito, enquanto a classe -1 é o ponto circunscrito. O hiperplano SVM é desenhado com uma linha contínua, enquanto as margens do hiperplano SVM são as linhas pontilhadas. Na figura 25a, onde é utilizada uma função linear, é óbvio que o classificador é inadequado, pois é incapaz de discriminar os dois padrões existentes. Uma separação perfeita é atingida com um polinômio de Kernel de grau 2 (Fig. 25b). Este modelo SVM tem seis vetores de suporte, três da classe +1 e três da classe -1. Estes seis padrões definem o modelo SVM e podem ser usados para prever a classe de novos padrões. Os quatro padrões da classe +1, que se encontram limitados da margem +1, não são importantes na definição do modelo SVM, e podem ser eliminados do conjunto de treinamento, sem ocorrer mudança na solução. O uso da função de Kernel não linear fornece à SVM capacidade de modelar separações complexas. Porém, pelo fato de não haver uma ferramenta teórica para antecipar qual das funções de Kernel fornecerá os melhores resultados para uma determinada base de dados, o único caminho é a experimentação das diversas funções.

A Teoria do Aprendizado Estatístico (TAE) estabelece condições matemáticas que auxiliam na escolha de um classificador particular f a partir de um conjunto de dados de treinamento. Essas condições levam em conta o desempenho do classificador no conjunto de treinamento e a sua complexidade, com o objetivo de obter um bom desempenho também para novos dados do mesmo domínio (Lorena & Carvalho, 2007).

4.4.1 Aplicação do SVM à Químioestratigrafia

A experiência de aplicação do método de classificação SVM à químioestratigrafia foi realizada através de um *software* desenvolvido durante a realização do trabalho de aplicação do SVM em geoquímica (Melo *et al.*, 2009). Na prática, as *features* (variáveis) caracterizam cada uma das amostras e é com base nas *features* que haverá separação em grupos. A diferença entre este método e aqueles das análises multivariadas reside na necessidade de haver treinamento anterior à classificação. Ao final desta classificação a resposta será um registro do tipo: “amostra x – classe y ”, significando que cada amostra está dentro de uma classe (quimiounidade). O *software* produz este resultado com base nos poços de treinamento, através da análise de uma série de características que o usuário lhe oferece *a priori*. Considerando, a título de exemplo, que em todos os poços de treinamento a classe “carbonato” tem suas amostras com as seguintes características (*features*): teor de $\text{Al}_2\text{O}_3 < 3\%$, $\text{CaO} > 20\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 > 5\%$, $\text{MgO} < 1,5\%$, $\text{TiO}_2 < 0,1\%$, $\text{SiO}_2 < 5\%$, $\text{P}_2\text{O}_5 < 0,2\%$, $\text{MnO} < 1\%$, $\text{Sr} \geq 1300$ ppm, $\text{Ba} < 500$ ppm. Quando o usuário proceder à classificação de um poço novo, cada amostra será avaliada e se os valores das *features* estiverem dentro deste *range*, tais amostras serão classificadas como classe “carbonato”. Este é um exemplo simplificado, pois o algoritmo trabalha com iterações mais complexas. Após a seleção dos poços (quais serão usados para treinamento e quais serão de teste) e a seleção das *features* (não há obrigatoriedade em utilizar todas as variáveis para classificar as amostras) é possível testar a eficiência de diversos tipos de funções Kernel (t) para separação das classes. Foram utilizados o linear, polinomial, base radial e sigmóide. No caso da função linear nenhum parâmetro é utilizado. No caso polinomial são utilizados gama, coeficiente e grau, e a função fica $(\text{gama} * u' * v + \text{coef0})^{\text{degree}}$. No caso da base radial é utilizado apenas o gama, e a função fica $\exp(-\text{gama} * |u - v|^2)$. No caso do sigmóide são utilizados gama e coeficiente, e a função fica $\tanh(\text{gama} * u' * v + \text{coef0})$. O algoritmo fará um determinado número de iterações para chegar a uma classificação que atenda ao intérprete; este pode também definir este critério para chegar a

determinada convergência, conhecido como parada. A depender do tipo de dado, o critério pode ser mais refinado ou mais abrangente e nem sempre se atinge convergência. Outras manipulações foram inseridas no algoritmo à medida que os resultados do SVM foram avaliados, com o objetivo de melhorar a classificação. É possível levar em conta a classificação das amostras vizinhas, isto é, além das características de todas as *features* (elementos químicos) o classificador considera a classe a qual pertence à amostra acima e abaixo e o intérprete pode definir quantas amostras vizinhas ele deseja levar em consideração (por exemplo, definindo 10 vizinhos serão considerados 10 para o topo e 10 para a base) e, por outro lado, podem-se ignorar as amostras vizinhas, porém todos os testes mostraram resultados com menores taxas de acerto. Outra opção criada para melhorar a qualidade da classificação foi mensurar em quanto varia o teor do elemento químico entre uma amostra e outra inclusive das amostras vizinhas, e quanto maior a semelhança entre a variação das amostras maior é a chance de estarem dentro da mesma classe.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS

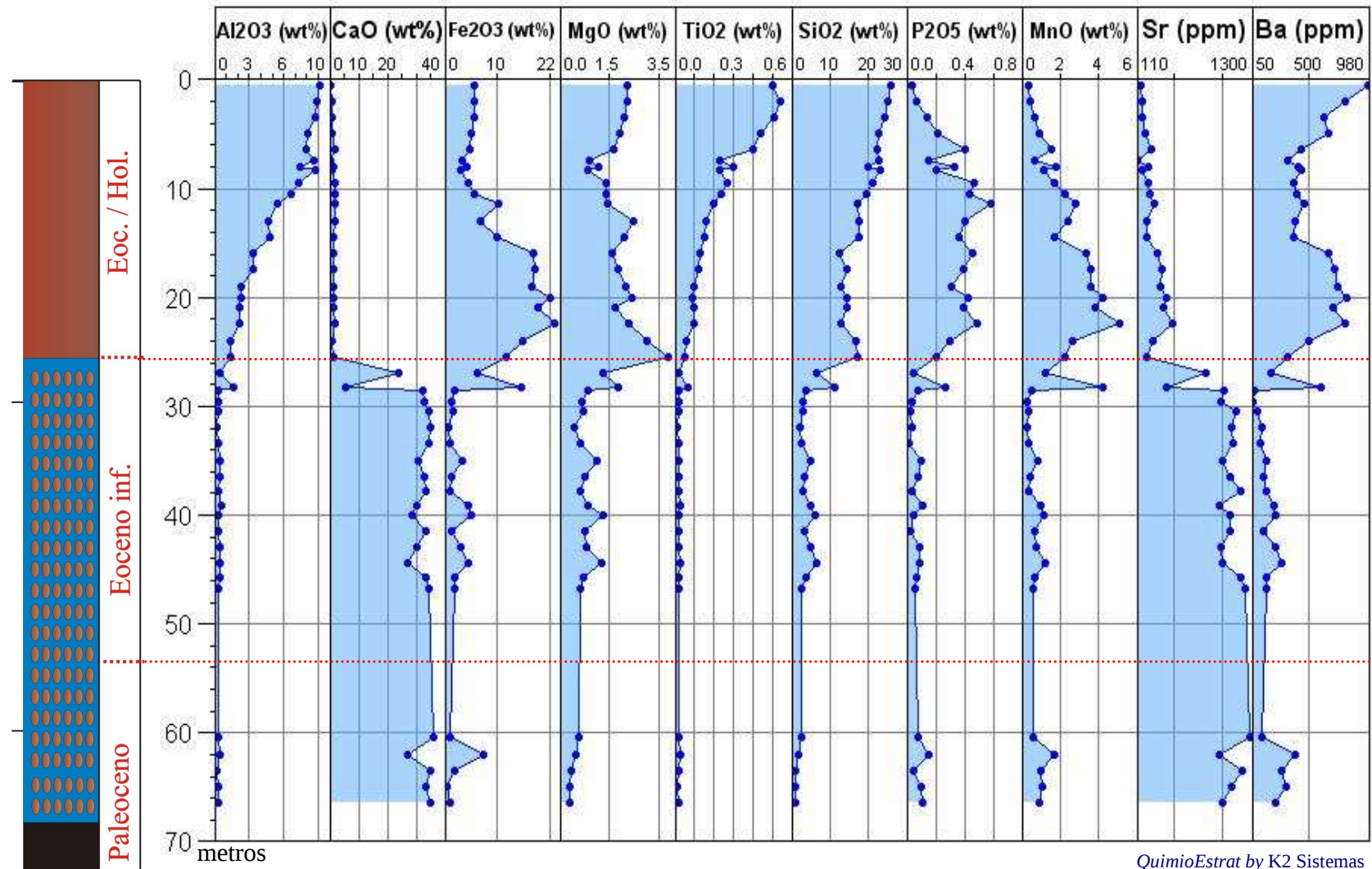
5.1 Introdução

Nesta dissertação, serão utilizados métodos de reconhecimento de padrões para discriminar grupos de amostras com comportamentos distintos, em relação às variáveis geoquímicas, e unir amostras com comportamentos similares. Espera-se que estes agrupamentos tenham uma estreita relação com a litologia, uma vez que rochas diferentes têm, de maneira geral, mineralogia e, conseqüentemente, composições químicas diferentes. Desta forma, será apresentada primeiramente a aplicação dos métodos de classificação em todas as amostras que compõem os testemunhos sob análise. Para os *sites* 1218, 1219, 1220 e 1221 foi realizada uma análise mais detalhada, isto é, objetivando discernir grupos de amostras que compõem horizontes compostos por uma única litologia, aparentemente homogênea, buscando identificar para estes *sites* a passagem Oligoceno / Mioceno. Para todos os *sites* (exceto o 1215) será discutida a passagem Eoceno / Oligoceno. Será discutida a passagem Paleoceno / Eoceno nos *sites* 1220 e 1221 com base em elementos e isótopos de carbono e oxigênio.

5.2 Análise do Site 1215

O *site* 1215 é o que se localiza mais a norte dentro da área de estudo (ver mapa de localização, Fig. 6B), estando separado do *site* 1217 pela zona de fratura Molokai. Este *site* não apresenta um limite de idades característico por conta da amostragem e também pela seção condensada que encerra o tempo entre o final do Eoceno até o Holoceno. A figura 26 ilustra a variação do teor dos elementos químicos por profundidade. Através deste gráfico, tem-se uma primeira idéia de possíveis agrupamentos (unidades quimioestratigráficas) através de tendências de aumento e diminuição de teores, além de picos observados em todas as variáveis que podem representar eventos climáticos e oceanográficos importantes. Entretanto, a análise empírica não será realizada *a priori*, pois o objetivo é exatamente oferecer ao intérprete um conjunto de resultados provenientes dos métodos de reconhecimentos de padrões, facilitando sua visualização das quimiounidades definidas por estas técnicas.

SITE 1215



QuímioEstrat by K2 Sistemas

Fig.26 - Perfil geoquímico da variação dos elementos químicos ao longo de todo testemunho recuperado na Leg 199 Site 1215.

A análise de cluster foi a primeira a ser aplicada, pelo fato de seu resultado mostrar os grandes conjuntos de amostras similares expresso no dendograma (Fig. 27). Nesta análise fica a cargo do intérprete a definição do número de clusters adotados, que tem implicações no seu conhecimento geológico e método de amostragem. Os eixos horizontais informam a medida de distância que, neste caso, trata-se da correlação, e a similaridade entre as amostras cresce da direita para a esquerda. A informação remanescente (*information remaining* %) quantifica o quanto de informação foi perdida para determinado nível de agrupamento de amostras. Para manter, por exemplo, 100% da informação (explicando 100% da variabilidade) são necessários 43 clusters, o total de amostras do *site*, isto é, cada amostra é considerada um cluster. No caso da análise do *Site* 1215, o último agrupamento em dois grandes conjuntos tem pouco mais de 93.75% da informação preservada, o que é excelente sob o ponto de vista estatístico. Para facilitar a visualização há uma linha vermelha na figura 27 separando os dois grandes grupos; as amostras que estão acima da linha vermelha pertencem ao cluster 1 e constituem o topo da seção, enquanto as amostras do cluster 2 constituem a base da seção. Este resultado é muito interessante porque não há no método estatístico nenhum artifício que o impeça de unir amostras de profundidades muito distintas, mas que estratigraficamente poderia ser considerado um equívoco, a menos que se leve em conta a questão da ciclicidade. As amostras do topo são quimicamente muito similares entre si, enquanto o grupo de amostras da base são similares entre si e, os dois grupos são significativamente distintos. Entretanto, um detalhe interessante reside na definição da profundidade onde ocorre a quebra entre os dois grupos litológicos: a amostra 26.94 pertence ao cluster 2 e a amostra imediatamente superior 25.44 pertence ao cluster 1, onde estaria a quebra. Entretanto, a amostra 28.24 está no cluster 1, quando esperar-se-ia encontrá-la no cluster 2, logo o ponto de distinção não está óbvio. A amostra 26.94 é descrita como vasa de nanofósseis assim como a amostra 28.94, porém esta última tem mais similaridade com a amostra 25.44 descrita como argila. A quebra efetiva parece ocorrer em 28.54, mas com a ocorrência de um pulso de composição argilosa.

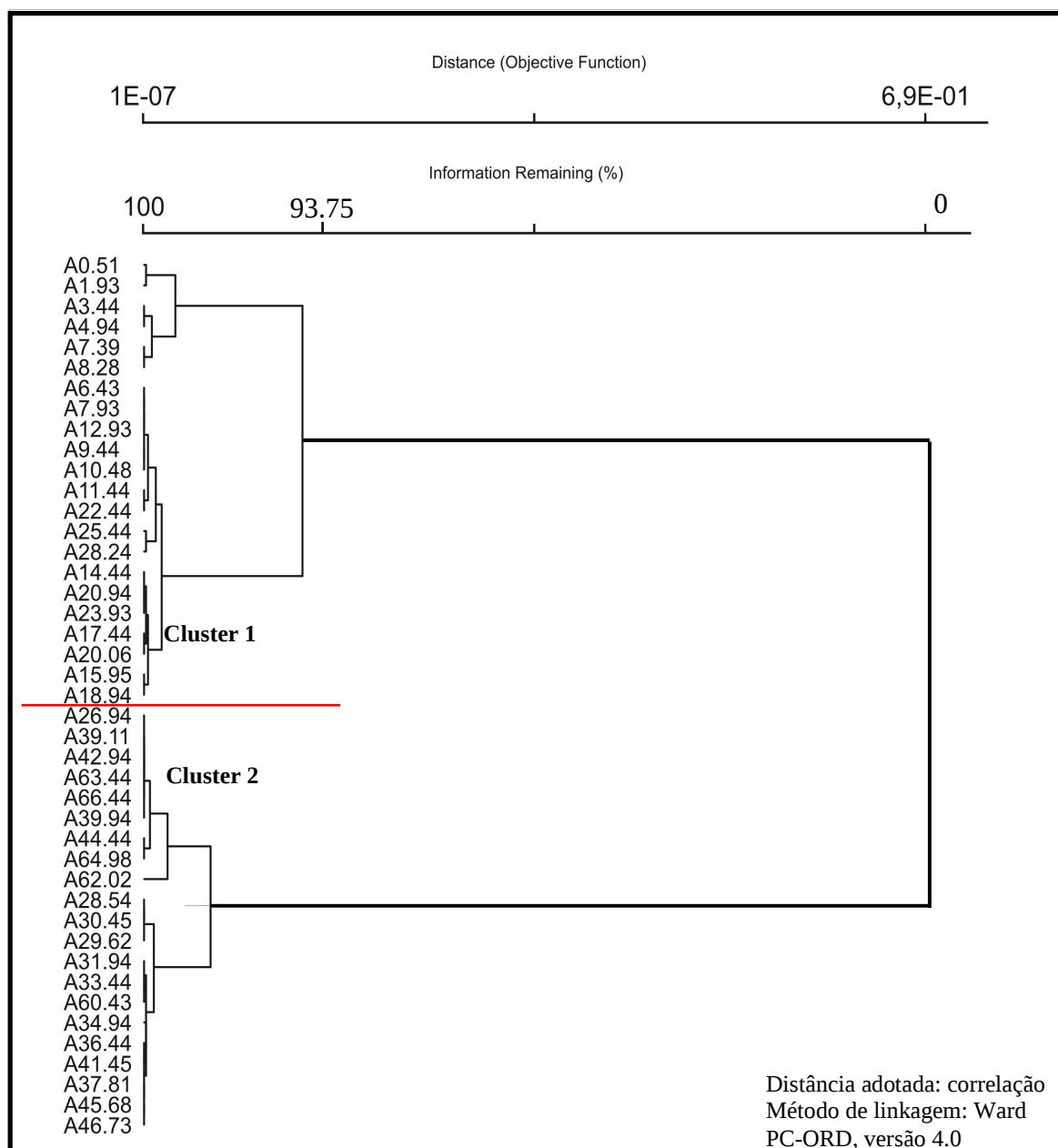


Fig. 27 - Análise de cluster hierárquico aglomerativo em modo Q das amostras do *Site* 1215; os valores à esquerda que designam as amostras são as profundidades.

A figura 28 ilustra essa questão através da divisão, no perfil geoquímico, usando os resultados obtidos na análise de cluster.

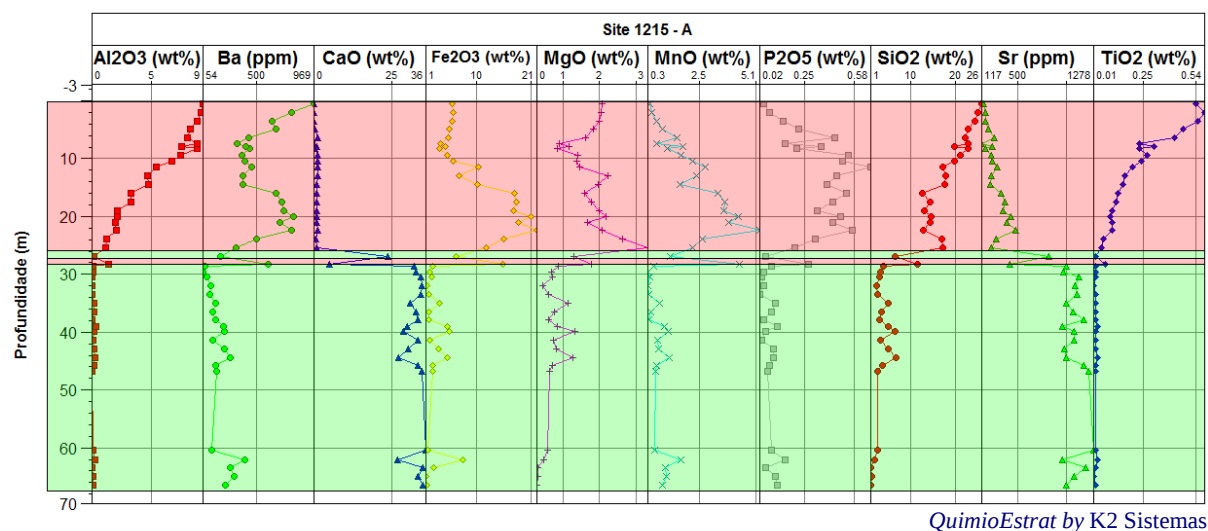


Fig. 28 – Resultado da análise de cluster hierárquico aglomerativo apresentado como divisão quimioestratigráfica (Leg 199 site 1215).

5.2.1 Análise de Componentes Principais – Site 1215

O resultado gerado pela PCA pode ser considerado excelente, uma vez que foi capaz de mostrar que existem dois grupos de amostras muito distintos (Fig. 29). Quando este tipo de resultado é alcançado pode-se dizer que os dados são “bem comportados”, isso significa que a assinatura geoquímica de um determinado grupo de amostras é bem característica e muito distinta da assinatura geoquímica que caracteriza outros grupos de amostras, e há certo grau de homogeneidade internamente aos grupos. Com apenas dois eixos já é possível explicar 89% da variabilidade dos dados e, a partir de três eixos, já não faz sentido utilizar mais componentes, pois mais de 94% da variabilidade (Fig. 29) é explicada e a inserção de novos eixos não justifica os pequenos ganhos. Aqui utilizaremos dois eixos, pois 89% da variabilidade explicada é um bom valor e será suficiente para auxiliar na interpretação da discriminação dos grupos.

Analisando a figura 29 o que se percebe é uma confirmação dos resultados da análise de cluster. Porém, a análise de componentes principais permite fazer interpretações quanto aos fatores que controlam a distribuição das amostras. O grupo de triângulos azuis tem uma pequena variação em relação ao eixo y (axis 2) e uma variação pouco maior em relação ao eixo x (axis 1). Este grupo é homogêneo em relação aos dois eixos, entretanto por estar mais distribuído ao longo do eixo x parece ser mais controlado por este. Ao contrário, as amostras representadas por

triângulos marrons têm alta variação em relação ao eixo y, e variação menor em x, logo este grupo é controlado pelo eixo y. O grau de variação dos triângulos marrons em relação a eixo y é muito maior que a variação das amostras em círculos azuis no eixo x; isto significa que internamente ao grupo dos triângulos marrons o conjunto de valores é mais heterogêneo, mais discrepante entre si, enquanto no grupo dos círculos azuis estes valores tendem a variar menos e, por isso, as amostras são mais parecidas umas com às outras. A PCA também identificou o problema relacionado com a amostra 28.24 revelado pela análise de cluster; pela PCA esta amostra tem mais relação com o grupo dos triângulos marrons do que com o grupo dos círculos azuis. Os dois aspectos discutidos até aqui, isto é, sobre o grau de proximidade entre as amostras que compõem os dois agrupamentos e sobre a amostra 28.24, são o limite da interpretação baseada na estatística pura. Note que não se recorreu à natureza litológica dos agrupamentos (embora seja sabido que se trata disto) ou sobre quais variáveis geoquímicas estão controlando os eixos 1 ou 2, e, ainda assim, a interpretação dos gráficos auxiliou muito no entendimento da distribuição das amostras e corroborou plenamente o que foi observado nos resultados do cluster. Agora, lançando mão do conhecimento geológico e geoquímico é imprescindível saber quais variáveis compõem o eixo 1 e quais compõem o eixo 2, para compreender por que existe tanta variação das amostras de argila e pouca variação das amostras de carbonato (vasas de nanofósseis). A tabela 12 de autovetores, como produto da análise de PCA, demonstra exatamente o grau de relacionamento de cada variável com os eixos.

Tabela 12 – Valores dos autovetores (Leg 199, *site* 1215).

Elementos	Axis 1	Axis 2	Axis 3
SiO ₂	0.3517	0.2580	0.0084
TiO ₂	0.2742	0.4436	-0.0908
Al ₂ O ₃	0.2935	0.4203	0.2270
Fe ₂ O ₃	0.2709	-0.4600	-0.1916
MnO	0.2469	-0.5020	0.1541
MgO	0.3135	-0.1268	-0.5487
CaO	-0.3813	-0.0204	-0.0637
P ₂ O ₅	0.2967	-0.2510	0.6757
Sr	-0.3702	-0.1117	-0.0768
Ba	0.3347	-0.0659	-0.3347

Os números em negrito mostram a seleção dos maiores valores que, por isso, compõem preferencialmente um determinado eixo: o eixo 1 da figura 22 é composto por SiO₂, CaO, Sr, Ba; enquanto o eixo 2 é composto por TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO.

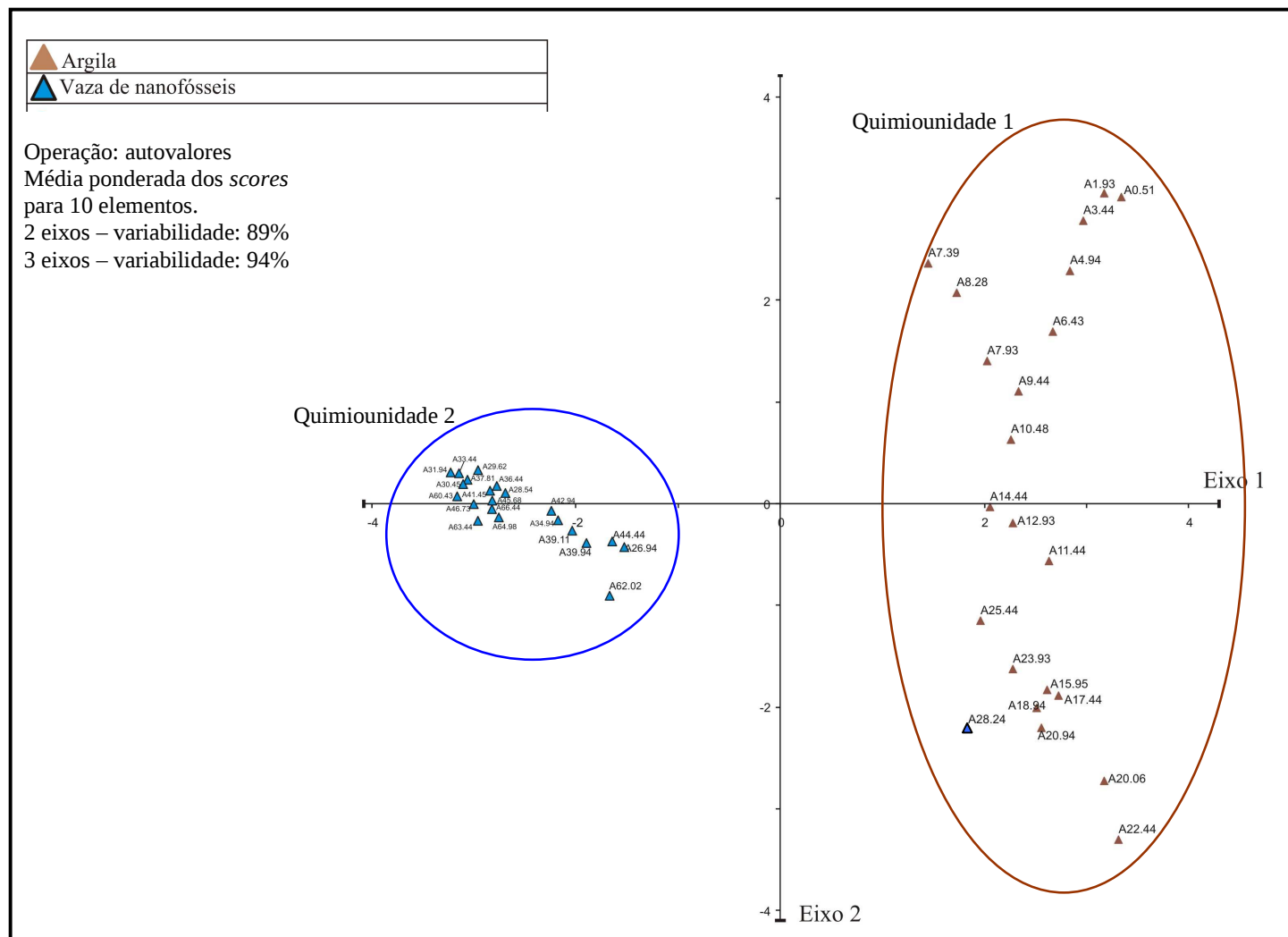


Fig. 29 – **Site 1215**: componentes principais (PC1x PC2) com amostras plotadas identificas de acordo com a litologia descrita.

Isso significa que as variáveis geoquímicas que melhor caracterizam o eixo x e, consequentemente, controlam a distribuição das amostras de carbonato (vasa de nanofósseis) são SiO_2 , CaO , Sr e Ba . Observando o perfil geoquímico da figura 26, fica claro que de fato estes elementos têm assinatura geoquímica internamente homogênea no intervalo de carbonato e com alto índice de correlação seja positivo ou negativo, como é o caso do CaO e do Sr , assinalados com sinal negativo na tabela 13. Os elementos químicos que compõem o eixo 2 apresentam assinaturas geoquímicas de tendências de crescimento da base para o topo na litologia argila no caso do teor de Al_2O_3 e TiO_2 e de diminuição no caso do Fe_2O_3 e MnO (Fig. 26). Porém, existe uma significativa variação entre o comportamento das curvas destes elementos e por isso a dispersão das amostras controladas pelo eixo 2 é maior do que as amostras controladas pelo eixo 1. Embora existam dois grupos distintos como se observa na figura 29, é possível que amostras de profundidades distintas estejam próximas como discutido na seção anterior da análise de cluster; por este motivo foi inserido o valor da profundidade, identificando cada uma das amostras facilitando perceber se há algum caso deste tipo. Entretanto, não é prático conferir número por número buscando perceber se as amostras estão na sequência ou não, então optou-se pelo gráfico 3D (Fig. 30) onde o eixo y é a profundidade e os eixos x e z são o eixo 1 e o eixo 2, respectivamente. Embora tenha sido mantido o valor de profundidade das amostras, a perspectiva de posicionamento espacial das amostras é capaz de revelar se há alguma amostra em posição, a princípio, inesperada. Este recurso será importante nos próximos *sites*, onde a quantidade de amostras é grande e muitas delas ocupam um espaço pequeno impedindo uma perfeita visualização de suas posições no gráfico 2D. Finalmente, verifiquemos o problema envolvendo as amostras 28.24 e 28.54 que fica muito nítido na análise de PCA. O que a análise estatística indica é que a amostra 28.24 tem alto teor de argila, de forma que no contexto do testemunho a amostra 25.44 é argilosa, em seguida a fácies passam a ser carbonáticas em 26.94 e torna-se mais uma vez argilosa em 28.24 e posteriormente torna-se carbonática até o final do testemunho. Observando detalhadamente o perfil geoquímico, é isto que está expresso nos *shifts* entre estes horizontes. Possivelmente, esta fina lâmina lamosa não era perceptível na análise a olho nu do testemunho, ou a vasa de nanofósseis neste horizonte era enriquecida em argila, tornando esta amostra muito similar àquelas do topo do perfil. A figura 31 auxilia na percepção do grau de correlação entre determinadas variáveis e os eixos da PCA que é importante para interpretar as características geoquímicas do meio que estão imprimindo determinados padrões às amostras.

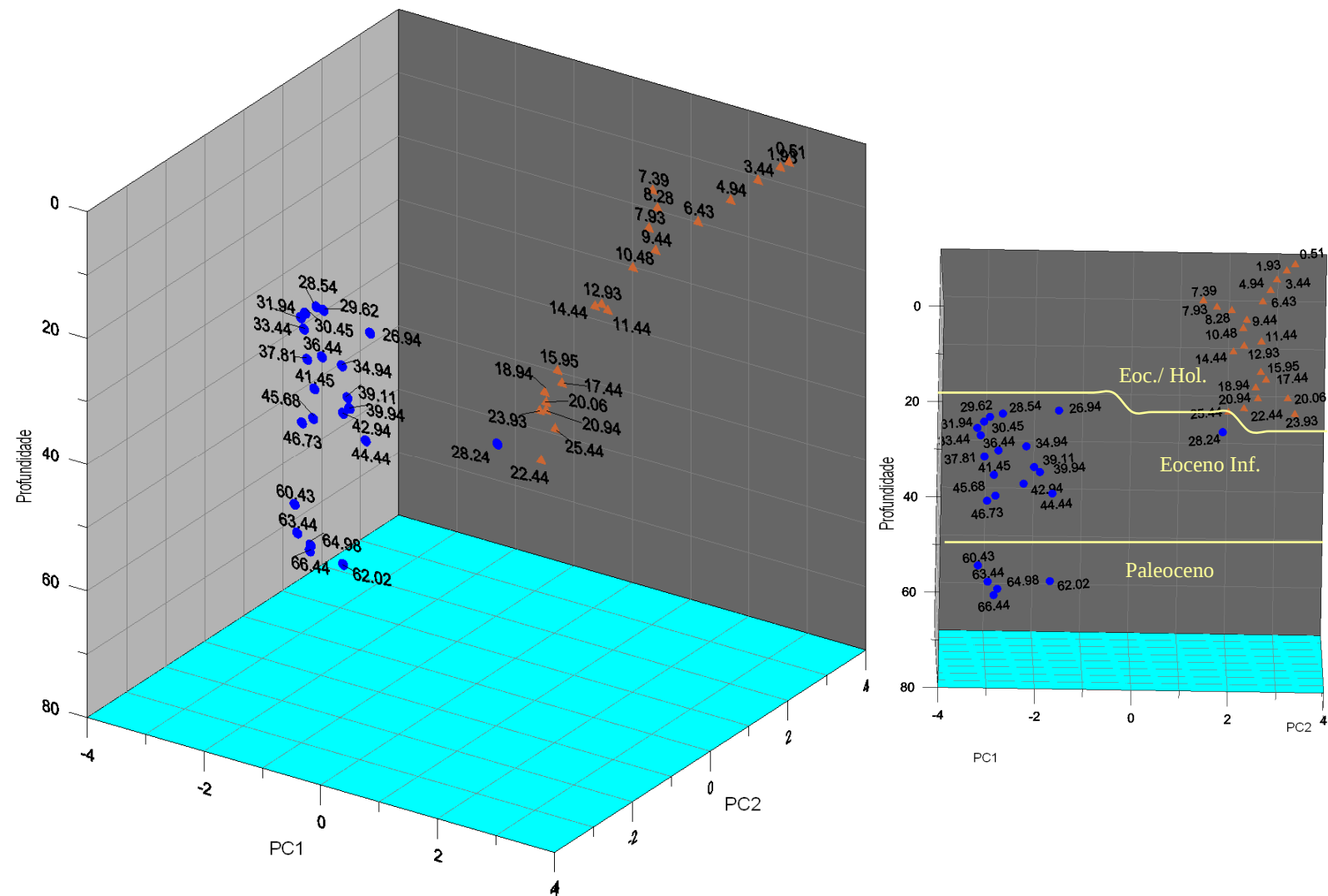


Fig 30 - Projeção em 3D das amostras do Site 1215 sendo eixo y profundidade, eixo x axis 1 (ou PC1), e eixo z axis 2 (ou PC2).

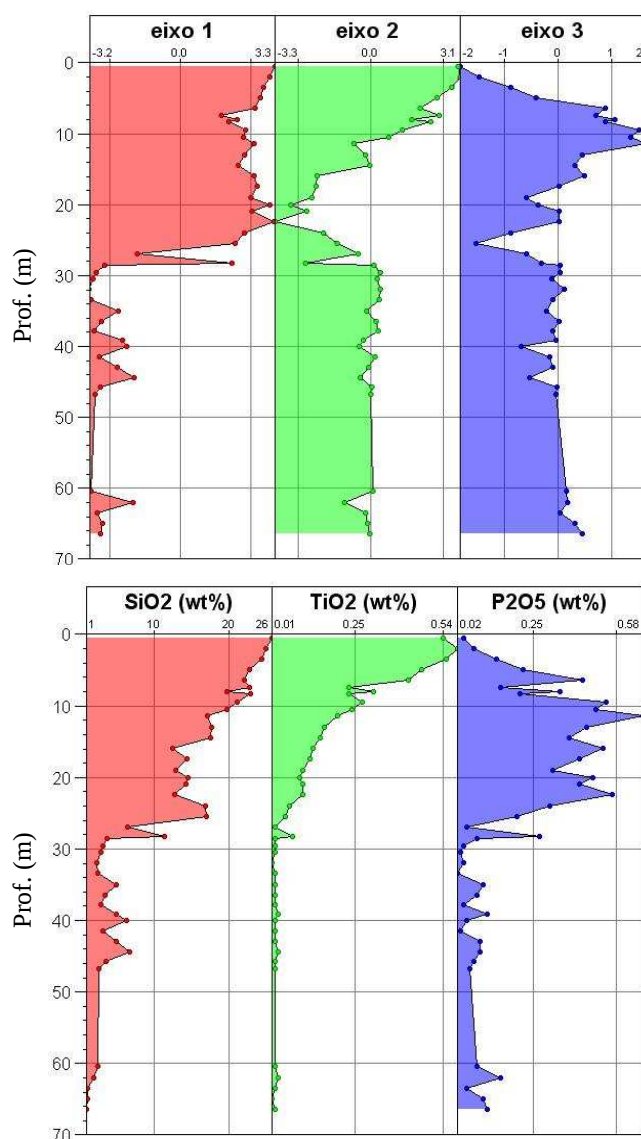


Fig. 31 – Comparação entre a assinatura geoquímica dos elementos e os eixos da análise de componentes principais (Site 1215).

Os resultados estatísticos apontam para a existência de duas quimiounidades, resultado este altamente influenciado pelas litologias que compõem o *site* 1215. O limite das quimiounidades coincide com o topo da biozona NP12 e um intervalo argiloso (seção condensada) com baixa resolução bioestratigráfica que não permite datação (Fig. 32). A passagem Paleoceno / Eoceno é marcada por um evento de extinção de foraminíferos bentônicos (*Velasco-type fauna*) que não foi passível de estudo no perfil geoquímico uma vez que não houve amostragem adequada.

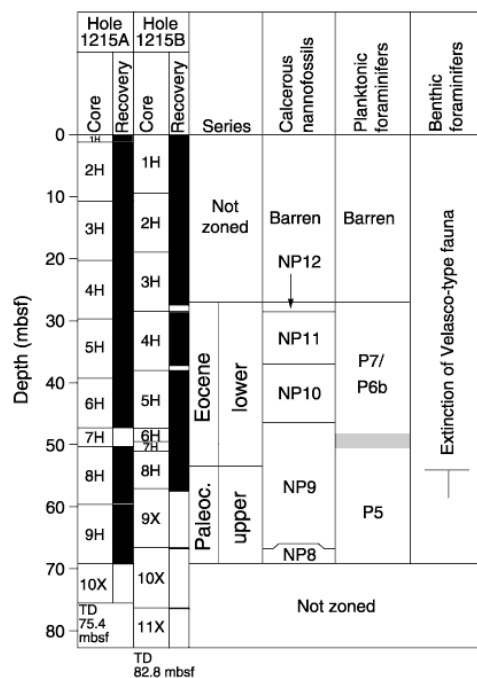


Fig. 32 – Detalhamento bioestratigráfico do *site* 1215 com base em nanofósseis, foraminíferos planctônicos e bentônicos (Lyle *et al.*, 2002).

5.3 Análise do Site 1217

O *site* 1217 se encontra a norte da área de estudo em cota batimétrica de -5342m e espessura de sedimentos próxima de 125m. Este *site* encontra-se entre duas zonas de fratura; devido ao deslocamento e a grande distância, este *site* apresenta difícil correlação com os demais. Quando comparado ao 1215, este *site* demonstra maior complexidade, ou seja, as tendências de aumentos e diminuições do teor dos elementos químicos não são tão homogêneas e óbvias, causando certa dificuldade em encontrar padrões e com base neles definir as quimiounidades (Fig. 33). Este aspecto está implícito no cluster, uma vez que a informação preservada será de 52,25% (Fig. 34) para dividir as amostras nos dois maiores grupos possíveis. Neste resultado, um grupo seria formado apenas pela amostra 28.73 e o segundo grupo, por todas as outras amostras, o que nos indica que esta amostra (28.73) representa um tipo de anomalia uma vez que é diferente de todas as outras. Como um resultado deste tipo não interessa sobremaneira, consideraremos três clusters como indicado na Fig. 33. O agrupamento menor, o cluster 2, reúne grande quantidade de amostras adjacentes (entre 9.94m à 24.42m, 11 amostras), o que revela consistência na identificação de uma assinatura diagnóstica.

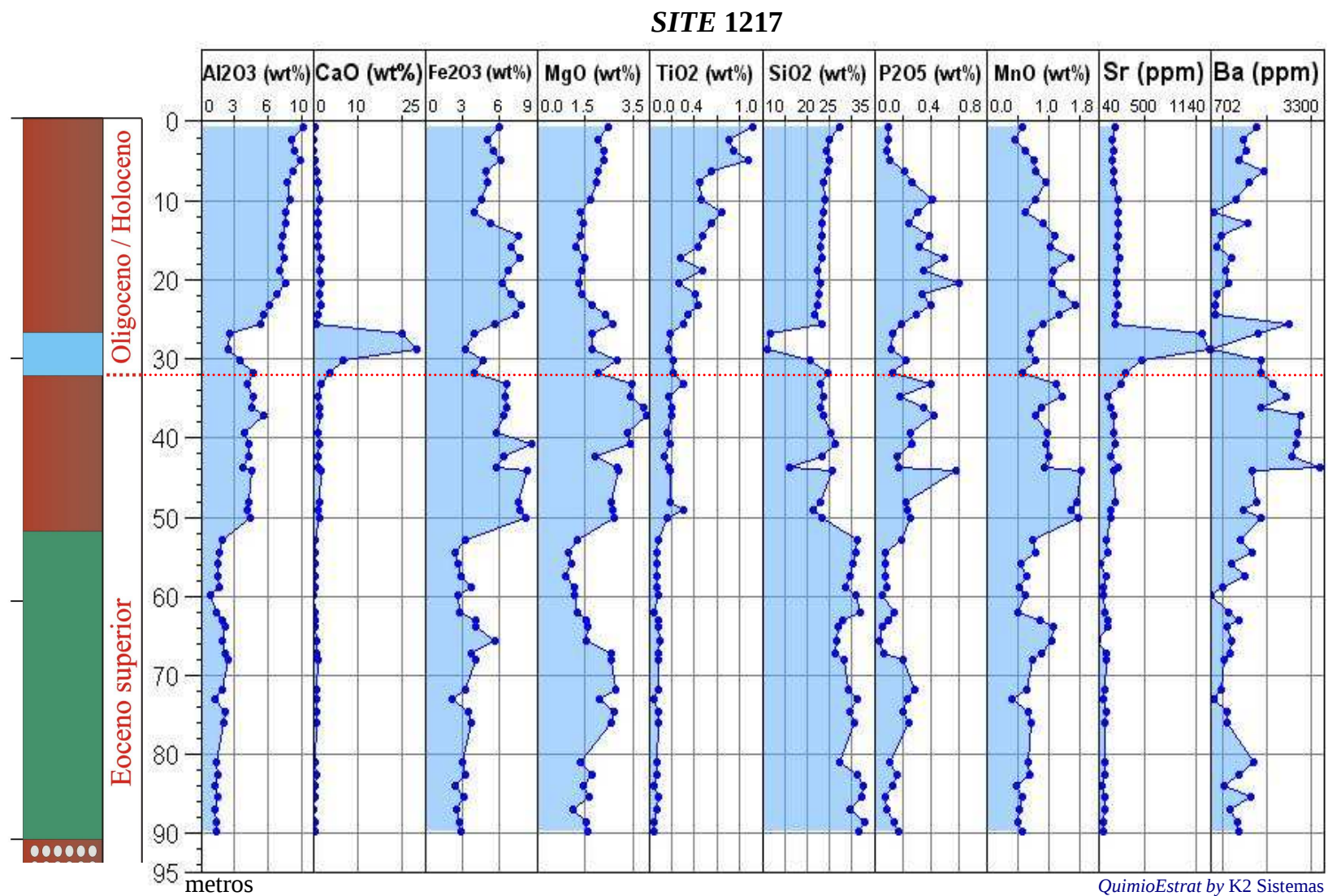


Fig. 33 - Perfil geoquímico da variação dos elementos químicos ao longo de todo testemunho recuperado na Leg 199 Site 1217.

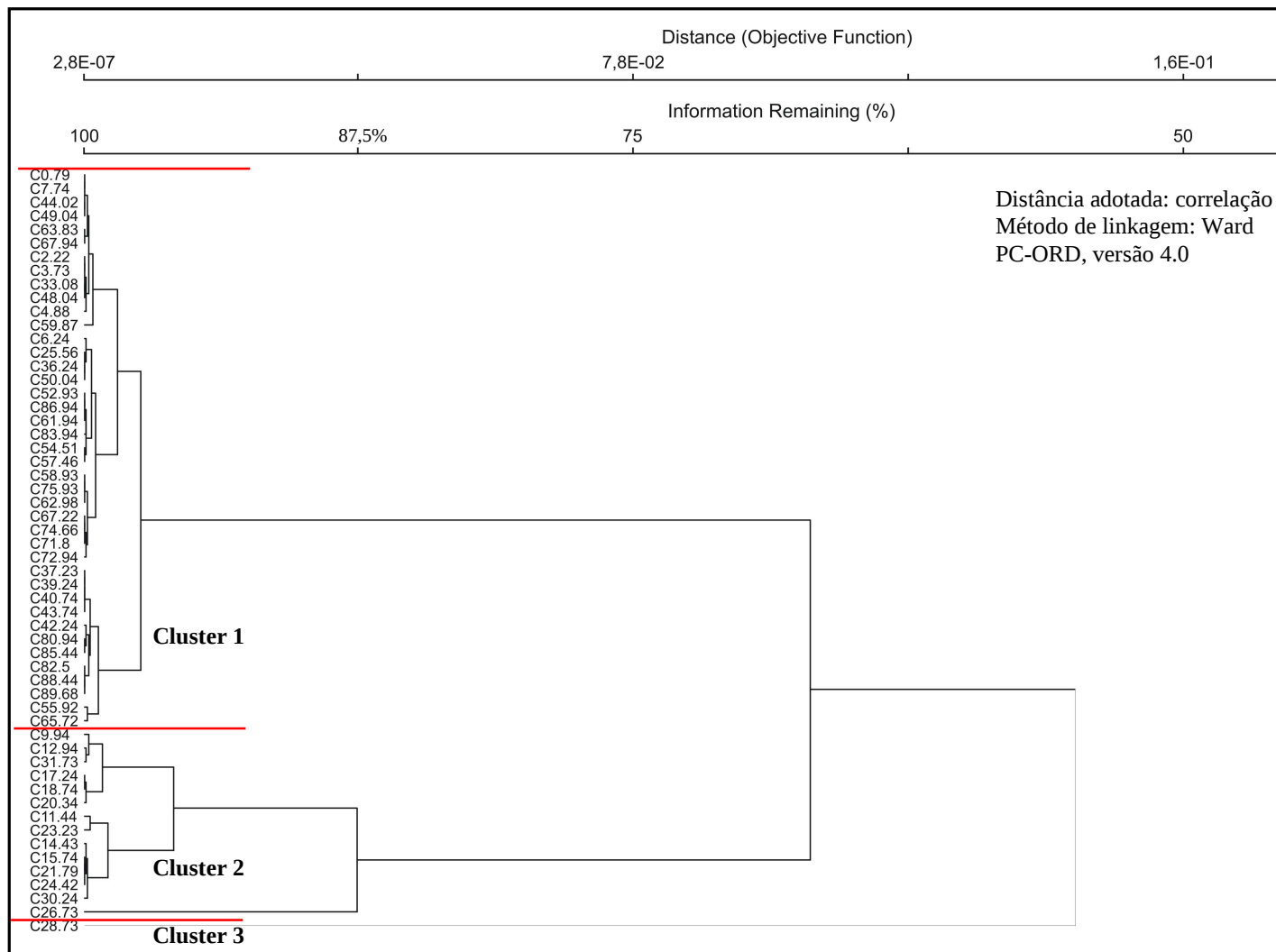


Fig. 34 - Análise de cluster hierárquico aglomerativo em modo Q das amostras do Site 1217; os valores à esquerda (que rotula as amostras) são as profundidades.

A figura 35 apresenta o resultado da análise de cluster através da divisão em quimiounidades, onde estão representados três clusters como na figura 33. Nesta figura, fica clara a existência de uma quimiounidade entre 90m e 33m, entre 33m e 25m e entre 25m e 0,79m. Obviamente, esta é uma interpretação do resultado da análise de cluster, uma vez que o produto desta análise apresenta inconsistências e necessita de ajustes para que haja sentido do ponto de vista geológico.

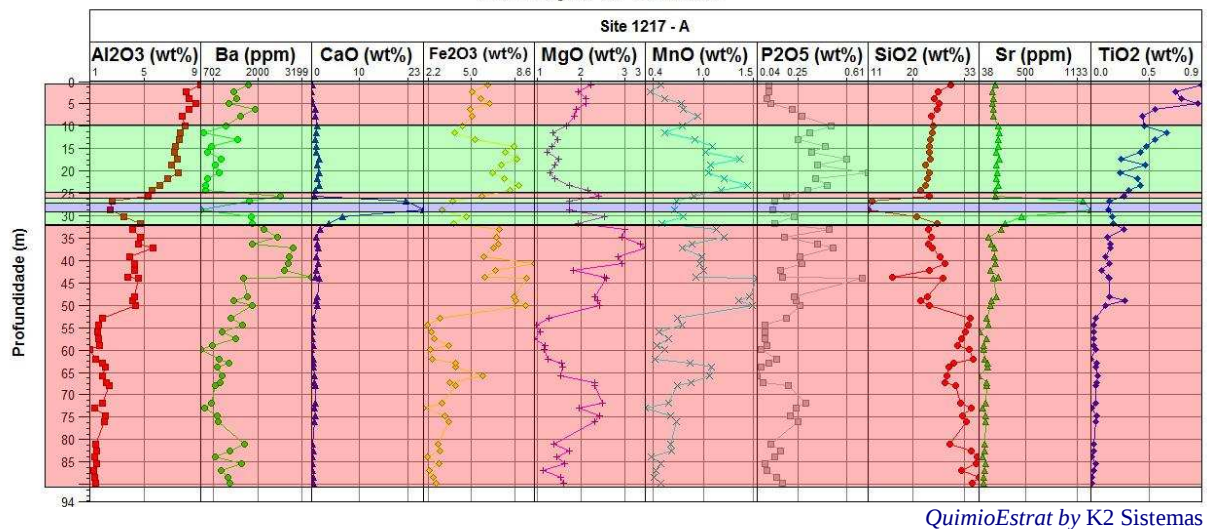


Fig. 35 – Resultado da análise de cluster hierárquico aglomerativo apresentado como divisão quimiostatigráfica (Leg 199 site 1217).

5.3.1 Análise de Componentes Principais – Site 1217

Analisando a figura 36, resultante da análise de componentes principais, é perceptível a existência de duas quimiounidades fortemente influenciadas pela composição litológica: argila e vasa de radiolário. A distribuição destas é fortemente controlada pelo eixo 1, principalmente pelo Fe_2O_3 e pelo SiO_2 (correlação negativa). Já o eixo 2, está relacionado com o componente carbonático (Tab. 13).

Tabela 13 – Valores dos autovetores (Leg 199, *site* 1217).

Elementos	Axis 1	Axis 2	Axis 3
SiO ₂	-0.4093	0.3375	0.0129
TiO ₂	0.2952	0.1017	0.5074
Al ₂ O ₃	0.3871	0.1664	0.4041
Fe ₂ O ₃	0.4476	0.2202	-0.0696
MnO	0.3574	0.1684	-0.1577
MgO	0.2520	0.0982	-0.5090
CaO	0.1374	-0.6184	-0.0327
P ₂ O ₅	0.3254	0.1841	0.0242
Sr	0.2185	-0.5833	0.0304
Ba	0.1773	0.0714	-0.5365

As quatro amostras controladas pelo eixo x apresentam-se muito distantes uma das outras, o que prejudica a interpretação destas quatro amostras fazerem parte de uma mesma quimiounidade. Porém, analisando o gráfico 3D (Fig. 37), embora ocorra grande variabilidade, estas amostras são adjacentes e são de mesma composição litológica. Desta forma, as análises estatísticas sugerem a presença de três quimiounidades. As três primeiras componentes principais estão relacionadas com o Fe₂O₃, CaO e TiO₂, respectivamente (Fig. 38).

