



**UNIVERSIDADE DE COIMBRA**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**Departamento de Ciências da Terra**

## **Caracterização Sedimentológica da Formação Teba na Região do Cabo Ledo (Bacia do Kwanza, Angola).**

Liberato Fernando Vanda Makemba

**Mestrado em Geociências – Área de Especialização em Geologia do Petróleo**  
**Setembro, 2017**





**UNIVERSIDADE DE COIMBRA**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**Departamento de Ciências da Terra**

## **Caracterização Sedimentológica da Formação Teba na Região do Cabo Ledo (Bacia do Kwanza, Angola).**

**Liberato Fernando Vanda Makemba**

**Mestrado em Geociências– Área de Especialização em Geologia do  
Petróleo**

### **Orientadores científicos**

Prof. Doutor Luís Vítor da Fonseca Pinto Duarte, Faculdade de Ciências e Tecnologia  
da Universidade de Coimbra

Prof. Doutora Cristina Fernanda Alves Rodrigues, Faculdade de Ciências da  
Universidade Agostinho Neto

**Setembro, 2017**

A memória da minha avó Maria da Conceição Vidi.

## Índice

Agradecimentos.....	IV
Resumo .....	V
Abstract .....	VI
Índice de Figuras .....	VII
Índice de Tabelas .....	XVI
<b>Capítulo I. Introdução .....</b>	<b>1</b>
I.1. Objetivos .....	2
I.2. Localização e caracterização da área de estudo .....	3
<b>Capítulo II. Enquadramento geológico e estratigráfico.....</b>	<b>5</b>
II.1. Evolução tectónica e sedimentar da Bacia do Kwanza .....	6
II.1.1. Bacia interior do Kwanza .....	8
II.2. Estratigrafia .....	9
II.2.1. Sequência pré-salífera.....	10
II.2.2. Sequência salífera.....	11
II.2.3. Sequência pós-salífera.....	11
II.2.4. Formação Teba .....	13
<b>Capítulo III. Metodologia.....</b>	<b>15</b>
III.1. Trabalho de Campo .....	16
III.1.1. Localização dos perfis .....	17
III.1.2. Recolha de Amostras .....	18
III.2. Trabalho de Laboratório.....	19
III.2.1. Análise da mineralogia total através da difracção de RX .....	19
III.2.2. Difracção de RX da fração argilosa das amostras em lâmina sedimentada	21
III. 2.3. Execução de lâminas delgadas .....	23
III.2.4. Análise ao microscópio petrográfico .....	25
III. 3. Análise de gabinete .....	27
III.3.1. Identificação de minerais na amostra total.....	27

III.3.1.1. Determinações semiquantitativas dos minerais argilosos .....	28
III.3.2. Desenho de perfis estratigráficos.....	29
<b>Capítulo IV. Registo litológico e estratigráfico dos afloramentos estudados .....</b>	<b>30</b>
IV.1. Afloramento CL1 .....	31
IV.1.1. Descrição do afloramento e caracterização macroscópica .....	31
IV.1.3. Análise petrográfica .....	35
IV.2. Afloramento CL2 .....	36
IV.2.1. Descrição do afloramento e caracterização macroscópica .....	36
IV.2.2. Análise mineralógica .....	38
IV.2.3. Análise petrográfica .....	40
IV.3. Afloramento CL3 .....	42
IV.3.1. Descrição do afloramento e caracterização macroscópica .....	42
IV.3.2. Análise mineralógica .....	43
IV.3.3. Análise petrográfica .....	47
IV.4. Afloramento CL4 .....	49
IV.4.1. Descrição do afloramento e caracterização macroscópica .....	49
IV.4.2. Análise mineralógica .....	50
IV.4.3. Análise petrográfica .....	54
IV.5. Afloramento CL5 .....	55
IV.5.1. Descrição do afloramento e caracterização macroscópica .....	55
IV.5.2. Análise mineralógica .....	57
IV.5.3. Análise petrográfica .....	59
IV.6. Afloramento CL6 .....	60
IV.6.1. Descrição do afloramento e caracterização macroscópica .....	60
IV.6.2. Análise mineralógica .....	61
IV.6.3. Análise petrográfica .....	66
IV.7. Afloramento CL7 .....	67
IV.7.1. Descrição do afloramento e caracterização macroscópica .....	67
IV.7.2. Análise mineralógica .....	68

IV.7.3. Análise petrográfica .....	70
IV.8. Afloramento CL8 .....	71
IV.8.1. Descrição do afloramento e caracterização macroscópica .....	71
IV.8.3. Análise petrográfica .....	73
IV.9. Afloramento CL9 .....	75
IV.9.1. Descrição do afloramento e caracterização macroscópica .....	75
IV.9.3. Análise petrográfica .....	78
<b>Capítulo V. Discussão .....</b>	<b>80</b>
V.1. Caracterização e evolução sedimentológica da Formação Teba no setor estudado.....	81
V.1.1 Definição estratigráfica.....	81
V.1.2. Caracterização mineralógica e diferenciação litológica .....	82
V.1.3. Caracterização microfaciológica.....	83
V.1.4. Evolução sedimentológica e significado paleoambiental .....	84
V.2. A Formação Teba no contexto evolutivo das unidades cretácicas da Bacia do Kwanza.....	86
V.3. O enchimento do Campaniano – Maastrichtiano ao nível do Atlântico Sul .....	88
V.3.1. Bacias do setor oriental do Atlântico Sul .....	89
V.3.2. Bacias do setor ocidental do Atlântico Sul.....	90
V.3.3. Semelhanças e diferenças entre as bacias do Atlântico Sul.....	92
<b>Capítulo VI. Considerações Finais .....</b>	<b>94</b>
VI.1. Trabalhos futuros .....	96
<b>Referências bibliográficas .....</b>	<b>97</b>

## **Agradecimentos**

A Deus por ter estado presente durante toda esta trajetória.

Aos meus orientadores, Dr. Luís Vitor Duarte e Dra. Cristina Rodrigues que logo na primeira abordagem aceitaram ter-me como orientando, sugerindo o tema e dando um acompanhamento de primeiro nível durante a execução da presente dissertação.

Aos meus pais Maurício Makemba e Isabel Kutsi pelo suporte incondicional. Uma nota de agradecimento extra-especial vai para a minha querida irmã Telma Makemba "Tornaste o meu sonho em realidade".

Aos colegas que contribuíram para este êxito, Chelsea Fernandes, Hélio Cristovão, Heritier Wandofusu (meu langa favorito), Manuel Cacumba, Aurea Caetano, Jonathan Torres, David Vaz e Rute Ribeiro.

A todos os funcionarios do Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra especialmente ao Sérgio Sêco e ao Sr. Carlos Maia. A equipa do Laboratório da Geologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, especialmente aos Srs. Tito Azevedo e Rui Teixeira.

Ao coletivo de familiares, colegas, amigos de Coimbra e Angola que muito me incetivaram, aqui vai o meu...

Muito Obrigado

## Resumo

Na presente dissertação estudou-se a Formação Teba do Cretácico Superior da Bacia do Kwanza, aflorante na região de Cabo Ledo (Oeste de Angola). A caracterização sedimentológica e estratigráfica desta unidade envolveu na fase inicial o levantamento de perfis em nove afloramentos, nunca estudados, onde foram recolhidas 50 amostras para estudos mineralógicos (difração de RX) e análise petrográfica.

Da análise estratigráfica e sedimentológica realizada nesta região, constata-se que a Formação Teba reparte-se em duas subunidades, embora a ausência de marcadores estratigráficos (bio e lito) não permitiram uma correlação estratigráfica entre os perfis nem uma avaliação correta da sua espessura (superior a 100 metros). A unidade mais basal, aflorante na porção mais ocidental, é caracterizada por alternâncias de dolomias, lutitos e margas mais ou menos ricas em matéria orgânica. A unidade superior é composta por intercalações de margas calcárias com calcários margosos com o aparecimento ocasional de calcarenito. Os litótipos mais carbonatados repartem-se entre dolosparitos e biomicritos/*wackestone*, particularmente ricos em foraminíferos planctónicos e com frequente contribuição siliciclástica, constituída por quartzo, moscovite e feldspato. As associações de minerais argilosos são dominadas pela esmectite, ocorrendo ainda ilite + interstratificados ilite/esmectite e, muito localmente, caulinite. A interpretação paleoambiental da sucessão estudada mostra uma sedimentação marinha, de carácter hemipelágico em grande parte da unidade. A ocorrência esporádica de caulinite parece estar associada a ambientes levemente húmidos.

Os resultados obtidos foram alvo de uma comparação com os poucos dados estratigráficos e sedimentológicos existentes do mesmo intervalo temporal nas restantes bacias angolanas, bem como com as bacias sedimentares da margem análoga brasileira.

Palavras Chave: Formação Teba, Cretácico, Sedimentologia, Rochas carbonatadas, Bacia do Kwanza.



## **Abstract**

The aim of the present dissertation was the stratigraphic and sedimentologic analysis of the Upper Cretaceous Teba Formation of the Kwanza Basin that crops out in the Cabo Ledo region (West of Angola). The study of this unit involved the analysis of nine outcrops, where 50 samples were collected for mineralogical studies (X-ray diffraction) and petrographic analysis.

Despite the absence of clear stratigraphic markers (bio and litho), which did not allow a stratigraphic correlation between the studied sections, the Teba Formation seems to show in outcrops of this area more than 100 meters. From the stratigraphic and sedimentologic analysis, it is possible to subdivide the Teba Formation into two subunits. The most basal unit, outcropping in the western part of the studied area, is characterized by alternations of dolostones, shales and marls more or less rich in organic matter. The upper unit is generally composed of limestone and marly limestone alternations with the occasional appearance of calcarenites. Dolosparites and biomicrites/wackestone are the two dominant microfacies occurring in the studied succession. The latter is particularly rich in planktonic foraminifera and with frequent siliciclastic contribution, consisting of quartz, muscovite and feldspar.

The clay minerals associations are dominated by smectite, occurring also illite + illite/smectite mixed-layer minerals and, more locally, kaolinite, which assume predominantly arid conditions. The paleoenvironmental interpretation of the studied succession shows a marine sedimentation, of hemipelagic character in great part of the unit. The sporadic occurrence of kaolinite may be associated with slightly humid environments.

The obtained results were compared with the few available sedimentologic and stratigraphic data of the same time interval in other Angolan basins, as well as the sedimentary basins from the analogous Brazilian margin.

**Keywords:** Teba Formation, Cretaceous, Sedimentology, Carbonates, Kwanza Basin.

## Índice de Figuras

Figura I.1. Localização da área de estudo: A. Bacias costeiras angolanas (Quesne et al., 2009); B. Região estuda na parte central da zona costeira de Angola (Total, 2012). .....	3
Figura II. 1. Localização das bacias sedimentares contíguas a Angola (modificado de Hudec & Jackson, 2005).    6	6
Figura II. 2. Margens conjugadas do Atlântico Sul, com bacias as conjugadas do Kwanza e de Santos representadas pelo círculo azul (Bryant et al., 2012)......	7
Figura II. 3.. Localização das bacias Interior e Exterior do Kwanza (Brownfield & Charpentier, 2006)......	9
Figura II. 4. Coluna litostratigráfica da Bacia do Kwanza (onde se inclui a Formação Teba) com base nos dados de Brognon & Verrier (1965), Stark (1991), Quesne et al. (2009) e Guiraud et al. (2010)......	10
Figura III. 1. Mapa geológico da região do Cabo Ledo (modificado de Morais et al., 1990), com a área de estudo representada pelo retângulo a vermelho.    16	16
Figura III. 2. Distribuição dos afloramentos na área de estudo (base topográfica do Google Earth). .....	17
Figura III. 3A. Vista em perspetiva dos afloramentos CL2 e CL3; B. Vista do perfil CL4 e localização dos perfis CL5 e CL6; C. Vista em prespetiva dos afloramentos CL7, CL8 e CL9. ....	17
Figura III. 4. Processo de descrição litológica e recolha de amostras. ....	18
Figura III. 5. Ilustração da fase inicial de preparação das amostras para análise de difração de RX da mineralogia total; A. Desintegração física da amostra nos almofarizes; B. Moagem da amostra; C. Amostra acomodada no porta amostra. ....	21
Figura III. 6. . Ilustração da fase final da análise de difração de RX da mineralogia total: A. Processamento da amostra no difratómetro de RX Philips PW3710; B. Decomposição dos espectros por intermédio do Software APD 3.6j; C. Versão final do difratograma. ....	21
Figura III. 7. Marcha laboratorial para a obtenção de lâminas sedimentadas: A. Moagem das amostras nos almofarizes; B. Pesagem exata da quantidade a ser utilizada; C. Reação da amostra com o ácido; D. Amostra desprovida de carbonatos; E. Centrífuga (Sorvall ® RC-5B) utilizada para a lavagem do ácido da amostra; F. Suspensão da amostra depois de passar por agitador. ....	22
Figura III. 8. Fase final da criação de lâminas sedimentadas até à passagem das amostras no difratómetro de RX: A. Amostra com sedimentos suspensos; B. Centrífuga (Thermo Harareus) utilizada para a separação da fração sedimentar < 2	

µm; C. Colocação da fração sedimentar < 2 µm na lâmina; D. Lâmina sedimentada seca à temperatura ambiente; E. Lâmina submetida ao tratamento químico com glicol; Lâmina submetida ao forno à temperatura de 550 ° C; G. Lâmina inserida no difratómetro de RX para análise mineralógica.....	23
Figura III. 9. Fase inicial da criação de lâminas delgadas (retirado de Silva et al., 2007) : A. Corte de amostra na serra de corte de rochas; B. Ajuste da dimensão da amostra; C. Alisamento das faces no tabuleiro; D. Despolimento de faces de vidro; E. Secagem da amostra alisada e despolida; F. Secagem da amostra na estufa; G. Colagem da esquirola a lâmina de vidro. ....	24
Figura III. 10. Fase final da criação de lâminas delgadas (retirado de Silva et al, 2007): A. Conjunto lâmina-esquirola submetido a placa de aquecimento; B. Pressão exercida pelas molas; C. Secagem na estufa; D. Referenciação da amostra; E. Corte, desgaste e polimento da esquirola; F. Confirmação da espessura pretendida; G. Aplicação do <i>spray</i> plastificante. ....	25
Figura III. 11. Microscópio óptico Nikon E400 POL utilizado nas análises petrográficas. ....	26
Figura III. 12. Quadro de classificação das rochas carbonatadas segundo Folk (1962). Adaptado a partir de Scholle & Ulmer-Scholle (2003). ....	26
Figura III. 13. Quadro de classificação de rochas carbonatadas segundo Dunham (1962). Adaptado a partir de Scholle e Ulmer-Scholle (2003). ....	27
Figura III. 14. Quadro de classificação de alguns tipos de porosidade em rochas carbonatadas segundo Choquette & Pray (1970). Adaptado de Flügel (2004).....	27
Figura III. 15. Legenda da simbologia utilizada na construção das colunas litostratigráficas apresentadas .....	29
Figura IV.1. Perfis estratigráficos da Formação Teba, relativos aos nove afloramentos estudados (ver legenda na fig.III.15). ....	32
Figura IV.2. Vista geral do afloramento CL1 onde se evidenciam os contactos entre a Formação Teba (A) a as duas unidades suprajacentes (B e C) (ver descrição no texto). ....	33
Figura IV.3. Perfil estratigráfico do afloramento CL1: A. Sucessão estratigráfica relativa à base da Formação Teba; B. Lutito dolomítico laminado impregnado com hidrocarbonetos (CL1-1); C. Lutito gipsífero impregnado com hidrocarbonetos (CL1-2); D. Dolomia compacta com gesso secundário nos planos das fraturas.....	33
Figura IV.4. Resultados da difração de RX, evolução do rácio silicatos/carbonatos, distribuição vertical dos minerais argilosos e classificação das rochas carbonatadas analisadas na sucessão estratigráfica do afloramento CL1.....	34

Figura IV.5. Amostra CL1-1: A. Difratoograma da amostra total; B. Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos. ....	35
Figura IV.6. Amostra CL1-2: A. Difratoograma da amostra total; B. Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos. ....	35
Figura IV.7. Difratoograma da amostra total CL1-3. ....	35
Figura IV.8. Fotomicrografia da amostra CL1-3: A. Aspeto geral da lâmina (Dolosparito) evidenciado-se cristais dolomíticos e porosidade vacuolar (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor do aspeto dos cristais de dolomite subédrica (seta violeta), quartzo siltoso (seta amarela), porosidade vacuolar e intercrystalina (seta roxa), óxidos de ferro (seta castanha) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).....	36
Figura IV.9. Vista geral do afloramento CL2, dominado por alternâncias de margas e dolomias (camadas mais salientes). ....	37
Figura IV.10. Perfil estratigráfico do afloramento CL2: A. Marga calcária laminada castanha acinzentada (CL2-1); B. Dolomia margosa cinzenta com pequenos níveis silteosos castanhos (CL2-2); C. Dolomia calcária compacta (CL2-6).....	37
Figura IV.11. Resultados da difração de RX, evolução do rácio silicatos/carbonatos, distribuição vertical dos minerais argilosos e classificação das rochas carbonatadas analisadas na sucessão estratigráfica do afloramento CL2.....	38
Figura IV.12. Amostra CL2-1: A. Difratoograma da amostra total; B. Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos. ....	39
Figura IV.13. Difratoograma da amostra total CL2-2.      Figura IV.14. Difratoograma da amostra total CL2-3. ....	39
Figura IV.15. Difratoograma da amostra total CL2-4.....	39
Figura IV.16. Amostra CL2-5: A. Difratoograma da amostra total; B. Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos. ....	40
Figura IV.17. Difratoograma da amostra total CL2-6.....	40
Figura IV.18. Fotomicrografia da amostra CL2-3: A. Aspeto geral da lâmina (Dolosparito) com cristais subédricos de dolomite com porosidade vacuolar e intercrystalina (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor do aspeto dos cristais de dolomite subédrica (seta violeta), quartzo siltoso (seta amarela), óxidos de ferro (seta castanha) e porosidade vacuolar (seta roxa) (luz polarizada; escala = 0,1 mm). ....	41
Figura IV.19. Fotomicrografia da amostra CL2-4: A. Aspeto geral da lâmina (Biomicrito/ <i>Wackestone</i> ) com matriz micrítica, foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor de cristal de dolomite euédrico (seta violeta), foraminífero planctónico parcialmente ferruginizado (seta vermelha), quartzo siltoso (seta amarela) e moscovite (seta verde clara) (luz polarizada; escala = 0,1 mm). ....	41

Figura IV.20. Fotomicrografia da amostra CL2-6: A. Aspecto geral da lâmina (Biomicrito/ <i>Wackestone</i> ) com matriz micrítica, foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor do aspeto dos cristais euédricos de dolomite (seta violeta), foraminífero planctónico com porosidade intrafóssil (seta vermelha) e moscovite (seta verde clara) (luz polarizada; escala = 0,1 mm). .....	42
Figura IV.21. Vista geral do afloramento CL3, onde se evidenciam duas unidades macroscopicamente distintas (unidade 1 e 2) pertencentes à Formação Teba.....	42
Figura IV.22. Perfil litoestratigráfico do afloramento CL3: A. Vista detalhada das unidades 1 e 2; B. Marga calcária cinzenta friável e laminada (CL3-1); C. Marga amarelo-acastanhada laminada (CL3-4); D. Calcarenito castanho alaranjado laminado (CL3-5); E. Calcário margoso compacto (CL3-6). .....	44
Figura IV.23. Resultados da difração de RX, evolução do rácio silicatos/carbonatos, distribuição vertical dos minerais argilosos e classificação das rochas carbonatadas analisadas na sucessão estratigráfica do afloramento CL3.....	45
Figura IV.24. Amostra CL3-1: A. Difrátograma da amostra total; B. Difrátograma relativo à associação de minerais argilosos. ....	45
Figura IV.25. Amostra CL3-2: A. Difrátograma da amostra total; B. Difrátograma relativo à associação de minerais de argilosos. ....	46
Figura IV.26. Amostra CL3-3: A. Difrátograma da amostra total; B. Difrátograma relativo à associação de minerais argilosos. ....	46
Figura IV.27. Difrátograma da amostra total CL3-4.....	46
Figura IV.28. Amostra CL3-5: A. Difrátograma da amostra total; B. Difrátograma relativo à associação de minerais argilosos. ....	46
Figura IV.29. Difrátograma da amostra total CL3-6.      Figura IV.30. Difrátograma da amostra total CL3-7. ....	47
Figura IV.31. Difrátograma da amostra total CL3-8.....	47
Figura IV.32. Fotomicrografia da amostra CL3-3: A. Aspecto geral da lâmina (Biomicrito/ <i>Wackestone</i> ) com matriz micrítica, com matéria orgânica disposta segundo os planos de laminação da amostra, porosidade de canal (seta roxa) (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor de foraminíferos planctónicos (seta vermelha) (luz natural; escala = 0,1 mm), C. Pormenor da fração bioclástica (foraminíferos planctónicos) e vestígio de vertebrado fosfatado (seta vermelha) (luz natural; escala = 0,1 mm); D. Pormenor de uma fratura e dos diferentes tipos de recristalização calcítica que a preenchem (luz polarizada; escala = 0,5 mm).....	48
Figura IV.33. Fotomicrografia da amostra CL3-6: A. Aspecto geral da lâmina (Biomicrito/ <i>Wackestone</i> ) com matriz micrítica, foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor da ocorrência de foraminífero	

planctónico unisseriado (seta vermelha), quartzo siltoso (seta amarela), moscovite (seta verde clara), óxidos de ferro (seta castanha) e vacúolos calcítizados (seta roxa) (luz polarizada; escala = 0,1 mm). .....	49
Figura IV.34. Fotomicrografia da amostra CL3-8: A. Aspeto geral da lâmina (Biomicro/Wackestone), com matriz micrítica, argilosa, evidenciando-se uma forte laminação, alguns foraminíferos planctónicos e porosidade de canal (seta roxa) (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenores da ocorrência de quartzo siltoso (seta amarela) e de porosidade intrapartícula a moldada de foraminíferos planctónicos (seta vermelha) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).....	49
Figura IV.35. Vista geral do afloramento CL4, com a disposição inclinada das camadas a pender para NE. ....	50
Figura IV.36. Perfil litoestratigráfico do afloramento CL4: A. Camada com passagem vertical gradual de calcarenito para calcário margoso CL4-2(b) a CL4-2(t); B. Marga amarelo-acastanhada laminada na parte intermédia do afloramento (CL4-3); C. Calcário margoso compacto (CL4-6). ....	51
Figura IV.37. Resultados da difração de RX, evolução do rácio silicatos/carbonatos, distribuição vertical dos minerais argilosos e classificação das rochas carbonatadas analisadas na sucessão estratigráfica do afloramento CL4.....	52
Figura IV.38. Difratoograma da amostra total CL4-1.....	52
Figura IV.39. Amostra CL4-2(b): A. Difratoograma da amostra total; B. Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos. ....	53
Figura IV.40. Amostra CL4-2(t): A. Difratoograma da amostra total; B. Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos. ....	53
Figura IV.41. Difratoograma da amostra total CL4-3.      Figura IV.42. Difratoograma da amostra total CL4-4. ....	53
Figura IV.43. Difratoograma da amostra total CL4-5.      Figura IV.44. Difratoograma da amostra total CL4-6. ....	53
Figura IV.45. Fotomicrografia da amostra CL4-1: A. Aspeto geral da lâmina (Biomicro/Wackestone) com matriz micrítica, alguns foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor de foraminífero planctónico com recristalizações calcíticas (seta vermelha), quartzo siltoso (seta amarela) óxidos de ferro (seta castanha) e porosidade vacuolar (seta violeta) (luz polarizada; escala = 0,1 mm). ....	54
Figura IV.46. Fotomicrografia da amostra CL4-4: A. Aspeto geral da lâmina (Biomicro/Wackestone) com matriz micrítica, foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro notando-se, igualmente, leve laminação (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor de foraminífero planctónico com recristalizações calcíticas (seta vermelha),	

quartzoso siltoso (seta amarela) e óxidos de ferro (seta castanha) (luz polarizada; escala = 0,1 mm). .....	55
Figura IV.47. Fotomicrografia da amostra CL4-6: A. Aspecto geral da lâmina (Biomicro/Wackestone) com matriz micrítica e alguns foraminíferos planctónicos (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor de foraminífero planctónico de câmara solta com recristalizações calcíticas no interior (seta vermelha), quartzo siltoso (seta amarela), moscovite (seta verde clara), óxidos de ferro (seta castanha), porosidade intrapartícula (seta roxa) (luz polarizada; escala = 0,1 mm). .....	55
Figura IV.48. Vista geral do afloramento CL5, com alternâncias de calcário margoso.	56
Figura IV. 49. Perfil estratigráfico do afloramento CL5: A. Calcário margoso compacto (CL5-3); B. Calcário margoso fraturado (CL5-6). .....	56
Figura IV.50. Resultados da difração de RX, evolução do rácio silicatos/carbonatos, distribuição vertical dos minerais argilosos e classificação das rochas carbonatadas analisadas na sucessão estratigráfica do afloramento CL5.....	57
Figura IV.51. Difratoograma da amostra total CL5-1.      Figura IV.52. Difratoograma da amostra total CL5-2. ....	57
Figura IV.53. Difratoograma da amostra total CL5-3.      Figura IV.54. Difratoograma da amostra total CL5-4. ....	58
Figura IV.55. Difratoograma da amostra total CL5-5.....	58
Figura IV.56. Amostra CL5-6: A. Difratoograma da amostra total; B. Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos. ....	58
Figura IV.57. Fotomicrografia da amostra CL5-1: A. Aspecto geral da lâmina (Biomicro/Wackestone) com matriz micrítica, alguns foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor de foraminífero planctónico com recristalizações calcíticas (seta vermelha), quartzo siltoso (seta amarela), moscovite (seta verde clara) e pontuações frequentes de óxidos de ferro (seta castanha) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).....	59
Figura IV.58. Fotomicrografia da amostra CL5-3: A. Aspecto geral da lâmina (Biomicro/Wackestone) com matriz micrítica, alguns foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor da fração bioclástica onde se evidenciam foraminíferos planctónicos e bivalves (seta vermelha), quartzo siltoso (seta amarela) e óxidos de ferro (seta castanha) (luz polarizada; escala = 0,1 mm). ..	60
Figura IV.59. Fotomicrografia da amostra CL5-5: A. Aspecto geral da lâmina (Biomicro/Wackestone) com matriz micrítica, foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz polarizada; escala = 0,5 mm); B. Pormenor de quartzo (seta amarela), moscovite (seta verde clara), pontuações de óxidos de ferro (seta castanha), porosidade intrapartícula e de canal (seta roxa) (luz polarizada; escala = 0,1 mm). ...	60

Figura IV.60. Vista geral do afloramento CL6, com os intervalos estratigráficos amostrados representados pelos pontos vermelhos (ver perfil na fig.IV.61). .....	61
Figura IV.61. Perfil litoestratigráfico do afloramento CL6, no local das amostragens: A. Camada de calcário margoso coberta por sedimentos recentes (CL6-1 e CL6-2); B. Calcário margoso compacto (CL6-5); C. Calcário margoso amarelo-acastanhado que caracteriza a parte superior da sucessão estratigráfica (CL6-6). .....	62
Figura IV.62. Resultados da difração de RX, evolução do rácio silicatos/carbonatos, distribuição vertical dos minerais argilosos e classificação das rochas carbonatadas analisadas na sucessão estratigráfica do afloramento CL6.....	63
Figura IV.63. Difratoograma da amostra total CL6-1.....	64
Figura IV.64. Amostra CL6-2: A. Difratoograma da amostra total; B. Difratoograma relativo à associação de minerais de argilosos. ....	64
Figura IV.65. Difratoograma da amostra total CL6-3.....	64
Figura IV.66. Amostra CL6-4: A. Difratoograma da amostra total; B. Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos. ....	65
Figura IV.67. Difratoograma da amostra total CL6-5.      Figura IV.68. Difratoograma da amostra total CL6-6. ....	65
Figura IV.69. Difratoograma da amostra total CL6-7.....	65
Figura IV.70. Amostra CL6-8: A. Difratoograma da amostra total; B. Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos. ....	65
Figura IV.71. Difratoograma da amostra total CL6-9.      Figura IV.72. Difratoograma da amostra total CL6-10. ....	66
Figura IV.73. Fotomicrografia da amostra CL6-5: A. Aspeto geral da lâmina ( <i>Biomicro/Wackestone</i> ) com matriz micrítica, alguns foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm), B. Pormenor de foraminífero planctónico com recristalizações calcíticas (seta vermelha), quartzo siltoso (seta amarela), óxidos de ferro (seta castanha) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).....	66
Figura IV.74. Fotomicrografia da amostra CL6-9: A. Aspeto geral da lâmina ( <i>Biomicro/Wackestone</i> ) com matriz micrítica, alguns foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor de foraminífero planctónico ferruginizado (seta vermelha) e grande concentração de óxidos de ferro (seta castanha) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).....	67
Figura IV.75. Vista de geral do afloramento CL7, onde se evidencia uma sucessão dominada por calcários margosos. ....	67
Figura IV.76. Perfil litoestratigráfico do afloramento CL7: A. Calcarenito castanho alaranjado laminado; B. Calcário margoso laminado (CL7-2); C. Calcário margoso fraturado (CL7-4). ....	68



Figura IV.77. Resultados da difração de RX, evolução do rácio silicatos/carbonatos e classificação das rochas carbonatadas analisadas na sucessão estratigráfica do afloramento CL7. ....	69
Figura IV.78. Difratoograma da amostra total CL7-1	
Figura IV.79. Difratoograma da amostra total CL7-2. ....	69
Figura IV.80. Difratoograma da amostra total CL7-3. ....	69
Figura IV.81. Difratoograma da amostra total CL7-4. ....	70
Figura IV.82. Fotomicrografia da amostra CL7-2: A. Aspeto geral da lâmina (Biomicrito/ <i>Wackestone</i> ) evidenciado-se micrite ferruginosa laminada, fragmentos de bivalves (seta vermelha) e foraminíferos planctónicos (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor de quartzo siltoso (seta amarela), grande concentração de óxidos de ferro (seta castanha) e porosidade intrapartícula a moldada (seta roxa) (luz natural; escala = 0,1 mm). ....	70
Figura IV.83. Fotomicrografia da amostra CL7-4: A. Aspeto geral da lâmina (Biomicrito/ <i>Wackestone</i> ) com matriz micrítica, foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor de quartzo siltoso (seta amarela), moscovite (seta verde), óxidos de ferro (seta castanha) e porosidade intrapartícula (seta roxa) (luz polarizada; escala = 0,1 mm). ....	71
Figura IV.84. Vista de geral do afloramento CL8, com intercalações de calcários margosos. ....	72
Figura IV.85. Perfil litoestratigráfico do afloramento CL8: A. Aspecto de calcário particularmente mais margoso e fraturado (CL8-1); B. Aspecto de calcário menos margoso e de cor relativamente mais clara do que o litotipo anterior (CL8-2). ....	72
Figura IV.86. Resultados da difração de RX, evolução do rácio silicatos/carbonatos e classificação das rochas carbonatadas analisadas na sucessão estratigráfica do afloramento CL8. ....	73
Figura IV.87. Difratoograma da amostra total CL8-1.	
Figura IV.88. Difratoograma da amostra total CL8-2. ....	73
Figura IV.89. Fotomicrografia da amostra CL8-1: A. Aspeto geral da lâmina (Biomicrito/ <i>Wackestone</i> ) com uma matriz micrítica, foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor de foraminífero planctónico com recristalização calcítica parcial e com porosidade intrapartícula, óxidos de ferro (seta castanha) (luz polarizada, escala = 0,1 mm); C. Acumulação preferencial mais clástica (ocorrência de quartzo e moscovite) e de foraminíferos planctónicos, no seio da matriz micrítica (luz natural; escala = 0,5 mm); D. Ampliação da imagem anterior onde, para além das características apresentadas, é visível a forte porosidade moldada dos foraminíferos planctónicos (luz polarizada; escala = 0,5 mm). ....	74

Figura IV.90. Fotomicrografia da amostra CL8-2: A. Aspecto geral da lâmina (Biomicrito/ <i>Wackestone</i> ) com matriz micrítica, alguns foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor de foraminífero planctónico com recristalização calcítica (seta vermelha), quartzo siltoso (seta amarela), moscovite (seta verde clara), óxidos de ferro (seta castanha) e porosidade vacuolar (seta violeta) (luz polarizada; escala = 0,1 mm). .....	75
Figura IV.91. Vista geral do afloramento CL9, onde se observa uma sucessão de calcários margosos.....	76
Figura IV.92. Perfil estratigráfico do afloramento CL9: A. Vista em pormenor de calcário margoso compacto (CL9-3) que caracteriza grande parte das fácies deste perfil.....	76
Figura IV.93. Resultados da difração de RX, evolução do rácio silicatos/carbonatos e classificação das rochas carbonatadas analisadas na sucessão estratigráfica do afloramento CL9. ....	77
Figura IV.94. Difratoograma da amostra total CL9-1.      Figura IV.95. Difratoograma da amostra total CL9-2. ....	77
Figura IV. 96. Difratoograma da amostra total CL9-3.      Figura IV. 97. Difratoograma da amostra total CL9-4. ....	78
Figura IV.98. Fotomicrografia da amostra CL9-1: A. Aspeto geral da lâmina (Biomicrito/ <i>Wackestone</i> ) com matriz micrítica, foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor de foraminífero planctónico com recristalizações calcíticas (seta vermelha), quartzo siltoso (seta amarela), moscovite (seta verde clara) e óxidos de ferro (seta castanha) (luz polarizada; escala = 0,1 mm). .....	78
Figura IV.99. Fotomicrografia da amostra CL9-3: A. Aspeto geral da lâmina (Biomicrito/ <i>Wackestone</i> ) com uma matriz micrítica, foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor de porosidade intrapartícula e de canal (seta roxa) (luz polarizada; escala = 0,1 mm); C. Acumulação preferencial mais clástica (ocorrência de quartzo e moscovite) e de foraminíferos planctónicos, no seio da matriz micrítica (luz natural; escala = 0,5 mm); D. Ampliação da imagem anterior onde, para além das características apresentadas é visível a forte porosidade moldada dos foraminíferos planctónicos (luz polarizada; escala = 0,5 mm). ....	79
Figura V.1. Mapa de isópacas abrangendo o enchimento correspondente à Formação Teba (Brognon & Verrier, 1965).....	87
Figura V.2. Margens conjugadas do Atlântico Sul, com a localização das bacias do setor oriental (Espírito Santo, Campos, Santos) e do setor ocidental (Baixo Congo, Kwanza, Benguela, Namibe) (Benglinger et al., 2012). ....	88

Figura V.3. Quadro comparativo do enchimento sedimentar ocorrido em diversas bacias do Atlântico Sul durante o intervalo Campaniano – Maastrichtiano. (informação baseada em Costa, 1956; Neto, 1961, 1964; Soares de Carvalho, 1961; Gomes, 1970; Lapão & Pereira, 1971; Mohriak et al., 1990; Stark, 1991; Viera et al., 1994; França et al., 2007; Moreira et al., 2007; Fauth et al., 2011; Strganac et al., 2014; Schröder et al., 2015. .... 93

## **Índice de Tabelas**

Tabela III.1. Localização geográfica dos diversos afloramentos bem como número de amostras colhidas. ....	18
Tabela III.2. Ensaios laboratoriais realizados nas amostras colhidas nos diferentes afloramentos. ....	20
Tabela III.3. Identificação dos minerais na difração de RX com base nos picos de difração. ....	28
Tabela V.1. Sistematização microfaciológica da Formação Teba de acordo com as amostras analisadas. ....	84

*Caracterização Sedimentológica da Formação Teba  
na Região do Cabo Ledo (Bacia do Kwanza, Angola).*

## **Capítulo I. Introdução**

É conhecida a importância petrolífera da Bacia do Kwanza (Angola), cuja atividade exploratória se intensificou devido à potencial ocorrência de hidrocarbonetos na sequência do chamado Pré-Sal (Cazier et al., 2014; Koning, 2014 ). Apesar de toda esta atividade, mais marcante no seu *offshore*, não são muitos os trabalhos de estratigrafia e sedimentologia disponíveis relativos às diversas unidades que aí se registam, e que podem ser facilmente observadas no seu *onshore*. A maioria dos trabalhos remontam a períodos com mais de 50 anos e que, apesar de representarem uma excelente base, pecam por possuírem um carácter muito generalista (ver, por exemplo, Martins, 1951; Brognon & Verrier 1955, 1958, 1959, 1965; Neto, 1964). Sendo assim, o presente trabalho pretende ser uma contribuição para o estudo sedimentológico e estratigráfico de uma dessas unidades, a Formação Teba, do Cretácico terminal, muito pouco conhecida nos registos bibliográficos.

À semelhança da grande maioria das unidades cretácicas da Bacia do Kwanza (ver Capítulo II), a Formação Teba é essencialmente constituída por rochas carbonatadas, datadas do Campaniano – Maastrichtiano (Hudec & Jackson, 2002; Brownfield & Charpentier, 2006; Guiraud et al., 2010) representando na bacia a unidade que melhor deverá evidenciar as grandes mudanças à escala global do limite Cretácico – Paleogénico (Alvarez et al., 1980; Keller et al., 2004; Robertson et al., 2013), entre as quais a grande extinção em massa associada a este limite.

## **I.1. Objetivos**

Neste contexto, e sendo algo exploratório devido ao facto de não existir nada publicado quanto às suas características sedimentológicas e estratigráficas, definiram-se vários objetivos para o presente trabalho. O primeiro deles, através da análise de terreno de uma área restrita da Bacia do Kwanza, mas bem representativa quanto ao registo da Formação Teba, a região do Cabo Ledo, demonstrar as suas principais características estratigráficas e sedimentológicas. Para esse efeito, através de um conjunto de amostras recolhidas nos perfis estudados na área de estudo, pretende-se estudar a composição mineralógica (através de difração de RX) e litológica, com base na análise ao microscópio petrográfico, da unidade. Da seleção de algumas dessas amostras, pretende-se determinar as diferentes fácies e microfácies da unidade, com vista a fazer inferência sobre a evolução sedimentar e paleoambiental. E finalmente, contextualizar o enchimento cretácico terminal da Bacia do Kwanza com a evolução sedimentar reconhecida noutras bacias contíguas ao momento da deposição, como

são os casos das bacias conjugadas do outro lado do Atlântico (França et al., 2007; Winter et al., 2007; Moreira et al., 2007; Mohriak, 2014).

## I.2. Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo enquadra-se dentro dos limites geográficos do *onshore* da Bacia do Kwanza na margem costeira angolana (**fig.I.1**). Localizando-se a sul da província de Luanda, no município da Quissama e comuna do Cabo Ledo, limitada pelos paralelos 8° e 9° e pelos meridianos 13° e 14° a sul do rio Kwanza.



**Figura I.1.** Localização da área de estudo: **A.** Bacias costeiras angolanas (Quesne et al., 2009); **B.** Região estudada na parte central da zona costeira de Angola (Total, 2012).

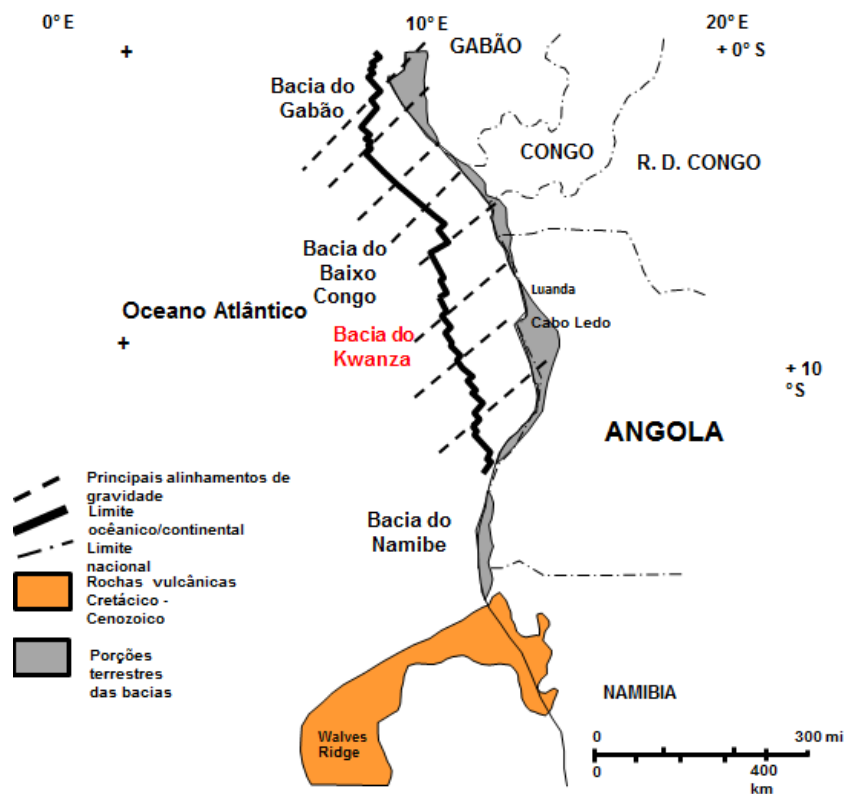
A zona de interesse, localizada junto à costa, é algo acidentada sendo caracterizada por relevos que chegam a atingir uma cota de 100 m, vales com canais intermitentes, terraços fluviais, flúvio-marinhos e marinhos de cotas variáveis, formados pelos processos de erosão/deposição na zona costeira.

## **Capítulo II. Enquadramento geológico e estratigráfico**



## II.1. Evolução tectónica e sedimentar da Bacia do Kwanza

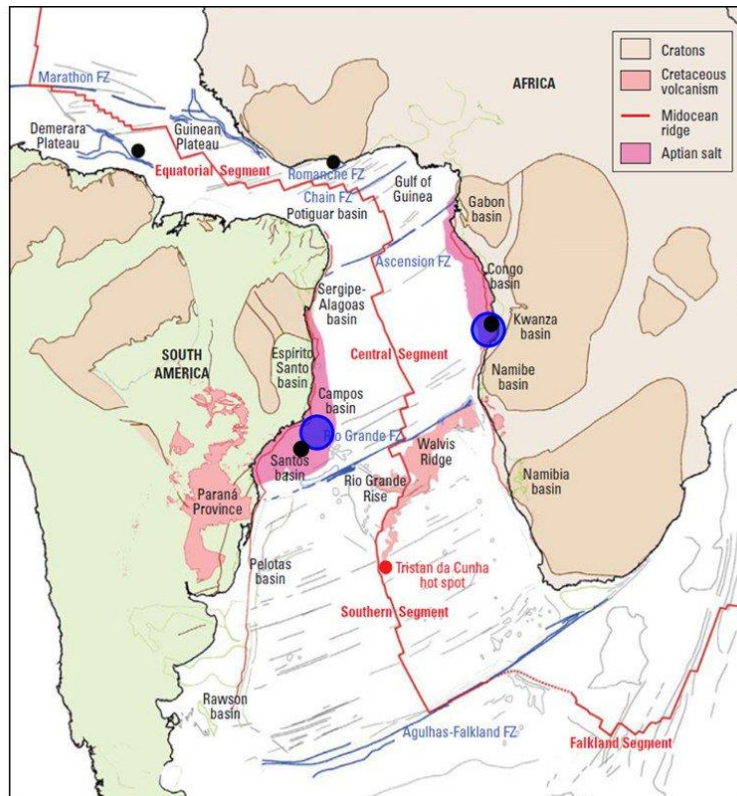
A Bacia do Kwanza é uma bacia cretácica e terciária que se estende por cerca de 300 km ao longo da costa oeste de Angola, em ambos os lados da foz do Rio Kwanza, entre o 8° e o 12° de latitude sul (Brognon & Verrier, 1965). Localiza-se no centro da margem continental angolana, sendo limitada a Norte pela Bacia do Baixo Congo e a Sul pela Bacia do Namibe (**fig.II.1**). Ter-se-á formado durante o processo de rifte ligado à fraturação do supercontinente Pangeia, que na bacia em questão teve início no Neocomiano (cerca dos 144 – 140 Ma), e com a consequente separação das placas Africana e Sul Americana no Cretácico Inferior (cerca dos 127 – 117 Ma) (Hudec & Jackson, 2005). Este processo foi responsável nas margens análogas pela criação de bacias com evolução geológica similar como é o caso da Bacia do Kwanza (abrange a Sub-bacia de Benguela; Quesne et al., 2009) na margem angolana e as bacias de Campos e de Santos na margem brasileira (Mohriak, 2014; **fig.II.2**).



