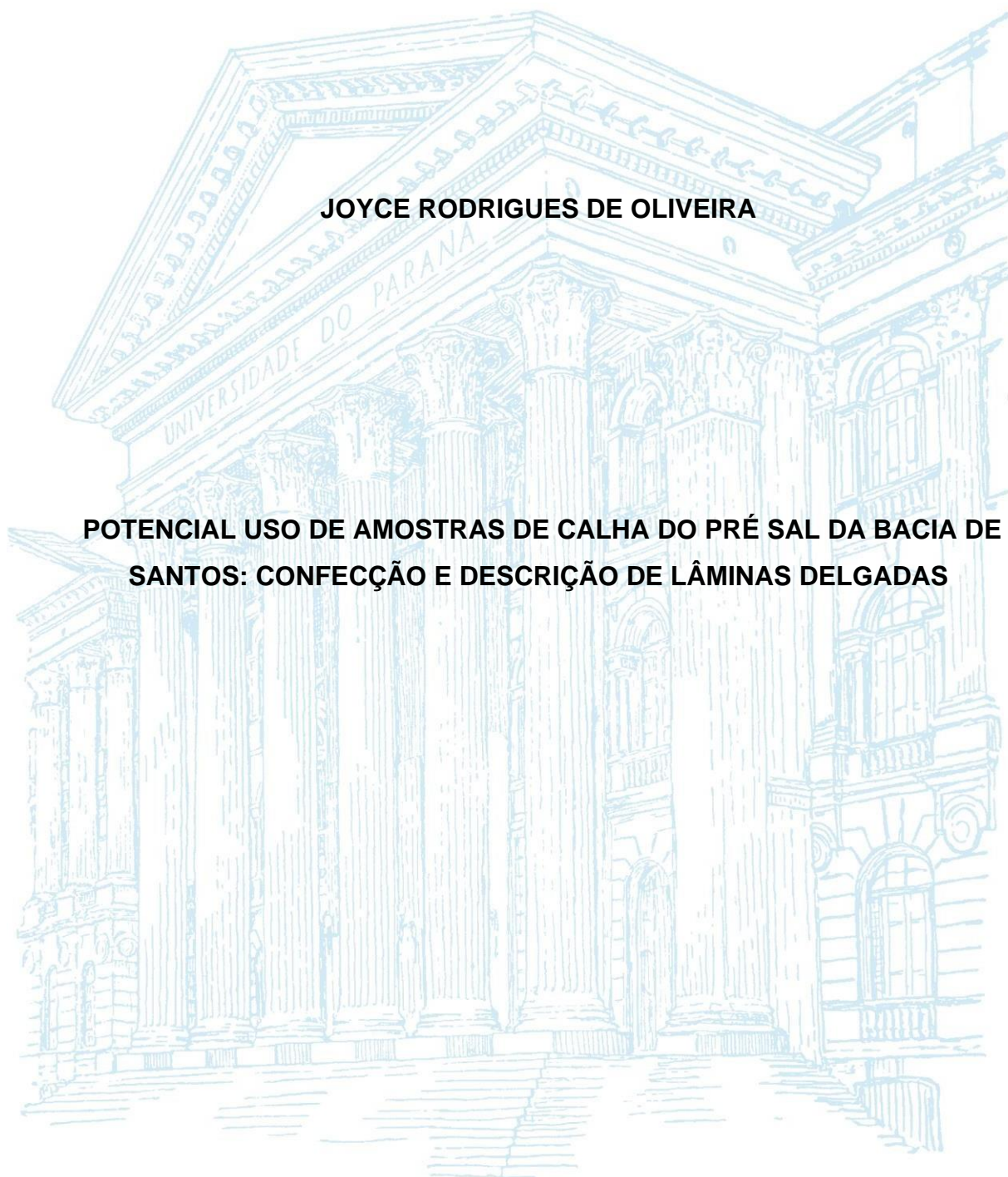


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**JOYCE RODRIGUES DE OLIVEIRA**

**POTENCIAL USO DE AMOSTRAS DE CALHA DO PRÉ SAL DA BACIA DE  
SANTOS: CONFEÇÃO E DESCRIÇÃO DE LÂMINAS DELGADAS**



**CURITIBA**

**2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**JOYCE RODRIGUES DE OLIVEIRA**

**POTENCIAL USO DE AMOSTRAS DE CALHA DO PRÉ SAL DA BACIA DE  
SANTOS: CONFEÇÃO E DESCRIÇÃO DE LÂMINAS DELGADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Geologia da  
Universidade Federal do Paraná  
como requisito parcial à obtenção do  
grau de Bacharel em Geologia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Anelize  
Manuela Bahniuk Rumbelsperger  
Coorientadora: Ms.<sup>a</sup> Joana Caroline  
de Freitas Rosin

**CURITIBA  
2023**

*Dedico este trabalho à minha mãe,  
que me fez entender desde muito  
pequena que só a educação é  
capaz de abrir as portas que um  
dia outrora nos foram fechadas.*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná pelo ensino de qualidade e gratuito e à Pró-reitoria de Assuntos Estudantis pelos auxílios estudantis que me mantiveram durante toda a graduação. Ao Instituto LAMIR (Laboratório de Análises de Minerais e Rochas) pela infraestrutura de qualidade, equipamentos e recursos disponibilizados, aos coordenadores Prof. Dr. Leonardo F. Cury e Prof. Dra. Anelize B. Rumbelsperger, à equipe técnica e de funcionários sempre disponíveis, muito obrigada, o auxílio de vocês foi fundamental. À Shell Brasil Ltda, junto ao LAMIR e FUNPAR por meio do Projeto DIAGENESIS, que financiou esta pesquisa, permitindo que ela fosse realizada.

À Prof. Dra. Anelize B. Rumbelsperger, pela oportunidade de ter sido aluna do LAMIR e por toda a orientação nesta caminhada, quando crescer quero ser que nem você! À Ms<sup>a</sup> Joana Caroline de Freitas Rosin, que me auxiliou em todas as etapas da pesquisa, mesmo quando estava do outro lado do atlântico. Obrigada, vocês me inspiram! Também gostaria de agradecer ao Prof. Almério Barros França, por me ensinar mais sobre os carbonatos do Pré-Sal e por ter se colocado disponível durante toda a pesquisa e ao Prof. Dr. Leonardo F. Cury pelo incentivo e por disponibilizar o material necessário para a execução do trabalho.

Aos meus amigos de curso e os de longa data, obrigada por serem minha rede de apoio e por terem sido meus ouvintes fiéis durante a execução deste trabalho e durante os anos da graduação, sem vocês a caminhada seria mais difícil. Ao meu amor e melhor amigo, Abner Carneiro de Melo, pelos conselhos durante a execução deste trabalho e por me incentivar e apoiar em todos os meus desafios. Aos meus pais, Marcia e Celso, que me incentivaram a trilhar este caminho, a sair da nossa cidade para conquistar conhecimento e novos espaços, obrigada pelo suporte até aqui. Aos meus irmãos, Júlio Rodrigues e Juliana Rodrigues e à minha avó materna Dona Tereza, por fazerem parte da minha torcida organizada, mesmo que há quilômetros de distância.

## RESUMO

Localizado em águas ultra profundas, o play petrolífero Pré Sal tem apresentado inúmeros desafios, com isso novas metodologias de análises surgem. Entre as novas metodologias, a análise de amostras de calha tem se tornado secundária e deixada de lado, contudo continua sendo vantajosa em muitos casos. Amostras de calha são fragmentos de rocha coletados durante a perfuração e geralmente são os únicos dados litológicos recuperados de um poço. Esse recurso subutilizado pode oferecer uma fonte de dados contínua, com ampla distribuição geográfica e estratigráfica e de custo relativamente baixo que fornece informações para inúmeros tipos de análise. Esse tipo de material apresenta várias complicações, calhas são amostras compostas que refletem as várias litologias perfuradas, além da contaminação por fragmentos da broca e pelo fluido de perfuração. Este trabalho tem como objetivo a confecção de lâminas delgadas a partir de fragmentos de amostras de calha e a identificação de fácies características do intervalo estratigráfico estudado, a fim de validar o uso potencial deste tipo de material para análises de fácies na petrografia. Foram confeccionadas 10 lâminas delgadas a partir dos fragmentos das amostras do tipo *dry-cut*, do Grupo Guaratiba, as amostras foram selecionadas de forma a abranger de forma representativa o intervalo estratigráfico e foram tratadas previamente, passando por processos de limpeza e seleção de fragmentos. Os resultados demonstram o potencial uso de amostras de calha para análises faciológicas, pois foi possível identificar e descrever as fácies dos fragmentos, identificando aspectos mineralógicos, texturais e estruturais, assim como os constituintes principais dos fragmentos carbonáticos estudados. Para a validação maior do método foi realizada uma correlação com descrições de amostras laterais do mesmo poço estudado, contrapondo os mesmos intervalos estratigráficos, aferindo assim semelhanças e diferenças das fácies encontradas. Amostras de calha representam uma mistura de litologia do intervalo perfurado, podendo também conter fragmentos de queda de camadas superiores, portanto não devem ser utilizadas para estudos pontuais e detalhados, porém 90% das amostras de calha aqui estudadas obtiveram correspondência parcial a total com as fácies descritas em amostras laterais, o que reforça o uso potencial para este tipo de material, tornando-se assim uma alternativa para regiões onde não é viável a amostragem de testemunhos e amostras laterais.

**Palavras chave:** amostra de calha, fácies, petrografia, Grupo Guaratiba, Pré Sal

## **ABSTRACT**

Located in ultra-deep waters, the Pre-Salt oil play has presented numerous challenges, with which new analysis methodologies emerge. Among the new methodologies, the analysis of cuttings samples has become secondary and left aside, however it continues to be advantageous in many cases. Cuttings samples are rock fragments collected during drilling and are often the only lithological data retrieved from a well. This underutilized resource can provide a relatively low-cost, continuous source of data with broad geographic and stratigraphic distribution that provides information for numerous types of analysis. This type of material has several complications, cuttings are samples that reflect the various drilled lithologies, in addition to contamination by drill fragments and drilling fluid. The objective of this work is to make thin sections from fragments of cuttings samples and to identify characteristic facies of the stratigraphic interval studied, to validate the potential use of this type of material for analysis of facies in petrography. Ten thin sections were made from fragments of dry-cut samples from the Guaratiba Group. The samples were selected in order to representatively cover the stratigraphic interval and were previously treated, going through cleaning processes and selection of fragments. The results demonstrate the potential use of cuttings samples for faciological analyses, as it was possible to identify and describe the facies of the fragments, identifying mineralogical, textural and structural aspects, as well as the main constituents of the studied carbonate fragments. For greater validation of the method, a correlation was performed with descriptions of lateral samples from the same well studied, contrasting the same stratigraphic intervals, thus assessing similarities and differences of the facies found. Cuttings samples represent a mixture of lithology from the perforated interval, and may also contain fragments from falling upper layers, therefore they should not be used for punctual and detailed studies, however, 90% of the cuttings samples studied here obtained partial to total correspondence with the facies described in lateral samples, which reinforces the potential use for this type of material, thus becoming an alternative for regions where lateral samples and core sampling is not feasible.

Keywords: well cuttings, facies, petrography, Guaratiba Group, Pre-Salt

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Figura de localização dos limites da Bacia de Santos, além do poço 3-ESSO-4-SPS e dados geoespaciais atuais dos blocos de exploratórios e campos de produção (janeiro de 2023). Fonte: Autora.....	4
Figura 2 - Carta estratigráfica do Cretáceo Inferior da Bacia de Santos. Fonte: Wrigth & Barnett (2020).....	5
Figura 3 - Metodologia de limpeza desenvolvida por Rosin (2021). Fonte: modificado de Rosin (2021).....	14
Figura 4 - Fragmentos provavelmente oriundos de intervalos estratigráficos superiores. A) Fragmentos da amostra 138.19-227, com fragmento anguloso no centro da imagem. B) Diversos fragmentos angulosos apontados pelas setas amarelas, amostra 138.19-248. (Fonte: Autora).....	15
Figura 5 - Etapa de impregnação dos fragmentos em resina na confecção das lâminas delgadas A) Fragmentos de sal (138/19-129). B) Fragmentos de sal após a impregnação (138/19-129). C) Fragmentos de carbonato impregnados em resina (138/19-162).....	15
Figura 6 - Classificação de rochas calcárias de Dunham (1964) modificada por Embry e Klován (1971). Fonte: (Terra et al., 2010).....	16
Figura 7 - Fragmentos da amostra de calha 138/19-162. A) Fragmentos de carbonato de coloração branca após a etapa de limpeza. B) Fragmento de coloração escura, possível fragmento de origem ígnea.....	17
Figura 8 - Fragmentos de calha da amostra 138/19-227. A seta amarela indica fragmento de coloração cinza escura semelhante à fragmentos de origem ígnea; seta vermelha indica um fragmento de sal de coloração rosada.....	18
Figura 9 - A) Fragmentos de calha da amostra 138/19-231, apresentando grande variação de cores entre os fragmentos. B) Fragmentos de calha da amostra 138/19-248, apresentando grande variação na granulometria dos fragmentos. Nota-se numerosos fragmentos alongados de carbonato.....	19
Figura 10 - A) Fragmentos de calha da amostra 138/19-250. B) Fragmentos de calha da amostra 138/19-268, a seta amarela indica um fragmento de coloração preta, possivelmente carbonato tingido por óleo.....	20
Figura 11 - Fragmentos da amostra 138/19-03 recristalizados, apresentando textura homogênea de coloração castanho escura a preta.....	21
Figura 12 - Cristais de halita preservados em fragmentos de calha recristalizados.....	21
Figura 13 - Microfotografia geral dos fragmentos da lâmina 138/19-129 (objetiva 1x). A) Em nicóis descruzados, os fragmentos são incolores. B) Fragmentos isotrópicos em nicóis cruzados.....	22
Figura 14 – Microfotografia na objetiva de 10x. A) Cristal cúbico incolor de halita em nicóis descruzados. B) Em nicóis cruzados os cristais apresentam-se isotrópicos.....	23
Figura 15 - Cristal de anidrita com clivagem bem desenvolvida. Na borda do fragmento observa-se cubos incolores, provavelmente de calcita, pois em NC ficam isotrópicos (objetiva 20x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.....	23
Figura 16 - Cristais alongados (preenchendo fratura?). Possível gipsita (objetiva 20x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.....	23
Figura 17 – A) Fragmentos de carbonato intensamente micritizados, com alguma substituição parcial de sílica. Fotomicrografia em ND (objetiva 5x). B) Mudstone composto por micrita	

escura, com intercalação de camadas mais claras, substituído parcialmente por quartzo microcristalino na porção inferior. Fotomicrografia em ND (objetiva 5x).....	24
Figura 18 - Fragmento composto por carbonato espático, com extinção divergente em nicóis cruzados (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	25
Figura 19 - Fragmento composto por cristais de carbonato espático com micrita escura nas bordas (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	25
Figura 20 - Fragmento composto por material micrítico, com preenchimento de quartzo microcristalino e carbonato em feições com formas ovais. Ao lado observa-se fragmento com morfologia comprida composta por carbonato e preenchida parcialmente por sílica, possível bioclasto. ....	25
Figura 21 - Esferulitos parcialmente recristalizados envolvidos pr cristais de dolomita euédrica flutuando em estevensita. Ao redor do fragmento observa-se micrita escura (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	26
Figura 22 - Fragmento substituído por sílica esferulítica (calcedônia). Na porção superior da foto observa-se cristais de dolomita com hábito euédrico perfeito (objetiva 5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	27
Figura 23 - Fragmento composto por calcita espática ao centro, com extinção divergente em NC, possivelmente um fragmento de shrub, com um fino envelope micrítico e micrita na porção superior do fragmento. (objetiva 5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	27
Figura 24 – Fragmento de mudstone composto por micrita escura (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	27
Figura 25 – Mudstones a wackstones compostos por micrita escura como matriz envolvendo cristais de dolomita, alguns cristais de dolomita apresentam-se euédricos enquanto outros são subédricos (objetiva de 5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.....	28
Figura 26 - Fragmento com mosaico de quartzo e cristais euédricos de dolomita "flutuando" sobre o quartzo. Nas bordas do fragmento observa-se micrita (objetiva de 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	28
Figura 27 - Fragmento de rocha composto por minerais muito finos, incolores em nicóis descruzados e com birrefringência de até 2° ordem em nicóis cruzados (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	28
Figura 28 - Shrub recristalizado com linhas de crescimento verticais e extinção divergente (objetiva de 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.....	29
Figura 29 - Esferulitos parcialmente recristalizados envoltos por micrita carbonática (objetiva de 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	30
Figura 30 - Fragmento de rocha incolor em ND, possivelmente de origem ígnea. Ao redor diversos fragmentos de micrita de coloração castanha (objetiva de 5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	30
Figura 31 - Wackstone composto por pequenos cristais euédricos a subédricos de dolomita e micrita como matriz.....	30
Figura 32 - Fragmento de micrita com cristais euédricos a subédricos de dolomita, possível micrita peloidal.....	31
Figura 33 - Falsa porosidade vulgar, causada pelo remoção dos grãos no processo de confecção das lâminas (objetiva de 2,5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	31
Figura 34 - Vista geral dos fragmentos da amostra 138/19-231 com objetiva 2,5x. A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	32

Figura 35 - Esferulito com extinção divergente e hábito fibro-radiado (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	33
Figura 36 - Fragmento de carbonato espático com hábito fibro-radial formando esferulitos na porção esquerda superior. Na porção direita inferior observa-se carbonato também com extinção divergente, mas com aspecto mais alongado, possível esferulito/shrub (objetiva 5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	33
Figura 37 - Fragmento composto por sílica esferulítica (calcedônia) (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	33
Figura 38 - Fragmento substituído por quartzo microcristalino. Possivelmente um fragmento de concha de pelecípode (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	34
Figura 39 - Laminito clássico, com intercalações paralelas de camadas mais escuras e mais claras de argila, de coloração castanha escura (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	34
Figura 40 - Wackstone com cristais euédricos a subédricos de dolomita e micrita escura como matriz (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	34
Figura 41 - Mudstone composto por micrita escura com substituição da dolomita por material micrítico posterior (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	35
Figura 42 – Provável fragmento de concha de pelecípode substituído por micrita escura, alongado e levemente convexo, indicado pela seta amarela. Ao redor fragmentos de carbonato e de micrita escura (objetiva 2,5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	36
Figura 43 - Fragmento com bioclasto (concha de pelecípode) cimentado por carbonato (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	36
Figura 44 - Wackstone composto por concha de ostracode articulada preenchida por carbonato, com paredes externas substituídas por sílica e fragmentos de conchas desarticuladas, substituídas por sílica (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	36
Figura 45 – Fragmento de bioclasto preenchido por mosaico de quartzo com crescimento das bordas para o centro e preenchido por sílica com hábito fibro-radial nas paredes externas (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	37
Figura 46 - Fragmentos de carbonato com micrita escura nas bordas (objetiva 5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	37
Figura 47 - Fragmento de carbonato espático, com cristais de carbonato bem desenvolvidos, notando-se a presença de maclas e da clivagem romboédrica (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	37
Figura 48 - Esferulito com porosidade intrapartícula (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	38
Figura 49 - Fragmento composto por carbonato, possivelmente um bioclasto. Ao redor do fragmento observa-se material micrítico (objetiva 5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	39
Figura 50 - Fragmento micrítico, na porção superior do fragmento observa-se calcita prismática, com feição “dente de cão” (objetiva 5x). Fotos de detalhe no Anexo A. A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC. ....	39
Figura 51 – Fragmento quartzoso, com cristais de quartzo anédricos de aproximadamente 200 um, provavelmente preenchendo espaço poroso no centro do fragmento e quartzo do	

tamanho de silte no restante do fragmento. Há micrita na borda do fragmento e no centro, substituindo o quartzo (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.	39
Figura 52 - Fragmento de packstone composto por fragmentos de conchas de pelecípodes compostas por carbonato e com sílica microcristalina como cimento. Ao redor do fragmento observa-se micrita (objetiva 5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.	40
Figura 53 - Fragmento de packstone composto por conchas de ostracodes cimentado por carbonato. Observa-se micrita ao redor do fragmento (objetiva 5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.	40
Figura 54 - Packstone composto por fragmentos de conchas de ostracodes desarticuladas e articuladas e fragmentos de feições ovais semelhantes a pellets, compostos por carbonato (objetiva 10x). A matriz é composta por micrita. A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.	41
Figura 55 - Fragmento carbonático, com mosaico de cristais euédricos a subédricos e micrita na borda (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.	41
Figura 56 - Fragmento composto por carbonato bem desenvolvido, com clivagem romboédrica e micritização moderada a intensa (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.	42
Figura 57 - Fragmento carbonático substituído parcialmente por sílica com envelope de micrita (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.	42
Figura 58 - Fragmentos de conchas de pelecípodes substituídos por micrita (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.	42
Figura 59 – Mudstone de coloração castanha clara composto por micrita (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.	43
Figura 60 - Vista geral dos fragmentos da amostra 138/19-286, na objetiva de 2,5x. A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.	43
Figura 61 - Fragmentos de carbonato com micritização moderada. A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.	44
Figura 62 - Fragmento de carbonato com cristal bem desenvolvido e micritização moderada a intensa. A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.	44
Figura 63 - Fragmento composto por pequenos cristais de quartzo anédricos a subédricos com presença de micrita escura. A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.	44
Figura 64 – A) Silicificação intensa substituindo micrita e esferulitos (França, 2018). B) Fragmento micrítico substituído parcialmente por quartzo microcristalino (Autora).	47
Figura 65 – A) Esferulitos com estevensita e cristais euédricos de dolomita, 5013m (França, 2018). B) Esferulitos com estevensita e cristais euédricos e equigranulares de dolomita (Autora).	48
Figura 66 - Shrub espático exibindo cristais de calcita divergentes com textura óptica fascicular, 5.149m (França, 2018) B) Fragmento carbonático espático, com extinção divergente e clivagem bem marcada, 5.187-5.190m (Autora).	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Amostras de calha selecionadas.....	13
Tabela 2 - Fácies descritas por França (2018) nas profundidades de 4.993m, 4997,5m e 501,5m.....	46
Tabela 3 - Fácies descritas por França (2018) nas profundidades de 5.174m, 5.181m e 5191,5m.....	47
Tabela 4 - Fácies descritas por França (2018) nas profundidades de 5195,5m e 5195,5m..	49
Tabela 5 - Fácies descritas por França (2018) nas profundidades de 5.202m, 5.205m e 5.209m.....	50
Tabela 6 - Fácies descritas por França (2018) nas profundidades de 5.252m, 5.256m e 5.259m.....	51
Tabela 7 - Fácies descritas por França (2018) nas profundidades de 5.312,8m e 5.324m. .	53
Tabela 8 - Fácies descritas por França (2018) nas profundidades de 5.364,5m, 5.369m e 5.379m.....	54
Tabela 9 – Índice de correlação entre as amostras de calha e amostras laterais do poço 3-ESSO-4-SPS .....	55

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. OBJETIVOS .....	2
2. REVISÃO TEÓRICA .....	2
2.1. AMOSTRAS DE CALHA .....	2
2.2. BACIA DE SANTOS.....	4
2.2.1. FORMAÇÃO ITAPEMA .....	6
2.2.2. FORMAÇÃO BARRA VELHA.....	7
2.2.3. FORMAÇÃO ARIRI.....	11
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	12
3.1. LIMPEZA E CATAÇÃO DE FRAGMENTOS.....	13
3.2. CONFECÇÃO E DESCRIÇÃO DE LÂMINAS .....	15
3.3. CORRELAÇÃO BIBLIOGRÁFICA .....	16
4. RESULTADOS.....	16
4.1. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA .....	17
4.2. DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA.....	20
4.2.1. FORMAÇÃO ARIRI.....	21
4.2.2. FORMAÇÃO BARRA VELHA.....	24
4.2.3. FORMAÇÃO ITAPEMA .....	31
5. DISCUSSÃO .....	45
5.1. FORMAÇÃO ARIRI.....	46
5.2. FORMAÇÃO BARRA VELHA.....	46
5.2.1. 4.998 – 5.001 METROS .....	46
5.2.2. 5.187 – 5.190 METROS .....	47
5.2.3. 5.193 – 5.196 METROS .....	49
5.3. FORMAÇÃO ITAPEMA .....	50
5.3.1. 5.205 – 5.208 METROS .....	50
5.3.2. 5.256 – 5.259 METROS .....	51
5.3.3. 5.262 – 5.265 METROS .....	52
5.3.4. 5.316 – 5.319 METROS .....	53
5.3.5. 5.370 – 5.373 METROS .....	54
5.4. ÍNDICES DE CORRELAÇÃO .....	54
6. CONCLUSÃO .....	55
REFERÊNCIAS .....	57
ANEXO 1 DESCRIÇÕES DAS SEÇÕES DELGADAS .....	61

## 1. INTRODUÇÃO

A descoberta anunciada de hidrocarbonetos em águas profundas na Bacia de Santos no final de 2007, se deu no play petrolífero denominado Pré-Sal, no qual os reservatórios estão localizados sob uma pilha de rochas de 3.000 a 4.000 metros de espessura (Riccomini et al., 2012). Devido a esta profundidade e ao fato do reservatório se encontrar abaixo de uma extensa camada de evaporitos, desde a sua descoberta o Pré-Sal vêm apresentando inúmeros desafios, assim conseqüentemente novas metodologias para a análise e interpretação da subsuperfície tem surgido, conforme o progresso da tecnologia e necessidade.

As amostras de rocha obtidas em perfurações sempre foram essenciais para entender as características dos sistemas petrolíferos, a fim de identificar o tipo de reservatório, selo, rocha geradora, além de detalhar os parâmetros como porosidade, permeabilidade e outras características da coluna estratigráfica. No dia a dia da indústria petrolífera, amostras de calha são amplamente utilizadas, elas são constituídas por fragmentos de rocha que são coletados durante a perfuração de um poço e que são deslocados pela broca e conduzidos através de calhas pelo fluido de perfuração até a superfície. (Fagundes, 2018). Amostras de calha são comumente utilizadas na caracterização e interpretação visual dos fragmentos na perfuração em tempo real do poço, porém essa descrição pode incidir em muitas incertezas (Fagundes, 2018; Kamiri et al., 2013).

A amostra de calha geralmente é o único material litológico recuperado de uma perfuração, isso se dá devido às dificuldades técnicas em coletar testemunhos e amostras laterais em águas ultra profundas, o que eleva os custos desse tipo de amostragem. As amostras de calha possuem uma ampla distribuição geográfica e estratigráfica nas bacias, além de dispor de custos relativamente baixos, em comparação as amostras laterais fornecem informações pontuais e testemunhos são uma fonte contínua, todavia ambos possuem um custo muito alto de aquisição. As análises realizadas através dos fragmentos de amostras de calha podem ser utilizadas como alternativa para regiões onde não se tem amostras de testemunhos, principalmente em unidades muito profundas e com poucos dados publicados. Há poucos trabalhos utilizando amostras de calha, porém elas possuem um potencial

inexplorado e podem ser vantajosas em muitos estudos, como na caracterização petrográfica (de Oliveira et al., 2018), na análise de estratigrafia de sequências (Coffey & Read, 2002), em análises paleontológicas (McLean, 1977) e até mesmo contribuindo para estudos com dados de perfilagem geofísica (Wynn & Read, 2006).

## 1.1. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo a confecção de lâminas delgadas a partir de fragmentos de amostras de calha, por consequência, a identificação de fácies características das unidades litoestratigráficas da Bacia de Santos, com base na descrição de aspectos como composição mineralógica, texturas, estruturas e constituintes dos carbonatos, a fim de validar a análise petrográfica a partir de amostras de calha, especialmente para os carbonatos do Pré Sal.

## 2. REVISÃO TEÓRICA

### 2.1. AMOSTRAS DE CALHA

O play petrolífero Pré-Sal foi a maior descoberta do setor petrolífero nos últimos 50 anos, os grandes volumes descobertos foram responsáveis por colocar o Brasil na lista de maiores produtores do mundo e por garantir a autossuficiência de petróleo tão sonhada pelo país (Riccomini et al., 2012). As primeiras ocorrências de acumulações de hidrocarbonetos do Pré-Sal foram verificadas pela primeira vez na Bacia de Santos, em água ultra-profundas (Riccomini et al., 2012). Se faz necessário que o conhecimento sobre o Pré-Sal esteja sempre em desenvolvimento, para que haja um entendimento pleno do comportamento das rochas e das estruturas que compõem o sistema petrolífero, com isso é fundamental que antigas metodologias sejam revisadas e que novas metodologias sejam criadas, conforme o avanço da tecnologia e dos desafios.

As perfurações de poços de petróleo são realizadas por sondas, estas sondas possuem diversos sistemas com funções específicas (Fagundes, 2018). A energia necessária para perfurar diversas unidades rochosas tem origem no movimento de

rotação e no peso aplicados sobre a broca, quando esta energia é transferida para as rochas é gerada a dessegregação deste material em forma de pequenas lascas e/ou de cascalhos (Fagundes, 2018). Na perfuração do poço, o fluido de perfuração tem como uma de suas principais funções carrear os fragmentos de rocha gerados pela broca através de uma calha até a superfície, por isso o nome de “amostra de calha” (Growcock & Harvey, 2005). Portanto, amostras de calha consistem em fragmentos de rocha que são coletados de forma contínua durante a perfuração do poço, sendo um importante componente para a identificação da litologia em tempo real (de Oliveira et al., 2018). A Agência Nacional do Petróleo (ANP) é quem determina a coleta de amostras de calha nos poços exploratórios, sendo coletadas em intervalos previamente determinados, como indica a resolução ANP 71/2014 (Braga, 2019). Segundo de Oliveira et al. (2018), este tipo de material é bastante sigiloso e praticamente não há doações para institutos de pesquisas e universidades, sendo assim um material subutilizado.