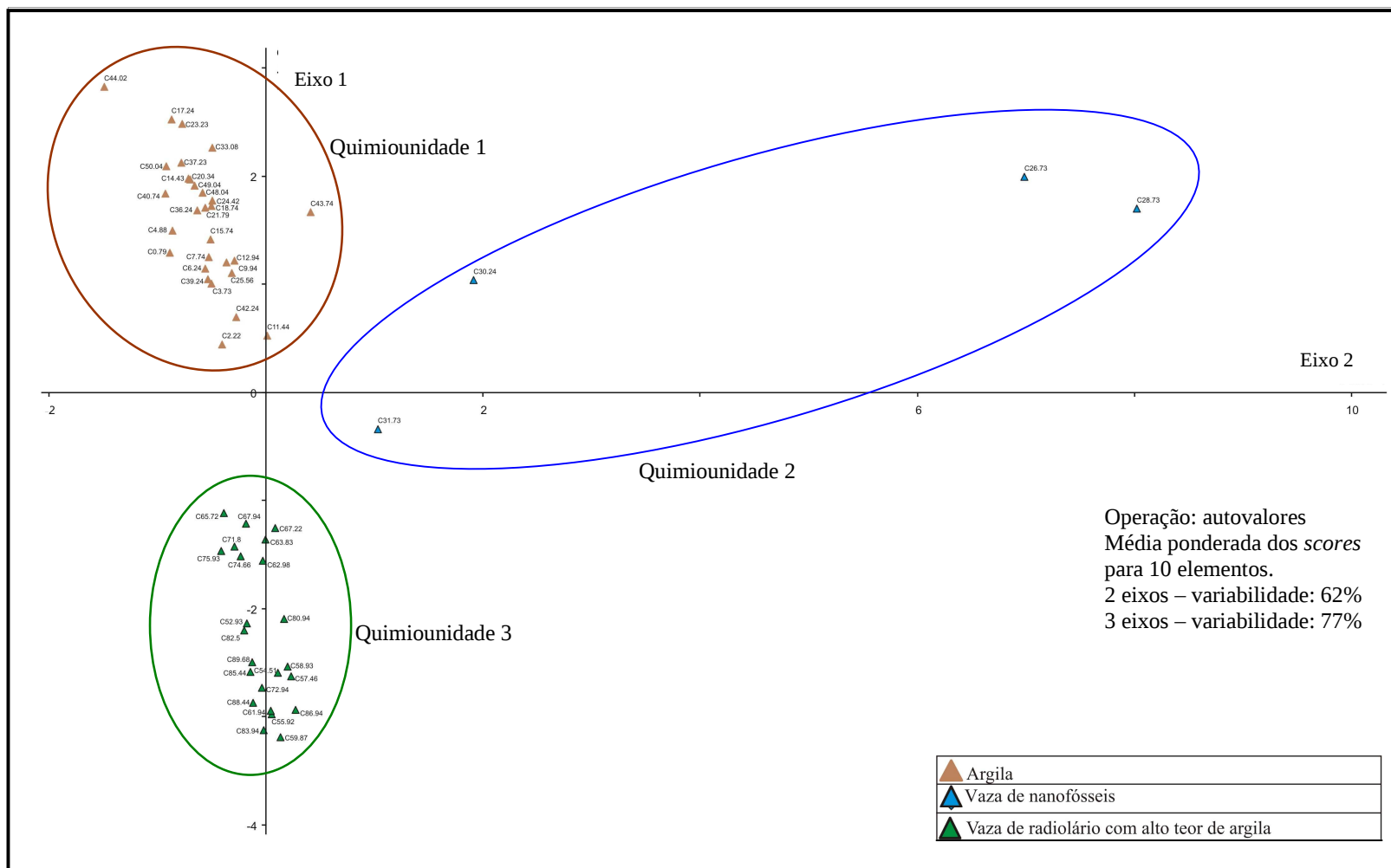


Fig. 36 – **Site 1217**: componentes principais (PC1x PC2) com amostras plotadas identificadas de acordo com a litologia descrita.

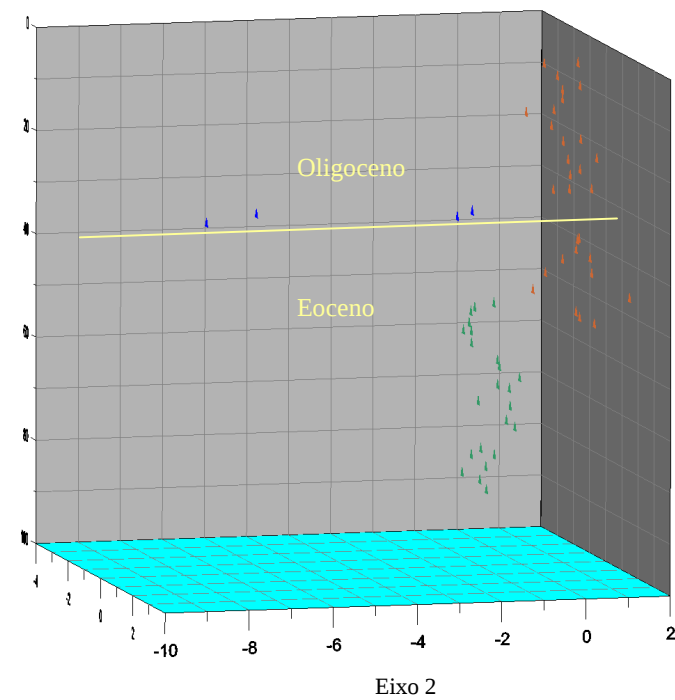
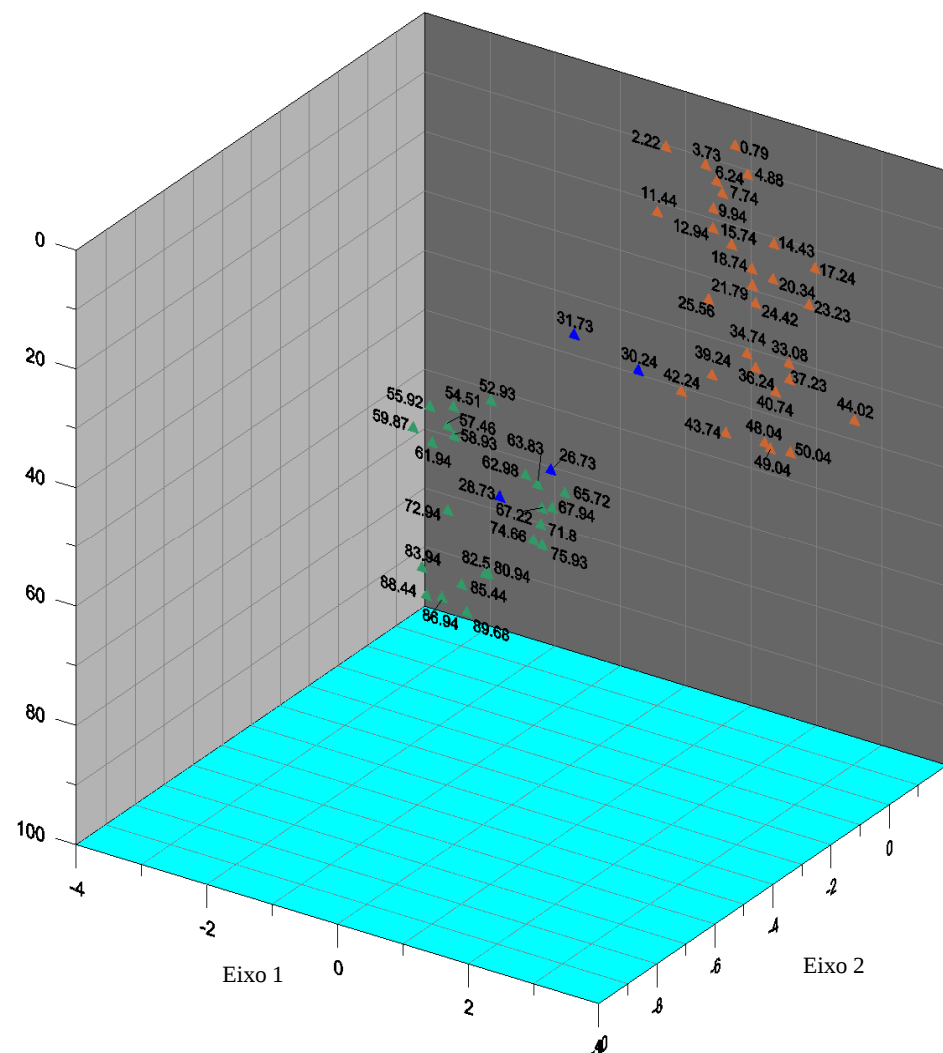


Fig 37 - Projeção em 3D das amostras do Site 1217 sendo o eixo y profundidade, eixo x axis 1 (ou PC1), e eixo z axis 2 (ou PC2).

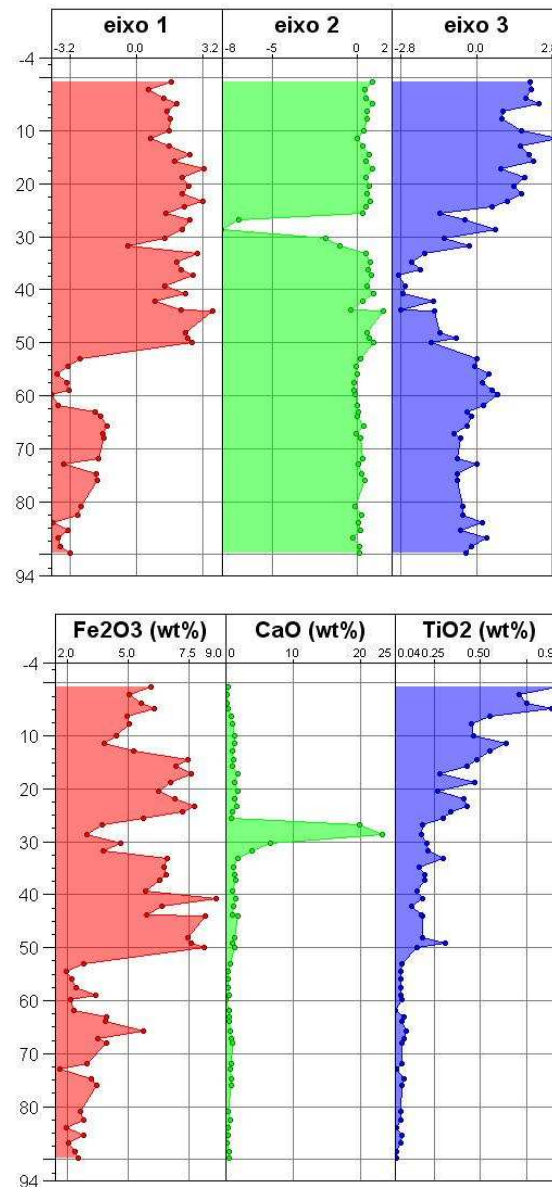


Fig. 38 – Comparação entre a assinatura geoquímica dos elementos e os eixos da análise de componentes principais (Site 1217).

Os resultados estatísticos revelaram a existência de três quimiounidades. A base da quimiounidade 2, cujas amostras são de composição carbonática, coincide com a passagem Eoceno / Oligoceno, definida na bioestratigrafia com base em radiolários. Destaca-se que as biozonas de nanofósseis e foraminíferos bentônicos não foram conclusivas (Fig. 39). Na profundidade de 140m, aproximadamente, há possível passagem Paleoceno / Eoceno, entretanto não houve recuperação suficiente de testemunho para coleta de amostras e aquisição de dados

geoquímicos.

5.3.2 A passagem Eoceno / Oligoceno no site 1217

A passagem Eoceno / Oligoceno é um dos melhores exemplos de um evento global que afetou a biogeoquímica marinha. O site 1217 encontra-se no extremo leste da área de estudo em batimetria de -5342m; durante a evolução sedimentar registrada nos perfis geoquímicos e nos estudos bioestratigráficos percebe-se que a deposição do carbonato constitui-se um evento, originado pela queda do nível do mar e da CCD, o que permitiu a deposição do carbonato entre dois pacotes de argila. Esse evento marcado pela deposição de carbonato relaciona-se com um enriquecimento de $\delta^{18}\text{O}$ que indica significativo resfriamento da massa d'água e acúmulo de gelo sobre o continente como indicam os modelos de Zachos *et al.* (1992). Tal passagem é caracterizada pela mudança da biozona RP18 para RP19 (Fig. 39).

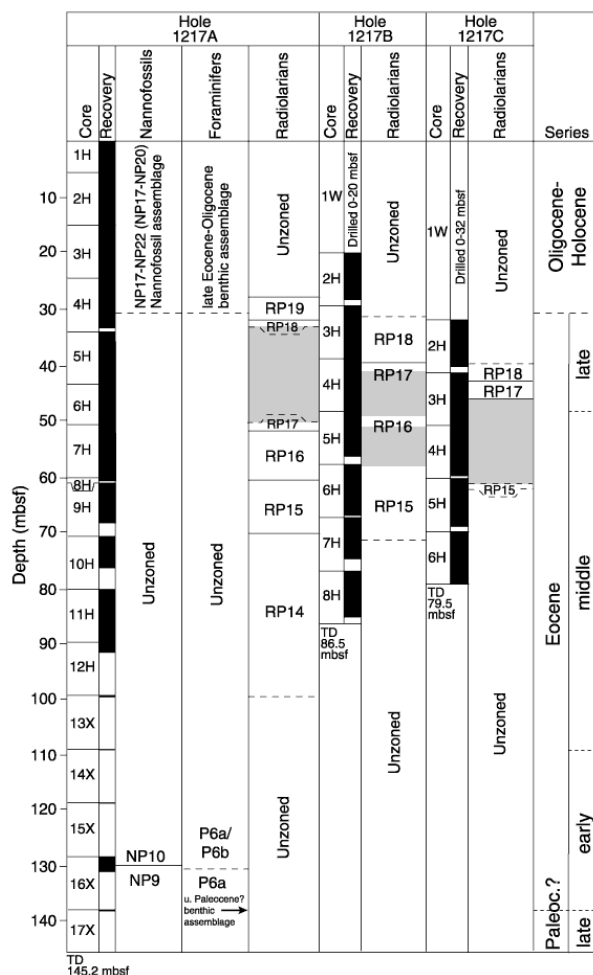


Fig. 39 – Detalhamento bioestratigráfico do site 1217 com base em nanofósseis, foraminíferos planctônicos e bentônicos (Lyle *et al.*, 2002).

5.4 Análise do Site 1218

O *site* 1218 é o que apresenta o maior número de amostras submetidas à análise geoquímica e atinge a maior espessura sedimentar (274m) a partir da cota batimétrica de -4826m. Este *site* registra as duas principais passagens que ocorreram durante o Cenozóico que vem sendo amplamente discutidas: a passagem Eoceno / Oligoceno e a passagem Oligoceno / Mioceno (Fig. 40). Este *site* apresenta uma característica importante a ser explorada pela quimioestratigrafia que é o fato da passagem Oligoceno / Mioceno não coincidir com uma mudança litológica, isto é, do ponto de vista bioestratigráfico foi possível perceber diferenças dentro do carbonato, cuja espessura aproximada é de 140m. Desta forma, será investigado se esta passagem também ficou registrada na variação do teor dos elementos químicos.

Na análise de cluster (Fig. 41 e Fig. 42), no qual foi adotada a divisão em três grupos, percebemos que de maneira geral há coerência nos resultados, uma vez que foi indicada uma quebra (mudança de cluster) próxima a 60m, onde a litologia passa de carbonato para argila, e próximo a 217m, onde a litologia passa de radiolarito para carbonato. Desta forma, as grandes divisões que ficam ressaltadas justamente na mudança litológica foram identificadas pela análise de cluster. Analisando, em detalhe, a passagem Oligoceno / Mioceno que ocorre dentro do carbonato entre as amostras 87,94 e 82,94, o resultado da análise de cluster mostra que a amostra 82,94 está no cluster 3 e a amostra 87,94 se encontra no cluster 2 (Fig. 42). Isto significa que estas amostras são diferentes do ponto de vista geoquímico, corroborando uma mudança biogeoquímica marcada pela bioestratigrafia. É preciso ter muito cuidado na interpretação da correspondência entre diferenças de amostras reveladas pela análise estatística e diferenças reais, isto é, efetivamente geoquímicas, pois assim como consideramos verdadeira a separação entre as amostras 87,94 e 82,94 poderíamos também considerar como diferentes as amostras em torno de 120m (Fig. 42), quando na realidade observando a maioria dos perfis geoquímicos, não parece adequado apontar uma quebra neste horizonte.

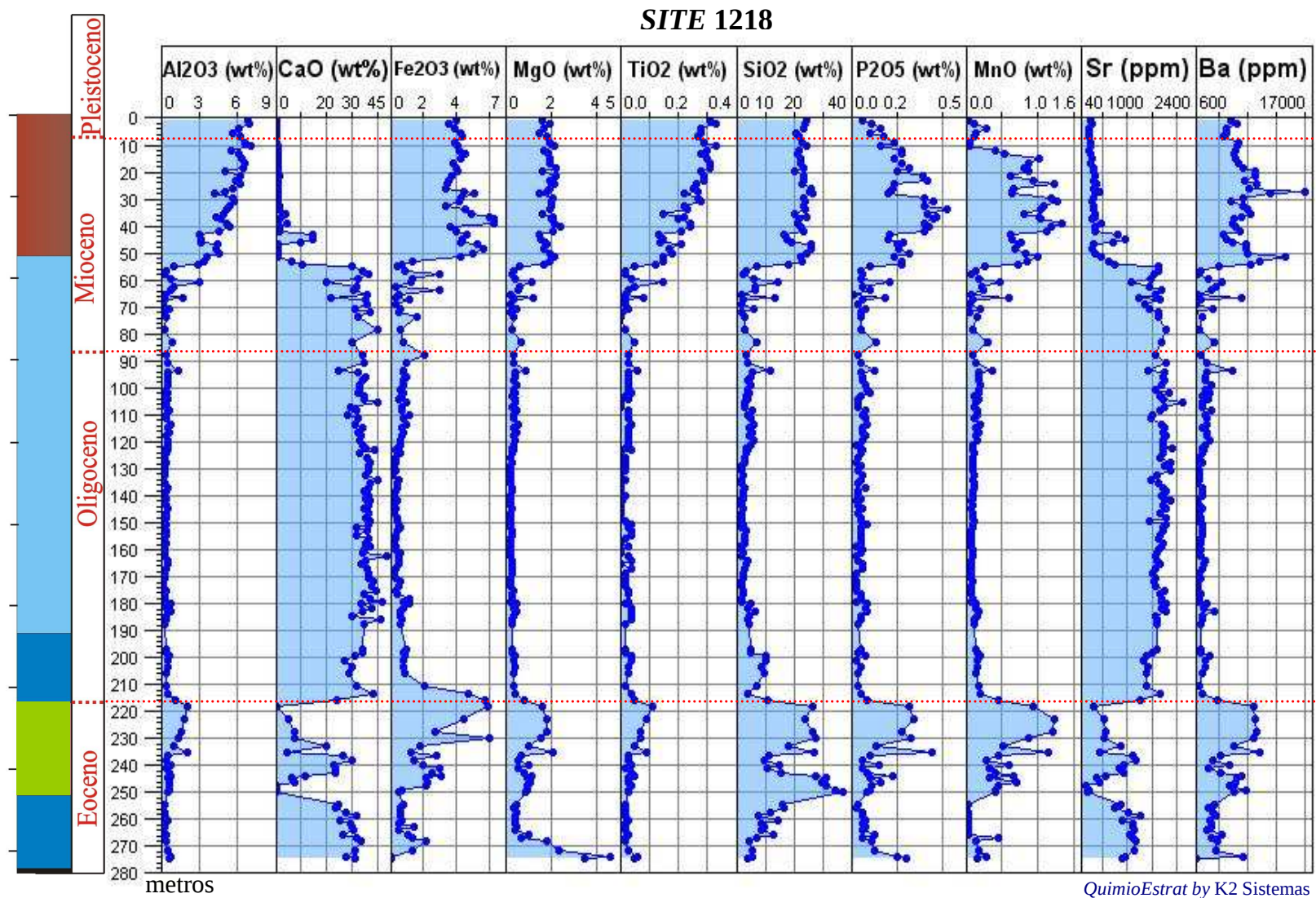
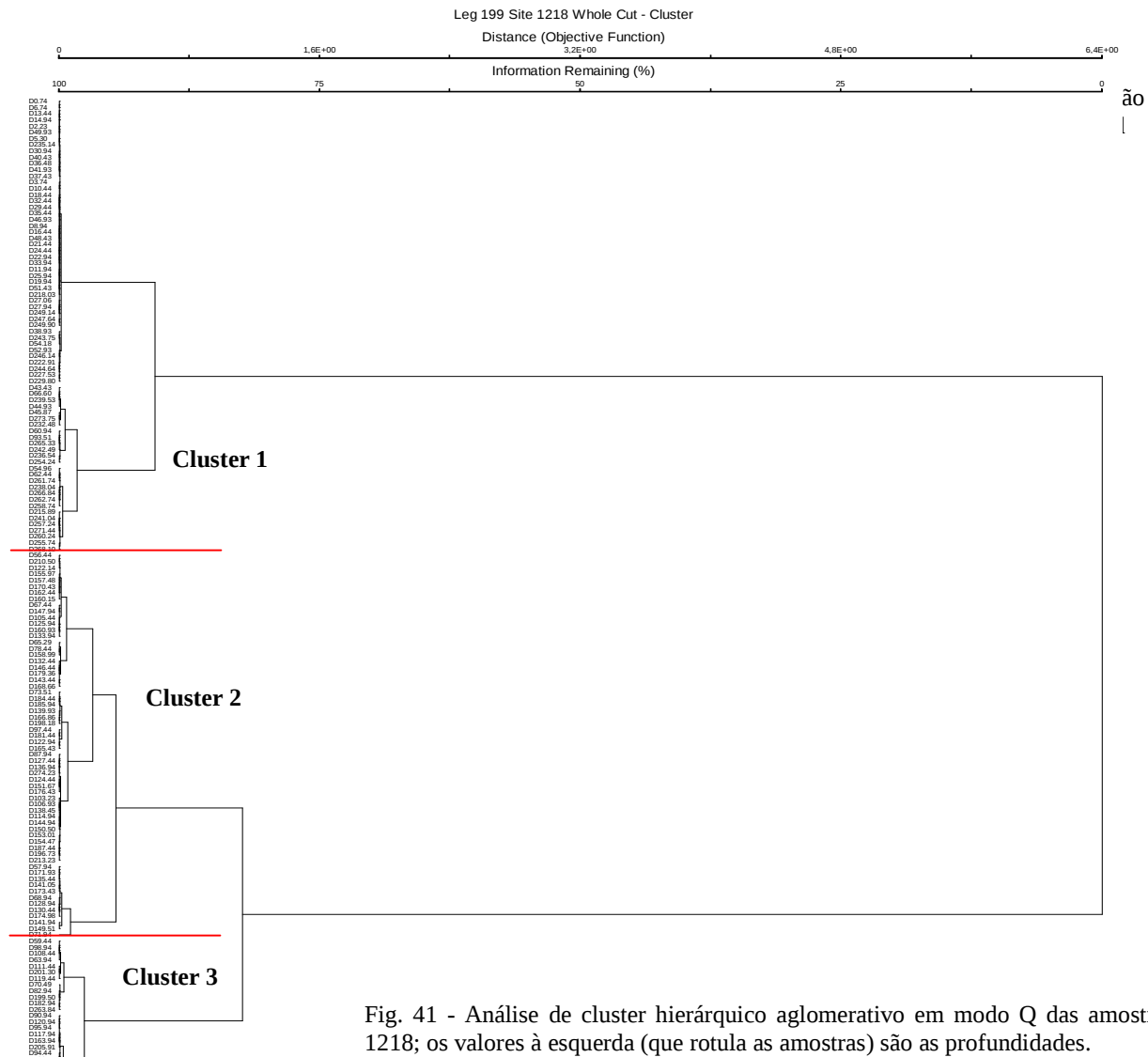
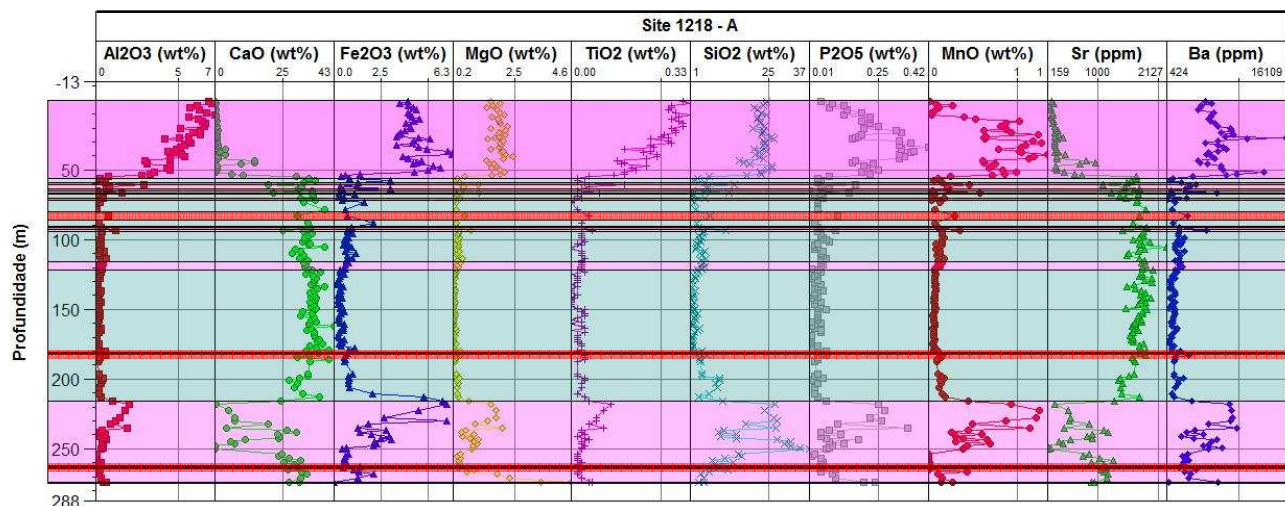


Fig. 40 - Perfil geoquímico da variação dos elementos químicos ao longo de todo testemunho recuperado na Leg 199 Site 1218.





QuímioEstrat by K2 Sistemas

Fig. 42 - Resultado da análise de cluster hierárquico aglomerativo apresentado como divisão quimioestratigráfica com três clusters sendo o cluster 1 rosa, cluster 2 azul e cluster 3 vermelho (Leg 199 site 1218).

5.4.1 Análise de Componentes Principais – Site 1218

O resultado da análise de componentes principais (Fig. 43) mostrou-se bastante diferente dos resultados dos sites anteriores, pois a divisão em quimiounidades não foi tão óbvia. É perceptível, por exemplo, uma tendência de concentração das amostras carbonáticas ao longo do eixo 1 no primeiro e no quarto quadrante, porém há uma série de amostras, litologicamente descritas como radiolarito e vasa de nanofósseis difíceis de serem integradas em uma quimiounidade. No caso das argilas do topo do perfil há poucas amostras que se apresentem relativamente distantes do conjunto principal. No caso deste site, a análise do gráfico 3D foi essencial para a divisão em quimiounidades, uma vez que possibilita a visualização do posicionamento espacial da amostra (Fig. 44). A quimiounidade 1 é composta somente por amostras de argila, sendo que 5 amostras descritas como argilas não compõem esta quimiounidade (43m, 44m, 45m, 52m, 54m) pois na figura 43 estas se apresentam mais próximas do grupo de composição carbonática. É possível que na análise da figura 40, principalmente se levarmos em conta o perfil de CaO, se suspeitasse deste conjunto de amostras que, embora descritas como argila, apresentam teor significativo de cálcio. A análise estatística, neste caso, confirma que de fato este grupo tem maior afinidade com o carbonato, em relação à argila. A quimiounidade 2 e a quimiounidade 3 apresentam características muito interessantes; embora estas quimiounidades sejam compostas majoritariamente por amostras de natureza carbonática

(vasa de nanofósseis e *chalk*) e por amostras silicosas (radiolarito), há duas populações de *chalk* com composições químicas diferentes e algumas amostras de *chalk* muito próximas ao radiolarito. Isso significa que a análise quimioestratigráfica transcende, e é este o seu objetivo, a análise litológica. As quimiounidades 3 e 4 também mostram isto, uma diferença composicional dentro do radiolarito, o que de fato pode-se aventar observando a figura 40, bem ressaltado na sílica e no carbonato. Neste *site* percebemos o valor da análise estatística, uma vez que analisando apenas os perfis geoquímicos, poderíamos ficar na dúvida sobre a possível existência de algumas quimiounidades. Finalmente, há amostras que ficaram fora das quimiounidades aqui propostas, e pelo fato de não terem clara associação com os grupos definidos, estas são computadas como erros no momento da quantificação do grau de acerto do método.

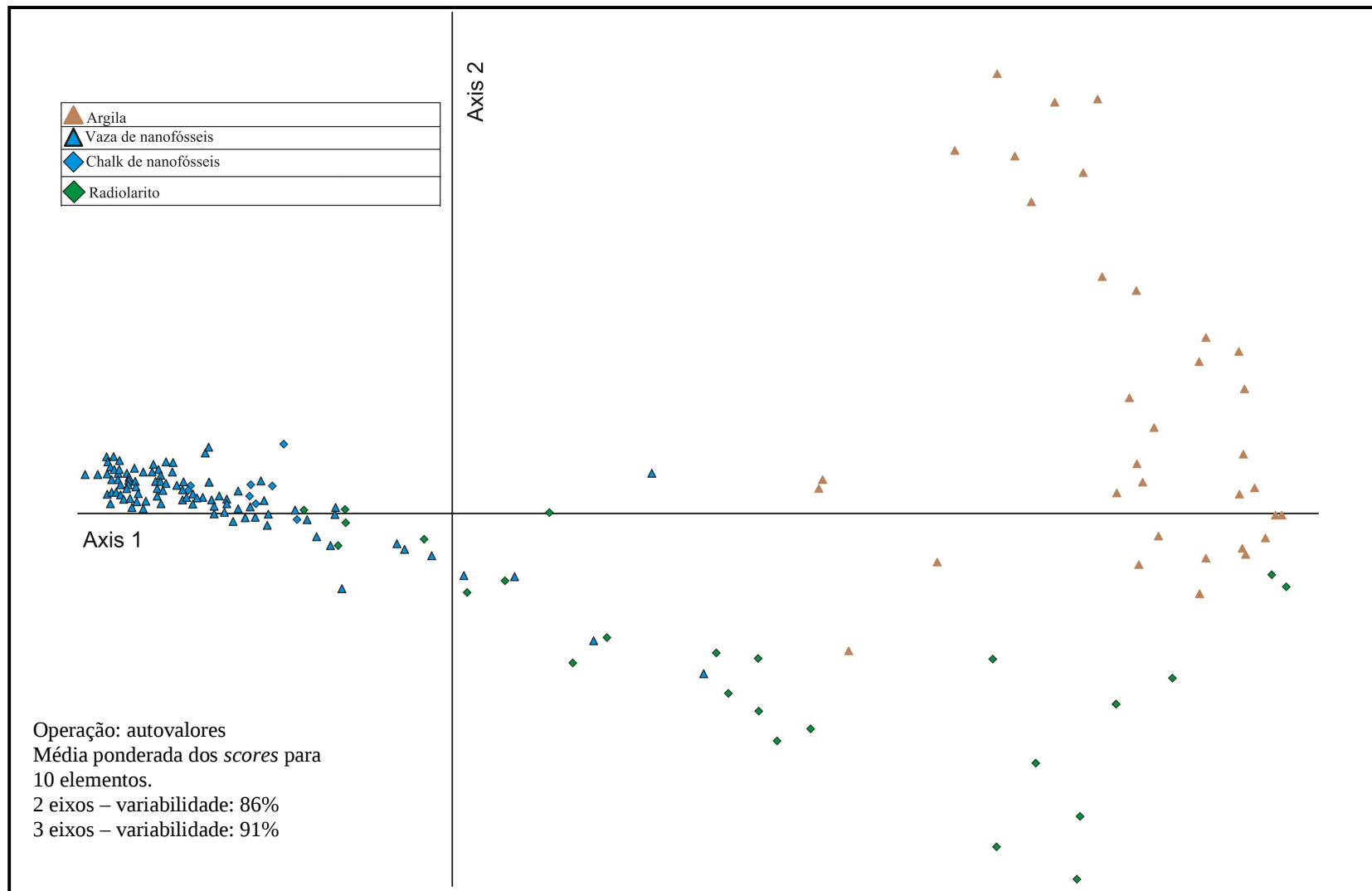


Fig. 43 – **Site 1218**: componentes principais (PC1x PC2) com amostras plotadas identificadas de acordo com a litologia descrita.

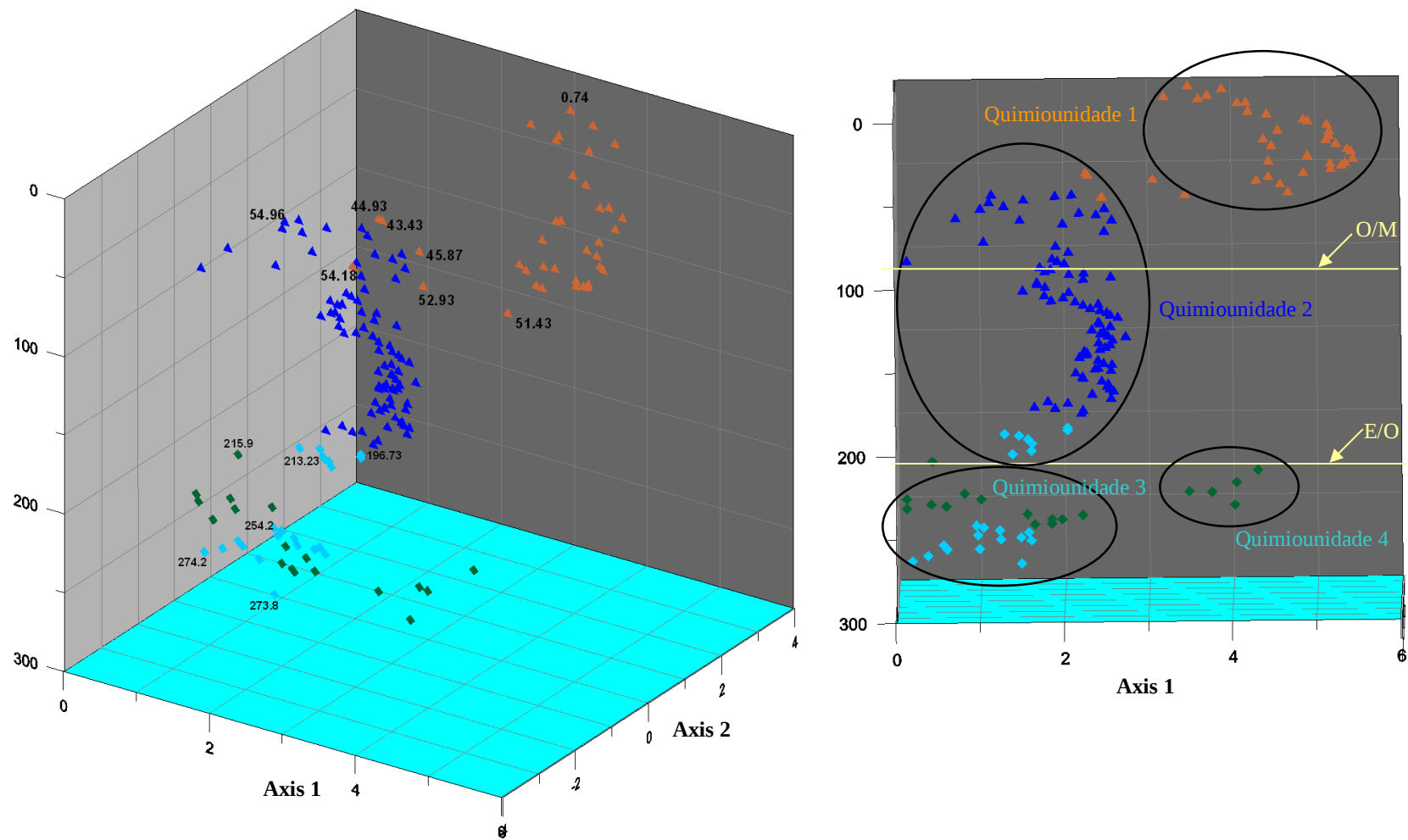


Fig 44 - Projeção em 3D das amostras do Site 1218 sendo o eixo y profundidade, eixo x axis 1 (ou PC1), e eixo z axis 2 (ou PC2).

Devido à distribuição das amostras no gráfico da figura 43, a visualização dos controles sobre a distribuição das amostras em relação aos dois eixos em termos de grupos de elementos químicos não é direta, tal como foi visto nos *sites* 1215 e 1217. Existe uma tendência das amostras carbonáticas estarem dispostas em torno do eixo x (axis 1), o que é confirmado pela tabela 14, onde o eixo 1 tem alta correlação (negativa) com o CaO e Sr, elementos inequivocamente associados à fase carbonato. As amostras de argila têm tendência à disposição ao longo do eixo y (axis 2), o que também é corroborado pela tabela 14, onde os dois principais elementos, TiO₂ e Al₂O₃, se associam à fase argila. O eixo 3, que não está representado graficamente, seria o principal controlador das amostras de radiolarito, onde os dois principais elementos são o SiO₂ e P₂O₅.

Tabela 14 – Valores dos autovetores (Leg 199, *site* 1218).

Elementos	Axis 1	Axis 2	Axis 3
SiO ₂	0.3207	-0.1652	-0.5261
TiO ₂	0.3123	0.5441	0.1344
Al ₂ O ₃	0.3145	0.5250	0.1555
Fe ₂ O ₃	0.3019	0.1352	0.0883
MnO	0.3002	-0.4829	0.3309
MgO	0.3057	-0.0575	0.2866
CaO	-0.3418	-0.0258	0.2893
P ₂ O ₅	0.3147	-0.2657	0.4732
Sr	-0.3309	-0.0038	0.3609
Ba	0.3172	-0.2737	-0.2091

Através da figura 45, podemos avaliar de maneira visual a relação entre os eixos da PCA e um elemento específico para cada eixo, conferindo embasamento à interpretação acima.

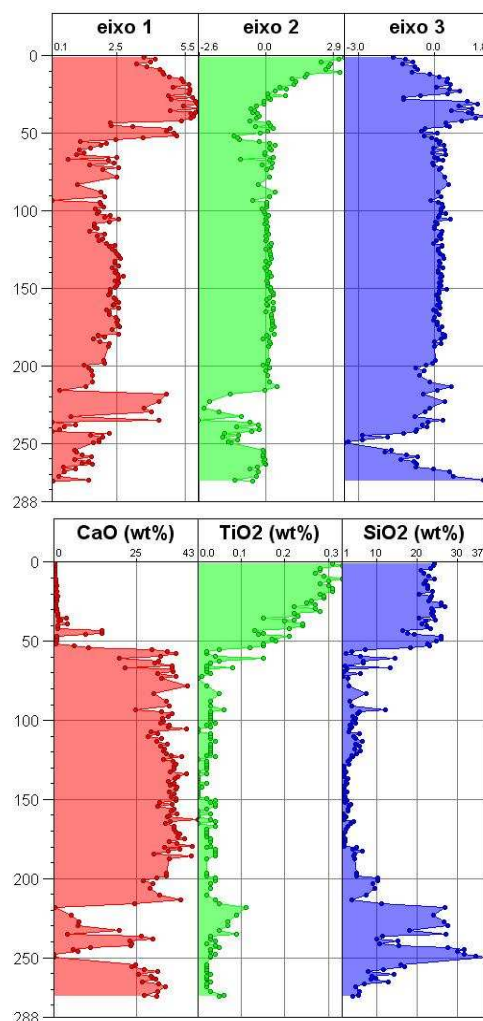


Fig. 45 – Comparação entre a assinatura geoquímica dos elementos e os eixos da análise de componentes principais (Site 1218).

5.4.2 Passagem Eoceno / Oligoceno no *site* 1218

Esta passagem é registrada pela mudança da biozona RP19 para a biozona RP20 de radiolários; as biozonas de foraminíferos e nanofósseis não definem a passagem (Fig. 46). No perfil geoquímico, a exemplo do que foi analisado no *site* 1217, percebe-se que a deposição do carbonato mais uma vez confirma a existência de um evento, originado pela queda do nível do mar e da CCD, o que permitiu a deposição do carbonato, neste caso do *chalk*. Por ter sido registrada também por uma mudança litológica, a passagem E/O está representada na figura 44 na base da quimiounidade 2.

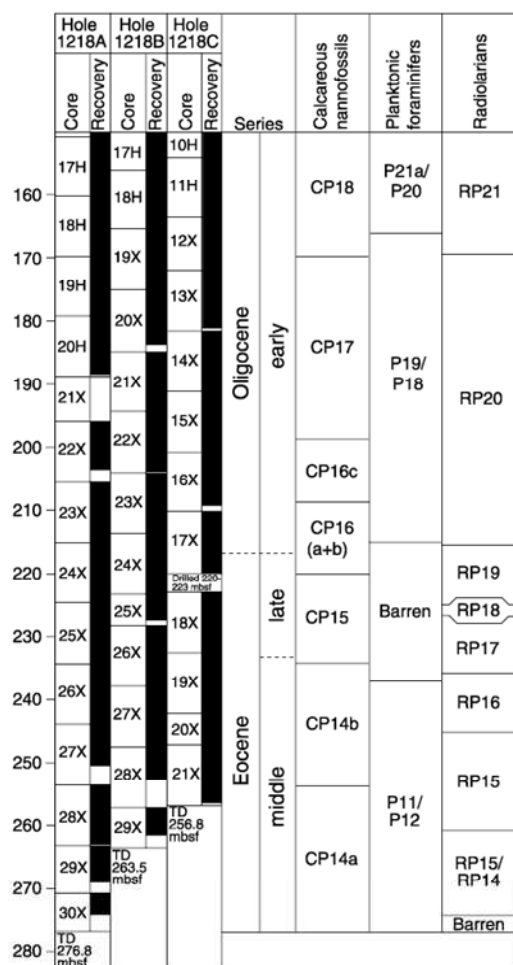


Fig. 46 – Detalhamento bioestratigráfico da passagem E/O do site 1218 com base em nanofósseis, foraminíferos planctônicos e radiolários (Lyle *et al.*, 2002).

5.4.3 Passagem Oligoceno / Mioceno no site 1218

Esta passagem é registrada pela mudança da biozona P22 para M1a de foraminíferos planctônicos (Fig. 47). Em termos paleoceanográficos, a passagem Oligoceno / Mioceno registra o final da tendência de aquecimento ocorrida no final do Oligoceno (que teria durado entre 1,5 a 2 Ma) e o retorno à tendência de resfriamento (início do Mioceno). Não há dados de isótopos de $\delta^{18}\text{O}$ neste site, onde esperaríamos ver aumento dos valores de $\delta^{18}\text{O}$ revelando o resfriamento (ver Fig. 11). Observando o perfil da figura 40 seria difícil dividir a seção carbonática em quimiounidades, pois as variações dentro desta litologia são muito pequenas. Por outro lado, no resultado da PCA (Fig. 44) percebemos claramente excursões da curva, embora as mudanças de tendências não coincidam com a passagem O/M. Para avaliar possíveis relações entre o registro

da passagem O/M na bioestratigrafia e nos perfis geoquímicos, foi feita uma análise somente para o intervalo composto por carbonato entre 53m e 188m.

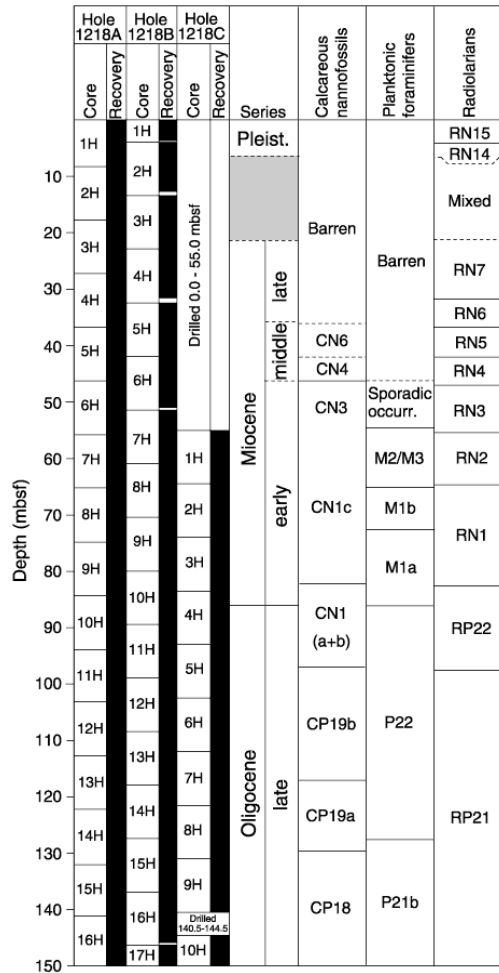


Fig. 47 – Detalhamento bioestratigráfico da passagem O/M do site 1218 com base em nanofósseis, foraminíferos planctônicos e radiolários (Lyle *et al.*, 2002).

Com base nas curvas plotadas exclusivamente para os carbonatos (Fig. 48) já é perceptível a existência de heterogeneidades, principalmente em torno de 94m. O gráfico resultante da PCA (Fig. 49) demonstra um resultado interessante e exige uma interpretação diferente daquela que vinha sendo adotada até aqui. Neste caso percebemos que há um grupo de amostras com grande afinidade entre si e que poderia ser considerado uma quimiounidade. Entretanto, a análise das amostras que estão afastadas deste grupo é que traz detalhes imprescindíveis para a interpretação quimiioestratigráfica. O primeiro ponto é o fato de todas as amostras que estão fora do grupo principal (elipse na figura 49) estarem acima de 93.51m, porém nem todas as amostras acima desta profundidade estão fora do grupo principal. Há uma tendência a interpretarmos as amostras acima de 93.51 como sendo uma quimiounidade, pois há uma

diferença no padrão de amostragem deste intervalo; uma contribuição da análise estatística, neste caso, é não levar em conta a diferença de intervalos das amostras. Observando as amostras que estão fora da elipse, aquelas que são controladas pelo eixo y (57.94m, 87.94m, 73.51m, 63.94m) coincidem com os picos no perfil de Fe_2O_3 (Fig. 48) e a tabela 15 mostra que o eixo 2 é de fato altamente influenciado pelo Fe_2O_3 . Analisando as demais amostras fora da elipse controladas pelo eixo x (54.96m, 60.94m, 62.44m, 66.6m, 82.94m, 93.51m) observamos que todas, com exceção das amostras 54.96 e 62.44, são os picos de Al_2O_3 , MnO , MgO , SiO_2 , TiO_2 , P_2O_5 , Ba (Fig. 48) e a tabela 15 corrobora que o eixo 1 é influenciado por estes elementos. A presença do CaO no eixo 1, embora com correlação negativa, não representa as tendências nas curvas da Fig. 46 e a presença do CaO neste eixo mostra que este elemento não tem tendências tão discrepantes como vínhamos observando nos *sites* anteriores, o que é previsível já que toda a seção é constituída por carbonato. Assim, podemos concluir que não houve uma mudança brusca, do ponto de vista geoquímico, na passagem O/M, porém houve uma mudança de composição ocorrida de maneira lenta registrada no perfil geoquímico que começou na profundidade de 93.51m (limite entre a quimiounidade 1 e a quimiounidade 2) e que pode ter relação com a passagem O/M marcada pela bioestratigrafia aproximadamente em 87m.

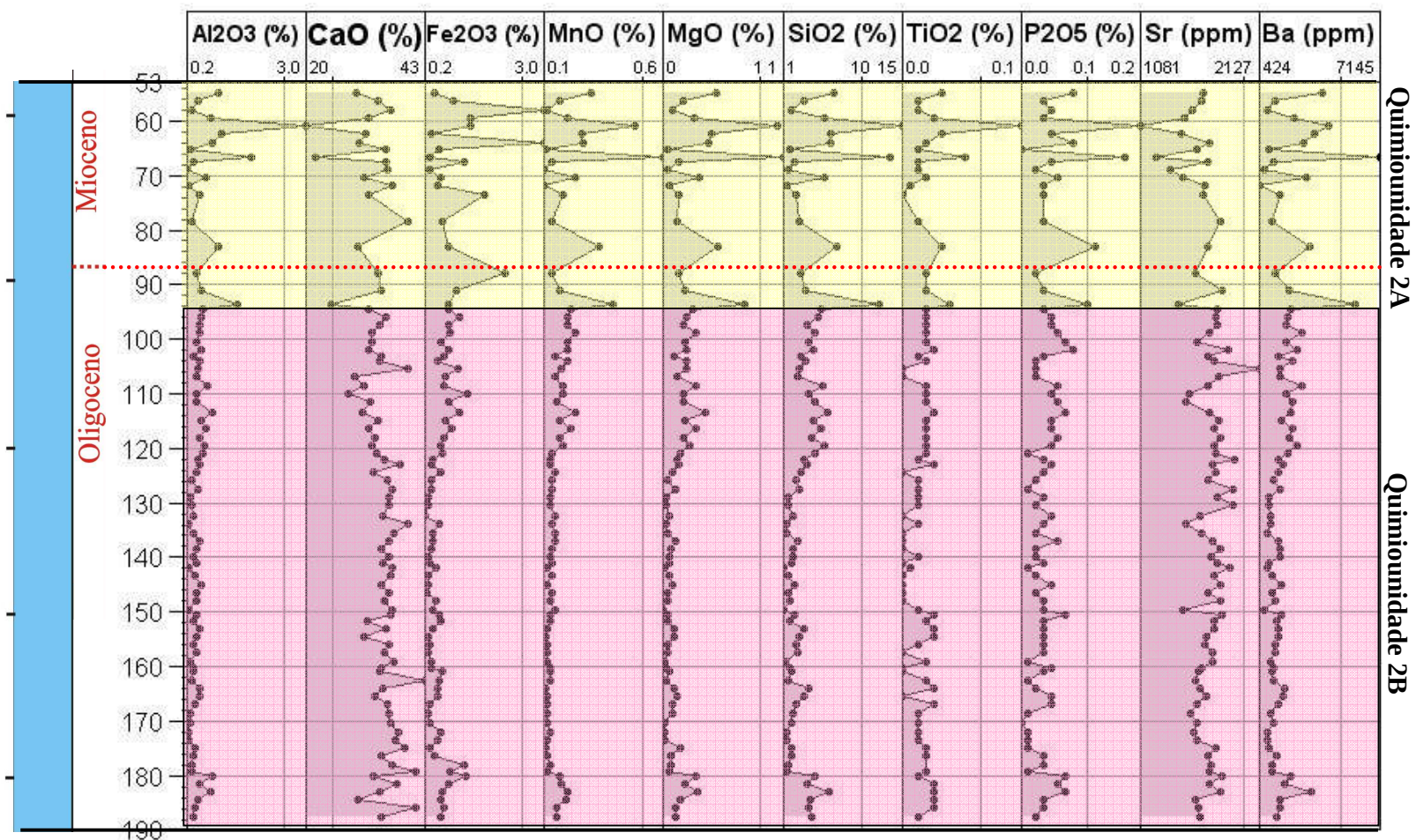


Fig. 48 - Perfil geoquímico da variação dos elementos químicos da seção carbonática entre 53m e 188m recuperado na Leg 199 Site 1218 com divisão em quimiounidades.