**Figura II.1.** Localização das bacias sedimentares contíguas a Angola (modificado de Hudec & Jackson, 2005).

Segundo Brownfield & Charpentier (2006), a evolução tectónica da Bacia do Kwanza pode ser subdividida em três estágios principais: **Pré-rifte** (Proterozoico tardio a Jurássico tardio), **Sin-rifte** (Jurássico tardio a Cretácico Inicial) e **Pós-rifte** (Cretácico tardio a Holocénico).

Na Bacia do Kwanza, os sedimentos do Pré-rifte só muito recentemente foram perfurados, apresentando intercalações de chertes, dolomitos e calcários na sua parte imersa (Cazier et al., 2014). Por outro lado, acredita-se que na porção continental as rochas do pré-rifte correspondam a arenitos e conglomerados basais (Brownfield & Charpentier, 2006). O preenchimento sedimentar da bacia ocorreu após o rifte continental devido à subsidência térmica da bacia do tipo *sag*, criando diferentes sequências deposicionas (Hudec & Jackson, 2005).



**Figura II.2.** Margens conjugadas do Atlântico Sul, com bacias as conjugadas do Kwanza e de Santos representadas pelo círculo azul (Bryant et al., 2012).

No início do estágio Sin-rifte (Neocomaniano), o processo de rifte deu origem a uma série assimétrica de *horts* e *grabens* na bacia, com inclinação paralela à linha de costa actual, com a consequente deposição de espessas sequências de depósitos fluviais e lacustres ricos em matéria orgânica que são, por excelência, as rochas geradoras deste período (Stark, 1991; Brownfield & Charpentier, 2006). As rochas do Pós-rifte consistem, na fase inicial (Aptiano), em sedimentos continentais, fluviais e lagunares, seguindo-se a deposição de extensas sucessões evaporíticas (Brownfield & Charpentier, 2006). Após a deposição das unidades evaporíticas (Aptiano) estabeleceram-se dois regimes de deposição. Sendo o primeiro transgressivo, consistindo em rochas carbonatadas e clásticas de plataforma, seguido de unidades progradacionais ao longo da margem continental (Brownfield & Charpentier, 2006). O

segundo regime estabeleceu-se em condições de mar aberto, caracterizado por unidades margosas e siliciclásticas desde o Cenomaniano (Hudec & Jackson, 2005).

Os depósitos do Santoniano ao Eocénico são caracterizados por sedimentos clásticos agradantes e retrogradantes intercalados com proporções variáveis de carbonatos, refletindo um período de nível de mar alto no Cretácico Superior (Anderson et al., 2000). As condições de mar aberto cessam no Paleocénico – Eocénico, onde se verifica uma descida do nível do mar, dando lugar ao avanço da deposição de depósitos siliciclásticos continentais para oeste, cobrindo os depósitos marinhos (Stark, 1991). Do início do Eocénico ao final do Miocénico foi um período marcado por uma grande descida do nível do mar e ausência de depósitos, dando origem a fragmentação por erosão de grandes volumes rochosos, que se foram depositar na plataforma continental, o que deu lugar a uma sobrelevação e inclinação da margem para ocidente. Com a contínua regressão marinha do Cenozoico verificou-se a deposição de sedimentos siliciclásticos continentais do Pliocénico e Plistocénico em toda a bacia (Stark, 1991).

#### **II.1.1. Bacia interior do Kwanza**

A Bacia do Kwanza está sub-dividida em bacia interior (onde o presente trabalho foi realizado) e bacia exterior, separadas por uma cadeia de altos estruturais criados na altura da separação continental, na qual a camada salífera do Aptiano se encontra pouco espessa ou ausente (**fig.II.3**).

A bacia interior do Kwanza contém quatro *uplifts* principais (Cacuaco, **Cabo Ledo**, Moro Liso, Pequena), limitados por zonas de transferência pelo menos em um dos lados (Hudec & Jackson, 2005).

A sucessão pós - salífera na bacia interior do Kwanza inclui cinco mini bacias alongadas com 10 – 25 km, ligadas a falhas que funcionam como zonas de transição sedimentar. Estas zonas de transição são provavelmente as características mais conhecidas da bacia interior. Estratos do Albiano não se encontram presentes na base destas zonas de transição. Na realidade, são caracterizadas por sequências estratigráficas mais espessas que as normais, que começaram a formar-se no Cenomaniano, muitas das quais formam hoje anticlinais em forma de carapaça de tartaruga (Hudec & Jackson, 2005).

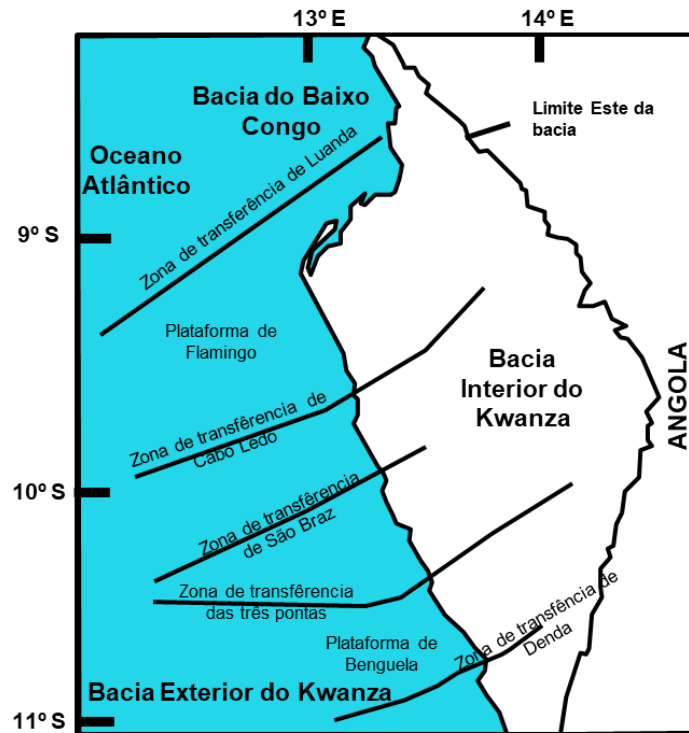


Figura II.3. Localização das bacias Interior e Exterior do Kwanza (Brownfield & Charpentier, 2006).

## II.2. Estratigrafia

As sequências estratigráficas na Bacia do Kwanza estão representadas pelas sequências pré-salífera e pós-salífera. Estas sequências encontram-se separadas por uma sequência salífera de espessura variável, marcando a passagem de condições de deposição continental para condições de deposição predominantemente marinha (Stark, 1991; **fig.II.4**).

Têm sido várias as contribuições litostratigráficas apresentadas ao longo dos anos para o enchimento da Bacia do Kwanza, onde se inclui a Sub-bacia de Benguela (Neto, 1961; Brognon & Verrier, 1965; Lapão & Pereira, 1971; Quesne et al., 2009, Guiraud et al., 2010; Cazier et al., 2014; Segundo et al., 2014). A complexa organização espacial das unidades, aliada à tectónica e ao fraco conhecimento detalhado da sucessão sedimentar da Bacia do Kwanza, tem levado à apresentação de colunas estratigráficas por vezes discrepantes. A título de exemplo, Brognon & Verrier (1965), Stark (1991), Brownfield & Charpentier (2006) não fazem referência à Formação Quelo do Pliocénico – Plistocénico. Guiraud et al. (2010) reconhecem a presença de depósitos continentais no intervalo em questão mas não referem a formação considerando o intervalo como uma lacuna. Por outro lado, Hudec & Jackson (2002) atribuem o intervalo à Formação Quelo, constituída por depósitos arenosos. Outros pontos de divergência incluem a posição estratigráfica das

formações carbonatadas do Albiano que representam equivalentes laterais, e também a idade estratigráfica de algumas formações. A figura II.4 resume o quadro litostratigráfico assumido no presente trabalho, bem como as unidades a seguir descritas de modo sumário.

Idade	Estágio	O	Litologia	E	Formação	Litologia
Pleistocénico	Pós-Rifte				Quelo	Arenitos ferruginosos
Pliocénico					Luanda	Margas, arenitos e arenitos calcários
Miocénico					Cacuaco	Margas argilosas gipsíferas e arenitos calcários
Oligocénico					Quifangondo	Argilitos negros, margas gipsíferas, dolomitos e calcários fossilíferos
Eocénico					Cunga-Gratidão	Calcários pelágicos e argilitos
Paleocénico					Rio Dande	Margas, calcários gresosos e siltosos
Maastrichtiano				Gres	Teba	Margas e calcários lumachélicos
Campaniano					N'golome	Argilitos castanhos
Santoniano					Itombe	Calcários, arenitos, siltitos, e argilitos siltosos.
Coniaciano					Cabo Ledo	Argilitos siltosos, calcários e argilitos betuminosos
Turoniano				Muconga	Quissonde	Margas calcárias
Cenomaniano					Catumbela	Calcários calciclásticos.
Albiano				Dondo	Tuenza	Dolomitos arenitos .
Aptiano				Binga	Carbonatos micríticos	
Barremiano	Sin-Rifte			Sal Massivo	Halite e anidrite	
Neocomaniano				Chela	arenitos	
Pré-Câmbrico	Pré-Rifte			Cuvo Superior	Bancos dolomíticos siltosos, grés finos, calcário lumachélicos.	
				Cuvo Inferior	Grés arcósicos ou conglomeráticos, fragmentos vulcânicos e veios basálticos.	
				Soco	Rochas cristalinas e metamórficas	

Figura II.4. Coluna litostratigráfica da Bacia do Kwanza (onde se inclui a Formação Teba) com base nos dados de Brognon & Verrier (1965), Stark (1991), Quesne et al. (2009) e Guiraud et al. (2010).

### II.2.1. Sequência pré-salífera

Repousa sobre o soco cristalino pré-câmbrico, polifásico, constituído por

rochas cristalinas e metamórficas (Stark, 1991). Estão representadas nesta sequência fácies continentais, laguno-deltaicas, litorais e sub-litorais (Brognon & Verrier, 1965). Envolve as seguintes duas formações:

**Formação Cuvo inferior (Neocomiano):** é constituída por grés vermelhos, localmente arcósicos ou conglomeráticos, incluindo intercalações carbonosas, fragmentos vulcânicos e veios basálticos (Stark, 1991).

**Formação Cuvo superior (Barremiano - Aptiano):** é constituída por bancos dolomíticos siltosos com espessuras de 1 a 3 m, grés finos a grosseiros com intercalações de calcário lumachélico, mais ou menos dolomítico, geralmente ricos em ostracodos (Brognon & Verrier, 1965).

### **II.2.2. Sequência salífera**

Engloba um conjunto de formações do Aptiano e Albiano que chegam a atingir uma espessura na ordem dos 1500 m na parte central da bacia continental. Lateralmente, consistem em fácies detríticas a este, e carbonatadas a oeste (Stark, 1991). Esta sequência engloba as seguintes unidades:

**Formação Sal Massivo (Aptiano):** repousa sobre os depósitos sedimentares da Formação Cuvo superior, sendo constituída por sal massivo halítico associado a anidrite, cuja espessura original estima-se que seja na ordem dos 600 m (Stark, 1991).

**Formação Binga (Aptiano):** sobrepõe-se à unidade Sal Maciço e compreende depósitos de meio confinado (evaporitos, carbonatos micríticos, argilitos betuminosos) aos quais sucedem calcarenitos oolíticos e arenosos (Stark, 1991).

**Formação Tuenza (Albiano):** esta unidade divide-se em três membros: Tuenza salífero, constituído por anidrite, dolomito e sal; Tuenza anidritico, constituído por dolomito, anidrite e halite; Tuenza dolomítico constituído por intercalações de dolomitos e anidrite com dolomitos (Stark, 1991). Na região mais a sul da Bacia do Kwanza (Sub-bacia de Benguela) é representada por arenitos médios a grosseiros e por conglomerados mal selecionados com ocorrência de seixos provenientes do soco cristalino (Quesne et al., 2009).

### **II.2.3. Sequência pós-salífera**

As formações pós-salíferas ilustram as condições marinhas cada vez mais profundas que dominaram a bacia. Depósitos arenosos, continentais ou litorais,

acentuam a orla oriental da bacia. A sedimentação bacinal é constituída, sobretudo, por calcários margosos e por margas pelágicas (Stark, 1991). Envolve as seguintes unidades:

**Formação Catumbela (Albiano):** é constituída por calcários calciclásticos de diversas naturezas (oolítico e bioclástico) com algumas amonites e numerosos foraminíferos de plataforma interna (Tavares et al., 2006; Quesne et al., 2009).

**Formação Quissonde (Albiano):** é constituída essencialmente por alternâncias de margas calcárias e calcários argilosos, frequentemente rica em amonoides, bivalves e equinídeos (Tavares et al., 2006 ; Segundo et al., 2014).

**Formação Cabo Ledo (Cenomaniano):** é constituída por alternância de argilitos siltosos e calcários (Brownfield & charpentier, 2006). Está associada a um ambiente marinho transgressivo, acentuado por níveis detriticos sobre os quais depositaram-se calcários e argilitos betuminosos (Stark, 1991)

**Formação Itombe (Turoniano - Coniaciano):** é constituída por calcários, arenitos, siltitos e argilitos siltosos (Brownfield & Charpentier, 2006). Comporta termos regressivos do Turoniano (grés grosseiros) e calcários crinoídicos de origem transgressiva (Stark, 1991).

**Formação N'golome (Coniaciano - Santoniano):** é constituída por argilitos castanhos com foraminíferos planctónicos. Associada a um ambiente marinho transgressivo (Brognon & Verrier, 1965; Stark, 1991).

**Formação Teba (Campaniano - Maastrichiano):** é constituída por margas com calcários lumachélicos e níveis fosfatados. Atinge uma espessura de várias centenas de metros (Brognon & Verrier, 1965; Stark, 1991).

**Formação Rio Dande (Paleocénico):** é constituída por margas castanhas e ocre que se intercalam com calcários gresosos ou siltosos (Brognon & Verrier, 1965).

**Formação Cunga-Gratidão (Eocénico):** unidade constituída por calcários pelágicos e por argilitos com organismos planctónicos. Apresenta uma espessura de cerca de 100 m (Stark, 1991).

**Formação Quifangondo (Aquitano):** deposita-se depois do hiato verificado no Oligocénico inferior, sendo constituída por argilitos negros, margas gipsíferas intercaladas com camadas pouco espessas de dolomitos, e margas castanhas siltosas intercaladas com arenitos calcários fossilíferos (Brognon & verrier 1965).

**Formação Cacuo (Miocénico superior):** é constituída por margas argilosas gipsíferas e arenitos calcários (Brognon & Verrier, 1965).

**Formação Luanda (Pliocénico):** é constituída por margas castanhas com foraminíferos, arenitos e arenitos calcários. Associada a ambientes costeiros e deltaicos (Brognon & Verrier, 1965)

**Formação Quelo (Plistocénico):** Constituída por arenitos ferruginosos de cor vermelha.

#### **II.2.4. Formação Teba**

A Formação Teba representa o Senoniano na Bacia do Kwanza conjuntamente com as formações Itombe (parte superior) e N'golome (enquadrante inferior) (**fig.II.4**). O Senoniano é constituído por uma sucessão bastante monótona, essencialmente representada por margas, mais ou menos siltosas, com camadas intercaladas de calcários e calcários gresosos, cuja espessura varia de 300 a mais de 1000 m (Neto, 1964). A Formação Itombe marca no Turoniano da Bacia Kwanza uma fase regressiva que separa duas fases transgressivas do Cenomaniano (Formação Cabo Ledo) e do Santoniano (Formação N'golome). A parte inferior da Formação Teba marca o retorno a condições mais neríticas na bacia, enquanto que a Formação Rio Dande (enquadrante superior, do Paleocénico), marca novamente o estabelecimento de condições de sedimentação mais profunda (Brognon & Verrier, 1965; Stark, 1991). Segundo Neto (1964), a Formação Rio Dande ocorre em concordância com a Formação Teba sem que se note qualquer vestígio de interrupção ou variação das condições de sedimentação, o que conseqüentemente dá lugar a um contacto não nítido entre o Cretácico e o Paleogénico, pelos menos na porção superficial da Bacia do Kwanza.

De acordo com Brognon & Verrier (1965) a Formação Teba é constituída por margas ocres siltosas e intercalações de calcários argilosos, associados à microfauna dominada por foraminíferos planctónicos. Tem como característica distinta a ocorrência de lumachelas de *Inoceramus*, constituindo níveis de referência para o Campaniano - Maastrichtiano, que indicam o estabelecimento de condições mais neríticas na bacia (Neto, 1964; Brognon & Verrier, 1965).

A maior parte dos trabalhos subsequentes não fazem abordagens específicas sobre a Formação Teba, mas enquadram-na no contexto evolutivo das formações do Cretácico Superior, referindo que as formações desta idade foram afetadas por processos gravitacionais em regime extensivo, cuja origem está ligada à inclinação para oeste da margem continental, por subsidência térmica diferencial (Duval et al., 1992; Mauduit, 1997; Hudec & Jackson, 2005; Guiraud et al., 2010).



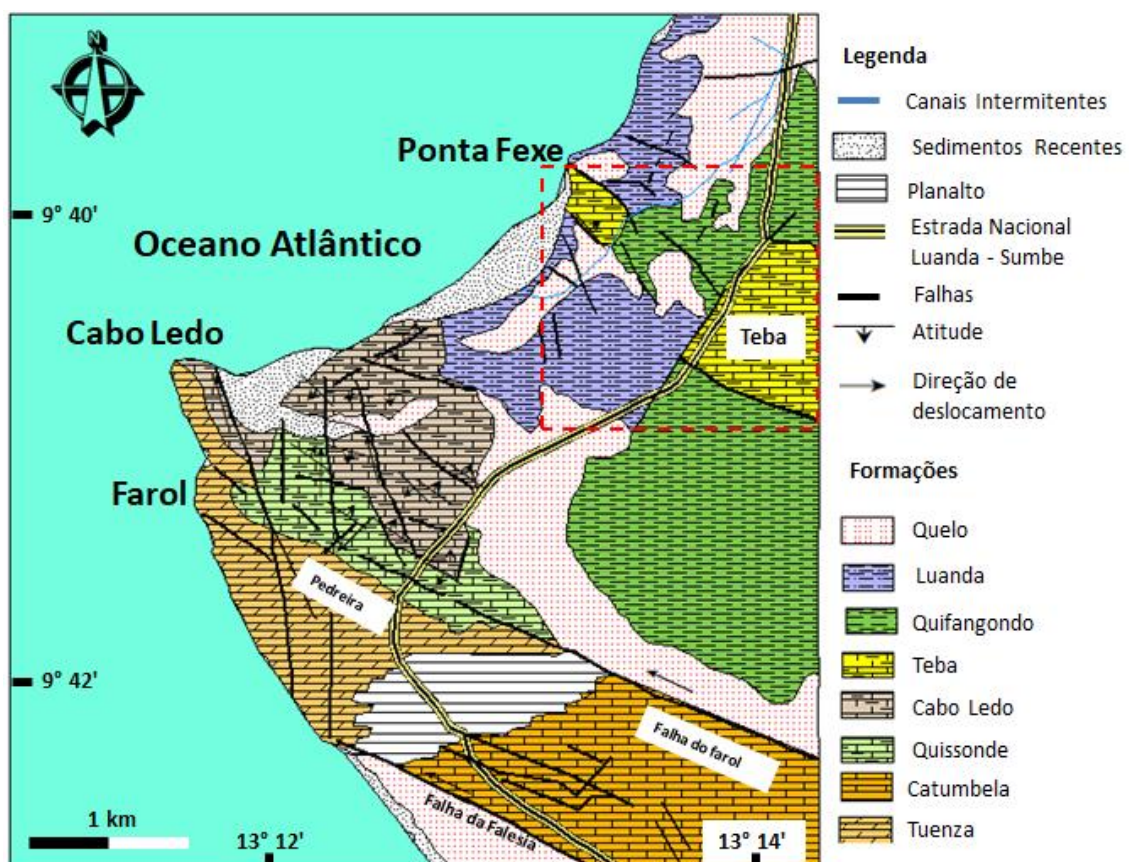


## **Capítulo III. Metodologia**

Na concretização dos objetivos traçados para esta dissertação foram seguidas várias metodologias que implicaram trabalho de campo, laboratório e gabinete.

### III.1. Trabalho de Campo

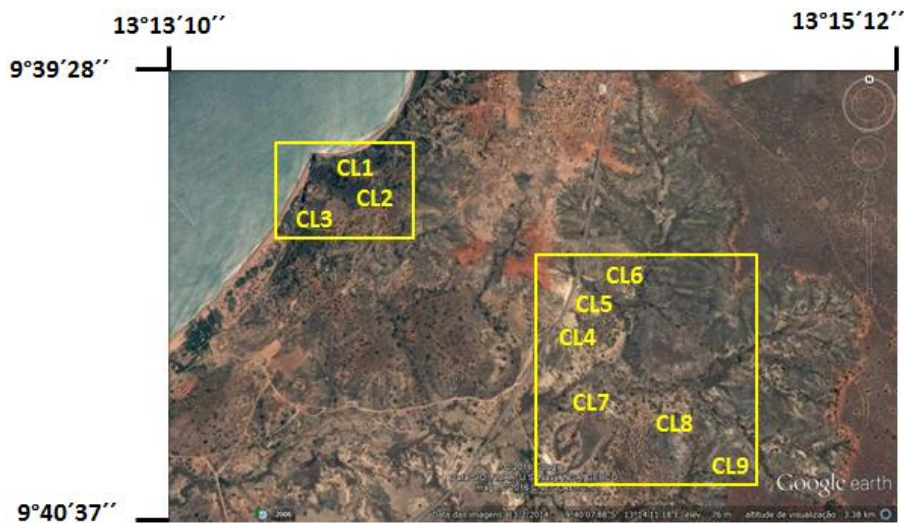
Na sua primeira fase, e tendo em conta o deficiente conhecimento existente sobre o Cretácico da Bacia do Kwanza e da organização espacial (lateral e vertical) das suas unidades, o objetivo inicial foi o de selecionar o setor a estudar, existindo a preocupação de definir uma área da bacia com afloramentos de referência, que possam ser futuramente trabalhados em vários outros domínios da geologia sedimentar. Para este efeito foi consultado o mapa geológico da Bacia do Kwanza (Sonangol & Total, 1972). Depois dessa fase, procedeu-se *in situ* a uma análise do enquadramento estratigráfico da Formação Teba (**fig.III.1**) e da seleção dos perfis a estudar e amostrar. O critério de escolha dos afloramentos a serem estudados baseou-se na sua acessibilidade, representatividade estratigráfica e consequente grau de meteorização sofrido pelos mesmos, tendo terminado com a recolha de amostras em todos os afloramentos.



**Figura III.1.** Mapa geológico da região do Cabo Ledo (modificado de Morais et al., 1990), com a área de estudo representada pelo retângulo a vermelho.

### III.1.1. Localização dos perfis

De acordo com os critérios previamente definidos, foram selecionados na zona de estudo nove afloramentos (CL1 a CL9; **fig.III.2**). Estes foram analisados em termos da sua variabilidade sedimentológica e faciológica, através da execução de perfis, mais tarde desenhados de acordo com o *software* CorelDraw. Apesar da sua proximidade, e de acordo com a **fig.III.2**, definem-se dois setores bem distintos: a oeste, os perfis CL1-CL3, que mostram essencialmente a base da Formação Teba. A oriente definem-se os restantes seis perfis, que materializam essencialmente a parte intermédia e o topo da respetiva unidade (**fig.III.3**).



**Figura III.2.** Distribuição dos afloramentos na área de estudo (base topográfica do Google Earth).



**Figura III.3A.** Vista em perspetiva dos afloramentos CL2 e CL3; **B.** Vista do perfil CL4 e localização dos perfis CL5 e CL6; **C.** Vista em perspetiva dos afloramentos CL7, CL8 e CL9.

### III.1.2. Recolha de Amostras

As rochas carbonatadas podem ser difíceis de interpretar na escala de observação macroscópica, no campo, devido à fina natureza dos seus componentes, tornando assim imperativa a recolha de amostras para posterior análise mineralógica, microscópica ou geoquímica. A amostragem foi feita de modo mais ou menos sistemático (**fig.III.4**), com cuidadosas medições, registos e extração de amostras representativas da base ao topo de cada afloramento. Como tal, foram recolhidas no total cinquenta amostras destituídas de qualquer vestígio de alteração (**tab.III.1**).



**Figura III.4.** Processo de descrição litológica e recolha de amostras.

**Tabela III.1.** Localização geográfica dos diversos afloramentos bem como número de amostras colhidas.

Afloramento	Latitude	Longitude	Altitude	Amostras
CL1	S 09° 39' 42.5''	E 13° 13' 28.6''	16 m	CL1-1 a CL1-3
CL2	S 9° 39' 45.8''	E 13° 13' 30.4''	60 m	CL2-1 a CL2-6
CL3	S 9° 39' 46.9''	E 13° 13' 27.5''	24 m	CL3-1 a CL3-8
CL4	S 9° 40' 08.4''	E 13° 14' 18.6''	84 m	CL4-1 a CL4-6
CL5	S 9° 40' 10.2''	E 13° 14' 21.2''	87 m	CL5-1 a CL5-6
CL6	S 9° 40' 14.2''	E 13° 14' 31''	100 m	CL6-1 a CL6-10
CL7	S 9° 40' 31.1''	E 13° 14' 35.5''	93 m	CL7-1 a CL7-4
CL8	S 9° 40' 31.2''	E 13° 14' 43.2''	98 m	CL8-1 a CL8-2
CL9	S 9° 40' 39.5''	E 13° 14' 40.6''	95 m	CL9-2 a CL9-4

### **III.2. Trabalho de Laboratório**

Devido à fina natureza dos componentes que constituem as rochas amostradas foi necessário proceder a estudos mais detalhados para inferir sobre a composição mineralógica e litológica da Formação Teba, bem como do seu histórico geológico.

Tendo em conta a variabilidade litológica das sucessões sedimentares, e o facto de não serem conhecidos quaisquer trabalhos publicados sobre a natureza sedimentológica desta unidade (e de grande parte das unidades cretácicas; ver capítulo II), muito menos no setor estudado, resolveu-se aplicar as técnicas de difração de RX e de análise petrográfica ao microscópio (**tab.III.2**). A primeira delas envolveu um estudo sobre a mineralogia total e a análise da fração mineralógica inferior a 2  $\mu\text{m}$  (vulgo, minerais argilosos) dos níveis mais lutíticos. A análise petrográfica foi suportada através da observação de lâminas delgadas, tendo o processo de execução das lâminas sido conduzido no Laboratório de Geologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD).

#### **III.2.1. Análise da mineralogia total através da difracção de RX**

No processo com vista à identificação mineralógica foi analisado o universo total das 50 amostras recolhidas (**tab.III.2**), tendo toda a sua fase de preparação sido realizada no Laboratório de Sedimentologia (LabSED) do Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra (DCT-UC). O processo de difração de RX foi realizado no laboratório de difração de RX do DCT-UC, tendo sido utilizado o difratómetro Philips PW3710 com radiação de Cu, tensão de 40 kV, intensidade de 20 mA e o software analítico APD 3.6j.

A utilização da difração de RX permite medir as distâncias entre os átomos de cada espécie mineral, pelo facto dos minerais serem substâncias cristalinas com estrutura atómica própria, que difratam a radiação segundo padrões que permitem a sua identificação (Moore & Reynolds, 1997). Esta via analítica permite a obtenção de espectros de difração ou difratogramas, nos quais se podem conhecer as equidistâncias das famílias de planos responsáveis pelas reflexões registadas, bem como as respectivas intensidades (Galopim de Carvalho, 2005). Na amostra constituída por varios minerais este método permite individualizar e identificar cada um dos minerais presentes, o que consequentemente permite aceder à composição mineralógica da rocha, cuja identificação não é possível no campo devido à fina natureza dos sedimentos constituintes das rochas amostradas.

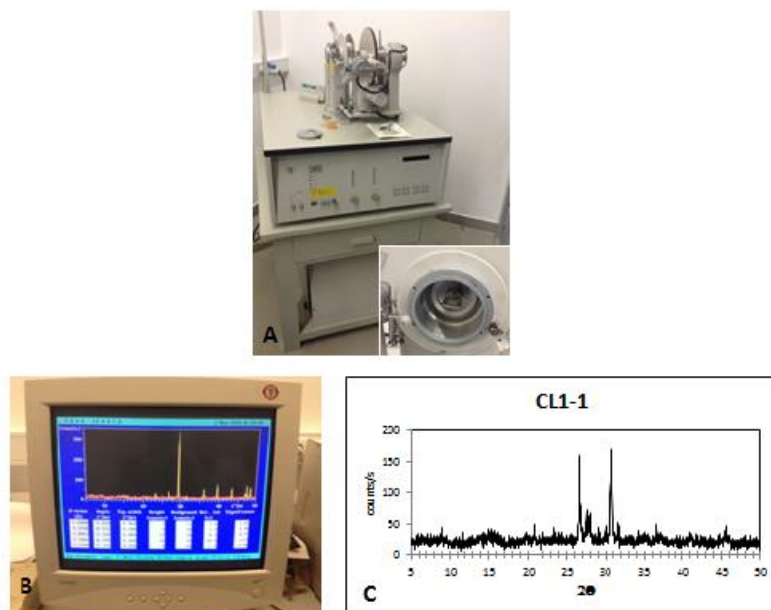
Tabela III.2. Ensaio laboratoriais realizados nas amostras colhidas nos diferentes afloramentos.

Afloramento	Amostra	DRX para amostra total	DRX para fração argilosa	Análise petrográfica
CL1	CL1-1	•	○	
	CL1-2	•	○	
	CL1-3	•		▪
CL2	CL2-1	•	○	
	CL2-2	•		
	CL2-3	•		▪
	CL2-4	•		▪
	CL2-5	•	○	
	CL2-6	•		▪
	CL2-7	•		
CL3	CL3-1	•	○	
	CL3-2	•	○	
	CL3-3	•	○	▪
	CL3-4	•		
	CL3-5	•	○	
	CL3-6	•		▪
	CL3-7	•		
	CL3-8	•		▪
CL4	CL4-1	•		▪
	CL4-2(b)	•	○	
	CL4-2(t)	•	○	
	CL4-3	•		
	CL4-4	•		▪
	CL4-5	•		
	CL4-6	•		▪
CL5	CL5-1	•		▪
	CL5-2	•		
	CL5-3	•		▪
	CL5-4	•		
	CL5-5	•		▪
	CL5-6	•	○	
CL6	CL6-1	•		
	CL6-2	•	○	
	CL6-3	•		
	CL6-4	•	○	
	CL6-5	•		▪
	CL6-6	•		
	CL6-7	•		
	CL6-8	•	○	
	CL6-9	•		▪
	CL6-10	•		
CL7	CL7-1	•		
	CL7-2	•		▪
	CL7-3	•		
	CL7-4	•		▪
CL8	CL8-1	•		▪
	CL8-2	•		▪
CL9	CL9-1	•		▪
	CL9-2	•		
	CL9-3	•		
	CL9-4	•		▪
<b>Total</b>		<b>50</b>	<b>14</b>	<b>21</b>

O protocolo laboratorial seguiu os passos principais descritos na bibliografia (ver, por exemplo, Moore & Reynolds, 1997), que envolveu a limpeza e moagem da amostra nos almofarizes, e colocação da amostra em uma porta amostra de alumínio com uma parte central deprimida onde se aloja uma parte do material (**fig.III.5**). Os dados das análises efetuadas são armazenados, processados por computador conectado ao difratômetro que irá definir o difratograma, que posteriormente poderá ser impresso para uma melhor observação e interpretação (**fig.III.6**).



**Figura III.5.** Ilustração da fase inicial de preparação das amostras para análise de difração de RX da mineralogia total; **A.** Desintegração física da amostra nos almofarizes; **B.** Moagem da amostra; **C.** Amostra acomodada no porta amostra.



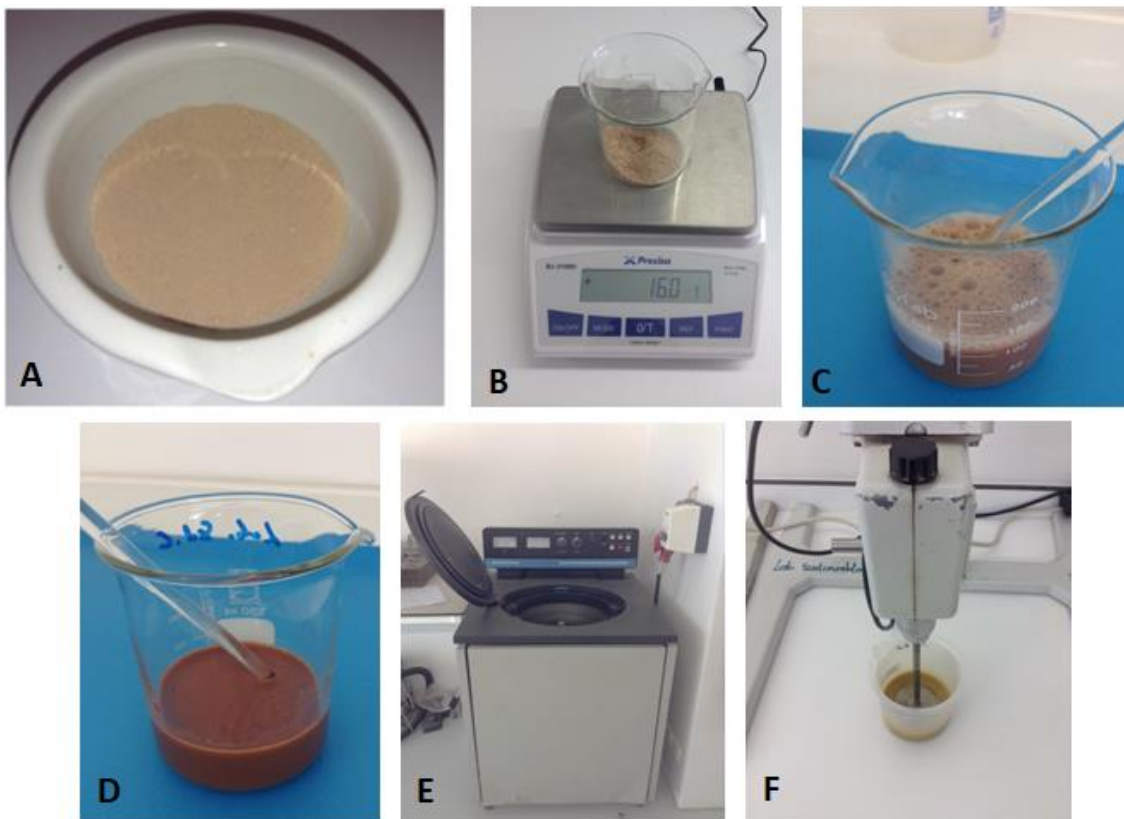
**Figura III.6.** Ilustração da fase final da análise de difração de RX da mineralogia total: **A.** Processamento da amostra no difratômetro de RX Philips PW3710; **B.** Decomposição dos espectros por intermédio do Software APD 3.6j; **C.** Versão final do difratograma.

### III.2.2. Difração de RX da fração argilosa das amostras em lâmina sedimentada

A presença de uma fração argilosa em rochas quimiogénicas e biogénicas, em especial em sedimentos finos, como o caso da Formação Teba, é praticamente uma constante. Importa por isso analisar esta componente.

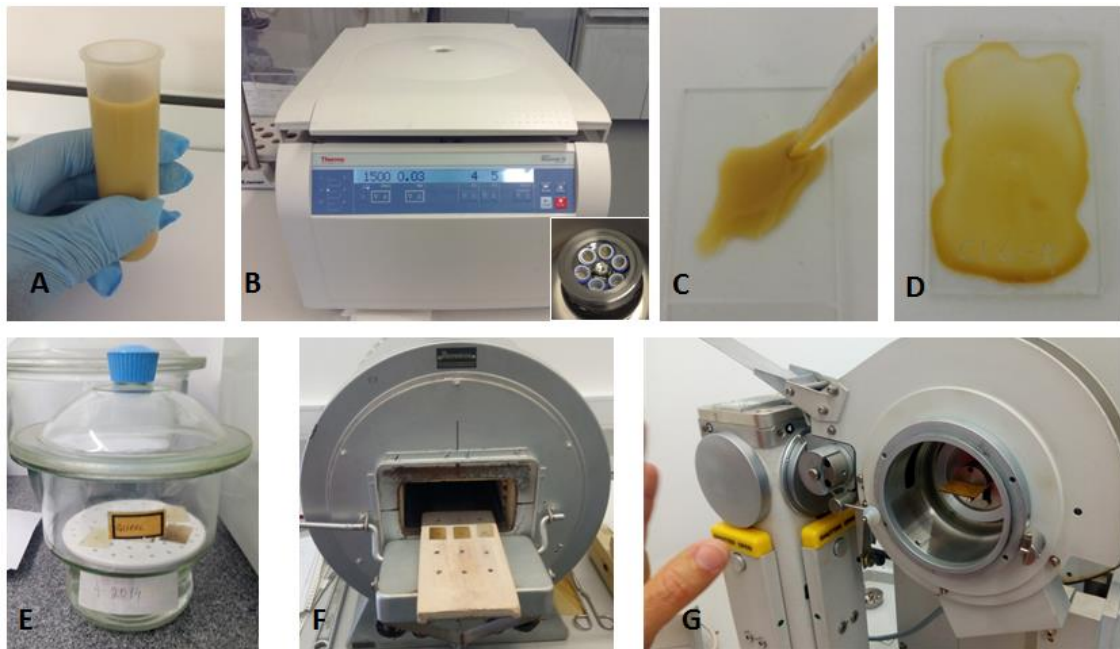


Para o complemento deste objetivo adaptou-se os métodos descrito por diversos autores (Lapa & Reis, 1977; Brindley & Brown, 1980; Moore & Reynolds 1997). O processo iniciou-se com a moagem de cada amostra nos almofarizes (**fig.III.7A**), e pesagem de 16 g (**fig.III.7B**). Dada a grande quantidade de carbonato expectável das amostras, foi necessário proceder à sua descarbonatação. Essa fase implicou o ataque de uma solução de ácido clorídrico a 1,18 N, que teve por base a adição de uma solução resultante da combinação de 16 ml de HCl (37 %) com 1000 ml de água desionizada (**fig.III.7C**), sendo necessária a troca periódica do ácido diluído até que se verificasse o fim das reações com os minerais carbonatados (cerca de 3 semanas) (**fig.III.7D**). Seguiram-se as lavagens da amostra com água desionizada, tendo sido efetuadas 5 lavagens por amostra na centrífuga Sorvall ® RC-5B (velocidade angular de 8 rev/min x 1000), com a duração de 16 minutos (**fig.III.7E**). Até se atingir uma solução da amostra suspensa, tornou-se necessária a sua passagem por agitadores (Hamilton Beach) (**fig.III.7F**).



**Figura III.7.** Marcha laboratorial para a obtenção de lâminas sedimentadas: **A.** Moagem das amostras nos almofarizes; **B.** Pesagem exata da quantidade a ser utilizada; **C.** Reação da amostra com o ácido; **D.** Amostra desprovida de carbonatos; **E.** Centrífuga (Sorvall ® RC-5B) utilizada para a lavagem do ácido da amostra; **F.** Suspensão da amostra depois de passar por agitador.

A fase final de preparação de cada amostra consistiu na separação à centrífuga (Thermo Haraeus Scientific Megafuge 16 Centrifuge) da fração dos sedimentos  $< 2 \mu\text{m}$  da fração  $> 2 \mu\text{m}$ , tendo sido utilizada uma velocidade de 1500 rpm por 3 minutos, (**fig.III. 8A e 8B**). Procedeu-se posteriormente à montagem da lâmina sedimentada com a fração  $< 2 \mu\text{m}$  (**fig.III.8C**), e posterior secagem à temperatura ambiente (**fig.III.8D**). Depois de passar uma primeira vez no difratômetro, a mesma lâmina passou duas outras vezes, tendo sido previamente exposta aos vapores de glicol durante 48 horas (**fig.III.8E**), e aquecida a  $550 \text{ }^\circ\text{C}$  durante duas horas (**fig.III.8F e 8G**). A utilização desta metodologia permitirá a identificação de determinados minerais argilosos, em virtude dos seus diferentes comportamentos quando submetidos a diferentes condições ambientais (ver, Gomes, 1988; Moore & Reynolds, 1997; Hillier, 1999).



**Figura III.8.** Fase final da criação de lâminas sedimentadas até à passagem das amostras no difratômetro de RX: **A.** Amostra com sedimentos suspensos; **B.** Centrífuga (Thermo Harareus) utilizada para a separação da fração sedimentar  $< 2 \mu\text{m}$ ; **C.** Colocação da fração sedimentar  $< 2 \mu\text{m}$  na lâmina; **D.** Lâmina sedimentada seca à temperatura ambiente; **E.** Lâmina submetida ao tratamento químico com glicol; **F.** Lâmina submetida ao forno à temperatura de  $550 \text{ }^\circ\text{C}$ ; **G.** Lâmina inserida no difratômetro de RX para análise mineralógica.

### III. 2.3. Execução de lâminas delgadas

A preparação de lâminas delgadas para observações petrográficas é necessária quando as informações litológicas providas pelas observações de campos são consideradas limitadas, devido aos finos sedimentos constituintes das amostras colhidas, onde não possível uma identificação clara da sua composição.