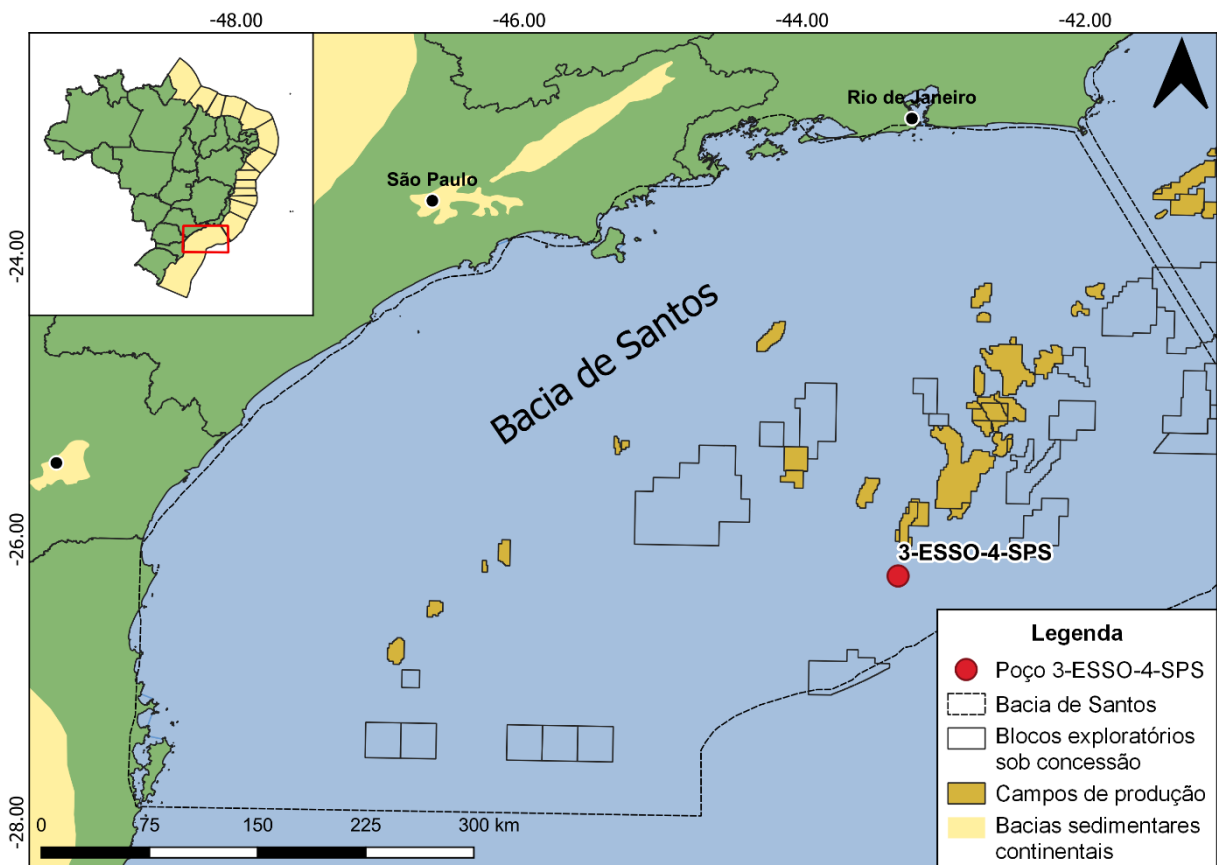
De acordo com Coffey & Read (2002), as análises de amostras de calha têm se tornado secundária, porém elas continuam sendo vantajosas em muitos casos, podendo oferecer uma fonte de dados contínua da subsuperfície com um custo relativamente baixo. Além de seu uso mais comum, utilizada para a identificação da litologia, as amostras de calha também podem ser usadas para identificar e mapear tipos de poros e eventos diagenéticos em estratos que são bem consolidados através da análise de lâminas delgadas (Coffey & Read, 2002). Os dados resultantes das análises de amostras de calha, quando utilizados juntos a dados geofísicos obtidos na perfuração geofísica do poço, podem nos proporcionar um estudo muito mais completo da litologia e do arcabouço estratigráfico de uma bacia.

Apesar das muitas vantagens existentes em se utilizar amostras de calhas, estas apresentam algumas limitações que se deve ter cuidado ao interpretar os dados obtidos, sendo uma delas a mistura de amostras de diferentes níveis estratigráficos, isso tende a acontecer principalmente em níveis menos consolidados, resultando em uma interpretação falseada do intervalo (Coffey & Read, 2002). Também é fundamental que se tenha cuidado ao analisar intercalações de camadas na coluna estratigráfica, pois essa variação de litologia pode ser confundida com mistura de diferentes litologias (Coffey & Read, 2002). De acordo com Coffey & Read (2002), a

amostragem vertical realizada em espaçamentos não tão longos se faz necessária para que haja uma melhor identificação das sequências, como por exemplo, intervalos inferiores a 10 metros.

## 2.2. BACIA DE SANTOS

A Bacia de Santos, é uma das maiores bacias sedimentares brasileiras, encontrando-se imersa, com uma extensão desde à costa do estado do Rio de Janeiro, passando pelos estados de São Paulo e Paraná, até o estado de Santa Catarina (Figura 1). Sua área total compreende 272.000 km<sup>2</sup>, com levantamento batimétrico de 3.000 metros, e com uma espessura sedimentar superior a 10.000 metros (Papattera, 2010). Ela está localizada entre a Bacia de Campos, limitada pelo Alto de Cabo Frio ao norte e a Bacia de Pelotas ao sul, sendo limitada pela Plataforma de Florianópolis (Moreira et al., 2007).



**Figura 1** - Figura de localização dos limites da Bacia de Santos, além do poço 3-ESSO-4-SPS e dados geoespaciais atuais dos blocos de exploratórios e campos de produção (janeiro de 2023). Fonte: Autora.

A Bacia de Santos, assim como outras bacias marginais brasileiras, tem a sua origem associada ao rifteamento responsável pela fragmentação do Gondwana Ocidental no início do Cretáceo (Chang et al., 2008). De acordo com Moreira et al. (2007), o arcabouço estratigráfico da Bacia de Santos abrange três supersequências, correspondendo às fases de Rifte, Pós-rifte e Drift, sendo o embasamento da bacia composto por rochas metamórficas pré-cambrianas, além de basaltos toleíticos que foram formados no Cretáceo Inferior, durante os estágios iniciais do rifte (Gomes et al., 2020).

A Figura 2 apresenta a carta estratigráfica do Cretáceo Inferior da Bacia de Santos. O Cretáceo Inferior engloba as rochas do Grupo Guaratiba, com as formações Camboriú, Piçarras e Itapema inseridas na supersequência rifte e as formações Barra Velha e Ariri na supersequência pós-rifte.

Chronostratigraphy (GTS-2012)			Lithostratigraphy		Unconformities		
			Santos	Campos			
MESOZOIC	CRETACEOUS	LOWER CRETACEOUS	115	Alagoas	Ariri	Retiro	
			118		Barra Velha	Macabu	Intra-Alagoas
			126	Jiquiá	Itapema	Coqueiros	Pre-Alagoas
				Buracica	Piçarras	Atafona	Top Lower Rift
			131	Aratu	Camboriú	Cabiúnas	Top Camboriú

**Figura 2** - Carta estratigráfica do Cretáceo Inferior da Bacia de Santos. Fonte: Wriath & Barnett (2020)

### 2.2.1. FORMAÇÃO ITAPEMA

A formação Itapema, está inserida na fase rifte da Bacia de Santos, sendo composta por sedimentos que foram depositados desde o Neobarremiano ao Eoaptiano, sendo limitados pela discordância Alagoas/Jiquiá de 123,1 Ma no topo e pela discordância Jiquiá/Buracica de 126,4 Ma na base (Moreira et al., 2007). Os sedimentos terrígenos da formação Itapema, correspondente à formação Coqueiros na Bacia de Campos, são representados por grainstones constituídos por bivalves (coquinas), wackstones e packstones bioclásticos, folhelhos escuros ricos em matéria orgânica e folhelhos carbonáticos, que foram depositados em semi-grábens em um paleoambiente lacustre durante a fase rifte, cuja condições paleoambientais (salinidade, alcalinidade, etc) possuíam grande variabilidade, o que pode ser indicado pela mudança lateral expressiva das fácies (Moreira et al., 2007).

Rocha et al. (2021), em um estudo de análise das microfácies e do paleoambiente de deposição das coquinas do Campo de Mero, na Formação Itapema, classificou essas rochas em três diferentes litofácies de acordo com a caracterização sedimentológica dos testemunhos de sondagem analisados. Foram identificadas as litofácies calcarenito bioclástico (CREb), calcirrudito bioclástico fino (CRUbf) e calcirrudito bioclástico fino-médio (CRUbfm), considerando a granulometria como principal característica diagnóstica, estas litofácies foram analisadas de forma detalhada microscopicamente e foram classificadas em doze microfácies, de acordo com suas condições texturais, composicionais e diagenéticas (Rocha et al., 2021).

De acordo com Rocha et al. (2021), a recristalização, dissolução e cimentação são processos diagenéticos comumente descritos nas coquinas deste intervalo estratigráfico, dificultando o reconhecimento dos constituintes primários, como os grãos, matriz e cimentos precoces. Bioclastos constituídos por valvas de bivalvíos são os principais grãos aloquímicos encontrados, constituindo até 95% de todos os grãos, encontram-se desde valvas inteiras desarticuladas até valvas muito fragmentadas, ocorrendo dissolvidas ou substituídas por sílica, calcita e/ou dolomita (Rocha, et al 2021). Em seguida, intraclastos carbonáticos, ooides, oncoides, grãos envelopados, peloides e eventualmente ostracodes também são encontrados (Rocha et al., 2021). Os intraclastos carbonáticos são compostos em sua maioria por conchas de bivalvíos,

e em menor proporção por ooides, oncoïdes, peloides e por intraclastos menores de coquinas, são em geral arredondados e estão usualmente silicificados (Rocha et al., 2021).

A matriz micrítica ocorre de forma esporádica, sendo encontrada micrita deposicional substituída por microespato e pseudoespato de dolomita e calcita, como também micrita pós deposicional, oriunda da micritização dos bioclastos, que se dá pelo ataque de microorganismos sobre os bioclastos (Rocha et al., 2021). A calcita é o principal tipo de cimento encontrado, subordinadamente pelos cimentos de dolomita, quartzo e calcedônia (Rocha et al., 2021).

### 2.2.2. FORMAÇÃO BARRA VELHA

A Formação Barra Velha está inserida na supersequência pós-rifte da Bacia de Santos, tendo o limite inferior representado pela discordância pré-Alagoas e seu limite superior representado pelos evaporitos da Formação Ariri, cujas idades datam de 113 Ma, marcando a passagem de um ambiente com sedimentação clástica/carbonática para um ambiente com sedimentação evaporítica (Moreira et al., 2017). A sedimentação da Formação Barra Velha se iniciou em um estágio da bacia onde não haviam atividades por meio das falhas mestras do rifteamento, apenas algumas reativações raras, iniciando-se nesse período a subsidência térmica da bacia (Sartorato, 2018). Segundo Wright & Barnett (2015), a Formação Barra Velha possui uma espessura que varia entre 500 e 55 metros ao longo da Bacia, podendo estar ausente em blocos de falhas.

A Formação Barra Velha possui uma subdivisão interna, representada pela porção inferior, cujos sedimentos foram depositados no Eoaptiano e pela porção superior, com sedimentos do Neoaptiano (Moreira et al., 2017). Esta subdivisão é limitada por uma discordância de 117 Ma, denominada discordância Intra-Alagoas, correlata a derrames basálticos de mesma idade datados pelo método Ar/Ar (Moreira et al., 2017).

Os sedimentos da porção inferior da Formação Barra Velha são caracterizados principalmente por calcários microbiais, estromatólitos e laminitos nas porções proximais, folhelhos nas porções distais, além de grainstones e packstones

compostos por fragmentos de estromatólitos e de bioclásticos, estando esses carbonatos ocasionalmente dolomitizados de forma total ou parcial (Moreira et al., 2017). Já os sedimentos encontrados na porção superior da Formação Barra Velha, limitados ao topo pela base dos evaporitos de 113 Ma, são representados por calcários microbiais (calcários estromatolíticos e laminitos microbiais) intercalados por folhelhos (Moreira et al., 2017). Para Moreira et al. (2017), o ambiente de deposição da Formação Barra Velha como um todo, é interpretado como um ambiente de transição entre continente e marinho raso.

Carminatti et al. (2008) associam uma origem microbial aos carbonatos que constituem a Formação Barra Velha, sendo depositados em um ambiente marinho raso e se desenvolvendo de forma preferencial em altos do embasamento. Estes autores também subdividem a Formação Barra Velha em duas unidades: microbialitos ricos em argila magnesianas na base da sequência e microbialitos “limpos” no topo da sequência. Terra et al. (2010) em um estudo com o objetivo de classificação de rochas carbonáticas em bacias sedimentares brasileiras, também propuseram uma origem microbial para esses carbonatos, os descrevendo como estromatólitos e esferulitos. Apesar desta ideia de gênese microbial já bem consolidada entre muitos autores, trabalhos recentes trazem uma nova perspectiva para a origem dos carbonatos da Formação Barra Velha, propondo um modelo de precipitação puramente abiótica: Wright & Barnett (2015); Wright & Tosca (2016); Farias et al. (2019); Wright & Barnett (2020); Gomes et al. (2019); Pietzsch et al. (2020).

## FÁCIES DA FORMAÇÃO BARRA VELHA

A Formação Barra Velha possui constituintes incomuns em suas rochas, cuja origem e interpretação do paleoambiente estão sendo ainda amplamente discutidas. As fácies descritas abaixo foram definidas por Farias (2018) em seu trabalho sobre a petrogênese dos carbonatos da Formação Barra Velha.

### *CALCITITOS ARBORESCENTES (SHRUBS)*

Shrubs são descritos por Wright & Barnett (2015) como crescimentos milimétricos a centimétricos (até 20 mm) de calcita densa, fibrosa a laminada, que ocorrem de forma ramificada ou como uma estrutura única. Esses carbonatos consistem em cristais policristalinos com estruturas moderadamente convexas e com

pseudo-paleocroísmo/extinção divergente (Rosin, 2021). De acordo com Rosin (2021), os shruvs possuem orientação paralela ao eixo cristalino, morfologia cônica a de leque na seção longitudinal e de semicírculo na seção transversal, com seu crescimento ocorrendo de forma *in situ* e notadamente altura maior que a largura.

Segundo Farias (2018), a deposição das camadas que caracterizam essa fácies constitui camadas centimétricas de shruvs alternadas com camadas finas milimétricas compostas por esferulitos, dolomita, calcita microcristalina, matéria orgânica e tapetes microbianos finos com dolomita. Ainda de acordo com Farias (2018), o espaço vazio que é gerado entre os agregados cristalinos é o tipo de poro mais importante no sistema poroso. Cristais de dolomita romboédricos (20-100  $\mu\text{m}$ ) que ocorrem de forma frequente e possuem um aspecto “flutuante” em lâmina delgada, podem reduzir a porosidade da rocha em grau variável (Farias et al. 2019). Além da dolomita romboédrica também podem ocorrer dolomita de franja isópaca, cimento espático de dolomita, quartzo microcristalino e mosaico, calcedônia, argila de magnésio, dawsonita e barita (Farias, 2018). Há também a ocorrência de quartzo micro e macrocristalino substituindo a calcita e quartzo prismático e euédrico substituindo a dolomita (Farias, 2018). Argila magnésiana, pelóides argilosos e até conchas de ostracodes podem ocorrer localmente de forma intersticial entre os shruvs (Farias, 2018).

Farias et al. (2019) definiram quatro tipos de substratos principais sobre os quais os cristais de calcita precipitaram-se, sendo eles argilas detríticas, silte de quartzo, mica e feldspato, lâminas de argila magnésiana e pelóides de tamanho silte a areia. Ocorrem também de forma mais rara substratos compostos de conchas de ostracodes, intraclastos calcita retrabalhadas e laminações carbonáticas provavelmente de origem microbiana (Farias, 2018).

### *ESFERULITOS*

As rochas argilosas presentes na Formação Barra Velha descritas por Farias (2018) são compostas por argilitos com alto teor de Mg e Si, estas sofreram intensos processos diagenéticos, incluindo cimentação e substituição por dolomita e quartzo e nodulização. Os argilitos também podem conter fragmentos detríticos siliciclásticos em teores variáveis, apresentando feldspato, quartzo e micas. Segundo Farias (2018),

a magnesita é comum e ocorre na forma de filamentos nos argilitos e envelopando calcitas esferulítica.

Os esferulitos são agregados cristalinos esféricos ou subesféricos compostos por calcita fibrosa, de contornos lisos ou lobados, frequentemente com tamanhos inferiores a 2 mm, são ricos em inclusões fluidas e raramente apresentam lâminas concêntricas em sua estrutura externa (Wright & Barnett, 2020; Farias, 2018). Esses agregados ocorrem isolados e/ou amalgamados, comumente apresentando-se recristalizados, com hábito fibroradial, formando uma cruz em nicóis cruzados (Farias, 2018). O núcleo dos esferulitos geralmente apresenta textura criptocristalina, composto por Si-Mg peloidal e por vacúolos, o que lhe compete a coloração castanha em nicóis descruzados (Farias, 2018).

A substituição por dolomita nos esferulitos é rara, ocorrendo com menos frequência do que sua recristalização, a dolomita tende a cimentar poros e os sedimentos intersticiais entre os agregados, formando romboedros euédricos (Farias, 2018). É comum que haja a assimilação do material da matriz nos esferulitos durante o desenvolvimento do cristal, incorporando principalmente argila magnesiana, posteriormente este material é substituído por quartzo microcristalino em um outro estágio eodiagenético (Farias, 2018).

### *LAMINITOS*

Os laminitos apresentam intercalações milimétricas de lâminas plano-paralelas contínuas, compostas por dolomita planar romboédrica com tamanho muito fino (<50um) e também por agregados microcristalinos de Mg-calcita ou Ca-dolomita, esféricos a subesféricos entre 50 a 100 um (Farias, 2018). Nota-se a presença de laminitos crenulados, apresentando micronódulos esferulíticos calcíticos e cimentação por dolomita, por vezes apresentando um sobrecrescimento fibroso ou dolomita espática posteriormente (Farias, 2018). A magnesita é comum, assim como nos argilitos, com provável origem orgânica, ocorre na forma de veios ou substituindo filamentos (Farias, 2018).

O sistema poroso do tipo fenestral ocorre com frequência nos laminitos, estes apresentam feições de dissolução preferenciais junto às lâminas mais argilosas, formando assim poros organizados na horizontal (Farias, 2018). É comum que haja

substituição ou cimentação por dolomita, calcedônia, quartzo micro e macrocristalino (Farias, 2018).

### *CALICHES*

Os caliches são comuns em ambientes semiáridos e áridos e representam acumulações carbonáticas superficiais, resultado de processos bióticos e abióticos (Esteban & Klappa, 1983). De acordo com Farias (2018), o intenso processo de recristalização de constituintes protólitos destas rochas, como shrebs e esferulitos, é muito comum, gerando micrita (calcita microcristalina), de modo geral denominada de pelóide. São interpretados processos comuns de zona freática, como a intensa cimentação por dolomita e a dissolução parcial de constituintes calcíticos (Farias, 2018). O sistema poroso também é controlado intensamente pela diagênese superficial, representado por micro e mesoporos, caracterizando porosidade do tipo interdolomita e móldica pouco conectada (Farias, 2018).

### *CALCARENITOS E CALCIRUDITOS*

Os calcarenitos são compostos por intraclastos calcíticos intrabacinais, moderadamente a intensamente recristalizados, peloides e fragmentos de laminito e seixo ocorrendo localmente, são moderadamente a bem selecionados, finos a grossos, predominando grãos médios na norma (Farias, 2018). Já os calciruditos são mal selecionados, com granulometria variando de fina a seixo, predominando areia e com composição semelhante ao dos calcarenitos (Farias, 2018).

O cimento destas rochas geralmente é composto por franjas isópacas de calcita e calcita cristalina formando mosaicos, seguido de quartzo, barita, dolomita euédrica e em sela (Farias, 2018). A porosidade observada por Farias (2018) nestas rochas é do tipo interpartícula e intrapartícula.

### 2.2.3. FORMAÇÃO ARIRI

A Formação Ariri teve sua deposição iniciando-se no Neoptiano, equivalente ao andar local Alagoas Superior, entre 0,7 a 1 Ma, ainda sendo impreciso a taxa de acumulação em virtude da alta mobilidade da halita (Moreira et al., 2007). A deposição da Formação Ariri se deu no período de transição pós-rifte em um ambiente marinho

restrito com alta taxa de evaporação (Yamamoto et al., 2019). Paredes de sal, mini bacias, almofadas e diápiros são estruturas características dos evaporitos da Formação Ariri, que é composta essencialmente por halita, com proporção variando entre 80 a 90% (Yamamoto et al., 2019; Amaral et al., 2015). Também ocorrem outros sais em menores proporções intercaladas com a halita, como taquidrita, carnalita, silvita, anidrita e gipsita (Yamamoto et al., 2019).

Solubilidade e quantidade de íons disponíveis na salmoura, são dois fatores importantes para que haja precipitação dos evaporitos, da qual segue uma ordem de deposição (Yamamoto et al., 2019). Os minerais carbonáticos são os primeiros a precipitarem (calcita e dolomita), seguido pelos sulfatos (gipsita e anidrita), halita e por último sais como silvita, carnalita, taquidrita e outros (Yamamoto et al., 2019; Sonnenfeld, 1984).

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Este trabalho está inserido no Projeto “Diagenesis” (Processo número 23075.120 789/2016-11), fruto de uma parceria técnico científica entre o Instituto LAMIR e a Shell Brasil LTDA, como consequência da Lei do Petróleo (Lei 9.478 de 6 de agosto de 1997), que visa fomentar a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico e científico.

A pesquisa utilizou amostras calha do poço 3-ESSO-4-Guarani- RJS, localizado na Bacia de Santos, operadora dos poços Exxonmobil, com autorização da ANP (Agência Nacional do Petróleo) para descrição e análises destrutivas (Processo 48610.209293/2020-99 e Ofício no 667/2020/SDT/ANP-RJ-e, de 25/06/2020). O poço 3-ESSO-4-Guarani- RJS (Guarani 1) foi perfurado até cerca de 513 metros abaixo do sal, contendo 170 amostras de calha e 16 amostras laterais. Na referida pesquisa foram utilizadas 10 amostras de calha do tipo dry-cut, com aproximadamente 30 gramas cada embalagem, incluindo duas amostras do sal. As amostras de calha foram coletadas pela Exxonmobil em intervalos estratigráficos de 3 a 9 metros e foram cedidas pela Agência Nacional do Petróleo para o Instituto LAMIR.

As amostras escolhidas para a realização da pesquisa englobam diferentes intervalos estratigráficos, a fim de representar a maior parte das fácies já descritas em

trabalhos anteriores. Foram selecionadas 10 amostras de calha, cuja profundidade e unidade litoestratigráfica podem ser visualizadas na Tabela 1.

**Tabela 1** - Amostras de calha selecionadas.

<b>Amostra</b>	<b>Profundidade (m)</b>	<b>Unidade Litoestratigráfica</b>
138/19-03	3096 – 3105	Formação Ariri
138/19-129	4899 – 4902	Formação Ariri
138/19-162	4998 – 5001	Formação Barra Velha
138/19-225	5187 – 5190	Formação Barra Velha
138/19-227	5193 – 5196	Formação Barra Velha
138/19-231	5205 – 5208	Formação Itapema
138/19-248	5256 – 5259	Formação Itapema
138/19-250	5262 – 5265	Formação Itapema
138/19-268	5316 – 5319	Formação Itapema
138/19-286	5370 – 5373	Formação Itapema

Com a finalidade de atingir os objetivos deste trabalho, os métodos adotados foram subdivididos nas seguintes etapas: (1) Limpeza e catação de fragmentos (2) Confecção e descrição de lâminas delgadas (3) Correlação bibliográfica. Todas as etapas citadas foram realizadas no Instituto Lamir (ILAMIR) e serão detalhadas a seguir.

### **3.1. LIMPEZA E CATAÇÃO DE FRAGMENTOS**

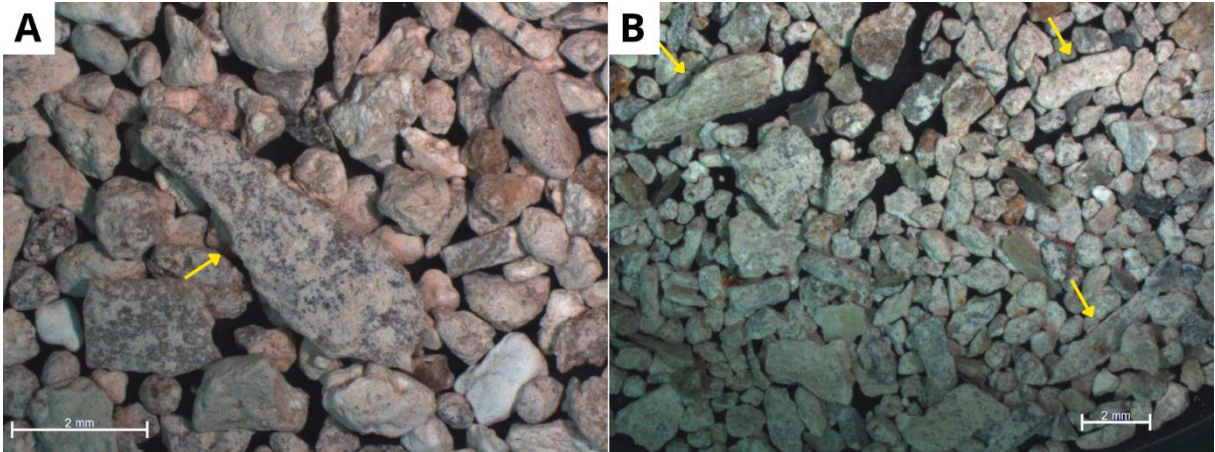
A etapa de limpeza das amostras de calha teve como objetivo principal a remoção do filme de lama envolto nas amostras e de demais materiais relacionados com a perfuração do poço, para isso foi utilizado a metodologia de limpeza de amostras de calha desenvolvida por Rosin (2021) em seu trabalho sobre o uso potencial das amostras de calha na quimioestratigrafia do Pré-Sal. Rosin (2021) testou 5 métodos de limpeza em amostras de calha, sendo o teste número 5 o mais eficaz, portanto escolhido para o tratamento das amostras de calha deste trabalho (Figura 3). Antes de iniciar o processo de limpeza, separou-se os fragmentos maiores que 01 mm através de uma peneira de *mesh/tyler* 16 e em seguida passou-se um imã rente aos fragmentos, a fim de retirar possíveis partículas metálicas oriundas da

perfuração do poço. Finalizando estes processos, as amostras foram submetidas a lavagem em um Becker com 01 litro de água deionizada no lavador ultrassônico por 20 minutos – exceto as amostras de sal, esse processo de lavagem foi repetido por mais 02 vezes. Após a terceira lavagem, as amostras foram colocadas em placas de Petri para secar em estufa por aproximadamente 24 horas.



**Figura 3** - Metodologia de limpeza desenvolvida por Rosin (2021). Fonte: modificado de Rosin (2021).

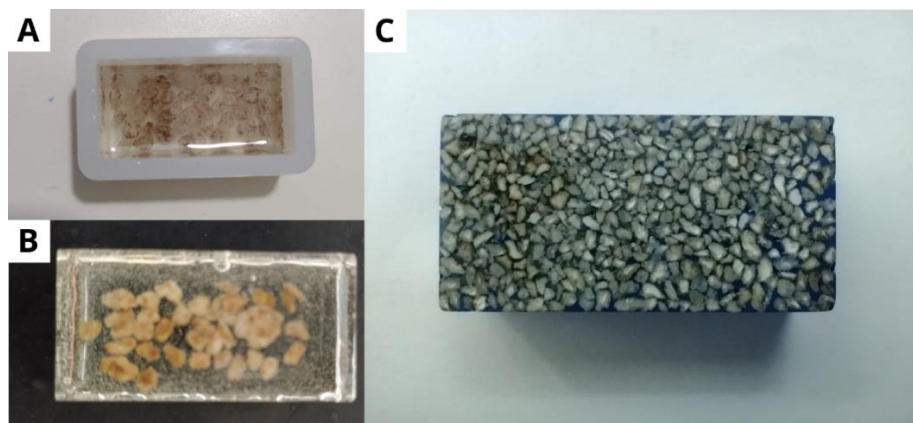
Após a etapa de limpeza dos fragmentos, foi utilizada a lupa modelo Zeiss Discovery V8 stereomicroscope para iniciar a catação dos fragmentos maiores de carbonato e sal, além da realização de uma breve descrição destes fragmentos e registro fotográfico através do software Axion Vision. A etapa de catação foi fundamental para descartar materiais sintéticos que não foram removidos na limpeza e selecionar os fragmentos que seriam melhor aproveitados na confecção das lâminas delgadas, sendo selecionados novamente fragmentos maiores que 01 mm, excluindo o material que fragmentou-se ainda mais durante a lavagem e fragmentos angulosos representados na Figura 4. De acordo com Fagundes (2018), fragmentos angulosos e pontiagudos normalmente se trata de fragmentos resultantes de desmoronamento da parede do poço de camadas já perfuradas anteriormente.



**Figura 4** - Fragmentos provavelmente oriundos de intervalos estratigráficos superiores. A) Fragmentos da amostra 138.19-227, com fragmento anguloso no centro da imagem. B) Diversos fragmentos angulosos apontados pelas setas amarelas, amostra 138.19-248. (Fonte: Autora).

### 3.2. CONFEÇÃO E DESCRIÇÃO DE LÂMINAS

As lâminas foram confeccionadas no laboratório de laminação do Instituto Lamir. Para a confecção das lâminas delgadas foi utilizado o material anteriormente selecionado na lupa e na etapa de impregnação dos fragmentos foram selecionados os fragmentos mais homogêneos que apresentavam faces retas para serem colocadas na resina (Figura X). Por se tratar de um material frágil em comparação com uma rocha dura, todo o processo de desbaste foi realizado de forma manual. Após essa etapa, as amostras seguiram a rotina normal de confecção das lâminas petrográficas. Foi utilizado epóxi azul nas seções delgadas, porém o corante não impregnou em grande parte das seções finas, também não foi utilizado corante vermelho de alizarina para a distinção de dolomita e calcita.



**Figura 5** - Etapa de impregnação dos fragmentos em resina na confecção das lâminas delgadas A) Fragmentos de sal (138/19-129). B) Fragmentos de sal após a impregnação (138/19-129). C) Fragmentos de carbonato impregnados em resina (138/19-162).

Após a confecção das lâminas delgadas, estas foram descritas utilizando o microscópio petrográfico de luz polarizada modelo Nikon Eclipse E200 e a aquisição e tratamento das imagens foi realizado através do software Axion Vision disponível no ILAMIR. As amostras foram classificadas de acordo com a classificação de rochas calcárias de Dunham (1964) modificada por Embry e Klovan (1971) (Terra et al., 2010) (Figura 6).

CALCÁRIOS ALÓCTONES					CALCÁRIOS AUTÓCTONES					
Componentes originais não-ligados organicamente durante a deposição (<10% grão >2 mm)				Textura deposicional não-reconhecível	Componentes originais não-ligados organicamente durante a deposição >10% grãos >2 mm			Componentes originais ligados organicamente durante a deposição		
Contém Matriz (Partículas tamanho argila/silte fino)		Sem matriz, grão-suportado	Suportado pela matriz		Suportado por componentes maiores que 2 mm	Organismos que atuam como obstáculos	Organismos que encrustam e ligam	Organismos que constroem um arcabouço rígido		
Menos de 10% de grãos	Mais de 10% de grãos									
O arcabouço é grão-suportado com matriz										
<i>Mudstone</i>	<i>Wackestone</i>	<i>Packstone</i>	<i>Grainstone</i>	<i>Crystalline</i>	<i>Floatstone</i>	<i>Rudstone</i>	<i>Bafflestone</i>	<i>Bindstone</i>	<i>Framestone</i>	

**Figura 6** - Classificação de rochas calcárias de Dunham (1964) modificada por Embry e Klovan (1971). Fonte: (Terra et al., 2010)

### 3.3. CORRELAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

As correlações das fácies descritas na etapa de descrição petrográfica foram realizadas com base em extensa pesquisa bibliográfica de cada unidade litoestratigráfica e principalmente com base nas fácies identificadas por França (2018) no report do poço 3-ESSO-4-Guarani- RJS, através da descrição de amostras laterais.