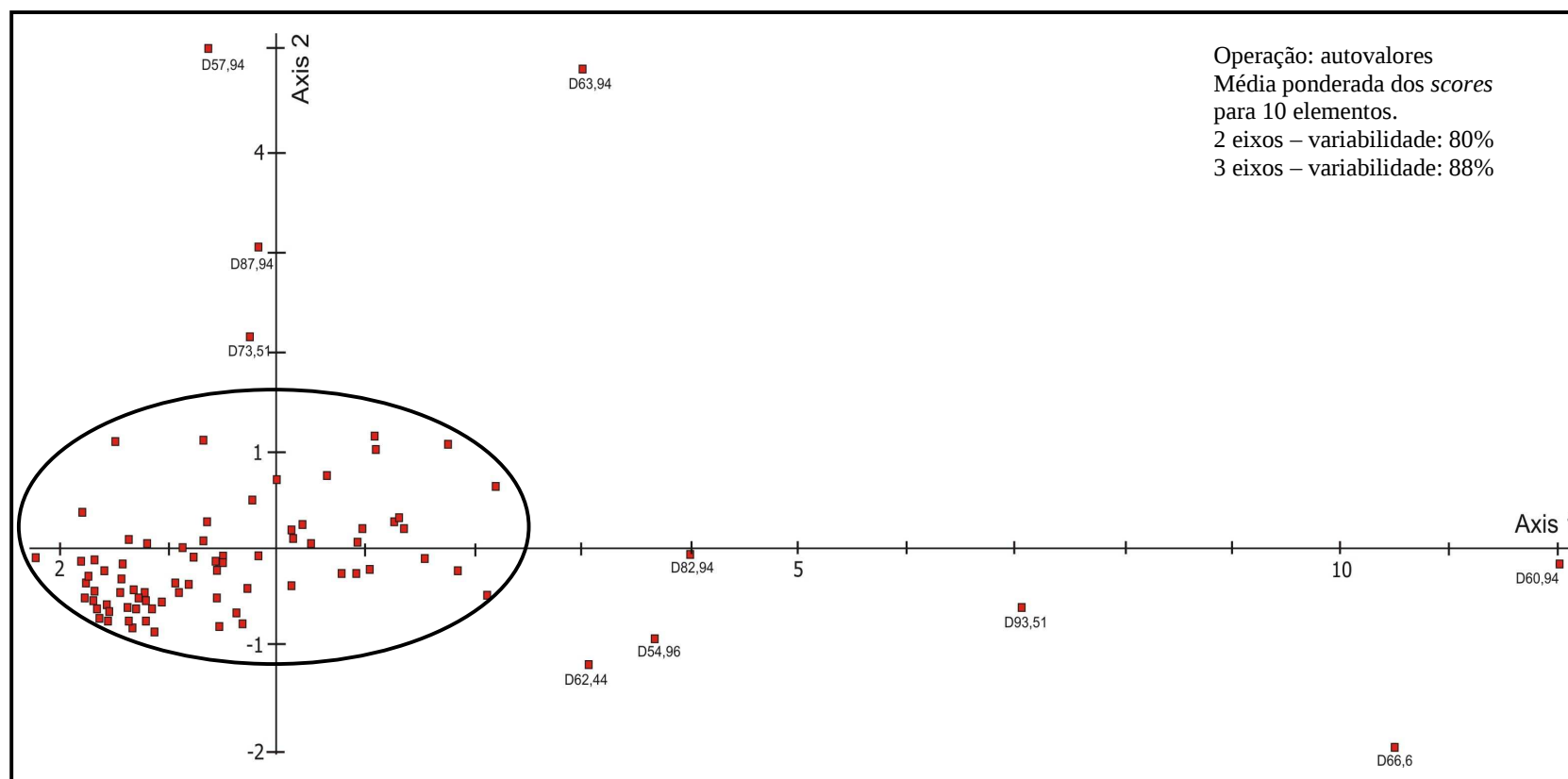


Fig. 49 – **Site 1218**: componentes principais (PC1x PC2) somente com amostras de carbonatos (53m a 188m).

Tabela 15 – Valores dos autovetores para a seção carbonática (Leg 199, *site* 1218).

Elemento	Axis 1	Axis 2	Axis 3
SiO	0.3649	-0.0102	-0.1155
TiO	0.3067	-0.0726	0.2444
Al ₂ O ₃	0.3531	-0.0412	-0.0184
Fe ₂ O	0.0957	0.9850	0.0872
Mn	0.3587	-0.0383	-0.1025
MG	0.3678	0.0019	-0.1188
Ca	-0.3170	-0.0180	0.0612
P ₂ O	0.3384	0.0245	-0.1084
Sr	-0.2032	0.1031	-0.9065
BA	0.3445	-0.0982	-0.2388

5.5 Análise do Site 1219

O *site* 1219 encontra-se no mesmo contexto sedimentar do *site* 1218, não havendo zona de fratura entre estes *sites* (ver mapa da Fig. 6B). Com cota batimétrica de -5063m e espessura de sedimentos em torno de 250m, este *site* registra as duas principais passagens Eoceno / Oligoceno e Oligoceno / Mioceno (Fig. 50) cenozóicas. A passagem E/O é caracterizada por uma mudança litológica (vasa silicosa passando a vasa carbonática) enquanto a passagem O/M ocorre internamente à seção carbonática (entre 30m e 150m) e a exemplo da análise aplicada no *site* 1218, esta passagem será detalhada levando em conta exclusivamente o carbonato.

Observando o perfil geoquímico (Fig. 50) percebe-se a existência de três quimiounidades que claramente são controladas pelo tipo litológico. A assinatura do carbonato demonstra certo grau de heterogeneidade enquanto a vasa silicosa (radiolários) demonstra, tanto no topo quanto na base (entre 0m – 30m e 150m – 245m, respectivamente), tendências similares seja de gradativo aumento do teor de Al_2O_3 para o topo ou valores constantemente altos ou baixos (SiO_2 e P_2O_5 , respectivamente).

O resultado da análise de cluster (Fig. 51 e 52) mostra-se coerente com esta primeira análise dos perfis geoquímicos, porém nota-se maior alternância de quimiounidades (conferindo um aspecto de ruído) em relação aos resultados dos *sites* anteriores. Esta alternância de quimiounidades ocorre dentro do carbonato, quando se esperaria, do ponto de vista do ambiente deposicional, encontrar maior homogeneidade. Interpretando somente o resultado da análise de cluster, percebem-se dois padrões geoquímicos bem definidos: um padrão entre 0m e 30m, que se repete entre 150m e 245m, e um padrão de alternâncias entre 30m e 150m. Existe, obviamente, a possibilidade de detalhar o carbonato o que conduzirá ao aumento de quimiounidades. Esta abordagem será dada na análise de componentes principais.

SITE 1219

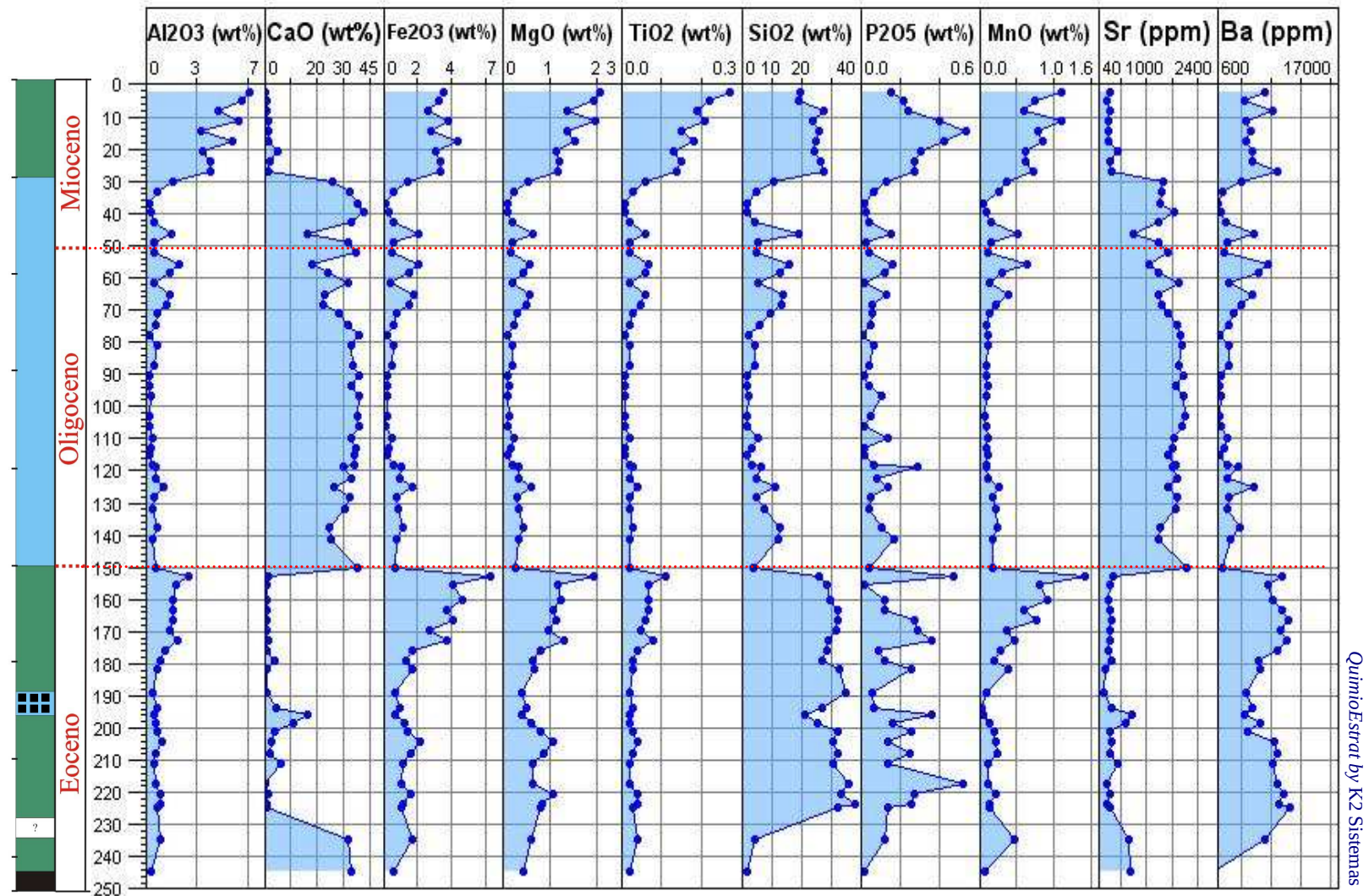


Fig. 50 - Perfil geoquímico da variação dos elementos químicos ao longo de todo testemunho recuperado na Leg 199 Site 1219.

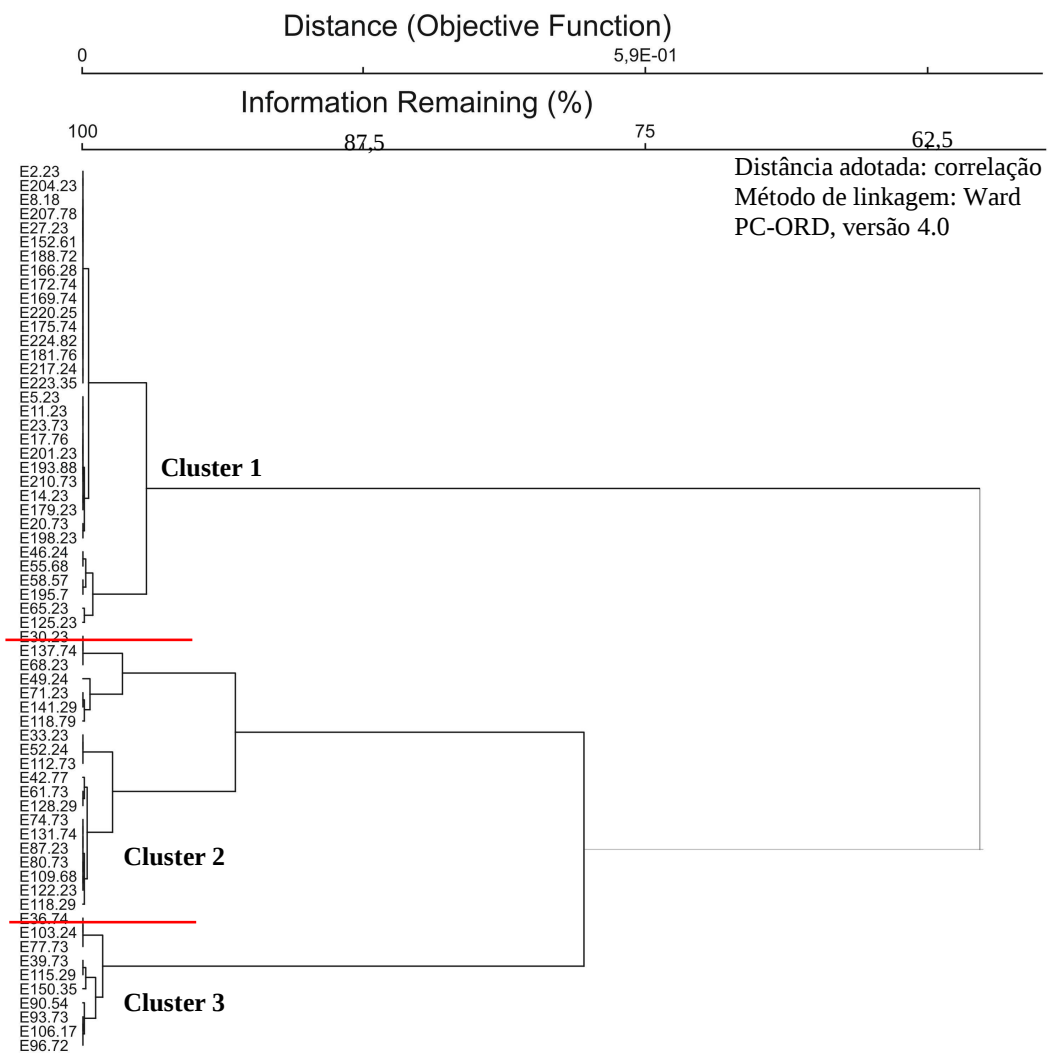


Fig. 51 - Análise de cluster hierárquico aglomerativo em modo Q das amostras do Site 1219; os valores à esquerda (que rotula as amostras) são as profundidades.

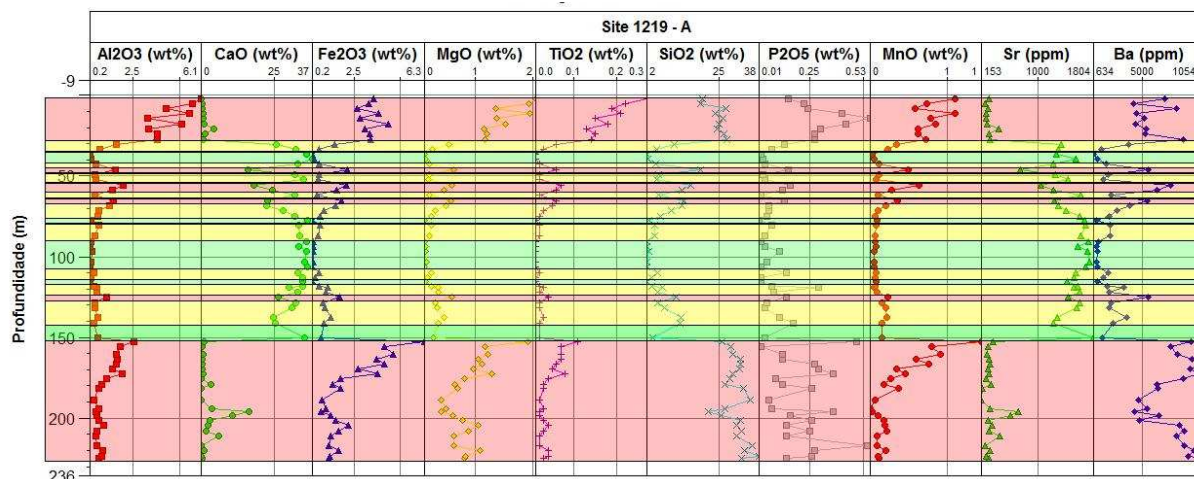


Fig. 52 - Resultado da análise de cluster hierárquico aglomerativo apresentado como divisão quimioestratigráfica, três clusters (Leg 199 site 1219).

5.5.1 Análise de Componentes Principais – Site 1219

O resultado da análise de componentes principais (Fig. 53 e Fig. 54) demonstra grupos bem definidos e a divisão quimioestratigráfica tem perfeita correlação com os dois grandes grupos de composição silicosa e carbonática. Entretanto, há diversas especificidades principalmente quando observamos que nem todas as amostras de composição silicosa estão juntas; as amostras de radiolário com argila separam-se em dois grupos distintos. A amostra 152.61, descrita como vasa de radiolário com baixo teor de argila, é a única que mostra maior afinidade com a quimiounidade 1, onde domina a vasa de radiolários (Fig. 53). Esta amostra está muito mais próxima (em termos de localização em profundidade) da quimiounidade 3 (Fig. 54). Este caso mostra, mais uma vez, que a abordagem da quimioestratigrafia transcende a litologia levando a um bom detalhamento estratigráfico. As duas amostras descritas como nanofósseis, radiolários e diatomáceas (estratificados), do ponto de vista geoquímico, têm composições muito mais próximas à composição dos radiolários (sílica) do que composição carbonática (nanofósseis).

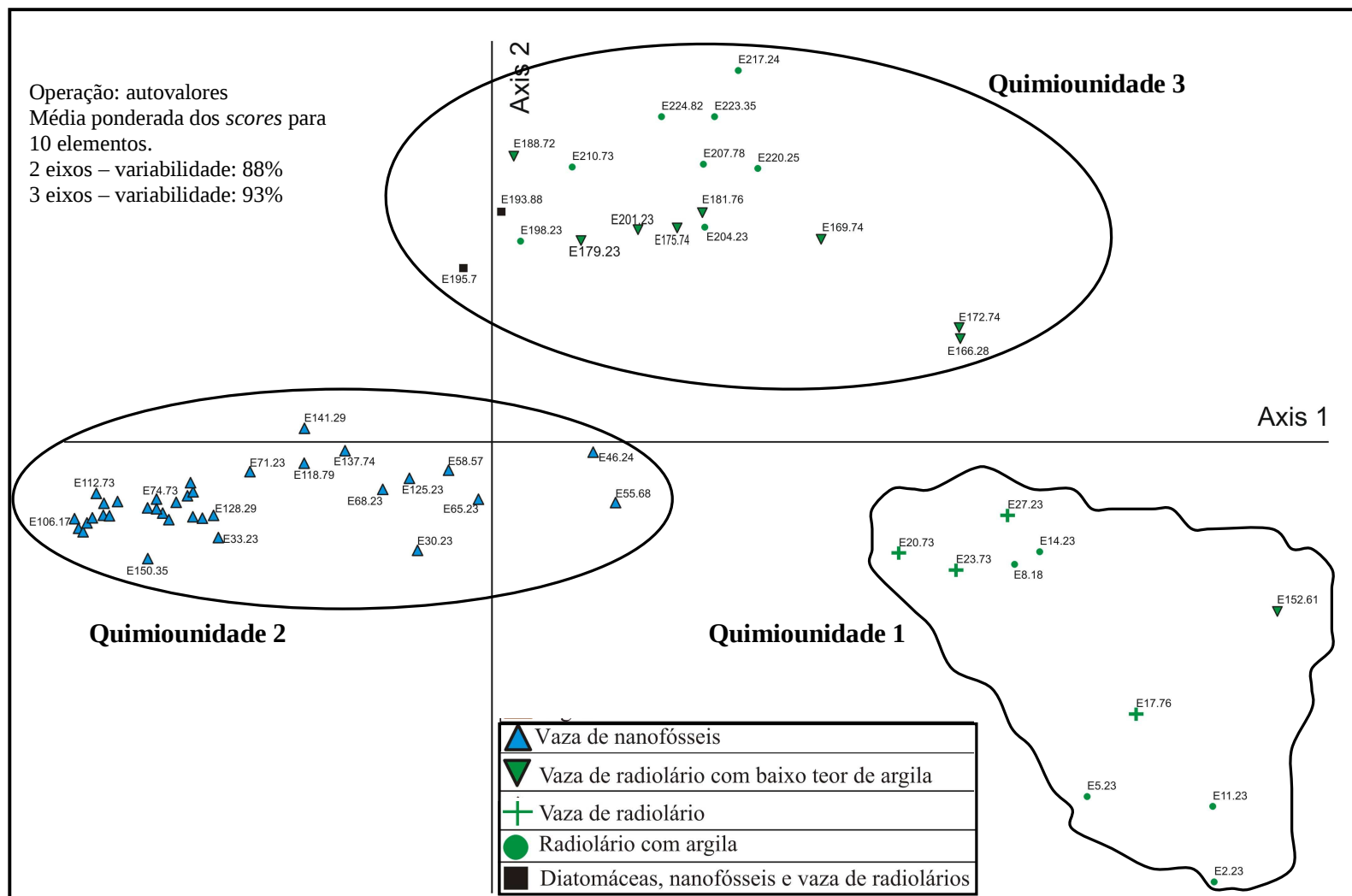


Fig. 53 - **Site 1219**: componentes principais (PC1x PC2) com amostras plotadas identificadas de acordo com a litologia descrita.

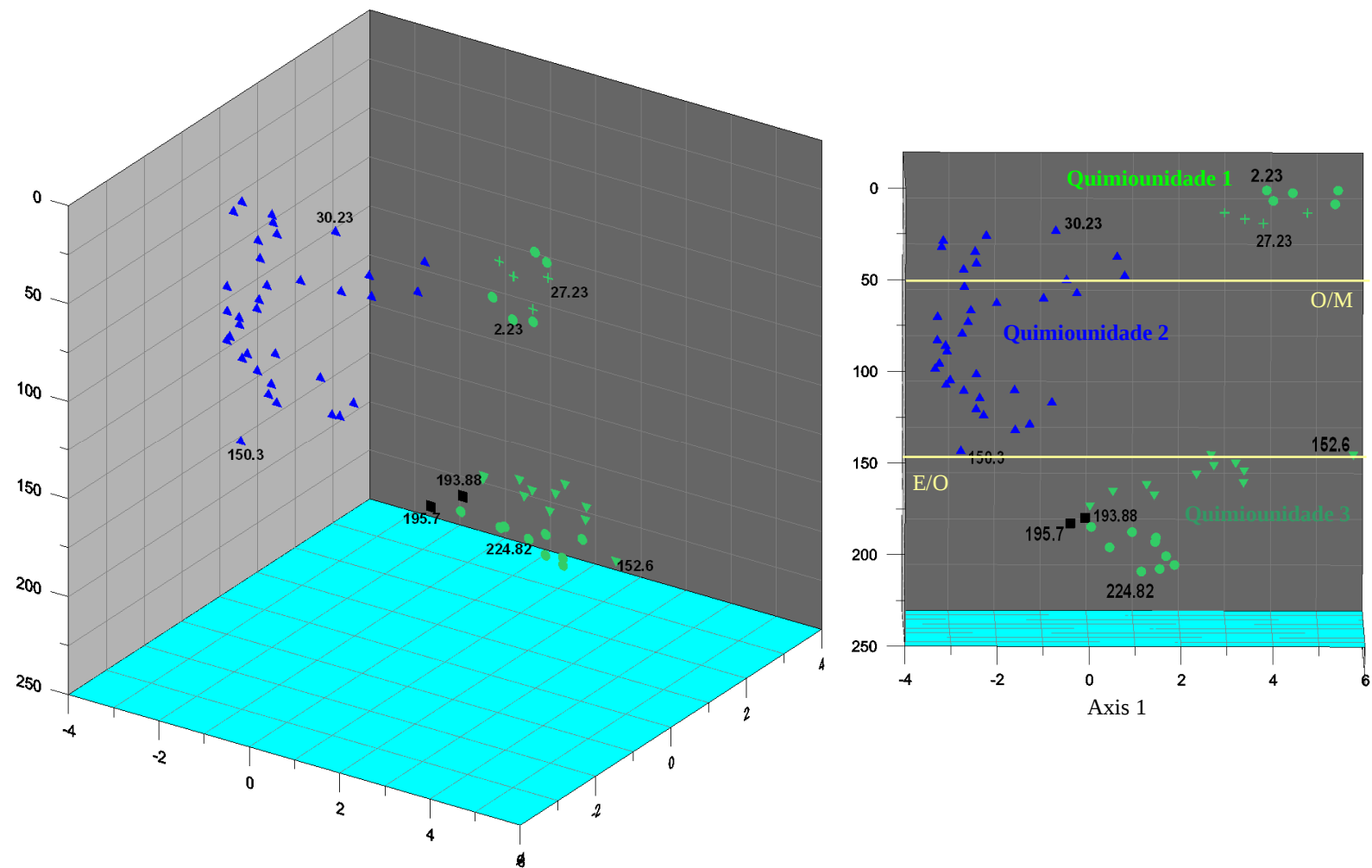


Fig. 54 - Projeção em 3D das amostras do Site 1219, sendo o eixo y profundidade, eixo x *axis 1* (ou PC1), e eixo z *axis 2* (ou PC2).

O eixo 1 da análise de componentes principais tem alta correlação com os dois principais elementos da fase carbonática (CaO e Sr), enquanto o eixo 2 neste *site* não apresenta uma influência tão representativa como ocorreu nos *sites* anteriores, porém tende a controlar as amostras da quimiounidade 1, composta por amostras de vasa de radiolário e radiolário com argila, cujo elemento mais representativo é a SiO₂ (Tab. 16).

Tabela 16 – Valores dos autovetores (Leg 199, *site* 1219).

Elementos	Axis 1	Axis 2	Axis 3
SiO ₂	0.3049	0.4294	0.0418
TiO ₂	0.2976	-0.4199	-0.0298
Al ₂ O ₃	0.2964	-0.4254	-0.0352
Fe ₂ O ₃	0.3361	-0.1432	0.2202
MnO	0.3112	-0.3310	0.1841
MgO	0.3588	-0.1437	0.0476
CaO	-0.3422	-0.2734	-0.0798
P ₂ O ₅	0.2779	0.0771	-0.9227
Sr	-0.3321	-0.2872	-0.0641
Ba	0.2959	0.3800	0.2230

A Fig. 55 corrobora a correlação entre os três primeiros eixos da PCA e as variáveis mais representativas. No caso do eixo 1, a variável mais representativa é o MgO ligado à fase carbonática e que apresenta assinatura de fato bastante similar àquela do eixo 1. Por outro lado, as tendências do eixo 2 e do SiO₂ não são muito próximas, o que pode ser explicado pelo fato de muitas outras variáveis terem influências numericamente similares ao SiO₂ como o TiO₂, Al₂O₃, MnO e Ba. O eixo 3 apresenta altíssima correlação negativa com o P₂O₅ que é o elemento mais representativo deste eixo.

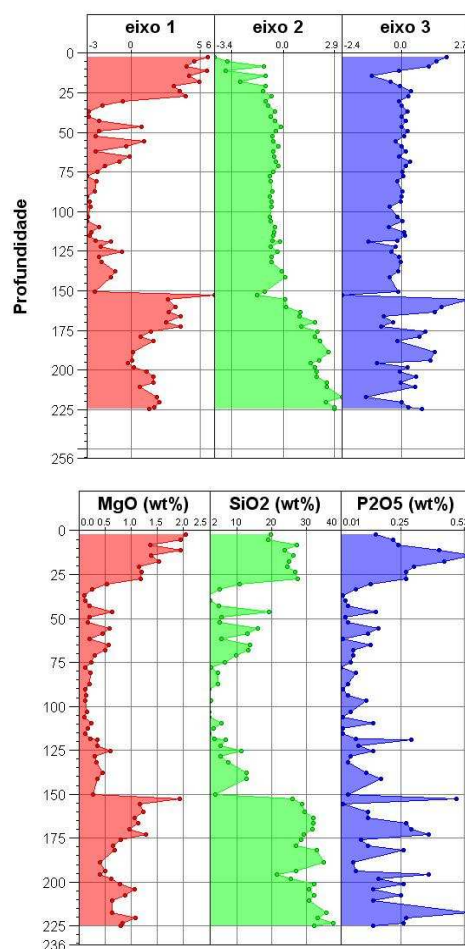


Fig. 55 - Comparação entre a assinatura geoquímica dos elementos e os eixos da análise de componentes principais (*Site 1219*).

5.5.2 Passagem Eoceno / Oligoceno no *site 1219*

A passagem E/O é caracterizada pela mudança da biozona RP19 para RP20, as demais biozonas de nanofósseis calcários e foraminíferos planctônicos não são definidoras da passagem (Fig. 56). O evento Oi-1 (Fig. 11) registra o resfriamento e conseqüente queda do nível do mar levando à deposição de carbonatos de mar profundo sobre a vasa de radiolários. Devido à mudança litológica que marca esta transição, a identificação nos perfis geoquímicos é direta, marcada entre a quimiounidade 2 e a quimiounidade 3.

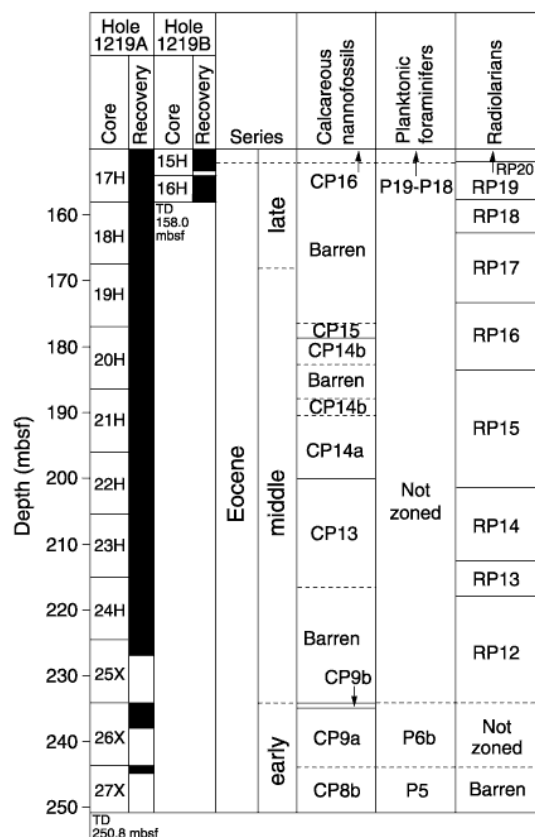


Fig. 56 - Detalhamento bioestratigráfico da passagem E/O do *site* 1219 com base em nanofósseis, foraminíferos planctônicos e radiolários (Lyle *et al.*, 2002).

5.5.3 Passagem Oligoceno / Mioceno no *site* 1219

A passagem O/M é definida pela mudança da biozona P22 para a biozona M1 baseada em foraminíferos planctônicos (Fig. 57); as biozonas de radiolário e nanofósseis calcários não definem a passagem. A seção carbonática deste *site* que se estende entre 30m e 150m apresenta significativas variações no teor dos elementos químicos tal como já havia sendo observado na seção 5.4 e que está ressaltada na figura 58.

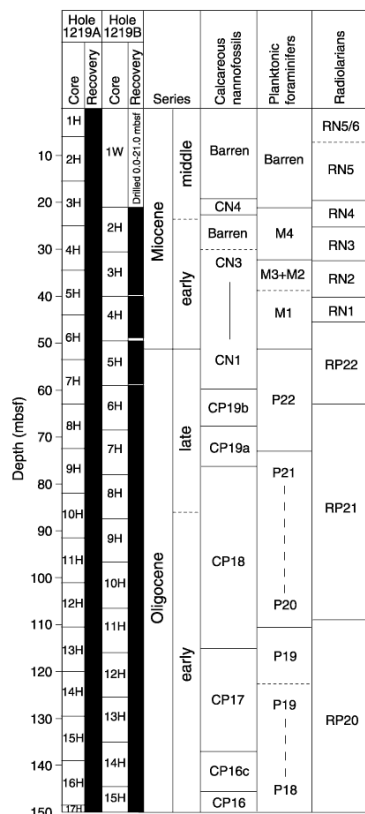
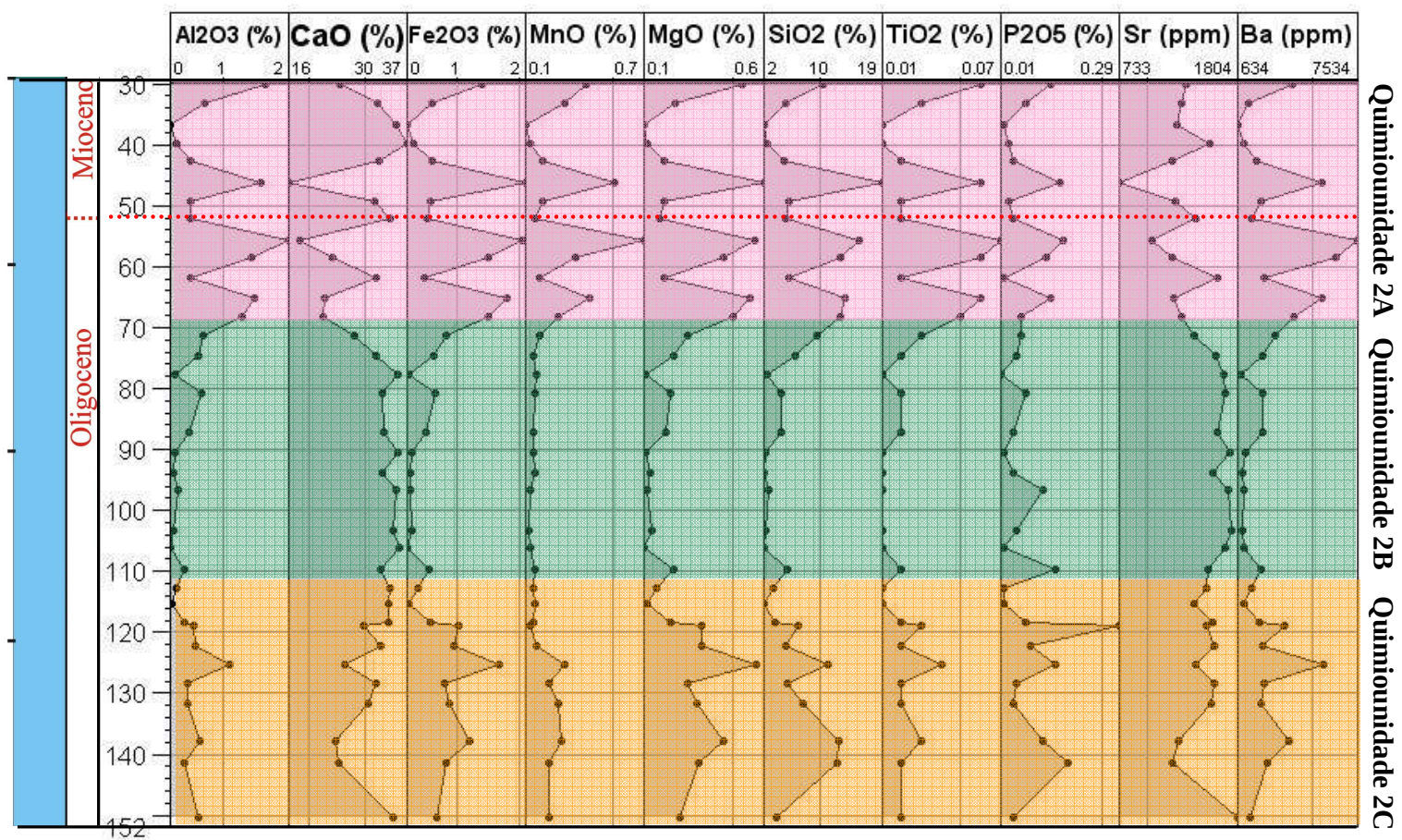


Fig. 57 - Detalhamento bioestratigráfico da passagem O/M do site 1219 com base em nanofósseis, foraminíferos planctônicos e radiolários (Lyle *et al.*, 2002).

De acordo com a PCA no detalhamento da seção carbonática (Fig. 58), as amostras que mais se afastam do grupo principal (elipse) são: 30.23, 46.24, 55.68, 58.57, 65.68, 118.79, 125.23, 141.29 (Fig. 59). Neste caso não há indicação, por parte da análise estatística, de uma assinatura que marque a passagem O/M coincidente com a definição bioestratigráfica. As amostras que apresentam teores anômalos (fora da elipse na Fig. 58) estão localizadas ao longo de todo perfil e não se concentram em profundidades adjacentes. A amostra 118.70, por exemplo, a mais distante de todas as outras amostras, está sendo claramente controlada pelo alto teor de P_2O_5 . Como existe algum pico significativo ao longo de todo o perfil para pelo menos um elemento, torna-se difícil definir algum intervalo cuja assinatura seja marcada por diversas amostras com altos teores dos elementos químicos sob estudo. Por outro lado, notamos que entre 70m e 110m (aproximadamente) não há nenhuma amostra fora da elipse, isto pode significar que este intervalo é mais homogêneo em relação aqueles da base e do topo (entre 0m - 70m e 110m - 150m) sugerindo que esta seria uma quimiounidade (2), conseqüentemente gerando uma quimiounidade para o topo (1) e outra para a base (3) (Fig. 58). A tabela 17 corrobora a tendência do resultado da PCA no qual o eixo 1 influencia consideravelmente a distribuição das amostras, uma vez que somente dois elementos se correlacionam melhor com outros os eixos 2 e 3 (P_2O_5 e Sr respectivamente).



QuímioEstrat by K2 Sistemas

Fig. 58 - Perfil geoquímico da variação dos elementos químicos da seção carbonática entre 30m e 150m recuperado na Leg 199, Site 1219.

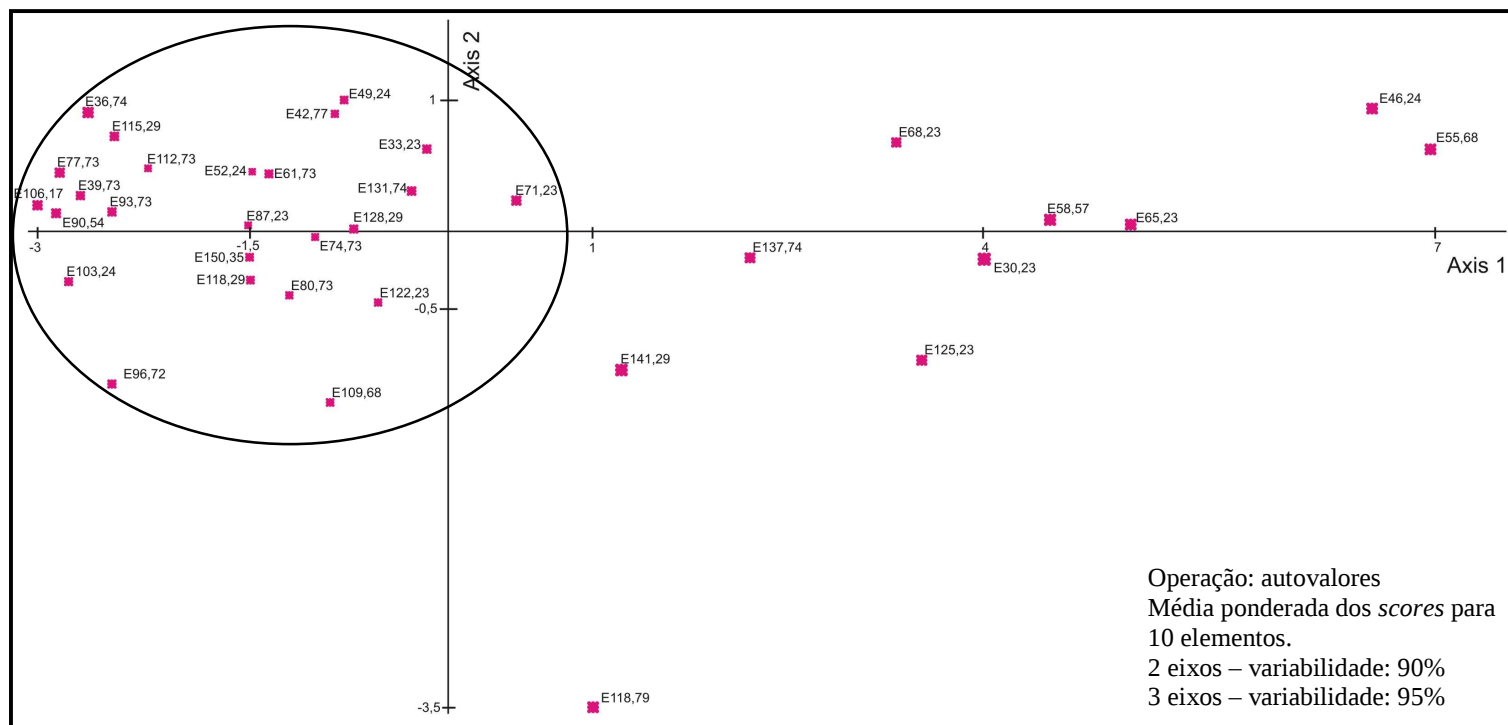


Fig. 59 – **Site 1219**: componentes principais (PC1x PC2) somente com amostras de carbonatos (30m a 150m).

Tabela 17 – Valores dos autovetores para a seção carbonática (Leg 199, *site* 1219).

Elemento	Axis 1	Axis 2	Axis 3
SiO	0.3327	0.0210	0.1592
TiO	0.3346	0.0648	-0.2115
Al ₂ O ₃	0.3280	0.1244	-0.3297
Fe ₂ O	0.3398	-0.0536	-0.1469
Mn	0.3156	0.2715	-0.1276
Mg	0.3326	-0.1250	-0.1538
Ca	-0.3361	-0.0513	-0.1652
P ₂ O	0.2259	-0.8534	0.3101
Sr	-0.2655	-0.3896	-0.7740
Ba	0.3310	-0.0702	-0.1928

5.6 Análise do Site 1220

O site 1220 encontra-se no mesmo contexto sedimentar dos sites 1219 e 1218 (ver mapa da figura 6B). Perfurado na cota batimétrica de -5218m, este site é um dos únicos (junto ao 1221) a amostrar geoquimicamente a passagem Paleoceno / Eoceno, além das passagens E/O e O/M que já vem sendo discutidas nas seções anteriores. A passagem P/E ocorre dentro de uma seção carbonática relativamente fina (10m de espessura aproximadamente) de forma que as variações significativas se concentram entre 198.9m e 199.8m. Dentro destes 90cm do testemunho foram coletadas 24 amostras para análise geoquímica, o que possibilitou a identificação da passagem P/E nos perfis de elementos químicos e também com base em isótopos de carbono e oxigênio. O limite E/O a exemplo dos sites anteriores, é marcada pela mudança litológica da vasa de radiolários para o carbonato (Fig. 60), devido a um rebaixamento do nível do mar. A passagem O/M ocorre dentro da seção silicosa (vasa de radiolários) mostrando uma sedimentação um pouco diferente dos sites anteriores onde a passagem ocorria dentro da seção carbonática. A amostragem, além de irregular, tem um *gap* de 9.5m entre as amostras 24.18 e 33.73 (Fig. 60) exatamente onde é necessária maior precisão para identificar excursões das curvas que poderiam caracterizar mudanças geoquímicas importantes no ambiente de sedimentação.

O resultado da análise de cluster (Fig. 61 e 62), onde foram utilizados quatro clusters, é coerente com as tendências gerais do perfil de elementos. O perfil A, que mostra toda a extensão do site, há uma clara mudança de cluster em 70m, exatamente onde está a passagem E/O. Poderíamos detalhar ainda mais a seção Oligo-miocênica, criando uma quimiounidade para a seção entre 0m e 40m e outra entre 40m e 70m. O perfil B (Fig. 62), que detalha a seção entre 198.8 e 199.9 que não aparece na escala do perfil A, também é coerente com as assinaturas geoquímicas, pois há dois padrões principais abaixo e acima da profundidade de 199.36, sugerindo a existência de no mínimo duas quimiounidades (Fig. 62).

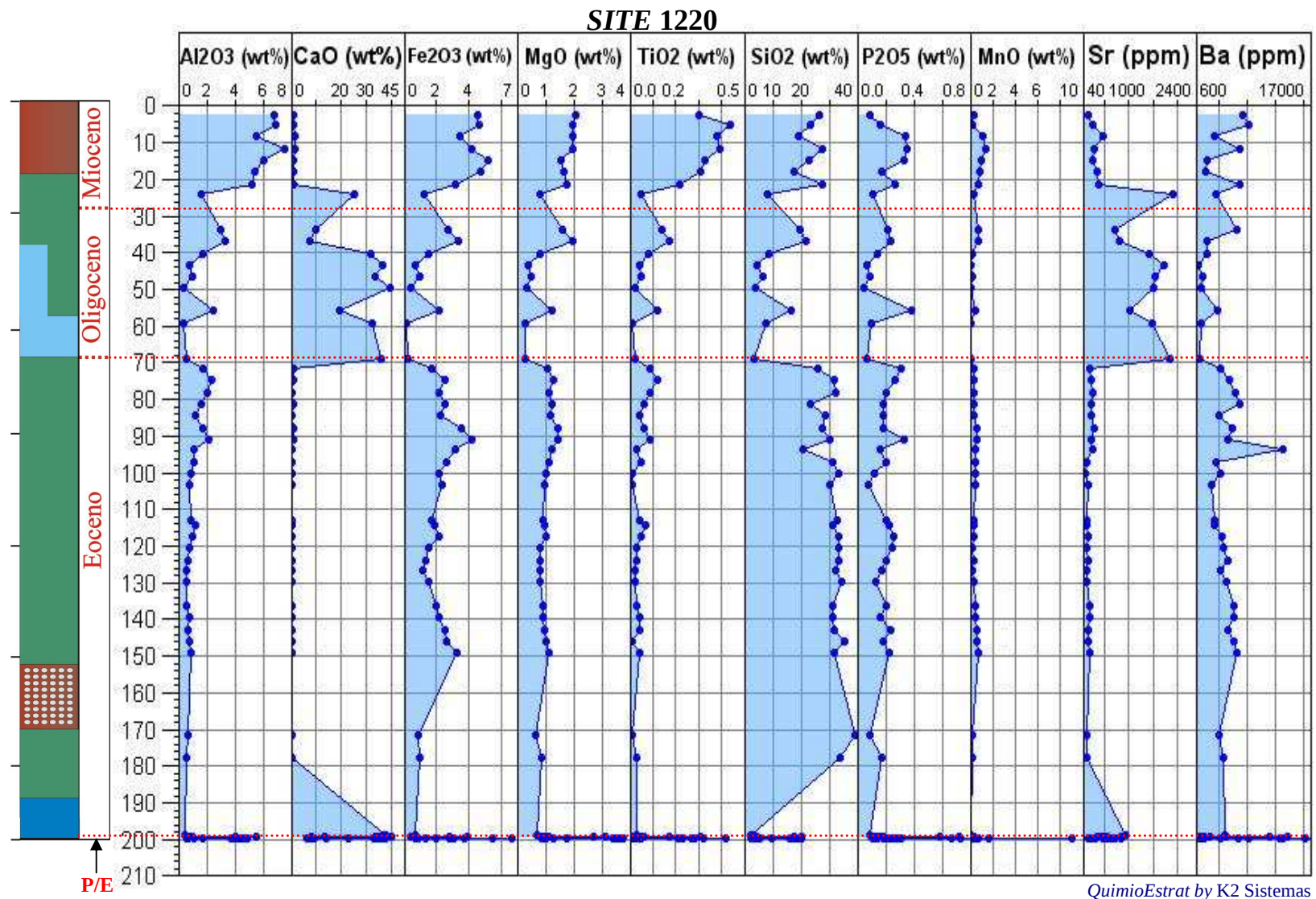


Fig. 60 - Perfil geoquímico da variação dos elementos químicos ao longo de todo testemunho recuperado na Leg 199 Site 1220.

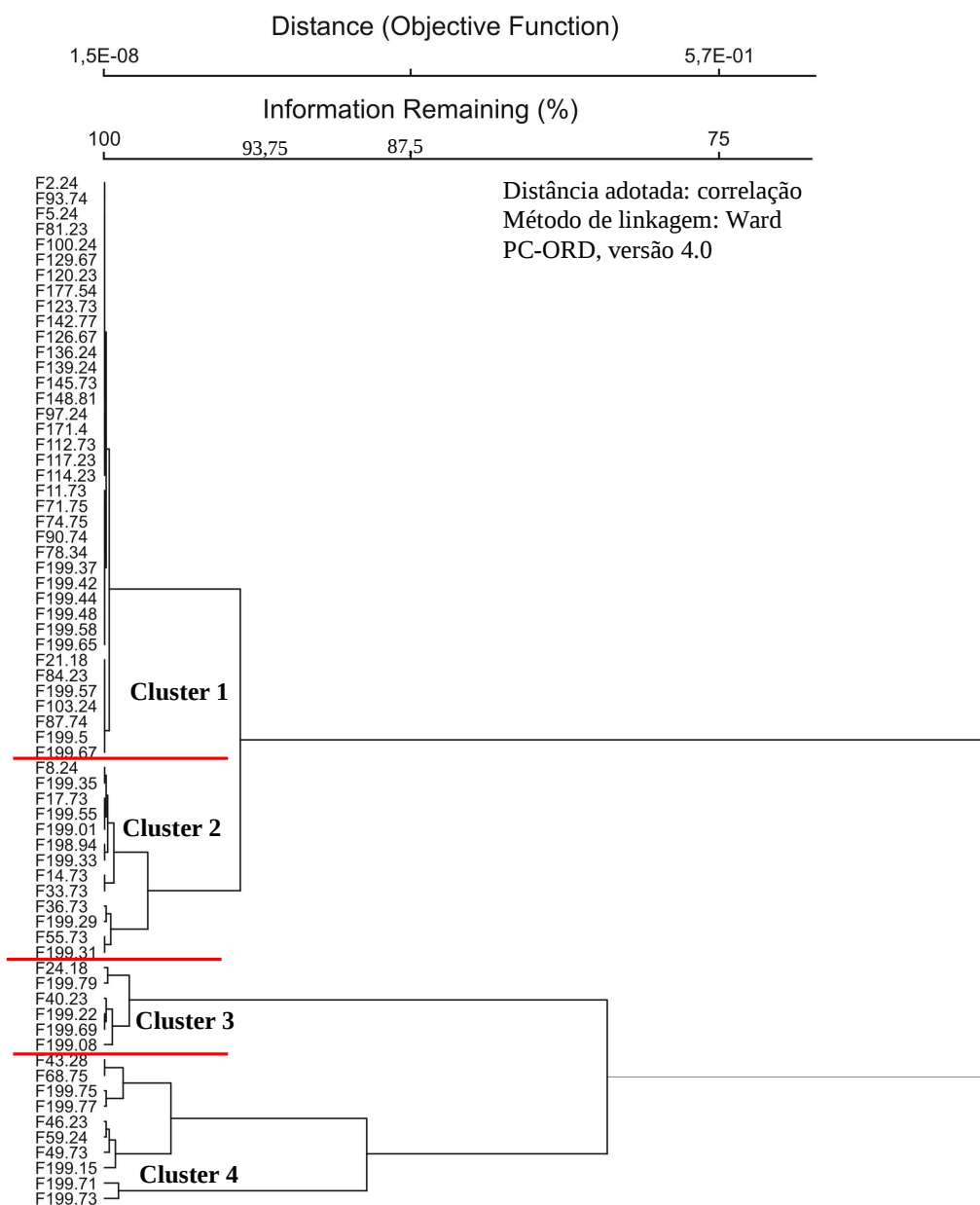


Fig. 61 - Análise de cluster hierárquico aglomerativo em modo Q das amostras do *Site 1220*; os valores à esquerda (que rotula as amostras) são as profundidades.

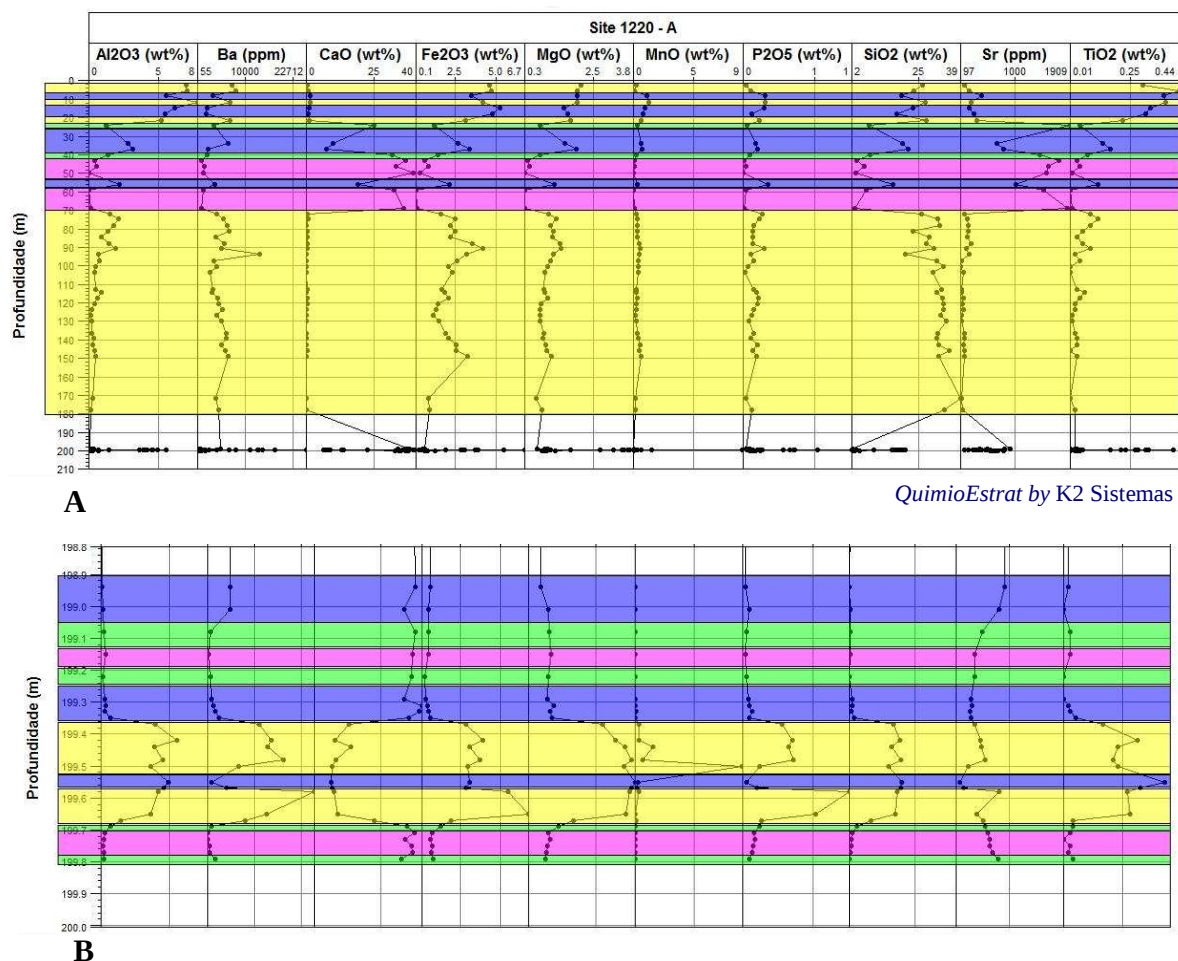


Fig. 62 - Resultado da análise de cluster hierárquico aglomerativo apresentado como divisão quimioestratigráfica, três clusters (Leg 199 site 1220).