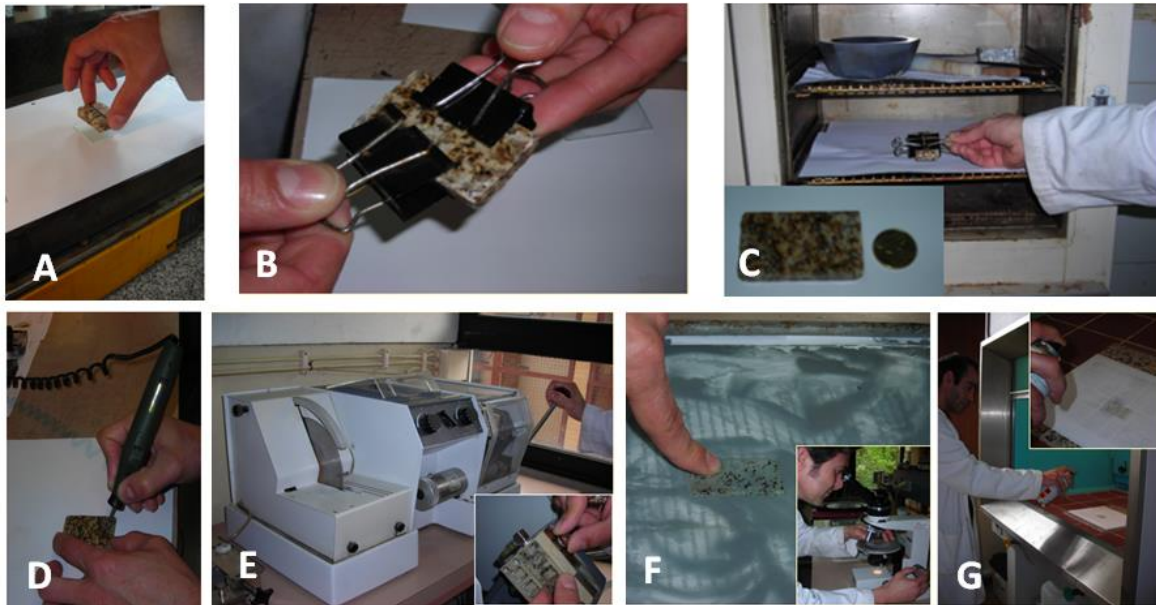
O procedimento em uso no Laboratório de Geologia da UTAD (ver, por exemplo, Silva et al., 2007) incluiu na fase inicial o corte da amostra para a criação da esquírola (**figs.III.9A e 9B**). Procedeu-se depois: ao alisamento de uma das faces da esquírola e despolimento de uma das faces da lâmina de vidro (**figs.III.9C, 9D e 9E**); em seguida a esquírola e a lâmina de vidro foram submetidas a secagem na estufa a temperatura de 60 °C durante 30 minutos (**figs.III.9F**); Seguiu-se a colagem da esquírola à lâmina de vidro (**fig.III.9G**).



**Figura III.9.** Fase inicial da criação de lâminas delgadas (retirado de Silva et al., 2007) : **A.** Corte de amostra na serra de corte de rochas; **B.** Ajuste da dimensão da amostra; **C.** Alisamento das faces no tabuleiro; **D.** Despolimento de faces de vidro; **E.** Secagem da amostra alisada e despolida; **F.** Secagem da amostra na estufa; **G.** Colagem da esquírola a lâmina de vidro.

Na fase seguinte o conjunto lâmina – esquírola é colocado sobre uma placa de aquecimento, eliminando-se por pressão qualquer bolha de ar existente (**figs.III.10A e 10B**). Em seguida, o conjunto lâmina – esquírola é submetido à estufa a uma temperatura de 60 °C durante duas horas (**fig.III.10C**). A seguir, referencia-se a esquírola e a lâmina (**fig.II.10D**). Procedeu-se ao corte da esquírola até esta ficar com 1 mm de espessura, procedendo-se ao desgaste e polimento desta no disco de desgaste e nos tabuleiros (**fig.III.10E**). A par destas ações vai-se observando a lâmina ao microscópio petrográfico, até se obter as cores de polarização ideais (**fig.III.10F**). Depois de lavada e seca, aplica-se um *spray* plastificante à lâmina delgada para

proteção (**fig.III.10G**) colocando-se, de seguida, a lâmina na estufa durante 10 minutos para a secagem.



**Figura III.10.** Fase final da criação de lâminas delgadas (retirado de Silva et al., 2007): A. Conjunto lâmina-esquírola submetido a placa de aquecimento; B. Pressão exercida pelas molas; C. Secagem na estufa; D. Referenciação da amostra; E. Corte, desgaste e polimento da esquírola; F. Confirmação da espessura pretendida; G. Aplicação do *spray* plastificante.

#### III.2.4. Análise ao microscópio petrográfico

A observação das lâminas delgadas foi realizada no Laboratório de Petrografia do DCT-UC, no microscópio óptico Nikon E400 POL, acoplado com a câmara fotográfica Nikon DS-Fi2, utilizando as suas variantes de luz natural e luz polarizada, com a finalidade de descrever em pormenor o conteúdo das lâminas (**fig.III.11**). Para esse efeito foi criada uma ficha de descrição para cada amostra com informações sobre a mineralogia, ocorrência de componentes ortoquímicos e aloquímicos, conteúdo fossilífero e características diagénéticas.

As classificações utilizadas nas descrições foram as propostas por Folk (1959, 1962) e Dunham (1962) (**figs.III.12 e 13**). A classificação de Dunham (1962) corresponde a uma caracterização textural (*Mudstone* a *Grainstone*), que tem como critério a relação grão/matriz, independentemente da natureza mineralógica e dos tipos dos seus componentes. A classificação de Folk (1959, 1962) tem como critério uma quantificação dos diversos componentes ortoquímicos (matriz/cimento) e aloquímicos (intraclastos, ooides, bioclastos, peloides) presentes na rocha. Estes dois sistemas de classificação das rochas carbonatadas são obviamente complementares. O processo de descrição das lâminas delgadas foi auxiliado através da consulta dos

atlas petrográficos de Adams et al., (1984), Scholle & Ulmer-Scholle (2003) e Flügel (2004).

Na descrição das lâminas delgadas foram ainda utilizados termos pertencentes à classificação textural da fábrica de dolomitos, assente em Sibley & Gregg (1987), bem como a terminologia de Choquette & Pray (1970) para a classificação do tipo de porosidade (**fig.III.14**).

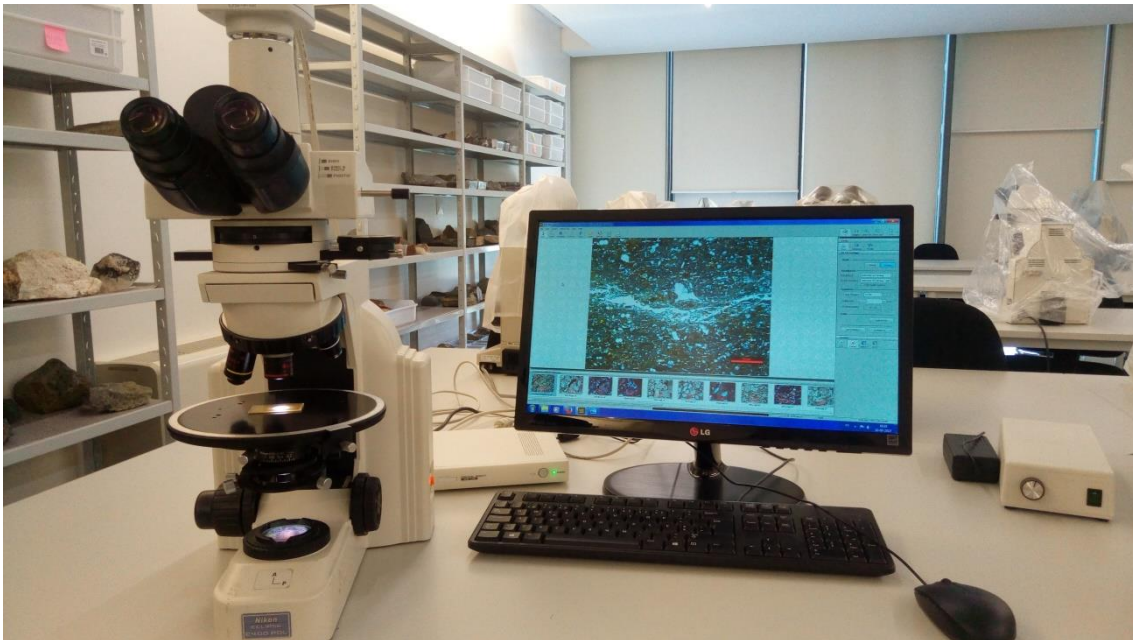


Figura III.11. Microscópio óptico Nikon E400 POL utilizado nas análises petrográficas.

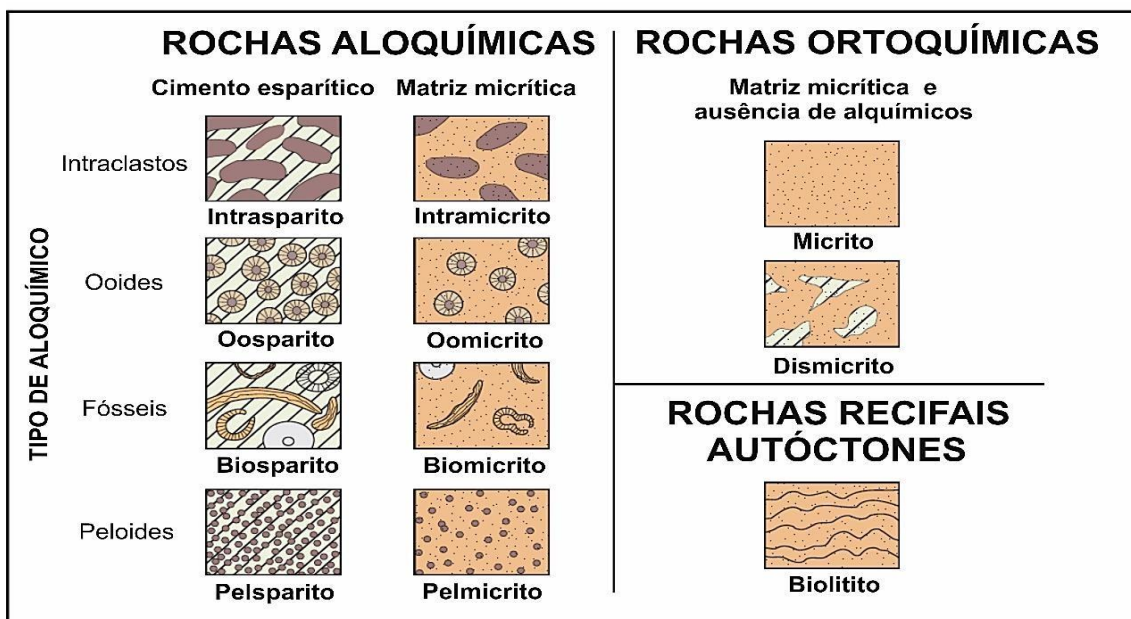
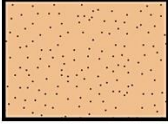
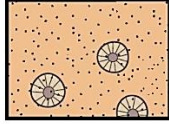
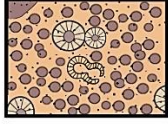
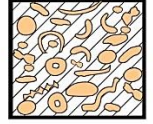
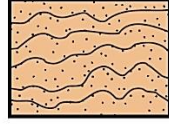
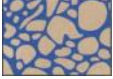




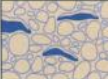






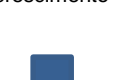





Figura III.12. Quadro de classificação das rochas carbonatadas segundo Folk (1962). Adaptado a partir de Scholle & Ulmer-Scholle (2003).

Componentes originais separados na deposição				Componentes originais unidos na deposição
Contém matriz		Ausência de matriz		
Suportada por matriz		Suportada por grãos		
< 10% de grãos	> 10% de grãos			
<b>Mudstone</b>	<b>Wackestone</b>	<b>Packstone</b>	<b>Grainstone</b>	<b>Boundstone</b>
				

**Figura III.13.** Quadro de classificação de rochas carbonatadas segundo Dunham (1962). Adaptado a partir de Scholle e Ulmer-Scholle (2003).

Fábrica seletiva		Fábrica não seletiva	Fábrica mista
			
Interpartícula	Fenestrada	Fratura	Brechoide
			
Intrapartícula	Abrigo	Canal	Bioerosiva
			
Rede de crescimento	Intercristalina	Vacuolar	Galeria
			
Porosidade	Móldica	Caverna	Dessecação

**Figura III.14.** Quadro de classificação de alguns tipos de porosidade em rochas carbonatadas segundo Choquette & Pray (1970). Adaptado de Flügel (2004).

### III. 3. Análise de gabinete

A análise de gabinete incidiu na identificação e quantificação dos minerais a partir dos difratogramas das diferentes amostras, tal como no desenho de perfis.

#### III.3.1. Identificação de minerais na amostra total

A identificação dos minerais nas diferentes amostras foi baseada na comparação dos picos identificados nos diferentes difratogramas com os valores tabelados em (Torre de Assunção & Garrido, 1953). Dos minerais mais expectáveis em termos de ocorrência na sucessão estratigráfica estudada: a dolomite apresenta o

pico principal à volta de 2,90 Å, e o pico principal da calcite cerca de 3,03 Å. Os feldspatos são caracterizados por uma série de picos de valores à volta dos 3,18 e 3,25 Å, enquanto que o quartzo apresenta valor cerca de 3,34 Å. O gesso apresenta o seu principal valor à volta de 7,5 Å (**tab.III.3**). De acordo com os minerais presentes apresentam-se nos perfis as razões silicatos/carbonatos, sendo que os silicatos representam os valores de quartzo e feldspatos, e os carbonatos englobam os valores dos minerais carbonatados calcite e dolomite.

A análise da fração argilosa fisicamente separada da amostra total apresenta a vantagem de concentrar os minerais argilosos, o que conseqüentemente dá lugar a um aumento da intensidade da difração, permitindo uma melhor identificação dos minerais argilosos (Hillier, 1999). A illite é caracterizada por uma série de picos de valores à volta dos 10 e 3.3 Å; os processos de glicolação e aquecimento à temperatura de 550 °C não provocam mudanças na posição e forma do pico. A esmectite é caracterizada por picos que variam dos 12 a 15 Å, e por um pico forte de cerca de 17 Å após a glicolação; quando submetida ao aquecimento, à temperatura de 550 °C, mostra um pico à volta dos 10 Å. A caulinite é identificada por dois picos de cerca de 7 e 3.5 Å; o pico de 7 Å mantém-se após a glicolação e desaparece após aquecimento a 550 °C (Gomes, 1988; Hillier, 1999; **tab.III.3**).

**Tabela III.3.** Identificação dos minerais na difração de RX com base nos picos de difração.

Mineral	Rx Normal	Rx Glicol	Rx Aquecimento a 550 ° C
Dolomite	2.90 Å	--	--
Calcite	3,03 Å	--	---
Gesso	7,5 Å	--	--
Feldspatos	3.18-3,25 Å	--	--
Illite	10,5 e 3.3 Å	10 Å	10 Å
Esmectite	12-14 Å	16 - 17 Å	10 Å
Caulinite	7 e 3,5 Å	7 Å	--

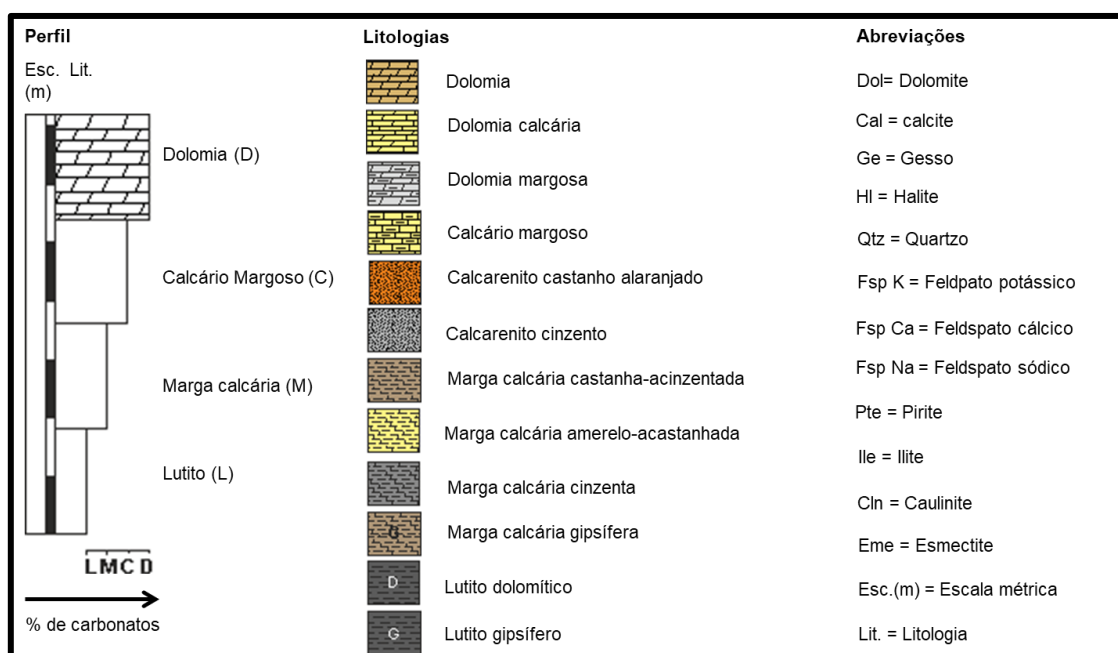
### III.3.1.1. Determinações semiquantitativas dos minerais argilosos

Todas as formas de análises quantitativas por intermédio de difração de RX baseiam-se nas medições das intensidades dos picos (Hillier, 1999). Para a estimativa semiquantitativa utilizou-se o método descrito por Gomes (1988) que se baseia na divisão das intensidades sobre as áreas dos picos dos minerais identificados nos

difratogramas. Os quocientes obtidos foram convertidos em percentagem relativa, considerando a sua soma igual a 100 %.

### III.3.2. Desenho de perfis estratigráficos

Os perfis estratigráficos sintetizam os resultados obtidos, tendo sido criados com base nas observações efetuadas no campo, e também nas características das amostras analisadas nas diferentes metodologias laboratoriais, acessando desta maneira as variações na sucessão vertical dos diferentes afloramentos, o que conseqüentemente ajuda na identificação de repetições e mudanças de fácies sedimentares. Os perfis foram desenhados através dos *softwares* Coreldraw e Power Point, de acordo com a legenda apresentada na **fig.III.15**.



**Figura III.15.** Legenda da simbologia utilizada na construção das colunas litostratigráficas apresentadas



## **Capítulo IV. Registo litológico e estratigráfico dos afloramentos estudados**

Apresentam-se aqui as descrições sedimentológicas dos nove afloramentos estudados (CL1 a CL9), cujas colunas estratigráficas se apresentam de forma resumida na (**fig.IV.1**). Tal como é possível observar, os perfis a oeste (CL1 a CL3) apresentam uma maior variabilidade litológica, contrastando com os perfis a oriente (CL4 a CL9), muito mais homogêneos em termos de evolução vertical (ver legenda na **fig.III.15**). As litologias são também reclassificadas, tendo como principal elemento de classificação os minerais identificados através de difração de RX das diferentes amostras, o que permitiu ir muito para além das observações de campo.

## **IV.1. Afloramento CL1**

### **IV.1.1. Descrição do afloramento e caracterização macroscópica**

O afloramento CL1 encontra-se à beira-mar (**fig.IV.2**). A sua base está coberta por depósitos recentes de areias transportadas pelo mar e também por alguns blocos caídos. O afloramento pode ser dividido em três unidades sedimentologicamente diferenciadas: segundo a figura **IV.2**, a unidade **A** representa depósitos da Formação Teba (**fig.IV.3**), contactando com as outras unidades através de uma superfície erosiva; a unidade **B** corresponde a conglomerados grosseiros e mal selecionados, ocasionalmente com cimento carbonatado e alguns níveis ferruginosos, sendo datada do Miocénico. Por sua vez a unidade **C** é constituída por argilitos intercalados por siltitos e níveis lenticulares de arenitos, correspondendo a depósitos da Formação Luanda, de idade pliocénica. As relações geométricas mostram que as duas unidades da parte terminal do Cenozoico estão em contacto tectónico por intermédio de uma falha lítrica de regime extensional.

Da base à parte intermédia da Formação Teba (unidade **A** na **fig.IV.3A**), a sucessão estratigráfica é marcada por intercalações de lutitos dolomíticos e gipsíferos laminados com coloração cinzenta escura a preta, devido à impregnação de hidrocarbonetos (**figs.IV.3B e 3C**) com dolomia castanha clara acinzentada, com pequenas fraturas no seu interior onde há crescimento de gesso (**fig.IV.3D**). Da metade do afloramento ao seu topo ocorrem alternâncias dolomia/lutito, não se verificando impregnação de hidrocarbonetos. As camadas lutíticas apresentam-se laminadas e friáveis com presença de gesso secundário. A coloração da dolomia mantém-se e o lutito apresenta uma coloração castanha alaranjada.

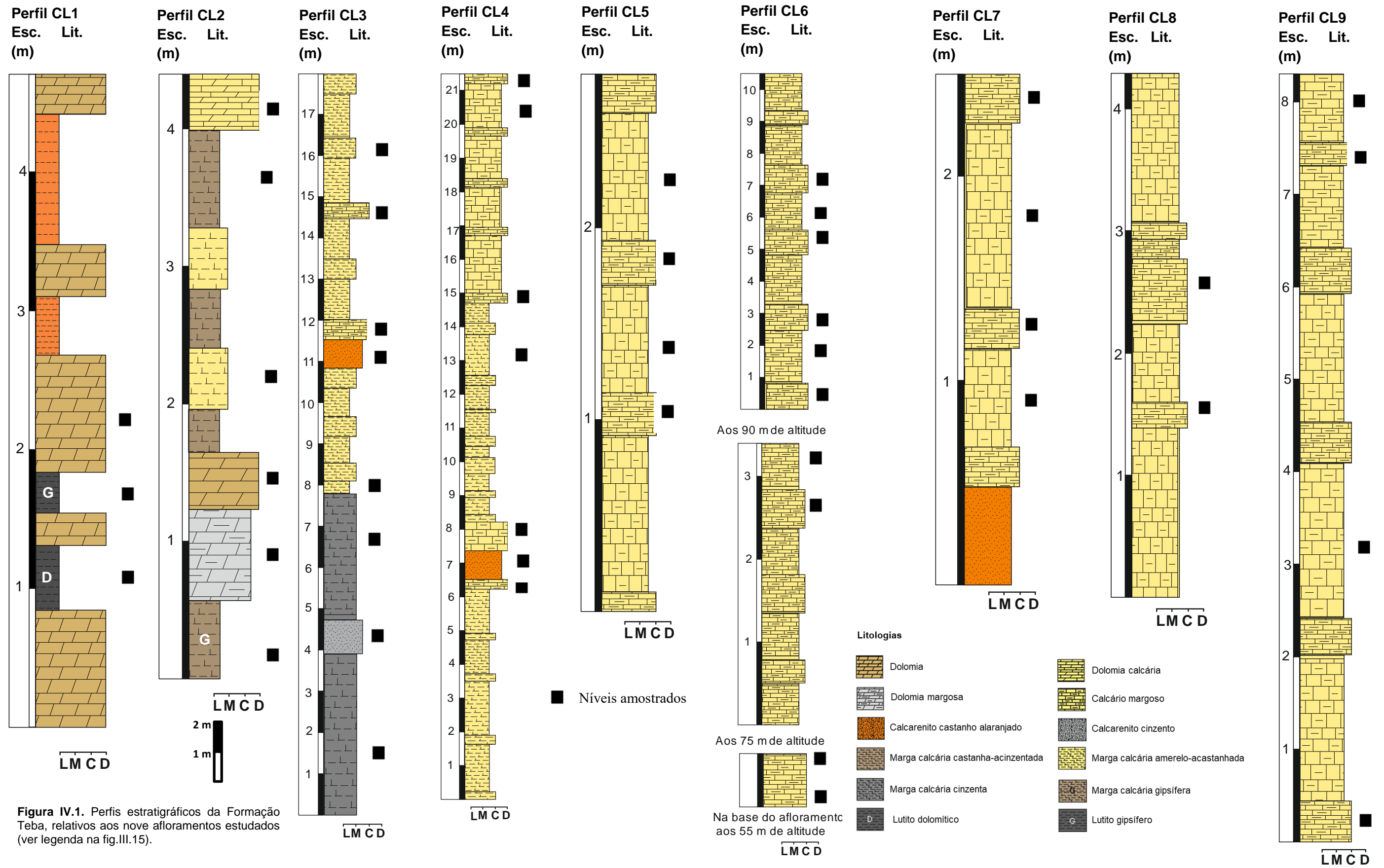
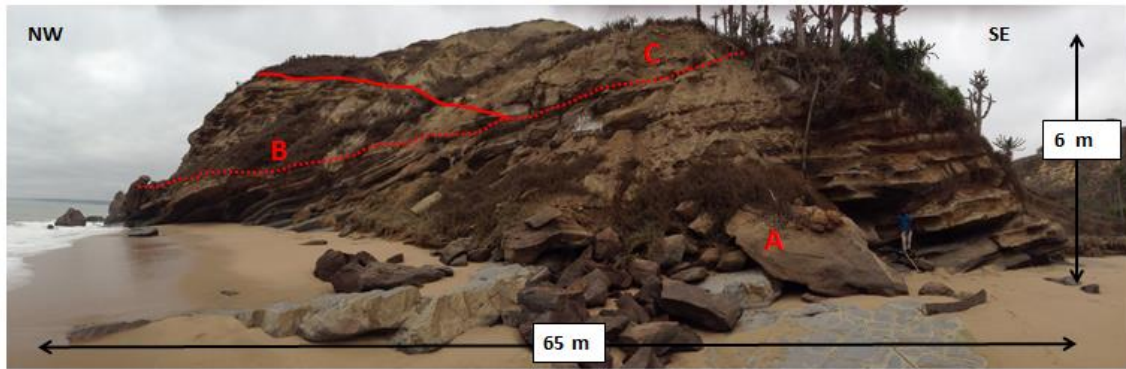


Figura IV.1. Perfis estratigráficos da Formação Teba, relativos aos nove afloramentos estudados (ver legenda na fig.III.15).



**Figura IV.2.** Vista geral do afloramento CL1 onde se evidenciam os contactos entre a Formação Teba (A) a as duas unidades suprajacentes (B e C) (ver descrição no texto).

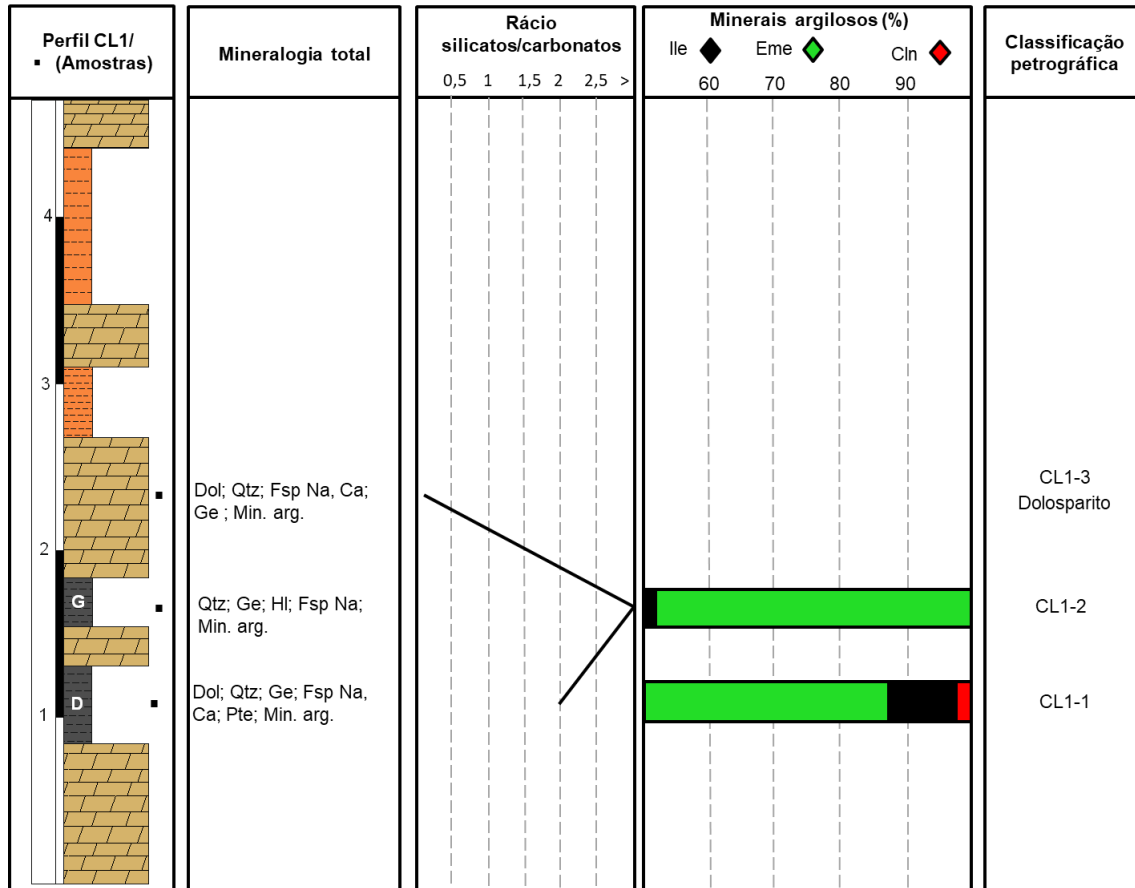
**Perfil CL1**  
Esc. Lit. Amostras  
(m)



**Figura IV.3.** Perfil estratigráfico do afloramento CL1: **A.** Sucessão estratigráfica relativa à base da Formação Teba; **B.** Lutito dolomítico laminado impregnado com hidrocarbonetos (CL1-1); **C.** Lutito gipsífero impregnado com hidrocarbonetos (CL1-2); **D.** Dolomia compacta com gesso secundário nos planos das fraturas.

#### IV.1.2. Análise mineralógica

Neste perfil foram analisadas 3 amostras do ponto de vista mineralógico (CL1-1 a CL1-3). A análise dos minerais argilosos foi efetuada nas amostras CL1-1 e CL1-2 (fig.IV.4). A associação mineralógica de cada amostra é a seguinte:



**Figura IV.4.** Resultados da difração de RX, evolução do rácio silicatos/carbonatos, distribuição vertical dos minerais argilosos e classificação das rochas carbonatadas analisadas na sucessão estratigráfica do afloramento CL1.

**CL1-1. Lutito dolomítico:** A amostra é constituída por dolomite, quartzo, feldspato sódico, cálcico e potássico, pirite e minerais argilosos. O grupo de minerais argilosos repartem-se pela ilite (inclui interestratificados ilite+esmeectite), esmeectite e caulinite (fig.IV.5).

**CL1-2. Lutito gipsífero:** A amostra é constituída por quartzo, gesso, halite, feldspato sódico e minerais argilosos. O grupo de minerais de argila é composto por ilite (inclui interestratificados ilite+esmeectite) e esmeectite (fig.IV.6).

**CL1-3. Dolomia:** A amostra é claramente dominada por dolomite. Quartzo, feldspato sódico, cálcico e potássico, minerais argilosos e gesso ocorrem de modo vestigial (fig.IV.7).

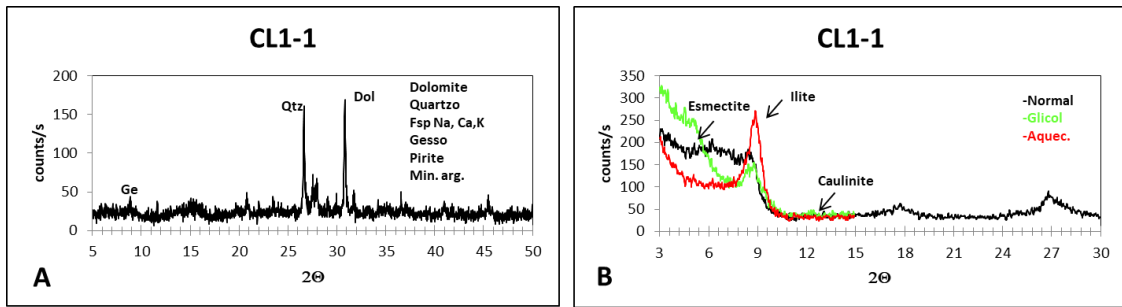


Figura IV.5. Amostra CL1-1: **A.** Difratoograma da amostra total; **B.** Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos.

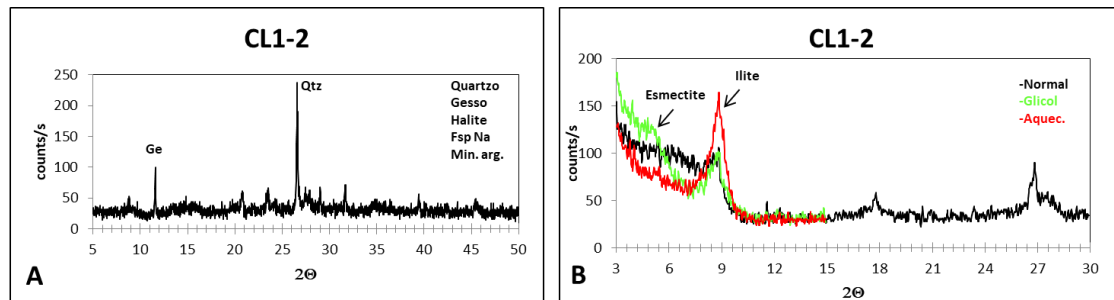


Figura IV.6. Amostra CL1-2: **A.** Difratoograma da amostra total; **B.** Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos.

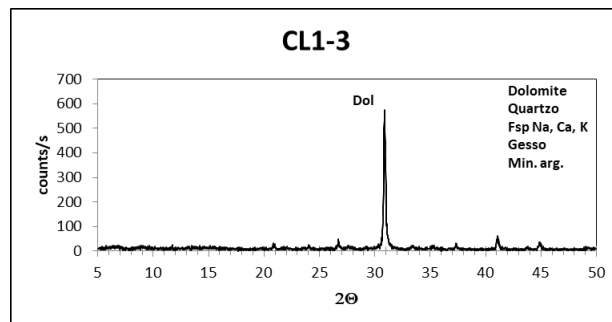


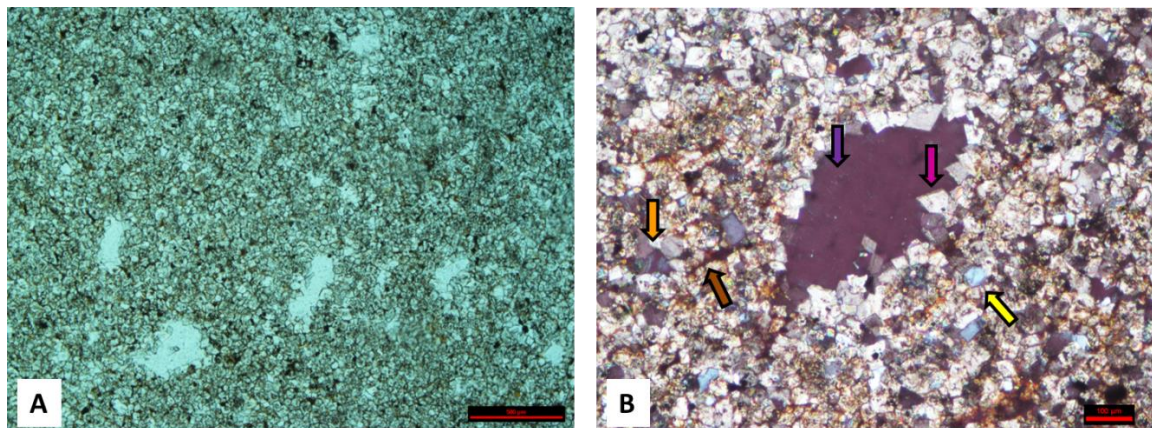
Figura IV.7. Difratoograma da amostra total CL1-3.

### IV.1.3. Análise petrográfica

Neste afloramento foi analisado petrograficamente apenas a amostra CL1-3, revelando as seguintes características:

**CL1-3. Dolosparito:** Tal como foi evidenciado pela difração de RX (**fig.IV.7**), a lâmina desta amostra é constituída por cristais de dolomite zonados, subédricos a euédricos com fábrica planar-s, ocupando mais de 90% da rocha (**fig.IV.8A**). Define-se uma fração siliciclástica que atinge cerca de 7%, constituída maioritariamente por quartzo, bem como a ocorrência de óxidos de ferro (**fig.IV.8B**). Nota-se alguma

porosidade vacuolar e intercrystalina, onde as faces romboédricas da dolomite se encontram particularmente bem definidas (**fig.IV.8B**).

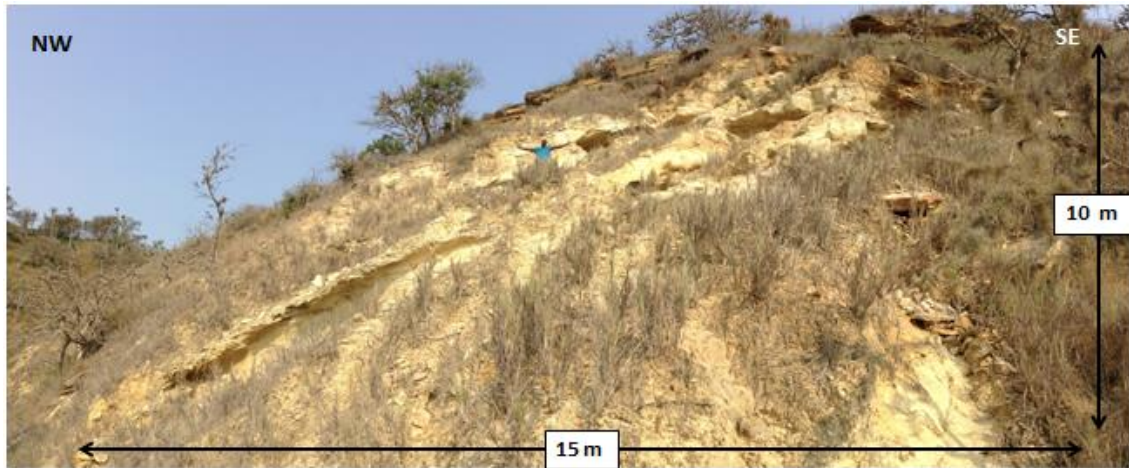


**Figura IV.8.** Fotomicrografia da amostra CL1-3: **A.** Aspeto geral da lâmina (Dolosparito) evidenciando-se cristais dolomíticos e porosidade vacuolar (luz natural; escala = 0,5 mm); **B.** Pormenor do aspeto dos cristais de dolomite subédrica (seta violeta), quartzo siltoso (seta amarela), feldspato (seta laranja), óxidos de ferro (seta castanha), porosidade vacuolar e intercrystalina (seta roxa), (luz polarizada; escala = 0,1 mm).

## IV.2. Afloramento CL2

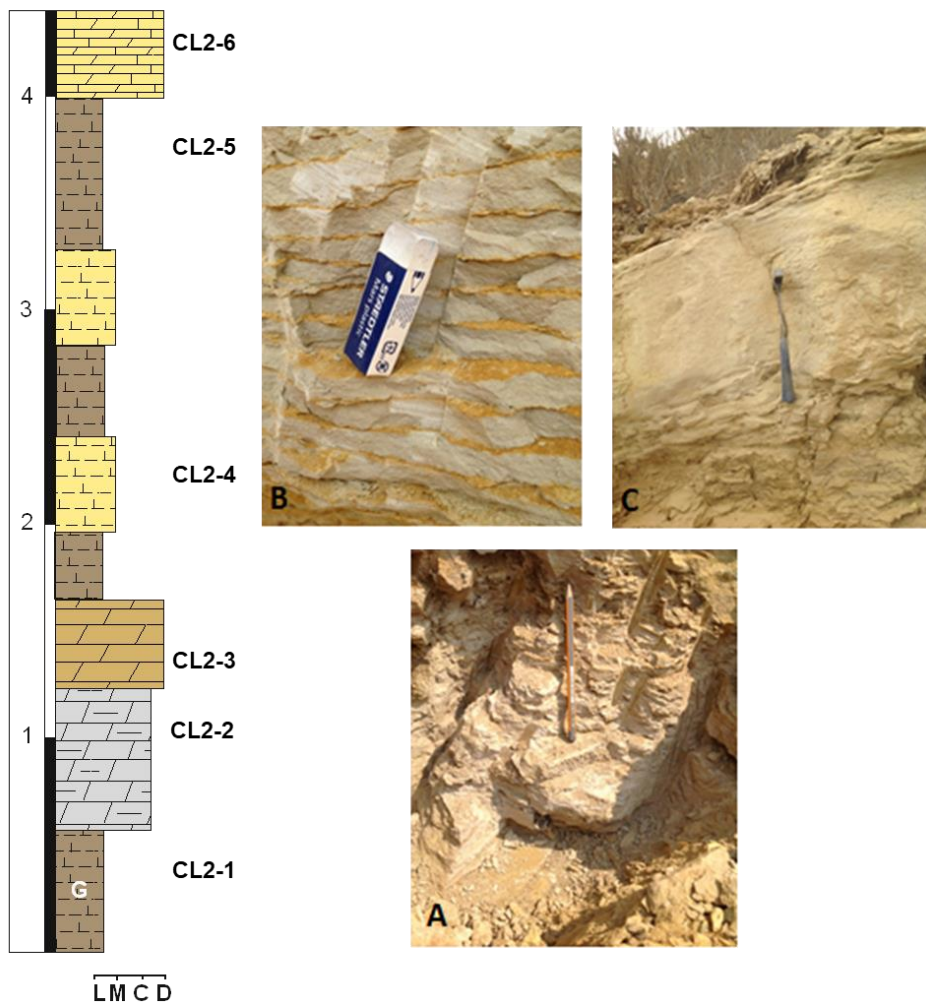
### IV.2.1. Descrição do afloramento e caracterização macroscópica

A base desta sucessão estratigráfica encontra-se em parte mascarada por vegetação, pelo que o estudo foi direcionado nas camadas visíveis. A sucessão é constituída essencialmente por intercalações de dolomias (dolomia margosa, dolomia, dolomia calcária) com margas calcárias, totalizando 4,3 metros de espessura. Na base do perfil ocorrem fácies particularmente dolomíticas; imediatamente a seguir a estas camadas a sucessão define-se por intercalações de margas calcárias (mais e menos carbonatadas) com cerca de 2,5 m de espessura; o perfil termina com uma camada de dolomia calcária compacta de 43 cm de espessura (**fig.IV.9**). As camadas de marga calcária, mais friáveis e laminadas, tendem a aumentar a sua espessura em direção ao topo passando de 33 cm a 75 cm; por outro lado, as camadas mais carbonatadas apresentam uma espessura mais constante, à volta dos 40 cm; mostram uma coloração castanha acinzentada (**fig.IV.10A**); por outro lado, as dolomias (**fig.IV.10B e 10C**) são mais salientes e apresentam-se compactas, mas localmente fraturadas (com excepção da dolomia margosa) com coloração amarelo-acastanhada.



**Figura IV.9.** Vista geral do afloramento CL2, dominado por alternâncias de margas e dolomias (camadas mais salientes).

**Perfil CL2**  
Esc. Lit. Amostras  
(m)



**Figura IV.10.** Perfil estratigráfico do afloramento CL2: **A.** Marga calcária laminada castanha acinzentada (CL2-1); **B.** Dolomia margosa cinzenta com pequenos níveis siltosos castanhos (CL2-2); **C.** Dolomia calcária compacta (CL2-6).