## 4. RESULTADOS

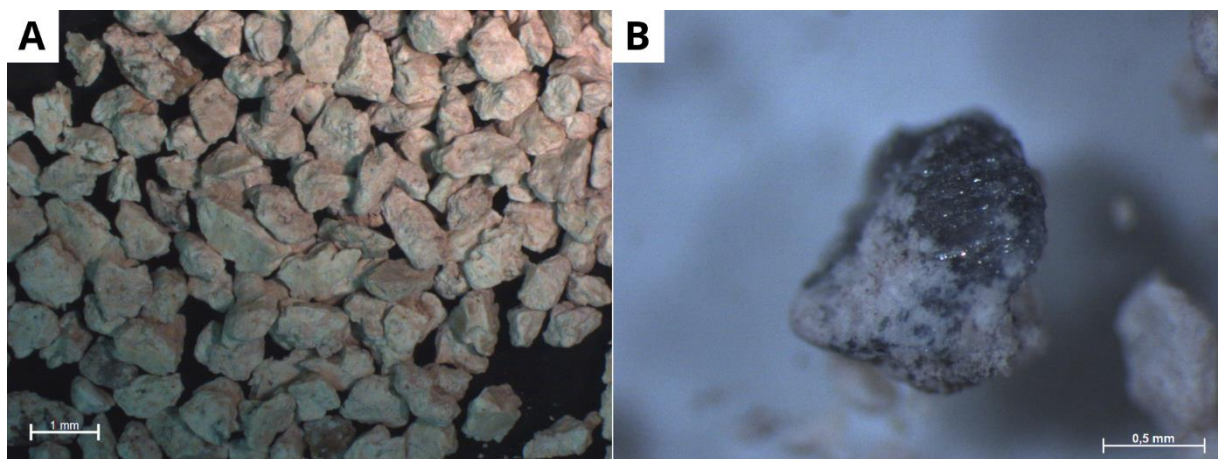
Neste capítulo será apresentado os dados e resultados obtidos a partir da descrição das amostras de calha e das lâminas delgadas confeccionadas, portanto as discussões quanto aos resultados serão realizadas no capítulo 5 deste trabalho.

#### 4.1. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

Durante o processo de catação dos fragmentos carbonáticos, após a etapa de lavagem do material, foi realizada uma breve descrição macroscópica dos fragmentos carbonáticos das amostras selecionadas.

##### *AMOSTRA 138/19-162*

Amostra constituída principalmente por fragmentos de carbonatos de coloração branca, com alguns fragmentos apresentando coloração rosa alaranjada. Os fragmentos apresentam aproximadamente 1 mm de tamanho, com boa seleção e homogeneidade. É possível observar fragmentos de coloração escura semelhantes à fragmentos de origem ígnea. Os fragmentos da amostra 138/19-162 podem ser visualizados na Figura 7.



**Figura 7** - Fragmentos da amostra de calha 138/19-162. A) Fragmentos de carbonato de coloração branca após a etapa de limpeza. B) Fragmento de coloração escura, possível fragmento de origem ígnea.

##### *AMOSTRA 138/19-225*

A amostra é constituída principalmente de carbonatos de coloração branca, apresentando poucos fragmentos de coloração escura acinzentada. Os fragmentos são homogêneos e não apresentam variação em sua granulometria.

##### *AMOSTRA 138/19-227*

Os fragmentos deste intervalo estratigráfico são predominantemente homogêneos, de coloração branca a branco acinzentado, com granulometria que varia

de 0,5 mm a 01 mm. Observa-se alguns fragmentos de coloração cinza escura, semelhantes à fragmentos de origem ígnea e fragmentos de sal. Há alguns fragmentos com a morfologia alongada, porém predomina os fragmentos com formato mais arredondado. Os fragmentos deste intervalo podem ser visualizados na Figura 8.



Figura 8 - Fragmentos de calha da amostra 138/19-227. A seta amarela indica fragmento de coloração cinza escura semelhante à fragmentos de origem ígnea; seta vermelha indica um fragmento de sal de coloração rosada.

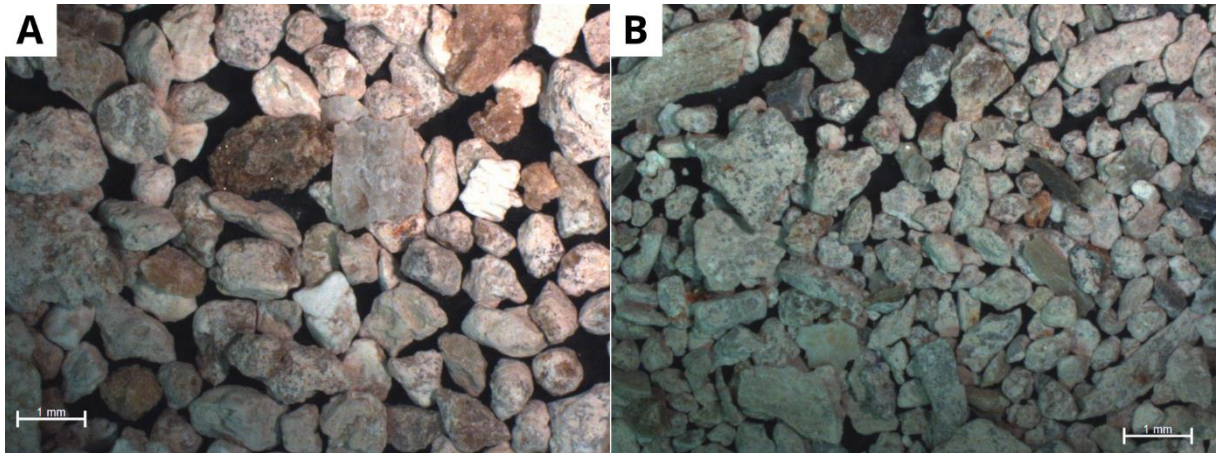
#### *AMOSTRA 138/19-231*

Amostra com aspecto mais heterogêneo e com fragmentos de diferentes granulometrias variando de 0,5 a 1,5 mm aproximadamente. Nota-se a presença de fragmentos angulosos e alongados, provavelmente provenientes da queda de intervalos estratigráficos superiores. A coloração dos fragmentos também é variada, predominando fragmentos de coloração branca e rosada e com alguns fragmentos apresentando coloração esverdeada. Os fragmentos desse intervalo estratigráfico são visualizados na Figura 9 (A).

#### *AMOSTRA 138/19-248*

O material da amostra é bastante heterogêneo, com fragmentos que variam de 0,5 a 1,5 mm de comprimento. Os fragmentos de carbonato neste intervalo estratigráfico possuem um aspecto menos “límpido” do que as outras amostras, com fragmentos mais alongados. Observa-se a presença de coloração escura acinzentado

e alongados, com formato tabular, possivelmente folhelhos. Os fragmentos deste intervalo estratigráfico podem ser visualizados na Figura 9 (B).



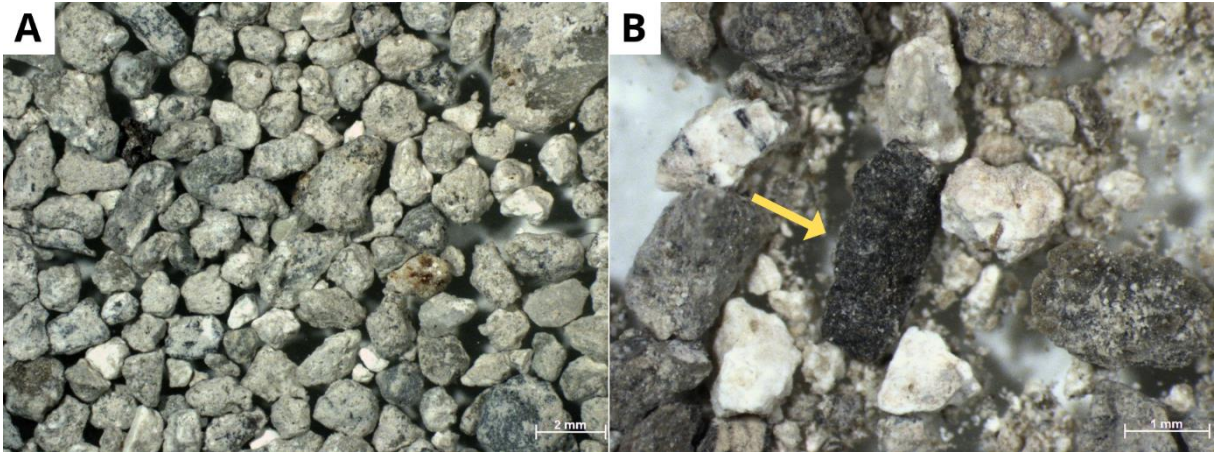
**Figura 9** - A) Fragmentos de calha da amostra 138/19-231, apresentando grande variação de cores entre os fragmentos. B) Fragmentos de calha da amostra 138/19-248, apresentando grande variação na granulometria dos fragmentos. Nota-se numerosos fragmentos alongados de carbonato.

#### *AMOSTRA 138/19-250*

Amostra com aspecto homogêneo, predominando fragmentos de carbonato de coloração branca acinzentada (Figura 10 A). A granulometria dos fragmentos varia de 0,5 até 03 mm, os fragmentos maiores são interpretados como fragmentos de queda dos intervalos estratigráficos superiores. Observa-se alguns cristais alongados, porém a maior parte dos cristais possui uma morfologia arredondada.

#### *AMOSTRA 138/19-268*

Os fragmentos neste intervalo estratigráfico são heterogêneos, apresentando granulometria variando de 0,5 mm a 1,5 mm aproximadamente. Apresenta fragmentos de carbonato de coloração branca e fragmentos com coloração acinzentada, o material deste intervalo apresenta um aspecto mais “turvo”. Não se observa-se fragmentos angulosos e nota-se fragmentos de coloração preta, possivelmente carbonatos “sujos” de óleo, pois apresentam a mesma textura dos carbonatos límpidos (Figura 10 B).



**Figura 10** - A) Fragmentos de calha da amostra 138/19-250. B) Fragmentos de calha da amostra 138/19-268, a seta amarela indica um fragmento de coloração preta, possivelmente carbonato tingido por óleo.

#### *AMOSTRA 138/19-286*

O material da amostra apresenta coloração heterogênea, com fragmentos de carbonato brancos, esverdeados e rosados e fragmentos de coloração cinza escuro a preta, possíveis carbonatos tingidos por óleo. Também se observa fragmentos de coloração escura, com textura fina e formato tabular, interpretados como fragmentos de folhelhos. Os fragmentos variam de 0,5 mm até 02 mm de comprimento.

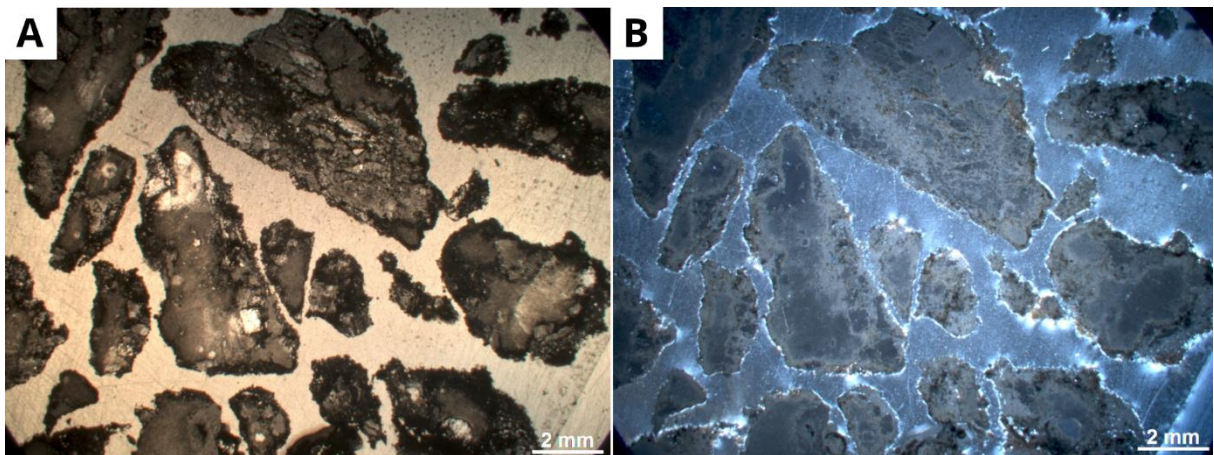
## **4.2. DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA**

Neste item do capítulo será apresentado os resultados quanto à descrição microscópica dos fragmentos de calha, incluindo os fragmentos de sal das amostras do intervalo estratigráfico da Formação Ariri. Para maior compreensão as descrições foram divididas em suas respectivas unidades litoestratigráficas. Não foi utilizado corante vermelho de alizarina para a distinção de dolomita e calcita nas lâminas, portanto não foi possível distinguir esses dois minerais quando não observadas características diagnósticas, como o hábito romboédrico da dolomita ou o hábito fibro-radial da calcita em esferulitos e shrubs. As fotomicrografias ampliadas, incluindo fotomicrografias de detalhe, podem ser visualizadas no Anexo A.

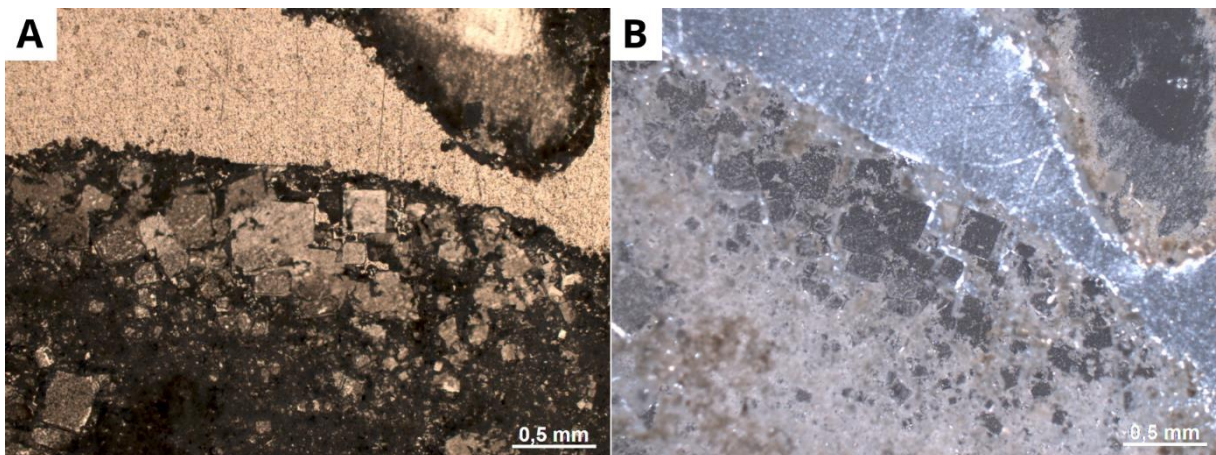
#### 4.2.1. FORMAÇÃO ARIRI

##### AMOSTRA 138/19-03

A amostra 138/19-03 pertence ao intervalo estratigráfico que vai de 3.102 a 3.105 metros, perto do início do sal que começa em 3.096 metros. A maior parte dos cristais encontram-se como uma massa homogênea, de coloração castanho escuro a preta em nicóis descruzados (ND) e cinza em nicóis cruzados (NC). Esta massa homogênea apresentada na Figura 11, é resultado da recristalização do sal que derreteu em um dia de altas temperaturas em Curitiba, cidade onde o presente trabalho foi realizado. Apesar das características diagnósticas dos minerais terem sido afetadas de forma profunda, ainda é possível visualizar cristais de halita com o hábito cúbico da halita preservado (Figura 12).



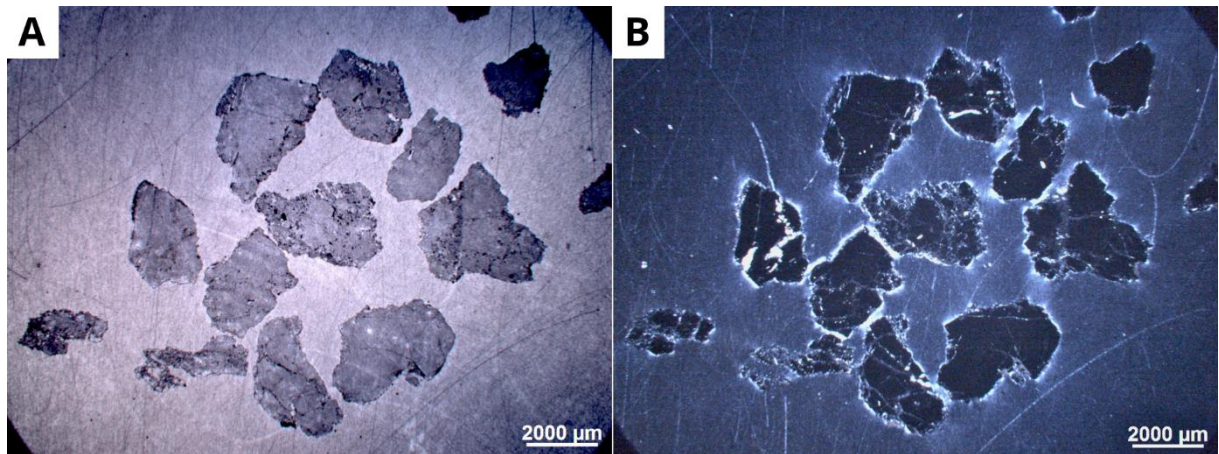
**Figura 11** - Fragmentos da amostra 138/19-03 recristalizados, apresentando textura homogênea de coloração castanho escura a preta.



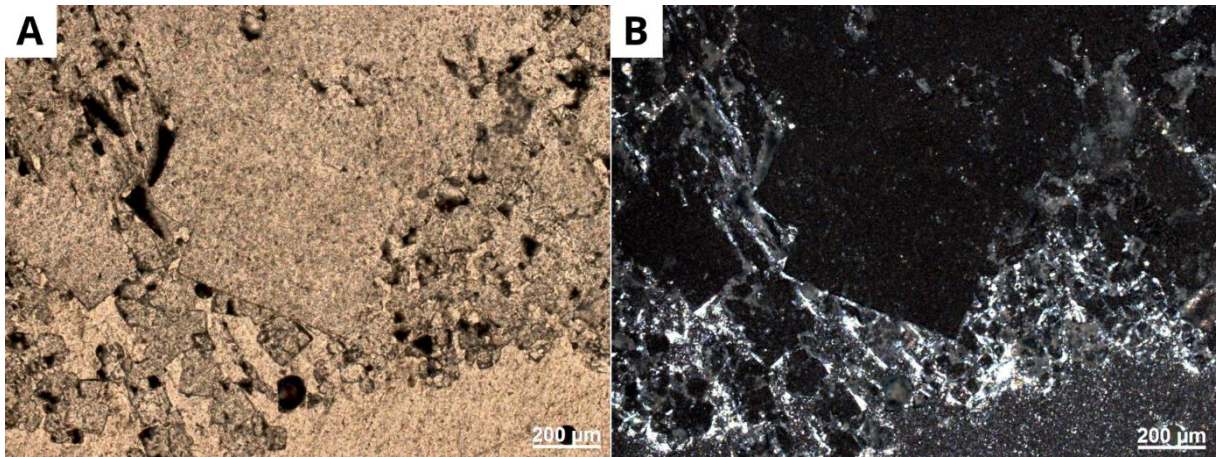
**Figura 12** - Cristais de halita preservados em fragmentos de calha recristalizados.

### AMOSTRA 138/19-129

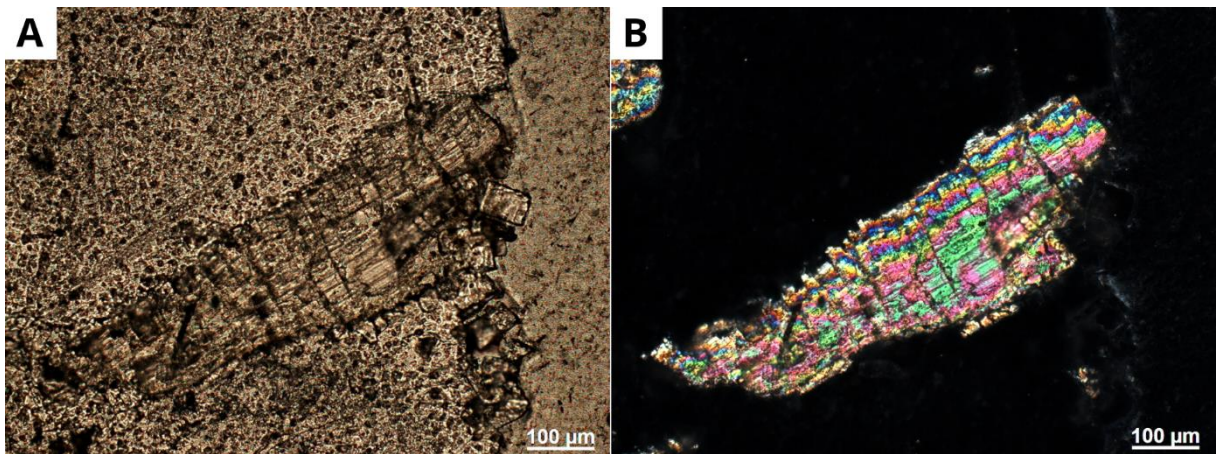
A amostra 138/19-129 pertence ao intervalo estratigráfico compreendido entre 4.899 e 4.902 metros de profundidade, e é composta por fragmentos de cristais de halita, incolores em nicóis descruzados (ND) e isotrópicos em nicóis cruzados (NC) (Figura 13). Nota-se que muitos cristais apresentam o hábito cúbico diagnóstico da halita (Figura 14). Com o aumento da objetiva em 20x, é possível observar cristais de anidrita ocorrendo como inclusões nos cristais de halita, esses cristais são alongados, com cores de birrefringência de 2<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem e clivagem bem desenvolvida ocorrendo de forma paralela e perpendicular ao comprimento do cristal, formando ângulos retos (Figura 15). Também foi observado cristais alongados e incolores, possivelmente preenchendo fraturas nos cristais de halita, em nicóis cruzados esses cristais apresentam cor de birrefringência baixa, não ultrapassando o cinza de 1<sup>a</sup> ordem, possuem extinção ondulante, não sendo possível identificar a clivagem. Esses cristais alongados foram interpretados como gipsita e podem ser visualizados na Figura 16.



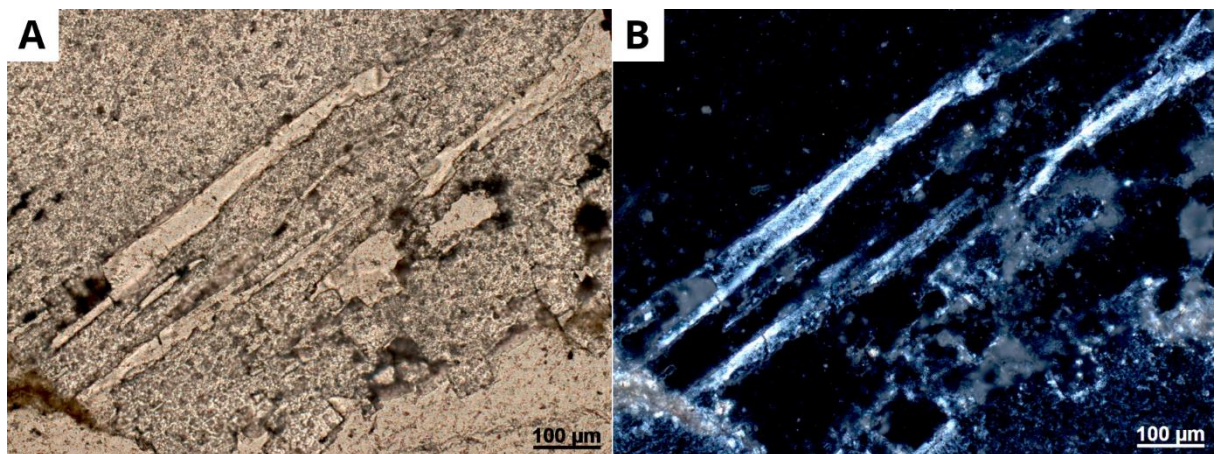
**Figura 13** - Microfotografia geral dos fragmentos da lâmina 138/19-129 (objetiva 1x). A) Em nicóis descruzados, os fragmentos são incolores. B) Fragmentos isotrópicos em nicóis cruzados.



**Figura 14** – Microfotografia na objetiva de 10x. A) Cristal cúbico incolor de halita em nicóis descruzados. B) Em nicóis cruzados os cristais apresentam-se isotrópicos.



**Figura 15** - Cristal de anidrita com clivagem bem desenvolvida. Na borda do fragmento observa-se cubos incolores, provavelmente de calcita, pois em NC ficam isótopos (objetiva 20x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.

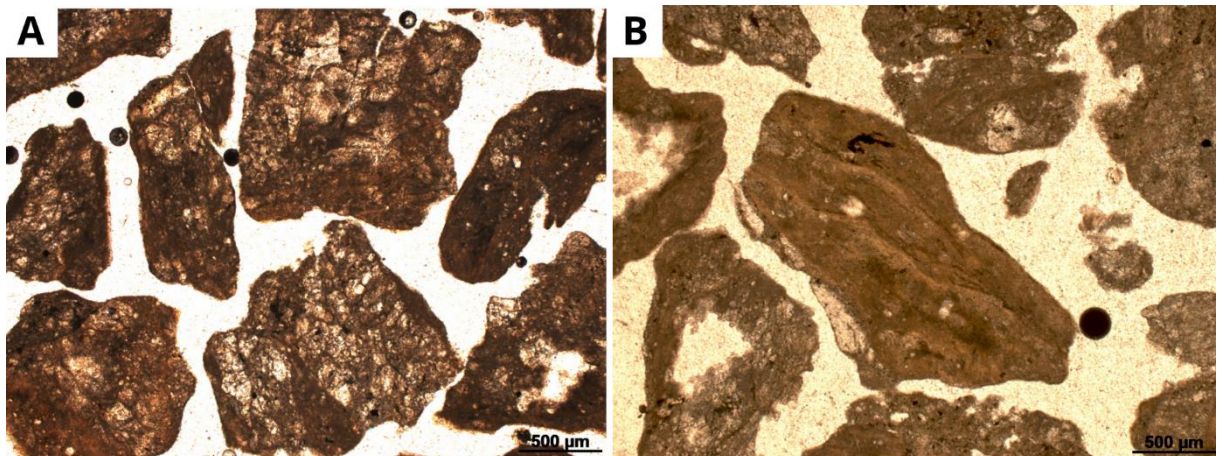


**Figura 16** - Cristais alongados (preenchendo fratura?). Possível gipsita (objetiva 20x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.

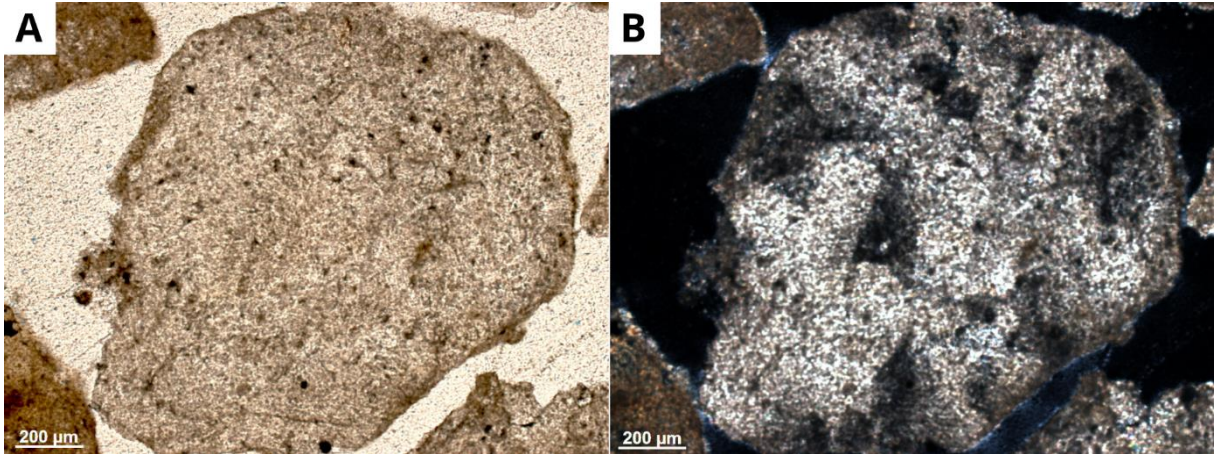
## 4.2.2. FORMAÇÃO BARRA VELHA

### AMOSTRA 138/19-162

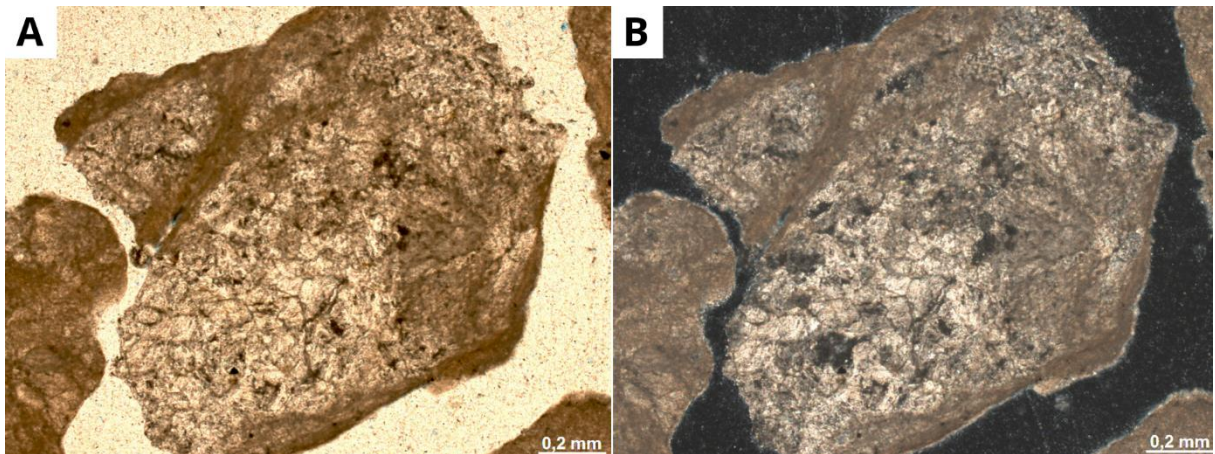
Os fragmentos descritos na amostra 138/19-162 compreendem o intervalo de 4.998 a 5.001 metros de profundidade da Formação Barra Velha. Neste intervalo ocorrem principalmente fragmentos de carbonatos com algum grau de micritização (Figura 17 A), carbonatos espáticos e fragmentos carbonáticos e/ou micríticos com substituição parcial por quartzo microcristalino. A Figura 17 B apresenta um fragmento de mudstone composto por micrita escura, com uma intercalação suave de camadas mais claras e mais escuras de coloração castanha. A Figura 18 apresenta um fragmento de carbonato espático límpido com extinção divergente em nicóis cruzados, apesar de comum na seção delgada, os fragmentos de carbonato espático com algum grau de micritização predominam (Figura 19). A substituição por sílica também é bastante comum na maioria dos fragmentos, na Figura 20 é possível visualizar um fragmento composto por material micrítico e outro fragmento carbonático, ambos substituídos parcialmente por quartzo microcristalino. As feições como morfologia ovais preenchida por quartzo, como exhibe a Figura 20, ocorre em alguns fragmentos da seção delgada, já o fragmento ao lado foi interpretado como um possível fragmento bioclástico.