5.6.1 Análise de Componentes Principais – Site 1220

Analisando o resultado da PCA através dos gráficos (Fig. 63 e 64) percebemos que há grupos quimicamente muito distintos e amostras sem definição quanto ao grupo mais adequado. A amostra 24.18, por exemplo, claramente revela composição carbonática, fato perceptível nos perfis da figura 60. A amostra 21.18 aparece muito próxima às argilas e o gráfico 3D (Fig. 64) não deixa qualquer dúvida sobre sua afinidade com este grupo. Usando ambos os gráficos, as dúvidas que permaneceriam seriam em relação às amostras 55.73, 33.73, 36.73 e 199.67 como ilustra a figura 64 na divisão da seção em quimiounidades.

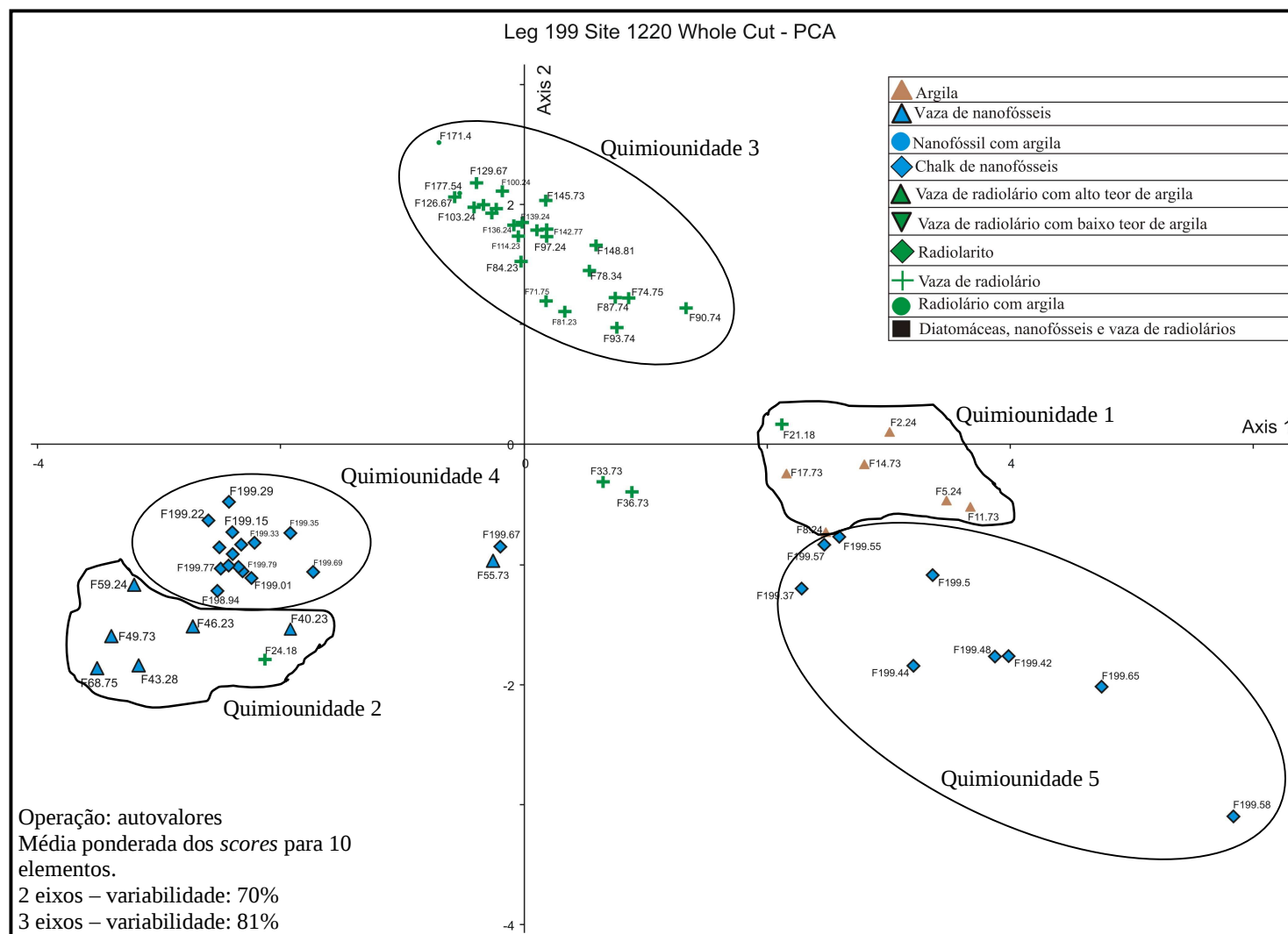


Fig. 63 - **Site 1220**: componentes principais (PC1x PC2) com amostras plotadas identificadas de acordo com a litologia descrita.

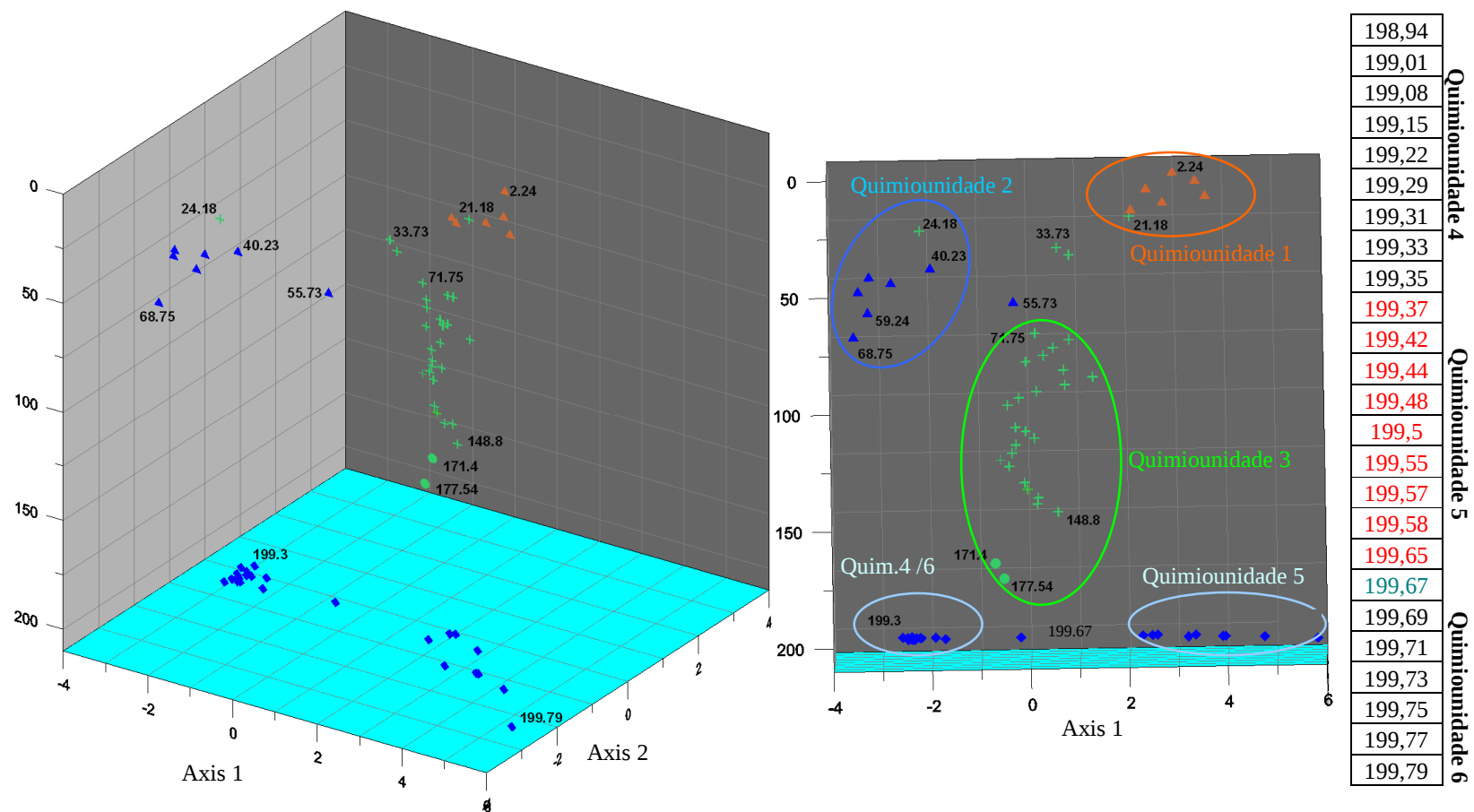


Fig. 64 - Projeção em 3D das amostras do Site 1220 sendo o eixo y profundidade, eixo x axis 1 (ou PC1), e eixo z axis 2 (ou PC2).

Em relação aos eixos que no gráfico (Fig. 63) controlam a posição das amostras, percebe-se uma distribuição diferente daquela observada nos *sites* anteriores. Existe um equilíbrio entre a influência do eixo 2 e do eixo 1 não ocorrendo um claro alinhamento das amostras de natureza carbonática e silicosa em relação a um destes eixos. Esta parece ser uma característica própria das amostras de *chalk*. Observando a tabela 18 ocorre pela primeira vez os elementos da fase argilosa relacionados ao eixo 1 junto com o MgO (que é da fase carbonática) e os elementos francamente da fase carbonática (CaO e Sr) relacionados ao eixo 2 onde o eixo 1 influencia significativamente a distribuição das amostras carbonáticas (Fig. 63). Uma explicação para este comportamento, a princípio, inesperado está na presença de argila descrita nos relatórios do ODP nas profundidades próximas a 199,61m. Sendo assim, há de fato neste *chalk* uma contribuição dos elementos da fase argilosa e da fase carbonática o que explica que ambos os eixos 1 e 2 da análise de PCA controlem a distribuição de suas amostras.

Tabela 18 – Valores dos autovetores (Leg 199, *site* 1220).

Elementos	Axis 1	Axis 2	Axis 3
SiO ₂	0.2320	0.5622	0.0708
TiO ₂	0.3608	-0.2386	-0.3276
Al ₂ O ₃	0.3690	-0.2080	-0.3045
Fe ₂ O ₃	0.4134	-0.0114	0.0080
MnO	0.1563	-0.0332	-0.5259
MgO	0.3754	-0.2565	-0.0349
CaO	-0.3139	-0.4673	0.0124
P ₂ O ₅	0.3049	-0.2517	0.5144
Sr	-0.1985	-0.4783	0.0697
Ba	0.3357	-0.0783	0.4975

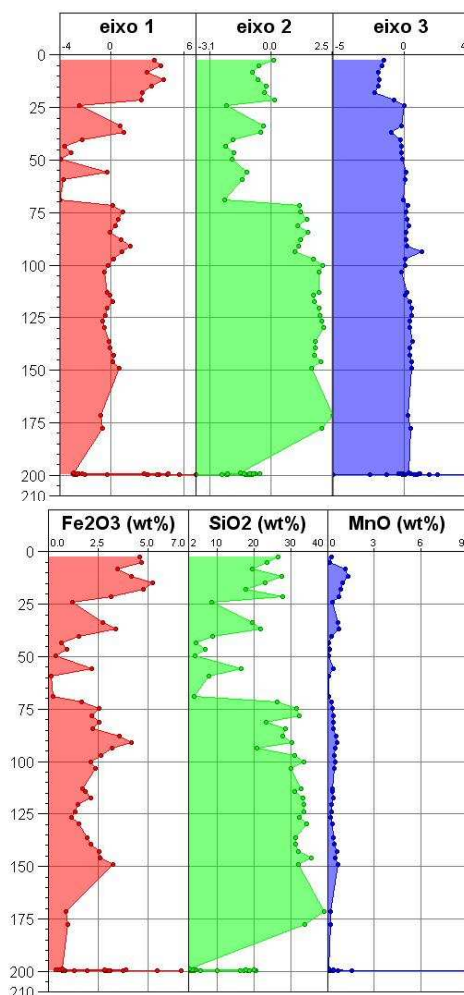


Fig. 65 - Comparação entre a assinatura geoquímica dos elementos e os eixos da análise de componentes principais (*Site 1220*).

5.6.2 Passagem Paleoceno / Eoceno no *site 1220*

O resultado da PCA no que tange as amostras entre 199.37 e 199.79 que registram a passagem P/E foi muito interessante. Assim como foi abordado nos *sites* anteriores este intervalo merece uma análise a parte. Porém, o resultado da PCA, mesmo considerando todas as amostras, demonstrou alta resolução na definição das quimiounidades. Por causa da escala não é possível identificar no gráfico 3D as quimiounidades neste intervalo, mas com base na figura 63 e na tabela ao lado da figura 64, verificamos que as amostras da quimiounidade 5 são adjacentes

(profundidades em vermelho na Fig. 64) e ocorrem entre dois intervalos, identificados como quimiounidade 4. Este resultado representa muito bem a assinatura geoquímica que tem relação com o intervalo sob análise tal como ilustra a figura 62B. A curva isotópica de carbono e oxigênio em foraminífero e rocha total (Fig.66 e Fig. 67) que define a passagem P/E também confirma a coerência desta interpretação em termos de definição de quimiounidade. As amostras próximas a 199.25 registram um mínimo de $\delta^{18}\text{O}$ e diminuição de $\delta^{13}\text{C}$ significando o aumento de temperatura da massa d'água e baixa produtividade primária na bacia; após este pico a tendência, ao longo do Eoceno, foi de diminuição da temperatura. Não foi observado, entretanto, uma coincidência entre a assinatura isotópica e a assinatura do perfil com base em elementos em termos de profundidade. Duas situações devem ser levadas em conta para explicar esta situação: o intervalo de amostragem na curva isotópica de Cibicidóides (Fig. 66) é inadequada uma vez que não há registro entre 199.41 e 199.69 exatamente onde ocorrem as maiores variações nos perfis de elementos; a curva isotópica baseada em rocha total (Fig. 67) tem melhor resolução porém, a malha de mensurações geoquímicas é menor quando comparada ao perfil de elementos.

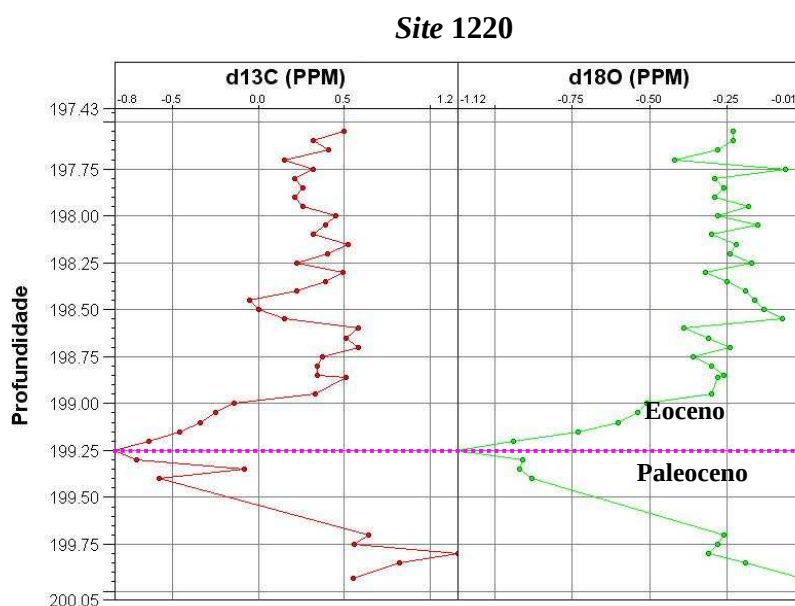


Fig. 66 – Isótopos estáveis em Cibicidóides. Site 1220 (Padrão PDB), Nunes & Norris (2005).

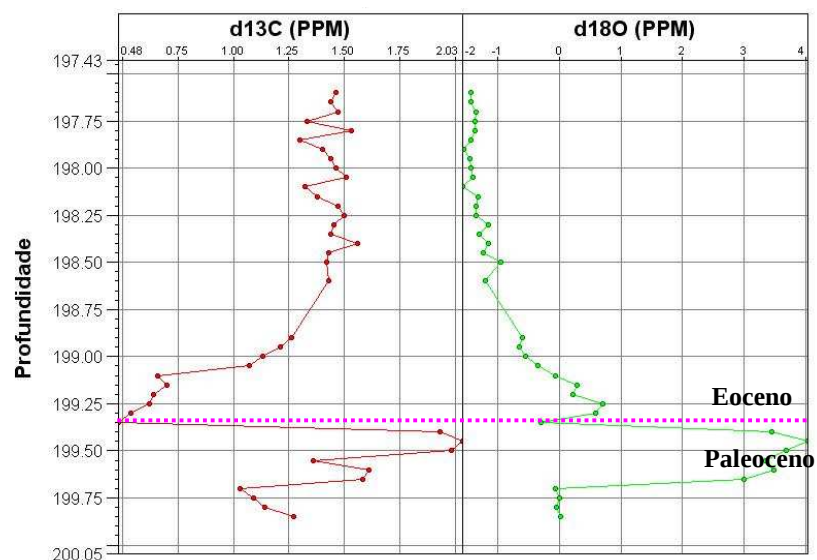


Fig. 67 – Isótopos estáveis em rocha total. Site 1220 (Padrão PDB), Nunes & Norris (2005).

A passagem P/E é identificada através da mudança da biozona P5 para P6 com base em foraminíferos planctônicos (Fig. 68). As biozonas de nanofósseis e radiolários não definem o limite P/E. Em última análise, as informações bioestratigráficas, de elementos químicos e isótopos convergem para uma boa definição da mudança biogeoquímica ocorrida durante o P/E perfeitamente identificada através dos métodos estatísticos aqui aplicados.

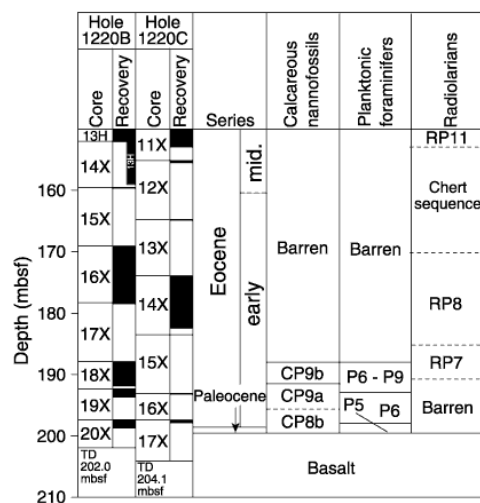


Fig. 68 - Detalhamento bioestratigráfico da passagem P/E do site 1220 com base em nanofósseis, foraminíferos planctônicos e radiolários (Lyle *et al.*, 2002).

5.6.3 Passagem Eoceno / Oligoceno e Oligoceno / Mioceno no site 1220

Semelhante ao descrito nos sites anteriores, a passagem E/O é registrada pela mudança da biozona RP19 para a biozona RP20 de radiolários; as biozonas de foraminíferos e nanofósseis não definem a passagem (Fig. 69). No perfil geoquímico, observa-se mais uma vez a deposição do carbonato marcando a passagem E/O relacionado à queda do nível do mar e rebaixamento da CCD. A passagem O/M, por outro lado, ocorre neste site num contexto de deposição carbonática e silicosa, pois há uma expressiva variação entre CaO e SiO₂. Seria interessante explorar este intervalo de composição predominantemente silicosa para tentar identificar a passagem O/M, porém há um *gap* de amostragem de 9.5m entre as amostras 24.18 e 33.73 e no intervalo entre 20m e 70m há apenas 8 amostras o que evidencia um espaçamento inadequado para identificar tal evento.

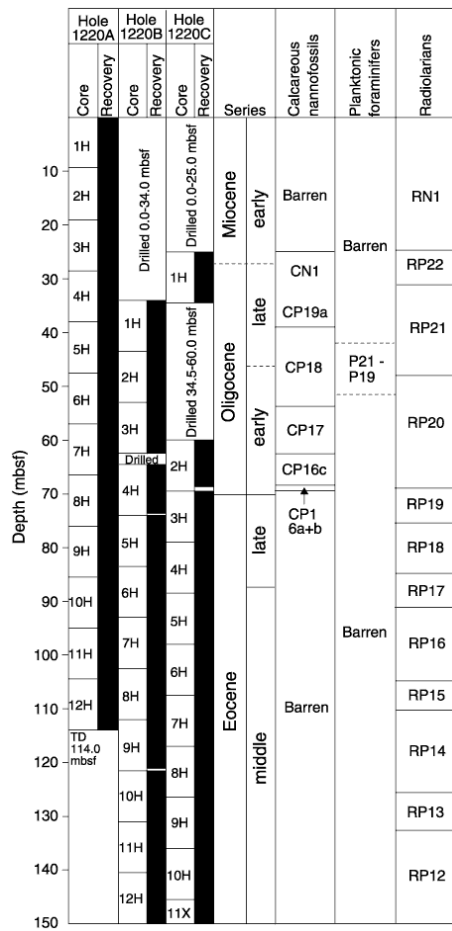


Fig. 69 - Detalhamento bioestratigráfico da passagem E/O e O/M do site 1220 com base em nanofósseis, foraminíferos planctônicos e radiolários (Lyle *et al.*, 2002).

5.7 Análise do Site 1221

O site 1221 é o último que se encontra no mesmo contexto dos sites 1218, 1219 e 1220, entre as zonas de fratura Clarion (a norte) e Clipperton (a sul). Com batimetria de -5175m, este é o site entre aqueles referidos anteriormente com menor espessura de carbonatos do Oligoceno, contando com um total de 57 amostras submetidas à análise geoquímica. Como ocorreu no site 1220, este também registra a passagem P/E além da E/O (Fig. 70) que apresenta a deposição do litotipo descrito como nanofósseis, diatomáceas e radiolários estratificados. De fato, a investigação geoquímica da passagem P/E parece ser o principal objetivo deste site uma vez que há 33 amostras coletadas entre as profundidades 153.5 e 156.15 (intervalo de 2.65m) enquanto entre as profundidades 2.23 e 104.73 (102.5m) há apenas 23 amostras e entre 150m e 104m não foram realizadas medições. De acordo com a figura 70 é perceptível que não há variações significativas no perfil geoquímico entre 0m e 104m, onde domina a vasa de radiolários. A maior variação ocorre nas três primeiras amostras principalmente para os teores de CaO, SiO₂ e Sr. Por outro lado, há grandes variações no carbonato (*chalk*) que registra a passagem P/E cuja escala adequada se encontra na figura 72. O resultado da análise de cluster (Fig. 71 e 72) no perfil A, apresenta coerência com as variações observadas no perfil. Com base em três clusters, as três primeiras amostras estão em grupos diferentes (cluster 1 e 3) das demais amostras da parte média do perfil que estão todas no cluster 2. No perfil B analogamente ao resultado do site 1220, é reconhecido um padrão bem definido entre as profundidades 153.8 e 154.5 sugerindo duas quimiounidades, acima e abaixo deste intervalo. As grandes variações no teor dos elementos químicos observadas neste intervalo registram uma assinatura relacionada obviamente à passagem P/E, corroborado pela assinatura similar estudada no site 1220 (Fig. 62, perfil B).

SITE 1221

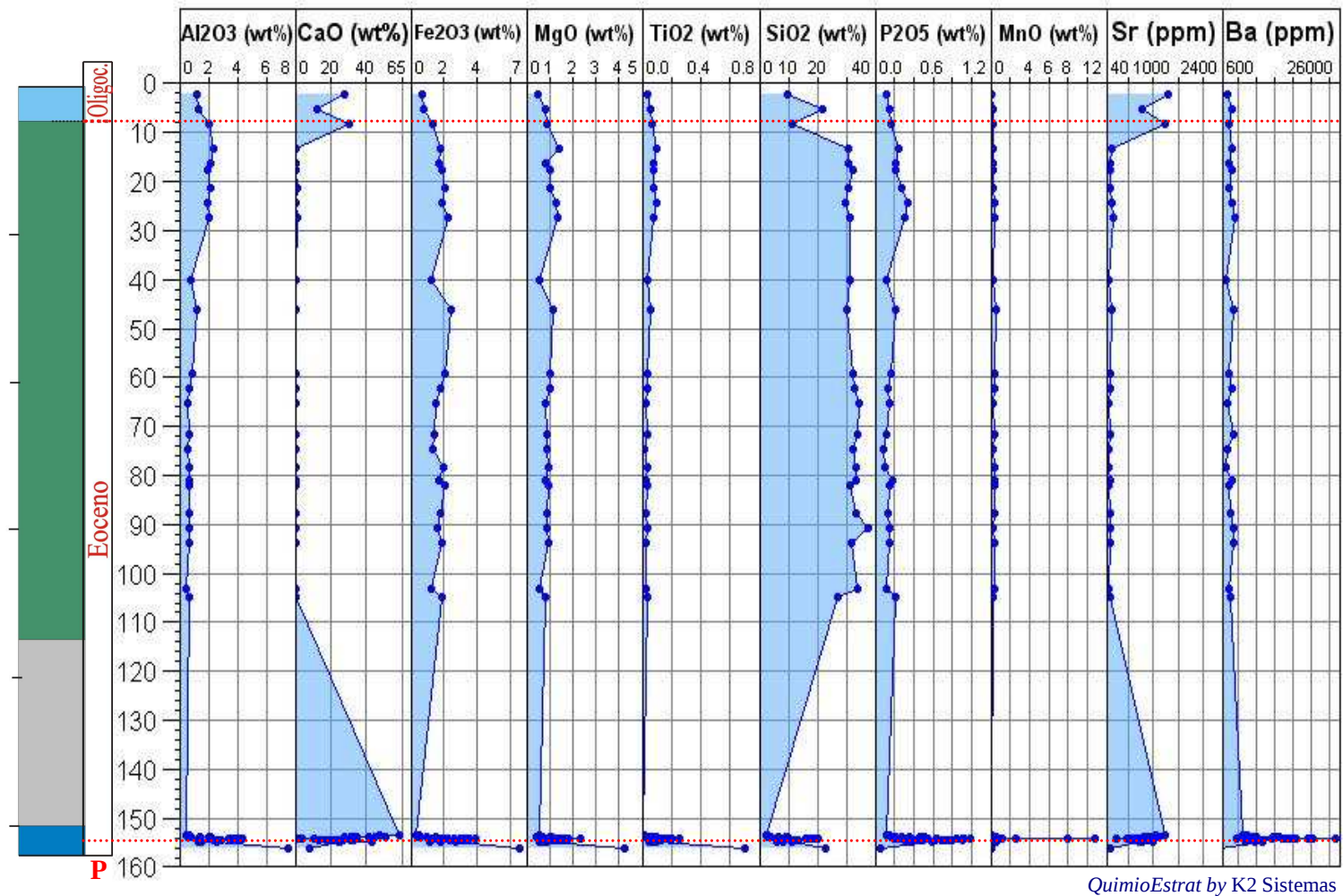


Fig. 70 - Perfil geoquímico da variação dos elementos químicos ao longo de todo testemunho recuperado na Leg 199 Site 1220.

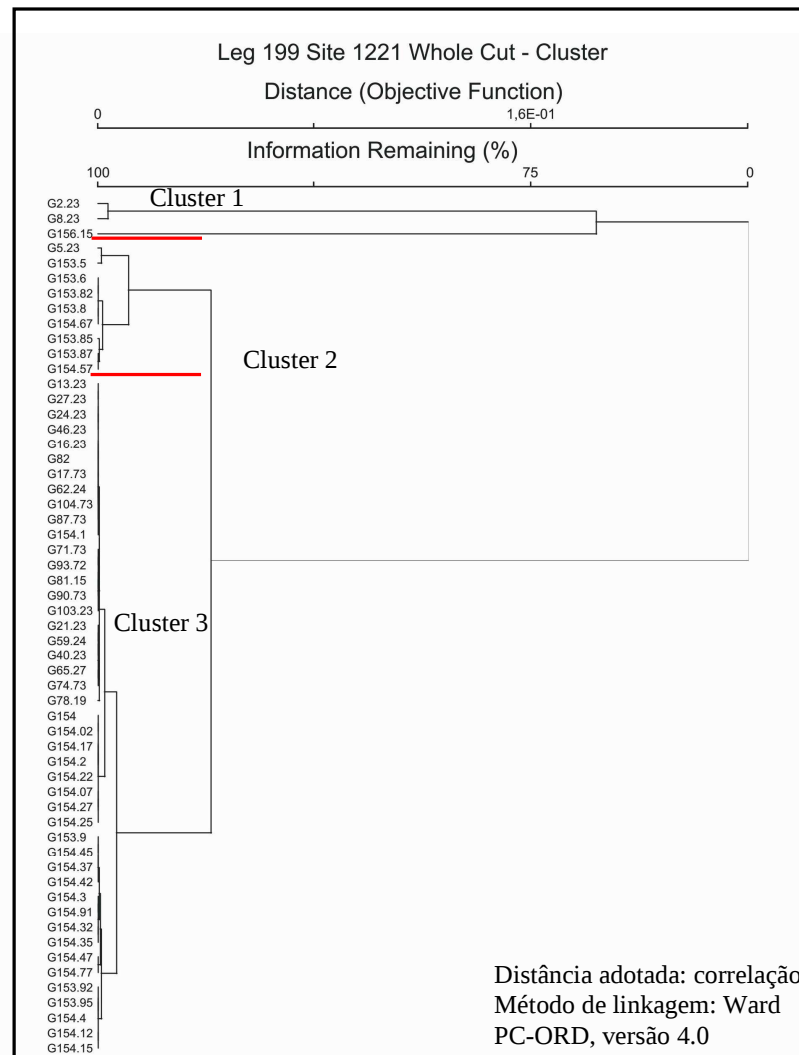
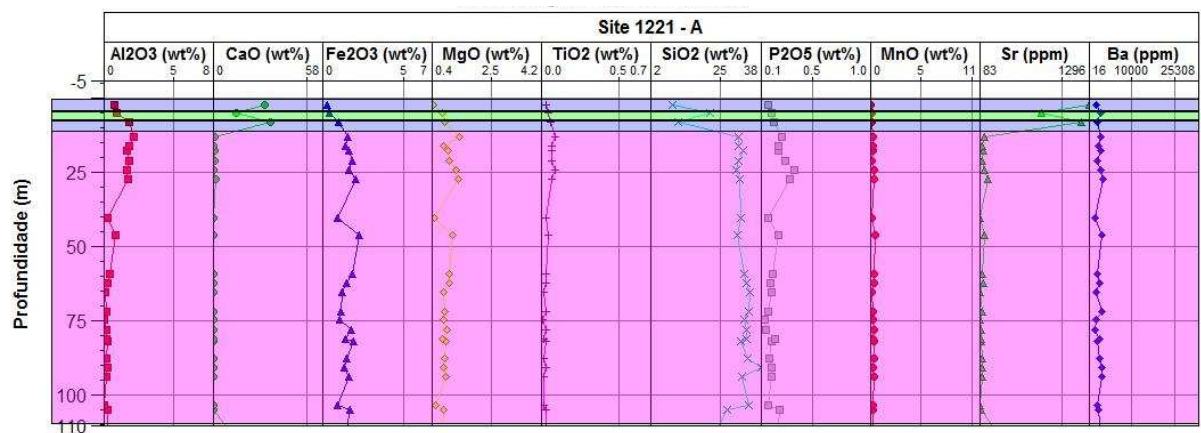
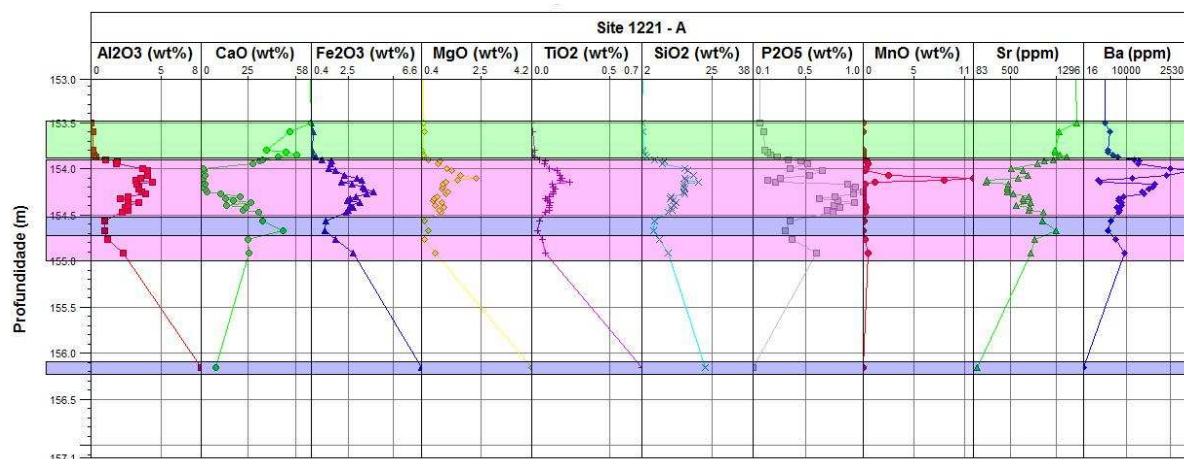


Fig. 71 - Análise de cluster hierárquico aglomerativo em modo Q das amostras do Site 1220; os valores à esquerda (que rotula as amostras) são as profundidades.



A

QuímioEstrat by K2 Sistemas



B

Fig. 72 - Resultado da análise de cluster hierárquico aglomerativo apresentado como divisão quimioestratigráfica, três clusters (Leg 199, site 1221).

5.7.1 Análise de Componentes Principais – Site 1221

O resultado da PCA demonstra a existência de três grupos de amostras bem definidos com duas amostras distantes dos grupos principais, a 5.23 e 156.15 (Fig. 73 e Fig. 74). Diferente do que ocorreu no site 1219, as amostras descritas como uma mistura de nanofósseis, radiolários e diatomáceas têm maior afinidade com o grupo de composição carbonática do que com o grupo de composição silicosa, embora em termos de profundidade estejam mais próximas da vasa de radiolários (Fig. 73).

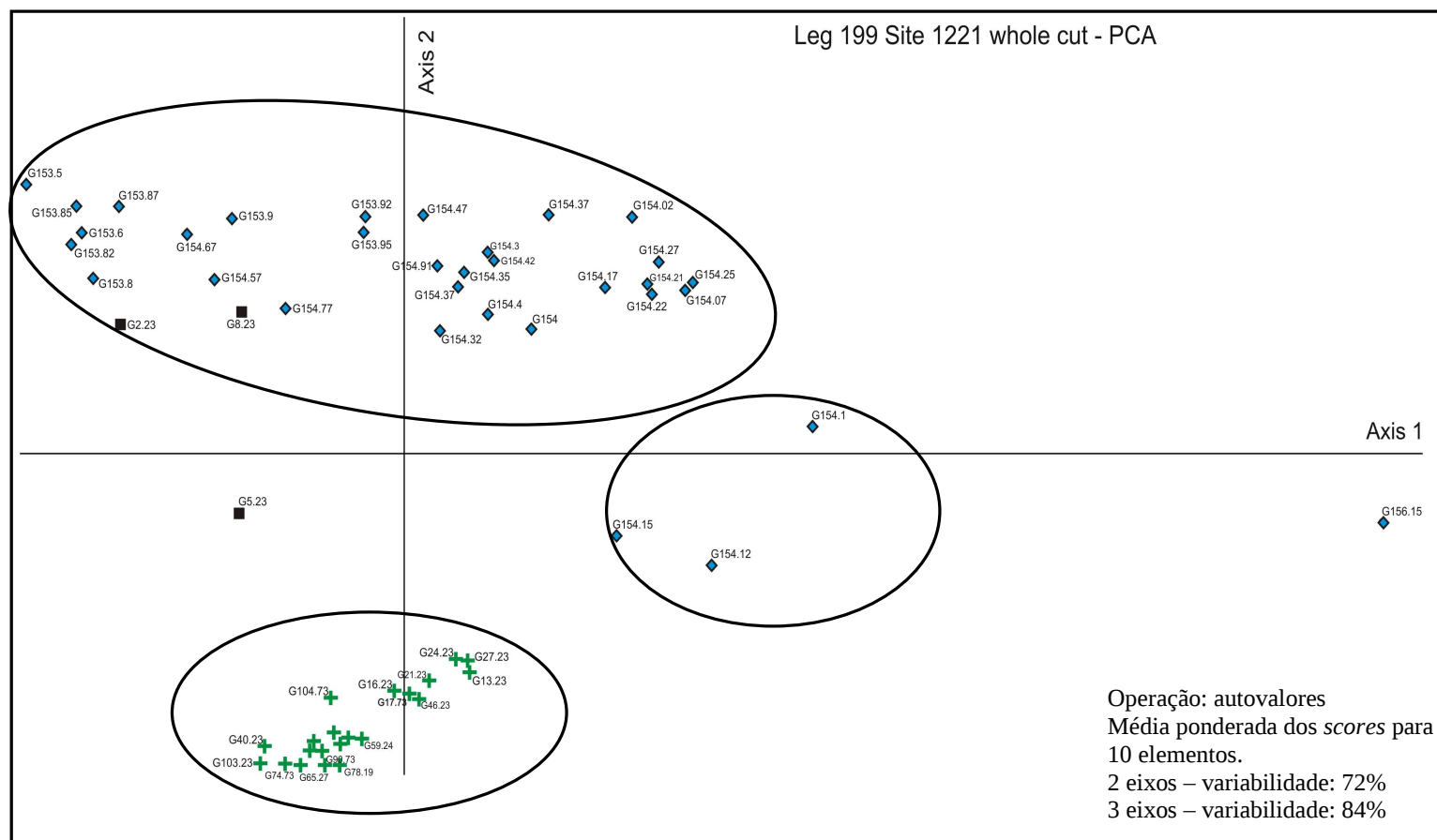


Fig. 73 - **Site 1221**: componentes principais (PC1x PC2) com amostras plotadas identificadas de acordo com a litologia descrita.

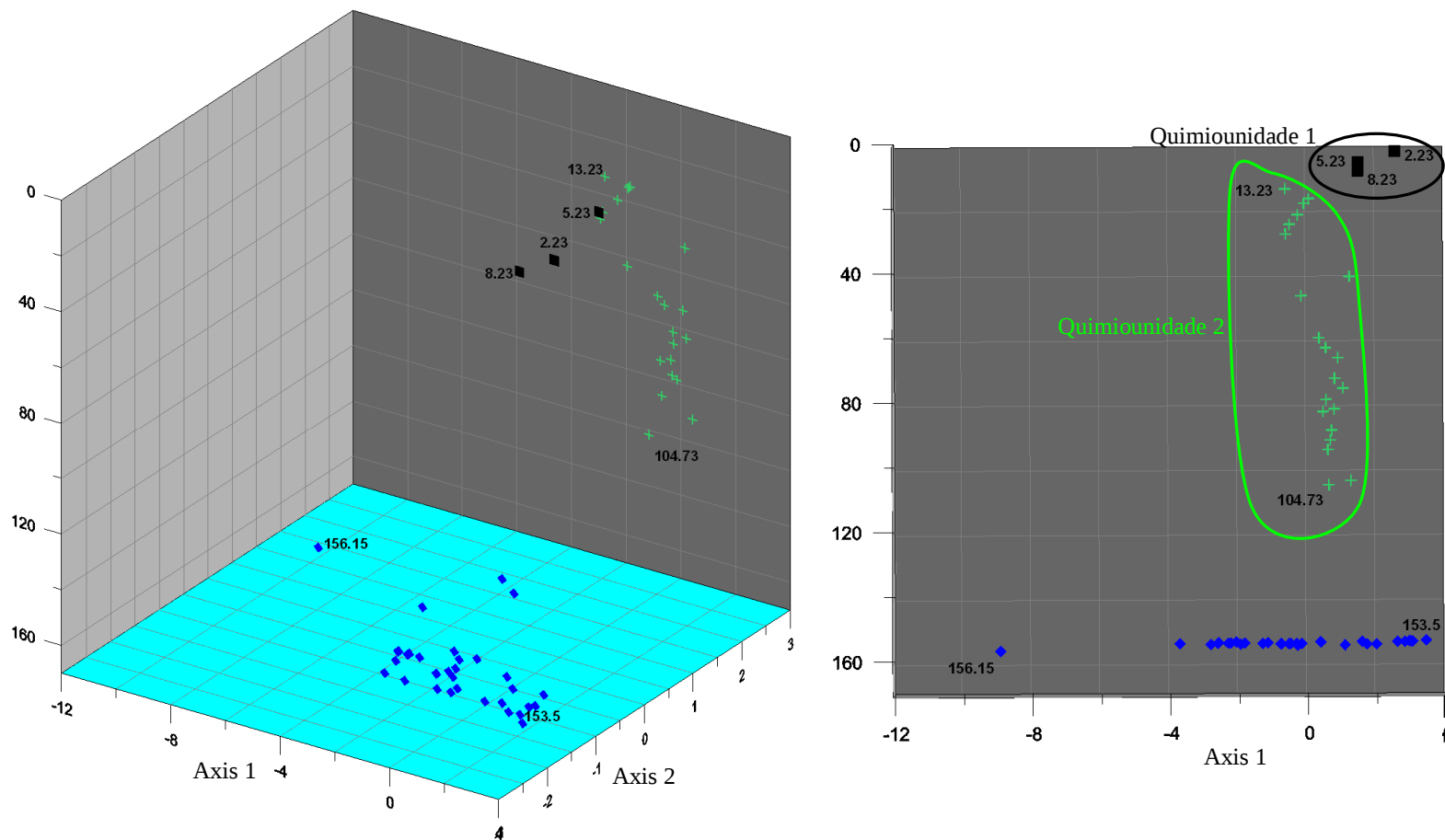


Fig. 74 - Projeção em 3D das amostras do Site 1221 sendo o eixo y profundidade, eixo x axis 1 (ou PC1), e eixo z axis 2 (ou PC2).

A quimiounidade 1 e a quimiounidade 2 estão claramente definidas nos gráficos da PCA porém, a divisão em quimiounidades das amostras do intervalo entre 153.5m e 155.0m não mostrou-se adequada pois discriminou somente três amostras (Fig. 73). Neste caso, o resultado da análise de cluster mostrou-se mais adequado uma vez que o intervalo entre 154.0 e 154.5 é consistente como uma quimiounidade, pois apresenta uma assinatura diagnóstica similar, inclusive, aquela definida no limite P/E do *site* 1220. O resultado final da divisão está detalhado na figura. 75.

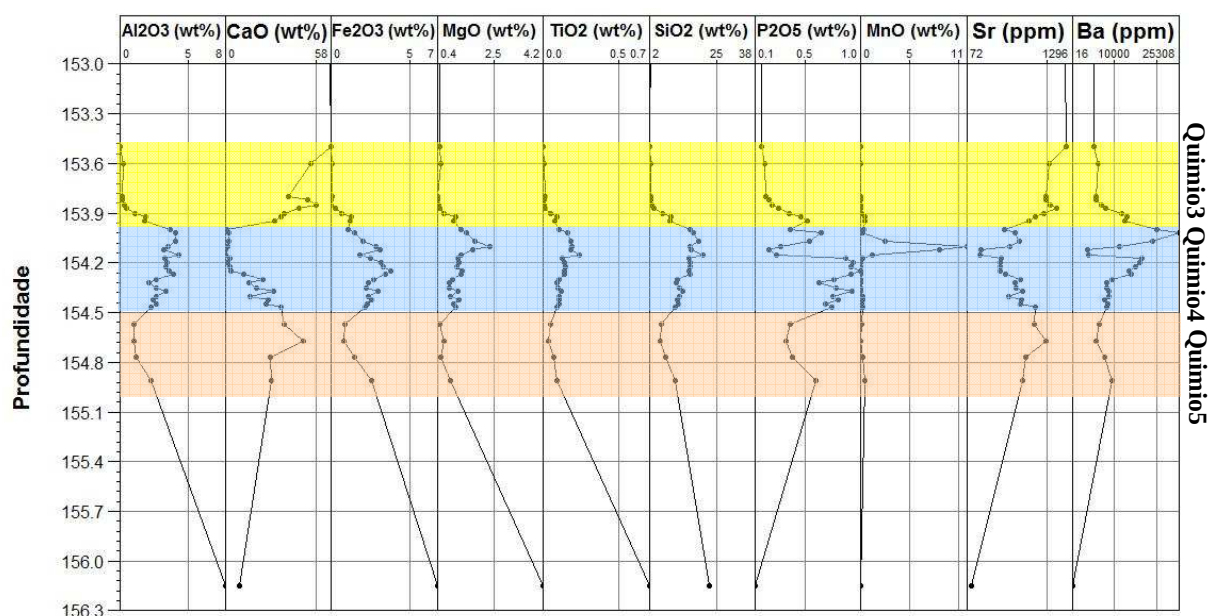


Fig. 75 – Subdivisão em quimiounidades da seção carbonática depositada no limite Paleoceno/Eoceno.

Com relação ao controle exercido pelos eixos ao posicionamento das amostras (Fig. 73), temos aqui um caso similar aquele ocorrido no *site* 1220, ou seja, na tabela 19 o eixo 1 tem forte relação com a fase argilosa (TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) e o MgO , enquanto o eixo 2 encerra os elementos da fase carbonática (CaO e Sr negativamente) e da fase silicosa (Fig.76). O gráfico da PCA mostra claramente que o eixo 1 tem forte influência na distribuição das amostras. A descrição do testemunho presente no relatório do ODP para o *site* 1221 para as amostras próximas a 154m revela presença de argila havendo inclusive presença de argila com zeólita, minerais opacos, óxidos de ferro e manganês. Estas intercalações imprimem ao *chalk* um comportamento geoquímico anômalo, diferente do que se espera para um carbonato. O que tornou possível explicar as nuances geoquímicas deste *site* foi a interpretação integrada do resultado da PCA com dado primário de grande detalhe fornecido pelas descrições do ODP.

Tabela 19 – Valores dos autovetores (Leg 199, site 1221).

Elementos	Axis 1	Axis 2	Axis 3
SiO ₂	-0.0833	0.5298	0.1920
TiO ₂	-0.4397	-0.0846	-0.2531
Al ₂ O ₃	-0.4457	-0.2024	-0.0051
Fe ₂ O ₃	-0.4570	0.0011	0.0691
MnO	-0.1705	0.0269	-0.4944
MgO	-0.4518	0.0321	-0.2848
CaO	0.2507	-0.4109	-0.2929
P ₂ O ₅	-0.1991	-0.3428	0.5458
Sr	0.1787	-0.4917	-0.2140
Ba	-0.1569	-0.3759	0.3733

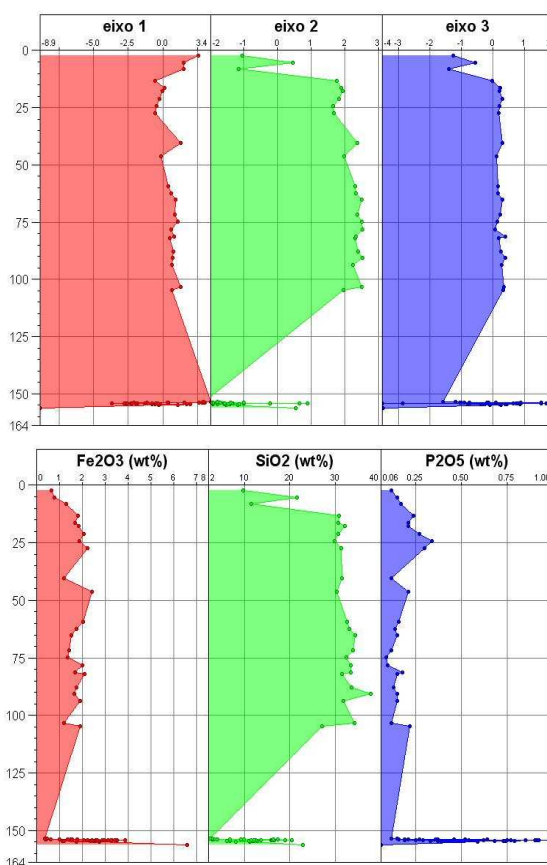


Fig. 76 - Comparação entre a assinatura geoquímica dos elementos e os eixos da análise de componentes principais (Site 1221).

5.7.2 Passagens Paleoceno / Eoceno e Eoceno / Oligoceno no *site* 1221

A passagem P/E está identificada através das biozonas de nanofósseis calcários (CP9a) enquanto as biozonas de foraminíferos planctônicos e radiolários não definem a passagem (Fig. 77). A análise de componentes principais não discrimina um grupo tão grande e característico como ocorreu no *site* 1220, entretanto o resultado no *site* 1221 também mostrou-se adequado, pois as amostras 154.10m, 154.12m e 154.15m são as que apresentam os teores mais elevados (picos) na maioria dos elementos sob estudo, exceto Ba, CaO e P₂O₅, e no caso do Sr, onde a amostra 154.12m exibe o valor mais baixo. A amostra 156.15m é claramente um *outline* cujo contexto é difícil de ser avaliado por conta da ausência de amostras após 154.9m.

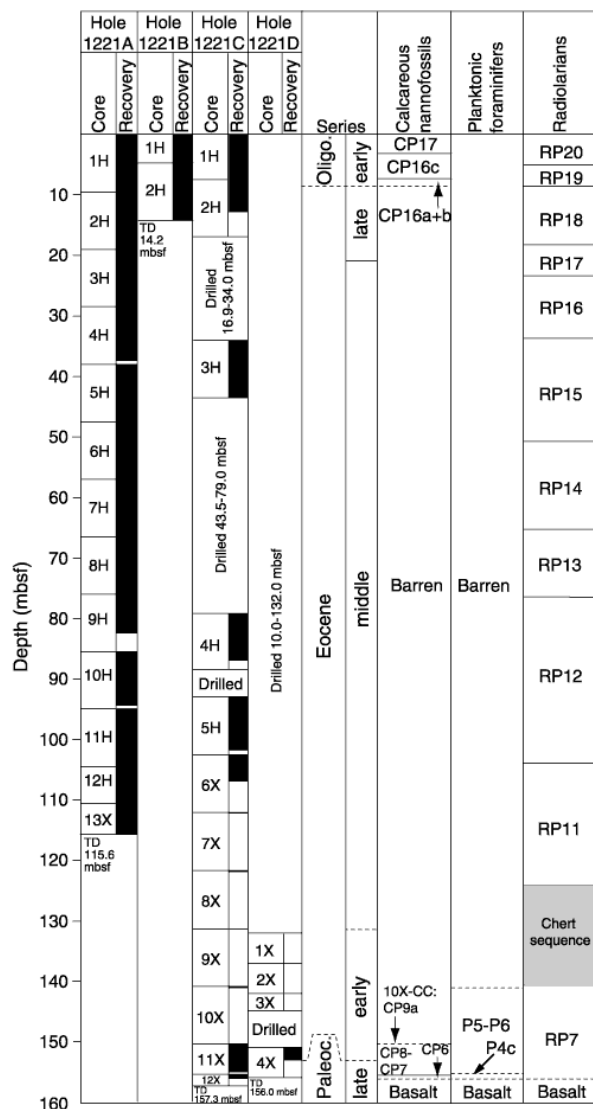


Fig. 77 - Detalhamento bioestratigráfico da passagem P/E e E/O do *site* 1221 com base em nanofósseis, foraminíferos planctônicos e radiolários (Lyle *et al.*, 2002).