#### IV.2.2. Análise mineralógica

Neste perfil foram analisadas 6 amostras do ponto de vista mineralógico (CL2-1 a CL2-6). A análise dos minerais argilosos foi efetuada nas amostras CL2-1 e CL2-5 (fig.IV.11). A associação mineralógica de cada amostra é a seguinte:

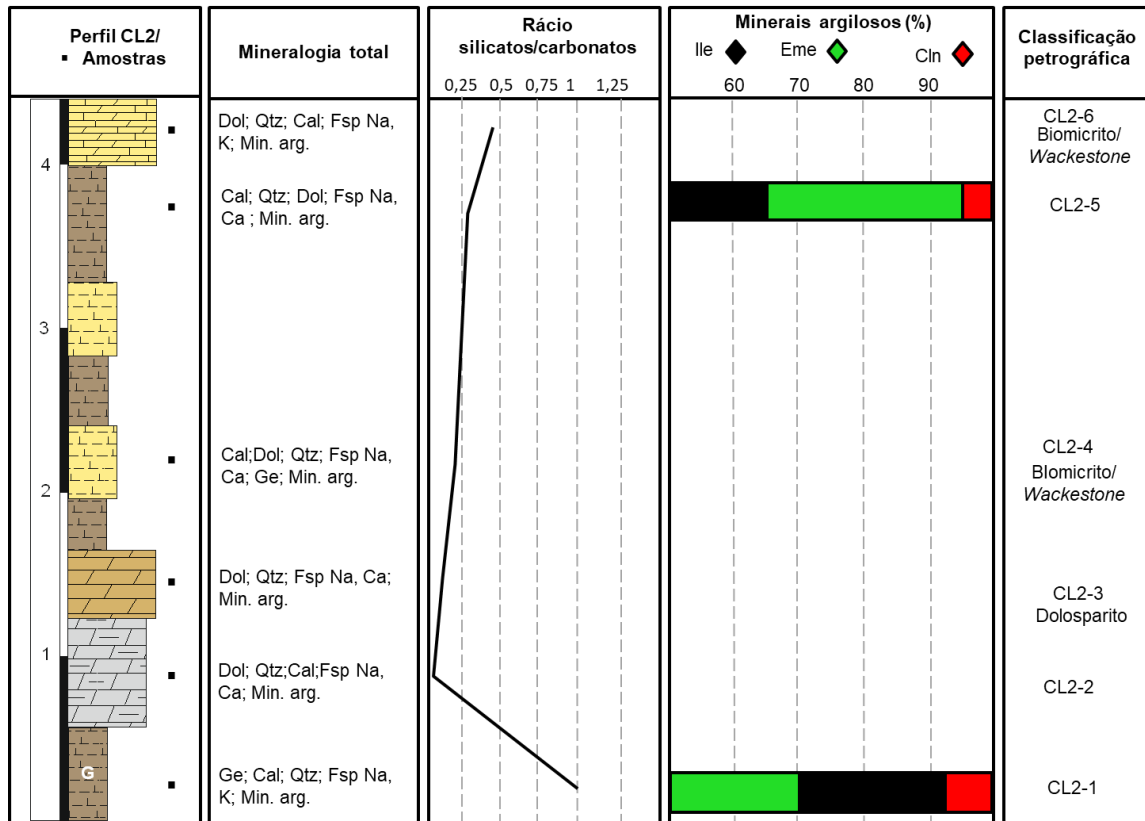


Figura IV.11. Resultados da difração de RX, evolução do rácio silicatos/carbonatos, distribuição vertical dos minerais argilosos e classificação das rochas carbonatadas analisadas na sucessão estratigráfica do afloramento CL2.

**CL2-1. Marga calcária gipsífera:** A amostra é constituída por gesso, calcite, quartzo, feldspato sódico e potássico, e minerais argilosos. O grupo de minerais argilosos repartem-se pela ilite (inclui interestratificados ilite+esmectite), esmectite e caulinite (fig.IV.12).

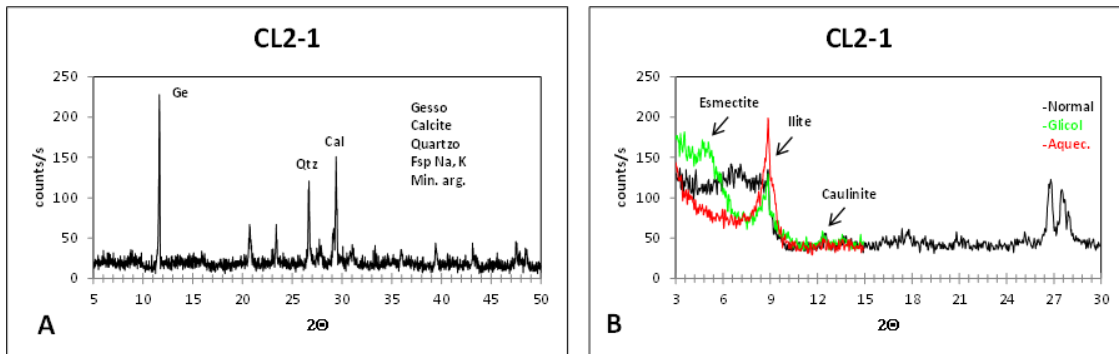
**CL2-2. Dolomia margosa:** A amostra é claramente dominada por dolomite. Quartzo, calcite, feldspato sódico e cálcico, e minerais argilosos ocorrem de modo vestigial (fig.IV.13).

**CL2-3. Dolomia:** A amostra é claramente dominada por dolomite. Quartzo, feldspato sódico e cálcico, e minerais argilosos ocorrem de modo vestigial (fig.IV.14).

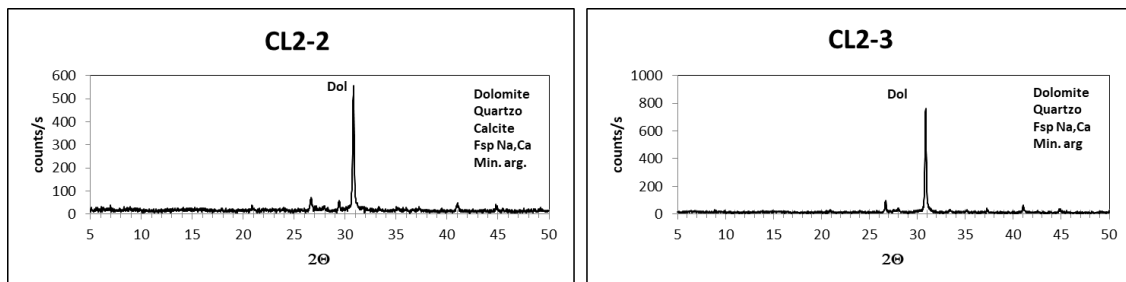
**CL2-4. Marga calcária:** A amostra é constituída por calcite, dolomite, quartzo, feldspato sódico e cálcico, minerais argilosos e vestígios de gesso (fig.IV.15).

**CL2-5. Marga calcária:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, dolomite, feldspato sódico e cálcico, e minerais argilosos. O grupo de minerais argilosos repartem-se pela ilite (inclui interestratificados ilite+esmectite), esmectite e caulinite (fig.IV.16).

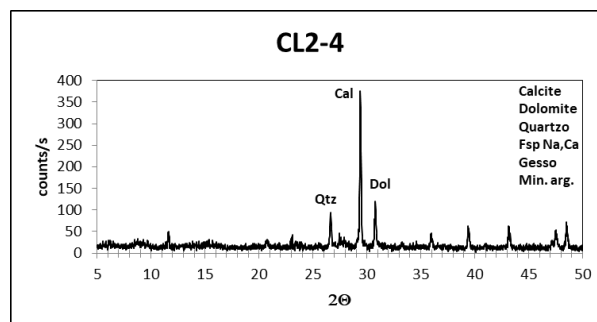
**CL2-6. Dolomia calcária:** A amostra é constituída por dolomite, quartzo, calcite, feldspato sódico e potássico, e minerais argilosos (fig.IV.17).



**Figura IV.12.** Amostra CL2-1: **A.** Difratoograma da amostra total; **B.** Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos.



**Figura IV.13.** Difratoograma da amostra total CL2-2. **Figura IV.14.** Difratoograma da amostra total CL2-3.



**Figura IV.15.** Difratoograma da amostra total CL2-4.

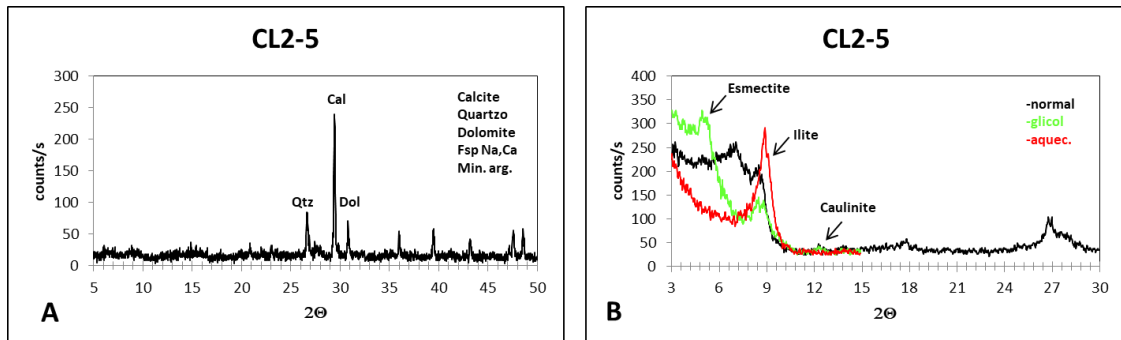


Figura IV.16. Amostra CL2-5: **A.** Difratoograma da amostra total; **B.** Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos.

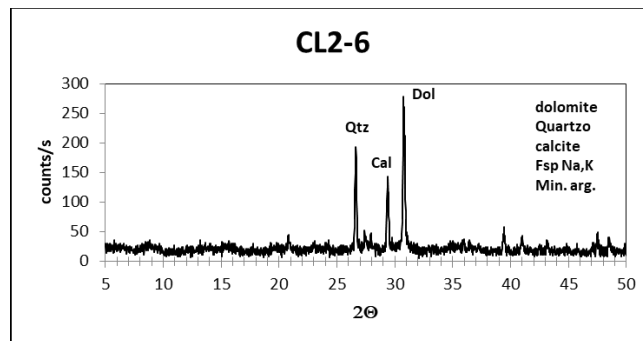


Figura IV.17. Difratoograma da amostra total CL2-6.

### IV.2.3. Análise petrográfica

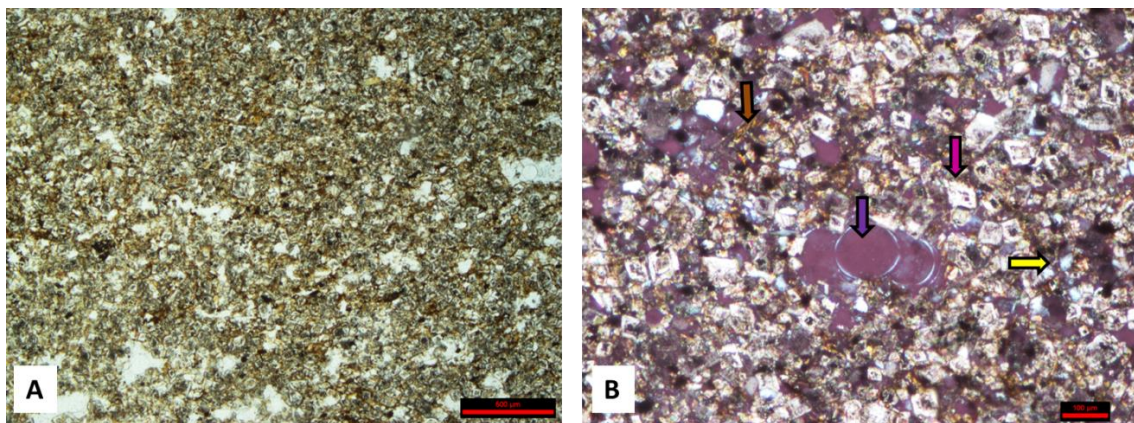
Neste afloramento foram analisadas petrograficamente as amostras CL2-3, CL2-4 e CL2-6, revelando as seguintes características:

**CL2-3. Dolosparito:** Tal como foi evidenciado pela difração de RX (**fig.IV.14**) a lâmina desta amostra é constituída por cristais de dolomite zonados, subédricos a euédricos com fábrica planar-s, ocupando mais de 85% da rocha (**fig.IV.18A**). Observa-se uma fração siliciclástica que atinge cerca de 8%, constituída maioritariamente por quartzo, ocorrendo ainda óxidos de ferro de ferro (**fig.IV.18B**). A porosidade intercrystalina é maior em relação à amostra CL1-3, notando-se também alguma porosidade vacuolar, onde as faces romboédricas da dolomite se encontram particularmente bem definidas (**fig.IV.18B**).

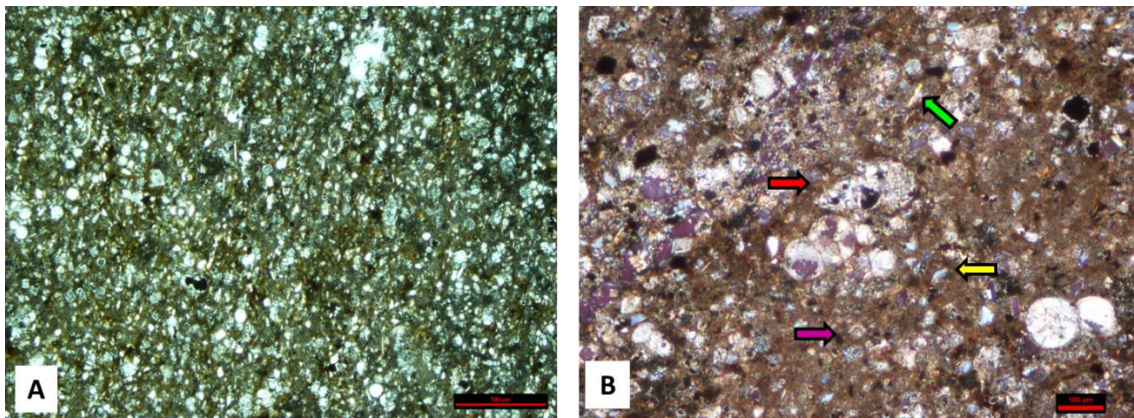
**CL2-4. Biomicrito/Wackestone:** a componente ortoquímica é constituída por matriz micrítica, com a componente aloquímica dominada por fósseis de foraminíferos planctónicos (**fig.IV.19A**). Define-se uma fração siliciclástica que atinge cerca de 8%, sendo constituída maioritariamente por quartzo, moscovite e feldspato, bem como a ocorrência de óxidos de ferro (**fig.IV.19B**). Nota-se a presença de recristalizações

calcíticas preenchendo alguns fósseis e alguma porosidade intrapartícula (**fig.IV.19B**). A dolomitização na lâmina é inferior a 10 %.

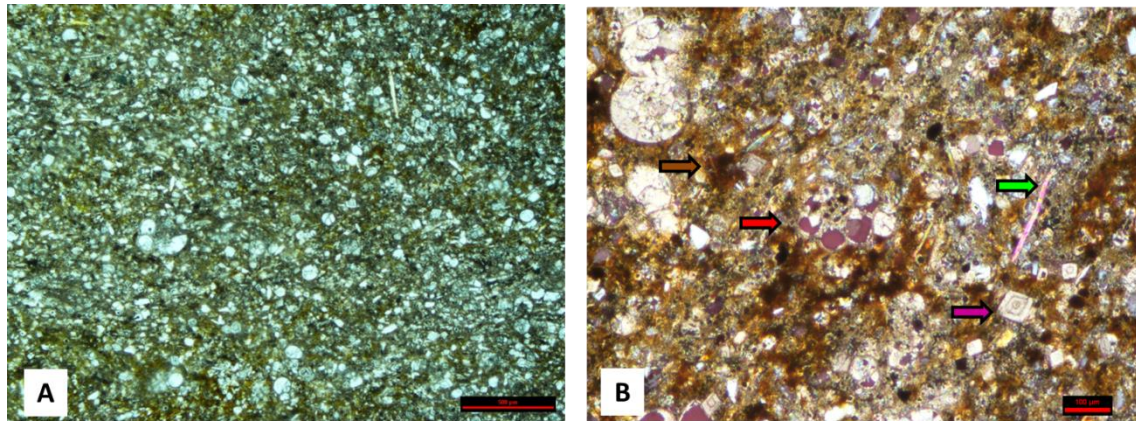
**CL2-6. Biomicrito/Wackestone:** a componente ortoquímica é constituída por matriz micrítica, por outro lado a componente aloquímica é dominada por fósseis de foraminíferos planctónicos (**fig.IV.20A**). Define-se uma fração siliciclástica com cerca de 10%, sendo constituída maioritariamente por quartzo, moscovite e feldspato, ocorrendo ainda óxidos de ferro (**fig.IV.20B**). Nota-se a presença de recristalizações calcíticas preenchendo os bioclastos e alguma porosidade intrapartícula (**fig.IV.20B**). A dolomitização é superior a 15 %.



**Figura IV.18.** Fotomicrografia da amostra CL2-3: **A.** Aspeto geral da lâmina (Dolosparito) com cristais subédricos de dolomite com porosidade vacuolar e intercrystalina (luz natural; escala = 0,5 mm); **B.** Pormenor do aspeto dos cristais de dolomite subédrica (seta violeta), quartzo siltoso (seta amarela), óxidos de ferro (seta castanha) e porosidade vacuolar (seta roxa) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).



**Figura IV.19.** Fotomicrografia da amostra CL2-4: **A.** Aspeto geral da lâmina (Biomicrito/Wackestone) com matriz micrítica, foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); **B.** Pormenor de cristal de dolomite euédrico (seta violeta), foraminífero planctónico parcialmente ferruginizado (seta vermelha), quartzo siltoso (seta amarela) e moscovite (seta verde clara) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).

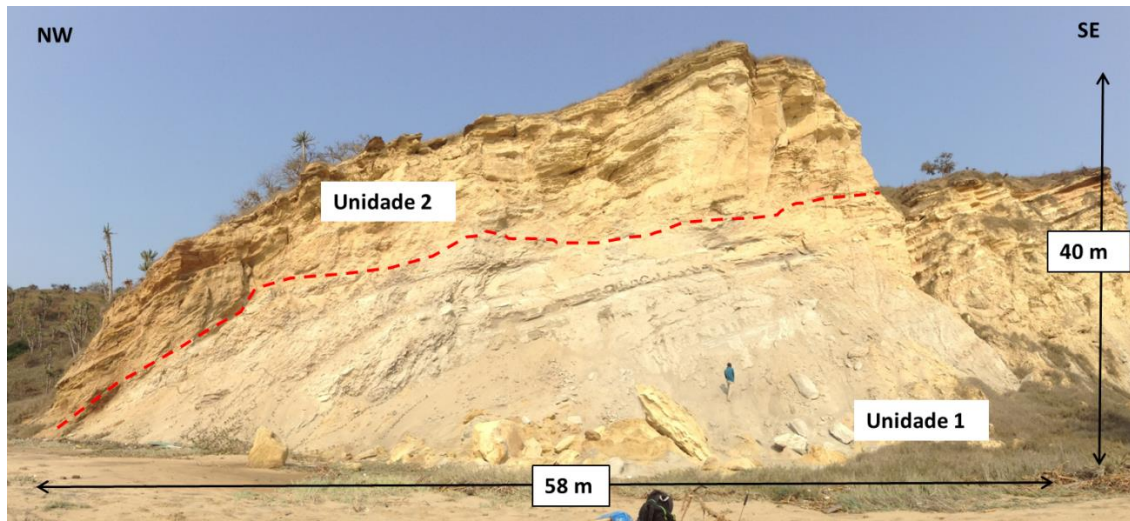


**Figura IV.20.** Fotomicrografia da amostra CL2-6: **A.** Aspeto geral da lâmina (Biomicro/Wackestone) com matriz micrítica, foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); **B.** Pormenor do aspeto dos cristais euédricos de dolomite (seta violeta), foraminífero planctónico com porosidade intrafóssil (seta vermelha) e moscovite (seta verde clara) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).

### IV.3. Afloramento CL3

#### IV.3.1. Descrição do afloramento e caracterização macroscópica

O afloramento CL3 encontra-se à beira-mar, estando a sua base coberta por areias marinhas, alguns blocos caídos e vegetação. Neste perfil é possível diferenciar duas unidades macroscopicamente distintas (unidades 1 e 2; **fig.IV.21**).



**Figura IV.21.** Vista geral do afloramento CL3, onde se evidenciam duas unidades macroscopicamente distintas (unidade 1 e 2) pertencentes à Formação Teba.

A unidade 1 é constituída por intercalações de margas calcárias e calcarenitos friáveis e laminados de cor cinzenta clara a escura, que atingem uma espessura de cerca de 8 m (**figs.IV.22A e 22B**). Da base à parte intermédia do afloramento as

rochas vão tornando-se gradualmente mais resistentes e compactas. A coloração cinzenta da unidade 1 deve-se à presença de matéria orgânica nos sedimentos.

Na unidade 2 a sucessão estratigráfica é dominada por alternâncias de margas calcárias (mais e menos carbonatadas), totalizando cerca de 10 m (**figs.IV.22C e 22D**). Aos 12 e 14 m definem-se camadas de calcário margoso compacto de coloração amarelo-acastanhada com 50 e 40 cm de espessura, respetivamente (**fig.IV.22E**). As camadas de marga calcária, mais friáveis e laminadas, tendem a aumentar a sua espessura em direção ao topo, passando de 30 a 110 cm; por outro lado, as camadas mais carbonatadas apresentam uma espessura mais constante, em torno de 50 cm.

### **IV.3.2. Análise mineralógica**

Neste perfil foram analisadas 8 amostras do ponto de vista mineralógico (CL3-1 a CL3-8). A análise dos minerais argilosos foi efetuada nas amostras CL3-1, CL3-2, CL3-3 e CL3-5 (**fig.IV.23**). A associação mineralógica de cada amostra é a seguinte:

**CL3-1. Marga calcária:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, feldspato sódico, cálcico e potássico, e minerais argilosos. O grupo de minerais argilosos repartem-se pela ilite (inclui interestratificados ilite+esmectite), esmectite e caulinite (**fig.IV.24**).

**CL3-2. Calcarenito:** A amostra é constituída por calcite, feldspato sódico, cálcico e potássico, quartzo e minerais argilosos. O grupo de minerais argilosos repartem-se pela ilite (inclui interestratificados ilite+esmectite), esmectite e caulinite (**fig.IV.25**).

**CL3-3. Marga calcária:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, feldspato sódico, dolomite, gesso e minerais argilosos. O grupo de minerais argilosos repartem-se pela ilite (inclui interestratificados ilite+esmectite), esmectite e caulinite (**fig.IV.26**).

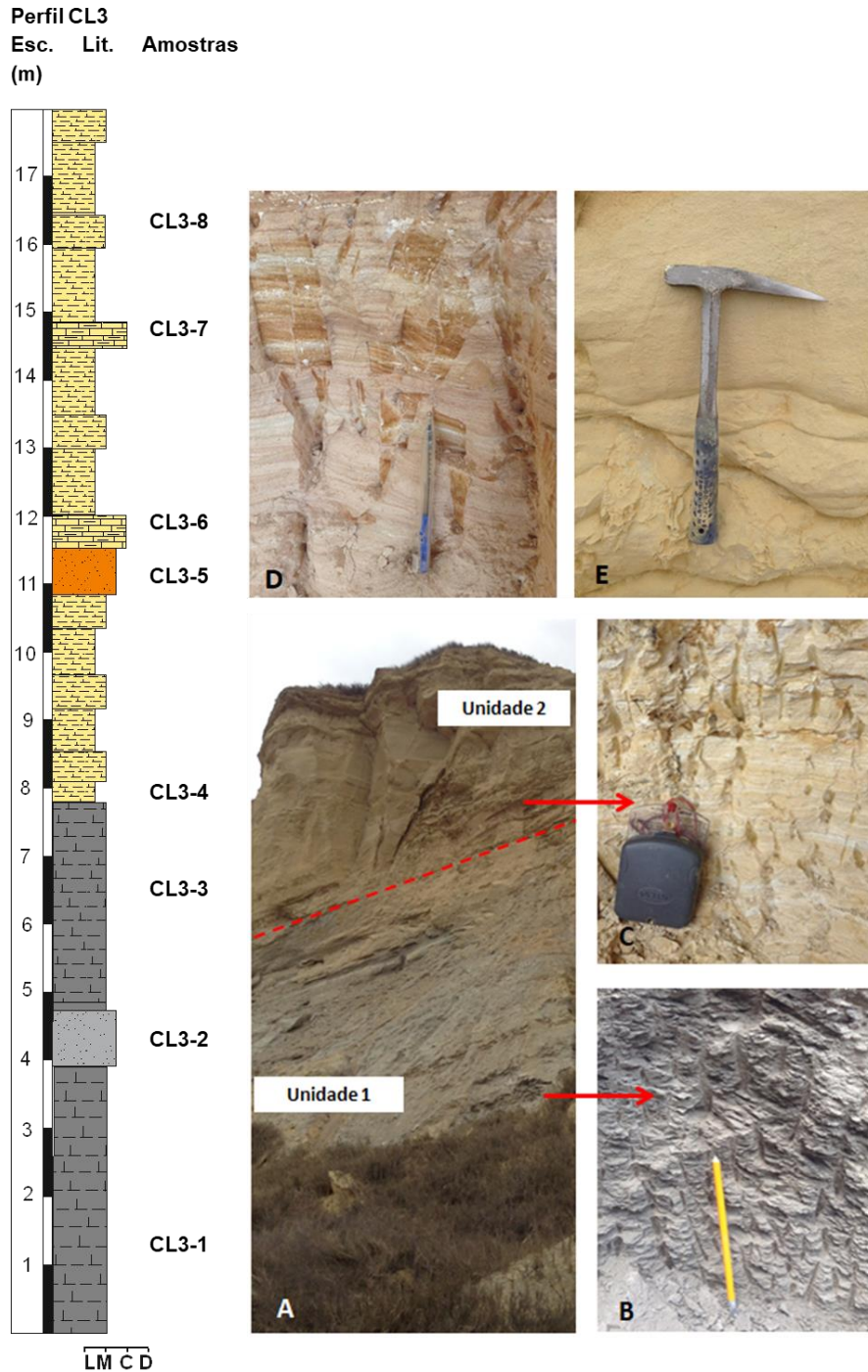
**CL3-4. Marga calcária:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, dolomite, feldspato sódico, cálcico e potássico, e minerais argilosos (**fig.IV.27**).

**CL3-5. Calcarenito:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, feldspato sódico e minerais argilosos. Gesso ocorre de modo vestigial. O grupo de minerais argilosos é composto por ilite (inclui interestratificados ilite+esmectite) e esmectite (**fig.IV.28**).

**CL3-6. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, feldspato sódico, cálcico e potássico, e minerais argilosos (**fig.IV.29**).

**CL3-7. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo e minerais de argilosos. Dolomite, feldspato sódico e cálcico ocorrem de modo vestigial (**fig.IV.30**).

**CL3-8. Marga calcária:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, feldspato sódico, e potássico, e minerais argilosos (**fig.IV.31**).



**Figura IV.22.** Perfil litoestratigráfico do afloramento CL3: **A.** Vista detalhada das unidades 1 e 2; **B.** Marga calcária cinzenta friável e laminada (CL3-1); **C.** Marga amarelo-acastanhada laminada (CL3-4); **D.** Calcarenito castanho alaranjado laminado (CL3-5); **E.** Calcário margoso compacto (CL3-6).

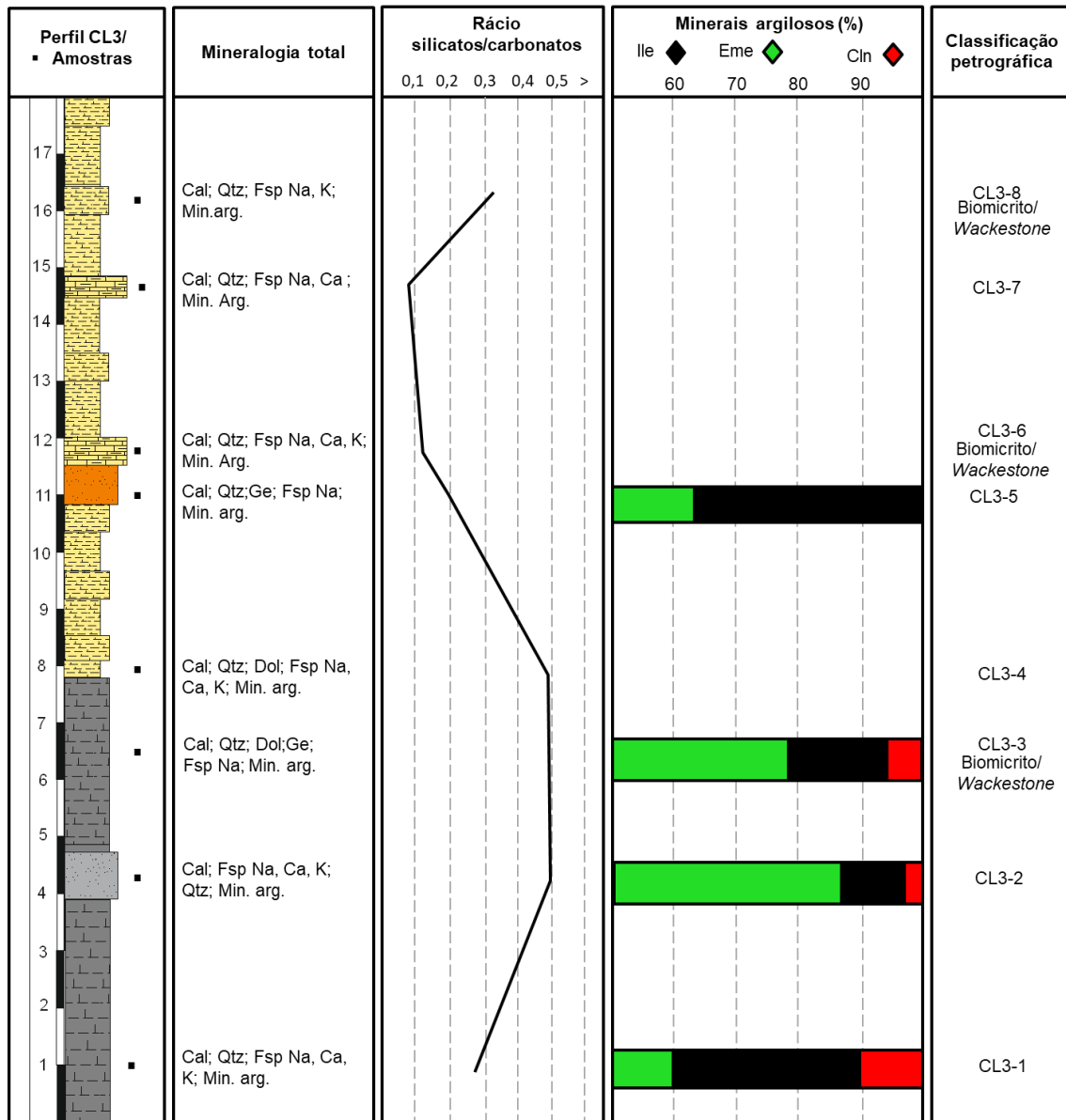


Figura IV.23. Resultados da difração de RX, evolução do rácio silicatos/carbonatos, distribuição vertical dos minerais argilosos e classificação das rochas carbonatadas analisadas na sucessão estratigráfica do afloramento CL3.

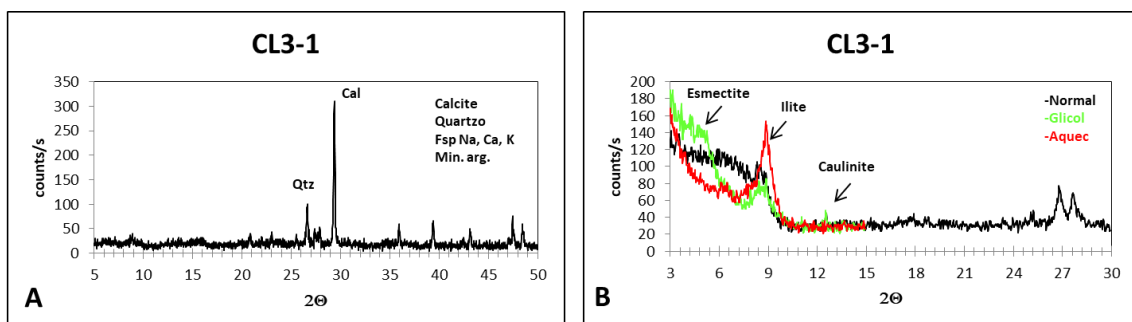


Figura IV.24. Amostra CL3-1: **A.** Difratograma da amostra total; **B.** Difratograma relativo à associação de minerais argilosos.



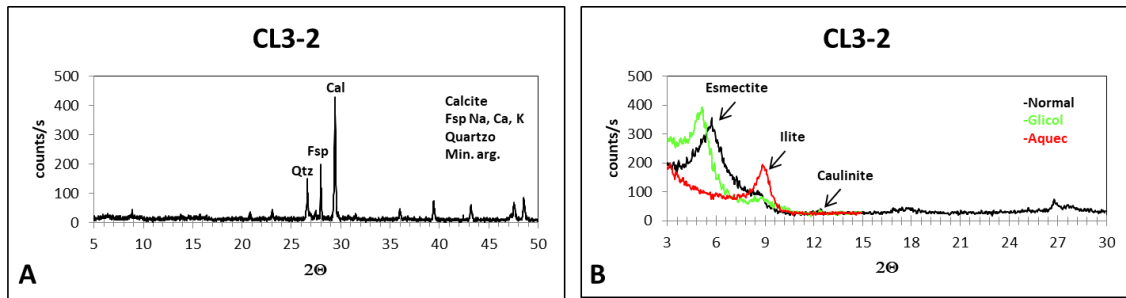


Figura IV.25. Amostra CL3-2: A. Difratoograma da amostra total; B. Difratoograma relativo à associação de minerais de argilosos.

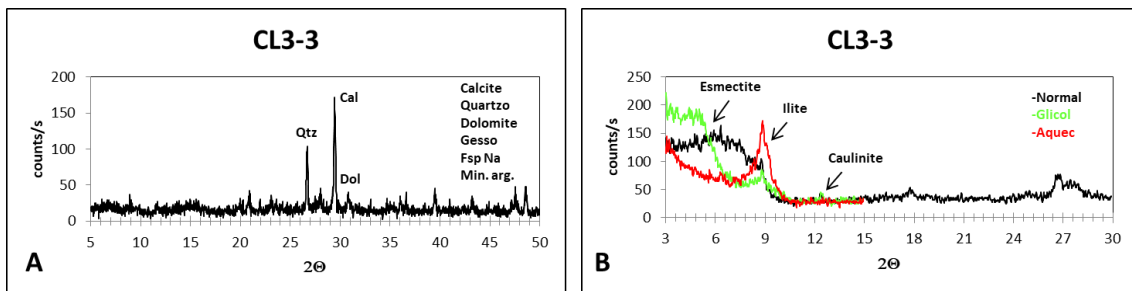


Figura IV.26. Amostra CL3-3: A. Difratoograma da amostra total; B. Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos.

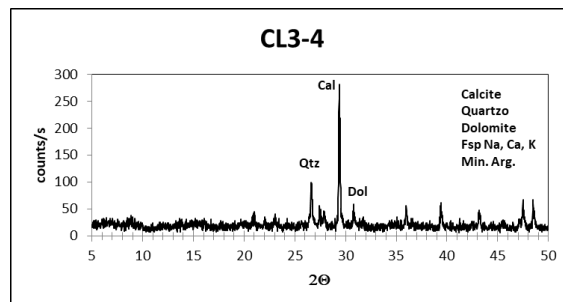


Figura IV.27. Difratoograma da amostra total CL3-4.

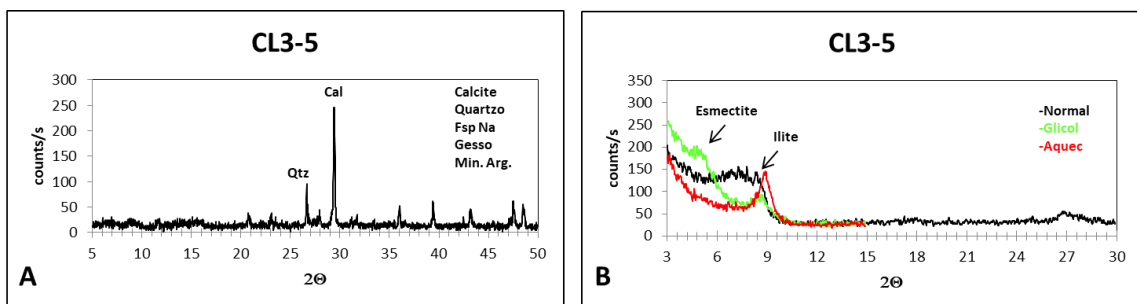


Figura IV.28. Amostra CL3-5: A. Difratoograma da amostra total; B. Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos.

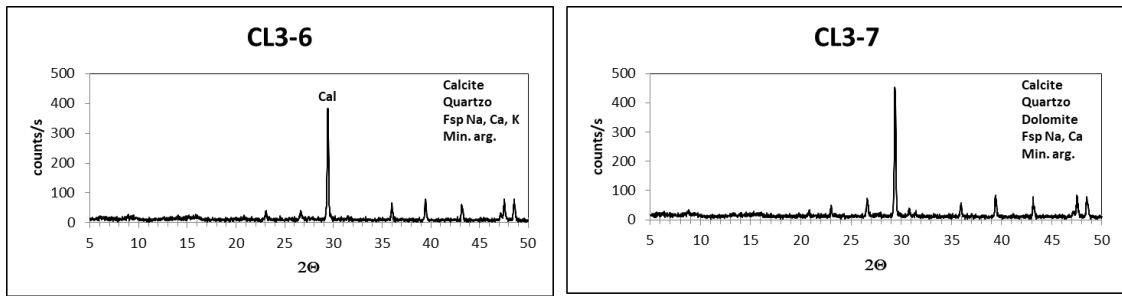


Figura IV.29. Difratoograma da amostra total CL3-6. Figura IV.30. Difratoograma da amostra total CL3-7.

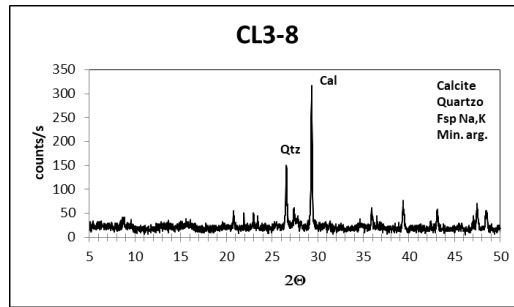


Figura IV.31. Difratoograma da amostra total CL3-8.

### IV.3.3. Análise petrográfica

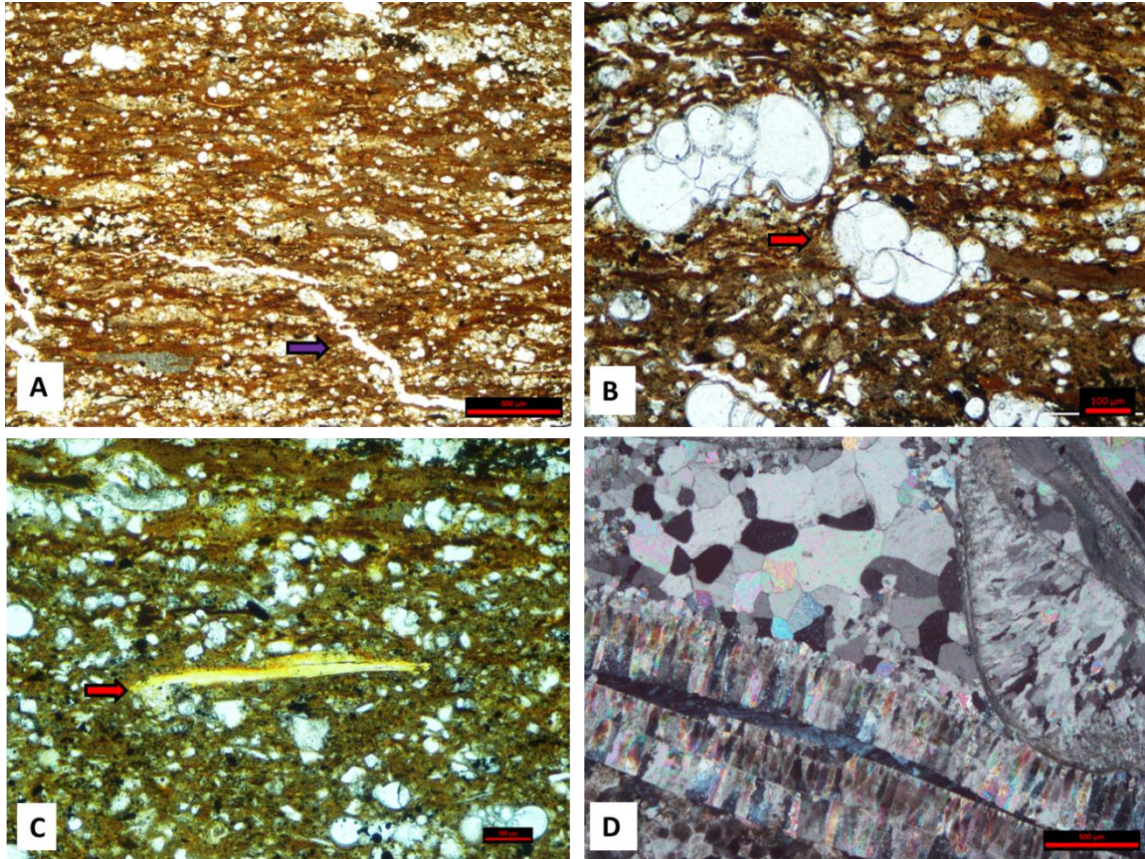
Neste afloramento foram analisadas petrograficamente as amostras CL3-3, CL3-6 e CL3-8 (fig.IV.23), revelando as seguintes características:

**CL3-3. Biomicrito/Wackestone:** A componente ortoquímica é constituída por matriz micrítica, argilosa, apresentando uma leve laminação. Evidencia-se alguma matéria orgânica que se dispõe paralelamente aos planos de laminação (fig.IV.32A). A componente aloquímica é dominada por fósseis de foraminíferos planctônicos (fig.IV.32B), ocorrendo igualmente fragmentos de vertebrados fosfatados (fig.IV.32C). Define-se uma fração siliciclástica que atinge cerca de 10%, constituída maioritariamente por quartzo, moscovite e feldspato, bem como se nota a ocorrência de óxidos de ferro. Detetam-se veios de calcite ilustrando diferentes tipos de recristalização (fig.IV.32D).

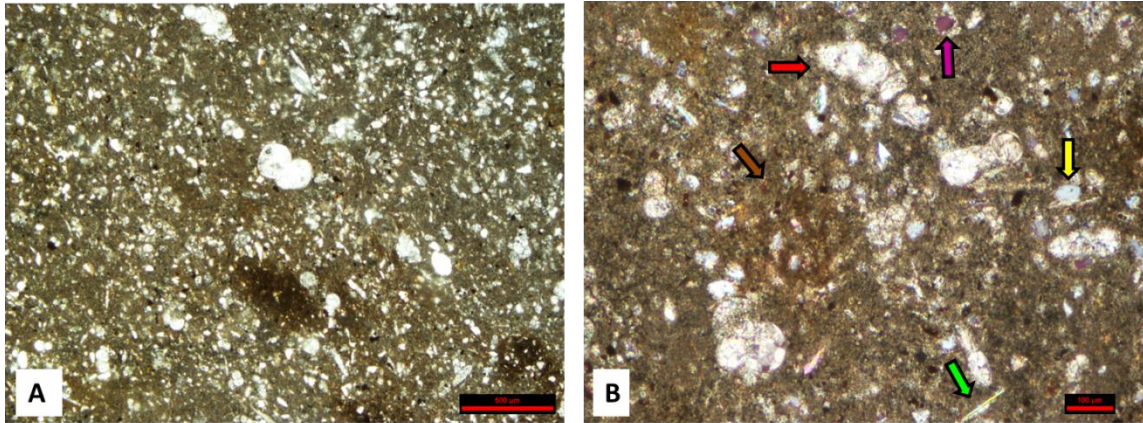
**CL3-6. Biomicrito/Wackestone:** A componente ortoquímica é constituída por matriz micrítica, por outro lado a componente aloquímica é dominada por bioclastos de foraminíferos planctônicos (fig.IV.33A). Define-se uma fração siliciclástica que atinge cerca de 7%, sendo constituída maioritariamente por quartzo, moscovite e feldspato, bem como a ocorrência de óxidos de ferro (fig.IV.33B). Nota-se a presença de recristalizações calcíticas e vacúolos calcitizados (fig.IV.33B).