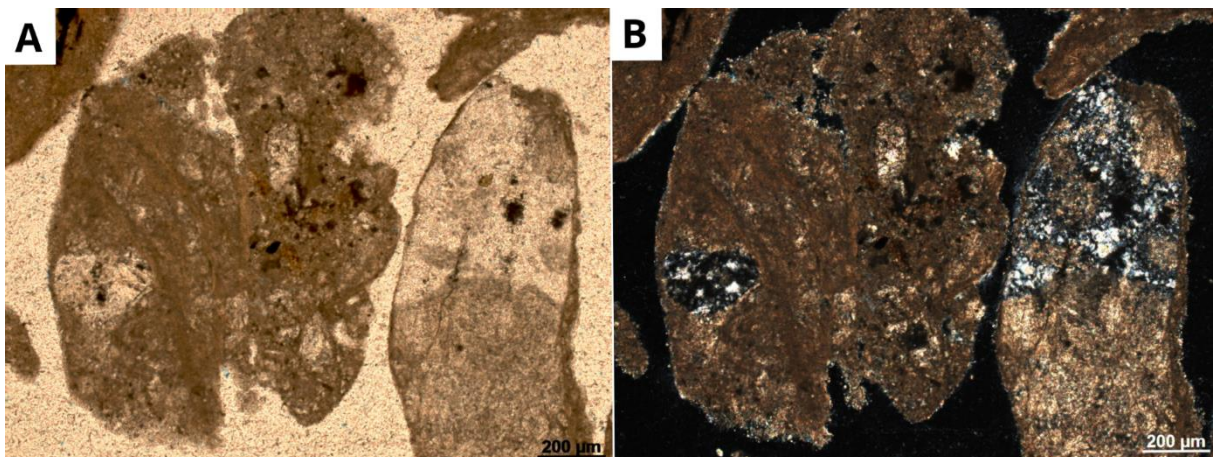
**Figura 17** – A) Fragmentos de carbonato intensamente micritizados, com alguma substituição parcial de sílica. Fotomicrografia em ND (objetiva 5x). B) Mudstone composto por micrita escura, com intercalação de camadas mais claras, substituído parcialmente por quartzo microcristalino na porção inferior. Fotomicrografia em ND (objetiva 5x).



**Figura 18** - Fragmento composto por carbonato espático, com extinção divergente em nicóis cruzados (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



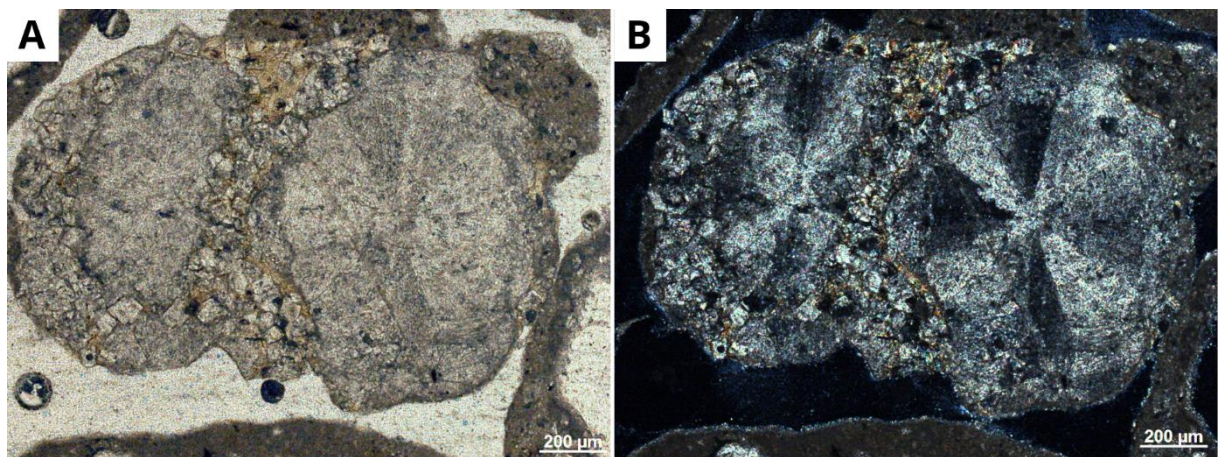
**Figura 19** - Fragmento composto por cristais de carbonato espático com micrita escura nas bordas (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



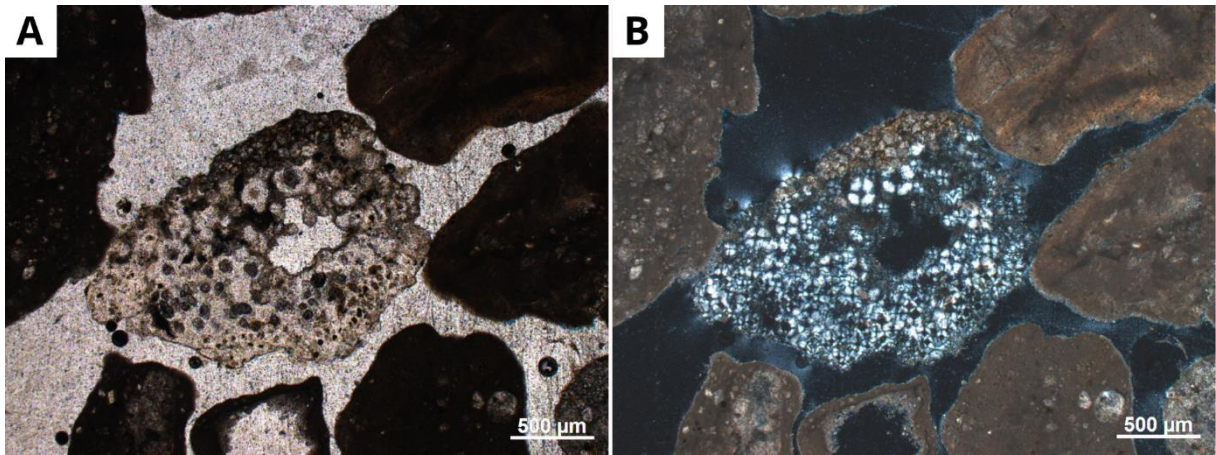
**Figura 20** - Fragmento composto por material micrítico, com preenchimento de quartzo microcristalino e carbonato em feições com formas ovais. Ao lado observa-se fragmento com morfologia comprida composta por carbonato e preenchida parcialmente por sílica, possível bioclasto.

### AMOSTRA 138/19-225

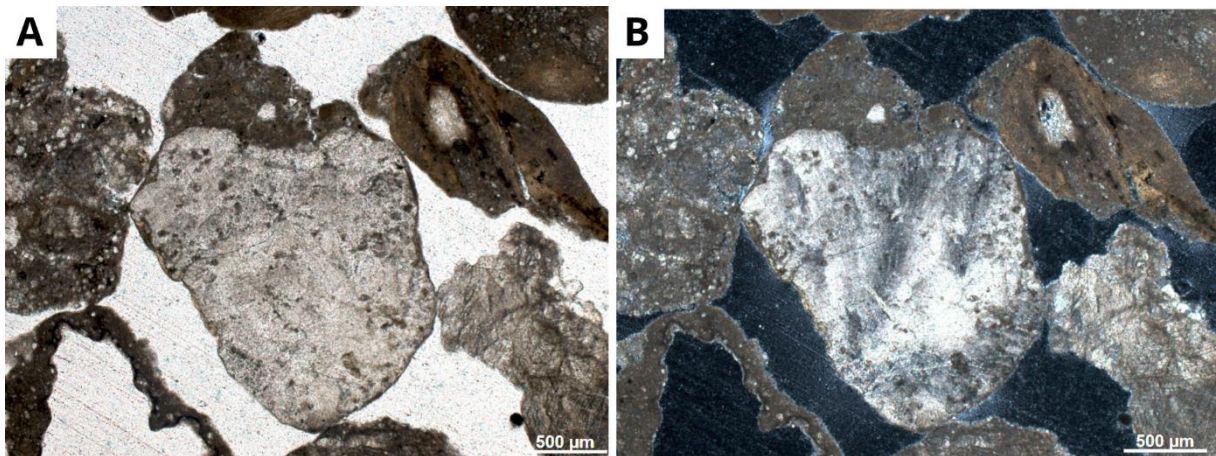
A amostra 138/19-225 corresponde ao intervalo estratigráfico que vai de 5.187 a 5.190 metros de profundidade. Foram identificadas e descritas as seguintes fácies nos fragmentos de calha deste intervalo: esferulitos parcialmente recristalizados (Figura 21), fragmentos substituídos por sílica microcristalina ou esferulítica (Figura 22) e fragmentos de carbonato espático (Figura 23), por vezes com extinção divergente e clivagem bem definida. Também é comum a presença de fragmentos de mudstone compostos por micrita, predominantemente de coloração castanha escura como mostra a Figura 24, também ocorrendo fragmentos de micrita de coloração clara típica de carbonatos. A Figura 25 apresenta fragmentos micríticos como matriz envolvendo cristais romboédricos de dolomita, esses cristais de dolomita com hábito euédrico a subédrico são bem comuns nos fragmentos deste intervalo, como na Figura 26, onde ocorrem em meio ao preenchimento de quartzo. Apesar de terem sido identificados em apenas três fragmentos neste intervalo, os fragmentos de rocha também foram descritos (Figura 27). Nota-se que em nicóis descruzados, os minerais desses fragmentos são incolores, em nicóis cruzados apresentam granulação muito fina, hábito alongado e birrefringência que varia até o rosa de 2º ordem. É possível visualizar a descrição de outros fragmentos no Anexo A.



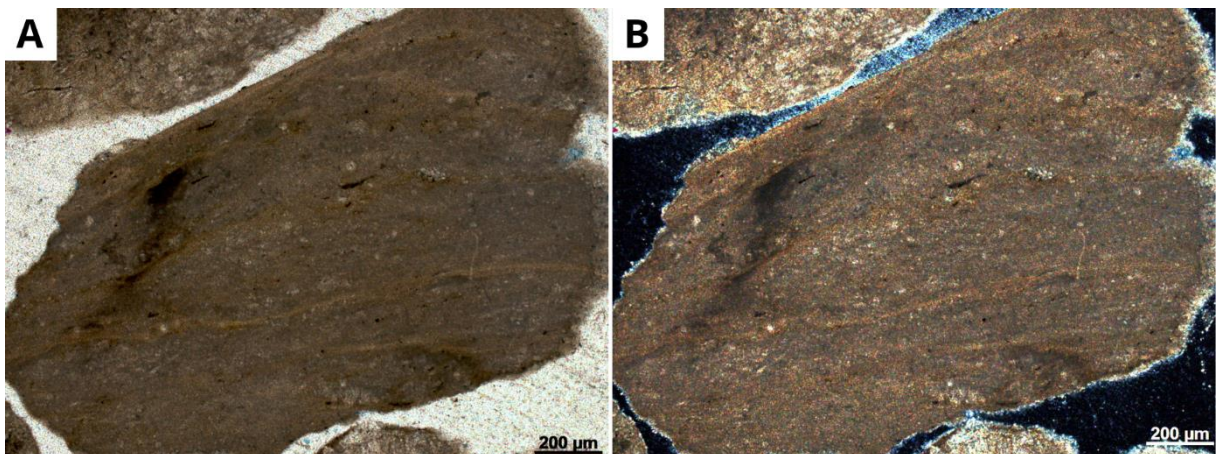
**Figura 21** - Esferulitos parcialmente recristalizados envolvidos por cristais de dolomita euédrica flutuando em estevensita. Ao redor do fragmento observa-se micrita escura (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



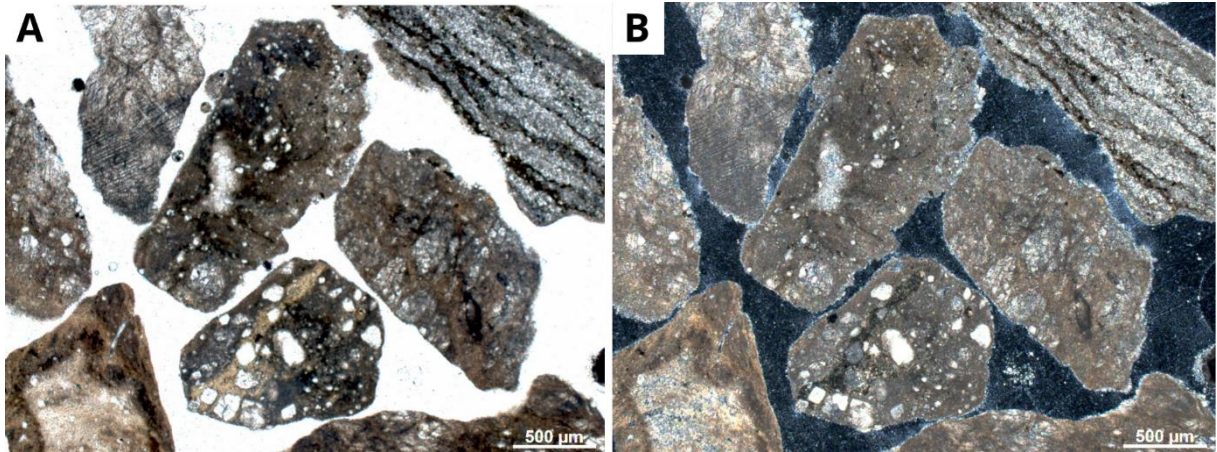
**Figura 22** - Fragmento substituído por sílica esferulítica (calcedônia). Na porção superior da foto observa-se cristais de dolomita com hábito euédrico perfeito (objetiva 5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



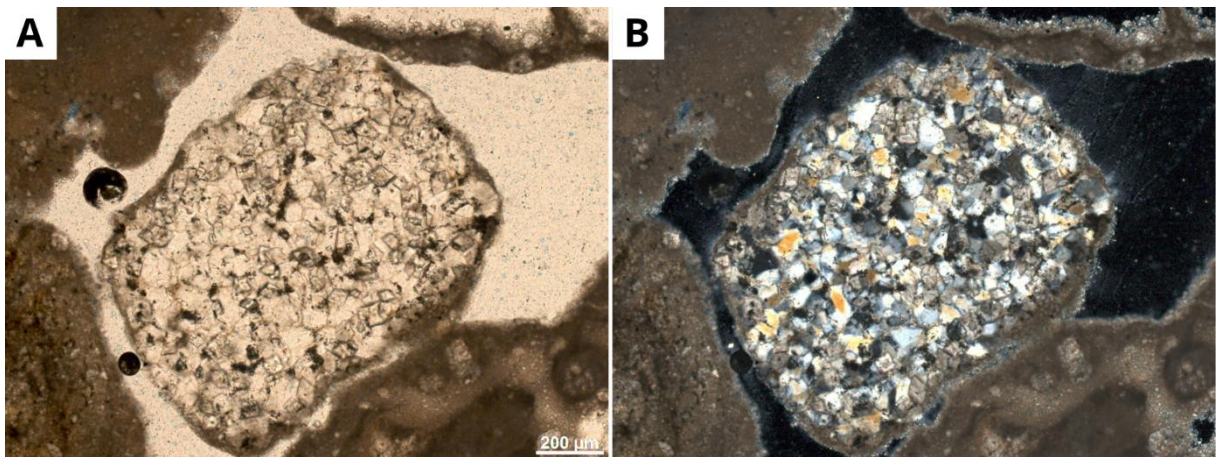
**Figura 23** - Fragmento composto por calcita espática ao centro, com extinção divergente em NC, possivelmente um fragmento de shrub, com um fino envelope micrítico e micrita na porção superior do fragmento. (objetiva 5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



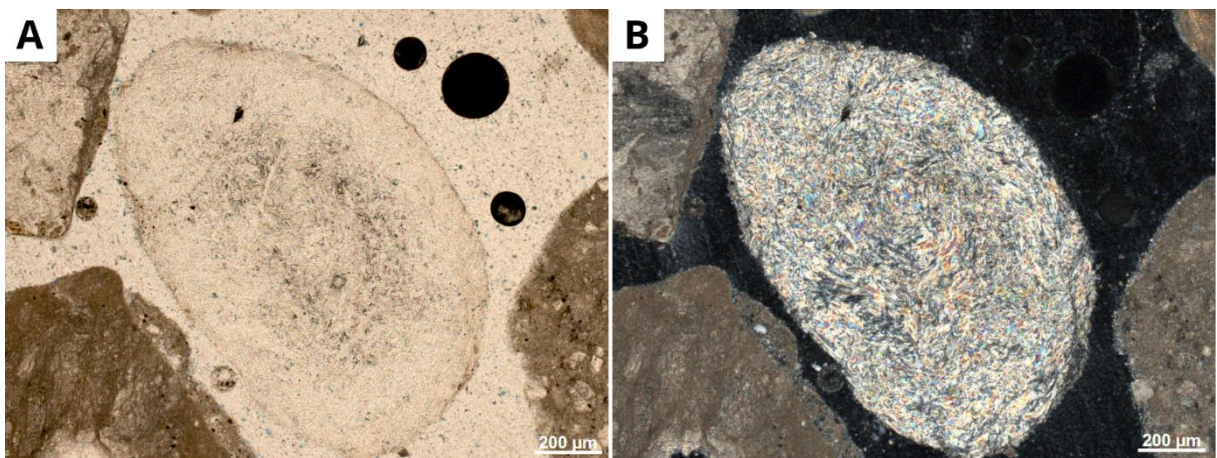
**Figura 24** – Fragmento de mudstone composto por micrita escura (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



**Figura 25** – Mudstones a wackstones compostos por micrita escura como matriz envolvendo cristais de dolomita, alguns cristais de dolomita apresentam-se euédricos enquanto outros são subédricos (objetiva de 5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



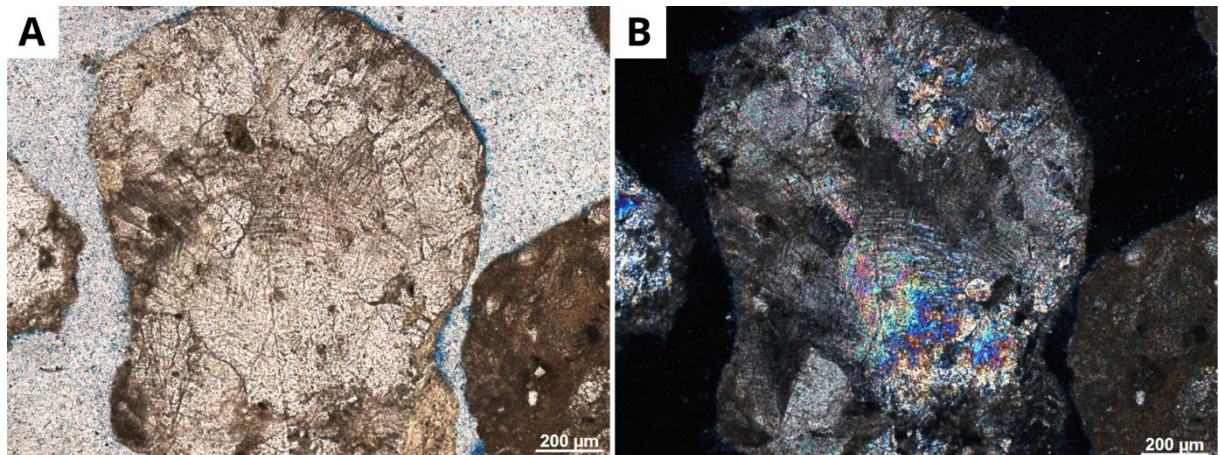
**Figura 26** - Fragmento com mosaico de quartzo e cristais euédricos de dolomita "flutuando" sobre o quartzo. Nas bordas do fragmento observa-se micrita (objetiva de 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



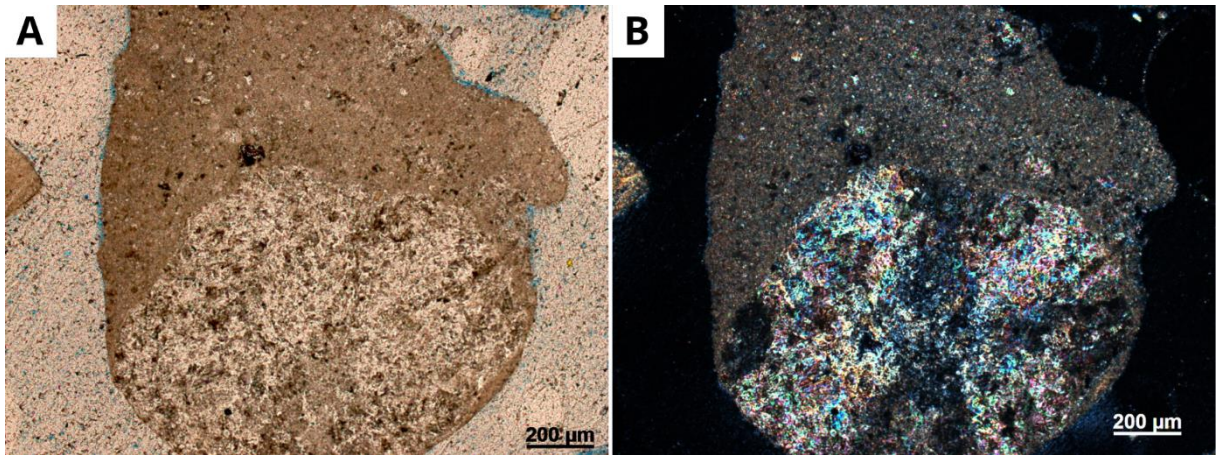
**Figura 27** - Fragmento de rocha composto por minerais muito finos, incolores em nicóis descruzados e com birrefringência de até 2º ordem em nicóis cruzados (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.

*AMOSTRA 138/19-227*

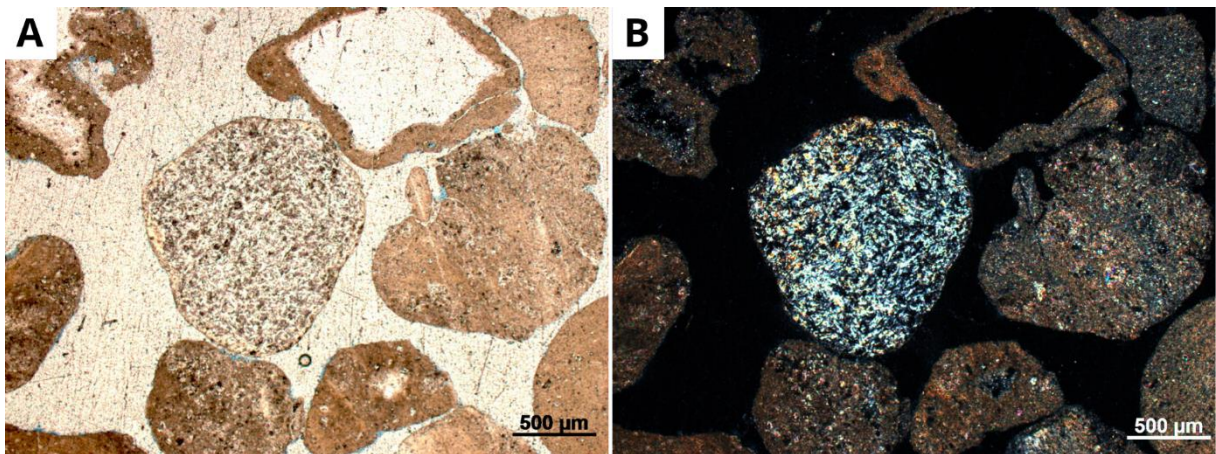
A amostra 138/19-227 engloba o material coletado entre 5.193 a 5.196 metros de profundidade. Os fragmentos encontrados neste intervalo correspondem principalmente à fragmentos de micrita e fragmentos de carbonato predominantemente recristalizados, alguns envoltos em matriz micrítica, também é muito comum a presença de pequenos cristais de dolomita euédrica ocorrendo em matriz micrítica ou em agregados sem matriz. Entre as fácies identificadas há fragmentos de shrebs recristalizados, como mostra a Figura 28, apresentando feições verticais e aspecto arborescente com extinção divergente em NC, esferulitos parcialmente ou totalmente recristalizados (Figura 29), geralmente envoltos em material micrítico e fragmentos de rocha ocorrendo de forma significativa na seção delgada (Figura 30). A Figura 31 apresenta um wackstone composto por cristais euédricos a subédricos de dolomita em matriz micrítica, que são representativos da seção delgada. Alguns fragmentos micríticos possuem morfologia arredondada, se assemelhando muito a micrita peloidal (Figura 32). Destaca-se ainda na Figura 33, feições semelhantes a uma “porosidade vugular”, estas feições são produtos da remoção de grãos durante a confecção das seções delgadas.



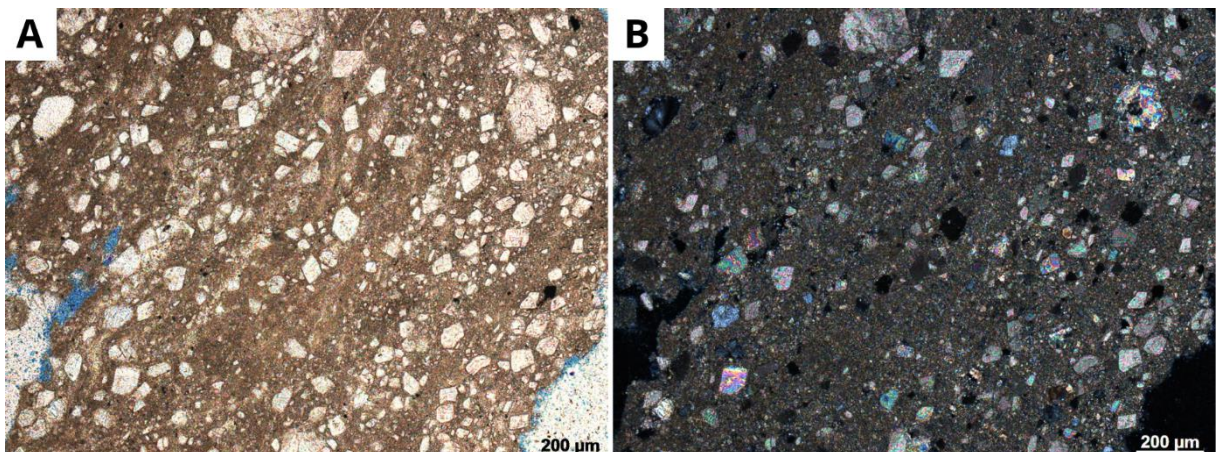
**Figura 28** - Shrub recristalizado com linhas de crescimento verticais e extinção divergente (objetiva de 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



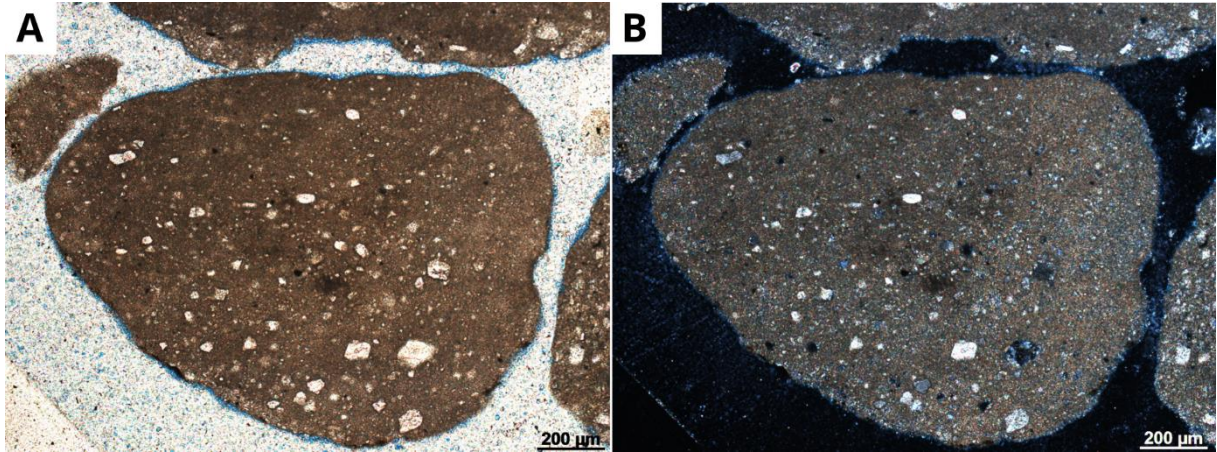
**Figura 29** - Esferulitos parcialmente recristalizados envolvidos por micrita carbonática (objetiva de 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



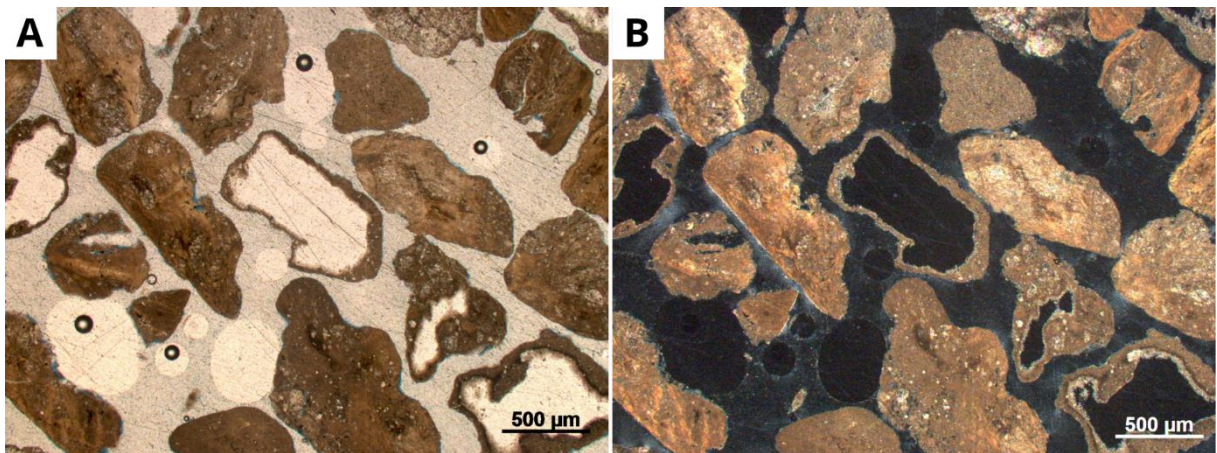
**Figura 30** - Fragmento de rocha incolor em ND, possivelmente de origem ígnea. Ao redor diversos fragmentos de micrita de coloração castanha (objetiva de 5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



**Figura 31** - Wackstone composto por pequenos cristais euédricos a subédricos de dolomita e micrita como matriz.



**Figura 32** - Fragmento de micrita com cristais euédricos a subédricos de dolomita, possível micrita peloidal.



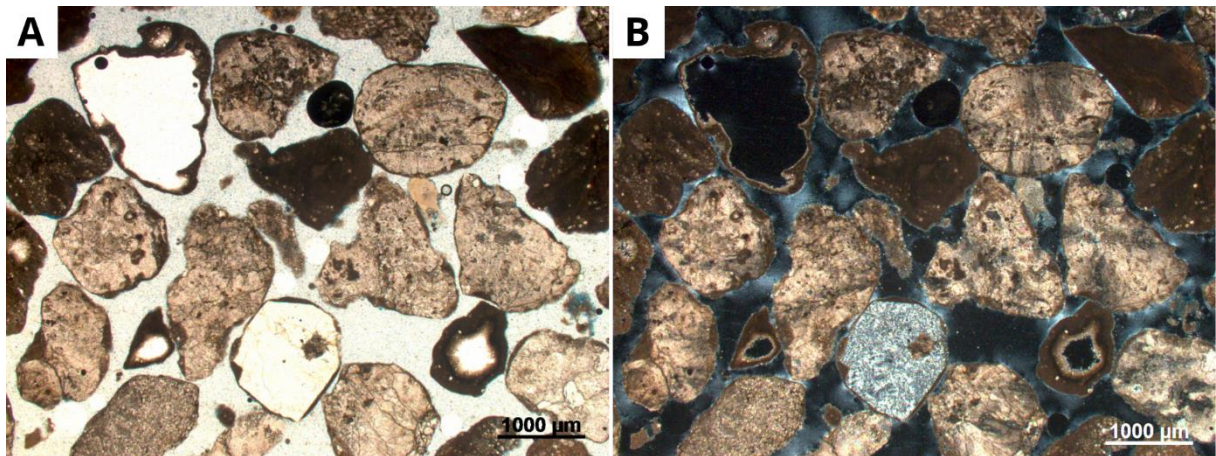
**Figura 33** - Falsa porosidade vulgar, causada pelo remoção dos grãos no processo de confecção das lâminas (objetiva de 2,5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.