Os valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ baseados em Cibicidóides mostram valores anômalos próximo a 154m (Fig. 78) coincidente com a profundidade onde ocorrem os valores mais altos na maioria dos elementos químicos. Entretanto, o registro em rocha total (Fig. 79) e o registro em foraminíferos não apresentam excursões da curva típica da passagem P/E. O perfil de rocha total tem padrão disperso (*shifts* de até 1.28PPM para $\delta^{13}\text{C}$ e 0.8PPM para $\delta^{18}\text{O}$) e não permite uma identificação segura do momento de elevação da temperatura da massa d'água. Por outro lado, o perfil de Cibicidóides mostra tendência inversa ao esperado, isto é, os valores de $\delta^{18}\text{O}$ aumentam na passagem P/E. A hipótese mais provável é que há efeitos da diagênese em ambos materiais submetidos à análise isotópica.

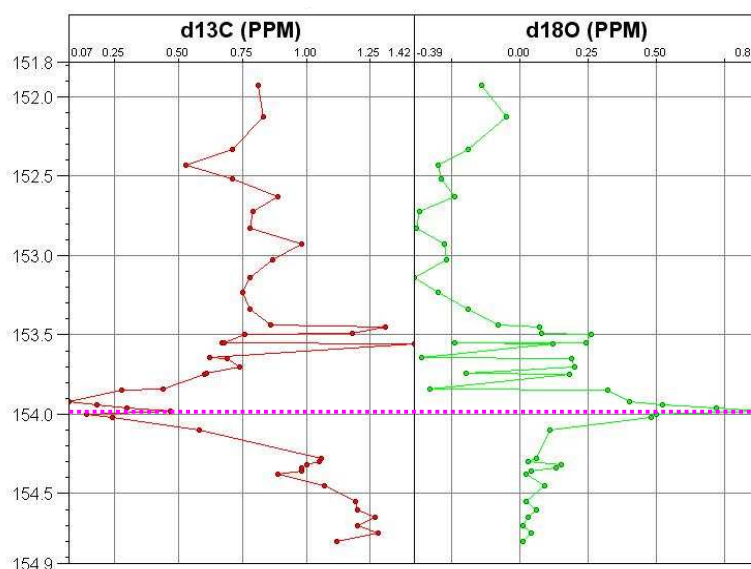


Fig. 78 – Isótopos estáveis em Cibicidóides (foraminífero).
Site 1221 (Padrão PDB), Nunes & Norris (2005).

O limite E/O é marcado pela mudança da biozona CP16a+b para CP16c em nanofósseis calcários (Fig. 77). Como discutido nos *sites* anteriores, a deposição do carbonato que marca esta passagem está relacionada com o rebaixamento do nível do mar e conseqüentemente da CCD. No caso do *site* 1221 não há deposição do carbonato, mas de um litotipo descrito como uma mistura de nanofósseis, radiolários e diatomáceas. A PCA mostrou que a composição destas amostras tende a ser carbonática conduzindo ao mesmo modelo discutido. A análise de cluster (ver Fig. 72A) indica as três amostras do topo como tendo comportamento diferenciado em relação as amostras do centro, coincidindo com o limite E/O.

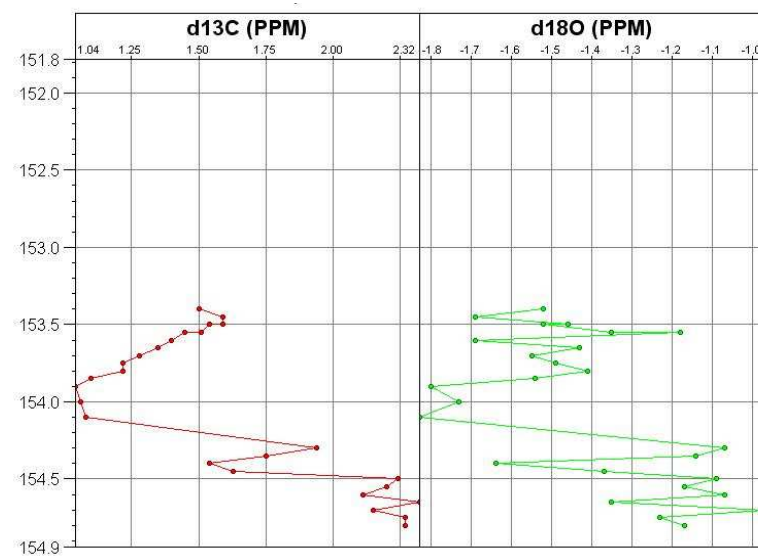


Fig. 79 – Isótopos estáveis em rocha total. Site 1221 (Padrão PDB), Nunes & Norris (2005).

CAPITULO 6

APLICAÇÃO DE *SUPPORT VECTOR MACHINES* (SVM) E SEÇÕES DE CORRELAÇÃO QUIMIOESTRATIGRÁFICA

O SVM é o único método supervisionado utilizado neste trabalho. Neste tipo de método é necessário adotar um *set* de treinamento, isto é, uma série de amostras já classificadas e, com base nestes dados, o algoritmo identifica padrões e classifica as demais amostras, chamadas de *set* de testes. As técnicas de PCA e o cluster hierárquico aglomerativo tal como foram usadas neste trabalho não forneceram classificação envolvendo mais de um poço, isto é, comparando a similaridade entre amostras de diferentes poços (correlação); os resultados do SVM, de maneira complementar, permitem elaborar seções de correlação uma vez que a classificação, que são as quimiounidades, será mapeada em todos os poços.

A primeira abordagem adotada foi a de classificar, através do SVM, os litotipos descritos com base na assinatura dos elementos. Com o objetivo de avaliar a precisão dos resultados foi utilizado todos os *sites* como treinamento e apenas um como teste, repetindo o processo 6 vezes (uma vez para cada *site* a ser classificado). Dentro da modelagem desenvolvida para executar as operações de SVM, foi considerado uma vizinhança de 10 amostras (para a base e para o topo) utilizando como variáveis SiO₂, TiO₂, Fe₂O₃, MgO, MnO, CaO e P₂O₅. O resultado da análise por SVM (Fig. 79) teve alto índice de acerto (95% de acurácia) e auxilia em casos onde já havia dúvidas sobre a litologia descrita e a composição química das amostras. A argila presente no topo dos poços 1215, 1217, 1220 e 1218 foi identificada com sucesso em todos os *sites*, assim como as grandes seções de radiolários, e vasas de nanofósseis. Entretanto podemos encontrar alguns erros de classificação: no *site* 1217 o carbonato (posicionado próximo de 30m) foi classificado como argila (Fig. 79); no *site* 1219 o SVM não identificou a mistura de nanofósseis, radiolários e diatomáceas, classificando toda a seção como vasa de radiolários (Fig. 80). No *site* 1220, próximo a 30m entre o carbonato e a argila, o SVM classifica as amostras como vasa de nanofósseis, sugerindo uma composição carbonática para este intervalo cuja predominância de sílica é duvidosa tal como discutido na seção 5.5.3.

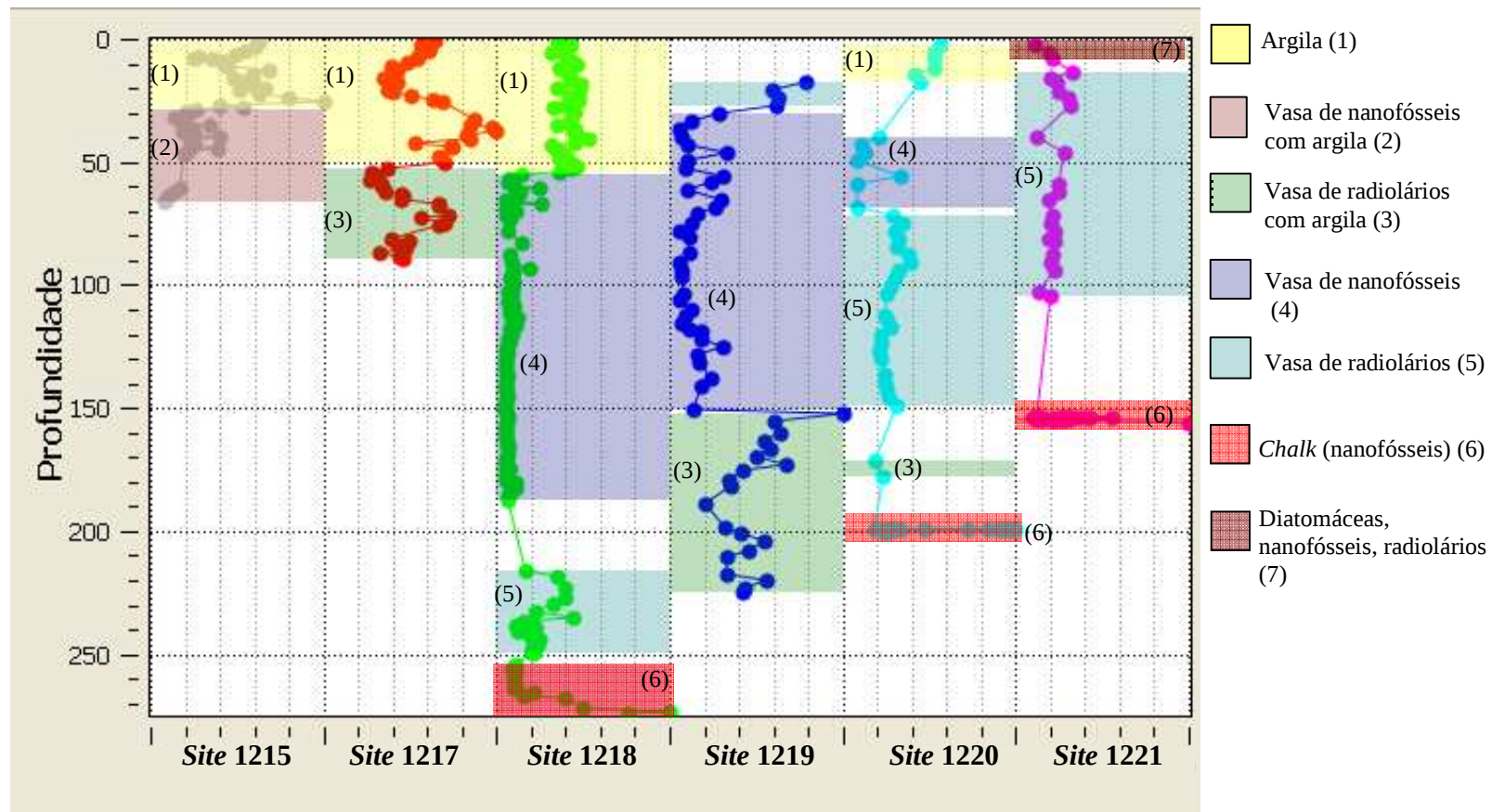


Fig. 80 – Correlação litológica baseada nos perfis de elementos químicos realizada através da classificação por SVM.

A segunda abordagem utilizando o SVM foi aplicada sobre o arcabouço de correlação (Fig. 81) proposto com base nas quimiounidades definidas pelo resultado da PCA e da análise de cluster. Tais análises auxiliaram decisivamente na definição de unidades e, algumas delas, apresentaram clara correspondência entre os *sites* 1221, 1220, 1219 e 1218 que se encontram no mesmo contexto tectono-sedimentar. Para que houvesse correspondência entre diferentes códigos que designavam as mesmas quimiounidades nos poços 1221, 1220, 1219 e 1218 foram adotadas as seguintes nomenclaturas como referência levando em conta a interpretação dos resultados da PCA e do cluster: fase argilosa – quimiounidade 0; fase ligada à sílica – quimiounidade 1 (Mioceno) e quimiounidade 3 (Eoceno); fase carbonática - quimiounidade 2 (subdivisões 2A, 2B e 2C do Oligo-Mioceno) e quimiounidades 4, 5 e 6 (Paleoceno / Eoceno). Após a correlação destas unidades que apresentaram clara correspondência foram percebidas algumas dúvidas no fechamento da seção de correlação representadas pelo sinal de interrogação (Fig. 81) e para auxiliar nesta tarefa foi utilizado o SVM como classificador destas seções cuja sistemática foi organizar as dúvidas em 5 projetos:

- 1) o *site* 1219 compôs o *set* de treinamento para classificar o *site* 1218 (*set* de teste) objetivando definir se o *chalk* (localizado a 210m, aproximadamente) pode ser classificado como quimiounidade 2A, 2B ou 2C;
- 2) Com a resposta do primeiro item, os *sites* 1218 e 1219 passaram a compor o *set* de treinamento e o *site* 1220 foi classificado buscando definir se a seção entre 30m e 60m (aproximadamente) pode ser considerada quimiounidade 2A, 2B ou 2C;
- 3) Os *sites* 1221, 1220 e 1219 compuseram o *set* de treinamento para classificar o poço 1218 com objetivo de confirmar se a camada de radiolarito pode ser correlacionada com a quimiounidade 3;
- 4) Os *sites* 1220, 1219 e 1218 foram utilizados para classificar as três primeiras amostras do poço 1221 objetivando definir a qual quimiounidade esta seção pertence;
- 5) finalmente para determinar a quimiounidade do *chalk* (Eoceno) do *site* 1218, foram utilizados como treinamento os *sites* 1220 e 1221, uma vez que esta seção pode ter correlação com as quimiounidades também do Eoceno destes *sites*.

Foram utilizadas como *features* para o SVM, além das variáveis geoquímicas, a idade e as informações extraídas da PCA; a tabela com as *features* disponíveis estão no anexo 3.

O resultado obtido para responder ao item 1 define as amostras do *site* 1218 como pertencentes à quimiounidade 2C, o que de fato parece consistente do ponto de vista cronoestratigráfico e também geoquímico pois na definição das quimiounidades deste poço a PCA mostrou que a composição do *chalk* é muito similar à composição da vasa de nanofósseis. Quando utilizamos o *site* 1219 para classificar o 1218 isto não é feito apenas para o intervalo na

qual está a dúvida principal, também é classificado o intervalo que já está definido como quimiounidade 2A e 2B. Neste caso, podemos avaliar a proposta e o grau de acerto do SVM, isto é, saberemos, por exemplo, se este classificou no *site* 1218 as amostras próximas a 60m e 90m como quimiounidade 2A, tendo como base o poço 1219. A taxa de convergência entre as quimiounidades apontadas pelo SVM e aquele esperado pelo modelo da Fig. 81 foi de 83%, ou seja, das 110 amostras classificadas 92 estão dentro do esperado (anexo 4).

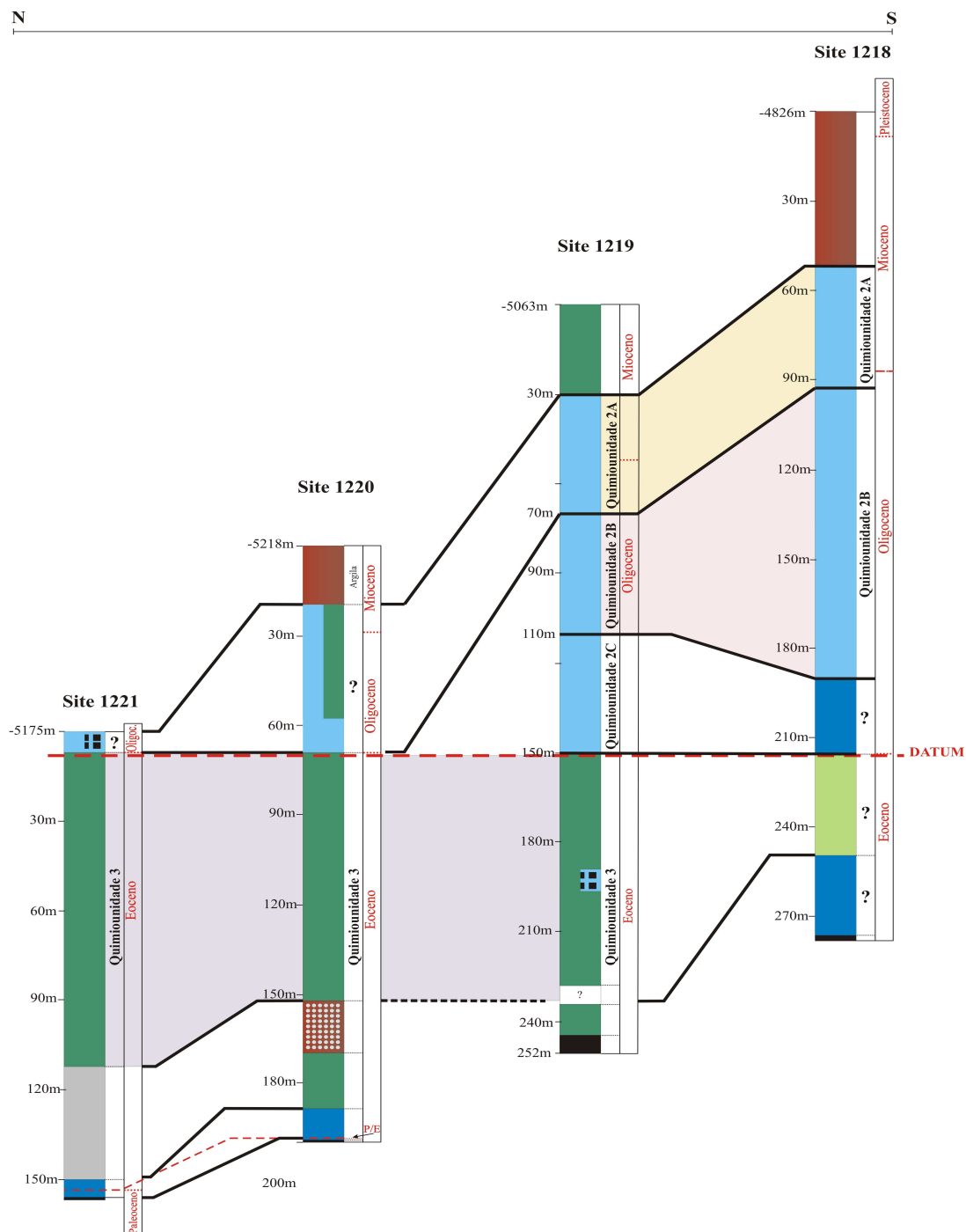


Fig. 81 – Seção de correlação quimioestratigráfica (adotando como datum o limite E/O). As duvidas submetidas a análise por SVM estão representadas pelo sinal de interrogação.

O resultado da tentativa de classificação do *site* 1220 utilizando como treinamento os *sites* 1218 e 1219 (item 2) revelou um bom resultado, uma vez que o melhor modelo indicou para o intervalo onde há dúvida (30m e 60m, aproximadamente) apenas duas inconsistências na amostra da base (68,75 classificada como quimiounidade 2C) e do topo (21,18 quimiounidade 0) todas as demais foram classificadas como quimiounidade 2A. Nesta perspectiva, houve apenas 4 erros num total de 57 amostras em teste, redundando em 93% de convergência entre o modelo e o resultado do SVM.

Para o item 3 o SVM classificou um total de 18 amostras de radiolarito e destas 14 foram classificadas como quimiounidade 3. As amostras não classificadas como quimiounidade 3 foram: 215.89m, classificada como quimiounidade 2C; 227.53m e 229.8m, classificadas como quimiounidade 1; e 236.54m, classificada como quimiounidade 2A. Contabilizando os erros ocorridos quando não ocorreu convergência entre as demais quimiounidades já conhecidas dos *sites* 1221, 1220 e 1219 em relação as quimiounidades do *site* 1218 foi obtido 83% de acerto, isto é, das 162 amostras testadas, 135 foram indicadas para a quimiounidade esperada. Os detalhes dos parâmetros utilizados nesta classificação assim como dos erros estão sumarizados no anexo 4.

A tentativa de classificação da delgada seção que encerra as três primeiras amostras do poço 1221 usando o SVM revelou um resultado inesperado. As três amostras foram classificadas como quimiounidade 1, que tem clara afinidade com seções silicosas como será mostrado na Fig. 82. Das demais amostras classificadas no *site* 1221 (que encerra um total de 56 amostras) utilizando como *set* de treinamento os demais *sites* (1220, 1219 e 1218) 42 foram integradas à quimiounidades previamente definidas, atingindo 80% de acerto (anexo 4). A Fig. 82 mostra o melhor modelo de correlação considerando principalmente os resultados do SVM, as informações das análises de cluster e PCA. Os detalhes da modelagem do SVM de cada um dos 5 itens acima estão no anexo 4.

A última tarefa realizada através do SVM com objetivo de determinar se é possível correlacionar as quimiounidades carbonáticas (*chalk*) dos *sites* 1220 e 1221 com o *site* 1218. Ocorre aqui uma situação muito interessante e extremamente didática para compreender a filosofia da classificação utilizando SVM. O resultado quantitativo foi de 58% de acerto (anexo 4) o que poderíamos considerar um resultado ruim. Porém nos *sites* 1220 e 1221 usados como treinamento não há as quimiounidades 2B e 2C logo o classificador não tem condições de identificar estas quimiounidades no poço 1218 acarretando erro em todas estas amostras. Assim, considerando as quimiounidades treinadas o resultado foi 100% de acerto para a quimiounidade 3 e a quimiounidade 2A; o *chalk* do *site* 1218 foi identificado como quimiounidade 4 (Fig. 82).

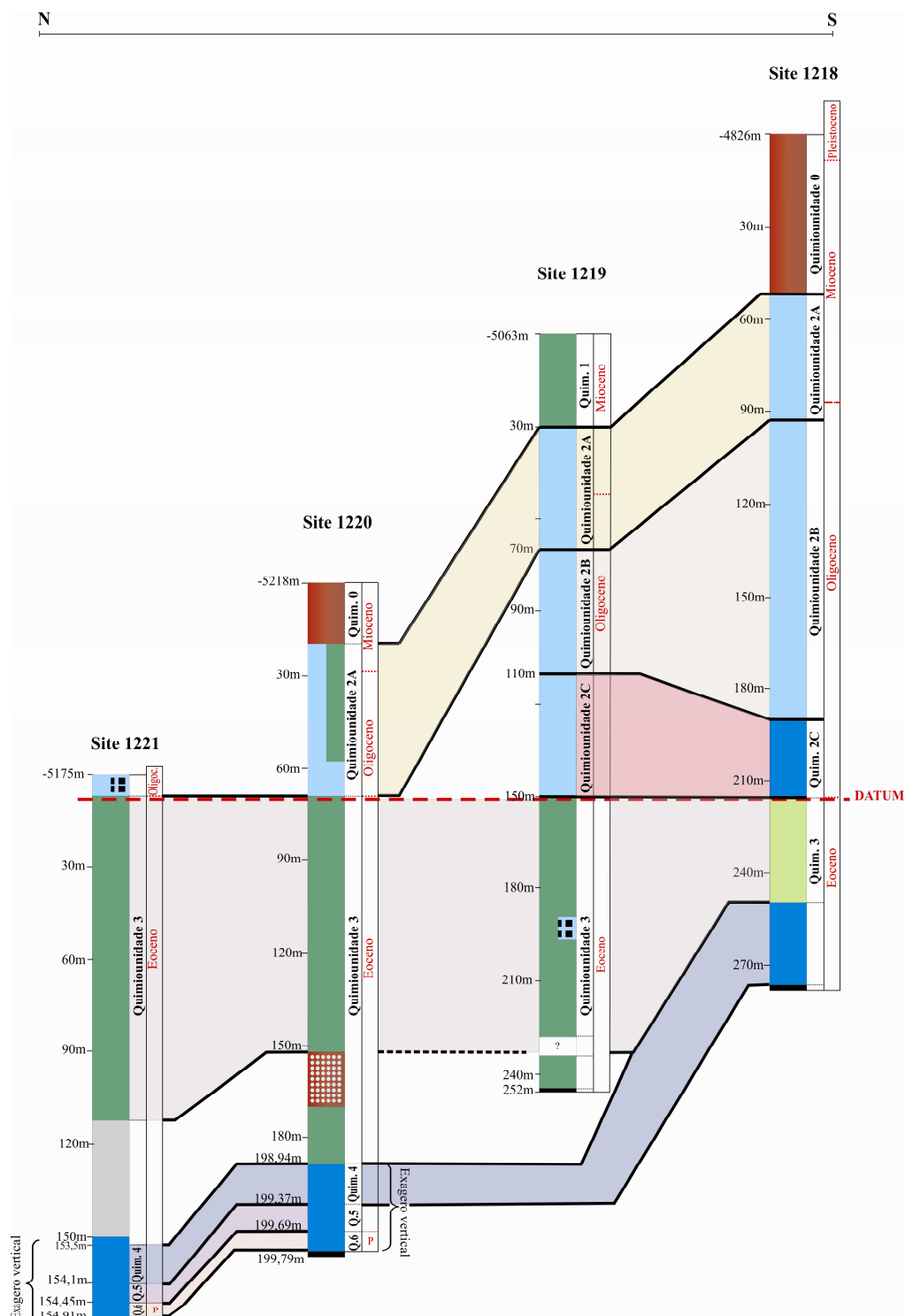


Fig. 82 – Seção de correlação quimioestratigráfica final com base nos resultados das análises de cluster, PCA e SVM.

CAPITULO 7 – CONCLUSÕES

- A análise de cluster hierárquico aglomerativo e a análise de componentes principais foram capazes de reconhecer as grandes variações geoquímicas relacionadas as mudanças litológicas em todos os sites, especialmente no site 1215 e 1217.
- O resultado da aplicação da análise de componentes principais associada ao gráfico 3D revelou situações na qual a interpretação do tipo litológico não convergiu com os agrupamentos baseados na afinidade geoquímica. Tal observação foi feita principalmente no site 1218. No site 1219 observou-se o inverso, isto é, houve separação de amostras do mesmo tipo litológico significando que tinham características geoquímicas distintas. Estes resultados são essenciais ao detalhamento quimioestratigráfico.
- Nos sites 1218 e 1219 foram realizadas análises de componentes principais especificamente para a seção carbonática, cujos resultados foram capazes de demonstrar heterogeneidades na seção aparentemente homogênea. No site 1218 o limite das biozonas que marcam o limite O/M ficou muito próxima do limite entre quimiounidades, convergindo para a interpretação de um evento importante que afetou a biogeoquímica marinha e para o caráter cronoestratigráfico dos eventos geoquímicos.
- Nos sites 1220 e 1221 houve detalhamento das seções carbonáticas eocênicas com excelente resultado na definição de assinaturas geoquímicas relacionadas ao limite P/E.
- Em todos os sites a interpretação do significado de cada eixo da PCA foi importante como um auxílio à identificação das fases mineralógicas/fator que controlou a distribuição das amostras. O grande valor desta análise ficou claro nos sites 1220 e 1221 onde foi possível perceber a contribuição de uma fase argilosa afetando a camada de *chalk*.
- Os resultados descritos acima serão potencializados quando aplicados a amostras de calha, uma vez que as descrições destas amostras apresentam limitações quando comparadas as descrições de testemunhos que permitem alto nível de detalhamento.

- A seção de correlação litológica proposta com base em SVM mostrou um alto grau de convergência e acerto (de ponto de vista geológico) do método. Este resultado foi essencial como parâmetro para a elaboração da segunda abordagem de correlação, pois o SVM é aqui aplicado de maneira pioneira na classificação envolvendo dados geoquímicos.
- A seção de correlação final, que se baseou nos resultados do SVM para elucidar as dúvidas remanescentes da correlação feita com os resultados das análises de cluster e PCA, demonstrou excelente adequação as associações esperadas, com graus de acerto da ordem de 85% na quantificação dos modelos de SVM utilizados.
- O fluxograma de análises proposto nesta dissertação (reconhecimento visual inicial > HCA > PCA > SVM) foi adequado e constitui-se um método eficaz como processamento do dado geoquímico que além de acelerar a análise apresentou grande contribuição na própria interpretação quimioestratigráfica.

CAPITULO 8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSSON, P. O. D., WORDEN, R. H., HODGSON, D. M., FLINT, S. 2004. Provenance evolution and chemostratigraphy of a Paleozoic submarine fan complex: Tanqua Karoo Basin, South Africa. Marine and Petroleum Geology, 21: 555 – 577.

AZEVEDO, R.L.M. 1995. Isótopos de oxigênio e carbono em estudos estratigráficos de detalhe na Bacia de Campos: aplicações no Quaternário e Oligoceno. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 138p. Dissertação (Mestrado).

BARROSO, L. P. 2003. Análise Multivariada. 48ª Reunião da RBRAS e 10º SEAGRO – 7ª Lavras MG. Departamento de Ciências e Exatas. Universidade Federal de Lavras.

BONNET, A., DAHAN, C. 1983. Oil-well data interpretation using expert system and pattern recognition technique. Proceedings of the Eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence, vol.1, pp. 185 – 189.

BRAGA, A., CARVALHO, A. C. P. L. F., LUDERMIR, T. B. 2000. Redes Neurais Artificiais: Teoria e Aplicações. 2º Ed. LTC, 283p.

BRASS, G.W; SOUTHAM, J.R. & PETERSON, W.H. 1982. Warm saline bottom water in the ancient ocean. Nature, 296: 620 – 623.

BONHAM-CARTER, G. F., NEMEC, V., MERRIAM, D. F., PENGDA, Z., CHENG, Z. 2008. The Role of Frederik Pieter Agterberg in the Development of Geomathematics, in Progress in Geomathematics, Cap. 2, 5 – 22.

CALVERT S. E., PRICE N. B. 1977. Geochemical variation on ferromanganese nodules and associated sediments from the Pacific Ocean. Mar. Chem. 5: 43 – 74.

CALVERT S. E., PRICE N. B., HEATH G. R., MOORE T. C., Jr. 1978. Relationship between ferromanganese nodule compositions and sedimentation in a small survey area of the equatorial Pacific. J. Mar. Res. 36: 161 – 183.

CHRISTOFOLETTI, S. R., THOMAZELLA, H. R., MORENO, M. M. T., MASSON, M. R. 2005. Utilização da análise estatística Multivariada no tratamento de dados aplicados a matérias-primas cerâmicas. Revista do Instituto Geológico, 26: 19 – 29.

CHRISTIE, O. H. J., ESBENSEN, K., MEYER, T., WOLD, S. 1984. Aspects of pattern recognition in organic geochemistry, Organic Geochemistry, 6: 885 – 891.

CORFIELD, R.M. & CARTLIDGE, J.E. 1993. Oxygen and carbon isotope stratigraphy of the middle miocene, holes 805b and 806b. *In proc. Odp, sci. Res.*, 130: 307-322.

CORSI, A. C., LANDIM, P. M. B. 2003. Chumbo, zinco e cobre em sedimentos de corrente nos ribeirões grande, perau e canoas, e córrego barrinha no município de Adrianópolis (Vale do Ribeira, PR). Geociências, 22: n° Especial: 49 – 61.

CUNHA, A.A.S. 2001. Cicloestratigrafia no Cenomaniano superior e Turoniano do oceano atlântico sul. Porto Alegre. 209p. Dissertação de Doutorado em Ciências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

DAVIS, J. C. 1986. Statistics and Data analysis in Geology: 2th ed., John Wiley and Sons, inc.

DOVETON, J. H. 2004. Borehole petrophysical chemostratigraphy of Pennsylvanian black shales in the Kansas subsurface. Chemical Geology, 206: 249 – 258.

EHRENBERG, S. N., SIRING, E. 1991. Use of bulk chemical analysis in stratigraphic correlation of sandstones: an example from the Statfjord Nord field, Norwegian Continental shelf. Journal of Sedimentary Petrology, vol 62: 318 – 330.

FERREIRA, A.M.P.J. 2000. Dados Geoquímicos de Base de Sedimentos Fluviais de Amostragem de Baixa Densidade de Portugal Continental: Estudo de Factores de Variação Regional. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro, Dep. de Geociências, 234p.

HAYKIN, S. 1999. *Neural Networks a Comprehensive Foundation*. Prentice Hall.

HOWARTH, R. J. 1974. The impact of pattern recognition methodology in geochemistry. Proc. Second Internal. Joint Conf. Pattern Recognition, Copenhagen, 411-412.

HUSSAIN, H. 2007. Elemental chemistry as a tool of stratigraphic correlation: A case study involving lower Paleozoic Wajid, Saq, and Qasim formations in Saudi Arabia. Marine and Petroleum Geology, 24: 91 – 108.

IVANCIUC, O. 2007. Applications of Support Vector Machines in Chemistry. *In: Reviews in Computational Chemistry*, Volume 23, Eds.: K. B. Lipkowitz and T. R. Cundari. Wiley-VCH, Weinheim, pp. 291-400.

JENKYNS, H.C., GALE, A. S. & CORFIELD, R. M. 1994. Carbon- and Oxygen isotope Stratigraphy of the English *chalk* and Italian scaglia and its paleoclimate significance. *Geological Magazine*, 131: 1 – 34.

JI, H., ZENG, D., SHI, Y., WU, Y., WU, X. 2007. Semi-hierarchical correspondence cluster analysis and regional geochemical pattern recognition. Journal of Geochemical Exploration, 93: 109 – 119.

JOHANN, P. R. S. 2004. Fácies Sísmicas. B. Geoci. Petrobras, 12, (2): 317 – 355.

KAMINSKAS, D., MALMGREN, B. A. 2003. Comparison of pattern-recognition techniques for classification of Silurian rocks from Lithuania based on geochemical data. Norwegian Journal of Geology, 10: 117 – 124.

KANEVSKI, POZDNOUKHOV, M., TIMONIN, V., MAIGNAN, M. 2008. Soil pollution characterisation using Support Vector Machines: from monitoring network design to multiscale mapping. Geophysical Research Abstracts, 10: 1 – 2.

KENDAL, M. G. 1963. Discrimination and Classification: CEIR Ltda.

LACASSIE, J.P., MCCLUNG, C.R., BAILIE, R.H., GUTZMER, J., RUIZ-DEL-SOLAR, J. 2006. Geochemical patterns of schists from the Bushmanland Group: An artificial neural networks approach. Journal of Geochemical Exploration, 91: 81 – 98.

LANDIM, P. M. B. 2000. Análise estatística de dados geológicos multivariados. Lab. Geomatématica, DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Texto Didático 03, 128pp. Disponível em <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>. Acesso em: 03/03/09.

LI, Y.-H., SCHOONMAKER, J. E. 2003. Chemical Composition and mineralogy of marine sediments. In: Treatise on Geochemistry, Ed. F. T. Mackenzie, *University of Hawaii, HI, USA*, Vol.7, Cap. 7.01, 1 – 35.

LORENA, A. C., CARVALHO, A. C. P. L. F. 2007. Uma Introdução às Support Vector Machines. RITA, XIV (2): 43 – 67.

LYLE, M., WILSON, P.A., JANECEK, T.R. 2002. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports Volume 199, pp. 1 – 87.

MABROUK, A., JARVIS, I., MOODY, R. T. J., BELAYOUNI, H., BRAHIM, A. B., DE CABRERA, S. 2003. Chemostratigraphy and Correlation of a *Chalk* Petroleum Reservoir – Case of the Campanian-basal Maastrichtian Abiod Formation in Tunisia. 1st North African/Mediterranean Petroleum & Geoscience Conference & Exhibition.

MABROUK, A., JARVIS, I., BELAYOUNI, H., MURPHY, A. MOODY, R. T. J. 2007. Sequence Stratigraphy, Sea Level Change and Palaeoenvironments via Chemostratigraphy: Regional to Global Correlation. AAPG Annual Convention, Long Beach, Califórnia, pp. 1 – 12.

MALMGREN, B. A., NORDLUND, U. 1996. Application of neural artificial networks to chemostratigraphy. Paleoceanography, 11, (4): 505 – 512.

MANSOUR, Z., POUYAN, A. A., ZIAEI, M. 2009. Neuro-fuzzy modelling in mining geochemistry: Identification of geochemical anomalies. Journal of Geochemical Exploration, 100: 25 – 36.

MARSHALL, J.D. 1992. Climatic and oceanographic isotopic signals from the carbonate rock record and their preservation. Geological Magazine, 129 (2): 143 – 160.

MCCLLENAGHAN, S. H., LENTZ, D. R., FYFFFE, L. R. 2006. Chemostratigraphy of Volcanic Rocks Hosting Massive Sulfide Clasts Within the Meductic Group, West-Central New Brunswick. Exploration and Mining Geology, 15 (3-4): 241 – 261.

MELO, D. P., MELONI, R.B.S., CAPISTRANO, G.G. 2009. Quantitative Chemostratigraphy: new approach for the processing and analysis of geochemical data, AAPG Congress, Rio de Janeiro, pp.1.

MIESCH, A. T., CHAO, E. C. T., CUTTITA, F. 1966. Multivariate analysis of geochemical data on tektites. J. Geol., 74 (5): 673 – 691.

MINGOTI, S. A. 2005. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte, ed. UFMG, 297p.

MOITA NETO, J. M., MOITA, G. C. 1998. Uma introdução a análise exploratória de dados multivariados. Química Nova, 21, (4): 467 – 469.

MORAES, D. R. S. 2004. Inteligência Computacional na Classificação Litológica. Dissertação de Mestrado – COPPE UFRJ, 75p.

MORSE, J. W., MACKENZIE, F. T. 1990. Geochemistry of sedimentary carbonates. Development in Sedimentology, Vol. 48, pp. 681.

NELMS, R. L., BURKE, R. B. 2004. Evaluation of oil reservoir characteristics to assess north dakota carbon dioxide miscible flooding potential. 12th Williston Basin Horizontal Well and Petroleum Conference, Minot – North Dakota, pp. 1- 11.

NUNES, F., NORRIS, R. D. 2005. Data report: high-resolution stable isotope records across the Paleocene/eocene boundary, ODP sites 1220 and 1221. In: In Wilson, P.A., Lyle, M., and Firth, J.V. (Eds.), *Proc. ODP, Sci. Results*, 199, 1–12.

OLIVEIRA, L.C. 2006. Jurássico Inferior: Exemplo da Bacia Lusitânica, Nanofósseis Calcários e Estratigrafia Química. Rio Grande do Sul. Exame de Qualificação de Doutorado em Geologia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 87p.

PEARCE, T. J., WRAY, D. S., RATCLIFFE, D. K., WRIGHT, D. K., MOSCARIELLO, A. 2005. Chemostratigraphy of the Upper Carboniferous Schooner Formation, southern North Sea. *In: Carboniferous hydrocarbon geology: the southern North Sea and surrounding onshore areas*, ed. Collinson, J. D., Evans, D. W., Jones, N. S. vol. 7, pp. 147 – 164.

PEARCE T. J. & JARVIS I. 1995. High-resolution chemostratigraphy of Quaternary distal turbidites: a case study of new methods for the analysis and correlation of barren sequences. Geological Society, London, Special Publications. v. 89; p. 107-143.

PEARCE, T. J., BESLY, B. M., WRAY, D. S., WRIGHT, D. K. 1999. Chemostratigraphy: a method to improve interwell correlation in barren sequences – a case study using onshore Duckmantian / Stephanian sequences (West Midlands, U. K.). Sedimentary Geology, 124: 197 – 220.

PERAL, L. E. G., POIRÉ, D. G., STRAUSS, H., ZIMMERMANN, U. 2007. Chemostratigraphy and diagenetic constraints on Neoproterozoic carbonate successions from the Sierras Bayas Group, Tandilia System, Argentina. Chemical Geology, 237: 109 – 128.

PISANI, J. F. 1969. Análise estatística multidimensional em Biologia: Ciência e Cultura, 21 (3): 619 – 631.

QUINTAES, C. M. S. P. 2006. Aplicação da Estratigrafia Química e da Estratigrafia de Sequências na Seção Albiana da Porção Sul da Bacia de Santos. Dissertação de Mestrado – Uerj – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 182p.

RAILSBACK, L.B. & ANDERSON, T.F. 1989. Paleooceanographic modeling of temperature – salinity profiles from stable isotopic data. Paleoceanography, 4 (5) 585-591.

RATCLIFFE, K. T., WRIGHT, D. K., WRAY, D. S., ZAITLIN, B. A., DIX, M. C. 2003. Whole rock geochemical analysis of a low accommodation fluvial reservoir: an example from the Lower Cretaceous Basal Quartz, Southern Alberta. AAPG Annual Convention, Salt Lake City, Utah, pp. 11 – 14.

RATCLIFFE, K. T., WRIGHT, A. M., HALLSWORTH, C., MORTON, A., ZAITLIN, B. A., POTOCKI, D., WRAY, D. S. 2004. An example of alternative correlation techniques in a low-accommodation setting, nonmarine hydrocarbon system: The (Lower Cretaceous) Mannville Basal Quartz succession of southern Alberta. AAPG Bulletin, v. 88, n 10, pp. 1419 – 1432.

RAVIZZA, G.E., ZACHOS, J. C. 2001. Records of Cenozoic Ocean Chemistry. *In: Treatise on Geochemistry*, Ed. F. T. Mackenzie, University of Hawaii, HI, USA, Vol.6, Cap. 6.20, 551 – 577.

REYMENT, R. & HIRANO, H. 1999. Exploratory multivariate statistical analysis of

geochemical data from the Cenomanian – Turonian transition of the Yezo Supergroup, Hokkaido, Japan. Cretaceous Research, 20, pp. 539 – 546.

RENARD, M., 2008. Chemostratigraphy. In: Stratigraphy: practise and terminology, Ed. Technip, Rey, J. and Galeotti, S (Eds). pp. 165.

RICH, E., KNIGHT, K. 1991. *Artificial Intelligence*. McGraw-Hill, 320pp.

RODRIGUES, R., 2005. Chemostratigraphy. In: Applied Stratigraphy, Springer, 165-178.

RODRIGUES, R. 1995. Aplicação da estratigrafia química na identificação de eventos paleocanográficos: exemplos do paleozóico ao cenozóico. 1º Workshop sobre paleoceanografia com ênfase em micropaleontologia e estratigrafia, Gramado, 91-99.

RODRIGUES, R. 1978. Aplicação dos isótopos estáveis do carbono e oxigênio na exploração do petróleo. In: Congresso Brasileiro de Petróleo, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Petróleo, 1978, v. 1, p. 11-25.

RODRIGUES, R., TAKAKI, T. 1987. Estratigrafia isotópica de seqüências carbonáticas cenozóicas da costa norte do Brasil. Boletim de Geociências da PETROBRAS, Rio de Janeiro, 1 (2): 177-182.

ROLLINSON, H. R. 1995. *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*. Harlow, Essex, England: Longman Group, 352 pp.

SCHREER, J. F., O'HARA, R. J. H., KOVACS, K. M. 1998. Classification of dive profiles: a comparison of statistical clustering techniques and unsupervised artificial neural network. Journal of Agriculture Biological and Environmental Statistics, 3 (4): 383 – 404.

SCHULTZ, R. B. 2004. Geochemical relationships of late Paleozoic carbon-rich shales of the Midcontinent, USA: a compendium of results advocating changeable geochemical conditions. Chemical Geology, 206: 347 – 372.

SHACKLETON, N. J., HALL, M. A. 1995. Stable isotope records in bulk sediments. In: PISIAS, N.G. *et al.* (eds). OCEAN DRILLING PROGRAM, 1995, Texas. *Proceedings...* Washington: U.S. Printing Office, v. 138, p. 797-805.

SHACKLETON, N. J. 1986. Paleogene stable isotope events. Palaeog. Palaeoclim. Palaeoecol., 57: 91-102.

SHACKLETON, N.J. 1987. The carbon isotope record of the Cenozoic: history of organic carbon burial and of oxygen in the ocean and atmosphere. Geol Soc. Spec. Publ. London, 26: 423-434.

SHACKLETON, N.J., KENNETT, J. P. 1975. Paleotemperature history of the Cenozoic and the

initiation of Antarctic glaciation: oxygen and carbon isotope analysis in DSDP Sites 277, 279, and 281. In Kennet, J. P., Houtz, R. E., *et al.*, *Init. Repts. DSDP*, 29: Washington (U. S. Govt. Printing Office), 743 – 755.

SICKEL, W. A. V., KOMINZ, A. M., MILLER, K. G., BROWNING, J. V. 2004. Late Cretaceous and Cenozoic sea-level estimates: backstripping analysis of borehole data, onshore New Jersey. Basin Research, 16: 451 – 465.

SILVA, M. A., SANTOS, J., COSTA, M. C., RIBEIRO, L. 2002. Análise estatística multivariada aplicada a dados hidroquímicos. 6º Congresso da Água, pp. 28-29.

SPRAGUE, R. A., MELVIN, J., CONRADI, F., PEARCE, T., DIX, M. HILL, S., CANHAM, A. 2008. Integration of Core-based Chemostratigraphy and Petrography of the Devonian Jauf Sandstones, Uthmaniya Area, Ghawar Field, Eastern Saudi Arabia. Adapted from oral presentation AAPG Convention, San Antonio, TX, pp. 1 – 34.

TAHERI, M., AUDEMARD, N. M. 1993. Application of multivariate Statistics in crude quality characterization and regional distribution in Orinoco oil belt. AAPG Bulletin, section II Characterization, maturation, and degradation, pp. 175 – 181.

TAKAKI, T. 1984. *Utilização de isótopos como indicadores ambientais*: bacias de Campos, Santos e Espírito Santo. Rio de Janeiro : PETROBRAS CENPES.DIVEX.SEGEQ (relatório interno), 1984. pp. 27.

TAKAKI, T., RODRIGUES, R. 1986. Utilização de isótopos como indicadores ambientais nas Bacias do Norte do Brasil. Rio de Janeiro: PETROBRAS.CENPES.DIVEX.SEGEQ, 1v. Relatório interno.

TEIXEIRA, A. B. R., RODRIGUES, R. 1997. Elementos Químicos maiores e menores. Seminário da disciplina Estratigrafia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pp. 1 – 32.

TRIGUIS, J. A., RODRIGUES, R., SOUZA, E. 2005. Estratigrafia da seção tipo da Formação Barreirinha (Devoniano Superior), Bacia do Amazonas – Brasil. Anais 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Salvador, pp. 1-4.

TUCKER, M.E. & WRIGHT, V.P. (eds.). 1990. Carbonate Sedimentology. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 482 p.

WATERMAN, M. S., RAYMOND, R. 1987. The Match Game: New Stratigraphic Correlation Algorithms, *Mathematical Geology*, vol. 19, n.2, 1 – 19.

WEISSERT, H., JOACHIMSKI, M., SARNTHEIN, M. 2008. Chemostratigraphy. International Subcomission Stratigraphy, appendix Newsletter, vol 42, n. 3, pp. 145 - 179.

WETZEL, A. 1989. Influence of heat flow on ooze/*chalk* cementation: quantification from consolidation parameters in DSDP sites 504 e 505 sediments. Journal of Sedimentary Petrology, 59, (4): 539-547.

WILLS, A. O. 2006. Chemostratigraphy at the Brunswick no.6 Volcanic-Sediment-Hosted Massive Sulfide Deposit, New Brunswick: Resolving Geometry from Drill Core in Deformed Felsic Volcanic Rocks. Exploration and Mining Geology, 15 (3-4): 35 – 51.

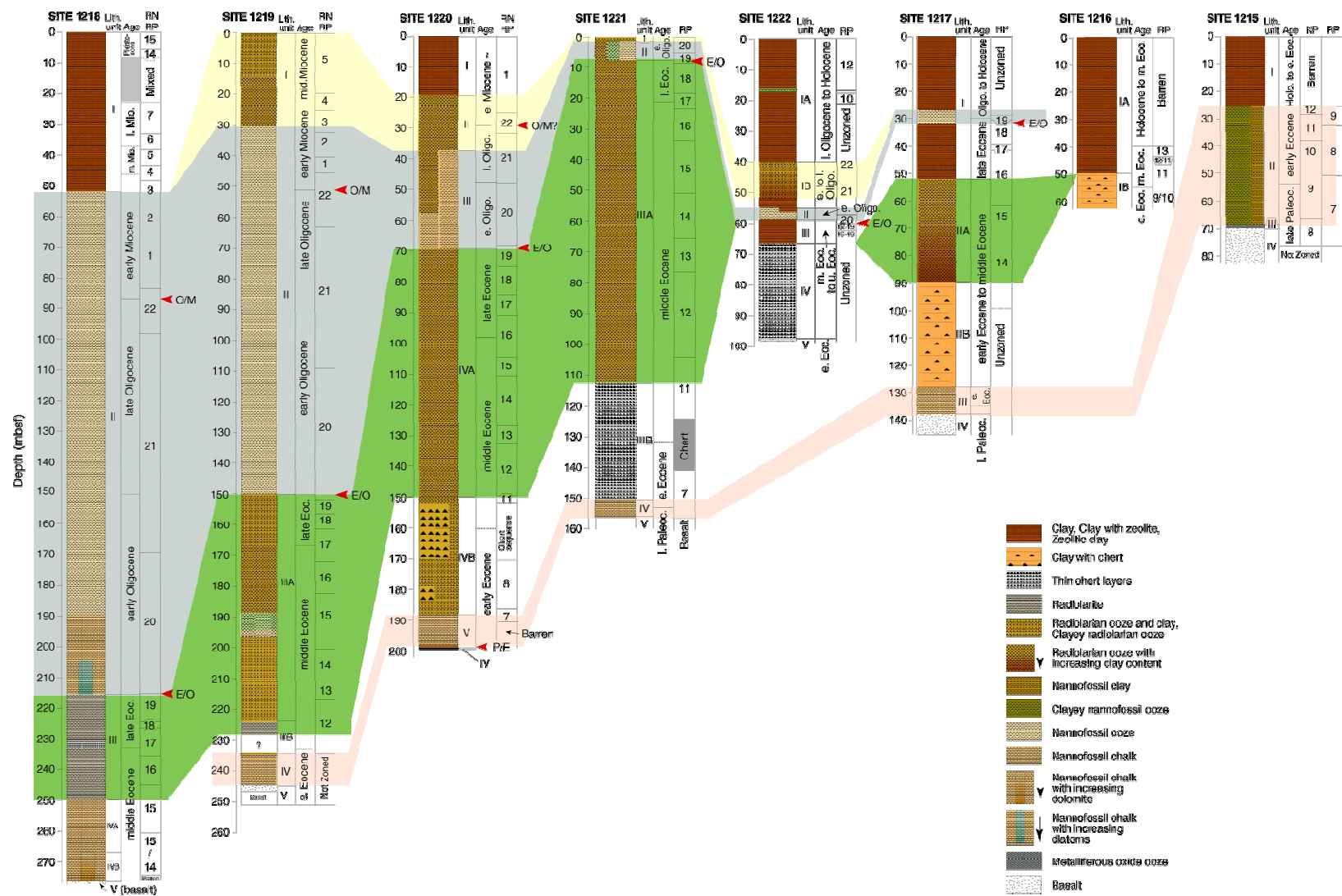
YAO, X., THAM, L. G., DAI, F. C. 2008. Landslide susceptibility mapping based on Support Vector Machine: A case study on natural slopes of Hong Kong, China. Geomorphology, 101: 572 – 582.

ZACHOS, J.C., LOHMANN, K.C., WALKER, J.C.G., and WISE, S.W., Jr., 1993. Abrupt climate changes and transient climates during the Paleogene: a marine perspective. J. Geol., 101:191 – 213.