**CL3-8. Biomicrito/Wackestone:** A componente ortoquímica é constituída por micrite ferruginosa, argilosa, com forte laminação (fig.IV.34A). A componente

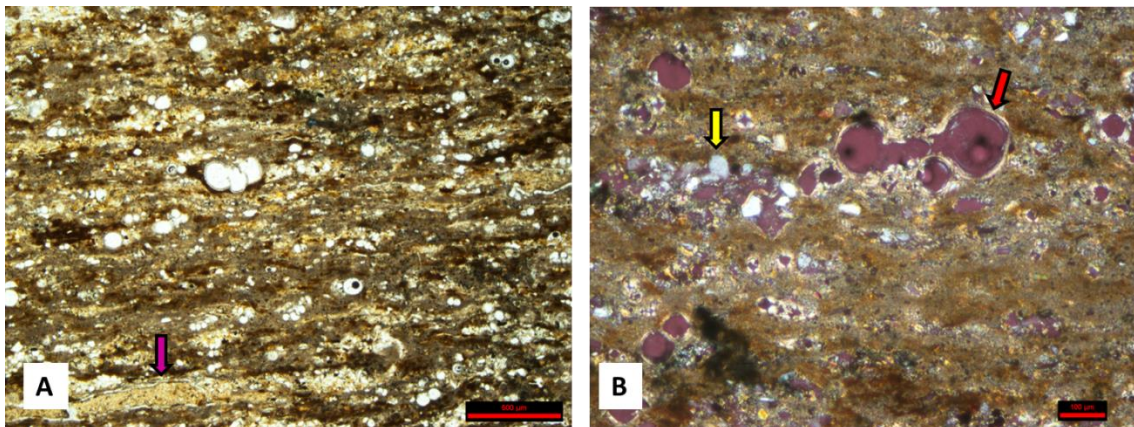
aloquímica é dominada por fósseis de foraminíferos planctónicos (**fig.IV.34A**). Observa-se igualmente uma fração siliclástica bastante importante, que atinge cerca de 8%, sendo constituída maioritariamente por quartzo, moscovite e feldspato (**fig.IV.34B**). Nota-se a presença de alguma porosidade intrapartícula (**fig.IV.34B**).



**Figura IV.32.** Fotomicrografia da amostra CL3-3: **A.** Aspeto geral da lâmina (Biomicrito/*Wackestone*) com matriz micrítica, com matéria orgânica disposta segundo os planos de laminação da amostra, porosidade de canal (seta roxa) (luz natural; escala = 0,5 mm); **B.** Pormenor de foraminíferos planctónicos (seta vermelha) (luz natural; escala = 0,1 mm), **C.** Pormenor da fração bioclástica (foraminíferos planctónicos) e vestígio de vertebrado fosfatado (seta vermelha) (luz natural; escala = 0,1 mm); **D.** Pormenor de uma fratura e dos diferentes tipos de recristalização calcítica que a preenchem (luz polarizada; escala = 0,5 mm).



**Figura IV.33.** Fotomicrografia da amostra CL3-6: **A.** Aspetto geral da lâmina (Biomicro/*Wackestone*) com matriz micrítica, foraminíferos planctônicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); **B.** Pormenor da ocorrência de foraminífero planctônico unisseriado (seta vermelha), quartzo siltoso (seta amarela), moscovite (seta verde clara), óxidos de ferro (seta castanha) e vacúolos calcítizados (seta roxa) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).



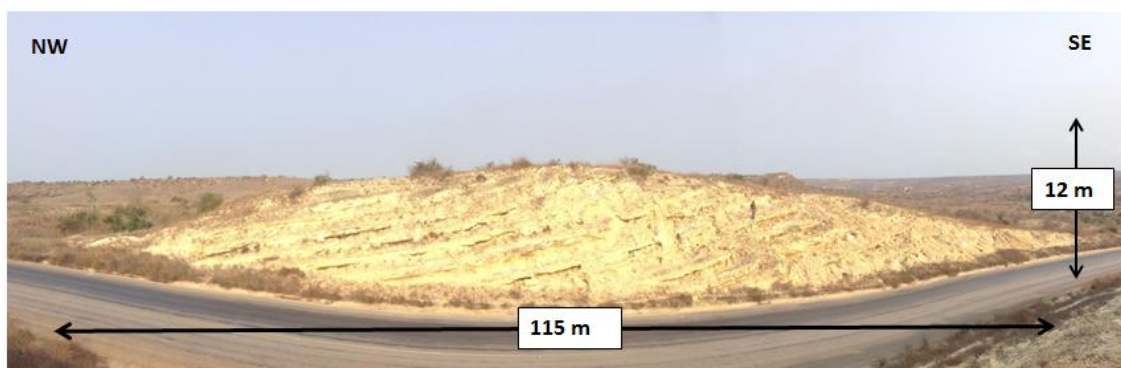
**Figura IV.34.** Fotomicrografia da amostra CL3-8: **A.** Aspetto geral da lâmina (Biomicro/*Wackestone*), com matriz micrítica, argilosa, evidenciando-se uma forte laminação, alguns foraminíferos planctônicos e porosidade de canal (seta roxa) (luz natural; escala = 0,5 mm); **B.** Pormenores da ocorrência de quartzo siltoso (seta amarela) e de porosidade intrapartícula a moldada de foraminíferos planctônicos (seta vermelha) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).

#### IV.4. Afloramento CL4

##### IV.4.1. Descrição do afloramento e caracterização macroscópica

Esta sucessão estratigráfica totaliza cerca de 22 m de espessura (**fig.IV.35**). Mostra da base até aos 6 m, alternâncias de margas calcárias (mais e menos carbonatadas), onde as camadas margosas menos carbonatadas chegam a atingir espessuras superiores a 1 m. A seguir verifica-se uma pequena intercalação de calcário margoso e calcarenito com cerca de 2 m de espessura, onde pode observar-

se na mesma camada, a passagem gradual de calcarenito para calcário margoso (**figs.IV.36A**). Superiormente verificam-se novamente alternâncias de margas calcárias (mais e menos carbonatadas) até aos 15 m (**figs.IV.36B**). Nos últimos 7 m do afloramento tornam-se dominantes alternâncias de calcários margosos (mais e menos carbonatados; **fig.IV.36C**).



**Figura IV.35.** Vista geral do afloramento CL4, com a disposição inclinada das camadas a pender para NE.

#### **IV.4.2. Análise mineralógica**

Neste perfil foram analisadas 7 amostras do ponto de vista mineralógico (CL4-1 a CL4-6). A análise dos minerais argilosos foi efetuada nas amostras CL4-2 e CL4-2(1) (**fig.IV.37**). A associação mineralógica de cada amostra é a seguinte:

**CL4-1. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo e minerais argilosos (**fig.IV.38**).

**CL4-2(b). Calcarenito:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, feldspato sódico e minerais argilosos. O grupo de minerais argilosos é constituído pela ilite (inclui interestratificados ilite-esmesctite) e esmectite (**fig.IV.39**).

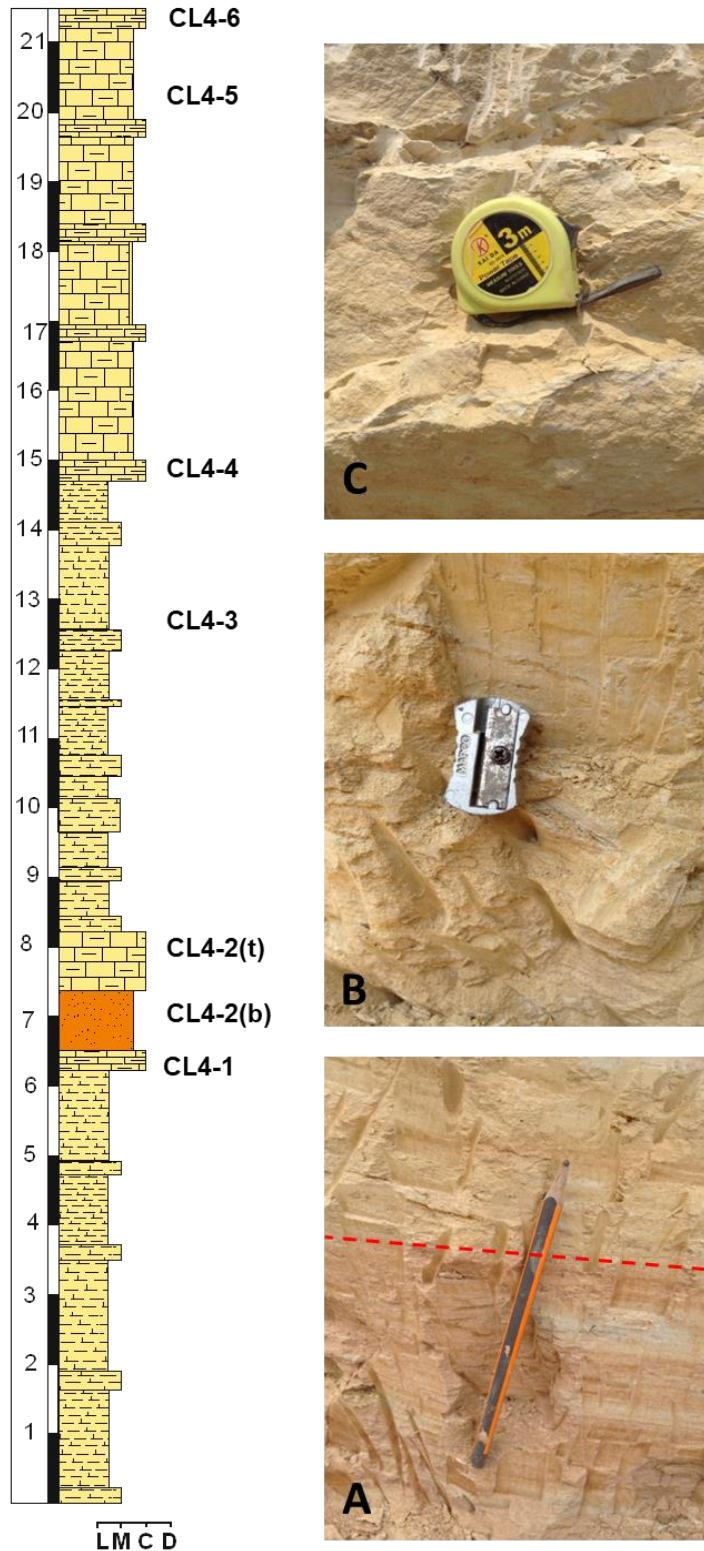
**CL4-2(t). Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, feldspato sódico, cálcico, potássico e minerais argilosos. O grupo de minerais argilosos é constituído pela ilite (inclui interestratificados ilite-esmesctite) e esmectite (**fig.IV.40**).

**CL4-3. Marga calcária:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, feldspato sódico, potássico e minerais argilosos (**fig.IV.41**).

**CL4-4. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo e minerais argilosos (**fig.IV.42**).

**CL4-5. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo e minerais argilosos (**fig.IV.43**).

**Perfil CL4**  
Esc. Lit. Amostras  
(m)



**Figura IV.36.** Perfil litoestratigráfico do afloramento CL4: **A.** Camada com passagem vertical gradual de calcarenito para calcário margoso CL4-2(b) a CL4-2(t); **B.** Marga amarelo-acastanhada laminada na parte intermédia do afloramento (CL4-3); **C.** Calcário margoso compacto (CL4-6).

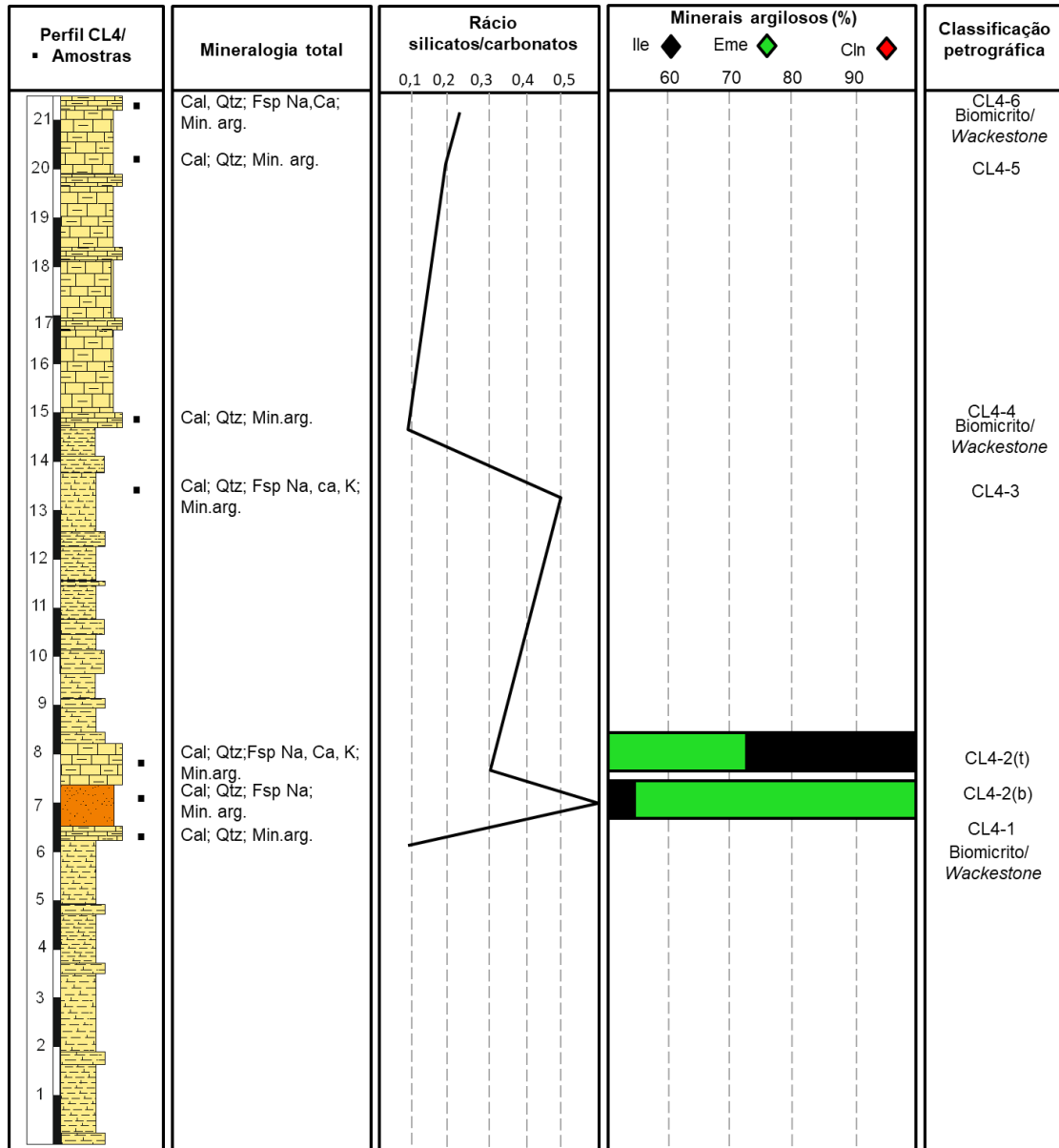


Figura IV.37. Resultados da difração de RX, evolução do rácio silicatos/carbonatos, distribuição vertical dos minerais argilosos e classificação das rochas carbonatadas analisadas na sucessão estratigráfica do afloramento CL4.

**CL4-6. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, feldspato sódico e cálcico, e minerais argilosos (fig.IV.44).

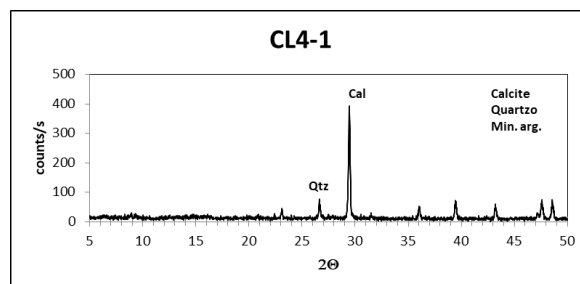
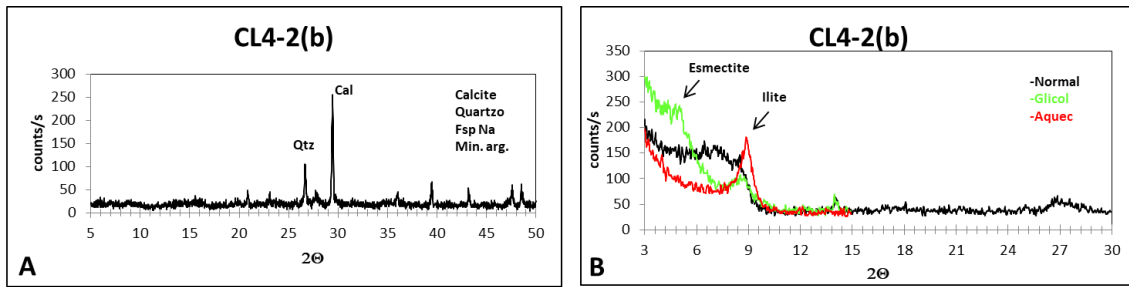
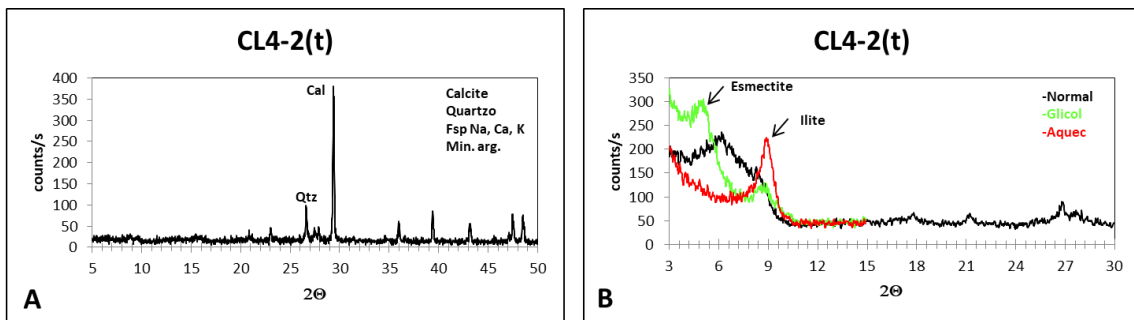


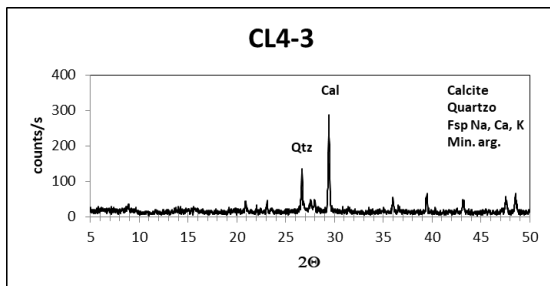
Figura IV.38. Difratograma da amostra total CL4-1.



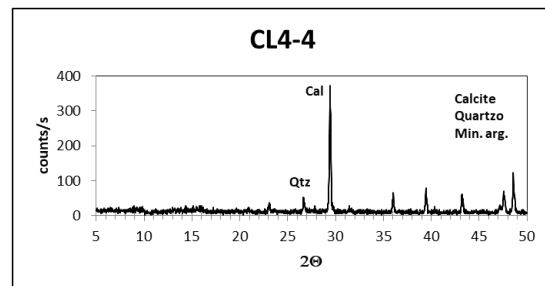
**Figura IV.39.** Amostra CL4-2(b): **A.** Difratoograma da amostra total; **B.** Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos.



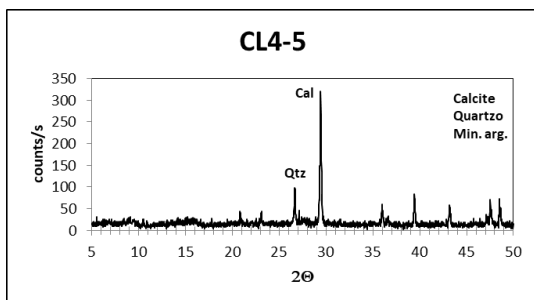
**Figura IV.40.** Amostra CL4-2(t): **A.** Difratoograma da amostra total; **B.** Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos.



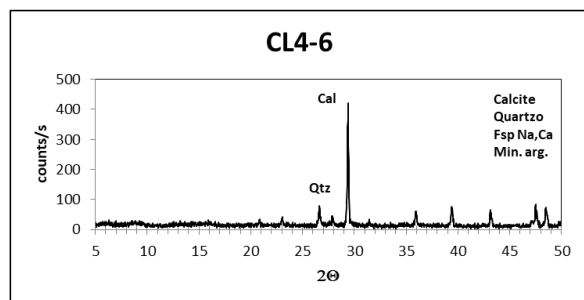
**Figura IV.41.** Difratoograma da amostra total CL4-3.



**Figura IV.42.** Difratoograma da amostra total CL4-4.



**Figura IV.43.** Difratoograma da amostra total CL4-5.



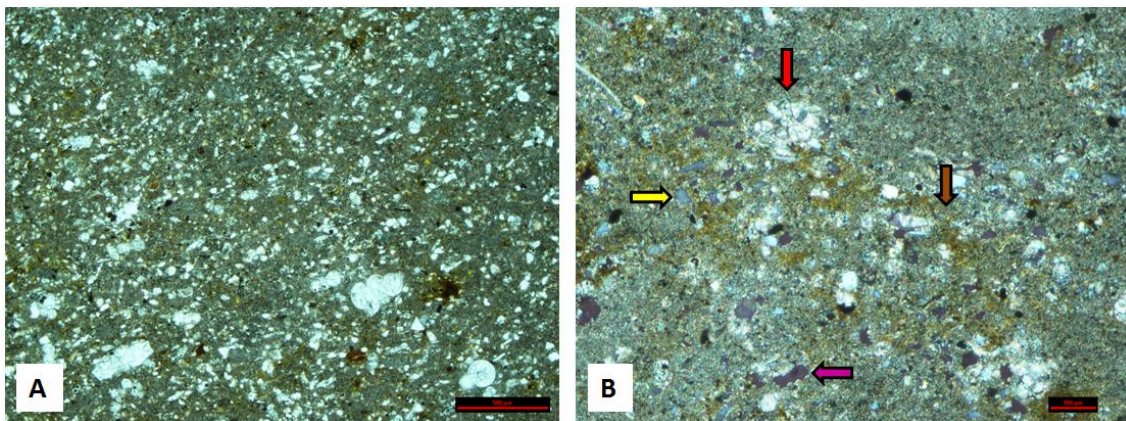
**Figura IV.44.** Difratoograma da amostra total CL4-6.



#### IV.4.3. Análise petrográfica

Neste afloramento foram analisadas petrograficamente as amostras CL4-1, CL4-4 e CL4-6 (**fig.IV.37**), revelando as seguintes características:

**CL4-1. Biomicrito/Wackestone:** A componente ortoquímica é constituída por uma matriz micrítica e por uma componente aloquímica que é praticamente restrita a bioclastos de foraminíferos planctónicos (**fig.IV.45A**). Define-se uma fração siliclástica que atinge cerca de 7%, sendo constituída maioritariamente por quartzo, moscovite e feldspato, ocorrendo ainda óxidos de ferro (**fig.IV.45B**). Notam-se recristalizações calcíticas no interior dos bioclastos, e alguma porosidade vacuolar (**fig.IV.45B**).

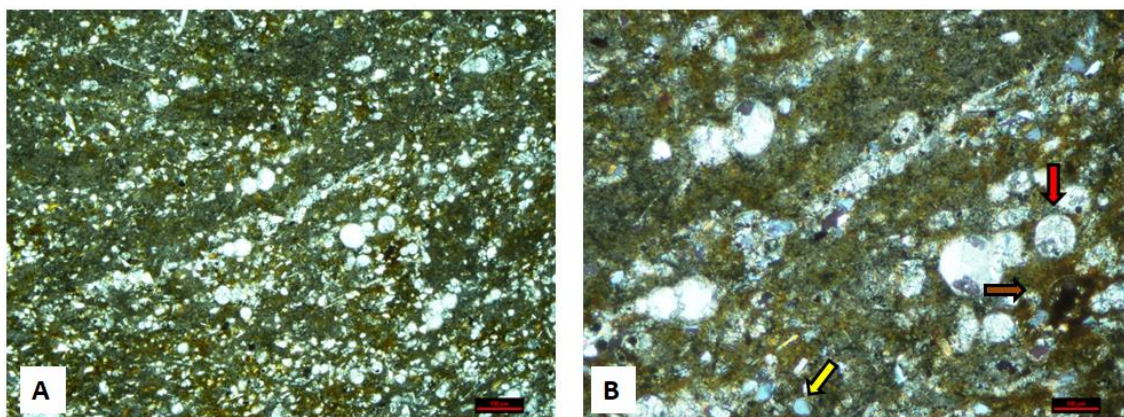


**Figura IV.45.** Fotomicrografia da amostra CL4-1: A. Aspeto geral da lâmina (Biomicrito/Wackestone) com matriz micrítica, alguns foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor de foraminífero planctónico com recristalizações calcíticas (seta vermelha), quartzo siltoso (seta amarela) óxidos de ferro (seta castanha) e porosidade vacuolar (seta violeta) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).

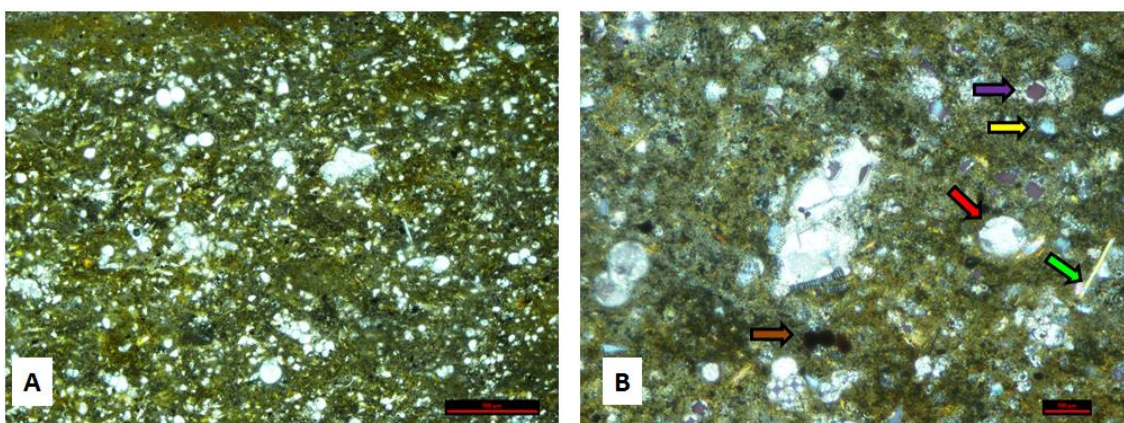
**CL4-4. Biomicrito/Wackestone:** a componente ortoquímica é constituída por uma matriz micrítica algo argilosa, levemente laminada, com a componente aloquímica quase exclusivamente composta por fósseis de foraminíferos planctónicos (**fig.IV.46A**). Observa-se uma fração siliclástica que atinge cerca de 7%, sendo constituída maioritariamente por quartzo e, com menor expressão, moscovite e feldspato. Ocorrência esporádica de óxidos de ferro (**fig.IV.46B**). Nota-se a presença recristalizações calcíticas no interior dos bioclastos e alguma porosidade intrapartícula (**fig.IV.46B**).

**CL4-6. Biomicrito/Wackestone:** a componente ortoquímica é constituída por matriz micrítica algo argilosa; a fração aloquímica é dominada por fósseis de foraminíferos planctónicos (**fig.IV.47A**). Define-se uma fração siliclástica que atinge cerca de 9%, sendo constituída maioritariamente por quartzo, moscovite e feldspato,

ocorrendo ainda óxidos de ferro (**fig.IV.47B**). Nota-se a presença de recristalizações calcíticas no interior dos fósseis, e alguma porosidade intrapartícula (**fig.IV.47B**).



**Figura IV.46.** Fotomicrografia da amostra CL4-4: A. Aspeto geral da lâmina (Biomicrito/*Wackestone*) com matriz micrítica, foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro notando-se, igualmente, leve laminação (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor de foraminífero planctónico com recristalizações calcíticas (seta vermelha), quartzoso siltoso (seta amarela) e óxidos de ferro (seta castanha) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).



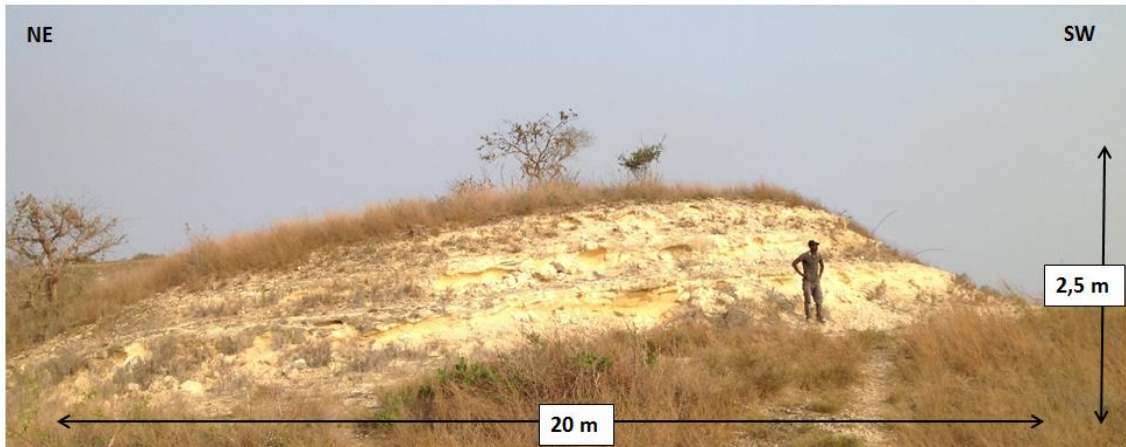
**Figura IV.47.** Fotomicrografia da amostra CL4-6: A. Aspeto geral da lâmina (Biomicrito/*Wackestone*) com matriz micrítica e alguns foraminíferos planctónicos (luz natural; escala = 0,5 mm); B. Pormenor de foraminífero planctónico de câmara solta com recristalizações calcíticas no interior (seta vermelha), quartzoso siltoso (seta amarela), moscovite (seta verde clara), óxidos de ferro (seta castanha), porosidade intrapartícula (seta roxa) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).

## IV.5. Afloramento CL5

### IV.5.1. Descrição do afloramento e caracterização macroscópica

Esta pequena sucessão estratigráfica amostrada de aproximadamente 3 m de espessura, mostra da base ao topo alternâncias de calcários margosos compactos (mais e menos carbonatados) de coloração amarelo-acastanhada (**fig.IV.48**).

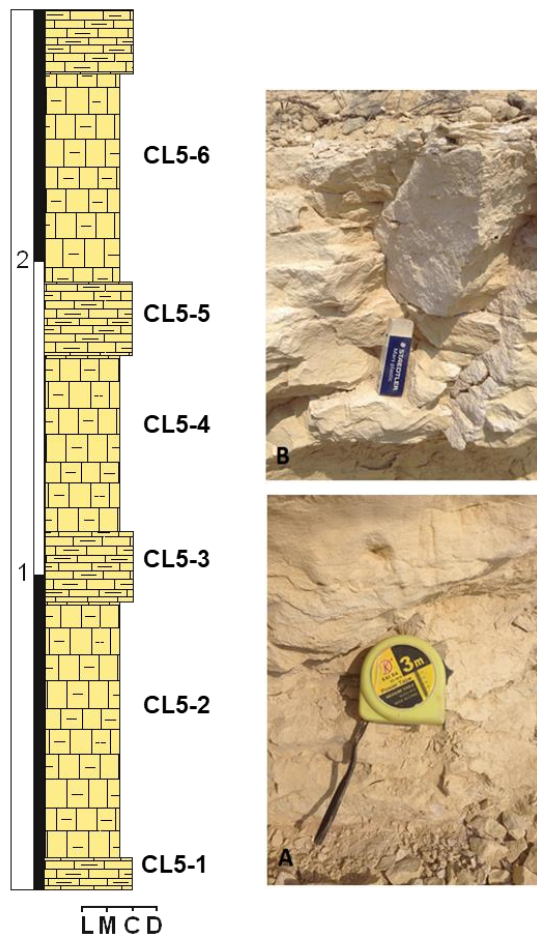
Localmente algumas camadas encontram-se intensamente fraturadas (**figs.IV.49A e 49B**). As camadas mais salientes apresentam uma espessura média à volta de 21 cm e as menos salientes apresentam espessuras de 55 cm a 85 cm.



**Figura IV.48.** Vista geral do afloramento CL5, com alternâncias de calcário margoso.

**Perfil CL5**

Esc. Lit. Amostras  
(m)



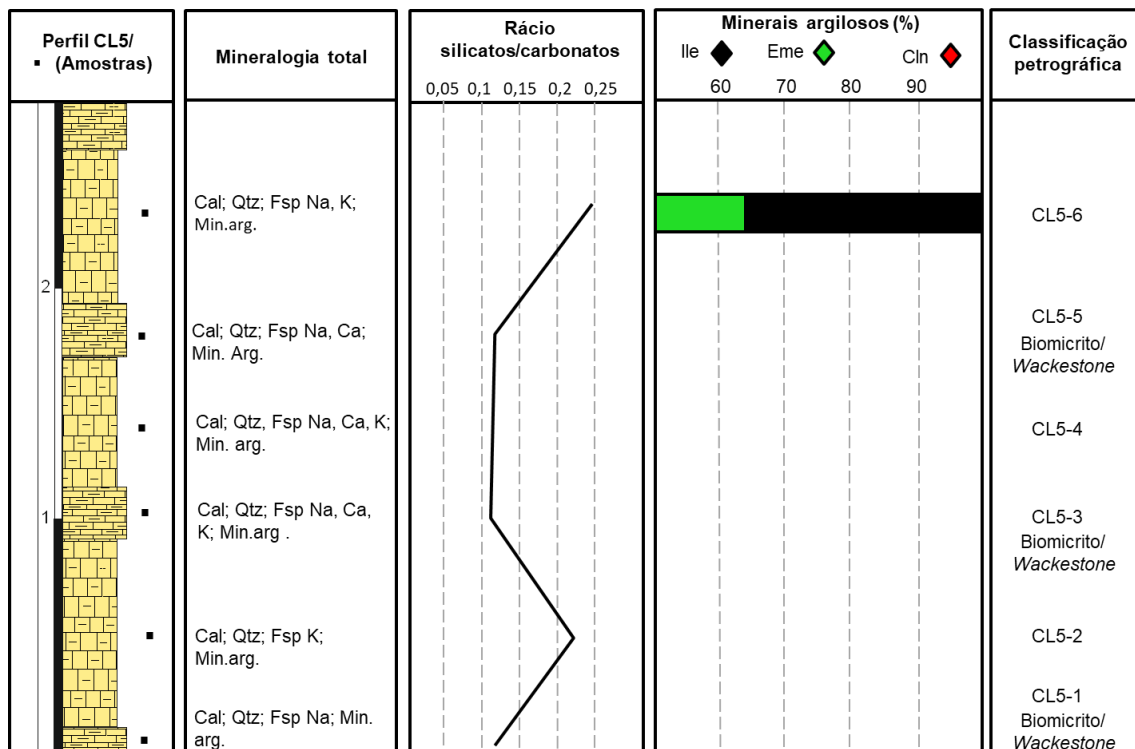
**Figura IV. 49.** Perfil estratigráfico do afloramento CL5: A. Calcário margoso compacto (CL5-3); B. Calcário margoso fraturado (CL5-6).

### IV.5.2. Análise mineralógica

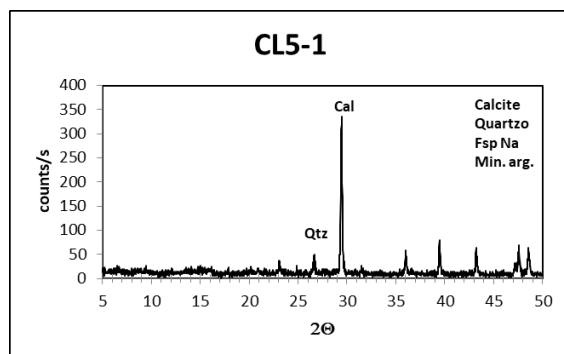
Neste perfil foram analisadas 6 amostras do ponto de vista mineralógico (CL5-1 a CL5-6) (**fig.IV.50**). A análise dos minerais argilosos foi apenas efetuada na amostra CL5-6. A associação mineralógica de cada amostra é a seguinte:

**CL5-1. Calcário margoso:** A amostra é constituída pela calcite, quartzo e minerais argilosos. Feldspato sódico ocorre de modo vestigial (**fig.IV.51**).

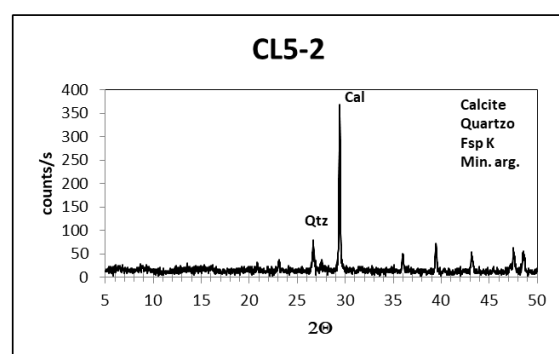
**CL5-2. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, feldspato sódico e minerais argilosos (**fig.IV.52**).



**Figura IV.50.** Resultados da difração de RX, evolução do rácio silicatos/carbonatos, distribuição vertical dos minerais argilosos e classificação das rochas carbonatadas analisadas na sucessão estratigráfica do afloramento CL5.



**Figura IV.51.** Difratograma da amostra total CL5-1.



**Figura IV.52.** Difratograma da amostra total CL5-2.

**CL5-3. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, feldspato sódico, cálcico e potássico, e minerais de argilosos (**fig.IV.53**).

**CL5-4. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, feldspato sódico, cálcico e potássico, e minerais argilosos (**fig.IV.54**).

**CL5-5. Calcário margoso:** A amostra é constituída pela calcite, quartzo, feldspato sódico e cálcico, e minerais de argila (**fig.IV.55**).

**CL5-6. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, feldspato sódico, cálcico e potássico, e minerais argilosos. O grupo de minerais argilosos é constituído pela ilite (inclui interestratificados ilite-esmectite) e esmectite (**fig.IV.56**).

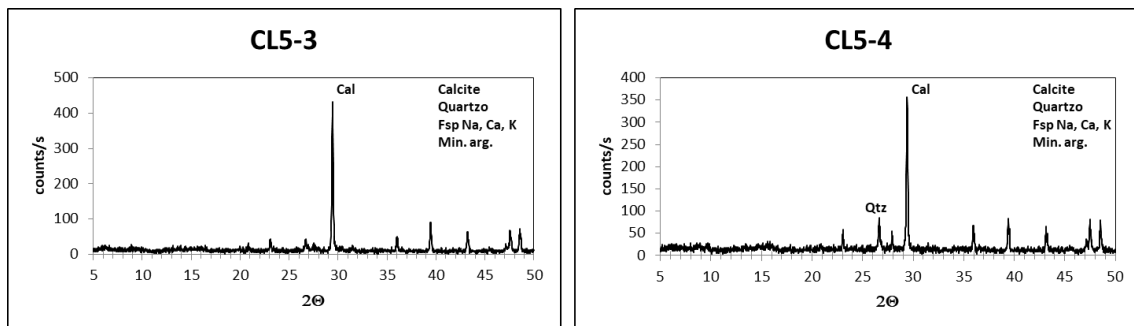


Figura IV.53. Difratoograma da amostra total CL5-3.

Figura IV.54. Difratoograma da amostra total CL5-4.

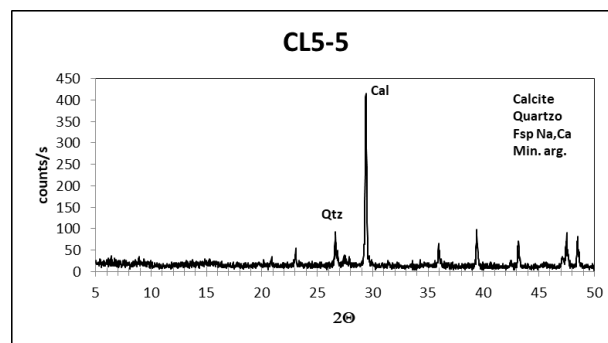


Figura IV.55. Difratoograma da amostra total CL5-5.

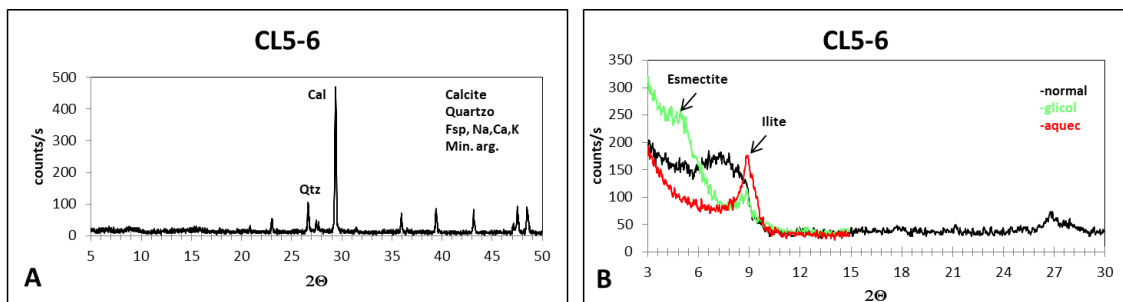
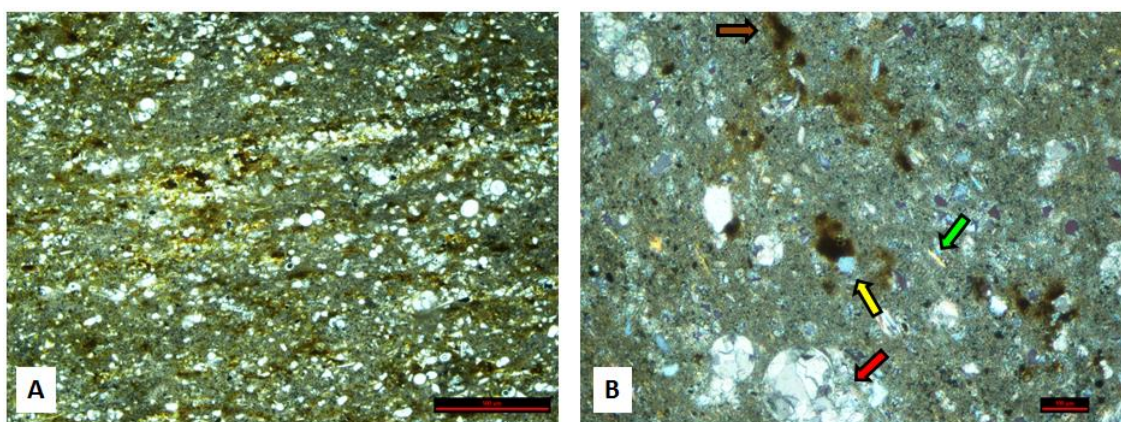


Figura IV.56. Amostra CL5-6: **A.** Difratoograma da amostra total; **B.** Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos.