### 4.2.3. FORMAÇÃO ITAPEMA

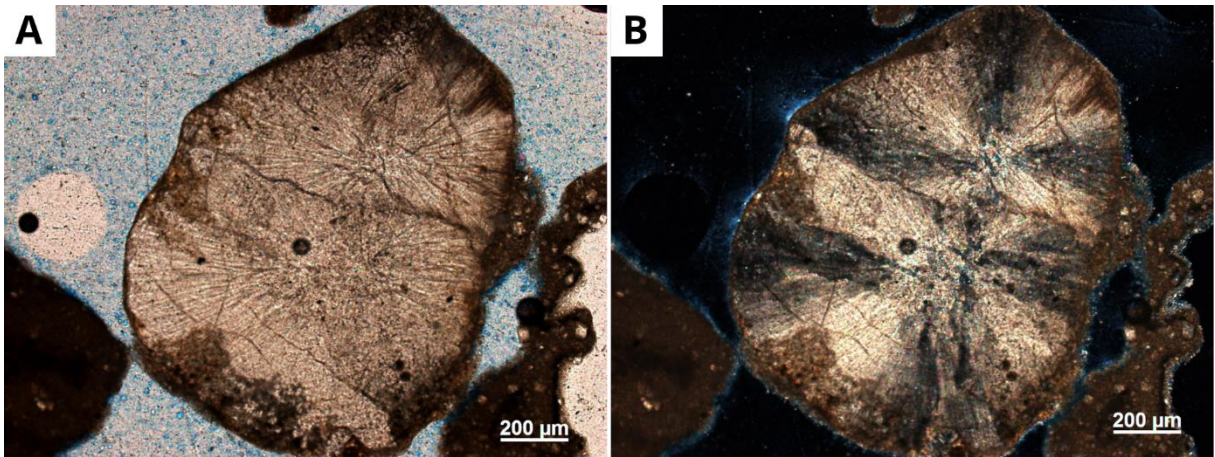
#### AMOSTRA 138/19-231

A amostra 138/19-231 compreende o intervalo estratigráfico entre 5.205 a 5.208 metros de profundidade. As principais fácies encontradas e descritas neste intervalo são representadas por fragmentos de carbonato espático com extinção divergente, mudstones a packstones com cristais euédricos de dolomita e micrita como matriz e fragmentos substituídos por sílica (Figura 34). Os fragmentos de carbonato são representados principalmente por esferulitos (Figura 35), com hábito fibro-radiado e extinção divergente ao girar a platina do microscópio. A Figura 36 apresenta um fragmento carbonático com a formação de dois esferulitos em sua borda esquerda, parcialmente recristalizados, enquanto na borda direita do fragmento há

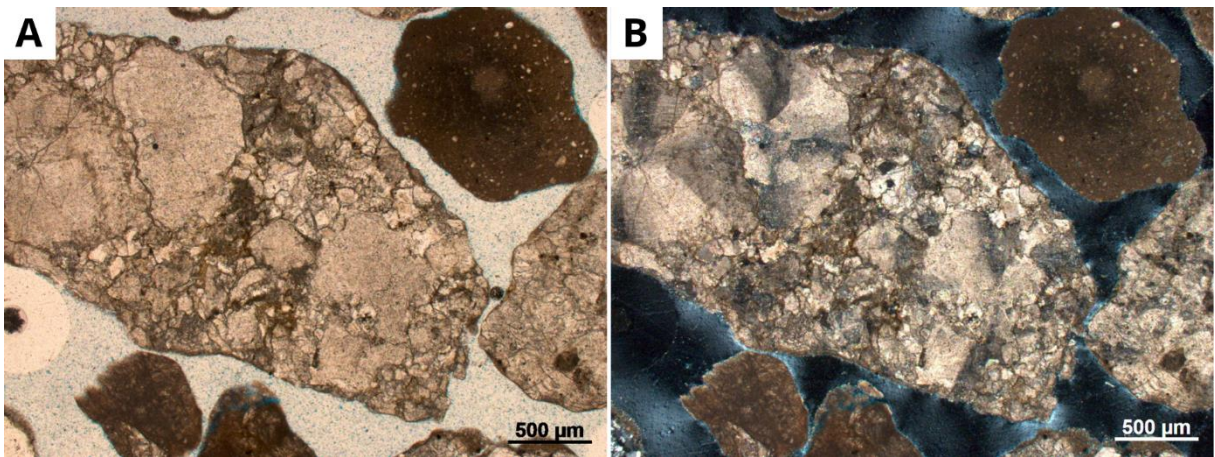
uma feição também com hábito fibro-radial, porém de maior comprimento, se assemelhando a um esferulito/shrub. Em meio a esse fragmento há a presença de pequenos losangos de dolomita euédrica flutuando em um mineral alaranjado, possível cimento de estevensita. Fotos apresentando maior detalhes deste fragmento podem ser visualizadas no Anexo A. Na amostra 138/19-231 também ocorrem de forma significativa fragmentos substituídos por sílica. A Figura 37 apresenta um fragmento substituído por calcedônia esferulítica, sendo possível também observar substituição por quartzo microcristalino no fragmento apresentado na Figura 38. Este fragmento apresenta uma morfologia semelhante a fragmentos de conchas de pelecípodes identificadas em intervalos inferiores. Quanto aos fragmentos com presença de material micrítico, é muito comum encontrar fragmentos de laminitos como o da Figura 39, com intercalações paralelas de camadas mais escuras e mais claras, de coloração castanha, também encontra-se fragmentos de wackstones compostos de micrita clara ou escura, com cristais de dolomita euédricos a subédricos (Figura 40). A Figura 41 apresenta um fragmento de mudstone composto por micrita escura com provável substituição da dolomita euédrica por material micrítico de coloração mais clara, é possível ver o hábito dos antigos cristais de dolomita preservados.



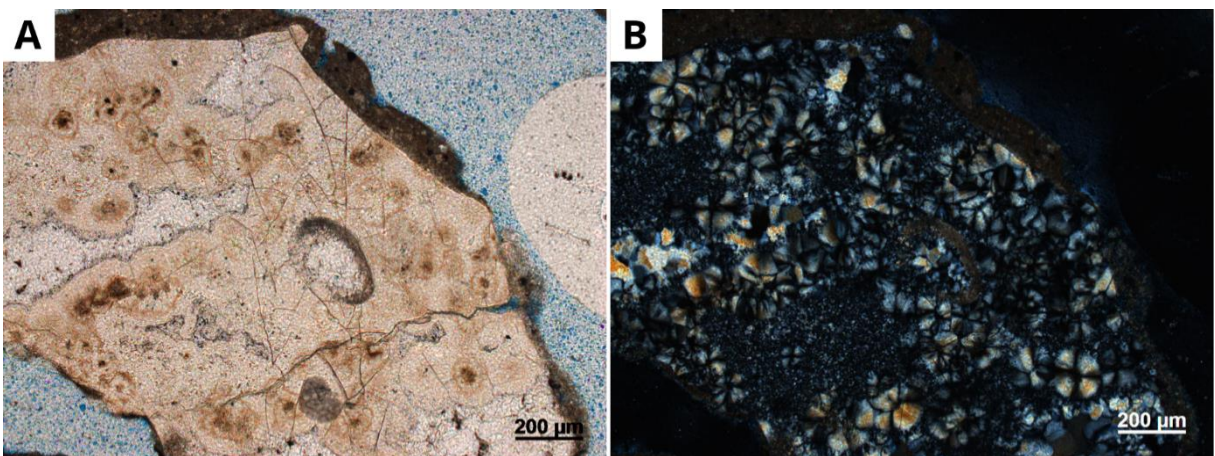
**Figura 34** - Vista geral dos fragmentos da amostra 138/19-231 com objetiva 2,5x. A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



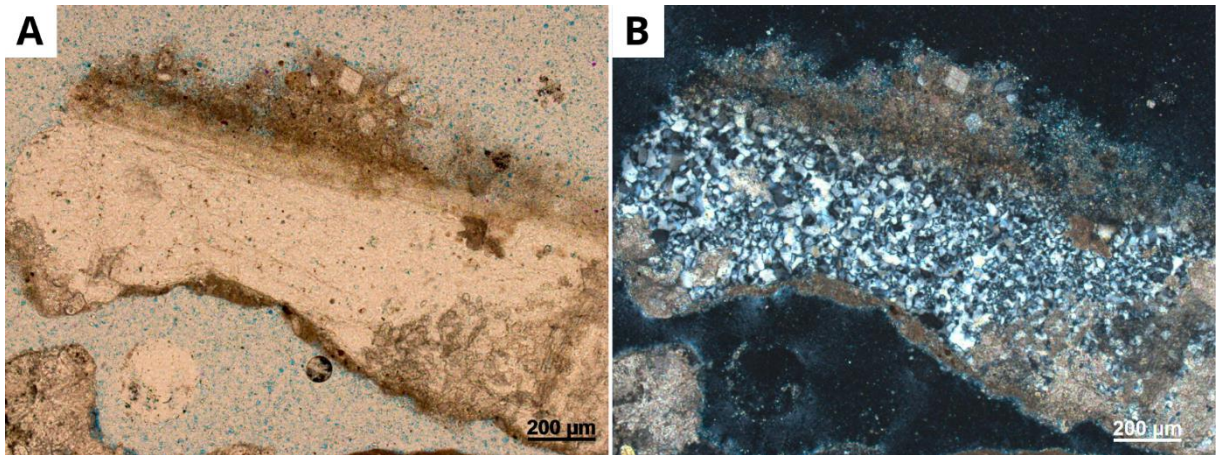
**Figura 35** - Esferulito com extinção divergente e hábito fibro-radiado (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



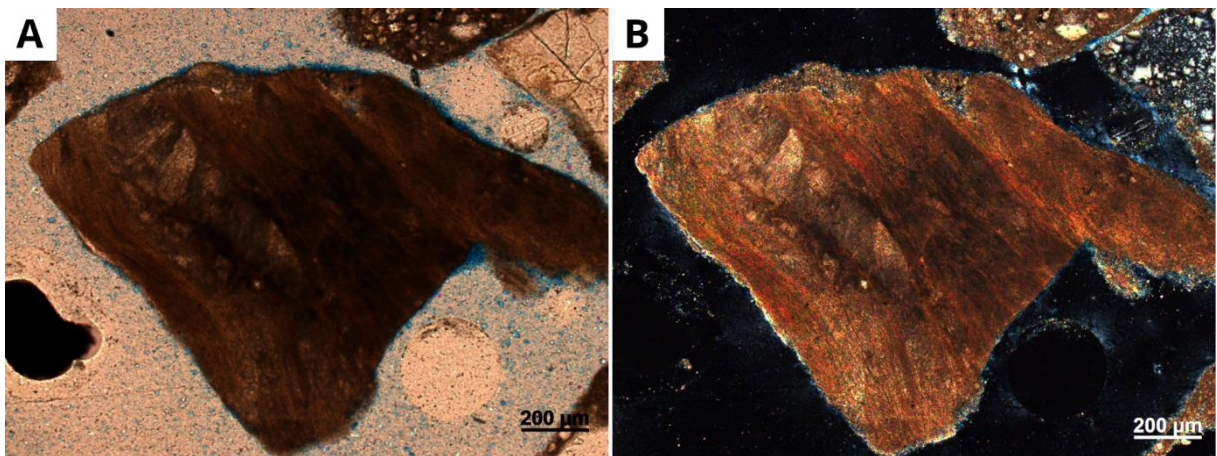
**Figura 36** - Fragmento de carbonato espático com hábito fibro-radial formando esferulitos na porção esquerda superior. Na porção direita inferior observa-se carbonato também com extinção divergente, mas com aspecto mais alongado, possível esferulito/shrub (objetiva 5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



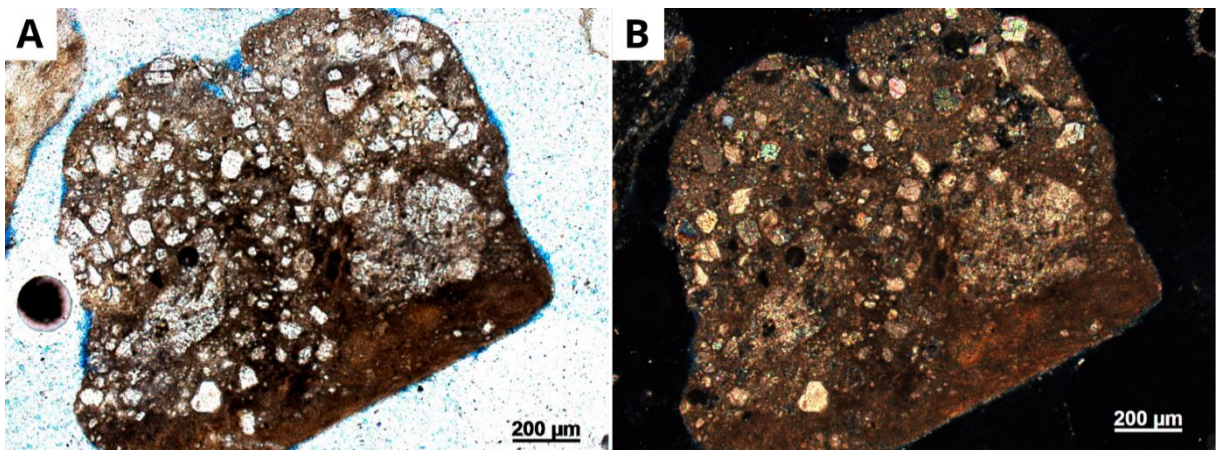
**Figura 37** - Fragmento composto por sílica esferulítica (calcedônia) (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



**Figura 38** - Fragmento substituído por quartzo microcristalino. Possivelmente um fragmento de concha de pelecípode (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



**Figura 39** - Laminito clássico, com intercalações paralelas de camadas mais escuras e mais claras de argila, de coloração castanha escura (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



**Figura 40** - Wackstone com cristais euédricos a subédricos de dolomita e micrita escura como matriz (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.

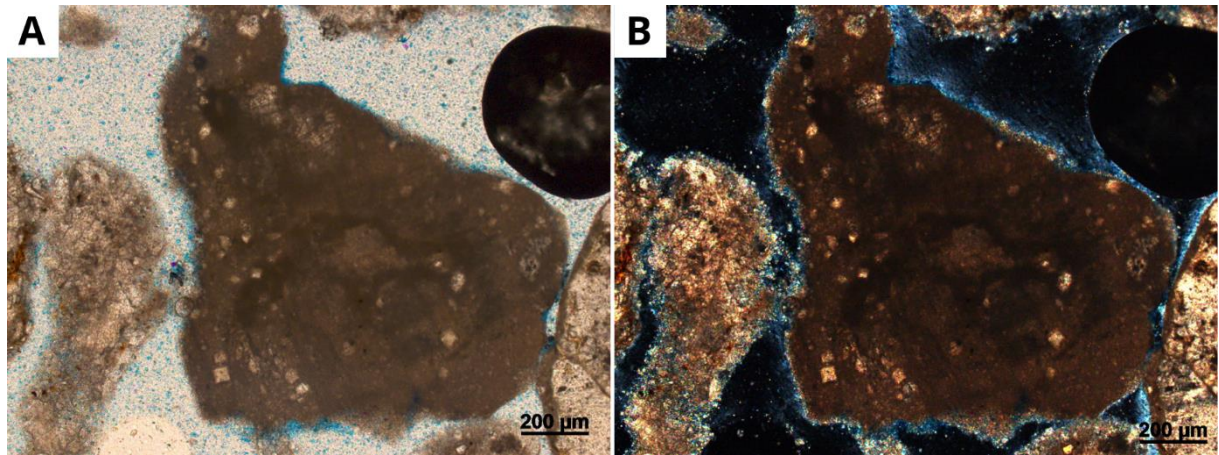
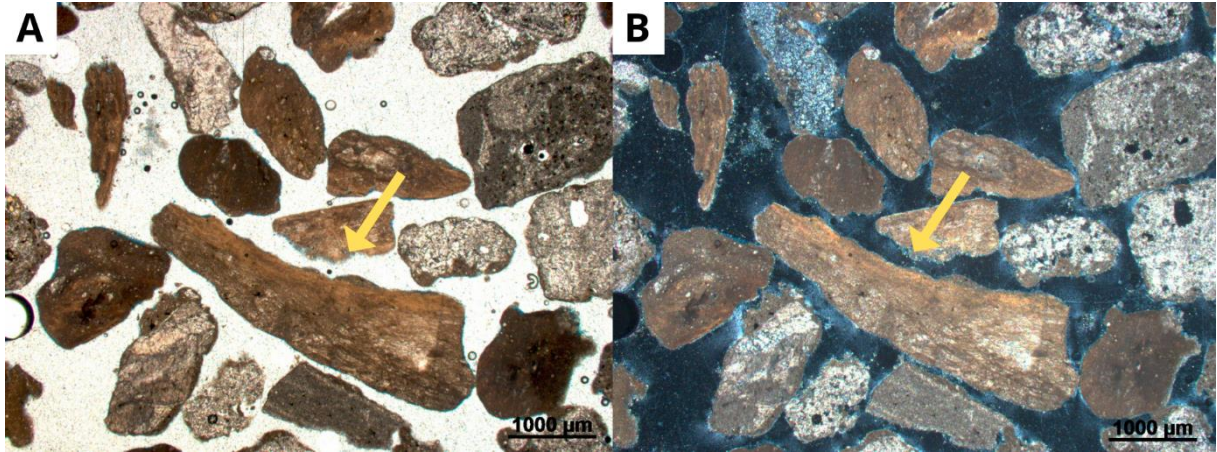


Figura 41 - Mudstone composto por micrita escura com substituição da dolomita por material micrítico posterior (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.

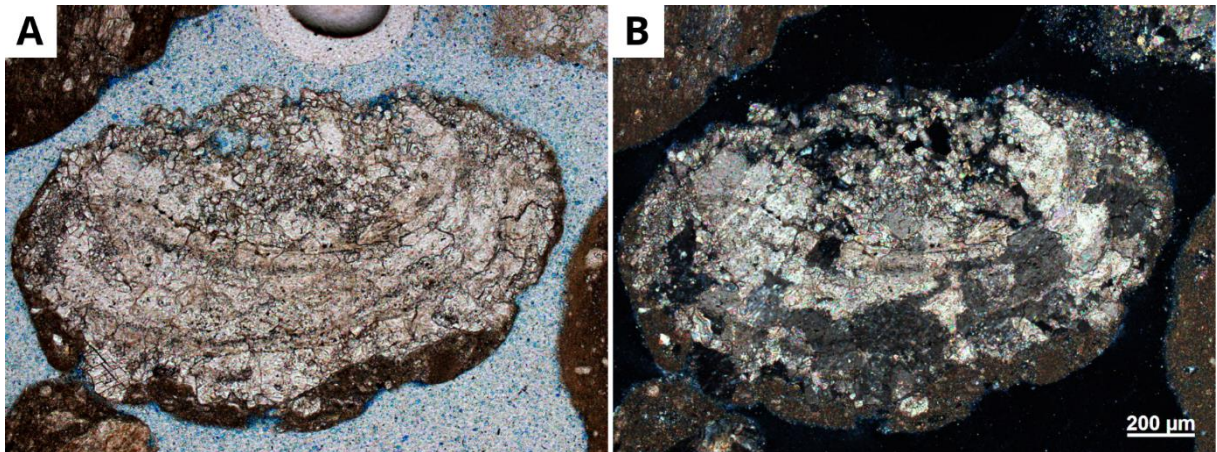
#### *AMOSTRA 138/19-248*

A amostra 138/19-248 é composta pelos fragmentos coletados durante a perfuração do intervalo entre 5.256 a 5.259 metros de profundidade. As principais fácies identificadas neste intervalo correspondem a fragmentos de bioclastos, predominantemente substituídos por micrita ou sílica, fragmentos de carbonatos e shrebs. Ocorre de forma significativa fragmentos alongados, retilíneos e com estrutura levemente convexa, como o fragmento representado no centro da Figura 42, possivelmente se trata de fragmentos de conchas de pelecípodes substituídos por micrita. Já na Figura 43, a concha de pelecípode é claramente delimitada em nicóis descruzados, sendo cimentada por carbonato. A Figura 44 apresenta um fragmento de wackstone composto por conchas de bivalves preenchidas por carbonato e substituídas por sílica. Há também fragmentos de bioclastos totalmente substituídos por sílica, a Figura 45 apresenta um fragmento de concha, provavelmente de pelecípode, com sua estrutura interna substituída por quartzo formando um mosaico e com a estrutura externa substituída por sílica com hábito fibro-radial.

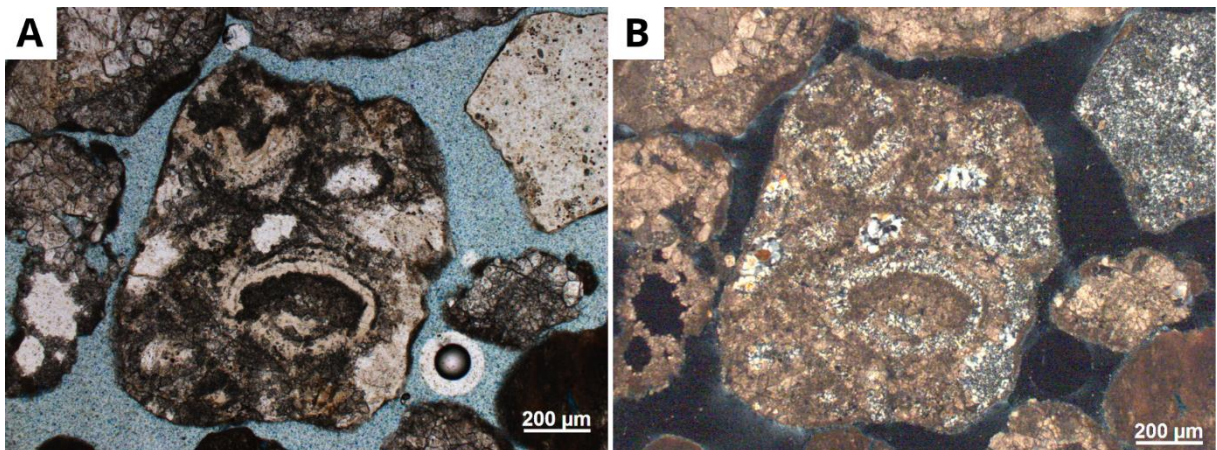
Os fragmentos carbonáticos também são bastante comuns nesta amostra, apresentando-se como fragmentos de carbonato com cristais menores, de aproximadamente 50 a 200 µm (Figura 46) e cristais maiores, bem desenvolvidos, formando maclas e clivagem romboédrica (Figura 47). Observa-se também alguns poucos fragmentos de esferulitos (Figura 48), às vezes ocorrendo parcialmente recristalizados, com extinção divergente em NC.



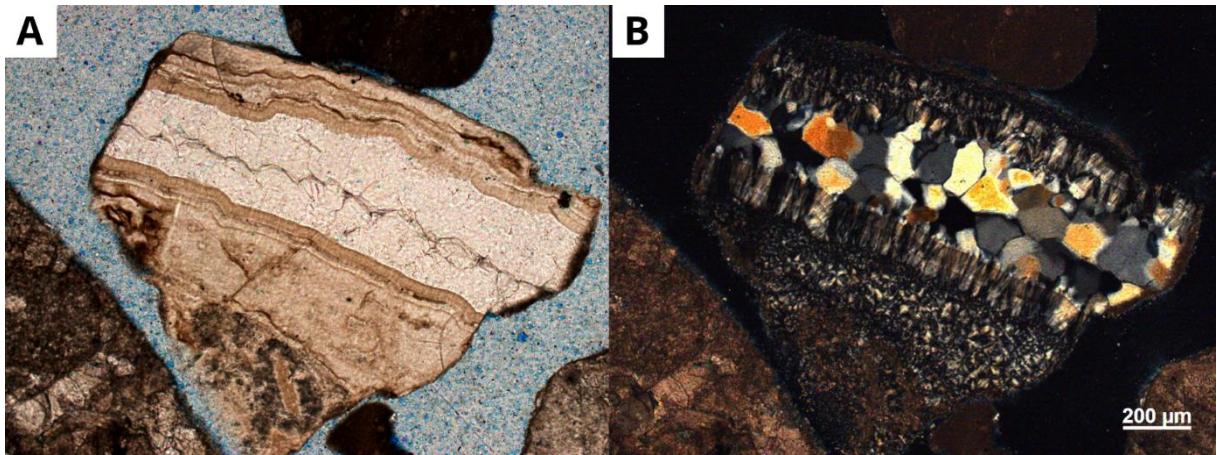
**Figura 42** – Provável fragmento de concha de pelecípode substituído por micrita escura, alongado e levemente convexo, indicado pela seta amarela. Ao redor fragmentos de carbonato e de micrita escura (objetiva 2,5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



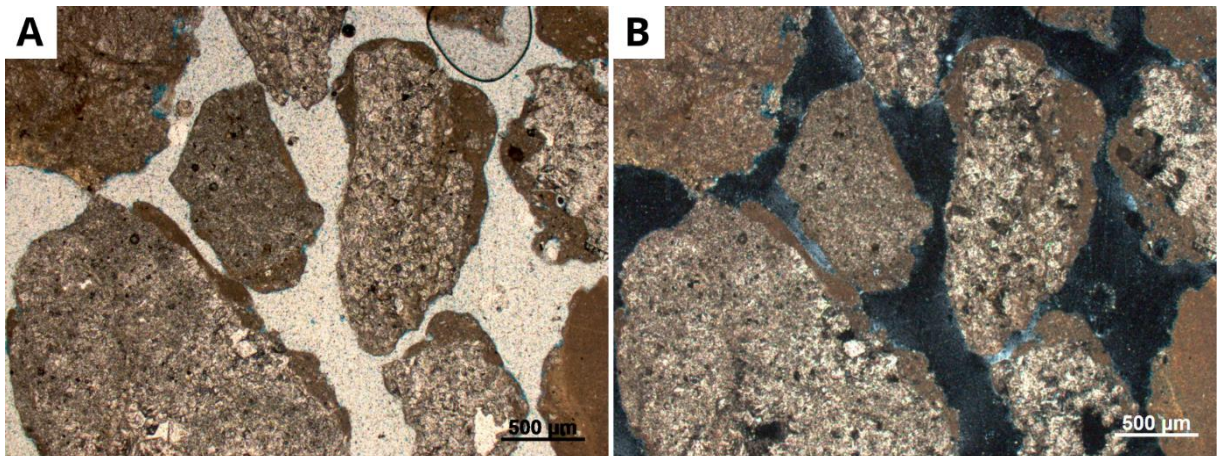
**Figura 43** - Fragmento com bioclasto (concha de pelecípode) cimentado por carbonato (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



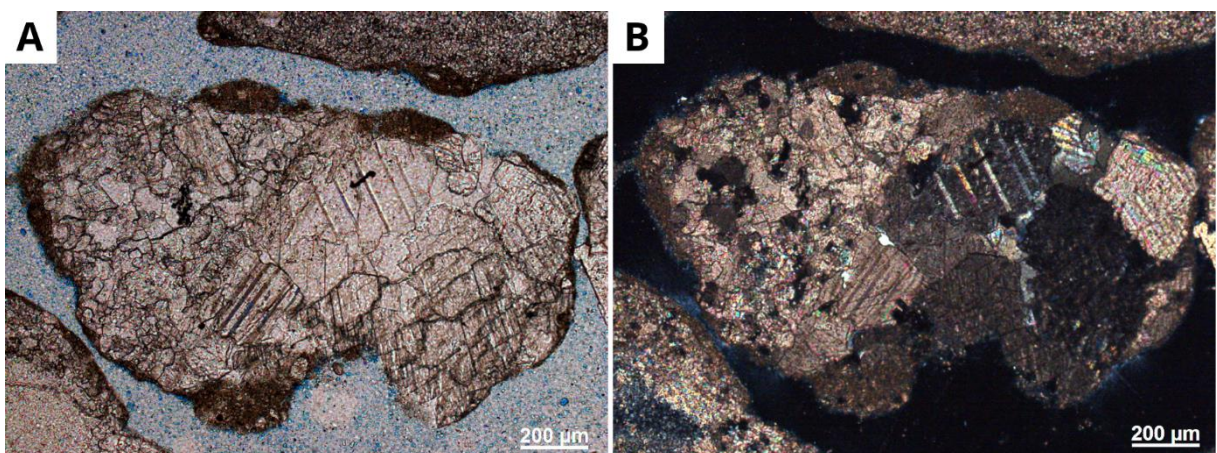
**Figura 44** - Wackstone composto por concha de ostracode articulada preenchida por carbonato, com paredes externas substituídas por sílica e fragmentos de conchas desarticuladas, substituídas por sílica (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