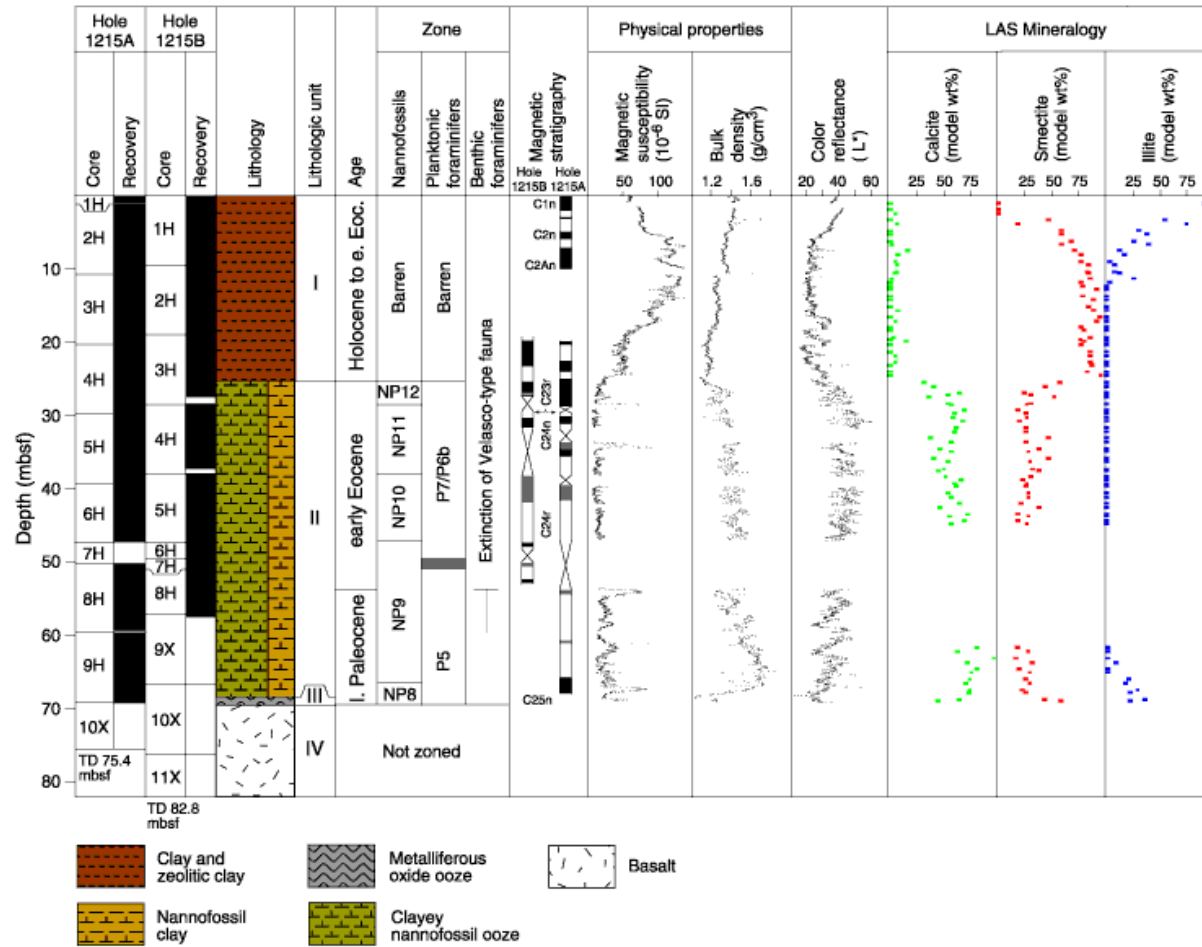
ZACHOS, J.C., REA, D.K., SETO, K., NIITSUMA, N., NOMURA, R. 1992. Paleogene and early Neogene deep water history of the Indian Ocean: inferences from stable isotopic records. In: Duncan, R.A., Rea, D.K., Kidd, R.B., von Rad, U., and Weissel, J.K. (Eds.), Synthesis of Results from Scientific Drilling in the Indian Ocean. Geophys. Monogr., Am. Geophys. Union, 70: 351–386

ZACHOS J., PAGANI M., SLOAN L., THOMAS E., BILLUPS K., SMITH J. P., and UPPENBRINK J. P. 2001. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. Science 292 (5517): 686–693.

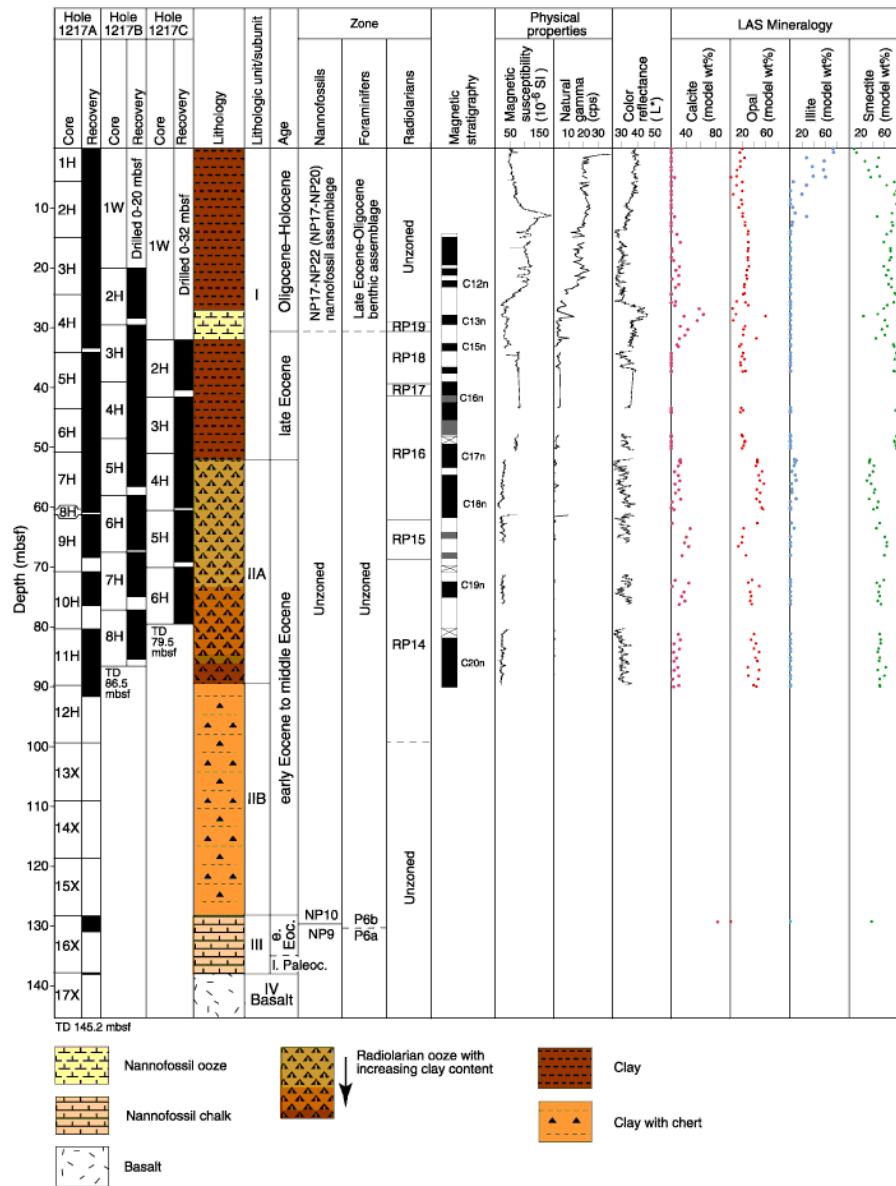
ANEXO 1
INFORMAÇÕES DO ODP (OCEAN DRILLING PROGRAM) DE INTEGRAÇÃO DOS
DADOS DE LITOESTRATIGRAFIA, BIOESTRATIGRAFIA,
MAGNETOESTRATIGRAFIA, MINERALOGIA
E PROPRIEDADES FÍSICAS



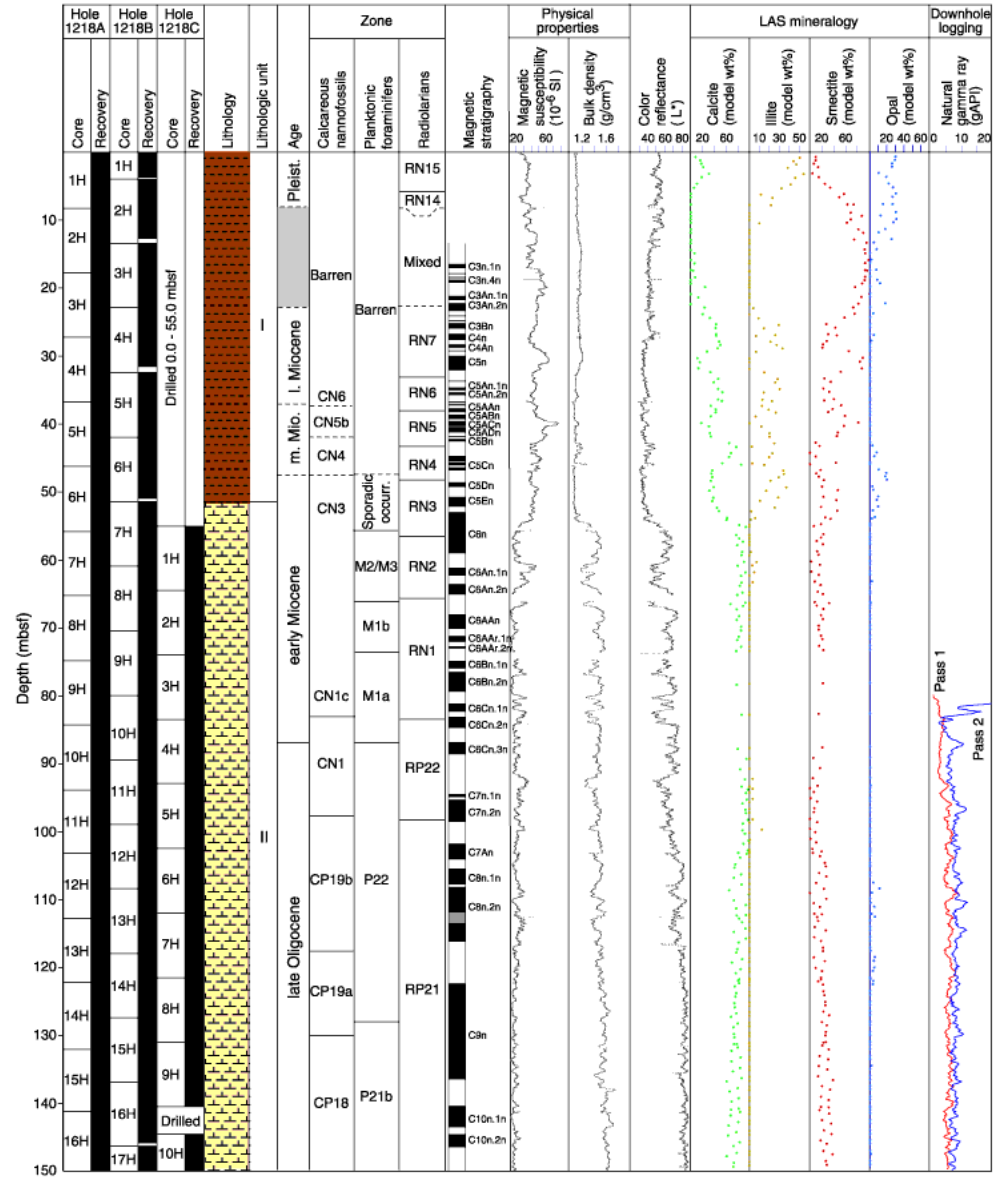
Site 1215



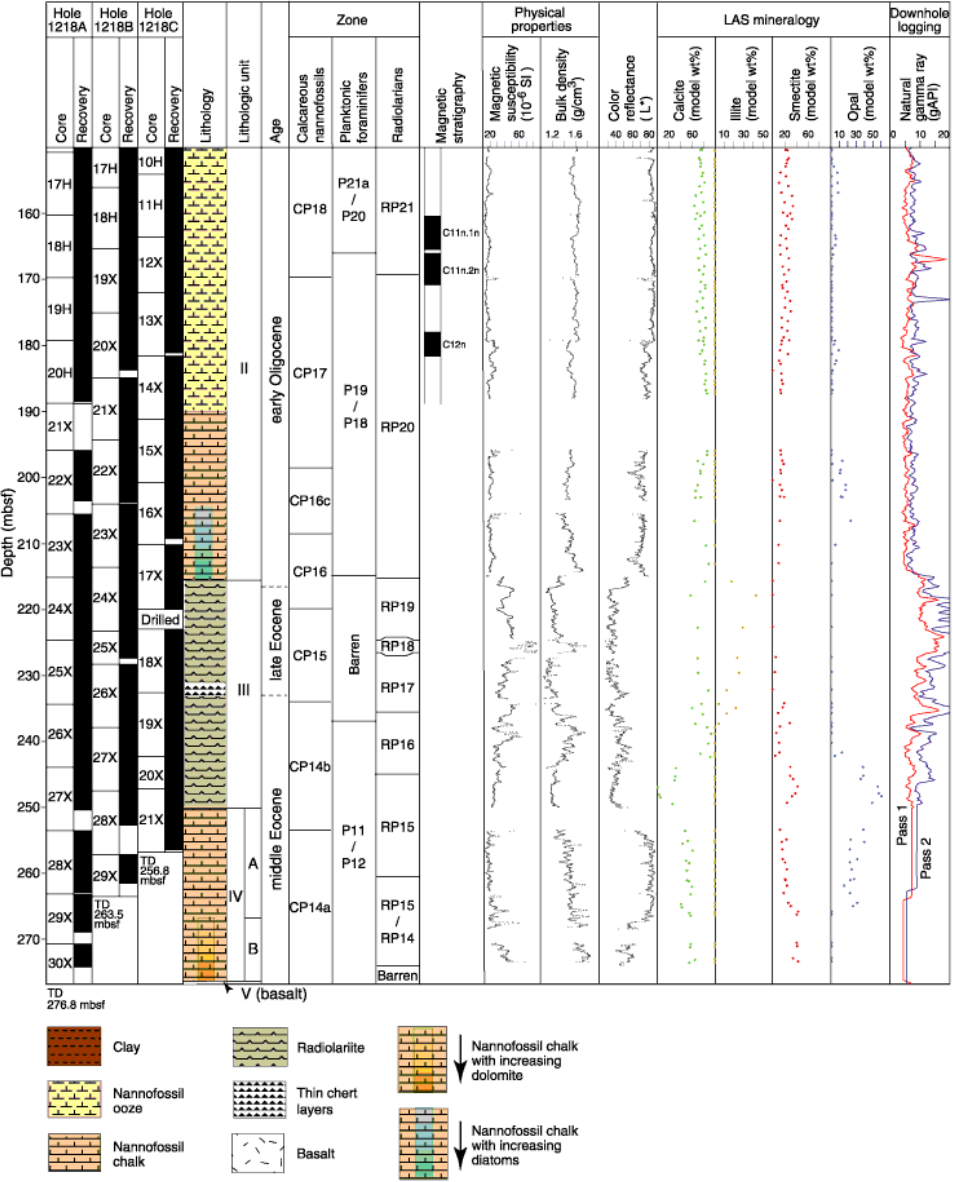
Site 1217



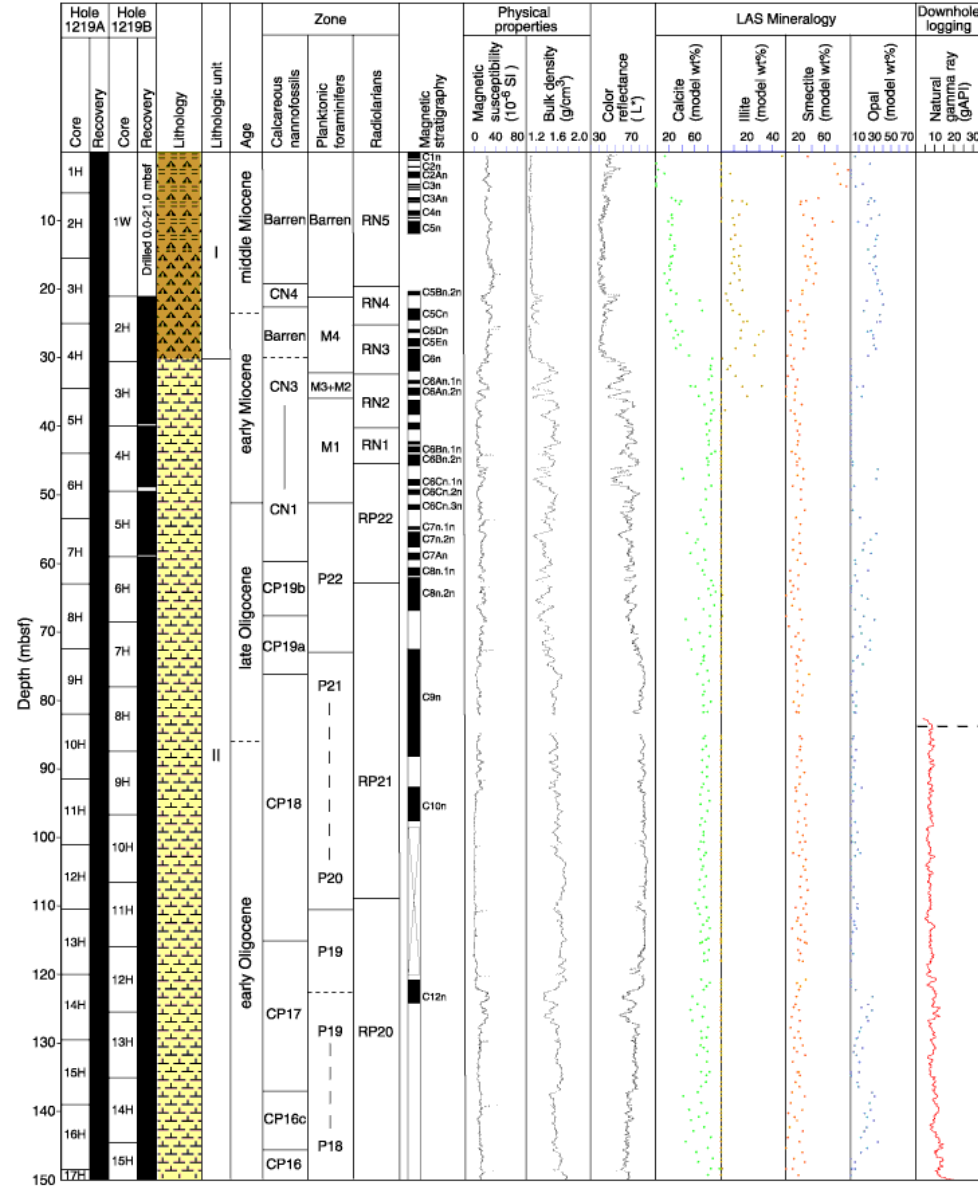
Site 1218



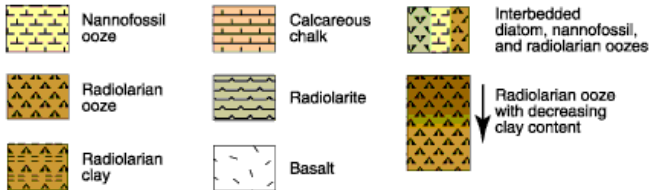
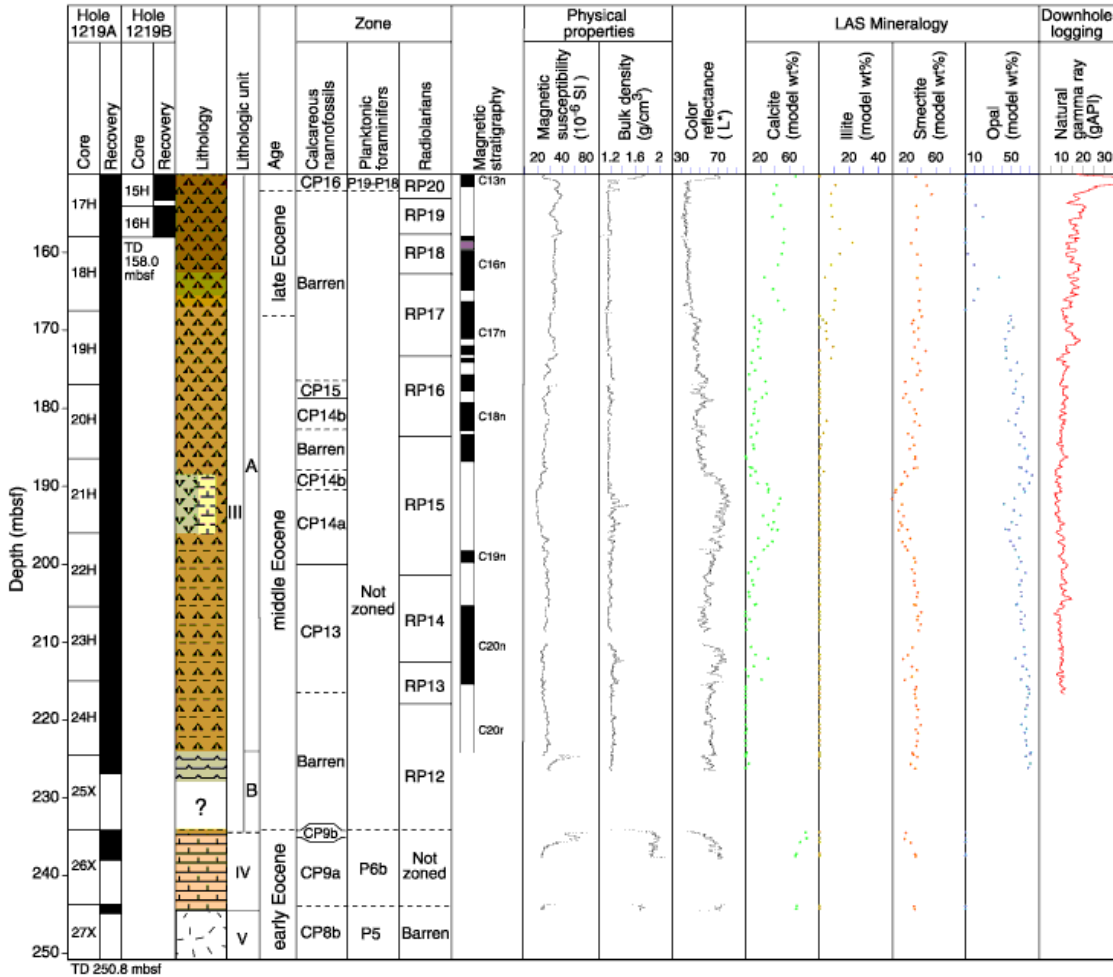
Site 1218



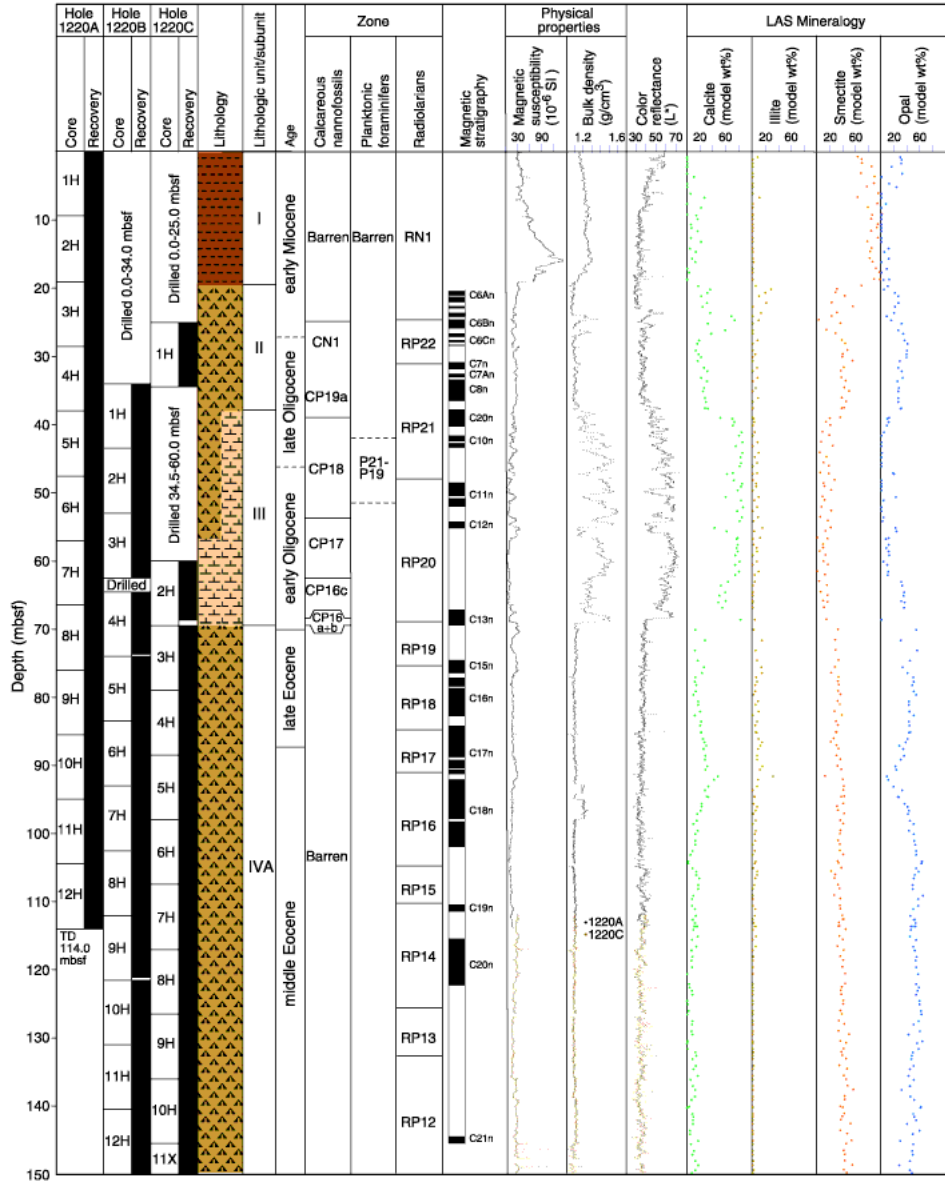
Site 1219



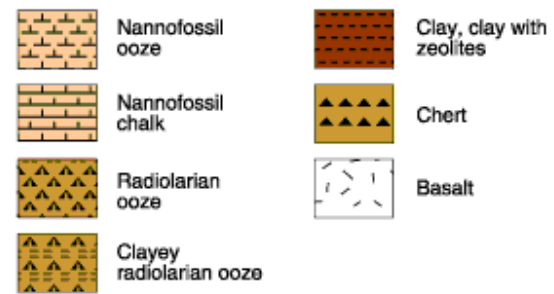
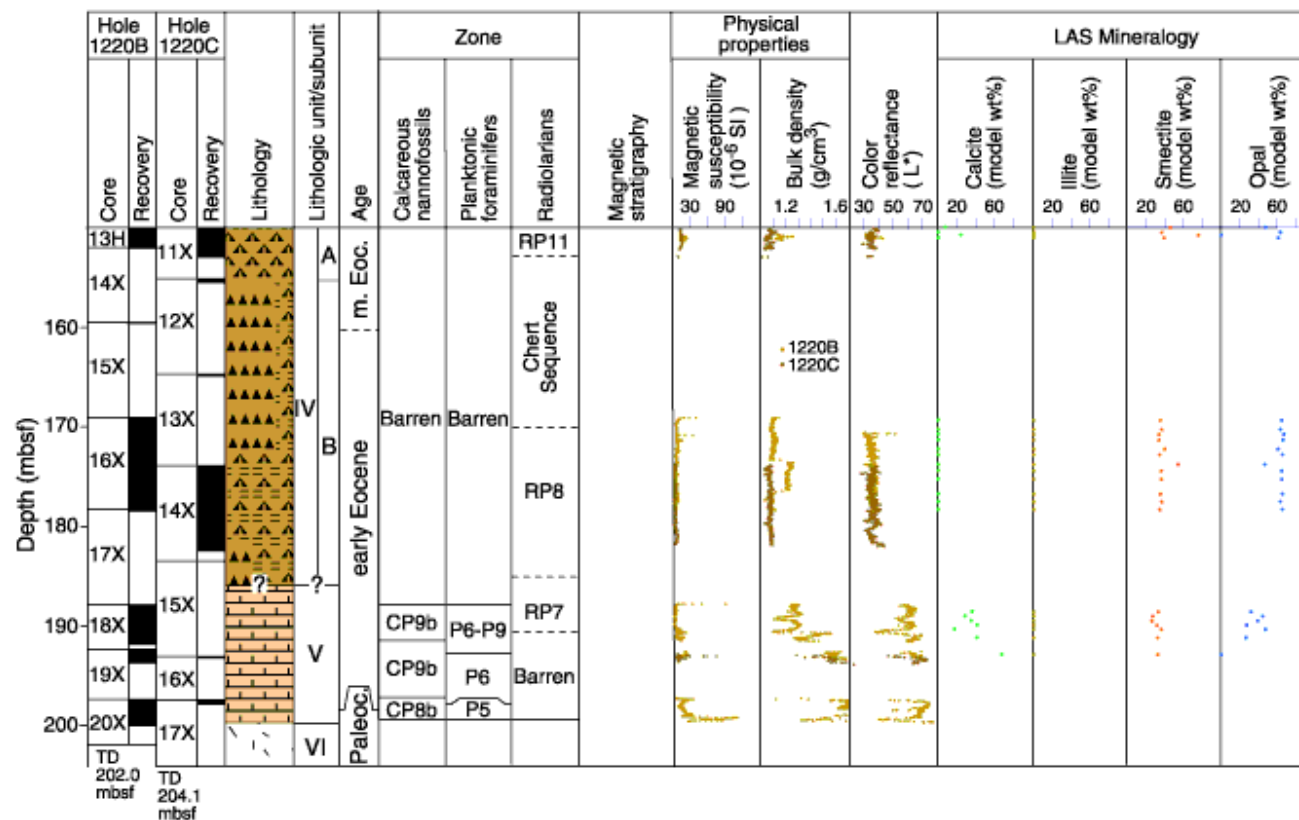
Site 1219



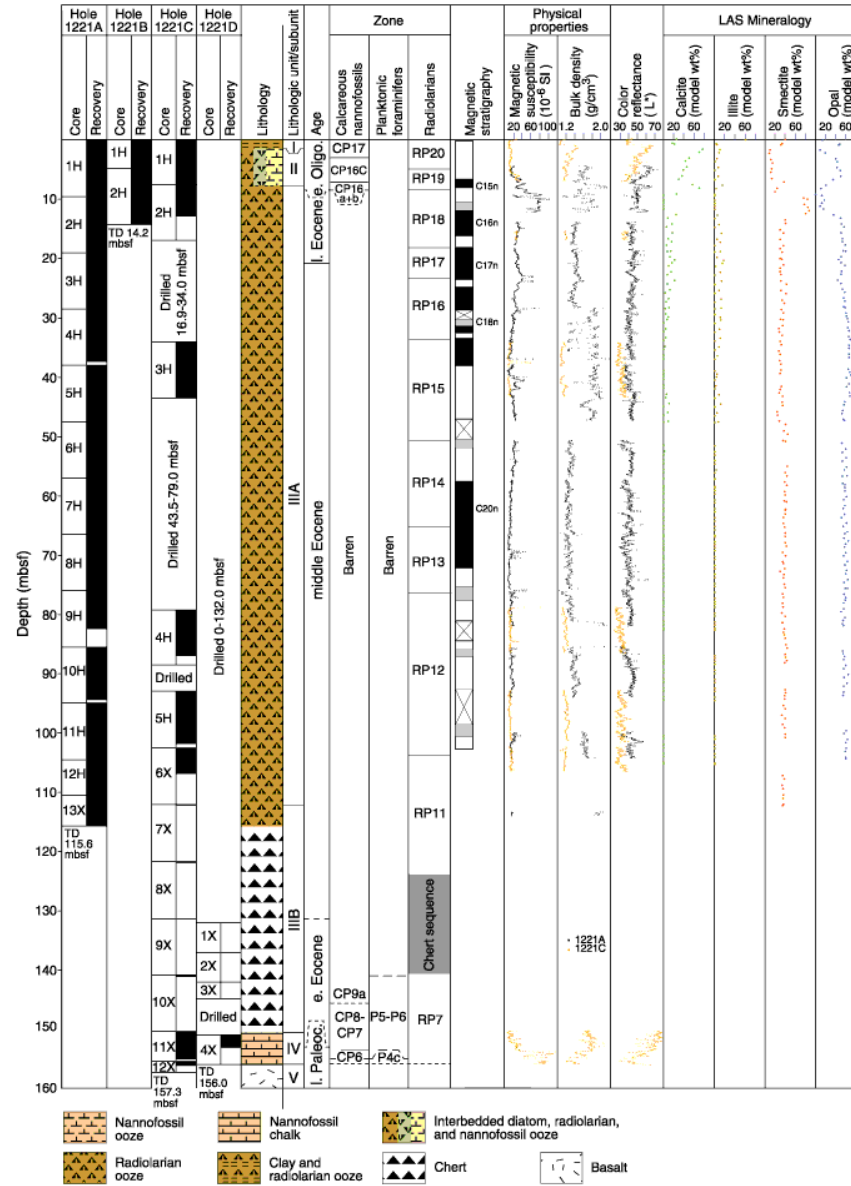
Site 1220



Site 1220



Site 1221



ANEXO 2
TABELAS DE DADOS DOS *SITES* 1215, 1217, 1218, 1219, 1220 E 1221 FORNECIDOS
PELO ODP, VALORES DAS COMPONENTES PRINCIPAIS E UNIDADES
QUIMIOESTRATIGRÁFICAS

Site 1215 Leg 199																	
Lat	Long	Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	Classificação	eixo 1	eixo 2	eixo 3
26° 1.773'N	147°55.991'W	0,51	25,75	0,5	9,08	5,51	0,36	2,06	0,33	0,04	145	969	argila	quimiounidade 1	3,3419	3,0233	-1,823
		1,93	25,05	0,54	8,93	5,67	0,43	2,05	0,53	0,07	159	787	argila	quimiounidade 1	3,1677	3,0612	-1,4687
		3,44	24,38	0,51	8,69	5,53	0,65	1,98	0,6	0,14	165	628	argila	quimiounidade 1	2,9633	2,7913	-0,8668
		4,94	22,74	0,44	8,14	4,98	0,91	1,82	0,83	0,22	191	660	argila	quimiounidade 1	2,8305	2,2908	-0,4069
		6,43	22,11	0,4	7,9	4,68	1,54	1,62	1,69	0,4	251	437	argila	quimiounidade 1	2,6661	1,6992	0,8944
		7,39	22,8	0,23	8,68	3,26	0,65	0,89	0,31	0,15	117	335	argila	quimiounidade 1	1,4416	2,3723	0,7035
		7,93	19,77	0,3	7,38	4,23	1,78	1,18	1,4	0,33	234	413	argila	quimiounidade 1	2,0232	1,4038	1,0546
		8,28	22,9	0,23	8,69	3,1	1,12	0,84	0,8	0,21	163	446	argila	quimiounidade 1	1,7214	2,0761	0,8888
		9,44	21,11	0,27	7,33	4,59	1,71	1,4	1,67	0,47	222	378	argila	quimiounidade 1	2,3347	1,1061	1,5096
		10,48	19,73	0,24	6,62	5,58	2,23	1,39	1,72	0,44	238	401	argila	quimiounidade 1	2,2598	0,6358	1,3539
		11,44	17,2	0,2	5,43	10,26	2,79	1,46	1,67	0,58	284	462	argila	quimiounidade 1	2,6272	-0,5633	1,6396
		12,93	17,75	0,16	4,66	6,79	2,41	2,24	1,62	0,41	218	389	argila	quimiounidade 1	2,2734	-0,1862	0,4649
		14,44	17,49	0,15	4,81	10,08	1,66	1,95	1,24	0,36	209	387	argila	quimiounidade 1	2,0552	-0,0307	0,3113
		15,95	12,53	0,13	3,38	17,02	3,32	1,58	1,44	0,46	327	663	argila	quimiounidade 1	2,6111	-1,8264	0,4896
		17,44	14,33	0,12	3,4	17,26	3,61	1,77	1,38	0,39	368	705	argila	quimiounidade 1	2,7213	-1,8791	0,0173
		18,94	12,92	0,1	2,28	16,72	3,6	2	1,24	0,31	345	727	argila	quimiounidade 1	2,5077	-2,0019	-0,5774
		20,06	14,55	0,09	2,32	19,99	4,2	2,17	1,33	0,43	420	806	argila	quimiounidade 1	3,1686	-2,7262	-0,3613
		20,94	14,26	0,1	2,14	17,74	3,79	1,68	1,3	0,39	384	695	argila	quimiounidade 1	2,5557	-2,1997	0,0287
		22,44	12,73	0,1	2,21	20,97	5,13	2,08	1,58	0,49	480	791	argila	quimiounidade 1	3,3124	-3,3007	0,0342
		23,93	16,85	0,06	1,44	14,99	2,66	2,63	0,94	0,3	277	498	argila	quimiounidade 1	2,2756	-1,6184	-0,8709
		25,44	17,04	0,05	1,38	11,8	2,24	3,3	1,47	0,2	219	334	argila	quimiounidade 1	1,9597	-1,1426	-1,524
		26,94	6,38	0,02	0,42	6,23	1,23	1,31	23,92	0,05	817	200	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-1,5426	-0,4151	-0,5866
		28,24	11,39	0,07	1,59	14,76	4,25	1,77	5,35	0,27	413	597	vasa de nano com argila	quimiounidade 1	1,8376	-2,2163	-0,2976
		28,54	3,71	0,02	0,38	1,89	0,53	0,87	32,4	0,08	1004	71	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-2,698	0,1194	0,0508
		29,62	3,13	0,02	0,34	1,32	0,29	0,69	33	0,04	972	54	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-2,9642	0,3426	0,0404
		30,45	2,88	0,02	0,3	1,68	0,36	0,71	34,35	0,03	1136	92	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-3,0838	0,229	-0,1131
		31,94	2,24	0,01	0,24	0,74	0,25	0,44	34,76	0,04	1088	126	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-3,2226	0,3253	0,1203
		33,44	2,4	0,02	0,27	1,13	0,33	0,61	34,46	0,02	1108	113	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-3,1498	0,3001	-0,0887
		34,94	4,93	0,02	0,42	3,21	0,8	1,14	31	0,1	997	160	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-2,2038	-0,1482	-0,2048
		36,44	3,44	0,02	0,4	1,2	0,4	0,78	32,72	0,08	1069	137	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-2,7783	0,1989	0,0234
		37,81	2,89	0,02	0,29	1,15	0,32	0,62	33,5	0,04	1186	161	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-3,0653	0,2546	-0,0916
		39,11	4,88	0,03	0,6	4,58	1	0,84	30,06	0,11	965	228	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-2,0393	-0,252	-0,025
		39,94	6,3	0,02	0,39	4,96	1,16	1,32	28,82	0,05	1079	238	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-1,9171	-0,3844	-0,6863
		41,45	3,17	0,02	0,31	1,38	0,68	0,74	33,42	0,03	1078	141	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-2,8646	0,1342	-0,1419
		42,94	4,89	0,02	0,42	3,02	0,74	0,82	30,33	0,09	980	237	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-2,2488	-0,0527	-0,0967
		44,44	6,65	0,03	0,5	4,62	1,2	1,28	27,34	0,09	999	285	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-1,6524	-0,3628	-0,5154
		45,68	3,56	0,02	0,42	1,85	0,64	0,72	33,43	0,07	1186	163	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-2,8256	0,0465	-0,0225
		46,73	2,56	0,02	0,28	1,84	0,62	0,64	34,64	0,06	1228	169	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-2,9989	0,0209	-0,035
		60,43	2,48	0,02	0,32	1,07	0,56	0,58	35,8	0,08	1278	128	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-3,1674	0,0839	0,1603
		62,02	1,86	0,03	0,48	7,39	1,72	0,47	27,06	0,15	956	400	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-1,6804	-0,9017	0,1905
		63,44	0,98	0,02	0,23	1,99	1,02	0,33	34,88	0,05	1200	286	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-2,9609	-0,1579	0,0466
		64,98	1,09	0,01	0,37	0,54	1,06	0,31	33,59	0,1	1086	318	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-2,7592	-0,1182	0,3201
		66,44	0,83	0,02	0,31	0,88	0,89	0,28	35	0,11	997	242	vasa de nano com argila	quimiounidade 2	-2,8327	-0,0309	0,4614

Leg 199 Site 1217																		
Lat	Long	Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	Classificação	eixo 1	eixo 2	eixo 3	
16°52.013'N	138° 5.999'V	0,79	27,29	0,91	9,11	5,96	0,58	2,22	0,44	0,1	202	1778	argila	quimiounidade 1	1,2713	0,8463	1,8943	
		2,22	25,01	0,71	8,08	5,04	0,47	1,93	0,23	0,1	175	1456	argila	quimiounidade 1	0,4252	0,37	1,896	
		3,73	24,15	0,75	8,31	5,53	0,62	2,11	0,27	0,09	187	1523	argila	quimiounidade 1	0,9891	0,4678	1,707	
		4,88	25,02	0,88	8,82	6,07	0,78	2,1	0,37	0,11	174	1344	argila	quimiounidade 1	1,4778	0,8166	2,1579	
		6,24	24,69	0,55	8,25	4,96	0,8	1,89	0,92	0,22	189	1935	argila	quimiounidade 1	1,1276	0,5351	0,9772	
		7,74	23,68	0,45	7,76	5,06	0,95	1,85	1,01	0,27	188	1609	argila	quimiounidade 1	1,2317	0,4942	0,9211	
		9,94	23,89	0,46	7,98	4,5	0,79	1,67	1,37	0,42	231	1281	argila	quimiounidade 1	1,1765	0,3121	1,5778	
		11,44	23,76	0,64	7,61	4,02	0,62	1,35	1,29	0,31	241	783	argila	quimiounidade 1	0,4939	-0,083	2,7631	
		12,94	23,37	0,55	7,59	5,22	0,92	1,46	1,09	0,25	236	1550	argila	quimiounidade 1	1,2004	0,2459	1,5219	
		14,43	23,22	0,48	7,27	7,48	1,09	1,34	1,25	0,39	230	950	argila	quimiounidade 1	1,9531	0,6519	1,8074	
		15,74	23,13	0,43	7,21	6,97	1,02	1,21	1,12	0,32	216	861	argila	quimiounidade 1	1,3952	0,4495	1,918	
		17,24	23,38	0,28	7,45	7,61	1,36	1,48	1,87	0,5	244	1178	argila	quimiounidade 1	2,5064	0,8201	0,9045	
		18,74	22,44	0,47	7,02	6,74	1,07	1,39	1,41	0,35	218	1042	argila	quimiounidade 1	1,7059	0,4468	1,6437	
		20,34	23,14	0,27	7,52	6,24	1,05	1,29	1,81	0,61	224	1121	argila	quimiounidade 1	1,9437	0,639	1,3472	
		21,79	22,79	0,41	6,73	6,92	1,21	1,39	1,4	0,34	215	868	argila	quimiounidade 1	1,6884	0,5067	1,5335	
		23,23	22,44	0,43	6,16	7,73	1,44	1,73	1,71	0,4	233	832	argila	quimiounidade 1	2,4612	0,7161	1,0879	
		24,42	21,58	0,34	5,56	7,24	1,18	2,16	1,08	0,3	209	822	argila	quimiounidade 1	1,7554	0,4616	0,5758	
		25,56	23,22	0,3	5,27	5,62	0,91	2,39	0,88	0,19	203	2506	argila	quimiounidade 1	1,0947	0,3315	-1,122	
		26,73	11,93	0,19	2,58	3,94	0,73	1,72	19,75	0,13	1066	1811	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2	1,9608	-7,054	-0,494	
		28,73	11,16	0,18	2,44	3,3	0,71	1,72	23,17	0,12	1133	717	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2	1,6521	-8,12	0,4903	
		30,24	20,79	0,21	3,49	4,7	0,8	2,52	6,58	0,23	464	1859	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2	1,0188	-1,919	-1,031	
		31,73	24,79	0,22	4,72	3,99	0,59	1,93	3,86	0,13	302	1874	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2	-0,357	-1,036	-0,196	
		33,08	22,95	0,3	4,12	6,61	1,13	2,99	1,92	0,41	259	2134	argila	quimiounidade 3	2,2462	0,5029	-1,584	
		34,74	23,6	0,17	4,66	6,47	1,21	2,93	1,28	0,18	136	2440	argila	quimiounidade 3	1,4956	0,7538	-2,128	
		36,24	22,93	0,2	4,57	6,57	0,89	3,36	1,36	0,35	169	1880	argila	quimiounidade 3	1,6709	0,6543	-1,706	
		37,23	23,7	0,2	5,62	6,29	0,79	3,45	1,56	0,43	194	2793	argila	quimiounidade 3	2,1169	0,8152	-2,376	
		39,24	25,38	0,16	3,93	5,72	0,98	2,83	1,11	0,26	195	2716	argila	quimiounidade 3	1,0374	0,5767	-2,252	
		40,74	26,26	0,19	4,28	8,62	0,97	2,93	1,56	0,27	201	2692	argila	quimiounidade 3	1,8377	0,9625	-2,293	
		42,24	23,25	0,13	4,28	6,39	1	1,82	1,21	0,16	158	2590	argila	quimiounidade 3	0,6887	0,3021	-1,369	
		43,74	16,01	0,18	3,76	5,76	0,93	2,52	1,08	0,17	230	3199	argila	quimiounidade 3	1,6707	-0,37	-2,431	
		44,02	25,77	0,19	4,56	8,18	1,53	2,57	1,77	0,58	186	1675	argila	quimiounidade 3	2,8144	1,4855	-1,246	
		48,04	22,92	0,19	4,26	7,47	1,46	2,31	1,35	0,23	213	1768	argila	quimiounidade 3	1,8383	0,5891	-1,159	
		49,04	21,43	0,31	4,15	7,58	1,35	2,38	1,11	0,24	164	1449	argila	quimiounidade 3	1,8963	0,6529	-0,612	
		50,04	23,17	0,16	4,36	8,13	1,49	2,41	1,36	0,26	161	1878	argila	quimiounidade 3	2,0797	0,9321	-1,444	
		52,93	31,16	0,08	1,89	3,2	0,74	1,26	0,65	0,19	121	1391	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-2,166	0,1781	0,0126	
		54,51	30,8	0,07	1,6	2,45	0,79	0,97	0,4	0,08	134	1651	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-2,619	-0,103	-0,07	
		55,92	30,29	0,07	1,56	2,68	0,56	1,07	0,37	0,08	57	1191	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-3,004	-0,046	0,3717	
		57,46	29,51	0,07	1,57	2,87	0,66	0,92	0,48	0,08	120	1493	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-2,65	-0,224	0,1632	
		58,93	28,65	0,07	1,68	3,69	0,54	1,17	0,62	0,09	95	972	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-2,56	-0,206	0,4837	
		59,87	31,04	0,08	0,92	2,64	0,62	1,16	0,09	0,06	94	702	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-3,218	-0,142	0,6464	
		61,94	31,75	0,04	1,37	2,77	0,52	1,25	0,56	0,14	101	1121	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-2,974	-0,041	0,2252	
		62,98	27,9	0,09	1,88	4,11	0,87	1,55	0,5	0,1	130	1355	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-1,577	0,0398	-0,307	
		63,83	27,01	0,08	2,14	4,08	1,08	1,58	0,62	0,06	128	1078	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-1,381	0,0092	-0,183	
		65,72	26,69	0,1	1,89	5,64	1,06	1,53	0,77	0,04	38	1204	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-1,136	0,3949	-0,321	
		67,22	26,32	0,09	2,18	3,75	0,88	2,31	0,87	0,07	122	1161	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-1,278	-0,073	-0,723	
		67,94	28,29	0,08	2,4	4,11	0,74	2,31	0,99	0,2	122	1035	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-1,238	0,1909	-0,502	
		71,8	29,29	0,08	1,9	3,31	0,66	2,48	0,9	0,29	106	953	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-1,459	0,2953	-0,556	
		72,94	31,32	0,05	1,31	2,21	0,42	1,96	0,7	0,24	85	790	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-2,769	0,0414	0,0401	
		74,66	29,59	0,09	2,14	3,48	0,68	2,41	0,9	0,21	113	1081	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-1,547	0,2417	-0,584	
		75,93	30,5	0,08	2	3,7	0,73	2,31	0,89	0,25	105	1103	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-1,493	0,4212	-0,594	

Leg 199 Site 1217	Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	Classificação	eixo 1	eixo 2	eixo 3
	80,94	27,27	0,07	1,36	3,07	0,68	1,37	0,41	0,11	98	1688	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-2,112	-0,149	-0,452
	82,5	31,35	0,07	1,49	3,2	0,69	1,72	0,66	0,16	103	1374	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-2,23	0,2174	-0,425
	83,94	32,45	0,05	1,28	2,46	0,48	1,45	0,46	0,13	83	1031	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-3,158	0,0283	0,1818
	85,44	32,25	0,08	1,45	3,16	0,58	1,63	0,37	0,08	105	1641	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-2,613	0,1632	-0,527
	86,94	29,49	0,07	1,21	2,57	0,53	1,12	0,3	0,09	101	1174	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-2,96	-0,267	0,3181
	88,44	32,79	0,05	1,34	2,81	0,51	1,52	0,62	0,14	90	1319	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-2,9	0,1313	-0,162
	89,68	31,53	0,05	1,38	2,96	0,58	1,6	0,64	0,17	95	1375	vasa de radiolário com argila	quimiounidade 4	-2,523	0,1426	-0,317