### IV.5.3. Análise petrográfica

Neste afloramento foram analisadas petrograficamente as amostras CL5-1, CL5-3 e CL5-5 (**fig.IV.50**), revelando as seguintes características:

**CL5-1. Biomicrito/Wackestone:** a componente ortoquímica é constituída por uma matriz micrítica, enquanto a componente aloquímica é dominada por bioclastos de foraminíferos planctónicos (**fig.IV.57A**). Define-se uma fração siliciclástica que atinge cerca de 8%, sendo constituída maioritariamente por quartzo, moscovite e feldspato. Localmente evidenciam-se pontuações ferruginosas muito frequentes (**fig.IV.57B**). Nota-se a presença de recristalizações calcíticas no interior dos bioclastos (**fig.IV.57B**).

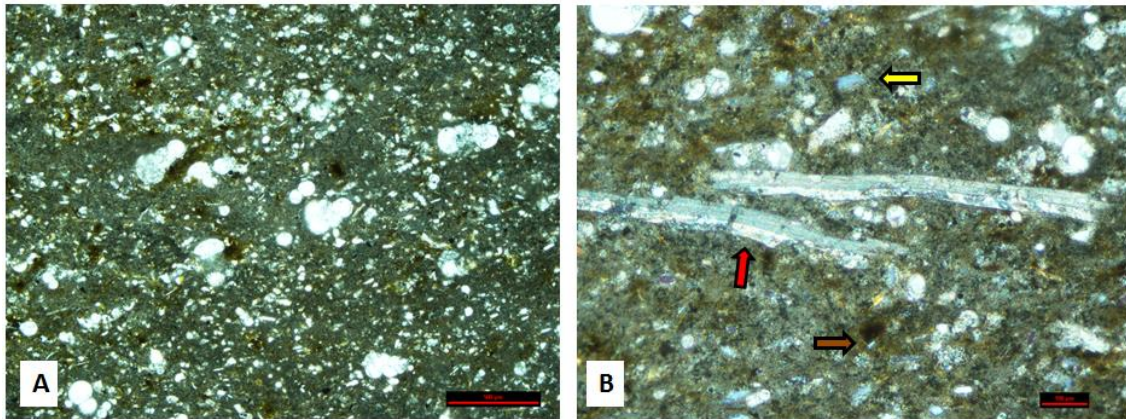


**Figura IV.57.** Fotomicrografia da amostra CL5-1: **A.** Aspeto geral da lâmina (Biomicrito/Wackestone) com matriz micrítica, alguns foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); **B.** Pormenor de foraminífero planctónico com recristalizações calcíticas (seta vermelha), quartzo siltoso (seta amarela), moscovite (seta verde clara) e pontuações frequentes de óxidos de ferro (seta castanha) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).

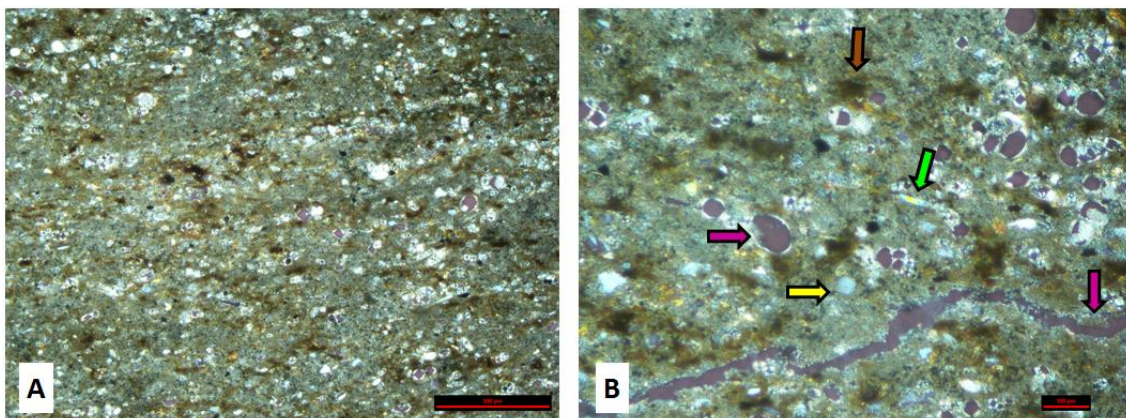
**CL5-3. Biomicrito/Wackestone:** a componente ortoquímica é constituída por matriz micrítica (**fig.IV.58A**). A componente aloquímica é dominada por bioclastos de foraminíferos planctónicos, detetando-se ainda fragmentos de bivalves (**fig.IV.58B**). Define-se uma fração siliciclástica com cerca de 8%, sendo constituída maioritariamente por quartzo e, com menor expressão, moscovite e feldspato, bem como a ocorrência de óxidos de ferro (**fig.IV.58B**). Nota-se a presença de recristalizações calcíticas no interior dos bioclastos (**fig.IV.58B**).

**CL5-5. Biomicrito/Wackestone:** a componente ortoquímica é constituída por uma matriz micrítica, com a componente aloquímica dominada por bioclastos de foraminíferos planctónicos (**fig.IV.59A**). Define-se uma fração siliciclástica que atinge cerca de 8%, constituída por quartzo, moscovite e feldspato, observando-se ainda uma

intensa ferruginização (**fig.IV.59B**). Nota-se porosidade intrapartícula, e alguma porosidade de canal (**fig.IV.59B**).



**Figura IV.58.** Fotomicrografia da amostra CL5-3: **A.** Aspeto geral da lâmina (Biomicrito/*Wackestone*) com matriz micrítica, alguns foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); **B.** Pormenor da fração bioclástica onde se evidenciam foraminíferos planctónicos e bivalves (seta vermelha), quartzo siltoso (seta amarela) e óxidos de ferro (seta castanha) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).



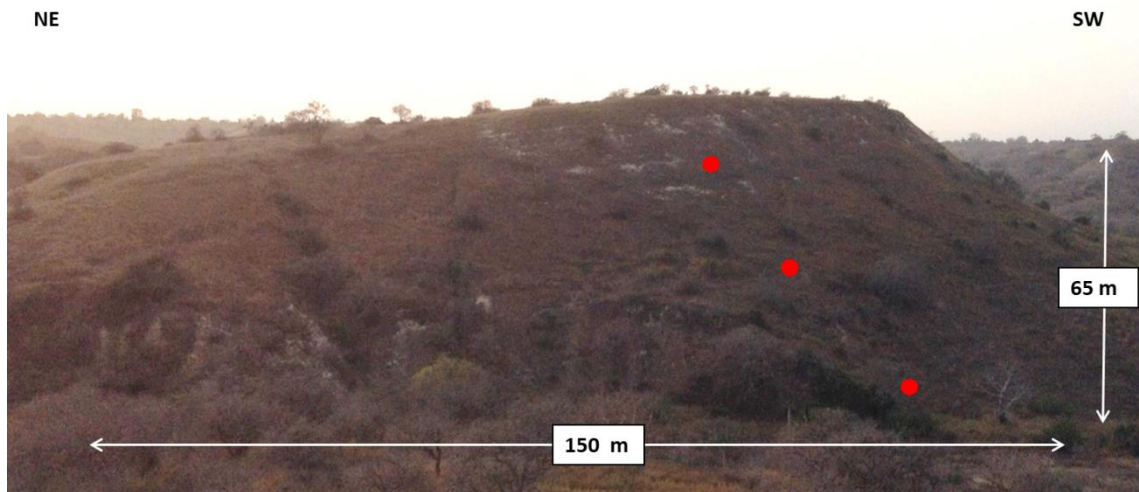
**Figura IV.59.** Fotomicrografia da amostra CL5-5: **A.** Aspeto geral da lâmina (Biomicrito/*Wackestone*) com matriz micrítica, foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz polarizada; escala = 0,5 mm); **B.** Pormenor de quartzo (seta amarela), moscovite (seta verde clara), pontuações de óxidos de ferro (seta castanha), porosidade intrapartícula e de canal (seta roxa) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).

## IV.6. Afloramento CL6

### IV.6.1. Descrição do afloramento e caracterização macroscópica

O afloramento representado na **fig.IV.60** mostra uma espessura de cerca de 65 m de espessura, constituindo o perfil da Formação Teba mais espesso de todos os estudados no presente trabalho. No entanto, tal como é visível na referida figura, grande parte do perfil está coberto por vegetação, o que condicionou toda a amostragem. De acordo com os pontos de amostragem a vermelho patentes na

**fig.IV.60**, esta foi realizada na base da colina (representada por um vale aos 55 m; **fig.IV.61A**), aos 75 m e 90 m de altitude. A sucessão sedimentar é constituída por alternâncias de calcários margosos compactos (**fig.IV.61B**), sobressaindo no afloramento os níveis mais carbonatados. Algumas camadas encontram-se localmente fraturadas (**fig.IV.61C**). Para o topo da sucessão nota-se um aumento significativo de espessura das camadas salientes (50 a 90 cm) e menos salientes (60 a 170 cm).



**Figura IV.60.** Vista geral do afloramento CL6, com os intervalos estratigráficos amostrados representados pelos pontos vermelhos (ver perfil na fig.IV.61).

#### IV.6.2. Análise mineralógica

Neste perfil foram analisadas 10 amostras do ponto de vista mineralógico (CL6-1 a CL6-10). A análise dos minerais argilosos foi efetuada nas amostras CL6-2, CL6-4 e CL6-8 (**fig.IV.62**). A associação mineralógica de cada amostra é a seguinte:

**CL6-1. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, feldspato sódico, cálcico e potássico, e minerais argilosos (**fig.IV.63**).

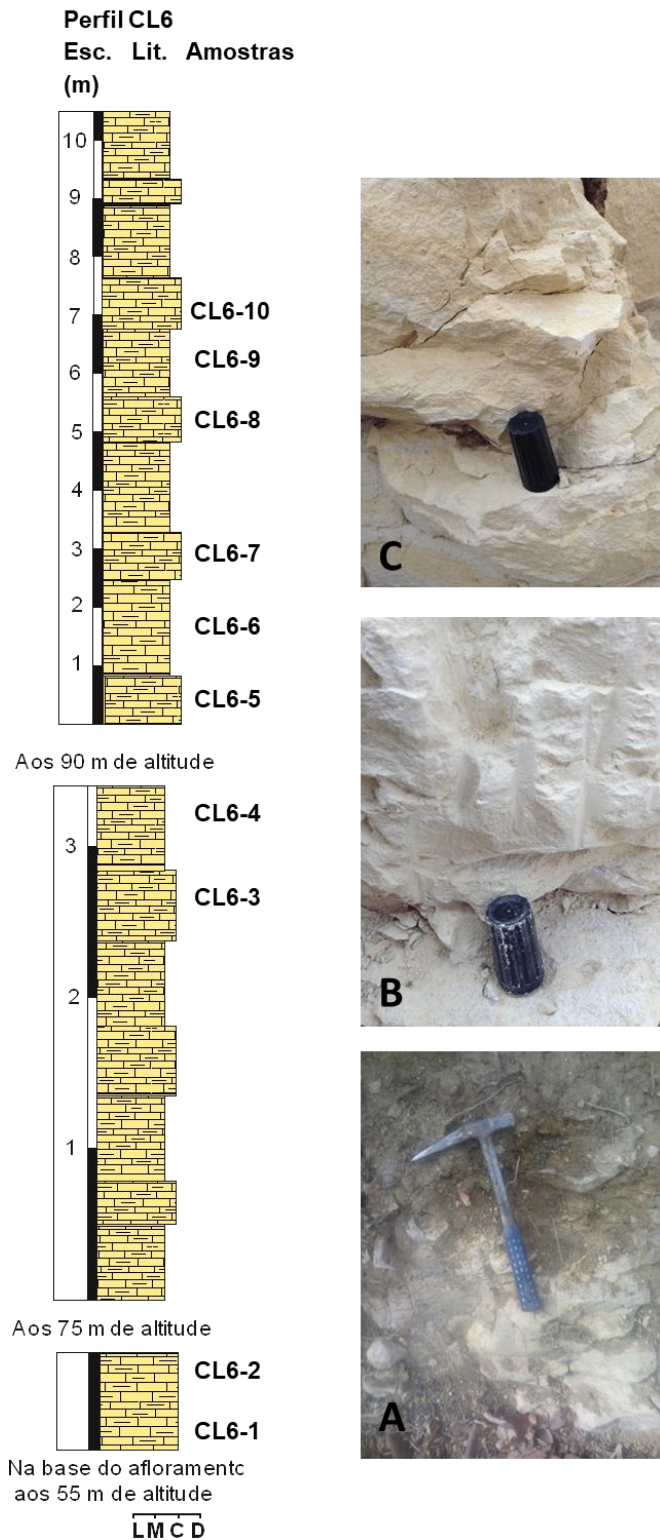
**CL6-2: Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo e minerais argilosos. Feldspato sódico e cálcico ocorrem de modo vestigial. O grupo de minerais argilosos é constituído pela ilite (inclui interestratificados ilite-esmectite) e esmectite (**fig.IV.64**).

**CL6-3: Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, feldspato sódico, cálcico e potássico e minerais argilosos (**fig.IV.65**).

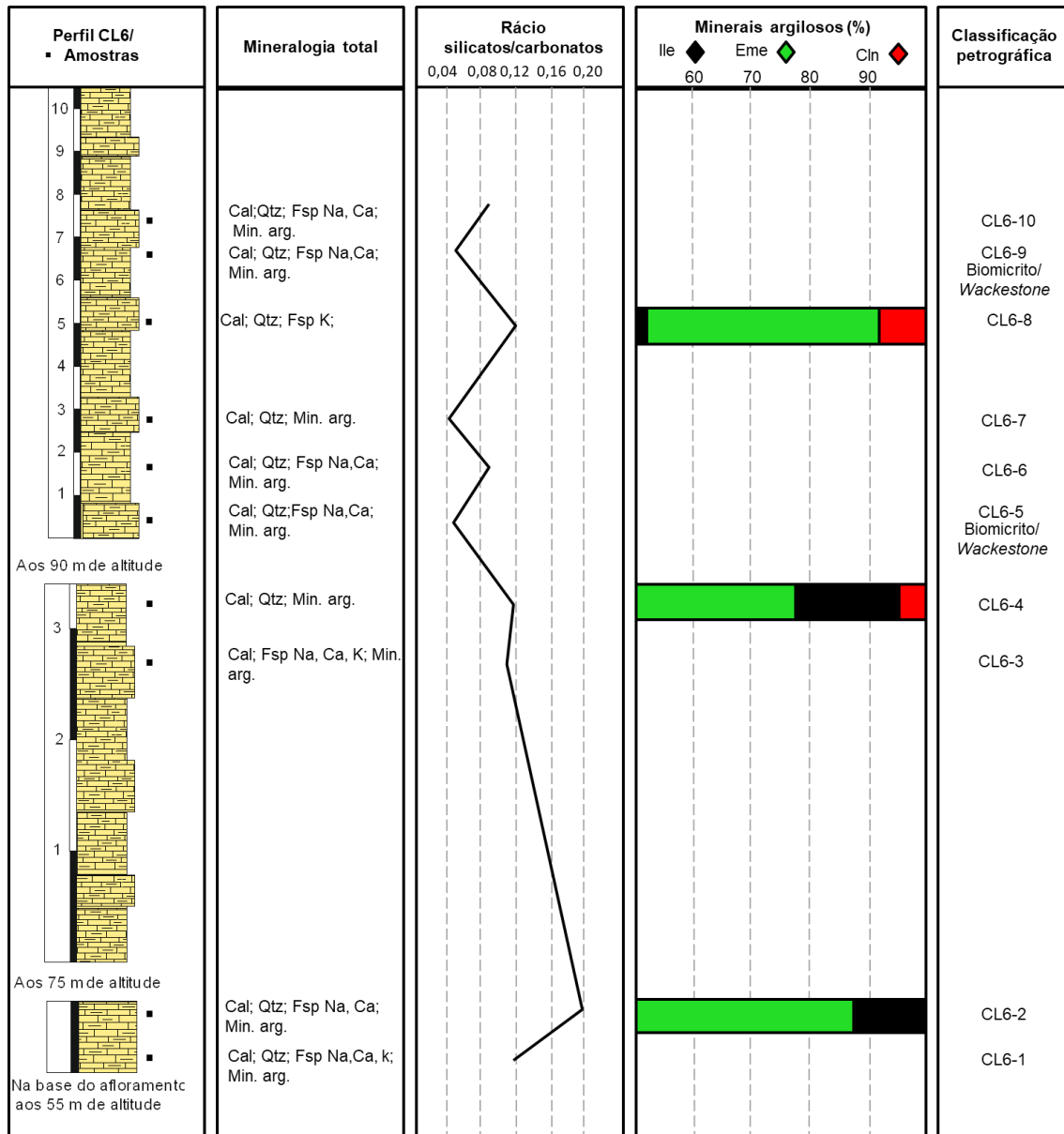
**CL6-4. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, feldspato sódico, cálcico e potássico e minerais argilosos. O grupo de minerais



argilosos é constituído pela ilite (inclui interestratificados ilite-esmesctite) e esmectite (fig.IV.66).



**Figura IV.61.** Perfil litoestratigráfico do afloramento CL6, no local das amostragens: **A.** Camada de calcário margoso coberta por sedimentos recentes (CL6-1 e CL6-2); **B.** Calcário margoso compacto (CL6-5); **C.** Calcário margoso amarelo-acastanhado que caracteriza a parte superior da sucessão estratigráfica (CL6-6).



**Figura IV.62.** Resultados da difração de RX, evolução do rácio silicatos/carbonatos, distribuição vertical dos minerais argilosos e classificação das rochas carbonatadas analisadas na sucessão estratigráfica do afloramento CL6.

**CL6-5. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite e minerais argilosos. Quartzo, feldspato sódico e cálcico ocorrem de modo vestigial (**fig.IV.67**).

**CL6-6. Calcário margoso:** A amostra é dominada pela calcite, quartzo, feldspatos sódico e cálcico, e minerais argilosos (**fig.IV.68**).

**CL6-7. Calcário margoso:** A amostra constituída por calcite e minerais argilosos. Quartzo ocorre de modo vestigial (**fig.IV.69**).

**CL6-8. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, minerais de argiloso. Feldspato potássico ocorre em modo vestigial. O grupo de

minerais argilosos repartem-se pela ilite (inclui interestratificados ilite-esmectite), esmectite e caulinite (**fig.IV.70**).

**CL6-9. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite e minerais argilosos. Quartzo, feldspato sódico e potássico ocorrem de modo vestigial (**fig.IV.71**).

**CL6-10. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite e minerais argilosos. Quartzo, feldspato sódico e potássico ocorrem de modo vestigial (**fig.IV.72**).

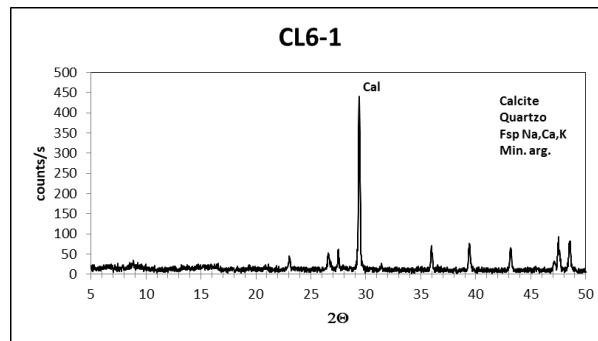


Figura IV.63. Difratoograma da amostra total CL6-1.

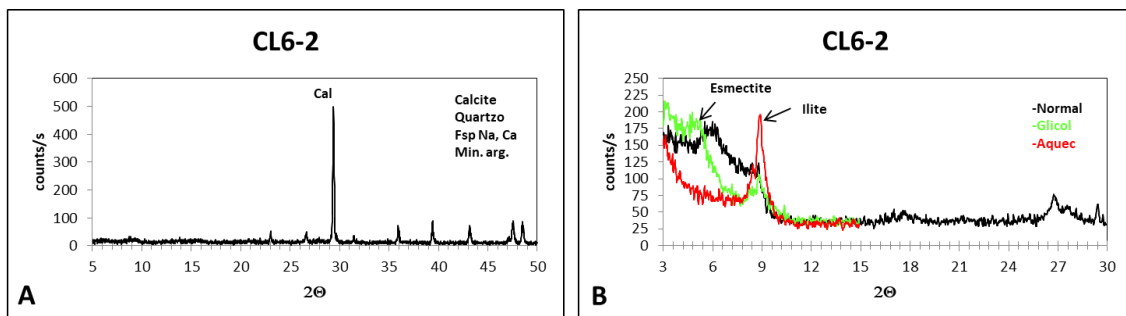


Figura IV.64. Amostra CL6-2: **A.** Difratoograma da amostra total; **B.** Difratoograma relativo à associação de minerais de argilosos.

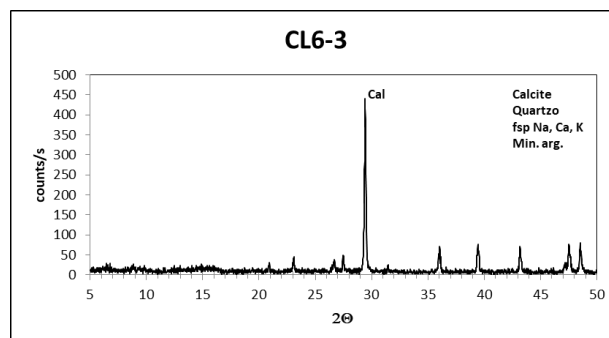


Figura IV.65. Difratoograma da amostra total CL6-3.

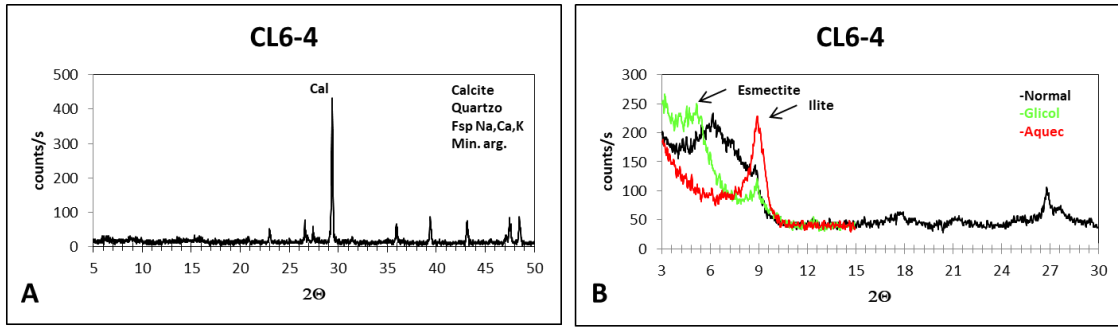


Figura IV.66. Amostra CL6-4: **A.** Difratoograma da amostra total; **B.** Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos.

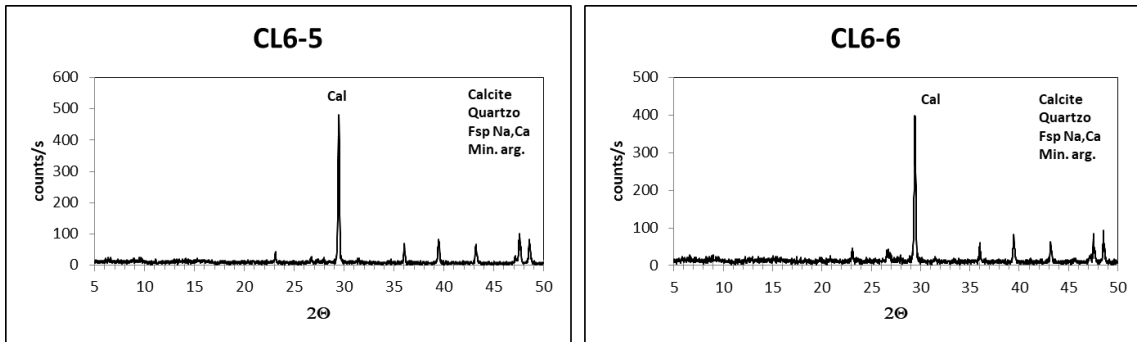


Figura IV.67. Difratoograma da amostra total CL6-5. Figura IV.68. Difratoograma da amostra total CL6-6.

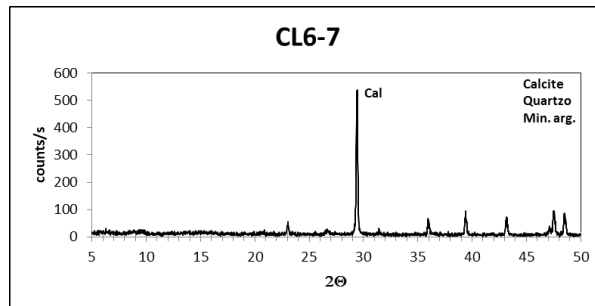


Figura IV.69. Difratoograma da amostra total CL6-7.

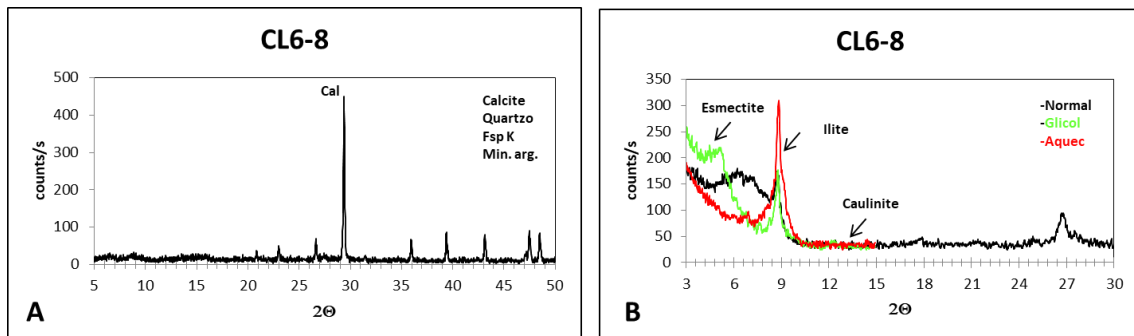


Figura IV.70. Amostra CL6-8: **A.** Difratoograma da amostra total; **B.** Difratoograma relativo à associação de minerais argilosos.

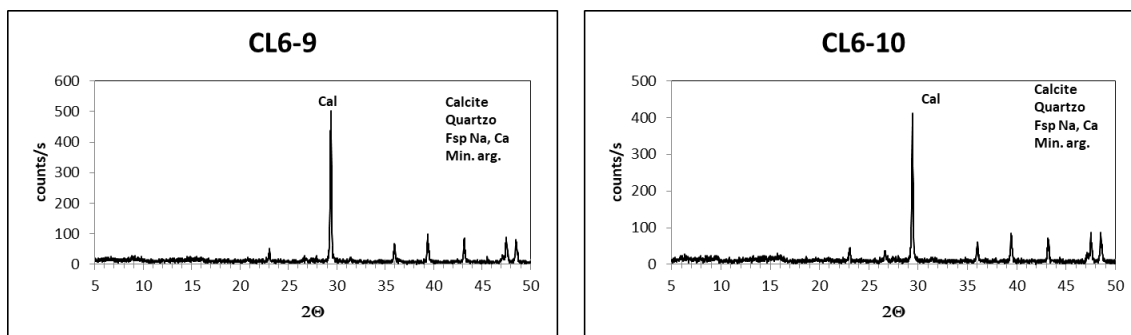


Figura IV.71. Difratoograma da amostra total CL6-9. Figura IV.72. Difratoograma da amostra total CL6-10.

### IV.6.3. Análise petrográfica

Neste afloramento foram apenas analisadas petrograficamente as amostras CL6-5 e CL6-9 (fig.IV.62), revelando as seguintes características:

**CL6-5. Biomicrito/Wackestone:** A componente ortoquímica é constituída por uma matriz micrítica, a que se associa uma componente aloquímica dominada por bioclastos de foraminíferos planctónicos que se encontram particularmente dispersos (fig.IV.73A). Observa-se uma fração siliclástica que atinge cerca de 7%, sendo constituída maioritariamente por quartzo, moscovite e feldspato, ocorrendo ainda óxidos de ferro (fig.IV.73B). Nota-se a presença de recristalizações calcíticas no interior das carapaças dos foraminíferos (fig.IV.73B).

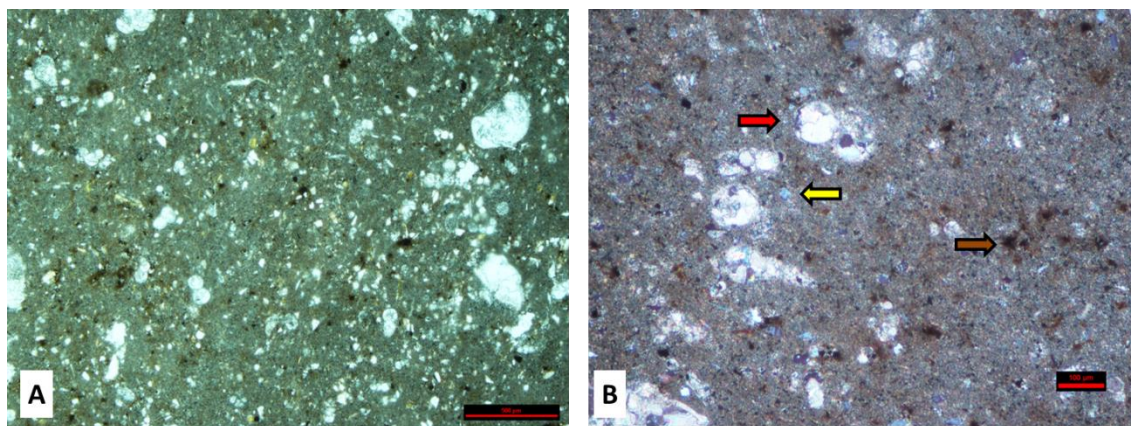
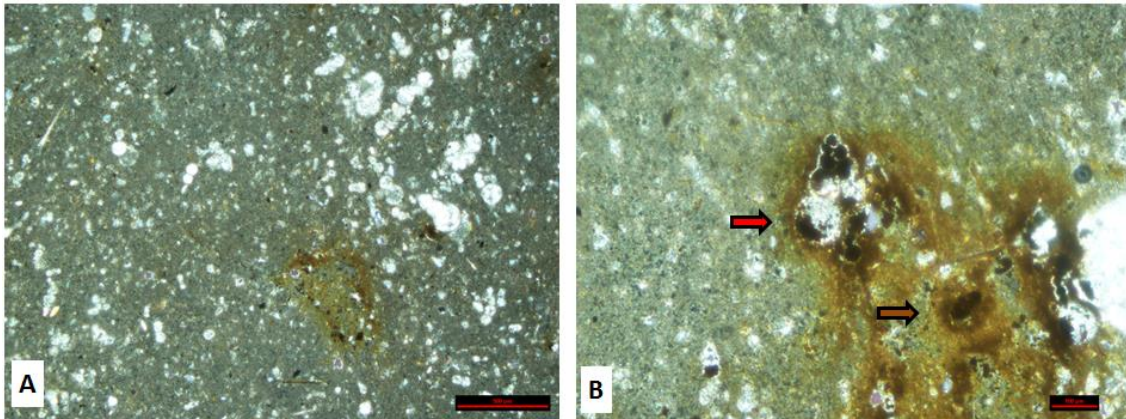


Figura IV.73. Fotomicrografia da amostra CL6-5: **A.** Aspeto geral da lâmina (Biomicrito/Wackestone) com matriz micrítica, alguns foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm), **B.** Pormenor de foraminífero planctónico com recristalizações calcíticas (seta vermelha), quartzo siltoso (seta amarela), óxidos de ferro (seta castanha) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).

**CL6-9. Biomicrito/Wackestone:** A componente ortoquímica é constituída por uma matriz micrítica, a componente aloquímica é dominada por fósseis de foraminíferos planctónicos (fig.IV.74A). Define-se uma fração siliclástica que atinge cerca de 6%, constituída por quartzo, moscovite e feldspato. Localmente notam-se

porções da lâmina particularmente ferruginosas (**fig.IV.74B**). O interior dos bioclastos encontra-se frequentemente recristalizado e localmente ferruginizado. (**fig.IV.74B**).



**Figura IV.74.** Fotomicrografia da amostra CL6-9: **A.** Aspeto geral da lâmina (Biomicro/ *Wackestone*) com matriz micrítica, alguns foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); **B.** Pormenor de foraminífero planctónico ferruginizado (seta vermelha) e grande concentração de óxidos de ferro (seta castanha) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).

## IV.7. Afloramento CL7

### IV.7.1. Descrição do afloramento e caracterização macroscópica

Esta pequena sucessão sedimentar amostrada tem aproximadamente 2,5 m de espessura (**fig.IV.75**). Inicia-se com uma camada de calcarenito laminado de cor castanho alaranjado com 50 cm de espessura (**fig.IV.76A**). Imediatamente a seguir observam-se alternâncias de calcários margosos (mais e menos carbonatados). Localmente algumas camadas de calcário margoso apresentam-se laminadas e fraturadas (**fig.IV.76B e 76C**).



**Figura IV.75.** Vista de geral do afloramento CL7, onde se evidencia uma sucessão dominada por calcários margosos.

Perfil CL7

Esc. Lit. Amostras  
(m)

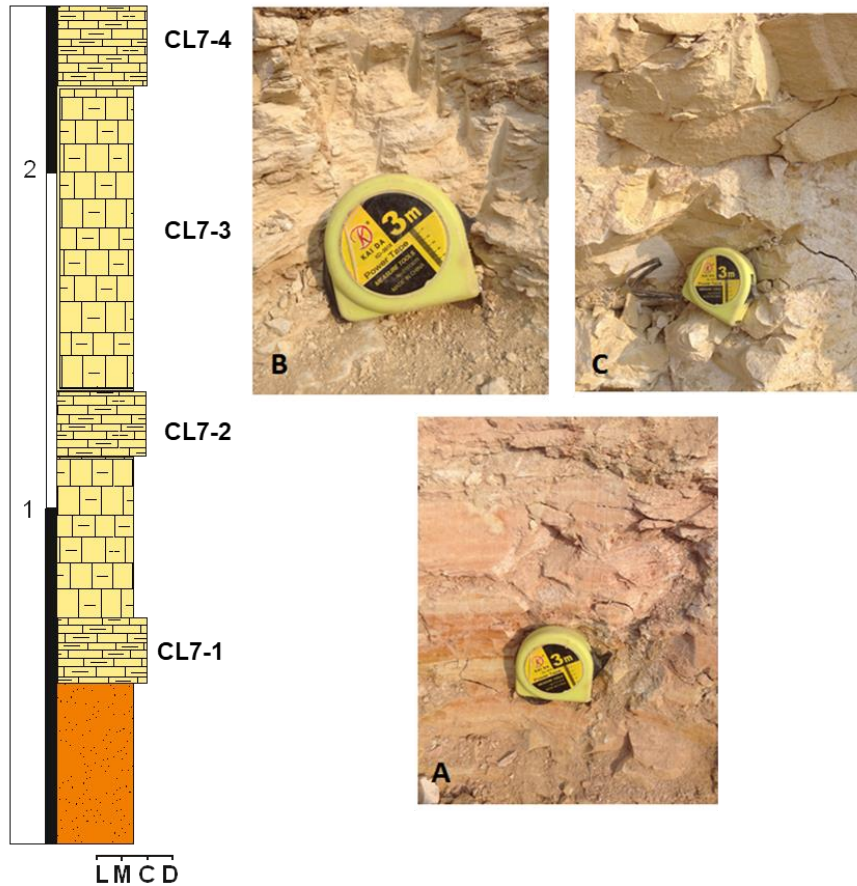


Figura IV.76. Perfil litoestratigráfico do afloramento CL7: A. Calcarenito castanho alaranjado laminado; B. Calcário margoso laminado (CL7-2); C. Calcário margoso fraturado (CL7-4).

#### IV.7.2. Análise mineralógica

Neste perfil foram analisadas 4 amostras do ponto de vista mineralógico CL7-1, CL7-2, CL7-3, CL7-4 (fig.IV.77). A associação mineralógica de cada amostra é a seguinte:

**CL7-1: Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, feldspato sódico, cálcico e potássico, e minerais argilosos (fig.IV.78).

**CL7-2: Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, feldspato sódico e potássico, e minerais argilosos (fig.IV.79).

**CL7-3. Calcário margoso:** A amostra constituída por calcite e minerais argilosos. Quartzo e feldspatos potássico ocorrem de modo vestigial (fig.IV.80).

**CL7-4. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo e minerais argilosos. Feldspato sódico e potássico ocorrem de modo vestigial (fig.IV.81).

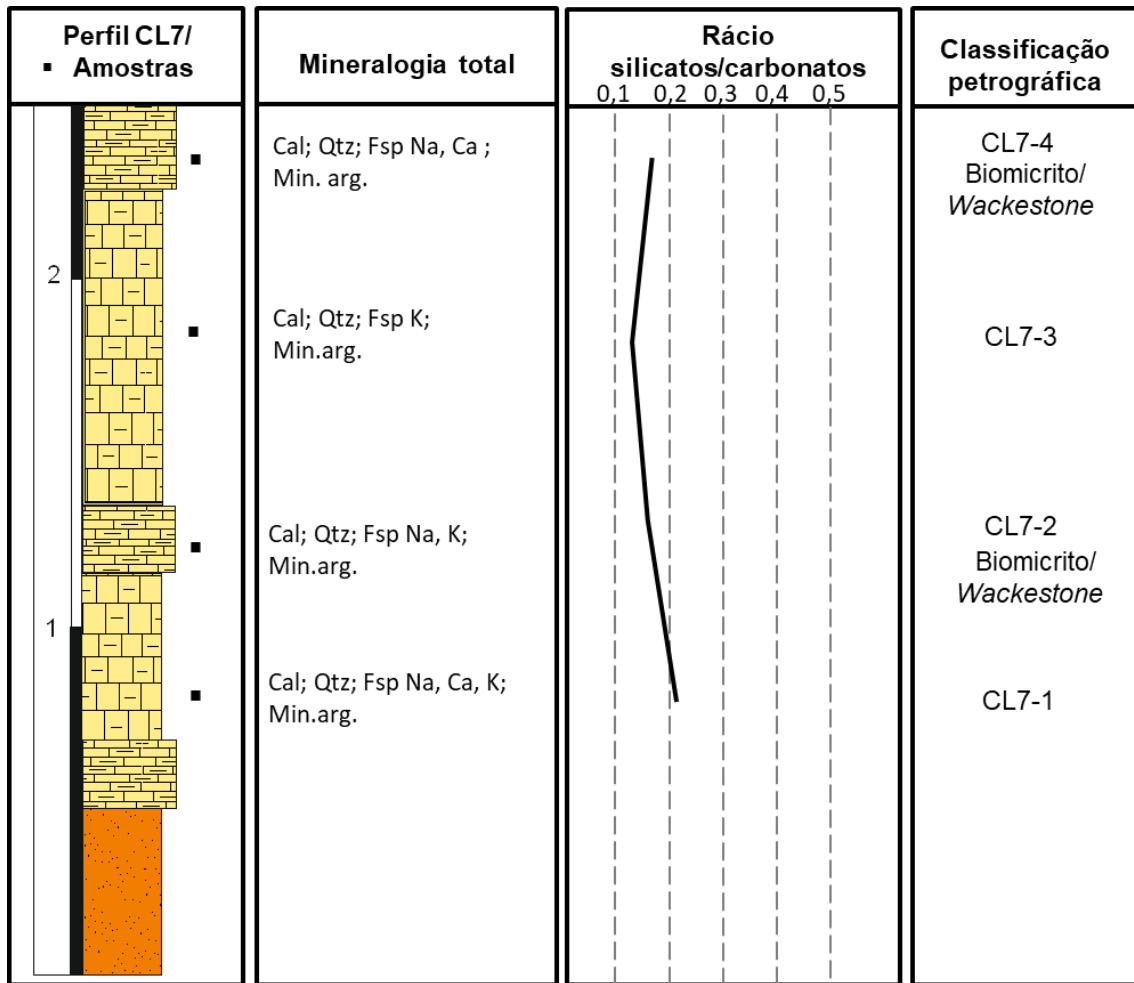


Figura IV.77. Resultados da difração de RX, evolução do rácio silicatos/carbonatos e classificação das rochas carbonatadas analisadas na sucessão estratigráfica do afloramento CL7.

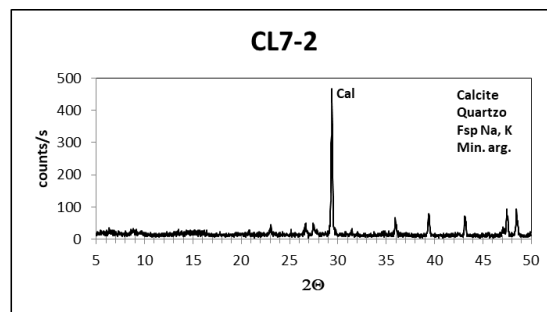
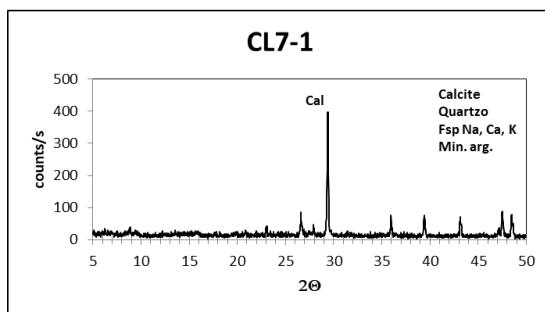


Figura IV.78. Difratograma da amostra total CL7-1

Figura IV.79. Difratograma da amostra total CL7-2.

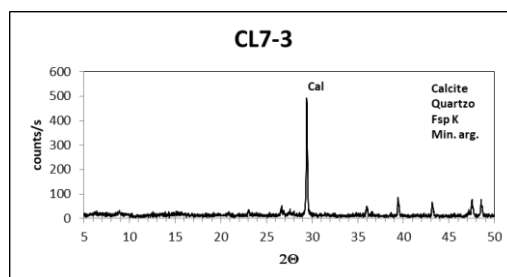


Figura IV.80. Difratograma da amostra total CL7-3.



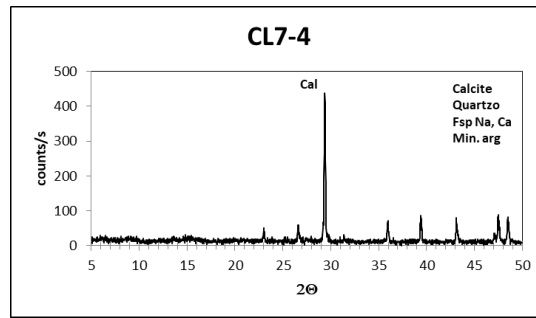


Figura IV.81. Difratoograma da amostra total CL7-4.

### IV.7.3. Análise petrográfica

Neste afloramento foram analisadas petrograficamente as amostras CL7-2 e CL7-4, revelando as seguintes características:

**CL7-2. Biomicrito/Wackestone:** A componente ortoquímica é constituída por uma matriz micrítica ferruginosa, laminada, com a componente aloquímica dominada por bioclastos de foraminíferos planctónicos observando-se, ainda, fragmentos de bivalves (**fig.IV.82A**). Define-se uma fração siliclástica que atinge cerca de 6%, sendo constituída maioritariamente por quartzo e, com menor expressão, moscovite e feldspato-(**fig.IV.82B**). Nota-se a presença de porosidade intrapartícula (**fig.IV.82B**).