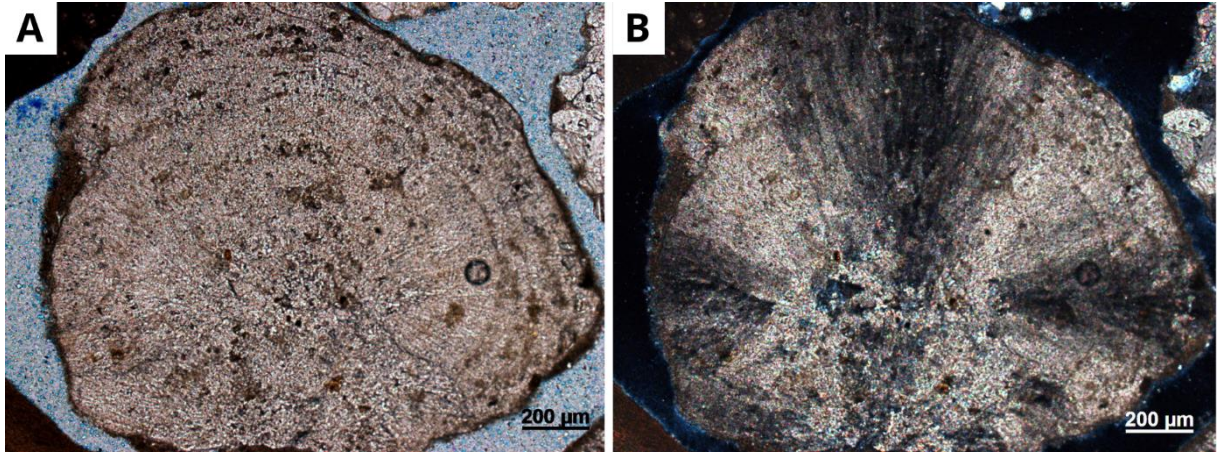
**Figura 45** – Fragmento de bioclasto preenchido por mosaico de quartzo com crescimento das bordas para o centro e preenchido por sílica com hábito fibro-radial nas paredes externas (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



**Figura 46** - Fragmentos de carbonato com micrita escura nas bordas (objetiva 5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



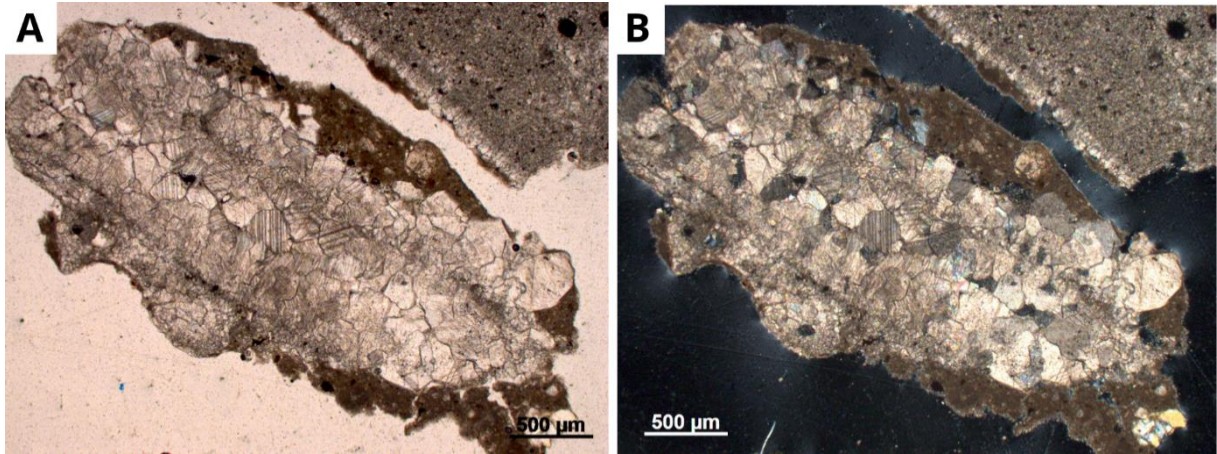
**Figura 47** - Fragmento de carbonato espático, com cristais de carbonato bem desenvolvidos, notando-se a presença de maclas e da clivagem romboédrica (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



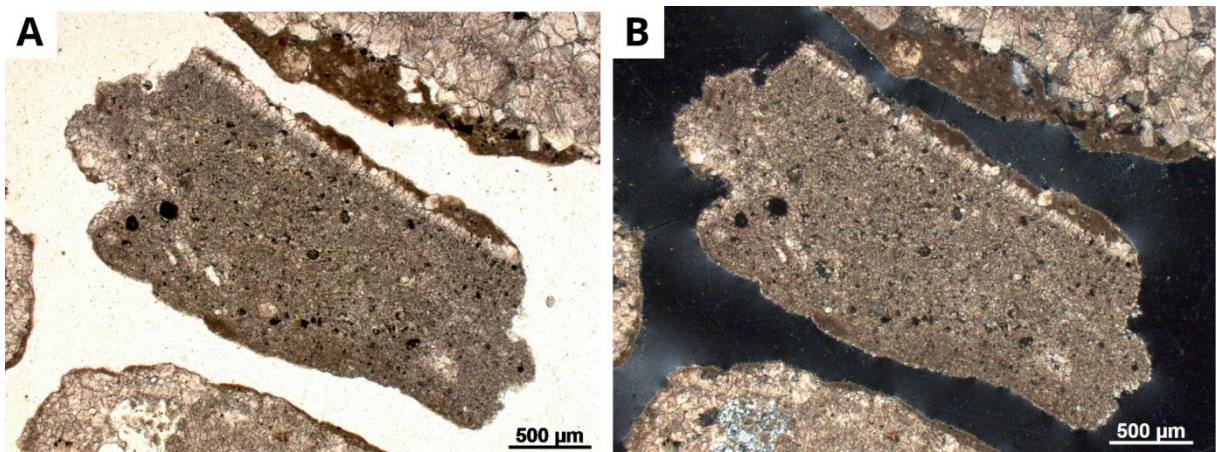
**Figura 48** - Esferulito com porosidade intrapartícula (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.

#### *AMOSTRA 138/19-250*

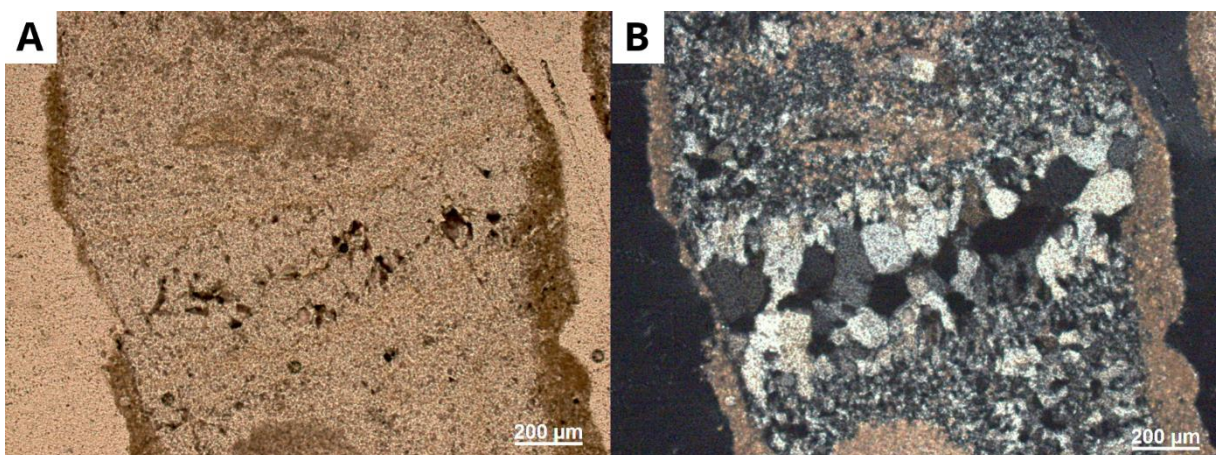
A amostra 138/19-250 corresponde aos fragmentos coletados no intervalo estratigráfico entre 5.262 a 5.265 metros de profundidade. Entre as fácies identificadas nesta amostra, observa-se fragmentos de carbonato com cristais espáticos bem desenvolvidos, como é apresentado na Figura 49. Estes fragmentos ocorrem de forma significativa na seção delgada, apresentando cristais euédricos a subédricos, hábito prismático e clivagem romboédrica, geralmente envolvidos por micrita. Também ocorrem de forma considerável fragmentos de micrita (Figura 50), fragmentos substituídos por sílica (Figura 51) e packstones com bioclastos compostos por carbonato e/ou sílica. A Figura 52 apresenta um packstone composto por conchas de pelecípodes, cujos fragmentos de conchas são compostas por carbonato, com cimento composto por sílica, já a Figura 53 apresenta um packstone cimentado totalmente por carbonato, ambos possuem micrita ao redor do fragmento.



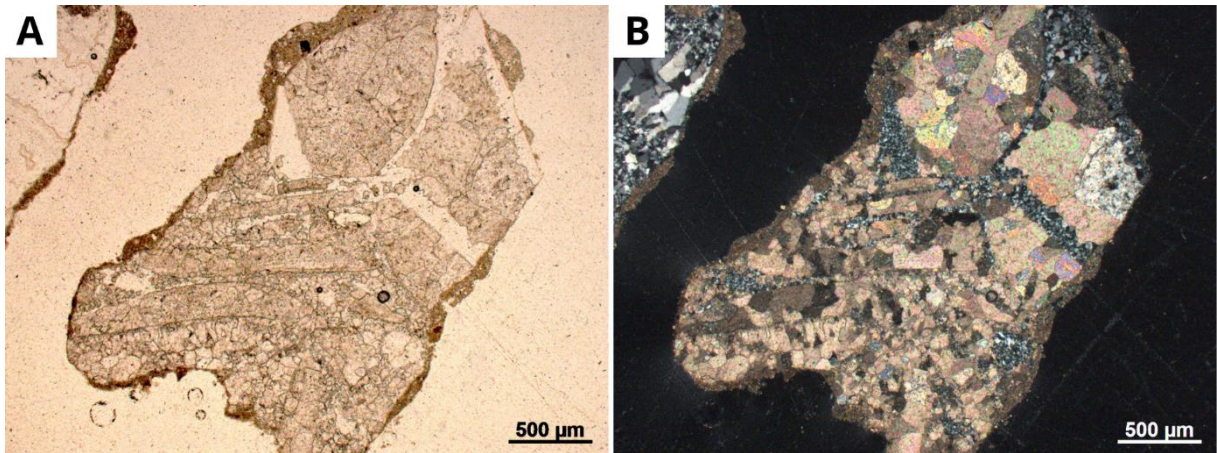
**Figura 49** - Fragmento composto por carbonato, possivelmente um bioclasto. Ao redor do fragmento observa-se material micrítico (objetiva 5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



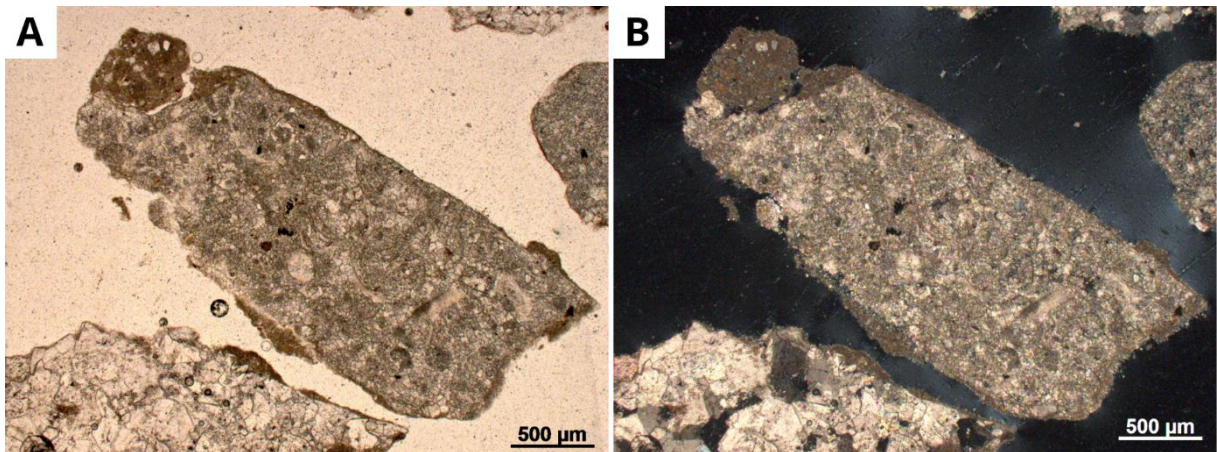
**Figura 50** - Fragmento micrítico, na porção superior do fragmento observa-se calcita prismática, com feição “dente de cão” (objetiva 5x). Fotos de detalhe no Anexo A. A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



**Figura 51** – Fragmento quartzoso, com cristais de quartzo anédricos de aproximadamente 200 µm, provavelmente preenchendo espaço poroso no centro do fragmento e quartzo do tamanho de silte no restante do fragmento. Há micrita na borda do fragmento e no centro, substituindo o quartzo (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



**Figura 52** - Fragmento de packstone composto por fragmentos de conchas de pelecípodes compostas por carbonato e com sílica microcristalina como cimento. Ao redor do fragmento observa-se micrita (objetiva 5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.

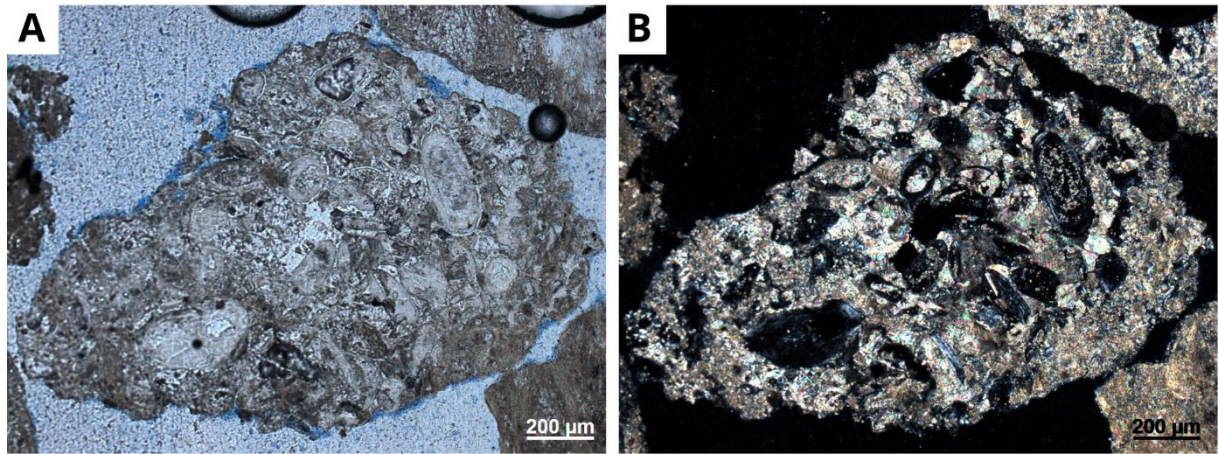


**Figura 53** - Fragmento de packstone composto por conchas de ostracodes cimentado por carbonato. Observa-se micrita ao redor do fragmento (objetiva 5x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.

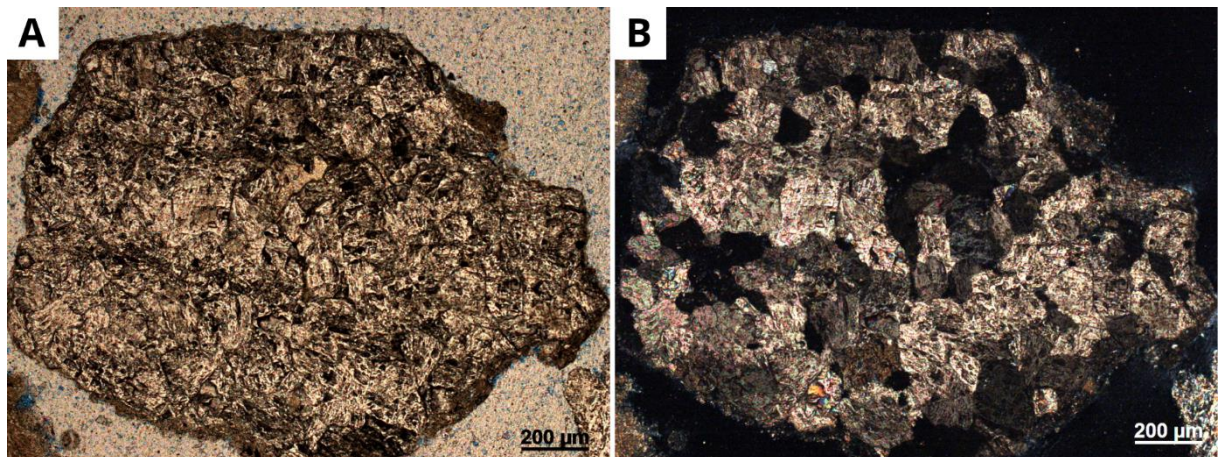
#### AMOSTRA 138/19-268

A amostra 138/19-268 corresponde ao intervalo estratigráfico entre 5.316 a 5.319 metros de profundidade. As principais fácies identificadas nos fragmentos deste intervalo foram packtones compostos por bioclastos e fragmentos de carbonato com algum grau de micritização de leve a intensa. A Figura 54 apresenta um fragmento de packstone composto de conchas de ostracodes articuladas e desarticuladas e feições ovais, possíveis pellets de carbonato. Os fragmentos carbonáticos encontrados neste intervalo englobam principalmente fragmentos com mosaicos de cristais de carbonato subédricos a euédricos (Figura 55) e fragmentos com cristais espáticos de carbonato, bem desenvolvidos e com clivagem perfeita (Figura 56), ambos com micritização. Ocorre também micritização em fragmentos mais quartzosos

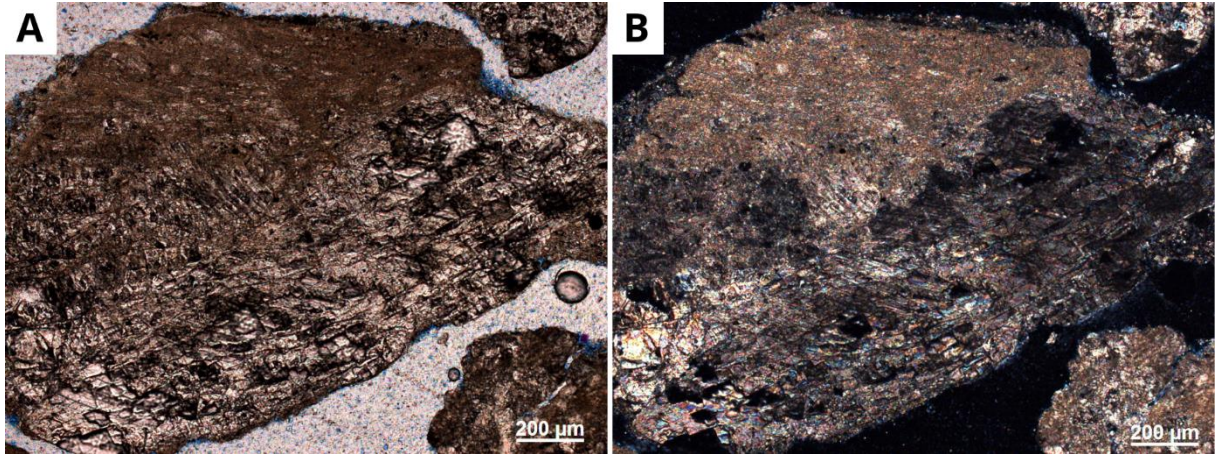
(Figura 57) e em bioclastos (Figura 58). Na Figura 59 é possível observar um mudstone composto por micrita, esses fragmentos também ocorrem com frequência na seção delgada.



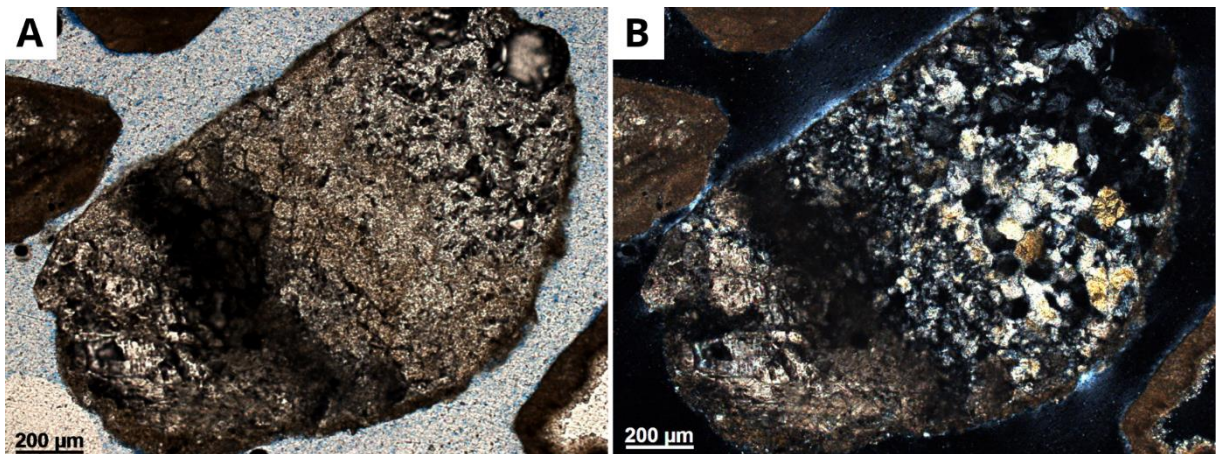
**Figura 54** - Packstone composto por fragmentos de conchas de ostracodes desarticuladas e articuladas e fragmentos de feições ovais semelhantes a pellets, compostos por carbonato (objetiva 10x). A matriz é composta por micrita. A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



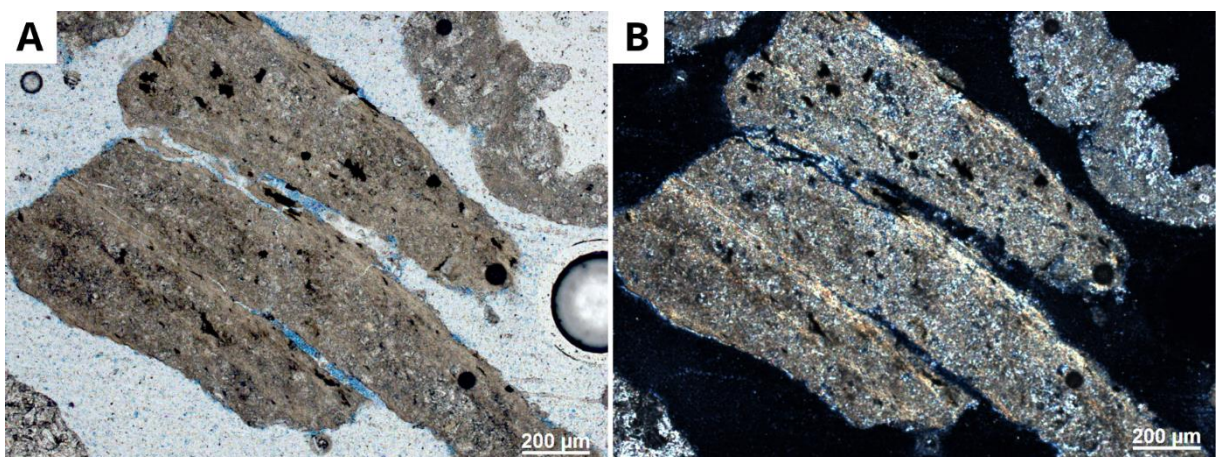
**Figura 55** - Fragmento carbonático, com mosaico de cristais euédricos a subédricos e micrita na borda (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



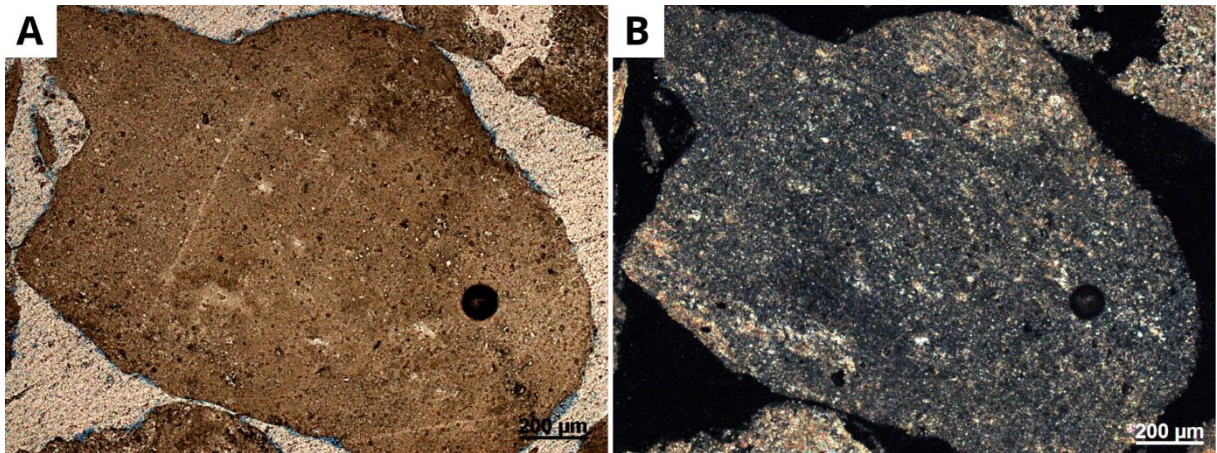
**Figura 56** - Fragmento composto por carbonato bem desenvolvido, com clivagem romboédrica e micritização moderada a intensa (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



**Figura 57** - Fragmento carbonático substituído parcialmente por sílica com envelope de micrita (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



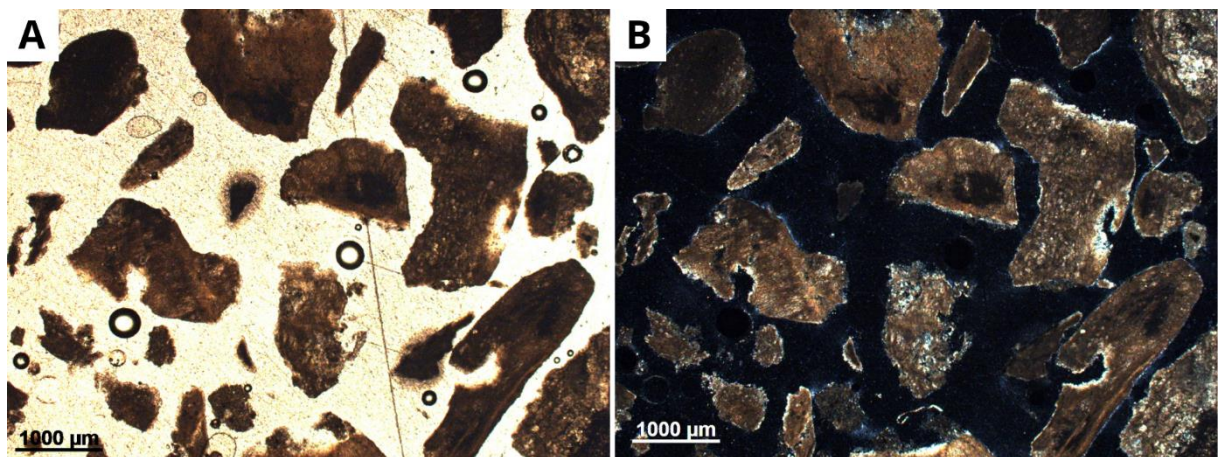
**Figura 58** - Fragmentos de conchas de pelecípodes substituídos por micrita (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



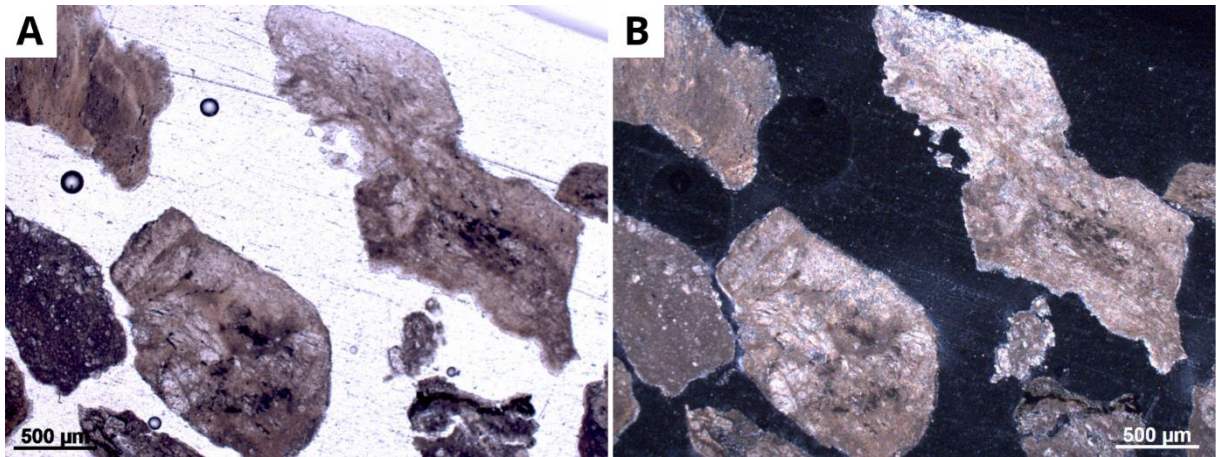
**Figura 59** – Mudstone de coloração castanha clara composto por micrita (objetiva 10x). A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.

#### *AMOSTRA 138/19-286*

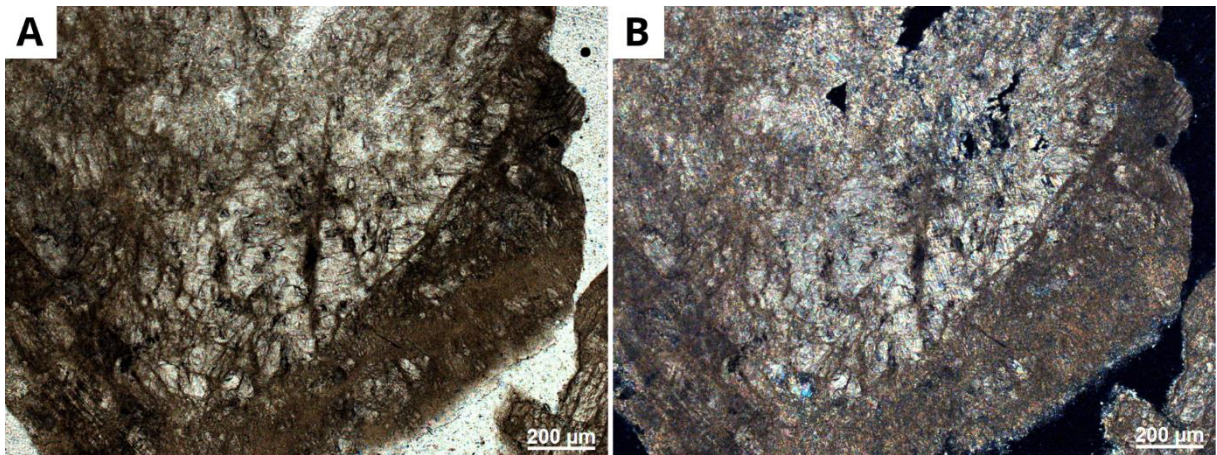
A amostra 138/19-286 corresponde ao intervalo estratigráfico entre 5.370 a 5.373 metros de profundidade, apresentando predominantemente fragmentos intensamente micritizados (Figura 60). Parte significativa destes fragmentos são compostos por carbonato, na Figura 61 é possível observar fragmentos de carbonato com micritização moderada, no geral os cristais de carbonato antes da micritização são bem desenvolvidos, com clivagem romboédrica presente (Figura 62). Em menor número, observa-se também fragmentos compostos de quartzo com presença de micrita escura (Figura 63).