Leg 199 Site 1218																	
Lat	Long	Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	Classificação	eixo 1	eixo 2	eixo 3
8° 53.367'N	135° 22.000'W	0,74	24,29	0,31	6,75	3,97	0,04	1,61	0,38	0,05	235	5525	argila	quimiounidade 1	3,4933	2,9161	-1,352
		2,23	23,97	0,33	6,91	3,51	0,11	1,97	0,5	0,09	267	6360	argila	quimiounidade 1	3,8959	2,7269	-0,9595
		3,74	23,34	0,28	6,05	3,92	0,29	1,7	0,32	0,13	201	5009	argila	quimiounidade 1	3,7251	2,0567	-0,7172
		5,3	20,74	0,28	5,61	4,24	0,14	1,45	0,36	0,08	217	4865	argila	quimiounidade 1	3,2096	2,3932	-1,05
		6,74	21,58	0,27	6,17	4,39	0,11	1,84	0,42	0,14	197	4562	argila	quimiounidade 1	3,6171	2,35	-0,639
		8,94	22,7	0,29	6,62	3,95	0,06	1,95	0,37	0,19	250	6733	argila	quimiounidade 1	4,0847	2,2418	-0,5471
		10,44	24,24	0,33	7,06	4,07	0,06	2,14	0,63	0,13	253	6364	argila	quimiounidade 1	4,1849	2,749	-0,7287
		11,94	21,94	0,3	5,55	4,16	0,42	1,65	0,72	0,22	220	6263	argila	quimiounidade 1	4,2127	1,5432	-0,1599
		13,44	21,49	0,28	6,1	4,56	0,54	1,9	0,71	0,22	257	5987	argila	quimiounidade 1	4,4361	1,4486	0,1465
		14,94	22,41	0,3	6,35	4,28	1,03	1,93	1,02	0,19	271	6265	argila	quimiounidade 1	4,8717	0,964	0,4507
		16,44	22,6	0,31	6,57	3,85	0,88	1,96	0,77	0,22	252	6762	argila	quimiounidade 1	4,9213	1,1158	0,4132
		18,44	23,63	0,31	6,47	4,04	0,82	2,23	1,01	0,25	294	7256	argila	quimiounidade 1	5,1518	1,0202	0,5438
		19,94	20,37	0,28	5,07	4,11	0,88	1,62	0,74	0,2	311	8909	argila	quimiounidade 1	4,5691	0,5033	0,0519
		21,44	23,58	0,29	6,27	3,77	0,63	2,18	1,37	0,31	341	9040	argila	quimiounidade 1	5,1813	0,7675	0,4941
		22,94	23,24	0,29	5,82	3,58	0,93	1,94	1,1	0,33	290	7623	argila	quimiounidade 1	5,1776	0,3269	0,8292
		24,44	22,76	0,26	6,24	3,44	1,23	2,17	0,99	0,19	356	9321	argila	quimiounidade 1	5,1443	0,0549	0,4337
		25,94	25,94	0,25	5,6	3,35	0,66	1,91	0,85	0,18	294	8200	argila	quimiounidade 1	4,3966	0,7156	-0,4538
		27,06	25,76	0,27	5,01	4,51	0,64	1,79	0,81	0,17	421	16109	argila	quimiounidade 1	5,264	0,092	-1,0066
		27,94	26,75	0,22	4,21	5,11	0,65	1,51	0,68	0,16	322	11099	argila	quimiounidade 1	4,4939	0,1424	-1,0064
		29,44	23,42	0,27	5,58	4,26	1,18	2,08	1,12	0,32	293	7268	argila	quimiounidade 1	5,3964	-0,0928	1,0748
		30,94	23,91	0,28	5,72	4,15	1,27	1,98	1,12	0,36	284	5612	argila	quimiounidade 1	5,4408	-0,0893	1,4256
		32,44	23,53	0,22	5,36	3,34	1,09	1,99	1,35	0,32	293	7258	argila	quimiounidade 1	4,9249	-0,3743	0,8223
		33,94	23,94	0,23	5,11	4,52	1,05	1,92	1,36	0,42	301	7879	argila	quimiounidade 1	5,4665	-0,5706	1,2436
		35,44	20,49	0,15	4,87	4,94	0,8	1,6	3,89	0,33	328	8300	argila	quimiounidade 1	4,4611	-0,4196	0,5638
		36,48	24,37	0,22	4,35	6,06	1,03	2,1	2,14	0,37	346	7173	argila	quimiounidade 1	5,3699	-0,4901	1,1221
		37,43	22,06	0,2	4,71	6,29	1,05	2,02	1,58	0,36	284	6011	argila	quimiounidade 1	5,1949	-0,3381	1,2353
		38,93	21,07	0,24	5,13	6,28	1,33	2,15	4,16	0,32	461	5744	argila	quimiounidade 1	5,3263	-0,255	1,6717
		40,43	22,19	0,24	5,35	3,65	1,19	2,42	1,37	0,34	324	6345	argila	quimiounidade 1	5,2008	-0,3555	1,3764
		41,93	23,33	0,21	4,5	3,97	1,13	2,09	1,24	0,32	331	6866	argila	quimiounidade 1	4,8771	-0,6219	0,9108
		43,43	16,32	0,13	3,05	4,68	0,62	1,45	14,51	0,17	806	4614	argila	quimiounidade 2A	2,2782	0,0867	0,3707
		44,93	17,46	0,15	3,15	4,37	0,64	1,53	14,69	0,16	957	4929	argila	quimiounidade 2A	2,3054	0,145	0,3994
		45,87	19,23	0,14	3,16	4,24	0,76	1,72	9,8	0,23	698	5879	argila	quimiounidade 2A	3,0819	-0,4029	0,487
		46,93	25,86	0,21	4,47	5,27	0,73	1,83	1,03	0,2	299	7674	argila	quimiounidade 1	4,4549	0,2562	-0,3131
		48,43	25,92	0,17	4,32	5,68	0,69	1,65	1,02	0,21	286	7698	argila	quimiounidade 1	4,3122	0,0606	-0,4281
		49,93	24,59	0,18	4,52	4,98	0,84	1,97	1,06	0,25	331	7959	argila	quimiounidade 1	4,5975	-0,23	0,1056
		51,43	22,6	0,15	3,61	4,29	0,99	2,14	0,75	0,19	451	13264	argila	quimiounidade 1	4,6944	-1,2034	-0,335
		52,93	22,91	0,15	3,35	1,38	0,86	1,97	6,1	0,22	618	9643	argila	?	3,4661	-1,0605	-0,0886
		54,18	18,35	0,12	2,87	0,66	0,73	1,65	10,42	0,22	733	8392	argila	?	2,4766	-1,0161	0,0537
		54,96	6,96	0,05	0,95	0,41	0,27	0,64	29,66	0,08	1633	3949	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	1,1615	-0,2441	0,1808
		56,44	3,63	0,02	0,45	0,87	0,13	0,37	34,23	0,04	1629	1341	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	2,1156	0,1143	0,1559
		57,94	2,27	0,02	0,3	3,01	0,08	0,28	36,66	0,05	1542	899	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	1,9162	0,3521	0,3245
		59,44	5,88	0,04	0,75	1,29	0,17	0,46	32,27	0,04	1474	2377	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	1,5409	0,1422	-0,0333
		60,94	14,54	0,15	3	1,26	0,47	1,15	19,64	0,17	1081	4327	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	1,1304	0,1991	0,3572
		62,44	6,58	0,05	0,99	0,35	0,23	0,61	31,66	0,05	1443	3561	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	1,3069	-0,0574	-0,0423
		63,94	6,51	0,03	0,79	3,01	0,24	0,58	30,49	0,08	1689	2917	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	1,0283	-0,0473	0,3716
		65,29	2	0,02	0,27	0,52	0,07	0,25	35,58	0,01	1589	999	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	2,5026	0,2748	-0,0068
		66,6	13,19	0,08	1,72	0,32	0,59	1,19	21,54	0,15	1223	7145	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	0,7371	-0,955	0,1416
		67,44	2,49	0,02	0,32	1,12	0,1	0,33	35,48	0,05	1677	1270	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	2,2032	0,1416	0,2871
		68,94	1,88	0,02	0,17	0,32	0,06	0,25	35,8	0,03	1351	714	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	2,4034	0,2226	-0,0483

Leg 199 Site 1218	Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	Classificação	eixo 1	eixo 2	eixo 3
	70,49	5,89	0,03	0,63	0,58	0,2	0,5	31,26	0,06	1463	3105	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	1,4979	-0,1667	-0,0304
	71,94	1,66	0,01	0,23	0,48	0,06	0,26	36,72	0,04	1650	424	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	2,5897	0,1925	0,2361
	73,51	2,76	0	0,47	1,62	0,15	0,33	32,3	0,04	1640	1617	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	2,0062	0,0316	0,1678
	78,44	3,09	0,02	0,29	0,61	0,1	0,32	40,1	0,04	1792	1151	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	2,4987	0,1146	0,3436
	82,94	7,27	0,05	0,94	0,77	0,31	0,66	30,08	0,11	1686	3262	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	1,064	-0,3002	0,4641
	87,94	3,25	0,03	0,41	2,11	0,1	0,34	33,97	0,03	1576	1363	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	1,9193	0,3339	0,1231
	90,94	3,8	0,03	0,52	0,96	0,13	0,38	34,65	0,04	1802	2092	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	2,0713	0,1195	0,2333
	93,51	12,01	0,06	1,37	0,77	0,37	0,88	24,75	0,1	1415	5770	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	0,1506	-0,5137	-0,1142
	94,44	5,52	0,03	0,57	0,76	0,18	0,45	32,3	0,04	1761	2209	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	1,8788	0,0058	0,1248
	95,94	5,18	0,03	0,53	1,01	0,17	0,4	35,51	0,05	1746	1999	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	1,9389	0,0251	0,2448
	97,44	4	0,03	0,49	0,76	0,17	0,37	34,31	0,05	1758	1963	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,0222	0,0237	0,2691
	98,94	4,74	0,03	0,48	0,8	0,2	0,47	32,75	0,06	1692	2783	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	1,7308	-0,1391	0,2139
	100,44	4,07	0,03	0,41	0,57	0,17	0,39	32,94	0,07	1583	1994	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	1,8584	-0,0686	0,2197
	101,94	4,67	0,04	0,53	0,77	0,17	0,4	32,18	0,08	1865	2594	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	1,7895	-0,0616	0,3854
	103,23	3,22	0,02	0,33	0,66	0,11	0,3	34,82	0,04	1683	1528	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,2524	0,0886	0,1452
	103,94	3,83	0,03	0,5	0,5	0,17	0,4	34,36	0,03	1739	2320	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,0768	0,0285	0,1425
	105,44	3,15	0	0,45	0,98	0,14	0,4	39,86	0,03	2127	1581	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,5741	-0,0068	0,5287
	106,93	2,9	0	0,43	0,68	0,11	0,32	29,36	0,03	1773	1616	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,2462	0,0343	0,0406
	108,44	5,68	0,03	0,66	0,66	0,15	0,47	31,39	0,06	1675	2800	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	1,6957	-0,0507	0,0822
	109,94	4,11	0,03	0,4	1,19	0,15	0,37	28,3	0,05	1514	1984	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	1,6948	0,0704	-0,0105
	111,44	4,77	0,03	0,41	0,76	0,12	0,37	32,45	0,06	1486	2263	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	1,7906	0,0085	-0,0014
	113,48	6,26	0,04	0,8	1	0,2	0,55	31,07	0,07	1695	2196	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	1,5256	0,0124	0,2672
	114,94	4,66	0,03	0,51	0,7	0,13	0,39	34,08	0,05	1778	1659	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,0727	0,0954	0,23
	116,44	5,57	0,03	0,65	0,82	0,18	0,48	32,25	0,05	1728	2288	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	1,7819	-0,0072	0,1647
	117,94	4,48	0,03	0,47	0,65	0,13	0,37	33,34	0,06	1786	2115	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,0058	0,0167	0,2335
	119,44	5,94	0,03	0,59	0,58	0,15	0,42	32,99	0,05	1733	2527	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	1,8637	-0,0253	0,0776
	120,94	4,9	0,03	0,57	0,62	0,1	0,35	33,91	0,02	1742	2012	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,1466	0,1949	-0,0244
	122,14	3,61	0,02	0,44	0,37	0,09	0,32	35,33	0,04	1918	1546	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,4229	0,1092	0,2571
	122,94	3,93	0,04	0,49	0,35	0,09	0,34	38,58	0,05	1721	1810	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,2405	0,1699	0,2533
	124,44	3,18	0	0,42	0,56	0,11	0,28	33,09	0,04	1743	1484	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,3279	-0,0011	0,1186
	125,94	2,72	0,02	0,3	0,36	0,1	0,25	35,85	0,03	1683	1235	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,4431	0,1374	0,1199
	127,44	3,1	0,02	0,45	0,33	0,1	0,31	36,8	0,02	1899	1630	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,5214	0,1493	0,2032
	128,94	1,87	0,02	0,27	0,26	0,09	0,23	36,27	0,04	1768	958	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,5648	0,1493	0,2719
	130,44	1,8	0,02	0,31	0,28	0,09	0,23	36,32	0,03	1894	1033	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,6535	0,1818	0,3025
	132,44	2,39	0	0,33	0,18	0,11	0,26	35,13	0,05	1604	1099	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,4221	-0,0323	0,1623
	133,94	1,74	0,02	0,21	0,52	0,1	0,23	39,92	0,04	1482	1088	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,4375	0,1258	0,1873
	135,44	1,73	0	0,33	0,37	0,11	0,24	37,21	0,03	1625	937	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,5632	0,0621	0,1685
	136,94	2,82	0	0,5	0,4	0,11	0,31	36,39	0,06	1720	1477	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,3443	-0,0497	0,2985
	138,45	2,32	0	0,42	0,35	0,1	0,27	34,56	0,03	1790	1631	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,4834	0,023	0,1404
	139,93	2,45	0,02	0,33	0,27	0,09	0,26	36,28	0,03	1707	1642	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,447	0,1165	0,1206
	141,05	2,11	0	0,4	0,32	0,1	0,26	35,05	0,04	1760	999	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,5338	0,0512	0,2316
	141,94	1,4	0,01	0,23	0,46	0,08	0,22	36,91	0,02	1878	914	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,7438	0,1782	0,262
	143,44	1,85	0	0,37	0,27	0,1	0,26	36,71	0,03	1728	1206	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,5873	0,0496	0,1909
	144,94	2,53	0	0,51	0,29	0,08	0,28	34,85	0,05	1790	1655	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,4251	0,0063	0,2198
	146,44	1,9	0	0,4	0,23	0,1	0,25	36,23	0,03	1675	1136	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,5588	0,0618	0,1479
	147,94	1,98	0	0,41	0,46	0,09	0,25	35,19	0,04	1787	1359	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,5039	0,0471	0,2268
	149,51	1,23	0,02	0,23	0,37	0,11	0,2	36,83	0,04	1460	713	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,4367	0,1574	0,1596
	150,5	2,5	0,04	0,41	0,55	0,09	0,25	36,68	0,07	1800	1661	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,2515	0,1583	0,4224
	151,67	1,98	0,03	0,35	0,56	0,09	0,24	31,95	0,04	1731	1466	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,2824	0,207	0,1593
	153,01	3,51	0,04	0,47	0,4	0,08	0,29	35,57	0,04	1733	1533	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,2759	0,2526	0,1674

Leg 199 Site 1218	Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	Classificação	eixo 1	eixo 2	eixo 3
	154,47	3,09	0,04	0,43	0,28	0,07	0,3	31,4	0,04	1670	1489	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,1929	0,2655	0,0574
	155,97	2,76	0,02	0,32	0,32	0,08	0,25	36,2	0,04	1653	1310	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,4135	0,1311	0,1308
	157,48	2,87	0	0,4	0,27	0,08	0,25	35,28	0,04	1720	1362	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,4815	0,0282	0,1187
	158,99	1,49	0,03	0,28	0,36	0,08	0,22	37,13	0,02	1716	1105	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,5795	0,2778	0,1761
	160,15	2,06	0	0,33	0,36	0,09	0,23	34,68	0,05	1624	1262	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,4137	0,0026	0,151
	160,93	2,22	0	0,32	0,6	0,09	0,26	34,29	0,04	1601	1168	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,3774	0,0511	0,1005
	162,44	1,88	0,03	0,31	0,52	0,09	0,23	43,24	0,02	1565	1243	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,5668	0,2535	0,1987
	163,94	4,09	0,04	0,5	0,51	0,07	0,3	34,95	0,03	1608	1901	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,1458	0,2666	-0,0266
	165,43	3,52	0	0,49	0,51	0,08	0,32	33,53	0,05	1662	1754	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,2277	-0,008	0,0783
	166,86	2,71	0,04	0,38	0,3	0,08	0,28	36,09	0,05	1583	1499	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,2376	0,2123	0,1672
	168,66	2,38	0,02	0,26	0,27	0,08	0,28	36,27	0,02	1530	1083	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,4557	0,1938	0,0006
	170,43	2,16	0,02	0,28	0,31	0,08	0,22	36,66	0,01	1585	1245	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,5317	0,2216	-0,0257
	171,93	1,67	0,02	0,23	0,58	0,09	0,22	38,01	0,02	1555	907	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,5197	0,2265	0,1032
	173,43	1,62	0,02	0,23	0,48	0,08	0,22	37,41	0,02	1584	897	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,5504	0,2353	0,0977
	174,98	2,13	0,03	0,38	0,32	0,07	0,35	39,42	0,02	1750	964	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,5955	0,302	0,2613
	176,43	2,18	0,03	0,35	0,41	0,08	0,27	34,75	0,04	1680	1413	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,3419	0,2038	0,1711
	179,36	1,74	0,03	0,3	0,8	0,08	0,26	41,58	0,02	1698	1157	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,5654	0,297	0,2752
	179,96	4,83	0,02	0,77	1,15	0,13	0,48	33,16	0,07	1806	2215	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	1,8145	0,0234	0,3391
	181,44	4,01	0,04	0,47	0,74	0,14	0,38	37,89	0,06	1700	1842	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,0503	0,0923	0,3497
	182,94	6,41	0,04	0,73	0,62	0,17	0,49	34,33	0,07	1794	3347	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	1,6529	-0,1063	0,2263
	184,44	4,38	0,04	0,45	0,58	0,16	0,35	29,99	0,04	1574	1603	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	1,8981	0,1357	0,0119
	185,94	4,14	0,04	0,39	0,65	0,12	0,31	41,38	0,04	1593	1624	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,2306	0,166	0,2092
	187,44	4,51	0,02	0,33	0,58	0,12	0,31	34,67	0,03	1616	1445	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	2,2112	0,0816	-0,0039
	196,73	4,91	0,02	0,38	1	0,13	0,32	33,95	0,04	1593	1427	chalk nanofósseis	quimiounidade 2B	2,0442	0,0808	0,0344
	198,18	4,85	0,02	0,4	0,82	0,16	0,3	34	0,03	1516	1430	chalk nanofósseis	quimiounidade 2B	2,0473	0,0607	-0,0441
	199,5	10,11	0,04	0,61	0,86	0,2	0,45	30,96	0,06	1381	2627	chalk nanofósseis	quimiounidade 2B	1,2967	-0,1166	-0,2768
	201,3	10,24	0,04	0,55	0,78	0,15	0,39	27,02	0,02	1338	1999	chalk nanofósseis	quimiounidade 2B	1,4645	0,1104	-0,6187
	203,18	8,85	0,03	0,49	0,82	0,16	0,42	29,98	0,04	1408	1977	chalk nanofósseis	quimiounidade 2B	1,5714	-0,0094	-0,3361
	205,91	9,5	0,03	0,38	0,85	0,14	0,38	28,89	0,03	1380	1658	chalk nanofósseis	quimiounidade 2B	1,6202	0,0443	-0,4776
	210,5	7,18	0,02	0,41	2,08	0,18	0,38	31,94	0,03	1390	1147	chalk nanofósseis	quimiounidade 2B	1,6123	0,1181	-0,1571
	213,23	3,84	0,04	0,5	4,75	0,21	0,41	38,23	0,04	1685	1505	chalk nanofósseis	quimiounidade 2B	1,3864	0,4016	0,5654
	215,89	11,03	0,05	1,15	5,74	0,46	0,79	24,26	0,07	1264	3771	radiolarito	?	0,4329	-0,0681	0,108
	218,03	26,79	0,11	2,11	5,98	0,93	1,62	0,59	0,25	289	8720	radiolarito	quimiounidade 4	4,3088	-1,3663	-0,3776
	222,91	23,89	0,09	1,88	4,49	1,24	1,83	5,25	0,27	510	8962	radiolarito	quimiounidade 4	4,061	-2,1355	0,3416
	227,53	26,55	0,07	1,62	2,7	1,21	1,83	7,55	0,22	550	9199	radiolarito	quimiounidade 4	3,4956	-2,3469	-0,1651
	229,8	27,62	0,07	1,37	5,99	0,88	1,52	7,45	0,26	528	8859	radiolarito	quimiounidade 4	3,7666	-1,7722	-0,2975
	232,48	17,95	0,05	1,03	1,84	0,51	1,04	19,7	0,11	863	6006	radiolarito	quimiounidade 3	0,8192	-0,9193	-0,6397
	235,14	27,09	0,09	2,04	1,28	1,14	2,05	4,29	0,35	437	9645	radiolarito	quimiounidade 4	4,0372	-2,5612	0,2818
	236,54	11,36	0,03	0,59	2,8	0,46	0,7	26,25	0,08	1104	4158	radiolarito	quimiounidade 3	0,1341	-0,6171	-0,1984
	238,04	9,83	0,03	0,44	1,41	0,28	0,53	29,91	0,05	1172	3064	radiolarito	quimiounidade 3	1,0129	-0,2958	-0,3834
	239,53	15,15	0,04	0,76	1,99	0,61	1,01	23,02	0,12	916	5310	radiolarito	quimiounidade 3	0,6004	-1,0885	-0,2301
	241,04	10,65	0,02	0,43	2,95	0,33	0,57	23,63	0,05	831	2476	radiolarito	quimiounidade 3	0,4199	-0,2532	-0,5934
	242,49	15,27	0,04	0,6	2,53	0,41	0,85	23,33	0,07	911	4013	radiolarito	quimiounidade 3	0,129	-0,5408	-0,6196
	243,75	27,61	0,05	0,82	3,08	0,67	1,15	11,25	0,18	551	7052	radiolarito	quimiounidade 3	2,2254	-1,5482	-1,0233
	244,64	31,5	0,03	0,58	2,17	0,33	0,98	6,04	0,08	359	6353	radiolarito	quimiounidade 3	1,5641	-1,0251	-2,3782
	246,14	29,78	0,03	0,61	2,3	0,7	1,1	7,41	0,13	418	6201	radiolarito	quimiounidade 3	1,9805	-1,6249	-1,559
	247,64	31,56	0,04	0,6	2,12	0,45	0,95	0,07	0,09	159	5334	radiolarito	quimiounidade 3	1,8582	-1,0516	-2,384
	249,14	34,53	0,03	0,6	0,68	0,42	0,96	0,03	0,08	212	7747	radiolarito	quimiounidade 3	1,8563	-1,4309	-2,8514
	249,9	37,15	0,03	0,48	0,47	0,41	0,91	0,05	0,07	179	5973	radiolarito	quimiounidade 3	1,6533	-1,3106	-2,9851
	254,24	15,92	0,02	0,29	0,82	0,03	0,48	24,66	0,03	861	3183	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	0,9553	-0,1372	-1,4313

Leg 199 Site 1218	Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	Classificação	eixo 1	eixo 2	eixo 3
	255,74	16,84	0,02	0,18	0,63	0,02	0,38	23,53	0,02	751	2502	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	1,0411	-0,0799	-1,636
	257,24	11,69	0,02	0,29	0,6	0,03	0,5	27,25	0,05	1032	3063	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	1,232	-0,132	-0,9385
	258,74	7,85	0,02	0,27	0,59	0,03	0,43	31,42	0,05	1256	3441	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	1,5757	-0,1104	-0,562
	260,24	14,22	0,03	0,53	0,67	0,04	0,44	25,41	0,06	900	2707	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	0,97	-0,0524	-1,0976
	261,74	8,62	0,02	0,24	0,52	0,04	0,45	29,16	0,05	1103	2761	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	1,4856	-0,0831	-0,6826
	262,74	9,78	0,02	0,28	1,41	0,04	0,5	29,79	0,06	1105	2819	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	1,2434	-0,062	-0,6213
	263,84	8,5	0,02	0,21	0,55	0,04	0,46	30,59	0,05	1137	2138	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	1,6058	-0,0311	-0,5789
	265,33	12,73	0,03	0,43	1,05	0,03	1	26,63	0,1	1050	4336	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	0,5608	-0,3172	-0,6108
	266,84	6,93	0,02	0,23	1,34	0,45	0,72	31,68	0,05	1105	2897	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	0,9889	-0,5969	-0,0183
	268,1	4,64	0,02	0,38	2,14	0,13	1,84	33,71	0,09	1174	3699	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	0,606	-0,288	0,4925
	271,44	5,63	0,03	0,48	1,32	0,17	2,31	31,21	0,1	1155	3424	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	0,375	-0,3741	0,6369
	273,75	5,35	0,06	0,81	0	0,29	4,59	27,31	0,2	942	7240	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	1,4912	-1,1805	1,6192
	274,23	3,86	0,05	0,61	0	0,16	3,48	30,91	0,24	901	783	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	0,1926	-0,5084	1,8478

Leg 199 Site 1219																		
Lat	Long	Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	Classificação	eixo 1	eixo 2	eixo 3	
7°48.010'N	142° 0.939'W	2,23	19,72	0,27	6,1	3,56	1,1	2,05	0,58	0,15	277	7050	radiolário com argila	quimiounidade 1	5,3936	-3,4672	1,0487	
		5,23	19,09	0,22	5,67	3,27	0,74	1,94	0,81	0,22	215	4224	radiolário com argila	quimiounidade 1	4,4152	-2,8288	0,1112	
		8,18	27,41	0,19	4,28	2,64	0,6	1,36	0,83	0,24	263	8072	radiolário com argila	quimiounidade 1	3,8644	-1,0452	0,0843	
		11,23	23,84	0,21	5,49	3,8	1,1	1,95	1,36	0,4	233	4480	radiolário com argila	quimiounidade 1	5,3382	-2,8621	-0,8188	
		14,23	26,26	0,15	3,27	2,81	0,79	1,38	1,36	0,53	230	5168	radiolário com argila	quimiounidade 1	4,0093	-0,9064	-1,9947	
		17,76	25,12	0,18	5,09	4,33	0,85	1,53	1,45	0,42	253	4455	vasa de radiolários	quimiounidade 1	4,7392	-2,1454	-1,0394	
		20,73	24,43	0,13	3,34	3,05	0,63	1,15	4,88	0,3	416	5344	vasa de radiolários	quimiounidade 1	2,9517	-0,9001	-0,4691	
		23,73	26,83	0,15	3,79	3,34	0,63	1,2	1,96	0,27	277	5289	vasa de radiolários	quimiounidade 1	3,391	-1,0449	-0,1919	
		27,23	27,63	0,14	3,78	3,36	0,73	1,18	1,21	0,27	294	8720	vasa de radiolários	quimiounidade 1	3,7918	-0,6114	0,1315	
		30,23	10,62	0,06	1,62	1,39	0,37	0,54	25,47	0,13	1341	3843	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	-0,715	-0,843	-0,0359	
		33,23	4,95	0,03	0,72	0,57	0,26	0,25	32,1	0,07	1301	1337	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	-2,224	-0,7216	-0,0343	
		36,74	1,62	0,01	0,2	0,16	0,06	0,11	35,47	0,02	1261	634	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	-3,156	-0,3997	0,0656	
		39,73	2,1	0,01	0,3	0,28	0,09	0,13	37,41	0,03	1557	1063	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	-3,192	-0,5792	0,0232	
		42,77	4,71	0,02	0,52	0,57	0,15	0,2	32,58	0,04	1224	1767	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	-2,462	-0,4003	0,1532	
		46,24	19,27	0,06	1,55	2,1	0,51	0,63	16,1	0,15	733	5524	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	0,6265	-0,0835	0,2999	
		49,24	5,52	0,02	0,51	0,56	0,15	0,2	31,69	0,03	1247	2025	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	-2,435	-0,3353	0,2468	
		52,24	4,96	0,02	0,52	0,5	0,11	0,18	34,58	0,04	1433	1505	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	-2,714	-0,503	0,0648	
		55,68	15,92	0,07	1,96	2,07	0,65	0,59	18,27	0,16	1036	7534	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	0,7875	-0,4631	0,3817	
		58,57	13,01	0,06	1,42	1,5	0,31	0,46	24,23	0,12	1223	6324	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	-0,473	-0,2395	0,2229	
		61,73	5,45	0,02	0,51	0,46	0,13	0,2	31,85	0,02	1626	2204	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	-2,695	-0,4706	0,2614	
		65,23	13,72	0,06	1,47	1,81	0,38	0,57	22,65	0,13	1238	5490	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	-0,251	-0,4446	0,202	
		68,23	13,22	0,05	1,27	1,49	0,23	0,5	22,46	0,06	1301	3880	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2A	-0,974	-0,3814	0,4336	
		71,23	9,72	0,03	0,7	0,8	0,13	0,3	27,95	0,06	1410	2796	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	-1,99	-0,2404	0,1347	
		74,73	6,28	0,02	0,63	0,61	0,1	0,24	31,85	0,05	1610	2096	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	-2,553	-0,4595	0,0526	
		77,73	2,29	0,01	0,27	0,21	0,12	0,12	35,97	0,01	1679	902	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	-3,278	-0,6485	0,1552	
		80,73	4,38	0,02	0,67	0,62	0,11	0,23	33,01	0,07	1700	2153	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	-2,615	-0,5934	-0,1014	
		87,23	4,39	0,02	0,49	0,49	0,1	0,21	33,34	0,04	1626	2139	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	-2,741	-0,4998	0,0915	
		90,54	1,9	0,01	0,27	0,25	0,1	0,12	35,77	0,02	1738	1122	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	-3,283	-0,6357	0,0884	
		93,73	1,66	0,01	0,25	0,23	0,11	0,14	33,04	0,04	1588	968	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	-3,101	-0,5388	-0,0295	
		96,72	2,36	0,01	0,32	0,23	0,09	0,13	35,62	0,11	1722	1068	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	-3,07	-0,5672	-0,5582	
		103,24	1,88	0,01	0,26	0,25	0,08	0,15	35,09	0,05	1756	910	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	-3,236	-0,6247	-0,1468	
		106,17	1,76	0,01	0,21	0,16	0,09	0,11	36,05	0,02	1692	1031	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	-3,329	-0,5944	0,0646	
		109,68	5,32	0,02	0,43	0,54	0,11	0,24	32,67	0,14	1549	1989	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2B	-2,43	-0,384	-0,5941	
		112,73	3,22	0,01	0,3	0,34	0,1	0,17	34,45	0,02	1524	1530	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2C	-2,999	-0,4449	0,171	
		115,29	1,8	0,01	0,23	0,21	0,11	0,13	34,21	0,02	1423	1018	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2C	-3,089	-0,4724	0,1235	
		118,29	3,46	0,02	0,43	0,56	0,1	0,23	34,21	0,07	1587	1915	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2C	-2,703	-0,536	-0,1265	
		118,79	6,77	0,03	0,57	1,02	0,09	0,36	29,82	0,29	1530	3384	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2C	-1,598	-0,1853	-1,4634	
		122,23	5,1	0,02	0,59	0,95	0,12	0,36	32,71	0,08	1604	2074	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2C	-2,357	-0,5791	-0,0903	
		125,23	11,21	0,04	1,09	1,69	0,26	0,6	26,21	0,14	1431	5581	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2C	-0,786	-0,2793	0,0202	
		128,29	5,22	0,02	0,47	0,79	0,18	0,3	32,01	0,05	1605	2204	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2C	-2,435	-0,5594	0,1435	
		131,74	7,44	0,02	0,46	0,86	0,23	0,34	30,68	0,04	1573	2046	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2C	-2,273	-0,5359	0,2665	
		137,74	12,79	0,03	0,66	1,19	0,24	0,46	24,69	0,11	1276	3607	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2C	-1,266	-0,07	0,028	
		141,29	12,62	0,02	0,42	0,81	0,18	0,35	25,28	0,17	1221	2381	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2C	-1,579	0,1026	-0,5814	
		150,35	3,69	0,02	0,63	0,67	0,18	0,27	35,07	0,04	1804	1419	vasa de nanofósseis	quimiounidade 2C	-2,768	-0,8952	0,0879	
		152,61	26,03	0,11	2,55	6,29	1,42	1,93	1,51	0,47	326	9370	vasa de radiolário	quimiounidade 3	5,7601	-1,1716	-0,2403	
		155,62	28,78	0,07	1,84	4,13	0,8	1,17	1,04	0,02	259	7505	vasa de radiolário	quimiounidade 3	2,6802	0,0885	2,0714	
		160,27	29,6	0,07	1,64	4,62	0,91	1,23	1,15	0,12	249	8141	vasa de radiolário	quimiounidade 3	3,2128	0,1308	1,5696	
		163,31	32,13	0,07	1,65	3,71	0,61	1,06	1,01	0,12	275	9448	vasa de radiolário	quimiounidade 3	2,7444	0,8413	1,3274	
		166,28	32,17	0,06	1,64	4,12	0,77	1,13	1,05	0,27	295	10365	vasa de radiolário	quimiounidade 3	3,4024	0,875	0,5054	

Leg 199 Site 1219	Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	Classificação	eixo 1	eixo 2	eixo 3
	169,74	31,88	0,05	1,42	2,7	0,36	0,97	1,09	0,29	261	9320	vasa de radiolário	quimiounidade 3	2,374	1,5404	-0,1922
	172,74	29,42	0,08	1,93	3,77	0,48	1,29	1,3	0,36	282	10045	vasa de radiolário	quimiounidade 3	3,3886	0,8653	-0,3993
	175,74	28,47	0,04	1,12	1,73	0,29	0,81	0,61	0,09	232	8710	vasa de radiolário	quimiounidade 3	1,2908	1,6329	0,9713
	179,23	27	0,03	0,83	1,31	0,21	0,65	3,99	0,12	300	6294	vasa de radiolário	quimiounidade 3	0,5571	1,5381	0,4327
	181,76	33,1	0,03	0,7	1,73	0,39	0,69	0,6	0,26	177	6442	vasa de radiolário	quimiounidade 3	1,4591	1,7661	-0,3114
	188,72	35,16	0,02	0,44	0,71	0,1	0,4	0,65	0,06	153	4640	vasa de radiolário	quimiounidade 3	0,0638	2,1622	0,6263
	193,88	27,1	0,03	0,68	0,95	0,03	0,5	4,23	0,07	294	5457	diatom - nanno - radiolar	quimiounidade 3	-0,04	1,7267	0,5478
	195,7	21,55	0,02	0,52	0,68	0,06	0,41	16,56	0,36	709	4320	diatom - nanno - radiolar	quimiounidade 3	-0,37	1,2761	-1,743
	198,23	25,65	0,02	0,61	1,22	0,13	0,62	11,05	0,16	588	6520	radiolário com argila	quimiounidade 3	0,0866	1,519	0,0378
	201,23	32,2	0,03	0,71	1,47	0,21	0,79	3,65	0,26	263	4723	radiolário com argila	quimiounidade 3	0,976	1,6143	-0,6077
	204,23	30,84	0,04	0,95	2,16	0,22	1,06	2,87	0,14	316	8333	radiolário com argila	quimiounidade 3	1,4977	1,63	0,6317
	207,78	32,34	0,03	0,61	1,6	0,24	0,88	2,23	0,25	280	8804	radiolário com argila	quimiounidade 3	1,4834	2,099	-0,1818
	210,73	30,88	0,02	0,54	1,18	0,12	0,63	6,35	0,14	433	8062	radiolário com argila	quimiounidade 3	0,4923	2,0799	0,3423
	217,24	35,8	0,02	0,57	1,07	0,12	0,63	0,45	0,52	218	8735	radiolário com argila	quimiounidade 3	1,7258	2,7776	-2,2455
	220,25	33,35	0,04	0,92	1,62	0,23	1,08	1,45	0,27	284	9668	radiolário com argila	quimiounidade 3	1,9033	2,0538	-0,2499
	223,35	37,92	0,04	0,86	1,15	0,13	0,83	0,72	0,26	225	9090	radiolário com argila	quimiounidade 3	1,5844	2,427	-0,3536
	224,82	32,44	0,03	0,68	1,07	0,14	0,81	0,83	0,14	278	10548	radiolário com argila	quimiounidade 3	1,1867	2,4452	0,5782

Leg 199 Site 1220																	
Lat	Long	Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	classificação	eixo 1	eixo 2	eixo 3
10°10.600'N	142°45.503'W	2,24	26,45	0,3	6,8	4,59	0,29	2,1	0,69	0,09	161	7405	argila	quimionidade 1	3,0073	0,1141	-1,2686
		5,24	23,52	0,44	6,91	4,67	0,15	1,98	0,84	0,16	247	8170	argila	quimionidade 1	3,464	-0,4673	-1,3554
		8,24	19,44	0,38	5,5	3,49	1,14	1,97	1,58	0,34	450	3242	argila	quimionidade 1	2,4703	-0,7473	-1,6238
		11,73	27,45	0,39	7,54	4,18	1,34	1,98	1,43	0,35	286	6948	argila	quimionidade 1	3,6653	-0,5247	-1,576
		14,73	23,04	0,33	6,06	5,21	0,97	1,57	1,18	0,33	242	2233	argila	quimionidade 1	2,7964	-0,1681	-1,6217
		17,73	17,66	0,31	5,47	4,76	0,87	1,67	0,91	0,17	324	1992	argila	quimionidade 1	2,1532	-0,2396	-1,8416
		21,18	27,84	0,22	5,22	3,17	0,72	1,78	1,16	0,27	374	6969	vasa de radiolários	quimionidade 1	2,1132	0,1739	-0,6038
		24,18	8,38	0,05	1,58	1,24	0,35	0,81	24,91	0,11	1909	3478	vasa de radiolários	quimionidade 2	-2,1349	-1,7881	0,0028
		33,73	19,56	0,14	2,97	2,72	0,69	1,6	9,93	0,22	706	6430	vasa de radiolários	?	0,6378	-0,3043	-0,1777
		36,73	21,69	0,17	3,32	3,4	0,74	1,95	7,42	0,24	812	2280	vasa de radiolários	?	0,8813	-0,3896	-0,7752
		40,23	8,67	0,08	1,71	1,52	0,26	0,8	31,51	0,14	1413	2209	vasa de nanofósseis	quimionidade 2	-1,9283	-1,5292	-0,2092
		43,28	4,23	0,04	0,8	0,68	0,1	0,4	36,66	0,07	1733	1025	vasa de nanofósseis	quimionidade 2	-3,1741	-1,8248	-0,1408
		46,23	6,78	0,05	0,95	0,95	0,15	0,48	33,23	0,09	1547	1501	vasa de nanofósseis	quimionidade 2	-2,7322	-1,5	-0,1314
		49,73	3,79	0,02	0,4	0,41	0,09	0,33	39,37	0,05	1527	1266	vasa de nanofósseis	quimionidade 2	-3,3995	-1,5861	-0,0646
		55,73	16,52	0,12	2,46	2,19	0,4	1,24	18,98	0,38	1024	3643	vasa de nanofósseis	?	-0,2557	-0,9641	0,1721
		59,24	7,57	0,01	0,4	0,15	0,06	0,3	32,41	0,1	1470	1336	vasa de nanofósseis	quimionidade 2	-3,2104	-1,1642	0,1066
		68,75	3,54	0,02	0,53	0,25	0,1	0,3	35,84	0,07	1870	1037	vasa de nanofósseis	quimionidade 2	-3,5073	-1,8758	-0,0237
		71,75	26,17	0,09	1,78	1,67	0,27	1,08	0,63	0,31	173	4199	vasa de radiolários	quimionidade 3	0,1672	1,1898	0,2496
		74,75	31,66	0,12	2,36	2,54	0,35	1,3	0,88	0,27	213	5464	vasa de radiolários	quimionidade 3	0,8558	1,2261	0,1338
		78,34	32,25	0,09	2,06	2,21	0,36	1,12	0,23	0,2	232	6321	vasa de radiolários	quimionidade 3	0,5306	1,4616	0,2153
		81,23	23,16	0,06	1,67	2,54	0,36	1,22	0,61	0,18	225	6806	vasa de radiolários	quimionidade 3	0,3304	1,109	0,3155
		84,23	28,57	0,04	1,26	2,23	0,37	1,18	0,5	0,18	212	3950	vasa de radiolários	quimionidade 3	-0,0297	1,5354	0,1185
		87,74	27,74	0,06	1,72	3,57	0,54	1,43	0,64	0,18	273	5814	vasa de radiolários	quimionidade 3	0,7357	1,2147	0,135
		90,74	30,3	0,09	2,16	4,18	0,61	1,45	0,67	0,33	201	5089	vasa de radiolários	quimionidade 3	1,3262	1,139	0,2074
		93,74	20,63	0,03	1,07	3,19	0,52	1,22	0,37	0,16	254	13103	vasa de radiolários	quimionidade 3	0,7573	0,9836	1,1193
		97,24	31,11	0,05	1,1	2,65	0,46	1,14	0,25	0,2	116	3559	vasa de radiolários	quimionidade 3	0,1774	1,7526	0,0756
		100,24	33,51	0,01	0,86	2,15	0,49	1,03	0,22	0,12	97	4077	vasa de radiolários	quimionidade 3	-0,1839	2,1073	0,1043
		103,24	30,08	0,01	0,8	2,37	0,47	0,96	0,08	0,08	154	2782	vasa de radiolários	quimionidade 3	-0,4128	1,9825	-0,1301
		112,73	32,91	0,04	0,88	1,71	0,33	0,93	0,38	0,2	118	3338	vasa de radiolários	quimionidade 3	-0,256	1,9522	0,1878
		114,23	31,18	0,07	1,23	1,87	0,31	0,95	0,35	0,23	120	3173	vasa de radiolários	quimionidade 3	-0,0541	1,7342	0,0971
		117,23	33,31	0,05	1	2,13	0,38	1,04	0,4	0,26	148	4261	vasa de radiolários	quimionidade 3	0,1198	1,7859	0,3683
		120,23	33,59	0,03	0,82	1,5	0,26	0,82	0,39	0,25	133	4434	vasa de radiolários	quimionidade 3	-0,2521	1,9548	0,512
		123,73	33,52	0,03	0,64	1,36	0,28	0,81	0,24	0,2	153	5223	vasa de radiolários	quimionidade 3	-0,3379	1,998	0,5149
		126,67	32,36	0,02	0,57	1,19	0,22	0,8	0,03	0,17	115	4182	vasa de radiolários	quimionidade 3	-0,5692	2,0754	0,3763
		129,67	34,38	0,02	0,59	1,53	0,32	0,81	0,05	0,13	128	5049	vasa de radiolários	quimionidade 3	-0,3998	2,1743	0,3547
		136,24	31,44	0,03	0,62	1,96	0,41	0,92	0,21	0,2	171	6041	vasa de radiolários	quimionidade 3	-0,0878	1,8273	0,5433
		139,24	31,31	0,04	0,74	2,14	0,46	0,9	0,19	0,16	172	6136	vasa de radiolários	quimionidade 3	-0,0328	1,8328	0,3951
		142,77	31,96	0,04	0,71	2,56	0,6	0,97	0,21	0,24	153	5185	vasa de radiolários	quimionidade 3	0,1812	1,7883	0,4
		145,73	35,53	0,01	0,8	2,6	0,53	1,01	0,44	0,18	162	5948	vasa de radiolários	quimionidade 3	0,1686	2,0346	0,4799
		148,81	31,99	0,04	0,87	3,25	0,69	1,15	0,32	0,23	172	6555	vasa de radiolários	quimionidade 3	0,5847	1,6743	0,4733
		171,4	39,1	0,01	0,69	0,92	0,19	0,68	0,35	0,09	120	3976	radiolário com argila	quimionidade 3	-0,7083	2,5184	0,2388
		177,54	33,83	0,03	0,55	1	0,19	0,85	0,03	0,17	131	4489	radiolário com argila	quimionidade 3	-0,5331	2,0928	0,4112
		198,94	2,44	0,03	0,48	0,7	0,07	0,71	37,78	0,09	929	4853	chalk nanofósseis	quimionidade 4	-2,5036	-1,2264	0,3107
		199,01	3,06	0,01	0,57	0,59	0,08	0,95	33,73	0,15	830	4934	chalk nanofósseis	quimionidade 4	-2,2528	-1,0784	0,4673
		199,08	2,92	0,04	0,6	0,59	0,07	0,99	38,11	0,11	542	716	chalk nanofósseis	quimionidade 4	-2,4996	-0,8636	-0,2545
		199,15	3,01	0,04	0,73	0,59	0,06	1,05	36,81	0,1	418	451	chalk nanofósseis	quimionidade 4	-2,4038	-0,7053	-0,3465
		199,22	2,64	0,01	0,58	0,37	0,07	0,95	36,5	0,11	425	665	chalk nanofósseis	quimionidade 4	-2,6008	-0,6293	-0,1951
		199,29	3,54	0,01	0,67	0,4	0,06	0,92	33,78	0,13	352	1042	chalk nanofósseis	quimionidade 4	-2,428	-0,459	-0,1209
		199,31	3,43	0,03	0,74	0,5	0,08	1,13	40,22	0,15	377	1355	chalk nanofósseis	quimionidade 4	-2,3233	-0,8197	-0,1135
		199,33	3,31	0,04	0,69	0,56	0,1	1,01	39,4	0,18	343	1791	chalk nanofósseis	quimionidade 4	-2,229	-0,7878	-0,0244
		199,35	4,23	0,06	1,03	0,72	0,09	1,06	35,45	0,14	363	2622	chalk nanofósseis	quimionidade 4	-1,9358	-0,7115	-0,1148
		199,37	17,77	0,17	4,08	2,84	0,36	2,71	13,25	0,58	427	11063	chalk nanofósseis	quimionidade 5	2,2741	-1,1711	0,9954
		199,42	20,02	0,31	5,49	3,88	0,38	3,12	7,91	0,72	517	13633	chalk nanofósseis	quimionidade 5	3,9489	-1,7639	1,0129
		199,44	17,17	0,23	4,02	3,07	1,59	3,42	13,85	0,67	526	12971	chalk nanofósseis	quimionidade 5	3,1931	-1,815	0,6687

Leg 199 Site 1220		Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	classificação	eixo 1	eixo 2	eixo 3
		199,48	20,3	0,21	4,57	3,74	0,71	3,64	8,27	0,73	597	16334	chalk nanofósseis	quimiounidade 5	3,8905	-1,7659	1,6163
		199,5	16,25	0,23	3,74	2,96	9,05	3,39	6,78	0,28	314	6745	chalk nanofósseis	quimiounidade 5	3,3455	-1,0631	-4,5199
		199,55	20,46	0,42	4,94	3,09	0,32	3,75	6,47	0,11	164	1033	chalk nanofósseis	quimiounidade 5	2,5676	-0,7542	-2,1436
		199,57	20,22	0,32	4,63	2,84	0,21	3,65	6,93	0,25	237	4072	chalk nanofósseis	quimiounidade 5	2,4622	-0,799	-1,073
		199,58	18,86	0,27	4,24	5,46	0,36	3,57	7,64	1,48	824	22712	chalk nanofósseis	quimiounidade 5	5,8243	-3,0702	4,1638
		199,65	18,31	0,28	3,74	6,67	0,04	3,46	8,89	1,04	449	12709	chalk nanofósseis	quimiounidade 5	4,7422	-1,9993	2,1277
		199,67	9,96	0,05	1,75	1,98	0,13	1,78	22,69	0,31	557	8093	chalk nanofósseis	?	-0,2072	-0,8309	0,8521
		199,69	5,32	0,05	1,06	1,3	0,02	1,27	34,92	0,28	590	873	chalk nanofósseis	quimiounidade 6	-1,738	-1,0502	0,0834
		199,71	3,72	0,04	0,71	0,8	0,02	0,95	37,52	0,21	642	55	chalk nanofósseis	quimiounidade 6	-2,3787	-1,0114	-0,0794
		199,73	3,25	0,01	0,65	0,71	0,03	1,01	34,01	0,22	667	158	chalk nanofósseis	quimiounidade 6	-2,4087	-0,9188	0,0385
		199,75	3,24	0,04	0,58	0,79	0,03	0,91	36,66	0,19	669	465	chalk nanofósseis	quimiounidade 6	-2,4195	-0,9974	-0,0575
		199,77	3,02	0,03	0,59	0,77	0,02	0,9	36,78	0,18	712	530	chalk nanofósseis	quimiounidade 6	-2,493	-1,0245	-0,0358
		199,79	2,56	0,05	0,6	0,87	0,02	0,85	32,64	0,14	820	1756	chalk nanofósseis	quimiounidade 6	-2,3506	-1,0435	-0,0228

Leg 199 Site 1221																		
Lat	Log	Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	Classificação	eixo 1	eixo 2	eixo 3	
12° 1.999'N	143°41.651'W	2,23	9,65	0,04	1,16	0,67	0,15	0,49	27,4	0,12	1296	1691	diatom - nanno - radiolar	quimiounidade 1	2,5763	-1,056	-1,2408	
		5,23	21,62	0,06	1,34	0,79	0,16	0,79	12,67	0,15	768	2657	diatom - nanno - radiolar	quimiounidade 1	1,5136	0,4628	-0,5388	
		8,23	11,57	0,07	2,1	1,29	0,25	0,89	30,69	0,17	1220	1940	diatom - nanno - radiolar	quimiounidade 1	1,4939	-1,1602	-1,3783	
		13,23	30,84	0,1	2,4	1,81	0,29	1,41	0,69	0,24	144	2726	vasa de radiolários	quimiounidade 2	-0,5833	1,7681	-0,0138	
		16,23	30,61	0,08	2,15	1,7	0,31	0,85	0,29	0,21	114	2234	vasa de radiolários	quimiounidade 2	0,1034	1,8991	0,2388	
		17,73	32,13	0,08	1,94	1,85	0,3	1,01	0,73	0,21	132	2781	vasa de radiolários	quimiounidade 2	-0,0363	1,9406	0,2166	
		21,23	30,63	0,08	2,12	2,09	0,16	1,04	0,97	0,27	119	2055	vasa de radiolários	quimiounidade 2	-0,2228	1,8265	0,3041	
		24,23	29,86	0,1	1,94	1,88	0,44	1,29	0,46	0,34	141	2853	vasa de radiolários	quimiounidade 2	-0,4601	1,6569	0,2083	
		27,23	31,26	0,08	2,04	2,24	0,4	1,36	1,53	0,3	176	3427	vasa de radiolários	quimiounidade 2	-0,5762	1,6704	0,2039	
		40,23	31,44	0,04	0,74	1,21	0,19	0,53	0,2	0,12	84	1469	vasa de radiolários	quimiounidade 2	1,281	2,3635	0,3145	
		46,23	30,34	0,06	1,22	2,43	0,54	1,18	0,55	0,21	142	2939	vasa de radiolários	quimiounidade 2	-0,1218	1,9686	0,1303	
		59,24	32,59	0,04	0,86	2,05	0,39	1,05	0,36	0,16	115	2053	vasa de radiolários	quimiounidade 2	0,3974	2,3013	0,1662	
		62,24	33,12	0,04	0,69	1,76	0,4	1,03	0,29	0,14	122	2636	vasa de radiolários	quimiounidade 2	0,5892	2,3281	0,1612	
		65,27	34,4	0,03	0,57	1,52	0,26	0,83	0,24	0,15	83	1631	vasa de radiolários	quimiounidade 2	0,9453	2,5114	0,3117	
		71,73	33,99	0,04	0,68	1,42	0,33	0,9	0,12	0,12	118	3063	vasa de radiolários	quimiounidade 2	0,8445	2,3686	0,2349	
		74,73	32,39	0,02	0,53	1,38	0,3	0,86	0	0,09	86	1728	vasa de radiolários	quimiounidade 2	1,0903	2,5008	0,1551	
		78,19	33,46	0,04	0,66	2,01	0,4	0,96	0,31	0,1	97	1415	vasa de radiolários	quimiounidade 2	0,5961	2,5116	0,0703	
		81,15	33,43	0,03	0,64	1,69	0,35	0,8	0,19	0,18	105	2591	vasa de radiolários	quimiounidade 2	0,8322	2,3226	0,4087	
		82	31,4	0,04	0,71	2,11	0,4	0,94	0,18	0,15	100	2070	vasa de radiolários	quimiounidade 2	0,5128	2,2943	0,1958	
		87,73	33,63	0,03	0,68	1,77	0,39	0,88	0,23	0,13	111	2507	vasa de radiolários	quimiounidade 2	0,7567	2,3918	0,2549	
		90,73	37,84	0,04	0,71	1,65	0,31	0,86	0,3	0,15	118	2991	vasa de radiolários	quimiounidade 2	0,7222	2,5127	0,3964	
		93,72	31,88	0,03	0,68	1,91	0,39	0,93	0,29	0,15	112	2966	vasa de radiolários	quimiounidade 2	0,6421	2,2499	0,2773	
		103,23	34,16	0,03	0,5	1,21	0,32	0,58	0,02	0,12	87	2044	vasa de radiolários	quimiounidade 2	1,3101	2,5057	0,3673	
		104,73	27,02	0,04	0,7	1,92	0,3	0,84	0,41	0,22	103	2260	vasa de radiolários	quimiounidade 2	0,6719	1,9633	0,3329	
		153,5	2,45	0,01	0,47	0,36	0,08	0,53	58,16	0,12	1222	5089	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	3,4322	-2,1861	-1,5837	
		153,6	2,88	0,02	0,64	0,48	0,09	0,56	47,24	0,15	1035	6123	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	2,9447	-1,7855	-1,1807	
		153,8	2,87	0,03	0,61	0,43	0,07	0,44	34,76	0,16	991	5665	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	2,8244	-1,4089	-0,9064	
		153,82	2,95	0,02	0,56	0,4	0,08	0,43	45,27	0,19	994	5807	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	3,0408	-1,7038	-0,9979	
		153,85	3,43	0,02	0,69	0,42	0,1	0,5	50,49	0,21	1044	6869	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	2,9872	-1,9889	-1,0394	
		153,87	4,02	0,03	0,84	0,64	0,13	0,51	41,1	0,27	1121	7956	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	2,6015	-2,0055	-0,7372	
		153,9	6,74	0,06	1,42	1,01	0,2	0,68	32,5	0,36	967	11673	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	1,5783	-1,9207	-0,177	
		153,92	9,87	0,1	2,15	1,55	0,48	1,1	31,13	0,46	873	12996	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	0,3619	-1,9368	-0,1187	
		153,95	9,26	0,09	2,09	1,51	0,56	1,03	27,57	0,52	798	12568	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	0,3751	-1,8106	0,1045	
		154	16,34	0,12	3,82	1,37	0,38	1,31	1,13	0,37	509	20098	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	-1,1572	-1,011	0,8932	
		154,02	17,35	0,17	4,13	1,78	0,32	1,49	1,84	0,64	637	25308	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	-2,0821	-1,9227	1,5417	
		154,07	18,94	0,19	4,14	2,24	2,53	1,81	2,28	0,54	690	19220	chalk nanofósseis	quimiounidade 3	-2,5877	-1,3485	0,0982	
		154,1	16,25	0,2	3,69	2,99	10,76	2,34	1,34	0,29	578	11276	chalk nanofósseis	quimiounidade 4	-3,6994	-0,2346	-3,5163	
		154,12	16,55	0,19	3,39	3,26	7,98	1,71	0,16	0,19	234	3570	chalk nanofósseis	quimiounidade 4	-2,7832	0,8883	-2,853	
		154,15	20,49	0,25	4,41	2,08	1,26	1,28	0,53	0,25	232	3847	chalk nanofósseis	quimiounidade 4	-1,9254	0,6501	-0,7397	
		154,17	15,98	0,14	3,44	2,67	0,3	1,19	2,57	0,85	476	16482	chalk nanofósseis	quimiounidade 4	-1,8288	-1,3476	1,7158	
		154,2	16,04	0,15	3,56	3,29	0,07	1,2	1,26	0,92	460	15956	chalk nanofósseis	quimiounidade 4	-2,2324	-1,3712	1,9293	
		154,22	16,13	0,16	3,54	3,42	0,08	1,16	2,47	0,9	463	15108	chalk nanofósseis	quimiounidade 4	-2,2385	-1,3256	1,8101	
		154,25	15,84	0,15	3,72	3,89	0,1	1,35	3,46	0,98	461	13514	chalk nanofósseis	quimiounidade 4	-2,6082	-1,3589	1,794	
		154,27	16,39	0,15	4	3,54	0,05	1,28	10,31	0,9	524	14065	chalk nanofósseis	quimiounidade 4	-2,309	-1,5687	1,5486	
		154,3	12,07	0,12	2,85	2,89	0,05	1	21,04	0,75	702	9415	chalk nanofósseis	quimiounidade 4	-0,7741	-1,6008	0,7443	
		154,32	11,57	0,1	2,39	2,58	0,04	0,88	13,27	0,62	631	8175	chalk nanofósseis	quimiounidade 4	-0,3228	-1,0128	0,6671	
		154,35	12,55	0,11	2,89	2,42	0,05	0,86	17,13	0,77	643	8280	chalk nanofósseis	quimiounidade 4	-0,4966	-1,355	0,8856	
		154,37	13,55	0,13	3,55	3,15	0,08	1,17	26,52	0,91	717	8785	chalk nanofósseis	quimiounidade 4	-1,3147	-1,9422	0,8353	
		154,4	12,81	0,12	2,84	2,58	0,29	0,92	13,55	0,74	558	8805	chalk nanofósseis	quimiounidade 4	-0,7586	-1,1331	0,8635	
		154,42	11,88	0,12	2,69	2,73	0,33	1,21	23,82	0,79	708	7744	chalk nanofósseis	quimiounidade 4	-0,7863	-1,5842	0,4569	