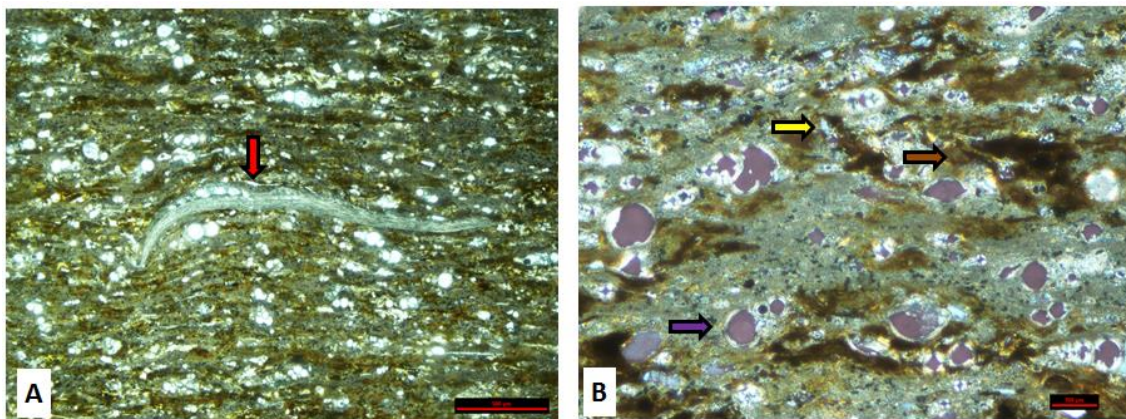
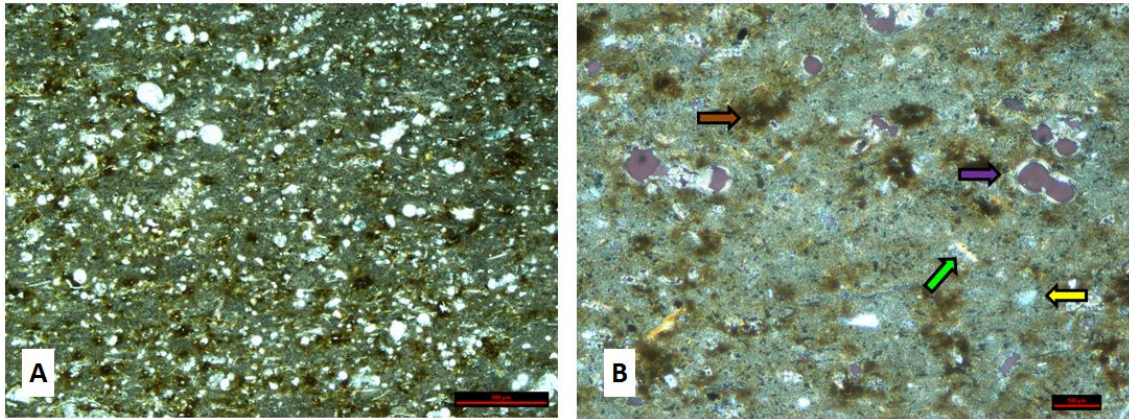


Figura IV.82. Fotomicrografia da amostra CL7-2: **A.** Aspeto geral da lâmina (Biomicrito/Wackestone) evidenciado-se micrite ferruginosa laminada, fragmentos de bivalves (seta vermelha) e foraminíferos planctónicos (luz natural; escala = 0,5 mm); **B.** Pormenor de quartzo siltoso (seta amarela), grande concentração de óxidos de ferro (seta castanha) e porosidade intrapartícula a moldada (seta roxa) (luz natural; escala = 0,1 mm).

**CL7-4. Biomicrito/Wackestone:** A componente ortoquímica é constituída por uma matriz micrítica, enquanto a componente aloquímica é caracterizada exclusivamente por carapaças de foraminíferos planctónicos (**fig.IV.83A**). Define-se uma fração siliclástica que atinge cerca de 6%, sendo constituída maioritariamente por

quartzo, moscovite e feldspato, bem como a presença de óxidos de ferro. Nota-se a presença de porosidade intrapartícula (**fig.IV.83B**).



**Figura IV.83.** Fotomicrografia da amostra CL7-4: **A.** Aspeto geral da lâmina (Biomicrito/*Wackestone*) com matriz micrítica, foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); **B.** Pormenor de quartzo siltoso (seta amarela), moscovite (seta verde), óxidos de ferro (seta castanha) e porosidade intrapartícula (seta roxa) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).

## IV.8. Afloramento CL8

### IV.8.1. Descrição do afloramento e caracterização macroscópica

Esta sucessão estratigráfica, igualmente de pequena espessura (4,2 m), mostra da base ao topo alternâncias de calcários margosos compactos (mais e menos carbonatados) de coloração amarelo-acastanhados (**fig.IV.84**). As camadas, geralmente muito fraturadas (**figs.IV.85 A e 86 B**), mostram uma espessura que varia entre 15 e 30 cm nas litologias mais calcárias (mais salientes), enquanto os calcários mais argilosos variam de 50 a 130 cm.

### IV.8.2. Análise mineralógica

Neste perfil foram analisadas duas amostras do ponto de vista mineralógico CL8-1 e CL8-2 (**fig.IV.86**). A associação mineralógica de cada amostra é a seguinte:

**CL8-1. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, minerais argilosos. Feldspato sódico e potássico ocorrem de modo vestigial (**fig.IV.87**).

**CL8-2. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo e minerais argilosos. Dolomite e feldspato potássico ocorrem de modo vestigial (**fig.IV.88**).



Figura IV.84. Vista de geral do afloramento CL8, com intercalações de calcários margosos.

Perfil CL8  
Esc. Lit. Amostras  
(m)

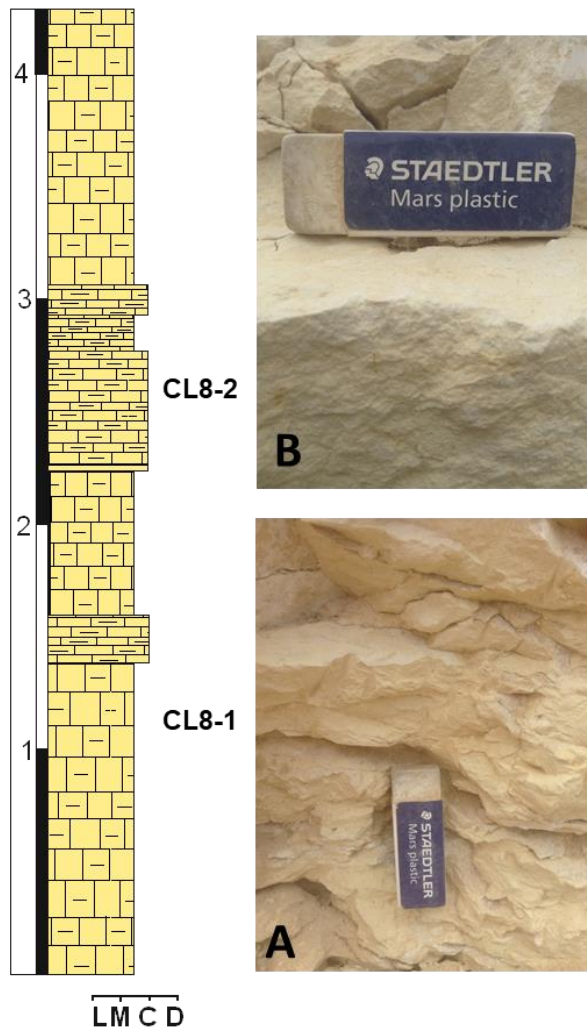


Figura IV.85. Perfil litoestratigráfico do afloramento CL8: **A**. Aspecto de calcário particularmente mais margoso e fraturado (CL8-1); **B**. Aspecto de calcário menos margoso e de cor relativamente mais clara do que o litotipo anterior (CL8-2).

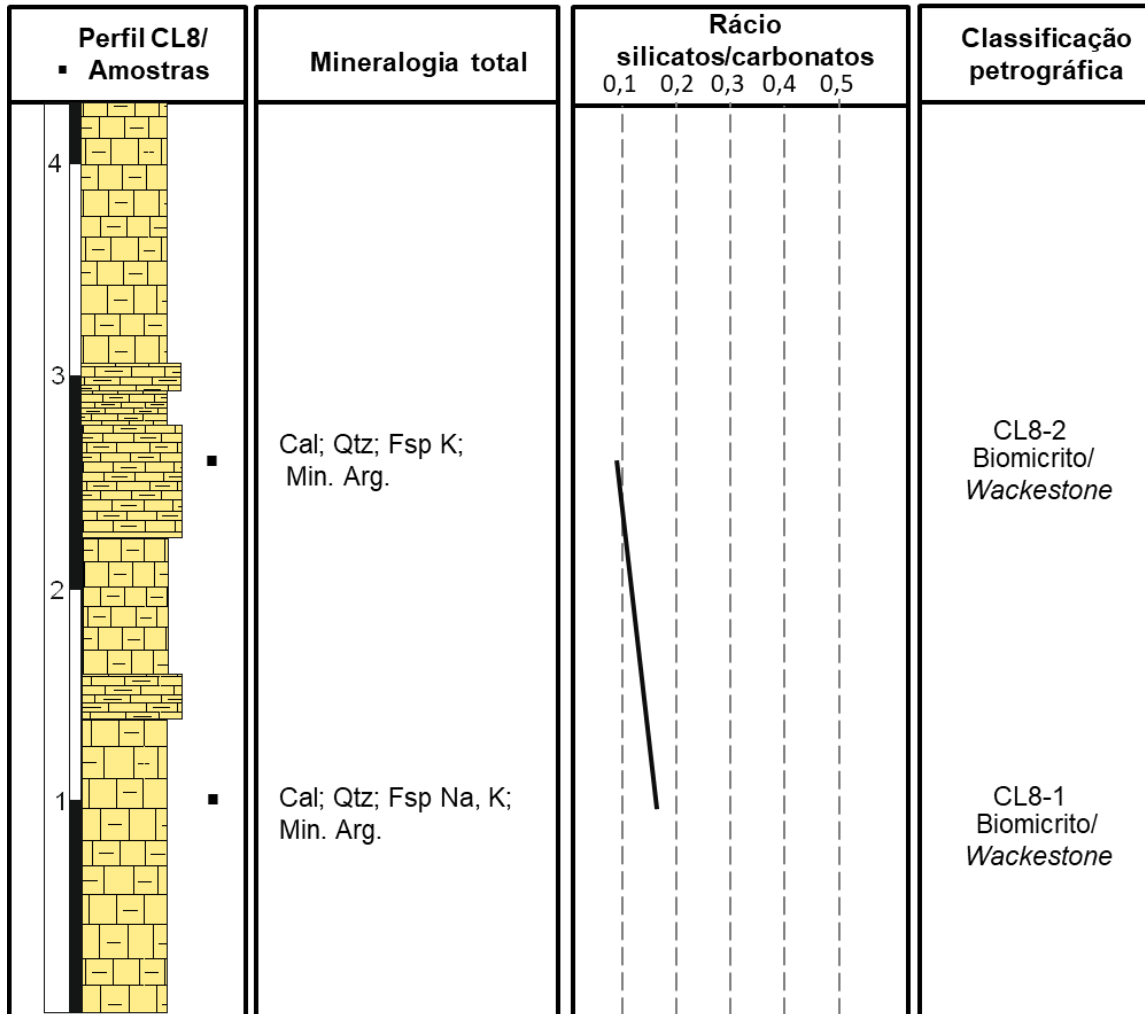


Figura IV.86. Resultados da difração de RX, evolução do rácio silicatos/carbonatos e classificação das rochas carbonatadas analisadas na sucessão estratigráfica do afloramento CL8.

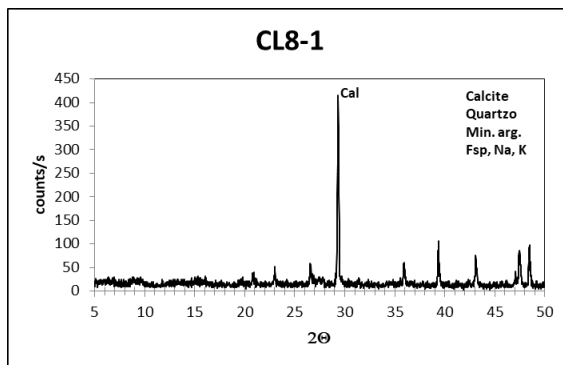


Figura IV.87. Difratograma da amostra total CL8-1.

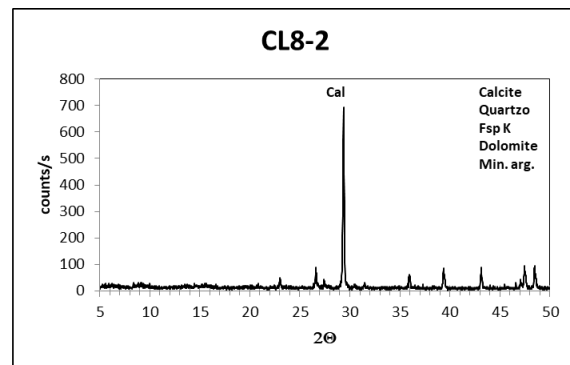
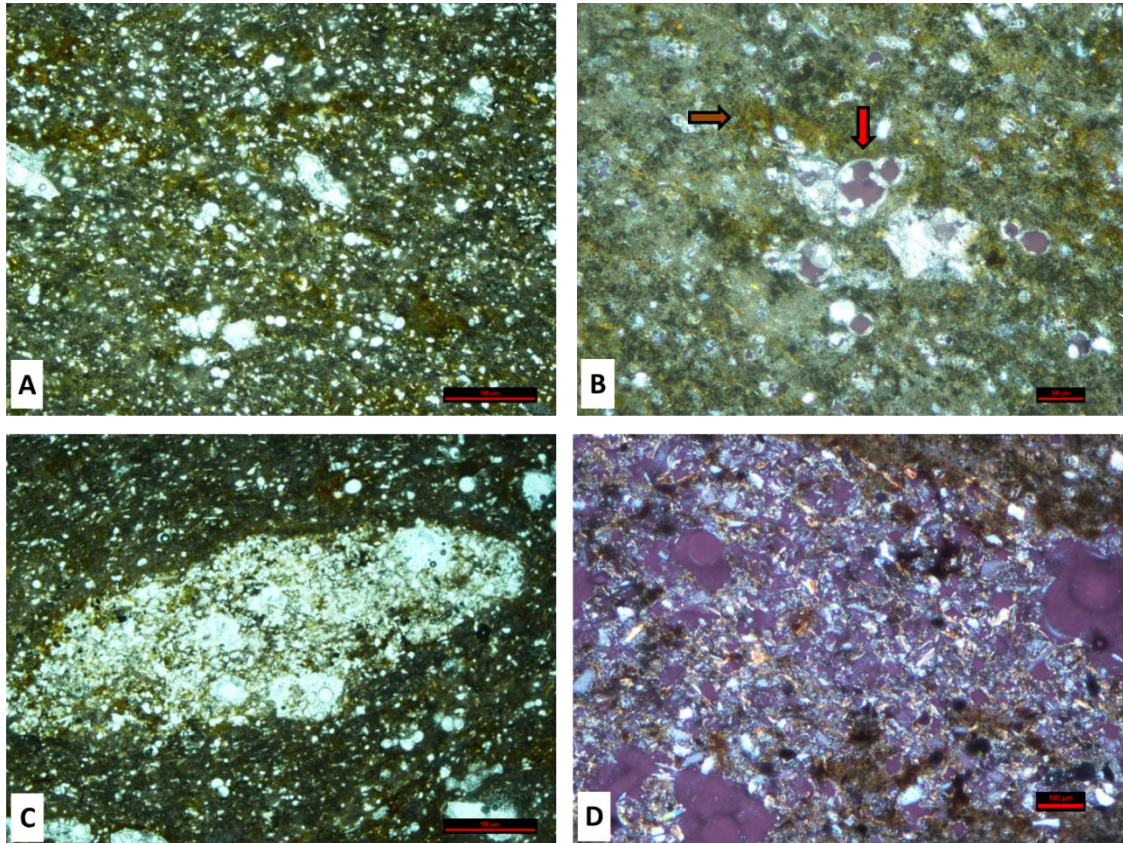


Figura IV.88. Difratograma da amostra total CL8-2.

### IV.8.3. Análise petrográfica

Neste afloramento foram analisadas petrograficamente as amostras CL8-1 e CL8-2, revelando as seguintes características:

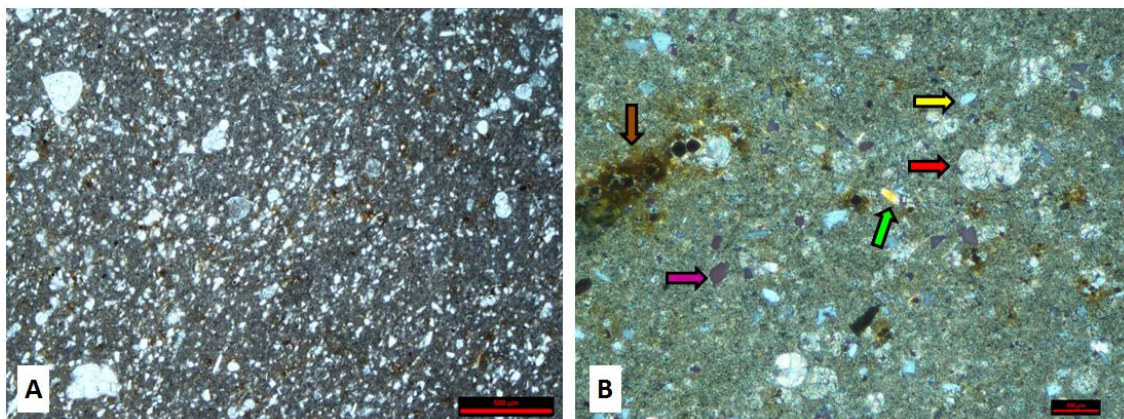
**CL8-1. Biomicrito/Wackestone:** a componente ortoquímica é constituída por matriz micrítica, algo argilosa, sendo a componente aloquímica dominada por bioclastos de foraminíferos planctónicos (**fig.IV.89A**). Define-se uma fração siliclástica que atinge cerca de 8%, sendo constituída maioritariamente por quartzo, moscovite e feldspato, ocorrendo ainda óxidos de ferro. Nota-se alguma porosidade intrafóssil (**fig.IV.89B**), e o aparecimento de uma acumulação mais clástica com quartzo e moscovite (**figs.IV.89C e 89D**).



**Figura IV.89.** Fotomicrografia da amostra CL8-1: **A.** Aspeto geral da lâmina (Biomicrito/Wackestone) com uma matriz micrítica, foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); **B.** Pormenor de foraminífero planctónico com recristalização calcítica parcial e com porosidade intrapartícula, óxidos de ferro (seta castanha) (luz polarizada, escala = 0,1 mm); **C.** Acumulação preferencial mais clástica (ocorrência de quartzo e moscovite) e de foraminíferos planctónicos, no seio da matriz micrítica (luz natural; escala = 0,5 mm); **D.** Ampliação da imagem anterior onde, para além das características apresentadas, é visível a forte porosidade moldada dos foraminíferos planctónicos (luz polarizada; escala = 0,5 mm).

**CL8-2. Biomicrito/Wackestone:** A componente ortoquímica é constituída por matriz micrítica, com a componente aloquímica dominada por fósseis de foraminíferos planctónicos (**fig.IV.90A**). Define-se uma fração siliclástica que atinge cerca de 7%, constituída maioritariamente por quartzo, moscovite e feldspato (este último mais raro), bem como a presença de óxidos de ferro (**fig.IV.90B**). Nota-se a presença de

recristalizações calcíticas no interior dos bioclastos e alguma porosidade vacuolar (fig.IV.90B).



**Figura IV.90.** Fotomicrografia da amostra CL8-2: **A.** Aspecto geral da lâmina (Biomicro/*Wackestone*) com matriz micrítica, alguns foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); **B.** Pormenor de foraminífero planctónico com recristalização calcítica (seta vermelha), quartzo siltoso (seta amarela), moscovite (seta verde clara), óxidos de ferro (seta castanha) e porosidade vacuolar (seta violeta) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).

## IV.9. Afloramento CL9

### IV.9.1. Descrição do afloramento e caracterização macroscópica

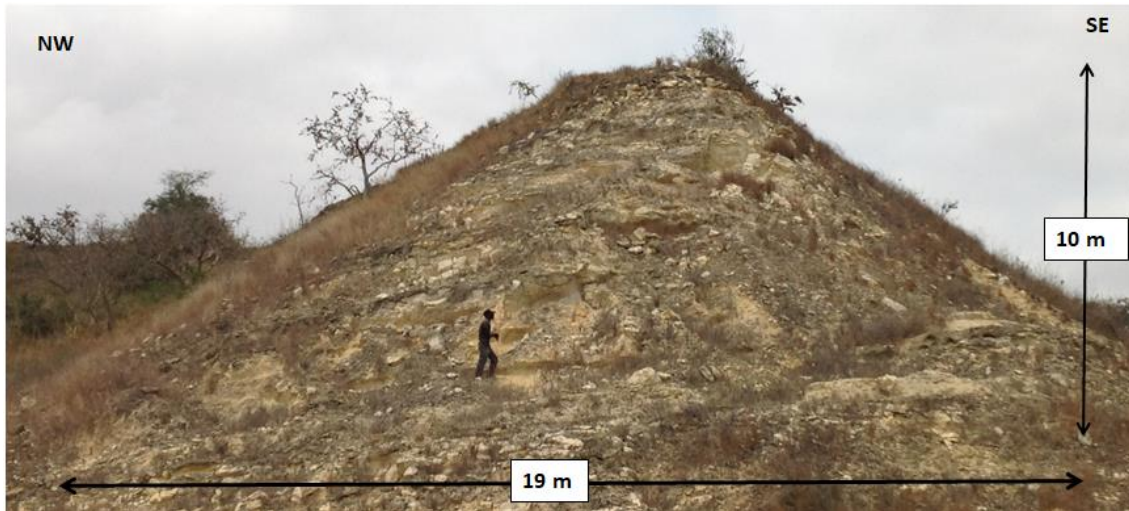
O perfil aqui estudado mostra cerca de 8 m de espessura. À semelhança dos afloramentos anteriores, a sucessão estratigráfica mostra da base ao topo alternâncias de calcários margosos compactos (mais e menos carbonatados) de coloração amarelo-acastanhada (fig.IV.91). Algumas camadas encontram-se localmente fraturadas. A espessura das camadas para as litologias mais calcária varia entre 25 a 50 cm (fig.IV.92A); por outro lado, os calcários mais argilosos tendem a diminuir a sua espessura em direção ao topo, passando de 160 a 75 cm.

### IV.9.2. Análise mineralógica

Neste perfil foram analisadas 4 amostras do ponto de vista mineralógico (CL9-1 a CL9-4) (fig.IV.93). A associação mineralógica de cada amostra é a seguinte:

**CL9-1: Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, potássico e minerais argilosos. Feldspato potássico ocorre de modo vestigial (fig.IV.94).

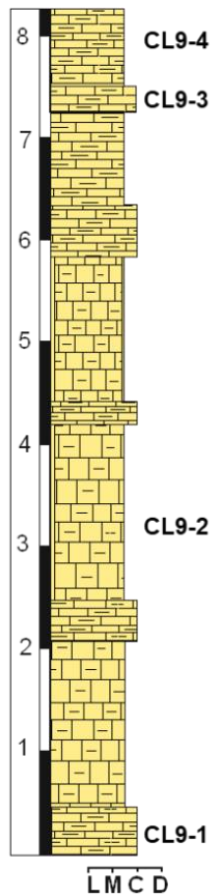
**CL9-2: Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo, feldspato potássico e minerais argilosos (**fig.IV.95**).



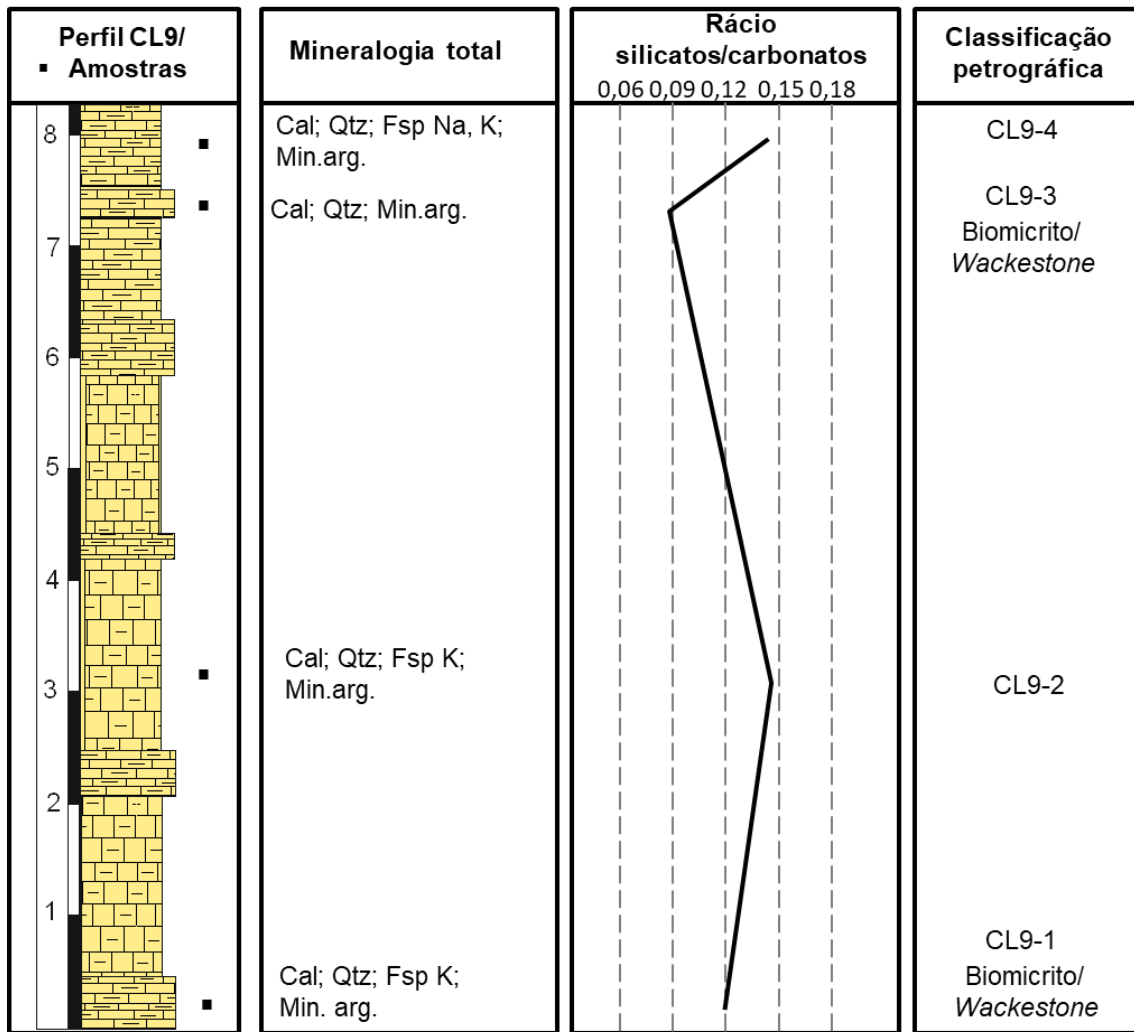
**Figura IV.91.** Vista geral do afloramento CL9, onde se observa uma sucessão de calcários margosos.

**Perfil CL9**

Esc. Lit. Amostras  
(m)



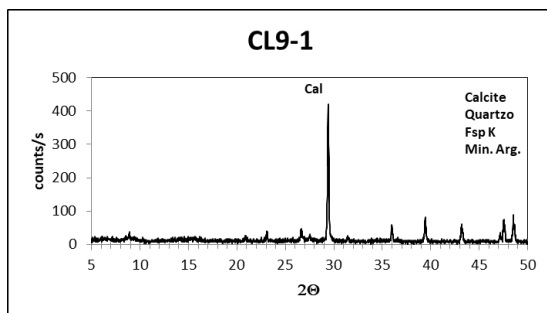
**Figura IV.92.** Perfil estratigráfico do afloramento CL9: **A.** Vista em pormenor de calcário margoso compacto (CL9-3) que caracteriza grande parte das fácies deste perfil.



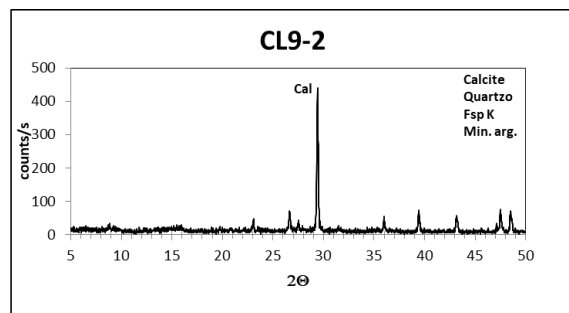
**Figura IV.93.** Resultados da difração de RX, evolução do rácio silicatos/carbonatos e classificação das rochas carbonatadas analisadas na sucessão estratigráfica do afloramento CL9.

**CL9-3. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo e minerais argilosos (**fig.IV.96**).

**CL9-4. Calcário margoso:** A amostra é constituída por calcite, quartzo e minerais argilosos. Feldspato sódico e potássico ocorrem de modo vestigial (**fig.IV.97**).



**Figura IV.94.** Difratoograma da amostra total CL9-1.



**Figura IV.95.** Difratoograma da amostra total CL9-2.



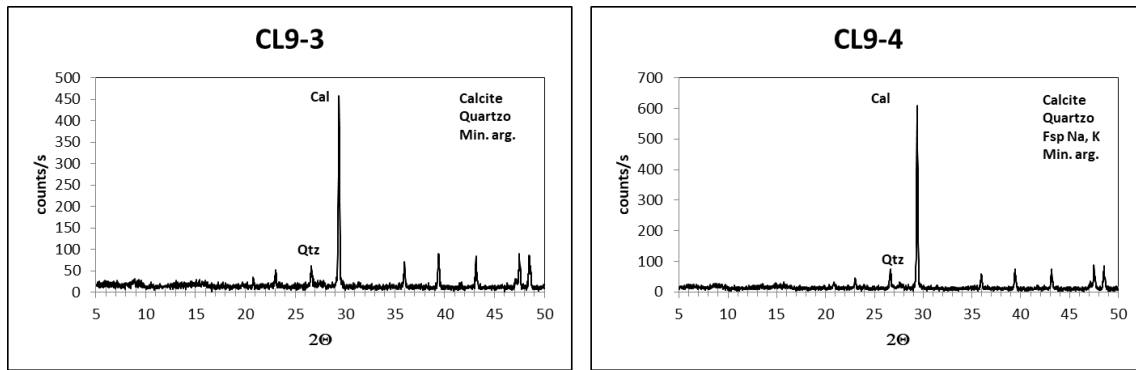


Figura IV. 96. Difratoograma da amostra total CL9-3. Figura IV. 97. Difratoograma da amostra total CL9-4.

### IV.9.3. Análise petrográfica

Neste afloramento foram analisadas petrograficamente as amostras CL9-1 e CL9-3, revelando-se as seguintes características:

**CL9-1. Biomicrito/Wackestone:** A componente ortoquímica é constituída por uma matriz micrítica, com a componente aloquímica dominada por bioclastos de foraminíferos planctónicos (fig.IV.98A). Define-se uma fração siliciclástica que atinge cerca de 10%, sendo constituída maioritariamente por quartzo e, com menor expressão, moscovite e feldspato, ocorrendo ainda óxidos de ferro (fig.IV.98B). Nota-se a presença de recristalizações calcíticas nos bioclastos (fig.IV.98B).

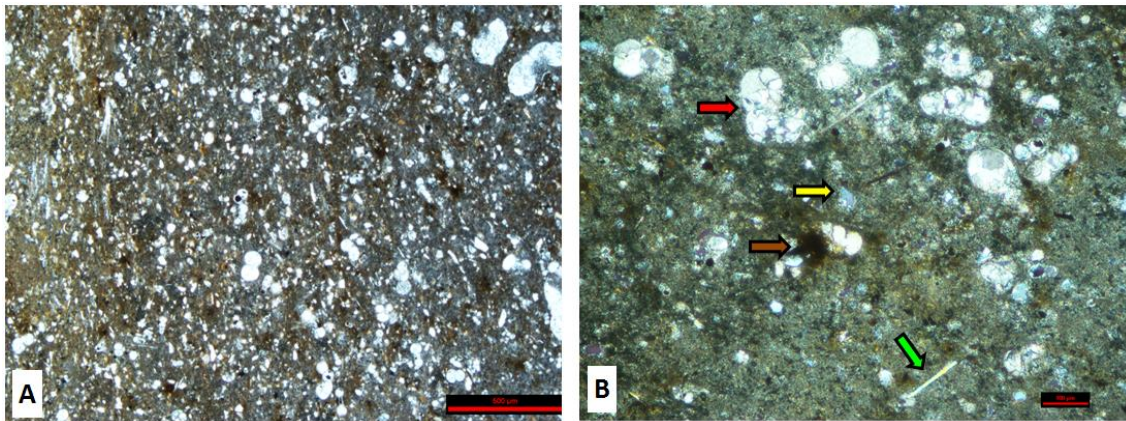
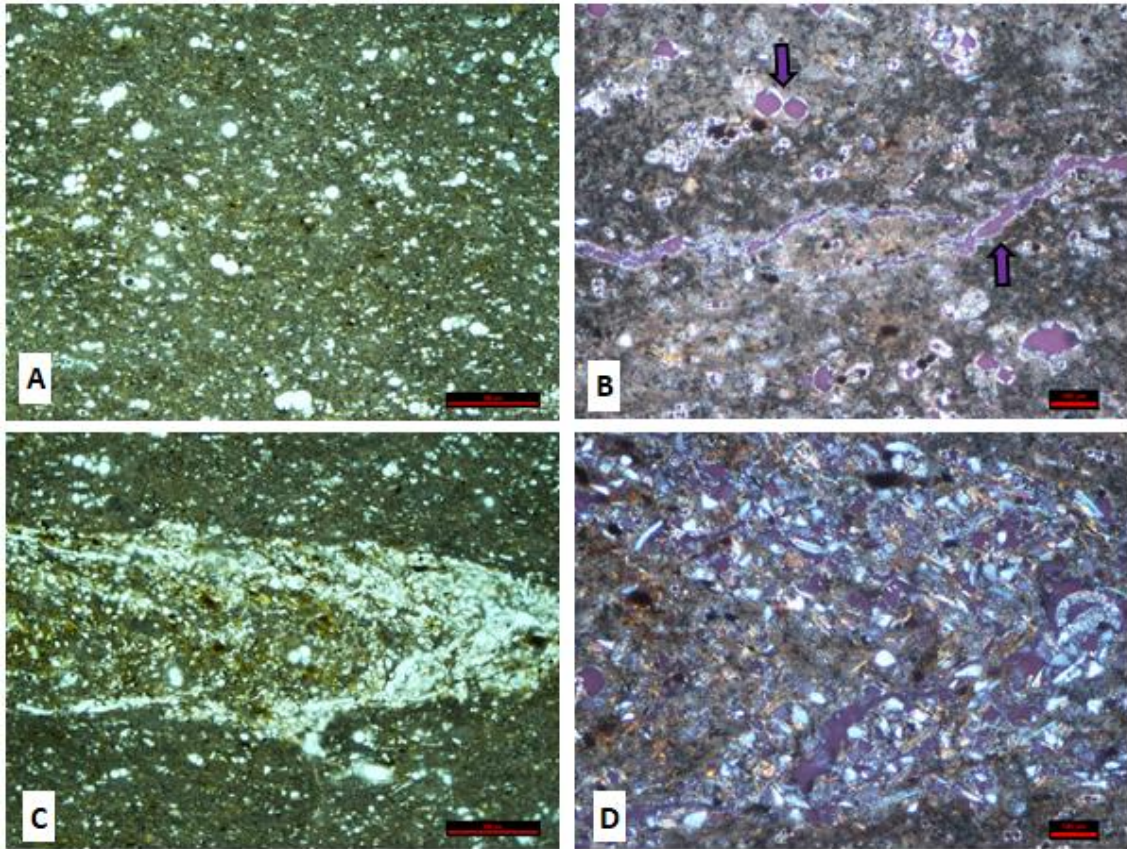


Figura IV.98. Fotomicrografia da amostra CL9-1: **A.** Aspeto geral da lâmina (Biomicrito/Wackestone) com matriz micrítica, foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); **B.** Pormenor de foraminífero planctónico com recristalizações calcíticas (seta vermelha), quartzo siltoso (seta amarela), moscovite (seta verde clara) e óxidos de ferro (seta castanha) (luz polarizada; escala = 0,1 mm).

**CL9-3. Biomicrito/Wackestone:** A componente ortoquímica é constituída por uma matriz micrítica, por outro lado a componente aloquímica é dominada por fósseis de foraminíferos planctónicos (fig.IV.99A). Define-se uma fração siliciclástica que atinge cerca de 8%, constituída por quartzo e moscovite (fig.IV.99B). Nota-se a

presença de porosidade de canal e intrapartícula e o aparecimento de uma acumulação mais clástica com quartzo e moscovite (figs.IV.99C e 99D).



**Figura IV.99.** Fotomicrografia da amostra CL9-3: **A.** Aspeto geral da lâmina (Biomicro/Wackestone) com uma matriz micrítica, foraminíferos planctónicos e óxidos de ferro (luz natural; escala = 0,5 mm); **B.** Pormenor de porosidade intrapartícula e de canal (seta roxa) (luz polarizada; escala = 0,1 mm); **C.** Acumulação preferencial mais clástica (ocorrência de quartzo e moscovite) e de foraminíferos planctónicos, no seio da matriz micrítica (luz natural; escala = 0,5 mm); **D.** Ampliação da imagem anterior onde, para além das características apresentadas é visível a forte porosidade moldada dos foraminíferos planctónicos (luz polarizada; escala = 0,5 mm).

## **Capítulo V. Discussão**

Tal como foi enfatizado no capítulo II, o conhecimento sedimentológico das diversas unidades da Bacia do Kwanza é bastante restrita, limitando-se a trabalhos muito genéricos e de discussão bacinal (ver, por exemplo, Martins, 1951; Brognon & Verrier, 1955, 1958, 1965; Neto, 1961, 1964; Hudec & Jackson 2002, 2005; Brownfield & Charpentier, 2006, Quesne et al., 2009; Guiraud et al., 2010). O presente trabalho segue os propósitos de outros mais recentemente realizados, que tiveram como objetivo uma análise das características sedimentológicas das diversas formações da referida bacia (Segundo et al., 2014; Cazier et al., 2014).

Em função dos novos dados de campo e, fundamentalmente, dos dados mineralógicos e petrográficos obtidos na realização desta dissertação, faz-se neste capítulo uma discussão sobre as características sedimentares da Formação Teba aflorante na região do Cabo Ledo, bem como da sua evolução sedimentológica no contexto do enchimento da Bacia do Kwanza. Para finalizar, é feita uma comparação com o enchimento sedimentar do Cretácico terminal ocorrido no espaço do Atlântico Sul, em particular com os enchimentos sedimentares ocorridos nas bacias brasileiras, nomeadamente, Espírito Santo, Santos e Campos.

## **V.1. Caracterização e evolução sedimentológica da Formação Teba no setor estudado**

### **V.1.1 Definição estratigráfica**

A Formação Teba, tal como foi anteriormente referido, enquadra-se no Cretácico Superior (Senoniano), tendo como enquadramento inferior a Formação N'golome e, superiormente, a Formação Rio Dande (Brognon & Verrier, 1965; Hudec & Jackson, 2002; Brownfield & Charpentier, 2006; Guiraud et al., 2010). Da análise de campo efetuada não foi possível demonstrar qualquer relação geométrica com as referidas unidades enquadrantes já que não afloram na região. Por outro lado, torna-se evidente que a sucessão estratigráfica analisada nos nove afloramentos é muito pobre do ponto de vista do registo macrofaunístico embora, confirmado no presente trabalho, apresente uma microfauna dominada por foraminíferos planctónicos. Durante a campanha de campo, que não se considera exaustiva, não foram observados quaisquer tipos de microfósseis. No entanto, Neto (1964), bem como Brognon & Verrier (1965), reportam para a Formação Teba a presença de fósseis de bivalves (em especial de inoceramídeos), não raramente sob a forma de lumachelas, níveis que constituem uma referência para o Campaniano – Maastrichtiano da Bacia do Kwanza (particularmente na Sub-bacia de Benguela; ver capítulo II). A ausência de fósseis

estratigráficos não permite uma datação clara da unidade, bem como de um exercício de correlação entre os diversos perfis estudados. De igual modo, não é possível fazer uma avaliação paleoambiental entre as unidades estratigraficamente enquadrantes (Formações N'golome e Rio Dande), já que as mesmas, tal como referido acima, não afloram na região. Apenas o afloramento CL1 mostra contacto superior com unidades suprajacentes, muito mais recentes no contexto da evolução do enchimento da Bacia do Kwanza (ver figura IV.2). Na região de Cabo Ledo é ainda possível observar a Formação Teba contactando com as formações Quifangondo (Oligocénico-Miocénico) e Quelo (Pliocénico) (ver figura III.1).

### **V.1.2. Caracterização mineralógica e diferenciação litológica**

Embora não seja evidente no capítulo anterior, e apesar da ausência de contactos litostratigráficos com as duas unidades cronostratigraficamente enquadrantes (ver figura II.4), a integração estratigráfica dos diversos perfis permite demonstrar que os afloramentos mais basais da unidade correspondem aos afloramentos CL1, CL2 e CL3, enquanto os afloramentos CL4 a CL9 correspondem à parte superior da Formação Teba. Sendo assim, da análise mineralógica efetuada por difração de RX conclui-se que existe uma diferenciação litológica muito clara entre a base e o topo da unidade. A base é particularmente dolomítica e siliciclástica (com os valores do rácio silicatos/carbonatos a variarem entre 0,05 a 2), envolvendo também níveis margosos com matéria orgânica, passando para uma sedimentação margosa na parte intermédia onde os carbonatos (dolomite e calcite) alternam em abundância. No topo, a sedimentação é mais calcária, através de alternâncias de níveis de calcário, mais ou menos argiloso, mas nunca atingindo o pólo verdadeiramente margoso, com uma contribuição siliciclástica menor (com os valores do rácio silicatos/carbonatos a variarem entre 0,05 a 0,6). Na base da sucessão ocorrem ainda gesso, halite e pirite.

Não obstante esta diferenciação, a fração siliciclástica está presente em todos os termos carbonatados identificados, sendo constituída por quartzo, moscovite, diversos tipos de feldspato (potássico, sódico e cálcico) e minerais argilosos; uma característica facilmente quantificável através da análise petrográfica (a seguir discutida). Esta análise por difração de RX revelou-se de grande utilidade, pois permitiu identificar de modo muito mais objetivo as litologias presentes na unidade, tarefa algo complexa baseando-se apenas em observações de campo e na simples identificação macroscópica. Sendo assim, definem-se os tipos litológicos: dolomia,

dolomia calcária, dolomia margosa, calcário margoso, calcarenito, marga calcária, marga calcária gipsífera, lutito dolomítico e lutito gipsífero.

Em termos dos minerais argilosos presentes nas litologias menos carbonatadas (mais lutíticas) conclui-se que se definem dois tipos de associações: ilite + interstratificados ilite/esmectite + esmectite e ilite + interstratificados ilite/esmectite + esmectite + caulinite, sendo claramente dominadas pela esmectite (63-65%). Os afloramentos CL1, CL3 e CL6 apresentam as duas variedades de associações de minerais argilosos identificados, mas pode-se concluir que no universo das 14 amostras analisadas, a associação mineralógica mais diversa predomina nas unidades litológicas da base da unidade, enquanto que a associação ilite + interstratificados ilite/esmectite + esmectite predomina nas litologias da parte intermédia e superior da Formação Teba. Uma evidência que deve ser corroborada através da análise de um maior número de amostras.