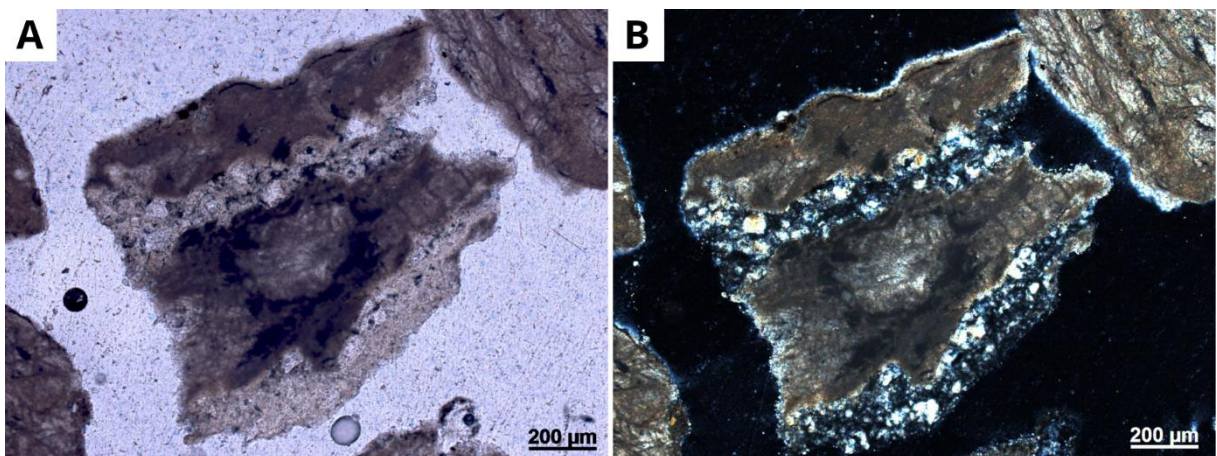
**Figura 60** - Vista geral dos fragmentos da amostra 138/19-286, na objetiva de 2,5x. A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



**Figura 61** - Fragmentos de carbonato com micritização moderada. A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



**Figura 62** - Fragmento de carbonato com cristal bem desenvolvido e micritização moderada a intensa. A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.



**Figura 63** - Fragmento composto por pequenos cristais de quartzo anédricos a subédricos com presença de micrita escura. A) Microfotografia em ND. B) Microfotografia em NC.

## 5. DISCUSSÃO

Para uma maior validação do uso de amostras de calha a partir da confecção de lâminas delgadas, é necessário que as fácies encontradas nos fragmentos dos intervalos estratigráficos amostrados sejam congruentes com as fácies encontradas em amostras laterais de mesma profundidade do mesmo poço. As limitações de amostras de calha, como a mistura de litologias de profundidades diferentes, podem impactar e inviabilizar o uso dessas amostras para este fim. Com este objetivo será realizada neste capítulo a discussão dos resultados a partir da comparação com os dados do trabalho de França (2018), onde foram realizadas as descrições de amostras laterais coletadas ao longo de todo o poço. O intuito da correlação de trabalhos é analisar a possibilidade do uso potencial das amostras de calha em relação ao impacto de mistura de litologias, analisando as fácies correspondentes no mesmo intervalo estratigráfico da amostra. Para os intervalos que não possuem rigorosamente a mesma metragem na descrição das amostras laterais, foram utilizados os intervalos amostrados mais próximos.

É válido dizer que não há revestimentos no poço ao longo do intervalo amostrado, portanto, considerando que os fragmentos das amostras de calha selecionadas são uma mistura do intervalo estratigráfico perfurado, podendo conter fragmentos de camadas superiores, foram consideradas as descrições de amostras laterais acima dos intervalos analisados. Também foi considerado amostras laterais mais próximas abaixo do intervalo estratigráfico discutido. Para os evaporitos da Formação Ariri foram utilizados dados da bibliografia disponível para a correlação do material.

Para maior compreensão da profundidade dos fragmentos aqui discutidos, foi realizada a subdivisão dos capítulos com base nas unidades litroestratigráficas estudadas, sendo feita uma breve descrição das fácies descritas por França (2018) em cada intervalo estratigráfico, com sua respectiva profundidade, seguida de uma breve correlação entre os trabalhos.

## 5.1. FORMAÇÃO ARIRI

Os resultados obtidos na descrição dos fragmentos de amostras de calha da formação Ariri coincidem com os dados disponíveis na bibliografia. Yamamoto et al. (2019) afirma que a Formação Ariri é composta por aproximadamente 80 a 90% de halita, o que corrobora com os resultados obtidos neste trabalho. A maior parte dos fragmentos descritos são compostos por halita, identificada por seu hábito cúbico e isotropia em nicóis cruzados, apenas nos fragmentos do intervalo de 4.899 a 4.902 é possível observar anidrita e possível gipsita ocorrendo de formas pontuais na seção delgada.

## 5.2. FORMAÇÃO BARRA VELHA

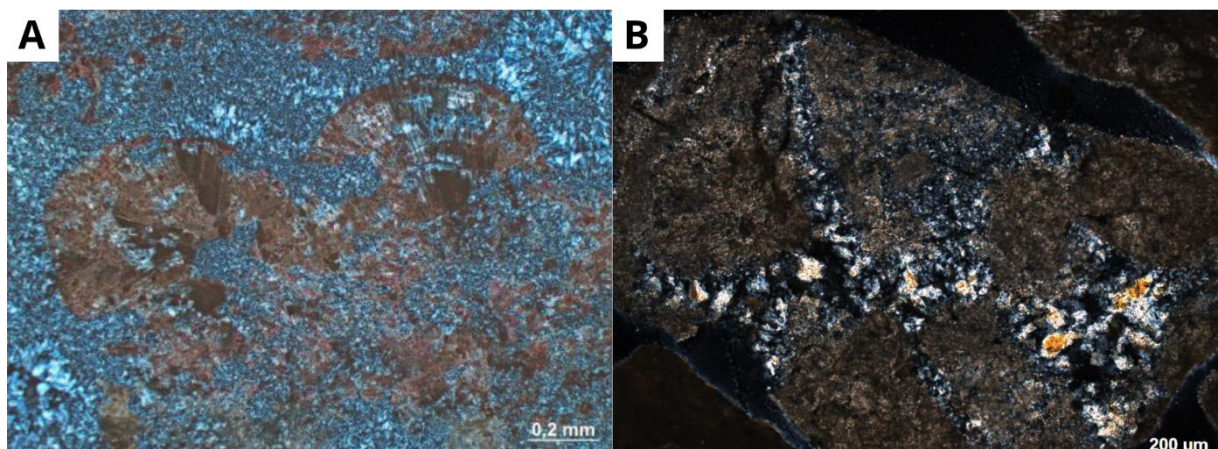
### 5.2.1. 4.998 – 5.001 METROS

**Tabela 2** - Fácies descritas por França (2018) nas profundidades de 4.993m, 4997,5m e 501,5m.

Prof. (m)	França (2018)	
	Fácies	Descrição
4993	Grainstone Esferulítico Recristalizado Poroso com Micrita Peloidal	Esferulitos recristalizados e micritas peloidais recristalizadas, porosidade preservada e porosidade móldica secundária. Cimento composto por calcedônia, dolomita, rara calcita, pirita e clorita.
4997,5	Grainstone Silicificado com Dolomita Cristalina	Grandes cristais de dolomita com hábito romboédrico completamente cimentados por sílica e pequenos blocos de quartzo equante. O cimento é composto por sílica e quartzo.
5001,5	Grainstone Esferulítico Cimentado com Dolomita e Sílica	Os esferulitos apresentam-se levemente silicificados e recristalizados, com cimento de dissolução parcial por cristais de dolomita euédricos equigranulares. Também há áreas silicificadas com esferulitos e cristais de dolomita flutuantes.

As amostras laterais descritas por França (2018) são compostas por grainstones, apresentando esferulitos recristalizados e cimentados. Não foram identificados esferulitos nos fragmentos de amostra de calha descritos, contudo a Figura 18 apresenta um fragmento de carbonato com extinção divergente ao girar a platina em nicóis cruzados que poderia ser interpretado como um esferulito recristalizado, estes fragmentos com extinção divergente ocorrem de forma pontual

na seção delgada. Apesar dos constituintes dos fragmentos de calha e amostras laterais não possuírem forte correlação, há bastante similitude em relação ao cimento composto por sílica presente nas amostras laterais, como mostra a Figura 64, sendo bastante comum a substituição parcial por sílica nos fragmentos de calha. Outra característica divergente dos fragmentos de calha é a quantidade de fragmentos carbonáticos com micrita e mudstone compostos por micrita, que não ocorrem nas profundidades descritas das amostras laterais. No geral, é possível interpretar que houve uma mistura maior de litologias neste intervalo estratigráfico, pois há disparidade em grande parte das fácies descritas.



**Figura 64** – A) Silicificação intensa substituindo micrita e esferulitos (França, 2018). B) Fragmento micrítico substituído parcialmente por quartzo microcristalino (Autora).

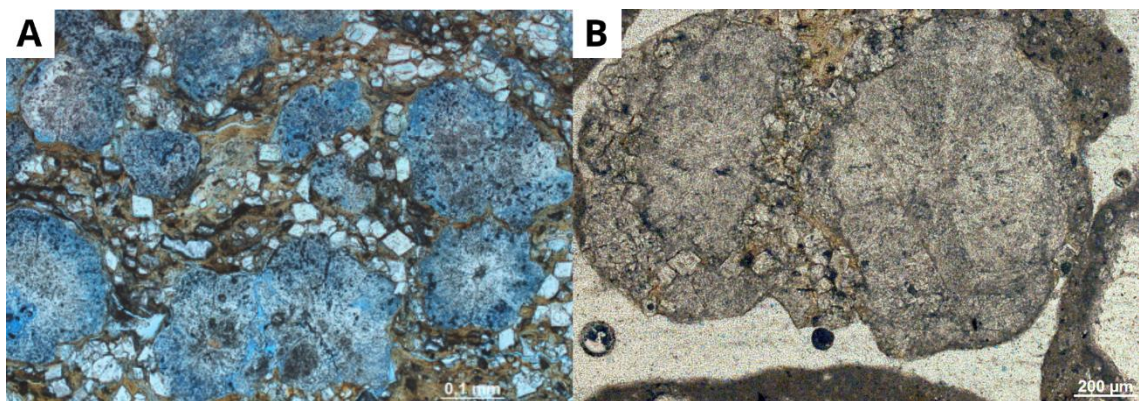
### 5.2.2. 5.187 – 5.190 METROS

**Tabela 3** - Fácies descritas por França (2018) nas profundidades de 5.174m, 5.181m e 5.191,5m.

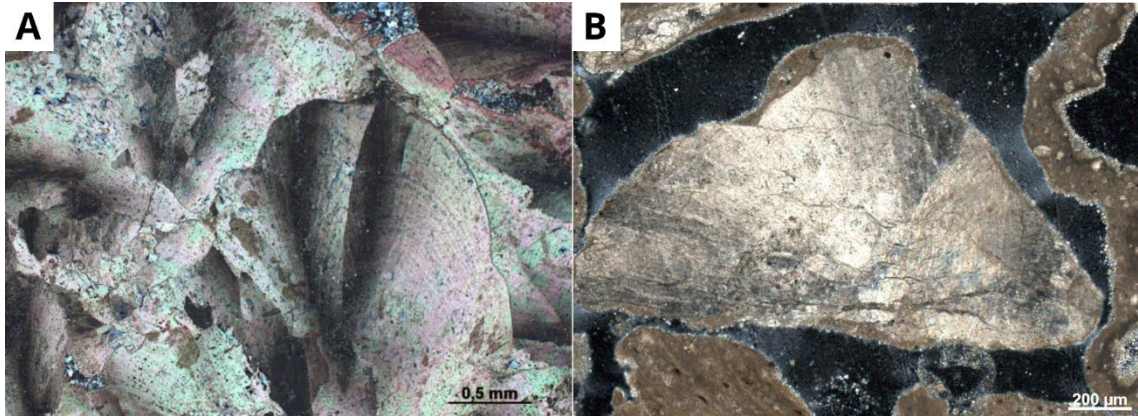
Prof. (m)	França (2018)	
	Fácies	Descrição
5174	Packstone Esferulítico Recristalizado e Cimentado por Dolomita	Esferulitos recristalizados, cristais fasciculares fibrosos de calcita e pequenos pellets de micrita, o cimento dolomítico é composto por dolomita esparsa, pequenos losangos de dolomita com núcleo calcítico e cristais de dolomita equigranulares.
5181	Packstone com Shrub Cimentado por Dolomita	Os shrubs ocorrem em forma de leques compostos por calcita, sendo a maioria isolados e com alguns grãos de quartzo detrítico dispersos, já o cimento é composto por cristais de dolomita anédricos e equigranulares, cristais de dolomita espática, raros cristais de calcita espática e calcedônia.

5191,5	Packstone/Rudstone	Grandes clastos de mármore recristalizados e clastos de rochas vulcânicas cloritizadas, com por matriz micrítica neomorfoseada com cristais flutuantes de dolomita. O cimento é formado pelos losangos euédricos de dolomita, grandes cristais de dolomita e calcita, além de pirita.
--------	--------------------	---

Os fragmentos da amostra de calha do intervalo 5.187-5.190m possuem grande heterogeneidade nas fácies descritas, o que indica que possa ter acontecido mistura dos fragmentos das camadas superiores, porém de acordo com o trabalho de França (2018), também há grande variação litológica nos intervalos aqui apresentados, predominando esferulitos recristalizados, shrebs, clastos de rochas como mármore e vulcânicas e principalmente dolomita como cimento. A fácies packstone esferulítico cimentado por dolomita anédrica não ocorre nos fragmentos descritos da amostra 138/19-225, porém há esferulitos parcialmente recristalizados com cristais de dolomita flutuantes em estevensita (Figura 21), esta fácies pode ser encontrada nas amostras laterais de 5.013 metros e em outras profundidades da Formação Barra Velha (Figura 65). A fácies Packstone composta por shrub cimentado com dolomita pode ser correlacionada com os fragmentos semelhantes a shrebs encontrados no intervalo 5.187-5.190m (Figura 23), porém nos fragmentos de amostra de calha não foi identificado o cimento dolomítico. Os shrebs encontrados nos fragmentos de calha são semelhantes aos descritos por França (2018) na profundidade de 5.149m, acima do intervalo aqui estudado (Figura 66). Já na amostra mais próxima ao intervalo aqui discutido, os fragmentos de rocha podem ser correlacionados com os clastos encontrados em 5.191,5m, assim como os fragmentos micríticos contendo cristais euédricos de dolomita, apresentado na Figura 25.



**Figura 65** – A) Esferulitos com estevensita e cristais euédricos de dolomita, 5013m (França, 2018). B) Esferulitos com estevensita e cristais euédricos e equigranulares de dolomita (Autora).



**Figura 66** - Shrub espático exibindo cristais de calcita divergentes com textura óptica fascicular, 5.149m (França, 2018) B) Fragmento carbonático espático, com extinção divergente e clivagem bem marcada, 5.187-5.190m (Autora).

### 5.2.3. 5.193 – 5.196 METROS

Para a correlação do intervalo entre 5.193 a 5.196 metros foi considerada a amostra lateral da profundidade de 5.191,5 metros – descrita no subitem anterior – como também a amostra descrita em 5.195,5 metros, que está inserida dentro do intervalo dos fragmentos de calha. Não foi considerada a amostra lateral abaixo desta profundidade, pois ela se encontra a 5.202 metros, com fácies pertencentes à Formação Itapema.

**Tabela 4** - Fácies descritas por França (2018) nas profundidades de 5195,5m e 5195,5m.

Prof. (m)	França (2018)	
	Fácies	Descrição
5191,5	Packstone/Rudstone	Grandes clastos de mármore recristalizados e clastos de rochas vulcânicas cloritizadas, com por matriz micrítica neomorfoseada com cristais flutuantes de dolomita. O cimento é formado pelos losangos euédricos de dolomita, grandes cristais de dolomita e calcita, além de pirita
5195,5	Packstone Esferulítico	Esferulitos mal selecionados recristalizados, micrita peloidal, pequenos cristais euédricos de dolomita e raros shrubs formados por calcita em leque. A matriz é micrítica neomorfizada, enquanto o cimento é composto por losangos de dolomita e pequenos cristais de calcita

Os fragmentos identificados na amostra 138/19-227 coincidem com as descrições da amostra lateral descrita por França (2018), os fragmentos micríticos observados na Figura 33, ocorrem de forma predominante, podendo ser interpretados

como a matriz micrítica neomorfizada. A micrita ocorre também envolvendo os shrubs e esferulitos recristalizados, também identificados por França (2018), reforçando sua função como matriz. Além disso, também ocorre de forma significativa cristais euédricos de dolomita, como observado na Figura 31, e há alguns fragmentos micríticos com morfologia ovais que podem ser possíveis peloides (Figura 32), assim como descreve França (2018) nas fácies das amostras laterais. Há raros fragmentos de rocha, que podem ter caído de camadas superiores, a amostra lateral descrita por França (2018), de 5.191,5 metros, apresenta clastos de rochas.

### 5.3. FORMAÇÃO ITAPEMA

#### 5.3.1. 5.205 – 5.208 METROS

**Tabela 5** - Fácies descritas por França (2018) nas profundidades de 5.202m, 5.205m e 5.209m.

Prof. (m)	França (2018)	
	Fácies	Descrição
5202	Rudstone Bioclástico Recristalizado Poroso	Conchas recristalizadas de pelecípodes, conchas de ostracodes micritizadas e recristalizadas e argila com grãos de quartzo detríticos do tamanho de silte. O cimento é composto pela feição “dente de cão” e por calcita euédrica.
5205	Packstone rico em Ostracode Recristalizado	Composto predominantemente por conchas de ostracodes micritizadas, estando algumas recristalizadas ou dissolvidas, além de raras conchas de moluscos. A matriz da rocha é recristalizada e o cimento é composto por calcita equigranular e “dente de cão”.
5209	Rudstone Bioclástico Recristalizado Poroso	Composto principalmente por conchas de ostracodes, estando a maioria dissolvida e criando porosidade móldica. O cimento é composto por calcita espática, calcita prismática, calcita “dente de cão” e por cristais de barita

Os fragmentos descritos na amostra 138/19-231 não possuem correlação com as fácies descritas por França (2018) e por outros trabalhos para a Formação Itapema como Rocha et al. (2021), não sendo encontrados fragmentos com ostracodes, característica principal deste intervalo. Não predomina também outros tipos de bioclastos, somente na Figura 38 é possível observar um único fragmento encontrado semelhante a uma concha de pelecípode. Há diversos fragmentos de micrita com

crystalos de dolomita e fragmentos de carbonato, incluindo esferulitos recristalizados e crystalos de carbonato espático, possivelmente oriundos de camadas superiores, pois não se correlacionam com as coquinas da Formação Itapema (França, 2018; Rocha et al., 2021; Moreira et al., 2003).

### 5.3.2. 5.256 – 5.259 METROS

**Tabela 6** - Fácies descritas por França (2018) nas profundidades de 5.252m, 5.256m e 5.259m.

Prof. (m)	França (2018)	
	Fácies	Descrição
5252	Grainstone Poroso	Carbonato cristalino recristalizado, interpretado como possíveis conchas de moluscos, com porosidade móldica. O cimento é composto por grandes crystalos de calcita espática e alguns crystalos de calcita “dente de cão”.
5256	Mudstone Estilolítico	Micrita levemente neomorfizada, detritos fosfáticos de tamanho silte, detritos de matéria orgânica, conchas de ostracodes quebradas e/ou micritizadas e pequenos pelóides compostos por micrita. Há grandes estilólitos abertos, preenchidos parcialmente por crystalos de pirita, calcedônia e micrita argilosa, com provável resíduo asfáltico. O cimento é composto por calcita, calcedônia e pirita.
5259	Mudstone Fraturado	Micrita levemente neomorfizada com material escuro argiloso não identificado (possíveis fragmentos de matéria orgânica), apresentando grandes fraturas e microfaturas abertas. O cimento nesta fácies é composto por calcita e pirita.

Os fragmentos da amostra 138/19-248 apresentam uma correlação limitada com as amostras de calha oriundas do mesmo intervalo estratigráfico. Os fragmentos carbonáticos predominam, podendo ser associados com o cimento calcítico descrito nas amostras laterais e representado por crystalos menores (Figura 46) ou por grandes crystalos de carbonato espático (Figura 47), como França (2018) descreve na fácies Grainstone Poroso . Também há muitos fragmentos bioclásticos descritos no intervalo da amostra de calha, o que não condiz com as fácies de Mudstone descritas nas profundidades de 5.256 e 5.259 metros. Nota-se ainda a presença de esferulitos (Figura 48), que são característicos da Formação Barra Velha (Wright & Barnett, 2015; Farias et al., 2019; Gomes et al., 2019), o que indica que fragmentos de camadas de

no mínimo 50 metros acima estão presentes neste intervalo, mesmo que em pequena proporção.

### 5.3.3. 5.262 – 5.265 METROS

Prof. (m)	França (2018)	
	Fácies	Descrição
5259	Mudstone Fraturado (descrito no subitem anterior)	Micrita levemente neomorfizada com material escuro argiloso não identificado (possíveis fragmentos de matéria orgânica), apresentando grandes fraturas e microfraturas abertas. O cimento nesta fácies é composto por calcita e pirita.
5264	Mudstone	Micrita neomorfizada com quartzo do tamanho de silte, dolomita e barita, o cimento é composto por calcedônia, calcita e dolomita.
5267	Packstone Dolomítico com Ostracodes	Coquina composta de conchas calcíticas de ostracodes, preenchidas por cimento dolomítico, também há fragmentos de matéria orgânica de coloração preta, grãos de quartzo detríticos e matriz micrítica recristalizada, os fragmentos de conchas de pelecípodes são raros. Além da dolomita, também ocorre barita e chert substituindo a calcita como cimento.

Os fragmentos analisados no intervalo de 5.262 a 5.265 metros, possuem uma correspondência maior com as fácies descritas nas amostras laterais por França (2018). Há fragmentos micríticos que podem ser interpretados como as fácies Mudstone das profundidades de 5.259 e 5.264 metros (Figura 50), inclusive observa-se micrita com quartzo de tamanho silte, observado em 5.264 metros (Figura 51). Também é possível correlacionar os packstones identificados nos fragmentos da amostra 138/19-250, com os descritos nas amostras laterais de 5.267 metros, observados na Figura 53, compostos por fragmentos de ostracodes e cimentados por carbonato.

### 5.3.4. 5.316 – 5.319 METROS

**Tabela 7** - Fácies descritas por França (2018) nas profundidades de 5.312,8m e 5.324m.

Prof. (m)	França (2018)	
	Fácies	Descrição
5312,8	Rudstone Bioclástico	Coquina composta por grandes conchas de pelecípodes recristalizadas e dispersas, estando algumas substituídas por mosaicos de quartzo. Há também conchas de ostracodes desarticuladas e pellets de estevensita, distribuídas em matriz calcítica recristalizada, o cimento é composto por quartzo e calcita.
5324	Packstone Bioclástico Neomórfico e Estevensítico	composto por conchas de pelecípodes neomorfizadas e recristalizadas, com algumas substituídas parcialmente por cristais de quartzo e pellets de estevensita. O cimento é composto por mosaicos de calcita, calcita “dente de cão” e quartzo em mosaico.

Apesar das amostras laterais serem constituídas de bioclastos, principalmente de conchas de pelecípodes e serem denominadas como packstone e rudstone, os fragmentos das amostras de calha não possuem bioclastos em abundância, apresentando alguns fragmentos de conchas de pelecípodes substituídos por micrita (Figura 58) que não são observados nas amostras laterais. O que indica uma possível correlação com as amostras laterais desta profundidade são os fragmentos compostos por fragmentos de conchas de ostracodes e feições ovais semelhantes a pellets, o que foi observado em 5312,8 metros, porém esses possíveis pellets são compostos por um mineral incolor e de baixa birrefringência não identificado, já os pellets descritos por França (2018) na amostra lateral são compostos por estevensita. Também ocorrem fragmentos de carbonatos (Figura 55), que podem ser interpretados como cimento de calcita equante, com cristais euédricos a subédricos, como ocorre na amostra lateral descrita por França (2018) em 5324 metros.

### 5.3.5. 5.370 – 5.373 METROS

**Tabela 8** - Fácies descritas por França (2018) nas profundidades de 5.364,5m, 5.369m e 5.379m.

Prof. (m)	França (2018)	
	Fácies	Descrição
5364,5	Folhelho Siltico de Estevensita Microfraturado	Estevensita, cristais detríticos e muito finos de calcita, grãos de quartzo detríticos e pequenos clastos ricos em matéria orgânica, além de fragmentos de rocha vulcânica e agulhas de muscovita. O cimento é composto por estevensita e pirita
5369	Carbonato Cristalino Estevensítico	Pellets elípticos a arredondados de estevensita, flutuando em cristais de calcita, não sendo possível dizer se são cristais detríticos ou cimento. Em parte da seção delgada há calcita detrítica de grãos finos e também clastos de matéria orgânica escura rica em estevensita. O cimento é composto por estevensita e calcita.
5379	Folhelho Siltico Microfraturado	Argila de granulação muito fina com indicação de bioturbação tubular.

Os fragmentos identificados na amostra 138/19-286 são compostos predominantemente por fragmentos de carbonato intensamente micritizados e/ou argilizados, porém recorda-se de que foram selecionados apenas fragmentos de carbonato para a confecção da lâmina, portanto é natural que não sejam observados fragmentos de folhelhos nesta amostra. Apesar disso, os fragmentos de carbonato observados neste intervalo aparentam ter grande influência das fácies mais argilosas descritas entre 5.364,5m e 5.379 metros, como mostra a Figura 60.

### 5.4. ÍNDICES DE CORRELAÇÃO

Através da correlação entre amostras laterais e os fragmentos de calha, objeto deste estudo, foi possível definir graus de correlação entre os trabalhos para os intervalos definidos acima, de acordo com a quantidade de fácies identificadas e semelhantes entre os dois tipos de amostras. Os índices de correlação foram definidos da seguinte forma:

- Sem correlação – quando as fácies encontradas nos fragmentos de amostras de calha não possuem nenhuma identificação com as fácies descritas por França (2018);
- Limitada – quando há algumas fácies que podem ser encontradas nas descrições de amostras laterais, porém há muitos fragmentos que não coincidem com as características do intervalo estratigráfico estudado;
- Forte – quando a maioria das fácies encontradas nos fragmentos de calha corroboram com as fácies descritas nas amostras laterais do intervalo estudado.

A classificação das amostras de calha, considerando o índice de correlação delas podem ser visualizadas na tabela abaixo:

**Tabela 9** – Índice de correlação entre as amostras de calha e amostras laterais do poço 3-ESSO-4-SPS

<b>Amostra</b>	<b>Profundidade (m)</b>	<b>Correlação com amostras laterais</b>
138/19-03	3096 – 3105	Forte
138/19-129	4899 – 4902	Forte
138/19-162	4998 – 5001	Limitada
138/19-225	5187 – 5190	Limitada
138/19-227	5193 – 5196	Forte
138/19-231	5205 – 5208	Sem correlação
138/19-248	5256 – 5259	Limitada
138/19-250	5262 – 5265	Forte
138/19-268	5316 – 5319	Limitada
138/19-286	5370 – 5373	Limitada

## 6. CONCLUSÃO

A confecção de lâminas delgadas a partir de fragmentos de calha é viável e uma excelente alternativa para regiões onde a amostragem de testemunhos e amostras laterais não é possível, seja pelo custo envolvido na operação e/ou por desafios na amostragem.

Os resultados apresentados validam o uso potencial de amostras de calha para estudos faciográficos, através da descrição das lâminas delgadas foi possível identificar fácies e constituintes importantes das formações que compõem o Pré-Sal na Bacia de Santos, como shubs e esfulitos na formação Barra Velha, as coquinas da Formação Itapema e os evaporitos compostos essencialmente por halita da Formação Ariri, além da composição da matriz e cimento em alguns casos e de como eles ocorrem com os constituintes identificados.

Através da correlação de estudos entre amostras laterais e amostras de calha do mesmo poço (3-ESSO-4-SPS) também foi possível identificar índices de correlação para os intervalos estratigráficos estudados, definindo 4 amostras com forte correlação com as amostras laterais, 5 amostras com correlação limitada e 01 amostra sem correlação.

Os resultados obtidos através de fragmentos de amostras de calha não devem ser utilizados para estudos de detalhe. De acordo com os índices de correlação obtidos, 90% das amostras de calha apresentam algum nível de semelhança com as fácies características do intervalo estratigráfico em que foram amostradas, porém há muitas fácies entre as amostras com correlação limitada que não possuem correspondência com o intervalo analisado, podendo gerar interpretações errôneas em trabalhos com o foco mais detalhista. Por outro lado, amostras de calha podem ser uma ótima ferramenta para estudos que abrangem grandes intervalos estratigráficos, pois é possível identificar as fácies apresentadas em lâminas delgadas e mapear de forma geral unidades litoestratigráficas.

## REFERÊNCIAS

- Amaral P. J. T, Maul A. R, Falcão L, Cruz N. M. S, Gonzalez M. A, González G. 2015. *Estudo Estatístico da Velocidade dos Sais na Camada Evaporítica na Bacia de Santos*. 14th International Congress of the Brazilian Geophysical Society & EXPOGEF, Rio de Janeiro, Brazil, 3-6 August 2015: pp. 666-669.
- Braga F.A.F. 2019. *Uma perspectiva arquivística sobre os acervos de amostras de rocha em empresas de petróleo*. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de arquivologia, Centro de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 32p.
- Carminatti M, Wolff B, Gamboa L. 2008. *New exploratory frontiers in Brazil*. In 19th World Petroleum Congress. OnePetro. Disponível em: <https://onepetro.org/WPCONGRESS/proceedings-abstract/WPC19/All-WPC19/172850>. Acesso em 10 janeiro 2023.
- Chang H. K, Assine M. L, Corrêa F. S, Tinen J. S, Vidal A. C, Koike L. 2008. *Sistemas petrolíferos e modelos de acumulação de hidrocarbonatos na Bacia de Santos*. Brazilian Journal of Geology, 38(2), 29-46.
- Coffey B.P, Read J.F. 2002. *High-resolution sequence stratigraphy in Tertiary carbonate-rich sections by thin-sectioned well cuttings*. AAPG bulletin, 86(8):1407-1415.
- de Oliveira M.H.R, da Costa Júnior A.P, Martins R.A, de Souza J.R. 2018. *Descrição de amostras de calha do poço 7-CLB-2-RN perfurado pela empresa Partex Brasil no Campo Colibri, Bacia Potiguar/RN*. Anais III CONEPETRO, Realize Editora, Campina Grande. Disponível em: [https://editorarealize.com.br/editora/anais/conepetro/2018/TRABALHO\\_EV104\\_MD1\\_SA98\\_ID185\\_06072018091034.pdf](https://editorarealize.com.br/editora/anais/conepetro/2018/TRABALHO_EV104_MD1_SA98_ID185_06072018091034.pdf). Acesso em 17 de dezembro de 2022.
- Gomes J.P, Bunevich R.B, Tedeschi, L.R, Tucker M.E, Whitaker F.F. 2020. *Facies classification and patterns of lacustrine carbonate deposition of the Barra Velha Formation, Santos Basin, Brazilian Pre-salt*. Marine and Petroleum Geology, 113:104176.
- Esteban M, Klappa C F. 1983. *Subaerial exposure environment: chapter 1: Part 2*. Disponível em:

<https://archives.datapages.com/data/specpubs/carbona3/data/a043/a043/0001/0000/0023.htm>. Acesso em 20 de janeiro de 2023.