Leg 199 Site 1221	Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	Classificação	eixo 1	eixo 2	eixo 3
	154,45	12,11	0,12	2,86	2,49	0,25	1,04	22,34	0,68	698	8395	chalk nanofósseis	quimiounidade 4	-0,5568	-1,4645	0,4102
	154,47	11,04	0,1	2,48	2,38	0,26	1,12	30,87	0,73	864	8117	chalk nanofósseis	quimiounidade 5	-0,1749	-1,916	0,2278
	154,57	6,73	0,06	1,35	1,2	0,18	0,54	32,63	0,37	855	6407	chalk nanofósseis	quimiounidade 5	1,7245	-1,4272	-0,3632
	154,67	6,22	0,05	1,35	1,13	0,09	0,67	43,43	0,33	999	5720	chalk nanofósseis	quimiounidade 5	1,9903	-1,7997	-0,7934
	154,77	8,1	0,08	1,54	1,75	0,32	0,55	24,71	0,39	760	7624	chalk nanofósseis	quimiounidade 5	1,0856	-1,187	-0,0822
	154,91	11,14	0,1	2,53	2,74	0,53	0,92	25,63	0,59	721	9494	chalk nanofósseis	quimiounidade 5	-0,2987	-1,5239	0,2662
	156,15	22,82	0,7	7,5	6,57	0,12	4,24	7,94	0,06	127	16	chalk nanofósseis	?	-8,8898	0,5408	-3,4813

ANEXO 3
FEATURES UTILIZADAS NA CLASSIFICAÇÃO E CORRELAÇÃO ATRAVÉS DE
SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)

Leg 199 Site 1218													
Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	Idade	Classificação
0,74	24,29	0,31	6,75	3,97	0,04	1,61	0,38	0,05	235	5525	argila	1	quimiounidade 0
2,23	23,97	0,33	6,91	3,51	0,11	1,97	0,5	0,09	267	6360	argila	1	quimiounidade 0
3,74	23,34	0,28	6,05	3,92	0,29	1,7	0,32	0,13	201	5009	argila	1	quimiounidade 0
5,3	20,74	0,28	5,61	4,24	0,14	1,45	0,36	0,08	217	4865	argila	1	quimiounidade 0
6,74	21,58	0,27	6,17	4,39	0,11	1,84	0,42	0,14	197	4562	argila	2	quimiounidade 0
8,94	22,7	0,29	6,62	3,95	0,06	1,95	0,37	0,19	250	6733	argila	2	quimiounidade 0
10,44	24,24	0,33	7,06	4,07	0,06	2,14	0,63	0,13	253	6364	argila	2	quimiounidade 0
11,94	21,94	0,3	5,55	4,16	0,42	1,65	0,72	0,22	220	6263	argila	2	quimiounidade 0
13,44	21,49	0,28	6,1	4,56	0,54	1,9	0,71	0,22	257	5987	argila	2	quimiounidade 0
14,94	22,41	0,3	6,35	4,28	1,03	1,93	1,02	0,19	271	6265	argila	2	quimiounidade 0
16,44	22,6	0,31	6,57	3,85	0,88	1,96	0,77	0,22	252	6762	argila	2	quimiounidade 0
18,44	23,63	0,31	6,47	4,04	0,82	2,23	1,01	0,25	294	7256	argila	2	quimiounidade 0
19,94	20,37	0,28	5,07	4,11	0,88	1,62	0,74	0,2	311	8909	argila	2	quimiounidade 0
21,44	23,58	0,29	6,27	3,77	0,63	2,18	1,37	0,31	341	9040	argila	2	quimiounidade 0
22,94	23,24	0,29	5,82	3,58	0,93	1,94	1,1	0,33	290	7623	argila	2	quimiounidade 0
24,44	22,76	0,26	6,24	3,44	1,23	2,17	0,99	0,19	356	9321	argila	2	quimiounidade 0
25,94	25,94	0,25	5,6	3,35	0,66	1,91	0,85	0,18	294	8200	argila	2	quimiounidade 0
27,06	25,76	0,27	5,01	4,51	0,64	1,79	0,81	0,17	421	16109	argila	2	quimiounidade 0
27,94	26,75	0,22	4,21	5,11	0,65	1,51	0,68	0,16	322	11099	argila	2	quimiounidade 0
29,44	23,42	0,27	5,58	4,26	1,18	2,08	1,12	0,32	293	7268	argila	2	quimiounidade 0
30,94	23,91	0,28	5,72	4,15	1,27	1,98	1,12	0,36	284	5612	argila	2	quimiounidade 0
32,44	23,53	0,22	5,36	3,34	1,09	1,99	1,35	0,32	293	7258	argila	2	quimiounidade 0
33,94	23,94	0,23	5,11	4,52	1,05	1,92	1,36	0,42	301	7879	argila	2	quimiounidade 0
35,44	20,49	0,15	4,87	4,94	0,8	1,6	3,89	0,33	328	8300	argila	2	quimiounidade 0
36,48	24,37	0,22	4,35	6,06	1,03	2,1	2,14	0,37	346	7173	argila	2	quimiounidade 0
37,43	22,06	0,2	4,71	6,29	1,05	2,02	1,58	0,36	284	6011	argila	2	quimiounidade 0
38,93	21,07	0,24	5,13	6,28	1,33	2,15	4,16	0,32	461	5744	argila	2	quimiounidade 0
40,43	22,19	0,24	5,35	3,65	1,19	2,42	1,37	0,34	324	6345	argila	2	quimiounidade 0
41,93	23,33	0,21	4,5	3,97	1,13	2,09	1,24	0,32	331	6866	argila	2	quimiounidade 0
43,43	16,32	0,13	3,05	4,68	0,62	1,45	14,51	0,17	806	4614	argila	2	quimiounidade 0
44,93	17,46	0,15	3,15	4,37	0,64	1,53	14,69	0,16	957	4929	argila	2	quimiounidade 0
45,87	19,23	0,14	3,16	4,24	0,76	1,72	9,8	0,23	698	5879	argila	2	quimiounidade 0
46,93	25,86	0,21	4,47	5,27	0,73	1,83	1,03	0,2	299	7674	argila	2	quimiounidade 0
48,43	25,92	0,17	4,32	5,68	0,69	1,65	1,02	0,21	286	7698	argila	2	quimiounidade 0
49,93	24,59	0,18	4,52	4,98	0,84	1,97	1,06	0,25	331	7959	argila	2	quimiounidade 0
51,43	22,6	0,15	3,61	4,29	0,99	2,14	0,75	0,19	451	13264	argila	2	quimiounidade 0
52,93	22,91	0,15	3,35	1,38	0,86	1,97	6,1	0,22	618	9643	argila	2	quimiounidade 0
54,18	18,35	0,12	2,87	0,66	0,73	1,65	10,42	0,22	733	8392	argila	2	quimiounidade 0
54,96	6,96	0,05	0,95	0,41	0,27	0,64	29,66	0,08	1633	3949	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
56,44	3,63	0,02	0,45	0,87	0,13	0,37	34,23	0,04	1629	1341	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
57,94	2,27	0,02	0,3	3,01	0,08	0,28	36,66	0,05	1542	899	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
59,44	5,88	0,04	0,75	1,29	0,17	0,46	32,27	0,04	1474	2377	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
60,94	14,54	0,15	3	1,26	0,47	1,15	19,64	0,17	1081	4327	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
62,44	6,58	0,05	0,99	0,35	0,23	0,61	31,66	0,05	1443	3561	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
63,94	6,51	0,03	0,79	3,01	0,24	0,58	30,49	0,08	1689	2917	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
65,29	2	0,02	0,27	0,52	0,07	0,25	35,58	0,01	1589	999	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
66,6	13,19	0,08	1,72	0,32	0,59	1,19	21,54	0,15	1223	7145	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
67,44	2,49	0,02	0,32	1,12	0,1	0,33	35,48	0,05	1677	1270	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
68,94	1,88	0,02	0,17	0,32	0,06	0,25	35,8	0,03	1351	714	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A

Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	Idade	Classificação
70,49	5,89	0,03	0,63	0,58	0,2	0,5	31,26	0,06	1463	3105	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
71,94	1,66	0,01	0,23	0,48	0,06	0,26	36,72	0,04	1650	424	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
73,51	2,76	0	0,47	1,62	0,15	0,33	32,3	0,04	1640	1617	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
78,44	3,09	0,02	0,29	0,61	0,1	0,32	40,1	0,04	1792	1151	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
82,94	7,27	0,05	0,94	0,77	0,31	0,66	30,08	0,11	1686	3262	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
87,94	3,25	0,03	0,41	2,11	0,1	0,34	33,97	0,03	1576	1363	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2A
90,94	3,8	0,03	0,52	0,96	0,13	0,38	34,65	0,04	1802	2092	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2A
93,51	12,01	0,06	1,37	0,77	0,37	0,88	24,75	0,1	1415	5770	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2A
94,44	5,52	0,03	0,57	0,76	0,18	0,45	32,3	0,04	1761	2209	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
95,94	5,18	0,03	0,53	1,01	0,17	0,4	35,51	0,05	1746	1999	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
97,44	4	0,03	0,49	0,76	0,17	0,37	34,31	0,05	1758	1963	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
98,94	4,74	0,03	0,48	0,8	0,2	0,47	32,75	0,06	1692	2783	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
100,44	4,07	0,03	0,41	0,57	0,17	0,39	32,94	0,07	1583	1994	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
101,94	4,67	0,04	0,53	0,77	0,17	0,4	32,18	0,08	1865	2594	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
103,23	3,22	0,02	0,33	0,66	0,11	0,3	34,82	0,04	1683	1528	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
103,94	3,83	0,03	0,5	0,5	0,17	0,4	34,36	0,03	1739	2320	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
105,44	3,15	0	0,45	0,98	0,14	0,4	39,86	0,03	2127	1581	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
106,93	2,9	0	0,43	0,68	0,11	0,32	29,36	0,03	1773	1616	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
108,44	5,68	0,03	0,66	0,66	0,15	0,47	31,39	0,06	1675	2800	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
109,94	4,11	0,03	0,4	1,19	0,15	0,37	28,3	0,05	1514	1984	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
111,44	4,77	0,03	0,41	0,76	0,12	0,37	32,45	0,06	1486	2263	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
113,48	6,26	0,04	0,8	1	0,2	0,55	31,07	0,07	1695	2196	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
114,94	4,66	0,03	0,51	0,7	0,13	0,39	34,08	0,05	1778	1659	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
116,44	5,57	0,03	0,65	0,82	0,18	0,48	32,25	0,05	1728	2288	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
117,94	4,48	0,03	0,47	0,65	0,13	0,37	33,34	0,06	1786	2115	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
119,44	5,94	0,03	0,59	0,58	0,15	0,42	32,99	0,05	1733	2527	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
120,94	4,9	0,03	0,57	0,62	0,1	0,35	33,91	0,02	1742	2012	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
122,14	3,61	0,02	0,44	0,37	0,09	0,32	35,33	0,04	1918	1546	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
122,94	3,93	0,04	0,49	0,35	0,09	0,34	38,58	0,05	1721	1810	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
124,44	3,18	0	0,42	0,56	0,11	0,28	33,09	0,04	1743	1484	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
125,94	2,72	0,02	0,3	0,36	0,1	0,25	35,85	0,03	1683	1235	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
127,44	3,1	0,02	0,45	0,33	0,1	0,31	36,8	0,02	1899	1630	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
128,94	1,87	0,02	0,27	0,26	0,09	0,23	36,27	0,04	1768	958	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
130,44	1,8	0,02	0,31	0,28	0,09	0,23	36,32	0,03	1894	1033	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
132,44	2,39	0	0,33	0,18	0,11	0,26	35,13	0,05	1604	1099	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
133,94	1,74	0,02	0,21	0,52	0,1	0,23	39,92	0,04	1482	1088	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
135,44	1,73	0	0,33	0,37	0,11	0,24	37,21	0,03	1625	937	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
136,94	2,82	0	0,5	0,4	0,11	0,31	36,39	0,06	1720	1477	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
138,45	2,32	0	0,42	0,35	0,1	0,27	34,56	0,03	1790	1631	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
139,93	2,45	0,02	0,33	0,27	0,09	0,26	36,28	0,03	1707	1642	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
141,05	2,11	0	0,4	0,32	0,1	0,26	35,05	0,04	1760	999	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
141,94	1,4	0,01	0,23	0,46	0,08	0,22	36,91	0,02	1878	914	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
143,44	1,85	0	0,37	0,27	0,1	0,26	36,71	0,03	1728	1206	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
144,94	2,53	0	0,51	0,29	0,08	0,28	34,85	0,05	1790	1655	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
146,44	1,9	0	0,4	0,23	0,1	0,25	36,23	0,03	1675	1136	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
147,94	1,98	0	0,41	0,46	0,09	0,25	35,19	0,04	1787	1359	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
149,51	1,23	0,02	0,23	0,37	0,11	0,2	36,83	0,04	1460	713	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
150,5	2,5	0,04	0,41	0,55	0,09	0,25	36,68	0,07	1800	1661	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
151,67	1,98	0,03	0,35	0,56	0,09	0,24	31,95	0,04	1731	1466	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
153,01	3,51	0,04	0,47	0,4	0,08	0,29	35,57	0,04	1733	1533	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B

Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	Idade	Classificação
154,47	3,09	0,04	0,43	0,28	0,07	0,3	31,4	0,04	1670	1489	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
155,97	2,76	0,02	0,32	0,32	0,08	0,25	36,2	0,04	1653	1310	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
157,48	2,87	0	0,4	0,27	0,08	0,25	35,28	0,04	1720	1362	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
158,99	1,49	0,03	0,28	0,36	0,08	0,22	37,13	0,02	1716	1105	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
160,15	2,06	0	0,33	0,36	0,09	0,23	34,68	0,05	1624	1262	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
160,93	2,22	0	0,32	0,6	0,09	0,26	34,29	0,04	1601	1168	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
162,44	1,88	0,03	0,31	0,52	0,09	0,23	43,24	0,02	1565	1243	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
163,94	4,09	0,04	0,5	0,51	0,07	0,3	34,95	0,03	1608	1901	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
165,43	3,52	0	0,49	0,51	0,08	0,32	33,53	0,05	1662	1754	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
166,86	2,71	0,04	0,38	0,3	0,08	0,28	36,09	0,05	1583	1499	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
168,66	2,38	0,02	0,26	0,27	0,08	0,28	36,27	0,02	1530	1083	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
170,43	2,16	0,02	0,28	0,31	0,08	0,22	36,66	0,01	1585	1245	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
171,93	1,67	0,02	0,23	0,58	0,09	0,22	38,01	0,02	1555	907	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
173,43	1,62	0,02	0,23	0,48	0,08	0,22	37,41	0,02	1584	897	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
174,98	2,13	0,03	0,38	0,32	0,07	0,35	39,42	0,02	1750	964	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
176,43	2,18	0,03	0,35	0,41	0,08	0,27	34,75	0,04	1680	1413	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
179,36	1,74	0,03	0,3	0,8	0,08	0,26	41,58	0,02	1698	1157	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
179,96	4,83	0,02	0,77	1,15	0,13	0,48	33,16	0,07	1806	2215	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
181,44	4,01	0,04	0,47	0,74	0,14	0,38	37,89	0,06	1700	1842	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
182,94	6,41	0,04	0,73	0,62	0,17	0,49	34,33	0,07	1794	3347	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
184,44	4,38	0,04	0,45	0,58	0,16	0,35	29,99	0,04	1574	1603	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
185,94	4,14	0,04	0,39	0,65	0,12	0,31	41,38	0,04	1593	1624	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
187,44	4,51	0,02	0,33	0,58	0,12	0,31	34,67	0,03	1616	1445	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
196,73	4,91	0,02	0,38	1	0,13	0,32	33,95	0,04	1593	1427	chalk nanofósseis	3	
198,18	4,85	0,02	0,4	0,82	0,16	0,3	34	0,03	1516	1430	chalk nanofósseis	3	
199,5	10,11	0,04	0,61	0,86	0,2	0,45	30,96	0,06	1381	2627	chalk nanofósseis	3	
201,3	10,24	0,04	0,55	0,78	0,15	0,39	27,02	0,02	1338	1999	chalk nanofósseis	3	
203,18	8,85	0,03	0,49	0,82	0,16	0,42	29,98	0,04	1408	1977	chalk nanofósseis	3	
205,91	9,5	0,03	0,38	0,85	0,14	0,38	28,89	0,03	1380	1658	chalk nanofósseis	3	
210,5	7,18	0,02	0,41	2,08	0,18	0,38	31,94	0,03	1390	1147	chalk nanofósseis	3	
213,23	3,84	0,04	0,5	4,75	0,21	0,41	38,23	0,04	1685	1505	chalk nanofósseis	3	
215,89	11,03	0,05	1,15	5,74	0,46	0,79	24,26	0,07	1264	3771	radiolarito	3	quimiounidade 3
218,03	26,79	0,11	2,11	5,98	0,93	1,62	0,59	0,25	289	8720	radiolarito	4	quimiounidade 3
222,91	23,89	0,09	1,88	4,49	1,24	1,83	5,25	0,27	510	8962	radiolarito	4	quimiounidade 3
227,53	26,55	0,07	1,62	2,7	1,21	1,83	7,55	0,22	550	9199	radiolarito	4	quimiounidade 3
229,8	27,62	0,07	1,37	5,99	0,88	1,52	7,45	0,26	528	8859	radiolarito	4	quimiounidade 3
232,48	17,95	0,05	1,03	1,84	0,51	1,04	19,7	0,11	863	6006	radiolarito	4	quimiounidade 3
235,14	27,09	0,09	2,04	1,28	1,14	2,05	4,29	0,35	437	9645	radiolarito	4	quimiounidade 3
236,54	11,36	0,03	0,59	2,8	0,46	0,7	26,25	0,08	1104	4158	radiolarito	4	quimiounidade 3
238,04	9,83	0,03	0,44	1,41	0,28	0,53	29,91	0,05	1172	3064	radiolarito	4	quimiounidade 3
239,53	15,15	0,04	0,76	1,99	0,61	1,01	23,02	0,12	916	5310	radiolarito	4	quimiounidade 3
241,04	10,65	0,02	0,43	2,95	0,33	0,57	23,63	0,05	831	2476	radiolarito	4	quimiounidade 3
242,49	15,27	0,04	0,6	2,53	0,41	0,85	23,33	0,07	911	4013	radiolarito	4	quimiounidade 3
243,75	27,61	0,05	0,82	3,08	0,67	1,15	11,25	0,18	551	7052	radiolarito	4	quimiounidade 3
244,64	31,5	0,03	0,58	2,17	0,33	0,98	6,04	0,08	359	6353	radiolarito	4	quimiounidade 3
246,14	29,78	0,03	0,61	2,3	0,7	1,1	7,41	0,13	418	6201	radiolarito	4	quimiounidade 3
247,64	31,56	0,04	0,6	2,12	0,45	0,95	0,07	0,09	159	5334	radiolarito	4	quimiounidade 3
249,14	34,53	0,03	0,6	0,68	0,42	0,96	0,03	0,08	212	7747	radiolarito	4	quimiounidade 3
249,9	37,15	0,03	0,48	0,47	0,41	0,91	0,05	0,07	179	5973	radiolarito	4	quimiounidade 3
254,24	15,92	0,02	0,29	0,82	0,03	0,48	24,66	0,03	861	3183	chalk nanofósseis	4	quimiounidade 4

Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	Idade	Classificação
255,74	16,84	0,02	0,18	0,63	0,02	0,38	23,53	0,02	751	2502	chalk nanofósseis	4	qui miounidade 4
257,24	11,69	0,02	0,29	0,6	0,03	0,5	27,25	0,05	1032	3063	chalk nanofósseis	4	qui miounidade 4
258,74	7,85	0,02	0,27	0,59	0,03	0,43	31,42	0,05	1256	3441	chalk nanofósseis	4	qui miounidade 4
260,24	14,22	0,03	0,53	0,67	0,04	0,44	25,41	0,06	900	2707	chalk nanofósseis	4	qui miounidade 4
261,74	8,62	0,02	0,24	0,52	0,04	0,45	29,16	0,05	1103	2761	chalk nanofósseis	4	qui miounidade 4
262,74	9,78	0,02	0,28	1,41	0,04	0,5	29,79	0,06	1105	2819	chalk nanofósseis	4	qui miounidade 4
263,84	8,5	0,02	0,21	0,55	0,04	0,46	30,59	0,05	1137	2138	chalk nanofósseis	4	qui miounidade 4
265,33	12,73	0,03	0,43	1,05	0,03	1	26,63	0,1	1050	4336	chalk nanofósseis	4	qui miounidade 4
266,84	6,93	0,02	0,23	1,34	0,45	0,72	31,68	0,05	1105	2897	chalk nanofósseis	4	qui miounidade 4
268,1	4,64	0,02	0,38	2,14	0,13	1,84	33,71	0,09	1174	3699	chalk nanofósseis	4	qui miounidade 4
271,44	5,63	0,03	0,48	1,32	0,17	2,31	31,21	0,1	1155	3424	chalk nanofósseis	4	qui miounidade 4
273,75	5,35	0,06	0,81	0	0,29	4,59	27,31	0,2	942	7240	chalk nanofósseis	4	qui miounidade 4
274,23	3,86	0,05	0,61	0	0,16	3,48	30,91	0,24	901	783	chalk nanofósseis	4	qui miounidade 4

1 - Pleistoceno

2- Mioceno

3- Oligoceno

4- Eoceno

5- Paleoceno

Leg 199 Site 1219													
Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	Idade	Classificação
2,23	19,72	0,27	6,1	3,56	1,1	2,05	0,58	0,15	277	7050	radiolário com argila	2	quimiounidade 1
5,23	19,09	0,22	5,67	3,27	0,74	1,94	0,81	0,22	215	4224	radiolário com argila	2	quimiounidade 1
8,18	27,41	0,19	4,28	2,64	0,6	1,36	0,83	0,24	263	8072	radiolário com argila	2	quimiounidade 1
11,23	23,84	0,21	5,49	3,8	1,1	1,95	1,36	0,4	233	4480	radiolário com argila	2	quimiounidade 1
14,23	26,26	0,15	3,27	2,81	0,79	1,38	1,36	0,53	230	5168	radiolário com argila	2	quimiounidade 1
17,76	25,12	0,18	5,09	4,33	0,85	1,53	1,45	0,42	253	4455	vasa de radiolários	2	quimiounidade 1
20,73	24,43	0,13	3,34	3,05	0,63	1,15	4,88	0,3	416	5344	vasa de radiolários	2	quimiounidade 1
23,73	26,83	0,15	3,79	3,34	0,63	1,2	1,96	0,27	277	5289	vasa de radiolários	2	quimiounidade 1
27,23	27,63	0,14	3,78	3,36	0,73	1,18	1,21	0,27	294	8720	vasa de radiolários	2	quimiounidade 1
30,23	10,62	0,06	1,62	1,39	0,37	0,54	25,47	0,13	1341	3843	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
33,23	4,95	0,03	0,72	0,57	0,26	0,25	32,1	0,07	1301	1337	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
36,74	1,62	0,01	0,2	0,16	0,06	0,11	35,47	0,02	1261	634	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
39,73	2,1	0,01	0,3	0,28	0,09	0,13	37,41	0,03	1557	1063	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
42,77	4,71	0,02	0,52	0,57	0,15	0,2	32,58	0,04	1224	1767	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
46,24	19,27	0,06	1,55	2,1	0,51	0,63	16,1	0,15	733	5524	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
49,24	5,52	0,02	0,51	0,56	0,15	0,2	31,69	0,03	1247	2025	vasa de nanofósseis	2	quimiounidade 2A
52,24	4,96	0,02	0,52	0,5	0,11	0,18	34,58	0,04	1433	1505	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2A
55,68	15,92	0,07	1,96	2,07	0,65	0,59	18,27	0,16	1036	7534	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2A
58,57	13,01	0,06	1,42	1,5	0,31	0,46	24,23	0,12	1223	6324	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2A
61,73	5,45	0,02	0,51	0,46	0,13	0,2	31,85	0,02	1626	2204	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2A
65,23	13,72	0,06	1,47	1,81	0,38	0,57	22,65	0,13	1238	5490	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2A
68,23	13,22	0,05	1,27	1,49	0,23	0,5	22,46	0,06	1301	3880	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2A
71,23	9,72	0,03	0,7	0,8	0,13	0,3	27,95	0,06	1410	2796	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
74,73	6,28	0,02	0,63	0,61	0,1	0,24	31,85	0,05	1610	2096	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
77,73	2,29	0,01	0,27	0,21	0,12	0,12	35,97	0,01	1679	902	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
80,73	4,38	0,02	0,67	0,62	0,11	0,23	33,01	0,07	1700	2153	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
87,23	4,39	0,02	0,49	0,49	0,1	0,21	33,34	0,04	1626	2139	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
90,54	1,9	0,01	0,27	0,25	0,1	0,12	35,77	0,02	1738	1122	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
93,73	1,66	0,01	0,25	0,23	0,11	0,14	33,04	0,04	1588	968	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
96,72	2,36	0,01	0,32	0,23	0,09	0,13	35,62	0,11	1722	1068	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
103,24	1,88	0,01	0,26	0,25	0,08	0,15	35,09	0,05	1756	910	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
106,17	1,76	0,01	0,21	0,16	0,09	0,11	36,05	0,02	1692	1031	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
109,68	5,32	0,02	0,43	0,54	0,11	0,24	32,67	0,14	1549	1989	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2B
112,73	3,22	0,01	0,3	0,34	0,1	0,17	34,45	0,02	1524	1530	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2C
115,29	1,8	0,01	0,23	0,21	0,11	0,13	34,21	0,02	1423	1018	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2C
118,29	3,46	0,02	0,43	0,56	0,1	0,23	34,21	0,07	1587	1915	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2C
118,79	6,77	0,03	0,57	1,02	0,09	0,36	29,82	0,29	1530	3384	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2C
122,23	5,1	0,02	0,59	0,95	0,12	0,36	32,71	0,08	1604	2074	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2C
125,23	11,21	0,04	1,09	1,69	0,26	0,6	26,21	0,14	1431	5581	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2C
128,29	5,22	0,02	0,47	0,79	0,18	0,3	32,01	0,05	1605	2204	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2C
131,74	7,44	0,02	0,46	0,86	0,23	0,34	30,68	0,04	1573	2046	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2C
137,74	12,79	0,03	0,66	1,19	0,24	0,46	24,69	0,11	1276	3607	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2C
141,29	12,62	0,02	0,42	0,81	0,18	0,35	25,28	0,17	1221	2381	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2C
150,35	3,69	0,02	0,63	0,67	0,18	0,27	35,07	0,04	1804	1419	vasa de nanofósseis	3	quimiounidade 2C
152,61	26,03	0,11	2,55	6,29	1,42	1,93	1,51	0,47	326	9370	vasa de radiolário	4	quimiounidade 3
155,62	28,78	0,07	1,84	4,13	0,8	1,17	1,04	0,02	259	7505	vasa de radiolário	4	quimiounidade 3
160,27	29,6	0,07	1,64	4,62	0,91	1,23	1,15	0,12	249	8141	vasa de radiolário	4	quimiounidade 3
163,31	32,13	0,07	1,65	3,71	0,61	1,06	1,01	0,12	275	9448	vasa de radiolário	4	quimiounidade 3
166,28	32,17	0,06	1,64	4,12	0,77	1,13	1,05	0,27	295	10365	vasa de radiolário	4	quimiounidade 3

Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	Idade	Classificação
169,74	31,88	0,05	1,42	2,7	0,36	0,97	1,09	0,29	261	9320	vasa de radiolário	4	quimiounidade 3
172,74	29,42	0,08	1,93	3,77	0,48	1,29	1,3	0,36	282	10045	vasa de radiolário	4	quimiounidade 3
175,74	28,47	0,04	1,12	1,73	0,29	0,81	0,61	0,09	232	8710	vasa de radiolário	4	quimiounidade 3
179,23	27	0,03	0,83	1,31	0,21	0,65	3,99	0,12	300	6294	vasa de radiolário	4	quimiounidade 3
181,76	33,1	0,03	0,7	1,73	0,39	0,69	0,6	0,26	177	6442	vasa de radiolário	4	quimiounidade 3
188,72	35,16	0,02	0,44	0,71	0,1	0,4	0,65	0,06	153	4640	vasa de radiolário	4	quimiounidade 3
193,88	27,1	0,03	0,68	0,95	0,03	0,5	4,23	0,07	294	5457	diatom - nanno - radiolar	4	quimiounidade 3
195,7	21,55	0,02	0,52	0,68	0,06	0,41	16,56	0,36	709	4320	diatom - nanno - radiolar	4	quimiounidade 3
198,23	25,65	0,02	0,61	1,22	0,13	0,62	11,05	0,16	588	6520	radiolário com argila	4	quimiounidade 3
201,23	32,2	0,03	0,71	1,47	0,21	0,79	3,65	0,26	263	4723	radiolário com argila	4	quimiounidade 3
204,23	30,84	0,04	0,95	2,16	0,22	1,06	2,87	0,14	316	8333	radiolário com argila	4	quimiounidade 3
207,78	32,34	0,03	0,61	1,6	0,24	0,88	2,23	0,25	280	8804	radiolário com argila	4	quimiounidade 3
210,73	30,88	0,02	0,54	1,18	0,12	0,63	6,35	0,14	433	8062	radiolário com argila	4	quimiounidade 3
217,24	35,8	0,02	0,57	1,07	0,12	0,63	0,45	0,52	218	8735	radiolário com argila	4	quimiounidade 3
220,25	33,35	0,04	0,92	1,62	0,23	1,08	1,45	0,27	284	9668	radiolário com argila	4	quimiounidade 3
223,35	37,92	0,04	0,86	1,15	0,13	0,83	0,72	0,26	225	9090	radiolário com argila	4	quimiounidade 3
224,82	32,44	0,03	0,68	1,07	0,14	0,81	0,83	0,14	278	10548	radiolário com argila	4	quimiounidade 3

1 - Pleistoceno

2- Mioceno

3- Oligoceno

4- Eoceno

5- Paleoceno

Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	Idade	classificação
199,44	17,17	0,23	4,02	3,07	1,59	3,42	13,85	0,67	526	12971	chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
199,48	20,3	0,21	4,57	3,74	0,71	3,64	8,27	0,73	597	16334	chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
199,5	16,25	0,23	3,74	2,96	9,05	3,39	6,78	0,28	314	6745	chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
199,55	20,46	0,42	4,94	3,09	0,32	3,75	6,47	0,11	164	1033	chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
199,57	20,22	0,32	4,63	2,84	0,21	3,65	6,93	0,25	237	4072	chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
199,58	18,86	0,27	4,24	5,46	0,36	3,57	7,64	1,48	824	22712	chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
199,65	18,31	0,28	3,74	6,67	0,04	3,46	8,89	1,04	449	12709	chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
199,69	5,32	0,05	1,06	1,3	0,02	1,27	34,92	0,28	590	873	chalk nanofósseis	5	quimiounidade 4
199,71	3,72	0,04	0,71	0,8	0,02	0,95	37,52	0,21	642	55	chalk nanofósseis	5	quimiounidade 4
199,73	3,25	0,01	0,65	0,71	0,03	1,01	34,01	0,22	667	158	chalk nanofósseis	5	quimiounidade 4
199,75	3,24	0,04	0,58	0,79	0,03	0,91	36,66	0,19	669	465	chalk nanofósseis	5	quimiounidade 4
199,77	3,02	0,03	0,59	0,77	0,02	0,9	36,78	0,18	712	530	chalk nanofósseis	5	quimiounidade 4
199,79	2,56	0,05	0,6	0,87	0,02	0,85	32,64	0,14	820	1756	chalk nanofósseis	5	quimiounidade 4

1 - Pleistoceno
 2- Mioceno
 3- Oligoceno
 4- Eoceno
 5- Paleoceno

Leg 199 Site 1221														
Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)		Litologia	Idade	Classificação
2,23	9,65	0,04	1,16	0,67	0,15	0,49	27,4	0,12	1296	1691		diatom - nanno - radiolar	3	
5,23	21,62	0,06	1,34	0,79	0,16	0,79	12,67	0,15	768	2657		diatom - nanno - radiolar	3	
8,23	11,57	0,07	2,1	1,29	0,25	0,89	30,69	0,17	1220	1940		diatom - nanno - radiolar	3	
13,23	30,84	0,1	2,4	1,81	0,29	1,41	0,69	0,24	144	2726		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
16,23	30,61	0,08	2,15	1,7	0,31	0,85	0,29	0,21	114	2234		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
17,73	32,13	0,08	1,94	1,85	0,3	1,01	0,73	0,21	132	2781		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
21,23	30,63	0,08	2,12	2,09	0,16	1,04	0,97	0,27	119	2055		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
24,23	29,86	0,1	1,94	1,88	0,44	1,29	0,46	0,34	141	2853		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
27,23	31,26	0,08	2,04	2,24	0,4	1,36	1,53	0,3	176	3427		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
40,23	31,44	0,04	0,74	1,21	0,19	0,53	0,2	0,12	84	1469		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
46,23	30,34	0,06	1,22	2,43	0,54	1,18	0,55	0,21	142	2939		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
59,24	32,59	0,04	0,86	2,05	0,39	1,05	0,36	0,16	115	2053		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
62,24	33,12	0,04	0,69	1,76	0,4	1,03	0,29	0,14	122	2636		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
65,27	34,4	0,03	0,57	1,52	0,26	0,83	0,24	0,15	83	1631		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
71,73	33,99	0,04	0,68	1,42	0,33	0,9	0,12	0,12	118	3063		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
74,73	32,39	0,02	0,53	1,38	0,3	0,86	0	0,09	86	1728		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
78,19	33,46	0,04	0,66	2,01	0,4	0,96	0,31	0,1	97	1415		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
81,15	33,43	0,03	0,64	1,69	0,35	0,8	0,19	0,18	105	2591		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
82	31,4	0,04	0,71	2,11	0,4	0,94	0,18	0,15	100	2070		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
87,73	33,63	0,03	0,68	1,77	0,39	0,88	0,23	0,13	111	2507		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
90,73	37,84	0,04	0,71	1,65	0,31	0,86	0,3	0,15	118	2991		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
93,72	31,88	0,03	0,68	1,91	0,39	0,93	0,29	0,15	112	2966		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
103,23	34,16	0,03	0,5	1,21	0,32	0,58	0,02	0,12	87	2044		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
104,73	27,02	0,04	0,7	1,92	0,3	0,84	0,41	0,22	103	2260		vasa de radiolários	4	quimiounidade 3
153,5	2,45	0,01	0,47	0,36	0,08	0,53	58,16	0,12	1222	5089		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 4
153,6	2,88	0,02	0,64	0,48	0,09	0,56	47,24	0,15	1035	6123		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 4
153,8	2,87	0,03	0,61	0,43	0,07	0,44	34,76	0,16	991	5665		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 4
153,82	2,95	0,02	0,56	0,4	0,08	0,43	45,27	0,19	994	5807		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 4
153,85	3,43	0,02	0,69	0,42	0,1	0,5	50,49	0,21	1044	6869		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 4
153,87	4,02	0,03	0,84	0,64	0,13	0,51	41,1	0,27	1121	7956		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 4
153,9	6,74	0,06	1,42	1,01	0,2	0,68	32,5	0,36	967	11673		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 4
153,92	9,87	0,1	2,15	1,55	0,48	1,1	31,13	0,46	873	12996		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 4
153,95	9,26	0,09	2,09	1,51	0,56	1,03	27,57	0,52	798	12568		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 4
154	16,34	0,12	3,82	1,37	0,38	1,31	1,13	0,37	509	20098		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 4
154,02	17,35	0,17	4,13	1,78	0,32	1,49	1,84	0,64	637	25308		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 4
154,07	18,94	0,19	4,14	2,24	2,53	1,81	2,28	0,54	690	19220		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 4
154,1	16,25	0,2	3,69	2,99	10,76	2,34	1,34	0,29	578	11276		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
154,12	16,55	0,19	3,39	3,26	7,98	1,71	0,16	0,19	234	3570		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
154,15	20,49	0,25	4,41	2,08	1,26	1,28	0,53	0,25	232	3847		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
154,17	15,98	0,14	3,44	2,67	0,3	1,19	2,57	0,85	476	16482		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
154,2	16,04	0,15	3,56	3,29	0,07	1,2	1,26	0,92	460	15956		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
154,22	16,13	0,16	3,54	3,42	0,08	1,16	2,47	0,9	463	15108		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
154,25	15,84	0,15	3,72	3,89	0,1	1,35	3,46	0,98	461	13514		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
154,27	16,39	0,15	4	3,54	0,05	1,28	10,31	0,9	524	14065		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
154,3	12,07	0,12	2,85	2,89	0,05	1	21,04	0,75	702	9415		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
154,32	11,57	0,1	2,39	2,58	0,04	0,88	13,27	0,62	631	8175		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
154,35	12,55	0,11	2,89	2,42	0,05	0,86	17,13	0,77	643	8280		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
154,37	13,55	0,13	3,55	3,15	0,08	1,17	26,52	0,91	717	8785		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
154,4	12,81	0,12	2,84	2,58	0,29	0,92	13,55	0,74	558	8805		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
154,42	11,88	0,12	2,69	2,73	0,33	1,21	23,82	0,79	708	7744		chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5

Prof.	SiO2 (wt %)	TiO2 (wt %)	Al2O3 (wt %)	Fe2O3* (wt %)	MnO (wt %)	MgO (wt %)	CaO (wt %)	P2O5 (wt %)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Litologia	Idade	Classificação
154,45	12,11	0,12	2,86	2,49	0,25	1,04	22,34	0,68	698	8395	chalk nanofósseis	4	quimiounidade 5
154,47	11,04	0,1	2,48	2,38	0,26	1,12	30,87	0,73	864	8117	chalk nanofósseis	4	quimiounidade 4
154,57	6,73	0,06	1,35	1,2	0,18	0,54	32,63	0,37	855	6407	chalk nanofósseis	5	quimiounidade 4
154,67	6,22	0,05	1,35	1,13	0,09	0,67	43,43	0,33	999	5720	chalk nanofósseis	5	quimiounidade 4
154,77	8,1	0,08	1,54	1,75	0,32	0,55	24,71	0,39	760	7624	chalk nanofósseis	5	quimiounidade 4
154,91	11,14	0,1	2,53	2,74	0,53	0,92	25,63	0,59	721	9494	chalk nanofósseis	5	quimiounidade 4

1 - Pleistoceno
2- Mioceno
3- Oligoceno
4- Eoceno
5- Paleoceno

ANEXO 4
RELATÓRIOS DE RESULTADOS GERADOS PELA ANÁLISE POR *SUPPORT*
***VECTOR MACHINE* APLICADA A CORRELAÇÃO QUIMIOESTRATIGRÁFICA**

Relatorios - Anexo 4 - Melhor Classificacao 1 SVM

DETALHES DOS PARÂMETROS UTILIZADOS NA CLASSIFICAÇÃO POR SUPPORT VECTOR MACHINE

Lista de Poços DE TREINAMENTO:

Leg 199_site1219_classe SVM

LISTA DE POÇOS DE TESTE

Leg 199_site1218

Lista de Features:

SiO₂(wt%)

CaO(wt%)

Sr(ppm)

Cód.Interpret.

Idade

Vizinhança: 5

Poço: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar

Numero de exemplos = 110

Acurácia = 83 % (92/110) (classificação)

Tempo de Execução: 41 milisegundos

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 1 - Classe:

quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 1 - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 2 - Classe:

quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 1 - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 6 - Classe:

quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2C - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 7 - Classe:

quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2C - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 8 - Classe:

quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2C - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 10 - Classe:

quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2B - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 11 - Classe:

quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2B - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 12 - Classe:

quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2B - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 13 - Classe:

quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2B - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 14 - Classe:

quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2B - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 15 - Classe:

quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2B - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 16 - Classe:

quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2B - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 17 - Classe:

quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2B - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 18 - Classe:

quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2B - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 19 - Classe:

quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2B - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 69 - Classe:

quimiounidade 2B - Classificador: quimiounidade 2C - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 83 - Classe:

quimiounidade 2B - Classificador: quimiounidade 2C - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 84 - Classe:

quimiounidade 2B - Classificador: quimiounidade 2C - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 85 - Classe:

desconhecido - Classificador: quimiounidade 2C

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 86 - Classe:

desconhecido - Classificador: quimiounidade 2C

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 87 - Classe:

desconhecido - Classificador: quimiounidade 2C

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 88 - Classe:

desconhecido - Classificador: quimiounidade 2C

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 89 - Classe:

desconhecido - Classificador: quimiounidade 2C

Relatorios - Anexo 4 - Melhor Classificacao 1 SVM

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 90 - Classe:
desconhecido - Classificador: quimiounidade 2C
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 91 - Classe:
desconhecido - Classificador: quimiounidade 2C
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Classificar - Exemplo: 92 - Classe:
desconhecido - Classificador: quimiounidade 2C

Relatórios - Anexo 4 - Melhor Classificacao 2 SVM

DETALHES DOS PARÂMETROS UTILIZADOS NA CLASSIFICAÇÃO POR SUPPORT VECTOR MACHINE

Lista de Poços DE TREINAMENTO:
Leg 199_site1219_classe SVM_Novo
Leg 199_site1218_classe SVM_Novo

LISTA DE POÇOS DE TESTE
Leg 199_site1220

Lista de Features:
Idade
Cód.Interpret.
Fe2O3*(wt%)
Al2O3(wt%)

Vizinhança: 7

Poço: Leg 199_site1220_classe SVM_Classificar_Novo
Numero de exemplos = 57
Acurácia = 93 % (53/57) (classificação)
Tempo de Execução: 141 milisegundos
Poco: Poco: Leg 199_site1220_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 7 - Classe:
desconhecido - Classificador: quimiounidade 0 - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1220_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 8 - Classe:
desconhecido - Classificador: quimiounidade 2A
Poco: Poco: Leg 199_site1220_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 9 - Classe:
desconhecido - Classificador: quimiounidade 2A
Poco: Poco: Leg 199_site1220_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 10 - Classe:
desconhecido - Classificador: quimiounidade 2A
Poco: Poco: Leg 199_site1220_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 11 - Classe:
desconhecido - Classificador: quimiounidade 2A
Poco: Poco: Leg 199_site1220_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 12 - Classe:
desconhecido - Classificador: quimiounidade 2A
Poco: Poco: Leg 199_site1220_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 13 - Classe:
desconhecido - Classificador: quimiounidade 2A
Poco: Poco: Leg 199_site1220_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 14 - Classe:
desconhecido - Classificador: quimiounidade 2A
Poco: Poco: Leg 199_site1220_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 15 - Classe:
desconhecido - Classificador: quimiounidade 2A
Poco: Poco: Leg 199_site1220_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 16 - Classe:
desconhecido - Classificador: quimiounidade 2A
Poco: Poco: Leg 199_site1220_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 17 - Classe:
desconhecido - Classificador: quimiounidade 2C - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1220_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 18 - Classe:
quimiounidade 3 - Classificador: quimiounidade 2A - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1220_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 19 - Classe:
quimiounidade 3 - Classificador: quimiounidade 2C - Errou

Relatórios - Anexo 4 - Melhor Classificacao 3 SVM

DETALHES DOS PARÂMETROS UTILIZADOS NA CLASSIFICAÇÃO POR SUPPORT VECTOR MACHINE

Lista de Poços DE TREINAMENTO:

Leg 199_site1219_classe SVM_Novo
Leg 199_site1220_classe SVM_Novo
Leg 199_site1221_classe SVM_Novo

LISTA DE POÇOS DE TESTE

Leg 199_site1218

Lista de Features:

SiO₂(wt%)
Al₂O₃(wt%)
Fe₂O₃*(wt%)
Idade
MnO(wt%)
MgO(wt%)
P₂O₅(wt%)
Cód.Interpret.
TiO₂(wt%)

Vizinhança: 5

Poço: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo

Numero de exemplos = 162

Acurácia = 83.3333 % (135/162) (classificação)

Tempo de Execução: 280 milisegundos

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 31 - Classe:
quimiounidade 0 - Classificador: quimiounidade 1 - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 46 - Classe:
quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2B - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 47 - Classe:
quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2B - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 48 - Classe:
quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2B - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 49 - Classe:
quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2B - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 50 - Classe:
quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2B - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 51 - Classe:
quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2B - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 52 - Classe:
quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2B - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 53 - Classe:
quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2C - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 54 - Classe:
quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2C - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 56 - Classe:
quimiounidade 2A - Classificador: quimiounidade 2B - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 120 - Classe:
quimiounidade 2B - Classificador: quimiounidade 2C - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 121 - Classe:
quimiounidade 2B - Classificador: quimiounidade 2C - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 122 - Classe:
quimiounidade 2B - Classificador: quimiounidade 2C - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 126 - Classe:
quimiounidade 2C - Classificador: quimiounidade 2A - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 131 - Classe:
quimiounidade 3 - Classificador: quimiounidade 2C - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 134 - Classe:
quimiounidade 3 - Classificador: quimiounidade 1 - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 135 - Classe:
quimiounidade 3 - Classificador: quimiounidade 1 - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 138 - Classe:
quimiounidade 3 - Classificador: quimiounidade 2A - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 149 - Classe:
quimiounidade 4 - Classificador: quimiounidade 3 - Errou

Relatórios - Anexo 4 - Melhor Classificacao 3 SVM

Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 150 - Classe:
quimiounidade 4 - Classificador: quimiounidade 3 - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 151 - Classe:
quimiounidade 4 - Classificador: quimiounidade 2A - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 153 - Classe:
quimiounidade 4 - Classificador: quimiounidade 2A - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 154 - Classe:
quimiounidade 4 - Classificador: quimiounidade 2A - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 155 - Classe:
quimiounidade 4 - Classificador: quimiounidade 2B - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 156 - Classe:
quimiounidade 4 - Classificador: quimiounidade 2B - Errou
Poco: Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo - Exemplo: 157 - Classe:
quimiounidade 4 - Classificador: quimiounidade 2B - Errou

Relatórios - Anexo 4 - Melhor Classificacao 4 SVM

DETALHES DOS PARÂMETROS UTILIZADOS NA CLASSIFICAÇÃO POR SUPPORT VECTOR MACHINE

Lista de Poços DE TREINAMENTO:

Leg 199_site1218_classe SVM_Novo

Leg 199_site1219_classe SVM_Novo

Leg 199_site1220_classe SVM_Novo

LISTA DE POÇOS DE TESTE

Leg 199_site1221

Lista de Features:

SiO₂(wt%)

Cód.Interpret.

Idade

Al₂O₃(wt%)

Fe₂O₃*(wt%)

Vizinhança: 5

Poço: Leg 199_site1221_classe SVM_Classificar_Novo

Numero de exemplos = 56

Acurácia = 80% (45/56) (classificação)

Tempo de Execução: 163 milisegundos

Poco: Poco: Leg 199_site1221_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 1 - Classe: desconhecido - Classificador: quimiounidade 1 -

Poco: Poco: Leg 199_site1221_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 2 - Classe: desconhecido - Classificador: quimiounidade 1 -

Poco: Poco: Leg 199_site1221_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 3 - Classe: desconhecido - Classificador: quimiounidade 1 -

Poco: Poco: Leg 199_site1221_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 32 - Classe: quimiounidade 4 - Classificador: quimiounidade 2C - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1221_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 34 - Classe: quimiounidade 4 - Classificador: quimiounidade 5 - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1221_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 35 - Classe: quimiounidade 4 - Classificador: quimiounidade 5 - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1221_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 36 - Classe: quimiounidade 4 - Classificador: quimiounidade 5 - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1221_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 45 - Classe: quimiounidade 5 - Classificador: quimiounidade 4 - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1221_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 46 - Classe: quimiounidade 5 - Classificador: quimiounidade 4 - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1221_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 47 - Classe: quimiounidade 5 - Classificador: quimiounidade 4 - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1221_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 48 - Classe: quimiounidade 5 - Classificador: quimiounidade 4 - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1221_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 49 - Classe: quimiounidade 5 - Classificador: quimiounidade 4 - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1221_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 50 - Classe: quimiounidade 5 - Classificador: quimiounidade 4 - Errou

Poco: Poco: Leg 199_site1221_classe SVM_Classificar_Novo - Exemplo: 51 - Classe: quimiounidade 5 - Classificador: quimiounidade 4 - Errou

DETALHES DOS PARÂMETROS UTILIZADOS NA CLASSIFICAÇÃO POR SUPPORT VECTOR MACHINE

Lista de Poços DE TREINAMENTO:

Leg 199_site1220_classe SVM_Novo

Leg 199_site1221_classe SVM_Novo

LISTA DE POÇOS DE TESTE

Leg 199_site1218

Lista de Features:

Cód. Interpret.

Idade

Fe2O3* (wt%)

Al2O3 (wt%)

P2O5 (wt%)

Vizinhança : 5

Poço: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo

Numero de exemplos = 162

Acurácia = 58.0247 % (94/162) (classificação)

Tempo de Execução: 328 milisegundos

Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo -	Exemplo: 58 -	Classe: quimiounidade 2B -	Classificador: quimiounidade 2A -	Errou
Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo -	Exemplo: 59 -	Classe: quimiounidade 2B -	Classificador: quimiounidade 2A -	Errou
Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo -	Exemplo: 60 -	Classe: quimiounidade 2B -	Classificador: quimiounidade 2A -	Errou
Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo -	Exemplo: 61 -	Classe: quimiounidade 2B -	Classificador: quimiounidade 2A -	Errou
Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo -	Exemplo: 62 -	Classe: quimiounidade 2B -	Classificador: quimiounidade 2A -	Errou
Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo -	Exemplo: 63 -	Classe: quimiounidade 2B -	Classificador: quimiounidade 2A -	Errou
Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo -	Exemplo: 64 -	Classe: quimiounidade 2B -	Classificador: quimiounidade 2A -	Errou
Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo -	Exemplo: 65 -	Classe: quimiounidade 2B -	Classificador: quimiounidade 2A -	Errou
Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo -	Exemplo: 66 -	Classe: quimiounidade 2B -	Classificador: quimiounidade 2A -	Errou
Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo -	Exemplo: 67 -	Classe: quimiounidade 2B -	Classificador: quimiounidade 2A -	Errou
Poco: Leg 199_site1218_classe SVM_Novo -	Exemplo: 68 -	Classe: quimiounidade 2B -	Classificador: quimiounidade 2A -	Errou

[illegible]

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)