### V.1.3. Caracterização microfaciológica

Das 21 lâminas delgadas estudadas, e de acordo com as classificações de Folk (1959,1962) e de Dunham (1962), é possível distinguir dois tipos bem diferenciados de microfácies: Dolosparito e Biomicrito/*Wackestone*. A primeira está associada aos níveis dolomíticos (que ocorrem na base da unidade) e a segunda microfácies está associada às margas bastante calcárias e aos calcários margosos que dominam em grande parte da sucessão estudada. Um aspeto preponderante dos biomicritos, constante em todas as amostras, é o domínio de carapaças de foraminíferos planctónicos observando-se, muito raramente, fragmentos de bivalves e de vertebrados fosfatados. A fração siliciclástica, siltosa, não deixa de ser relevante em toda a sucessão atingindo cerca de 10%, sendo maioritariamente composta por quartzo e moscovite.

Devido à variedade de atributos sedimentares identificados nas análises macroscópica e microscópica, propõe-se uma classificação faciológica que engloba essas peculiaridades observadas. A microfácies dolosparito é reclassificada com base na presença de uma fração siliciclástica importante com cerca de 8%. Por outro lado, a microfácies Biomicrito/*Wackestone* foi subdividida em 5 diferentes tipologias, com base na percentagem de microfósseis, grau de laminação e ocorrência de dolomite (**tab.V.1**).

Em termos diagenéticos, a microfácies dolosparito mostra porosidade vacuolar e intercrystalina. Por outro lado, a microfácies biomicrito/*wackestone* apresenta uma maior diversidade de poros como a de canal, vacuolar, intrapartícula e moldada.

<b>Tabela V.1.</b> Sistematização microfaciológica da Formação Teba de acordo com as amostras analisadas.	
<b>Microfácies</b>	<b>Amostras</b>
Dolosparito arenoso	CL1-3, CL2-3
Biomicrito/ <i>Wackestone</i>	CL2-4, CL3-6, CL3-8, CL4-1, CL4-4, CL4-6, CL6-5, CL6-9, CL8-1, CL9-1, CL9-3
Biomicrito/ <i>Wackestone</i> muito laminado	CL3-3, CL7-2
Biomicrito/ <i>Wackestone</i> levemente laminado	CL5-4, CL7-4
Biomicrito/ <i>Wackestone</i> dolomitizado	CL2-6
Biomicrito/ <i>Wackestone</i> a micritoossilífero	CL5-1, CL5-3, CL8-2

#### V.1.4. Evolução sedimentológica e significado paleoambiental

A inferência sobre a evolução paleoambiental da Formação Teba foi baseada na evolução vertical dos depósitos sedimentares identificados e na análise das associações de minerais argilosos.

A sedimentação verificada na Formação Cabo Ledo na região estudada, de natureza predominantemente carbonatada, é claramente de origem marinha com contínuo fluxo de clastos siliciclásticos para a bacia, principalmente na base da unidade onde, inclusive, é possível encontrar camadas com maior teor arenoso. A contínua sedimentação siliciclástica está na base do aparecimento dos minerais argilosos, onde abunda a esmectite e a ilite. Apesar da análise muito embrionária, os minerais argilosos presentes na sucessão sedimentar parecem demonstrar uma fonte a partir dos relevos metamórficos e ígneos extra-baciais (ver Guiraud et al., 2010), não se descartando a hipótese de a esmectite ser resultado de processos de alteração (Chamley, 1989), já que é um mineral que parece ser muito frequente noutras unidades cretácicas da bacia (ver Segundo et al., 2014).

Apesar da ausência das unidades estratigraficamente enquadrantes, integrando os diversos perfis é possível demonstrar que a Formação Teba aflorante na região estudada pode ser dividida em duas subunidades de características claramente marinhas:

**Base da Formação Teba:** constituída por alternâncias de dolomias, lutitos e margas. O conteúdo mineralógico revela dolomite, calcite, quartzo, moscovite feldspato, ilite, esmectite, caulinite, gesso, halite e pirite e minerais argilosos. A dolomite presente é secundária, substituindo a calcite nos sedimentos, sendo este processo associado a zonas pouco profundas. A dolomite é o único carbonato presente no afloramento CL1 da base a parte intermédia (zona amostrada), enquanto que nos afloramentos CL2 e CL3 ocorre associada à calcite, e ambas alternam em abundância nas diferentes litologias. A halite e o gesso apresentam-se como minerais secundários ocupando as fraturas nas litologias onde se fazem presentes. Realça-se a presença da pirite que é um mineral potencialmente indicador de condições de deposição euxínicas (Coe et al., 2010). A ocorrência de matéria orgânica no afloramento CL3, associada a este mineral, parece comprovar o carácter restrito da sedimentação, associada, muito provavelmente, a condições pelo menos anóxicas (Tissot & Welte, 1984; Hunt, 1996). Não tendo sido objeto deste trabalho, estas características sedimentológicas exigem estudos geoquímicos futuros mais aprofundados de modo a comprovar estas interpretações sumárias.

As associações de minerais argilosos indicam condições semi-áridas com esmectite dominante (65%), secundada pela ilite (31%). Associa-se a esta unidade as microfácies dolosparito e Biomicrito/*Wackestone*.

**Parte intermédia ao topo da formação:** constituída por alternâncias de margas calcárias, calcários margosos e ocasionalmente calcarenitos. O conteúdo mineralógico, comparativamente à unidade basal, apresenta ausência de halite, gesso e pirite, bem como ocorrências muito vestigiais de dolomite. A calcite é o mineral carbonatado dominante. Na base desta subunidade ocorrem margas mais ou menos calcárias, enquanto que o topo é dominado por calcários margosos. Associa-se a esta unidade apenas a microfácies Biomicrito/*Wackestone*, dominada pelos foraminíferos planctónicos, o que evidencia uma sedimentação marinha bastante profunda, tipo hemipelágica. No entanto, apesar destas características sedimentológicas mais finas, existe alguma contribuição siliciclástica, siltosa, onde se incluem o quartzo, moscovite e feldspato (este, consideravelmente mais raro).

As associações de minerais argilosos, com claro domínio da esmectite (63%) e ilite (35%), indicam condições semi-áridas a áridas. No entanto, a ocorrência localizada de caulinite pode indiciar alguns períodos de incremento de humidade.

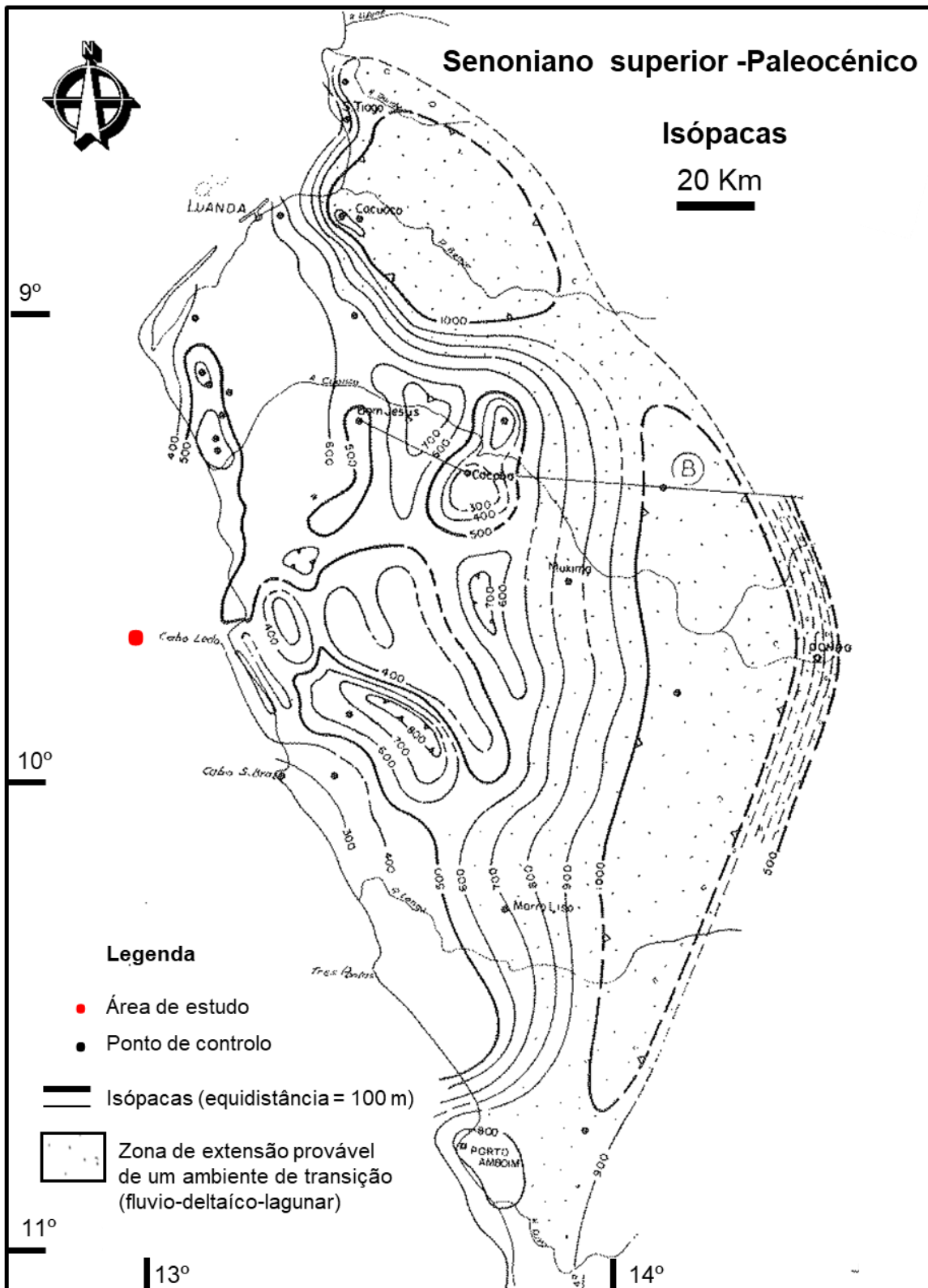


## V.2. A Formação Teba no contexto evolutivo das unidades cretácicas da Bacia do Kwanza

De acordo com o quadro de enchimento sedimentar e estratigráfico da Bacia do Kwanza (ver figura II.4), as unidades cretácicas mostram uma evolução desde ambientes continentais (Formação Cuvo; pré-Aptiano), ambientes de transição (Formações Sal Massivo e Tuenza; Aptiano) até ambientes marinhos mais ou menos profundos, que caracterizam grande parte do Cretácico inferior terminal (formações Catumbela e Quissonde) até ao final do Cretácico superior (Formação Teba) (Brognon & Verrier, 1965; Stark, 1991; Hudec & Jackson 2002; Guiraud et al., 2010; Segundo et al., 2014). À semelhança, por exemplo, da Formação Quissonde, recentemente estudada do ponto de vista sedimentológico (Segundo et al., 2014), a Formação Teba mostra características algo semelhantes, no que toca à deposição de sucessões carbonatadas margo-calcárias, incluindo no tipo de associação de minerais argilosos e no registo abundante de foraminíferos planctónicos.

Tal como foi comprovado neste trabalho, são evidentes as características predominantemente marinhas da Formação Teba, claramente hemipelágicas na sua porção mais recente. Apesar de no contexto *onshore* da Bacia do Kwanza a região do Cabo Ledo corresponder a um dos setores de menor expressão da sucessão sedimentar do Cretácico terminal (**fig.V.1**), a espessura da Formação Cabo Ledo estudada (máximo de 120 m) parece estar algo longe da espessura máxima admitida para este setor da bacia.

A parte basal desta unidade na região de Cabo Ledo (parte central oeste da bacia) parece ter correspondência com os dados de poços a norte da bacia (Cacuaco), onde a perfuração atravessou margas e argilitos negros, sem fósseis, com finas intercalações de dolomias microcristalinas betuminosas, testemunhos de um ambiente lagunar euxínico, correspondendo a uma fase regressiva no sistema deposicional (Brognon & Verrier, 1965). A parte intermédia da unidade marca o início de uma fase transgressiva, que parece ter correspondência na Bacia de Benguela (considerada por diversos autores, como prolongamento a sul da Bacia do Kwanza; Neto, 1964; Stark, 1991; Brownfield & Charpentier, 2006), onde a sedimentação no final do intervalo em estudo é constituída por margas com intercalações de calcários margosos (Neto, 1961).

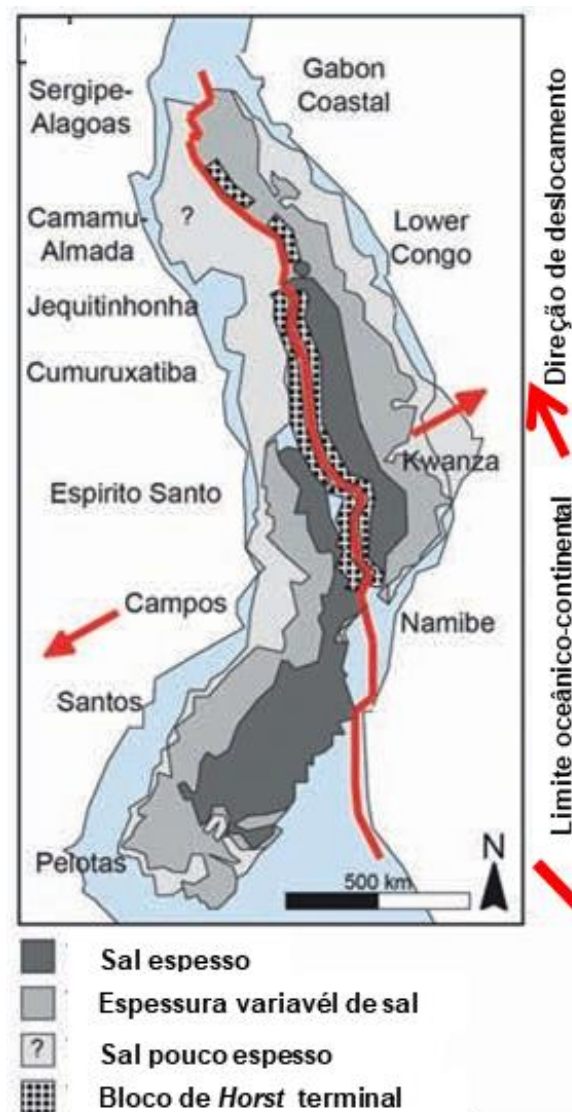


**Figura V.1.** Mapa de isópacas abrangendo o enchimento correspondente à Formação Teba (Brognon & Verrier, 1965).

### V.3. O enchimento do Campaniano – Maastrichtiano ao nível do Atlântico Sul

O final do Cretácico, e acima de tudo a sua passagem ao Paleogénico, constitui um intervalo de importante mudança à escala global com fortes implicações no registo biológico (Alvarez et al., 1980; Keller et al., 2004; Robertson et al., 2013).

Apesar da limitação de trabalhos sobre as bacias da orla sedimentar angolana existem alguns estudos deste intervalo de tempo realizados nas diversas bacias do Atlântico Sul, quer as do lado oriental (Baixo Congo, Benguela e Namibe), quer as do lado ocidental, onde se definem as bacias brasileiras do Espírito Santo, Campos e Santos (fig.V.2). Como tal, importa fazer uma discussão sobre as eventuais equivalências em termos deposicionais (fig.V.3).



**Figura V.2.** Margens conjugadas do Atlântico Sul, com a localização das bacias do setor oriental (Espírito Santo, Campos, Santos) e do setor ocidental (Baixo Congo, Kwanza, Benguela, Namibe) (Benglinger et al., 2012).

### **V.3.1. Bacias do setor oriental do Atlântico Sul**

#### **V.3.1.1. Bacia do Baixo Congo**

Na Bacia do Baixo Congo, o intervalo Campaniano - Maastrichtiano corresponde aos depósitos sedimentares da Formação Iabe, que engloba um intervalo de deposição maior (Cenomaniano - Maastrichtiano) relativamente à Formação Teba (**fig.V.3**; Brownfield & Charpentier, 2006). Este intervalo caracteriza-se por uma sedimentação predominantemente argilosa e siltosa na bacia, representada por margas calcárias, areno-siltosas e argilitos negros que são consideradas importantes rochas-mãe no contexto dos sistemas petrolíferos desta bacia (Cole et al., 2000). Esta unidade compreende ainda episódios dolomíticos e detríticos (Stark, 1991; Cole et al., 2000).

As formações terminais do Cretácico Superior na Bacia do Baixo Congo na parte continental são muito restritas e apresentam espessuras relativamente pouco expressivas em afloramento. Por outro lado, em poços apresentam espessuras de várias centenas de metros (Neto, 1964). A seguir apresentam-se dados da sondagem Lele-1 (Cabinda-Bacia do Baixo Congo) onde foi analisada a evolução da composição mineralógica correspondente à Formação Iabe, que serve de base comparativa com resultados apresentados nesta dissertação:

Na série inferior da Formação Iabe, nos primeiros 150 m, a dolomite é o único carbonato presente para depois surgir associado à calcite, enquanto que no topo ocorrem arenitos calcários e calcários. Nesta série também ocorrem argilitos negros ricos em matéria orgânica com pirite associada (Gomes, 1970). A série superior é caracterizada por margas e argilitos margosos de cor cinzento-esverdeada e cinzenta escura, com intercalações siltosas. A base desta porção é constituída por um argilito negro rico em matéria orgânica com apatite, pirite e gesso. Segue-se uma sucessão caracterizada por margas e calcários fossilíferos ricos em foraminíferos e nódulos de cherte (Gomes, 1970).

#### **V.3.1.2. Sub-bacia de Benguela**

Na Sub-bacia de Benguela, o intervalo Campaniano - Maastrichtiano repousa de maneira discordante sobre o Cenomaniano ou sobre o Albiano (Formação Quissonde) (**fig.V.3**), apresentando um desenvolvimento menor em relação à parte restante da Bacia do Kwanza totalizando uma espessura entre 90 a 100 m (Neto,

1961; Lapão & Pereira, 1971). Na base do intervalo encontram-se níveis arenosos e areno-conglomeráticos, que se sobrepõem a um horizonte fracamente conglomerático (Neto, 1961). As margas constituem a parte dominante deste conjunto, associadas a calcários margosos e siltitos (Neto, 1964). A fauna associada também não apresenta variações sensíveis tendo sido identificados conchas de grandes *Inoceramus*, ostreídeos, dentes e vértebras de peixes, e alguns equinídeos (Neto, 1961; Lapão & Pereira, 1971).

### **V.3.1.3. Bacia do Namibe**

Na Bacia do Namibe, o intervalo Campaniano - Maastrichtiano repousa sobre o conjunto Cenomaniano - Turoniano, essencialmente composto por rochas basálticas e, em alguns locais, diretamente sobre as rochas cristalinas do Complexo de Base (Pré-câmbrico), apresentando desenvolvimentos diferenciados nas diferentes partes da bacia (Costa, 1956; Soares de Carvalho, 1961; Neto, 1961). Na parte norte desta bacia, os depósitos sedimentares desta idade compreendem na base conglomerados que podem ocorrer em algumas zonas com blocos de basaltos. Na porção intermédia, a sedimentação é constituída por arenitos de granulometria fina a siltitos de coloração cinzenta, associados a moldes de inoceramídeos; na porção superior ocorrem arenitos de granulometria fina de coloração amarela acinzentada associados a exemplares mal conservados de dentes e vertébras de peixes (Costa, 1956; Neto, 1961; Schöder et al., 2015). Na parte central e sul da bacia, os depósitos sedimentares desta idade compreendem na base arenitos, na porção intermédia a sedimentação corresponde a arenitos de granulometria fina a siltitos, e no topo a calcário associado a dentes de peixes e répteis (Soares de Carvalho, 1961; Neto, 1961; Strganac et al., 2014).

## **V.3.2. Bacias do setor ocidental do Atlântico Sul**

### **V.3.2.1. Bacia de Espírito Santo**

Na Bacia de Espírito Santo, o intervalo Campaniano - Maastrichtiano corresponde aos depósitos sedimentares da Formação Urucutuca (Cenomaniano - Plistocénico) (**fig.V.3**; Vieira et al., 1994; França et al., 2007). A parte basal repousa de maneira discordante sobre o Santoniano, através da sucessão de uma espessa secção retrogradante constituída por argilitos e arenitos turbidíficos. A sequência seguinte tem início após a descontinuidade intracampaniana, sendo caracterizados por

argilitos, arenitos e, nas porções mais distais, por margas. Esta sequência termina com uma descontinuidade que separa o Cretácico do Paleocénico. De acordo com Viera et al. (1994) e França et al. (2007) este tipo de sedimentação ocorrido no intervalo Campaniano - Maastrichtiano está relacionado com um ambiente marinho profundo com magmatismo associado.

#### **V.3.2.2. Bacia de Campos**

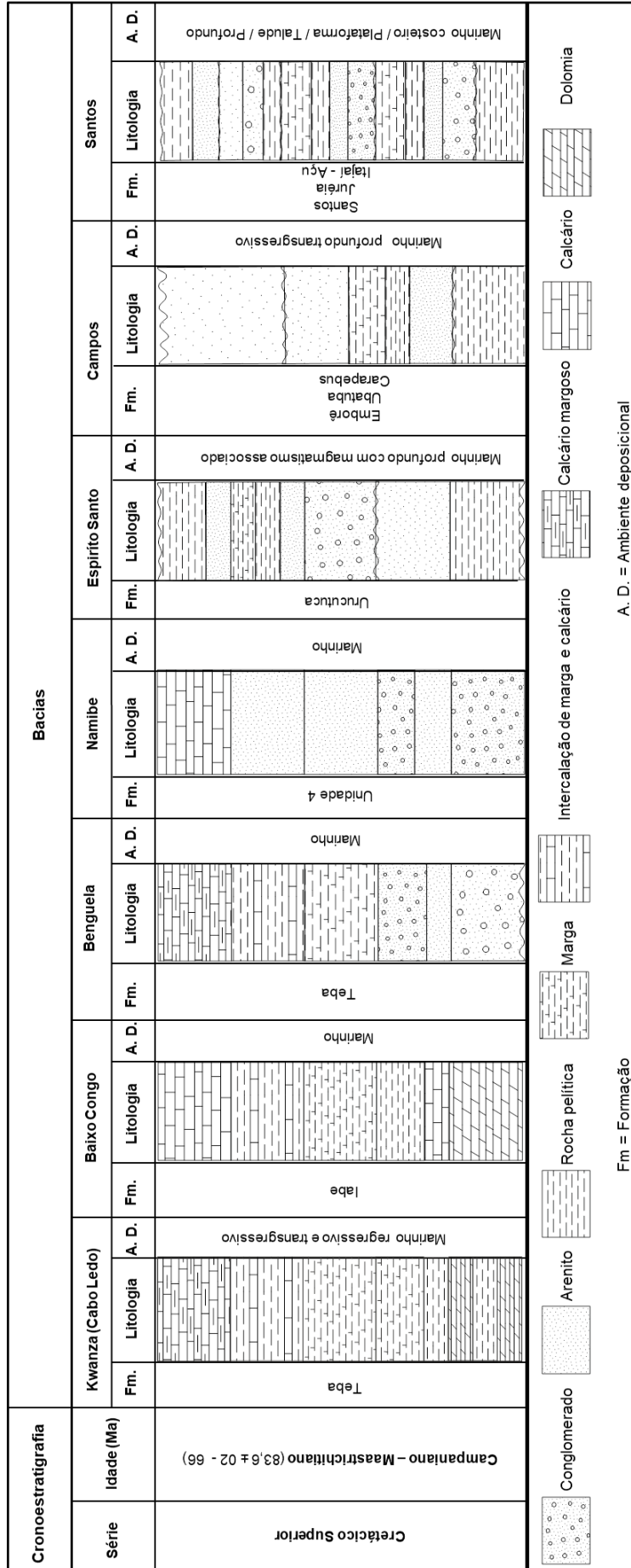
Na Bacia de Campos, o intervalo Campaniano - Maastrichtiano corresponde aos depósitos sedimentares do Grupo Campos (Turoniano - Plistocénico), que engloba as formações equivalentes laterais Emborê, Ubatuba e Carapebus (**fig.V.3**). De acordo com Mohriak et al. (1990) e Winter et al. (2007) o intervalo em análise compreende, na parte basal, depósitos arenosos avermelhados, neríticos, típicos de ambiente de plataforma rasa, sendo esta sequência inferior limitada por uma descontinuidade; nas porções intermédias predominam argilitos e margas com corpos arenosos intercalados nas suas porções mais distais; na parte terminal do intervalo, a sedimentação é caracterizada por pacotes siliciclásticos finos com corpos arenosos originados por fluxos turbidíticos até ao limite Cretácico-Paleógeno, que é marcado por uma superfície descontínua. De acordo com Mohriak et al. (1990) e Winter et al. (2007) toda esta sucessão foi depositada num ambiente marinho profundo, de evolução transgressiva.

#### **V.3.2.3. Bacia de Santos**

Na Bacia de Santos, o intervalo Campaniano - Maastrichtiano corresponde aos depósitos sedimentares do Grupo Frade (Coniaciano - Maastrichtiano), que engloba as formações equivalentes laterais Santos, Juréia, Itajaí-Açu (**fig.V.3**). De acordo com Moreira et al. (2007) e Fauth et al. (2011) o intervalo em análise compreende, na parte basal, depósitos de siltitos e argilitos de ambiente marinho costeiro até às porções mais proximais da plataforma; seguem-se sequências regressiva com conglomerados de origem continental que se intercalam com arenitos de ambiente costeiro, que passam gradualmente a sedimentos pelíticos. Estas sequências são limitadas por descontinuidades: a primeira de idade campaniana e as restantes duas datadas do Maastrichtiano. De acordo com Moreira et al. (2007) e Fauth et al. (2011) toda esta sucessão foi depositada em ambientes marinho costeiro, plataforma, talude e profundo com ocorrência de arenitos resultantes de fluxos turbidíticos .

### **V.3.3. Semelhanças e diferenças entre as bacias do Atlântico Sul**

Embora tenha sido verificada a deposição de sedimentos em ambientes marinhos nas bacias das margens análogas, nota-se claramente uma diferença na sedimentação com a ocorrida no Campaniano – Maastrichtiano da Bacia do Kwanza. Na margem brasileira, a sedimentação é essencialmente siliciclástica com depósitos arenosos continentais, deltaicos e turbidíticos e a componente margosa está restringida às zonas distais das bacias (França et al., 2007; Winter et al., 2007; Moreira et al., 2007). Por outro lado, na margem angolana a sedimentação é essencialmente carbonatada (predominância margo-calcária) nas bacias do Baixo Congo, Kwanza e Benguela (Neto, 1961; Brognon & Verrier, 1965; Brownfield & Charpentier, 2006; Guiraud et al., 2010). Tal como é possível constatar a partir da figura V.3, a evolução vertical dos depósitos nas bacias do Baixo Congo, Benguela e Kwanza no Intervalo Campaniano - Maastrichtiano é muito similar. Das bacias angolanas a Bacia do Namibe é a que apresenta uma natureza de sedimentação (siliciclástica) mais próxima às bacias brasileiras (Costa, 1956; Neto, 1961; Soares de Carvalho, 1961; Strganac et al., 2014; Schöder et al., 2015).



**Figura V.3.** Quadro comparativo do enchimento sedimentar ocorrido em diversas bacias do Atlântico Sul durante o intervalo Campaniano – Maastrichtiano. (informação baseada em Costa, 1956; Neto, 1961, 1964; Soares de Carvalho, 1961; Gomes, 1970; Lapão & Pereira, 1971; Mohriak et al., 1990; Stark, 1991; Viera et al., 1994; França et al., 2007; Moreira et al., 2007; Fauth et al., 2011; Strganac et al., 2014; Schröder et al., 2015).



## **Capítulo VI. Considerações finais**

Tendo em conta os objetivos previamente estabelecidos, este trabalho visou contribuir para o conhecimento sedimentológico da Formação Teba (Campaniano – Maastrichtiano) da Bacia do Kwanza (Angola), cujos registos sedimentológicos e estratigráficos não eram atualizados há mais de 50 anos. Perante as diversas formações carbonatadas da referida bacia, passíveis de serem analisadas, a opção recaiu sobre uma unidade particularmente bem registada em afloramento, e de fácil acesso como é o caso da região do Cabo Ledo. Uma área pouco estudada em termos estratigráficos e sedimentológicos, para além do facto da Formação Teba constituir a última unidade cretácica do enchimento da bacia e, por isso, do seu conseqüente interesse em termos das grandes alterações ocorridas à escala global na história do planeta.

Muito longe de ser exaustivo, até porque foi condicionado por um trabalho de campo que se limitou à fase inicial desta investigação o estudo sedimentológico efetuado baseou-se na análise mineralógica por difração de RX e petrográfica de 50 amostras que foram recolhidas em nove afloramentos, analisados nesta perspetiva pela primeira vez. A análise mineralógica ampliou consideravelmente as descrições de campo, permitindo afinar as determinações litológicas. Neste contexto, em termos das associações mineralógicas foram reconhecidos para a Formação Teba vários tipos litológicos, alguns deles desconhecidos anteriormente da bibliografia, como é o caso dos corpos dolomíticos da base da unidade. A parte superior da unidade é composta essencialmente por alternâncias margo-calcárias.

Em termos microfaciológicos distinguem-se fundamentalmente as tipologias dolosparito e biomicrito/*Wackestone*, esta última exclusiva da parte superior da sucessão. Os foraminíferos planctónicos representam a microfauna dominante durante o intervalo analisado, ocorrendo ocasionalmente bioclastos de bivalves e fragmentos de vertebrados fosfatados.

De acordo com a sucessão sedimentológica vertical da Formação Teba que, na área de estudo, não ultrapassa uma centena de metros e com raro registo fossilífero (à escala macro), demonstra-se que a deposição terá ocorrido em ambiente marinho, em condições cada vez mais hemipelágicas, embora com contínuo fluxo de siliciclastos.

O estilo de sedimentação ocorrido durante o Campaniano – Maastrichtiano na Bacia do Kwanza, que é essencialmente carbonatada, difere da natureza dos depósitos na margem análoga brasileira, que são maioritariamente siliciclásticos.

### **VI.1. Trabalhos futuros**

Durante o decurso deste trabalho foram levantadas questões que, devido ao âmbito da dissertação, dificuldades de acesso ao campo e tempo disponível não foram solucionadas. Nesse sentido, e considerando que foram apresentados os primeiros esboços dos perfis analisados importa, num futuro próximo, ampliar as observações de campo, dirigidas em função da análise de fácies (mineralógica e petrográfica) efetuada e em termos da evolução sequencial a diversas escalas. Esta componente de campo deverá ser complementada através dos seguintes estudos: i) ampliação da análise petrográfica, essencialmente da porção inferior da unidade, já que mostra maior variabilidade faciológica; ii) análises geoquímicas e petrográficas com vista ao estudo da natureza da matéria orgânica que ocorre essencialmente na base da unidade; iii) dado o deficiente controle biostratigráfico da unidade, impõe-se a realização de estudos micropaleontológicos diversos na fração mais margosa, essencialmente em termos dos ostracodos, foraminíferos bentónicos e planctónicos, nanofósseis calcários e palinológicos.

*Caracterização Sedimentológica da Formação Teba  
na Região do Cabo Ledo (Bacia do Kwanza, Angola).*

## **Referências bibliográficas**

- Adams, A., Mackenzie, W., Guilford, C. (1984). Atlas of sedimentary rocks under the microscope. Wiley, 108 p.
- Alvarez, L., Alvarez, W., Asaro, F., Michel, H. (1980). Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. Science 208, n. 4448.
- Anderson, J., Cartwright, J., Drysdall, S., Vivian, N. (2000). Controls on turbidite sand deposition during gravity-driven extension on a passive margin: examples from the Miocene sediments in block 4, Angola. Marine Petroleum Geology, 17, 1165 –1203.
- Beglinger, S., Doust, H., Cloeting, S. (2012). Relating petroleum system and play development to basin evolution: Brazilian south atlantic margin. Petroleum Geoscience, 18, 315 - 336.
- Brindley, G., Brown, G. (1980). Crystal Structures of Clay Minerals and their X-ray Identification. Mineralogical Society Monograph 5, London.
- Brognon, G., Verrier, G. (1955). Contribution à la Géologie du Bassin du Cuanza en Angola. Fourth World Petroleum Congress. Roma.
- Brognon, G., Verrier, G. (1958). Note sur la Stratigraphie du Bassin du Cuanza. Boletim da Sociedade Geológica de Portugal, XIII, fascículo III. Lisboa.
- Brognon, G., Verrier, G. (1959). La Tectonique Salifère du Bassin du Cuanza en Angola. Fifth World Petroleum Congress. Section I. Paper 6. New York.
- Brognon, G., Verrier, G. (1965). Tectonique et sedimentation dans le bassin du Cuanza (Angola). Boletim dos Serviços de Geologia e Minas de Angola – 1º Semestre, 5-90.
- Bryant, I., Dailly, P., Fainstein, R., Harvey, N., McCoss, A., Montarom, B., Quirk, D., Tapponier, P. (2012). Basin to Basin: Plate Tectonics in Exploration. Oilfield review autumn, 38-57.
- Brownfield, M., Charpentier, R. (2006). Geology and Total Petroleum Systems of the West Central Coastal province (7203), West Africa. U.S Geological Survey Bulletin 2207-B.
- Chamley, H. (1989). Clay Sedimentology. Springer-Verlag. 623 p.
- Cazier, E., Bargas, C., Buambua, L., Cardoso, S., Ferreira, H., Inman K., Lopes, A., Nicholson, T., Christopher, O., Saller, A., Shinol, J. (2014). Petroleum

geology of Cameia field, Deepwater pre-salt Kwanza Basin, Angola, west Africa. Search and discovery article #20275.

- Coe, A., Argles, T., Rothery, D., Spicer, R. (2010) Geological field Techniques. Wiley-Blackwell.
- Cole, G., Requejo, A., Ormerod, D., Clifford, A. (2000). Petroleum geochemical assessment of the Lower Congo Basin. American Association of Petroleum Geologist Memoir, 73, 325 – 339.
- Choquette, Ph., Pray, L. (1970). Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates. American Association of Petroleum Geologist. Bulletin, 54/2, 207-250.
- Costa, C. (1956). A geologia dos arredores de Lucira. Notícia explicativa de uma carta geológica. Relatório inédito dos Serviços de Geologia e Minas de Angola.
- Dunham, R.J. (1962). Classification of carbonate rocks according to their depositional texture. In: Ham, W.E. (Ed.) Classification of Carbonate Rocks. Tulsa, OK, American Association of Petroleum Geologists Memoir, 1, 108-121.
- Duval, B., Cramez, C., Jackson, M.P.A. (1992). Raft tectonics in the Kwanza basin, Angola. Marine Petroleum Geology, 9, 389 - 404.
- Fauth, G., Dos santos, A., Vieira, C., Bergue, C., Musacchio, E. (2011). Bioestratigrafia integrada do Cretáceo Superior da Bacia de Santos: Ostracodos, Carófitas, palinóforos. Boletim de Geociências da Petrobrás, Rio de Janeiro, 20, n.1/2, 229 – 258.
- França, R., Del Rey, A., Tagliari, C., Brandão, J., Fontanelli, P. (2007). Bacia do Espírito Santo. Boletim de Geociências da Petrobras 15, Rio de Janeiro, n. 2, 501 – 509.
- Flügel, E. (2004). Microfacies of Carbonates Rocks. Analysis, Interpretation and Application. Springer, 995 p.
- Galopim de Carvalho, A.M. (2005). Geologia Sedimentar II Volume - Sedimentologia. Âncora editora.
- Folk, R.L. (1959). Practical petrographic classification of limestones. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 43, 1 - 38.

- Folk, R.L. (1962). Spectral subdivision of limestone types. In: Ham, W.E. (Ed.) *Classification of Carbonate Rocks*. Tulsa, OK. American Association of Petroleum Geologists Memoir 1, 62-84.
- Guiraud, M., Buta-Neto, A., Quesne, D. (2010). Segmentation and differential post-rif uplift at the Angola margin as recorded by the transform-rifted Benguela and oblique-to-orthogonal-rifted Kwanza basins. *Marine and Petroleum Geology* 27, 1040 – 1068.
- Gomes, C. (1970). Evolução da composição mineralógica das componentes argilosa e não argilosa na Sondagem Lele-1 (Cabinda - Angola). *Boletim dos Serviços de Geologia e Minas de Angola*, n. 20, Luanda, Angola, 5 - 17.
- Gomes, C. (1988). Argilas o que são e para que servem. *Fundação Calouste Gulbenkian*, 457 p.
- Hillier, S. (1999). Quantitative analysis of clay and other minerals in sandstones by X-ray powder diffraction (XRPD). *International Association of Sedimentology. Special Publication*. (2003) 34, 213 - 251.
- Hudec M.R., Jackson M.P.A (2002). Structural segmentation, inversión, and salt tectonics on a passive margin: Evolution of the Inner Kwanza Basin, Angola. *Geological Society of America Bulletin* 114, n. 10, 1222 - 1244.
- Hudec M.R., Jackson M.P.A. (2005). The great West African Tertiary coastal uplift: Fact or fiction? A prespective from the Angolan divergent Margin. *Tectonics* 24, TC6014.
- Hunt, J. (1996). *Petroleum geochemistry and geology*. Freeman and Co. San Francisco. 2<sup>nd</sup> edition.
- Keller, G., Adatte, T., Stinnesbeck, W., Rebolledo-Vieyra. (2004). Chicxulub impact predates the K-T boundary mass extinction. *The National Academy of Sciences of the USA* 101, n.11. 3753 - 3758.
- Koning, T. (2014). Angola's Oil Industry – A century of progress in exploration and production. AAPG International Conference & Exhibition, Instabul-Turkey, September 14 - 17.
- Lapa, M., Reis, R. (1977). Contribuição para o estudo dos minerais argilosos em formações sedimentares da Orla Meso-Cenozóica Ocidental. *Memórias e Notícias. Publicações do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra*, 83, 3 - 25.

- Lapão, L., Pereira, E. (1971). Carta Geológica. Folha nº 206-Egito praia 1:100.000. Notícia explicativa. Direcção Provincial dos Serviços de Geologia e Minas. Luanda.
- Martins, J. (1951). Nota sobre a Geologia do Litoral de Angola (trabalhos da missão Geológica da Standard Oil Company, no litoral de Angola), Relatório inédito dos Serviços de Geologia e Minas.
- Mauduit, T., Guerin, G., Brun, J., Lecanu, H. (1997). Raft tectonics: the effects of basal slope angle and sedimentation ratio and progressive extension. *Journal of Structural Geology* 19, n. 9, 1219 - 1230.
- Mohriak, W., Mello, M., Dewey, J., Maxwell, R. (1990). Petroleum geology of the Campos Basin, offshore Brazil, in Brokks, J., ed., classic petroleum provinces: geological Society of London Special Publication 50, 119 - 141.
- Mohriak, W. (2014). Birth and Development of Continental Margins Basins Analogues from the South Atlantic, North Atlantic and the Red Sea. *Search and Discovery*. Article # 41502.
- Morais, M., Noguera, A., Rizzini, A. (1990). Rilievo geologico e strutturale del lárea di Cabo Ledo com detagli sedimentologici sulle formazioni Quissonde e Cabo Ledo, bacino del rio Kwanza, Angola. *Atti Ticinensi Scienze Della Terra* 33, 139 – 154.
- Moore, D., Reynolds, R. (1997). X-ray Diffraction and The Identification and Analysis of clay Minerals. Oxford University Press, 2<sup>nd</sup> edition.
- Moreira, J., Madeira, C., Gil, J., Machado, M. (2007) Bacia de Santos. *Boletim de geociências*. Petrobras, Rio de Janeiro 15, n. 2, 531 - 549.
- Neto, M. (1961). As Bacias Sedimentares de Benguela e Moçamedes. *Boletim dos Serviços de Geologia e Minas de Angola*, n. 3, 63 - 77.
- Neto, M. (1964). O sedimentar costeiro de Angola notas sobre o estado actual do seu conhecimento. *Curso de Geologia do ultramar II*. Lisboa – 1970, 191 - 229.
- Quesne, D., Buta-Neto, A., Benard, D., Guiraud, M. (2009) Distribution of Albian clastic deposits in the Benguela basin (Angola): evidence of a Benguela paleocurrent ?. *Bulletim de la Société Française*. Fr, n. 2.



- Robertson, D., Lewis, W., Sheehan, P., Toon, O. (2013). K-Pg extinction patterns in marine and freshwater environments: The impact winter model. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 118, 1 - 9.
- Segundo, J., Duarte, L.V., Callapez, P. (2014). Litostratigrafia da sucessão margo calcária da Formação de Quissonde (Albiano) do setor Ponta do Jomba-Praia do Binge (Bacia de Benguela, Angola). *Comunicações Geológicas* 101. Especial I, 567 - 571.
- Scholle, P., Ulmer-Scholle, D. (2003). *A color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis*. American Association of Petroleum Geologist Memoir 77.
- Schröder, S., Ibekwe, A., Saunders, M., Dixon, R., Fisher, A. (2015). Algal-microbial carbonates of the Namibe Basin (Albian, Angola): implications for microbial carbonate mound development in the South Atlantic. *The Geological Society of London*, 20 p.
- Sibley, D., Gregg, J. (1987). Classification of dolomite rock textures: *Journal of Sedimentary Petrology* 57, 967 - 975.
- Silva, A. Silva, M. Cunha, S. (2007). *Preparação de Lâminas Delgadas*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro-Vila Real.
- Soares de Carvalho, G. (1961). *Geologia do Deserto de Moçamedes. Uma contribuição para o conhecimento da Orla sedimentar de Moçamedes*. Memória da Junta de Investigação do Ultramar, n. 26. Lisboa.
- Sonangol., Total (1972). *Mapa Geológico da Bacia do Kwanza*.
- Stark, D. (1991). *Geologia Petrolífera*. Well Evaluation Conference. Schumberger 99.
- Strganac, C., Salminen, J., Jacobs, L., Polcyn, M., Ferguson, K., Mateus, O., Schulp, A., Morais, M., Tavares, T. (2014). Carbon isotope stratigraphy, magnetostratigraphy, and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age of the Cretaceous South Atlantic coast, Namibe Basin, Angola. *Journal of African Earth Sciences* 99, 452 - 462.
- Tavares, T. (2006). *Ammonites et Échinides de l'Albien de Benguela. Systématique, Biostratigraphie, Paléoenvironnement et Paléobiogéographie*. PhD Thesis, Université Bourgogne (unpublished), 381 p.

- Tissot, B., Welte, D. (1984). Petroleum formation and occurrence. Springer-verlag. 2<sup>nd</sup> edition revised and enlarged edition.
- Torre de Assunção, C., Garrido, J. (1953). Tables por la Détermination des Minéraux au Moyen des Rayons x. Bulletin du Musée et Laboratoire Minéralogique et Géologique de la Faculté des Sciences de Lisbonne, n. 20-21.
- Total E&P Angola (2012). Rosa Field Synthesis. Internal publication.
- Viera, R., Vieira, P., Costa, L., Tagliari, C., Bacelar, L. (1994). Bacias do Espírito Santo e Mucuri. Boletim de Geociências da Petrobras 8, Rio de Janeiro, n.1, 191 - 202.
- Winter, W., Jahnert, R., França, A. (2007). Bacia de Campos. Boletim de geociências da Petrobras 15, Rio de Janeiro, n. 2, 511 - 529.