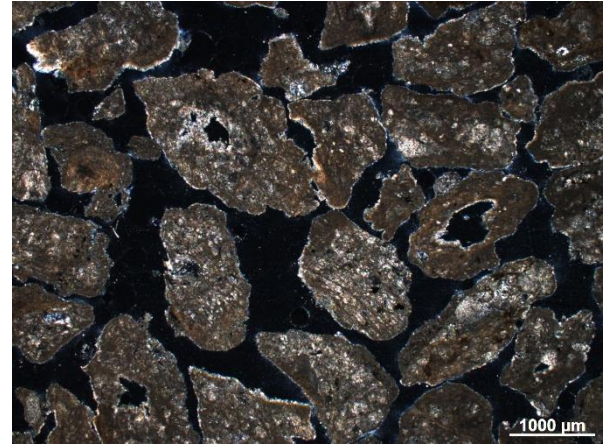
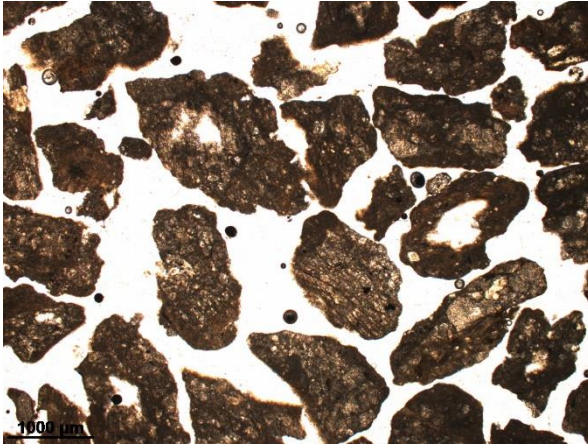
- Fagundes T.B. 2018. *Caracterização de cascalhos de perfuração de poços de petróleo por técnicas analíticas instrumentais*. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Ciências, Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 221p.
- Farias F.A. 2018. *Petrogênese de Carbonatos Acamadados da Formação Barra Velha, Aptiano da Bacia de Santos*. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, 404p.
- Farias F, Szatmari P, Bahniuk A, Franca A.B. 2019. *Evaporitic carbonates in the pre-salt of Santos Basin—Genesis and tectonic implications*. *Marine and Petroleum Geology*, 105:251-272.
- França A.B. 2018. *Relatório Interno, Projeto Diagenesis*. Instituto Lamir, 232 p.
- Growcock F, Harvey T. 2005. *Drilling fluids*. In: *Drilling Fluids Processing Handbook*. 1a ed. Oxford, UK: ASME Shale Shaker Committee. p. 15–68.
- Karimi M. 2013. *Drill-cuttings analysis for real-time problem diagnosis and drilling performance optimization*. In SPE Asia Pacific oil and gas conference and exhibition. Disponível em: <https://onepetro.org/SPEAPOG/proceedings-abstract/13APOG/All-13APOG/173928>. Acesso em 15 janeiro 2023.
- McLean H.J. 1977. *Organic geochemistry, lithology, and paleontology of Tertiary and Mesozoic rocks from wells on the Alaska Peninsula*. (77-813). US Geological Survey. Disponível em: <https://pubs.er.usgs.gov/publication/ofr77813>. Acesso em 20 dezembro 2022.
- Moreira J.L.P, Madeira C.V, Gil J.A, Machado M.A.P. 2007. *Bacia de Santos*. Boletim de Geociências da PETROBRAS, 15(2):531-549.
- Papaterra G.E.Z. 2010. *PRÉ-SAL: conceituação geológica sobre uma nova fronteira exploratória no Brasil*. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 81p.
- Pietzsch R, Tedeschi L.R, Oliveira D.M, dos Anjos C.W.D, Vazquez J. C, Figueiredo M.F. 2020. *Environmental conditions of deposition of the Lower Cretaceous lacustrine carbonates of the Barra Velha Formation, Santos Basin (Brazil), based on stable carbon and oxygen isotopes: a continental record of pCO<sub>2</sub>*

- during the onset of the Oceanic Anoxic Event 1a (OAE 1a) interval?. *Chemical Geology*, 535:119457.
- Riccomini C, Sant L.G, Tassinari C.C.G. 2012. *Pré-sal: geologia e exploração*. *Revista Usp*, (95):33-42.
- Rocha L, Favoreto J, Borghi L. 2021. *Coquinas da Formação Itapema, Campo de Mero (Pré-sal da Bacia de Santos): Análise de Microfácies e Paleoambiente Depositional*. *Anuário do Instituto de Geociências*, 44. Disponível em <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/download/39883/pdf>. Acesso em 30 dezembro 2022.
- Rosin J. C. F. 2021. *Potencial Uso de Amostras de Calha na Químioestratigrafia do Pré-Sal, Bacia de Santos*. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, 109p.
- Sartorato A. C. L. 2018. *Caracterização faciológica, estratigráfica e diagenética dos reservatórios carbonáticos da Formação Barra Velha, Bacia de Santos*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 255p.
- Sonnenfeld P. 1984. *Brines and Evaporites*. Academic Press. 613p. Disponível em: <https://journals.lib.unb.ca/index.php/GC/article/view/3157>. Acesso em 20 janeiro 2023.
- Terra G. J. S, Spadini A. R, França A. B, Sombra C. L, Zambonato E. E, Juschaks L. C. S, Arenti L. M, Erthal M. M. 2010. *Classificação de rochas carbonáticas aplicável às bacias sedimentares brasileiras*. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/296485124\\_Classificacao\\_de\\_rochas\\_carbonaticas\\_aplicavel\\_as\\_bacias\\_sedimentares\\_brasileiras](https://www.researchgate.net/publication/296485124_Classificacao_de_rochas_carbonaticas_aplicavel_as_bacias_sedimentares_brasileiras). Acesso em 15 dezembro 2022.
- Wright V. P, Barnett A. J. 2015. *An abiotic model for the development of textures in some South Atlantic early Cretaceous lacustrine carbonates*. *Geological Society, London, Special Publications*, 418(1), 209-219.
- Wright P, Tosca N. 2016. *A geochemical model for the formation of the pre-salt reservoirs, Santos Basin, Brazil: Implications for understanding reservoir distribution*. *AAPG Search and Discovery*, article:51304. Disponível em: [https://www.searchanddiscovery.com/documents/2016/51304\\_wright/ndx\\_wright.pdf](https://www.searchanddiscovery.com/documents/2016/51304_wright/ndx_wright.pdf). Acesso em 15 dezembro 2022.

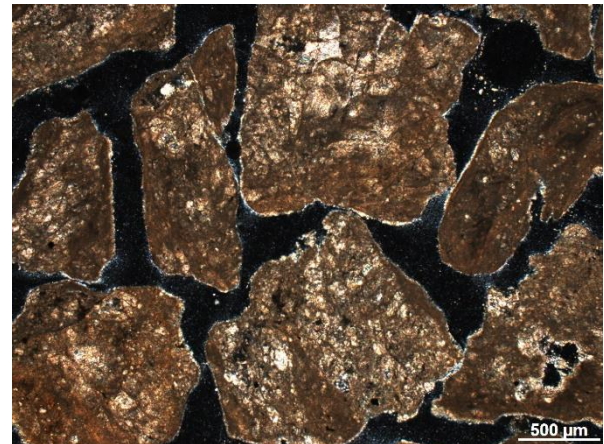
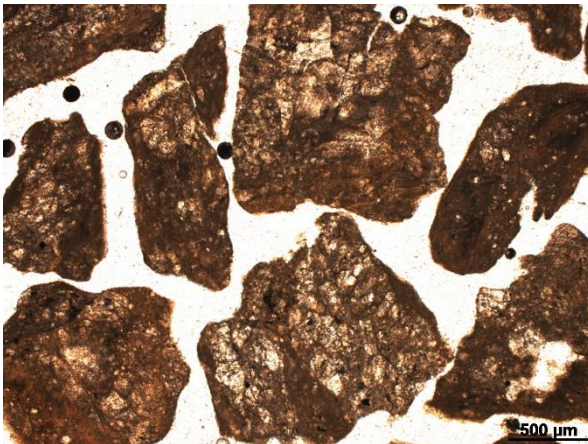
- Wright V.P, Barnett A.J. 2020. *The textural evolution and ghost matrices of the Cretaceous Barra Velha Formation carbonates from the Santos Basin, offshore Brazil*. *Facies*, 66(1):1-18.
- Wynn T.C, Read, J.F. 2006. *Sequence-stratigraphic analysis using well cuttings, Mississippian Greenbrier group, West Virginia*. *AAPG bulletin*, 90(12):1869-1882.
- Yamamoto T, Maul A, Lupinacci W. 2019. *Analysis of Velocities, Density and Seismic Facies of Ariri Formation–Santos Basin*. In International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Anais. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geofísica. Disponível em: [https://sbgf.org.br/mysbgf/eventos/expanded\\_abstracts/16th\\_CISBGf/duplicados/63720190328165306Y.pdf](https://sbgf.org.br/mysbgf/eventos/expanded_abstracts/16th_CISBGf/duplicados/63720190328165306Y.pdf). Acesso em 20 janeiro 2023.

## ANEXO 1 DESCRIÇÕES DAS SEÇÕES DELGADAS

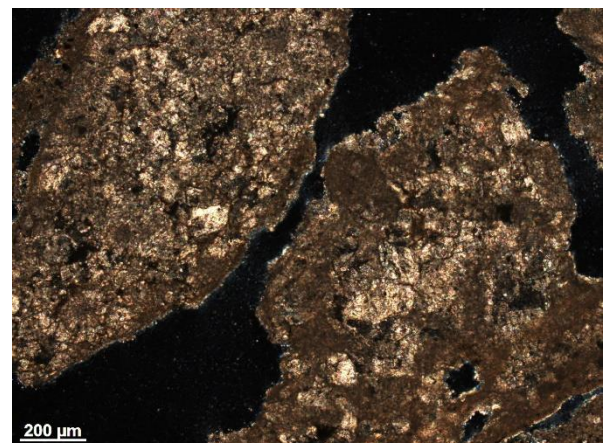
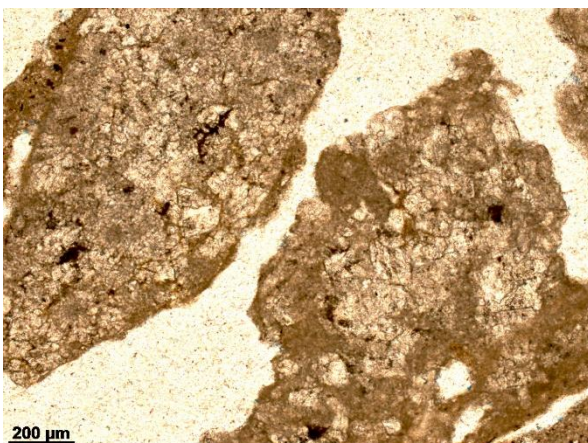
AMOSTRA 138/19-162



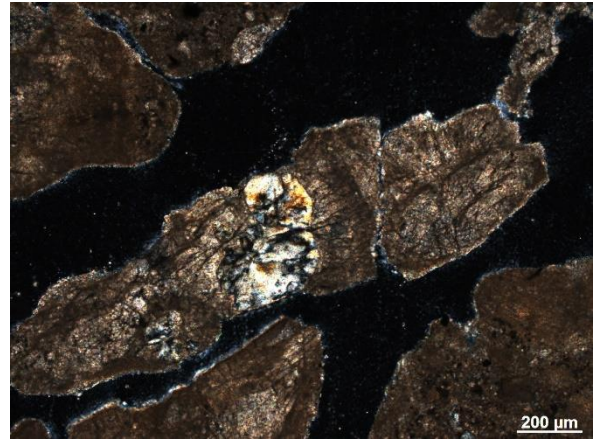
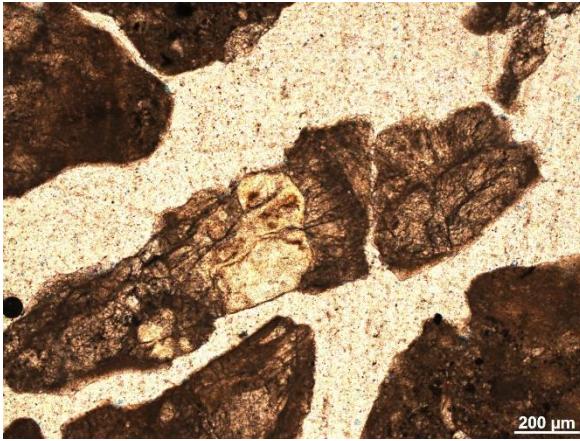
Vista geral dos fragmentos da amostra 138/19-162



Fragmentos de carbonato intensamente micritizados, com alguma substituição parcial de sílica.

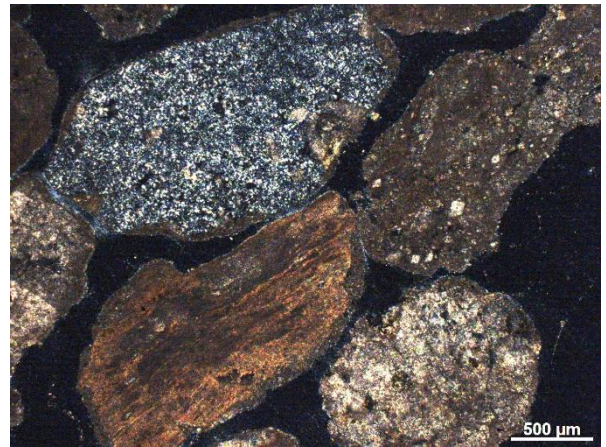
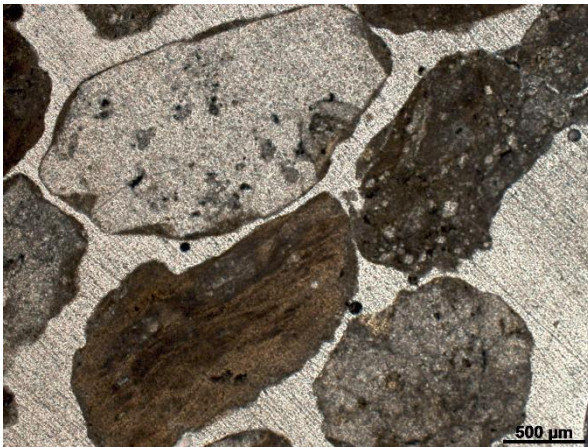


Fragmentos compostos por cristais de carbonatos subédricos com presença de micrita.

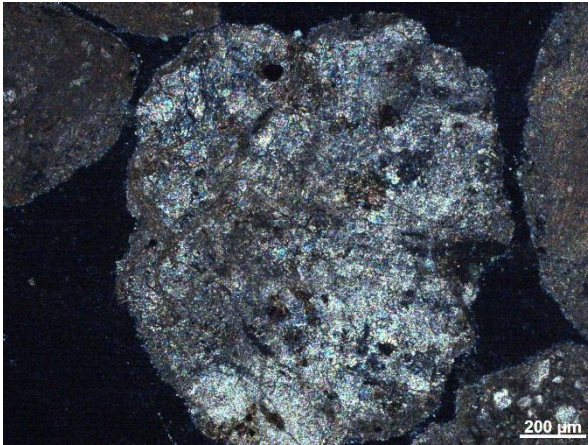


Fragmento composto por carbonato com micritização moderada, substituído parcialmente por quartzo com extinção ondulante. A morfologia do fragmento é comprida e retilínea, podendo ser interpretado como um possível bioclasto com aparentes linhas de crescimento.

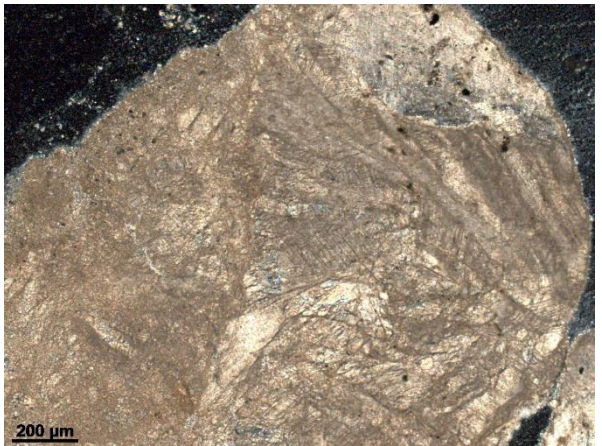
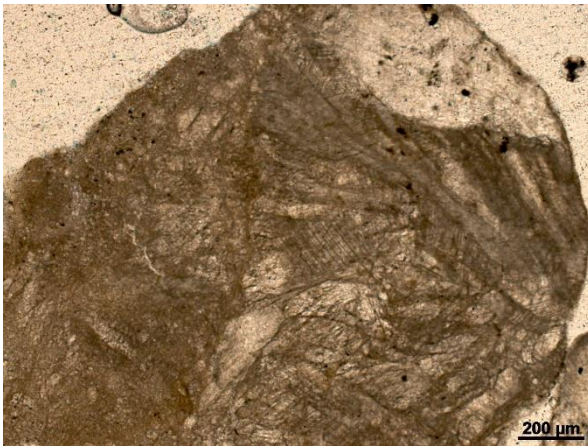
#### *AMOSTRA 138/19-225*



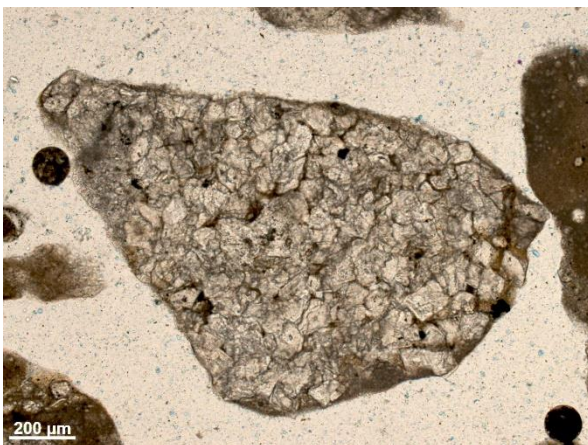
Laminito no centro, com alternância de camadas plano-paralelas escuras e claras, logo acima há um fragmento composto por sílica microcristalina com micrita nas bordas. Na direita superior há um fragmento de micrita escuro com cristais de dolomita romboédrica e na direita inferior um fragmento arredondado de carbonato.



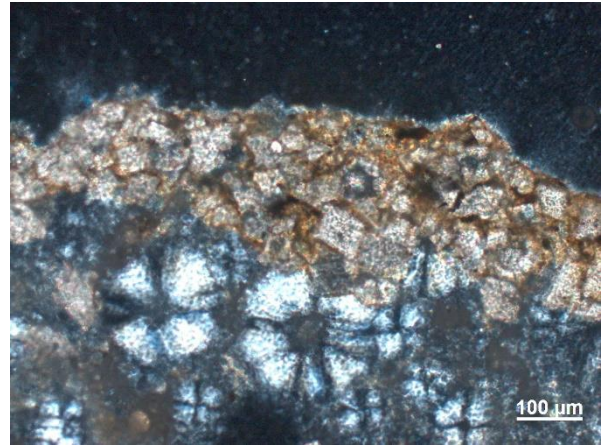
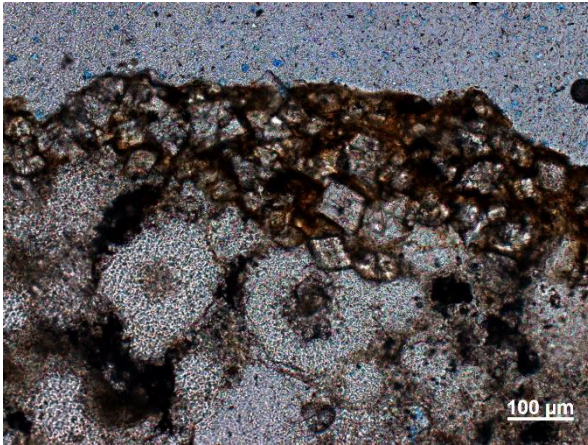
Fragmento arredondado de carbonato (lembra a parte basal de um shrub). O carbonato está recristalizado, com feições de dissolução e preenchimento parcial de estevensita.



Fragmento carbonático com clivagem bem desenvolvida, parece ter um crescimento radial. Há cristais de carbonato espático mas também há micrita envolvida.

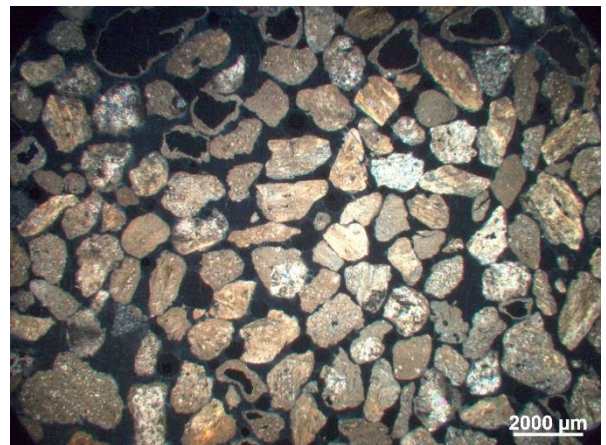
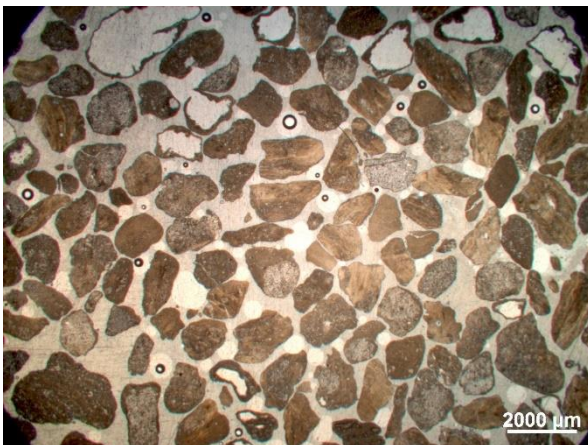


Fragmento com cristais de carbonato espásticos, com tamanho variando de 0,05 mm a 0,1 mm.

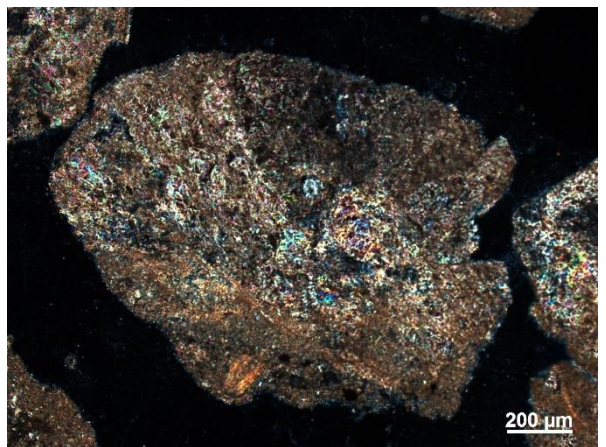
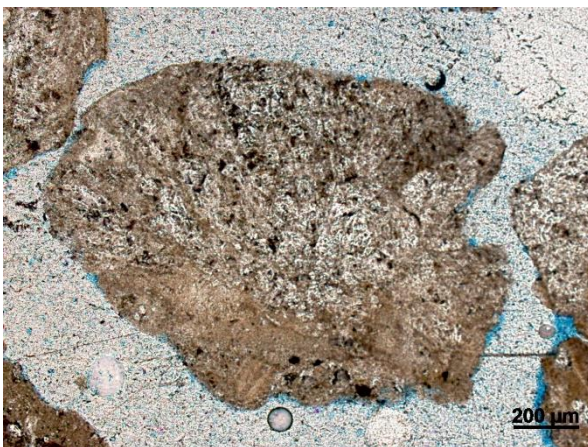


Detalhe da Figura 21, fragmento substituído por sílica esferulítica (calcedônia), com cristais de dolomita com hábito romboédrico perfeito na porção superior flutuando em estevensita.

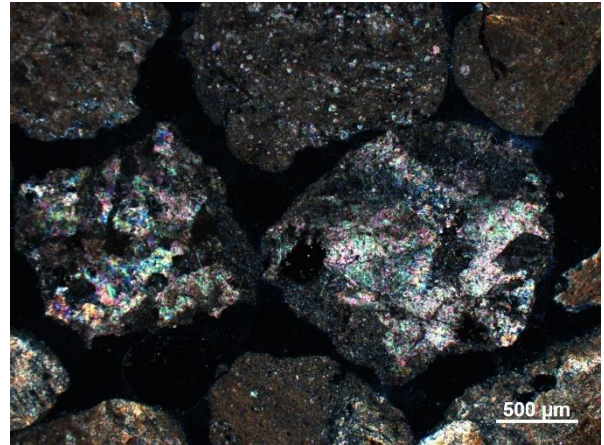
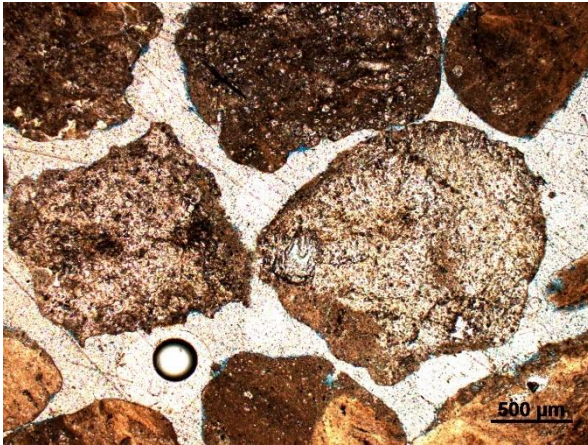
#### AMOSTRA 138/19-227



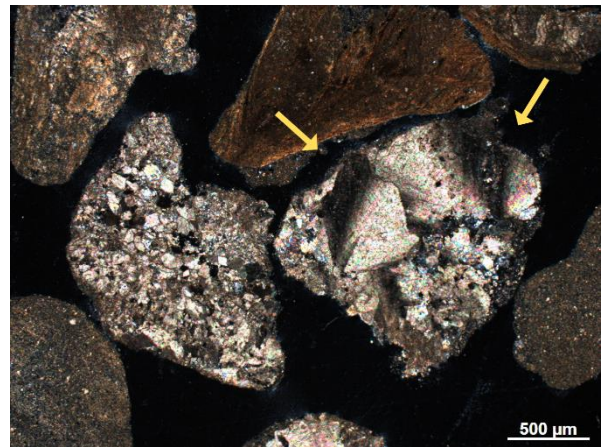
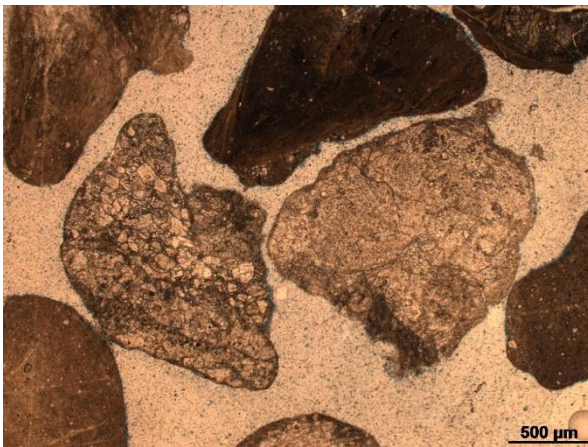
Vista geral dos fragmentos de amostras de calha da amostra 138/19-227.



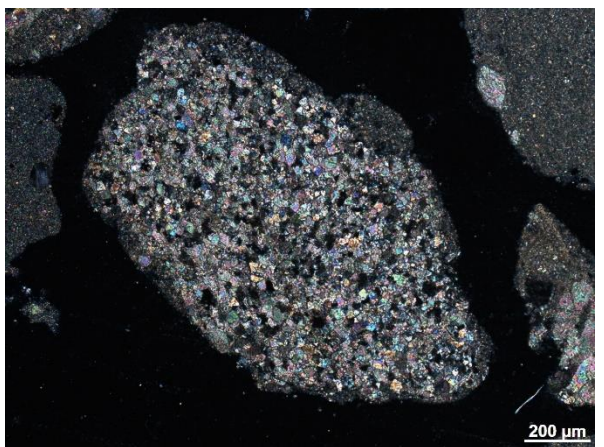
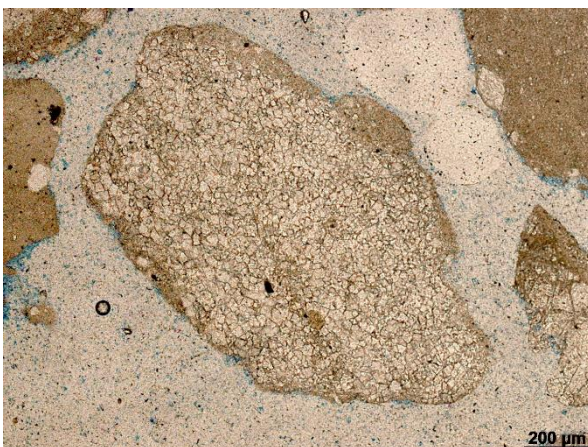
Shrub recristalizado, apresentando feições verticais com aspecto arborescente e extinção divergente em nicóis cruzados.



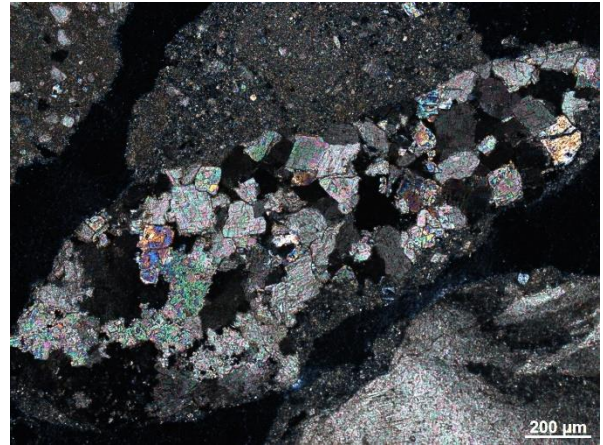
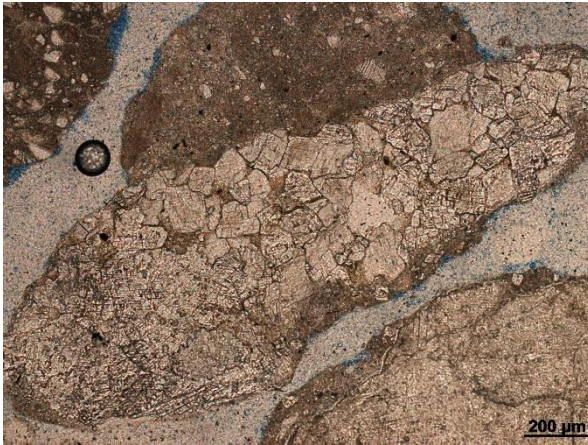
Fragmentos de carbonato com hábito fibroradial recristalizados, provavelmente esferulitos recristalizados, envolvidos por material micrítico.



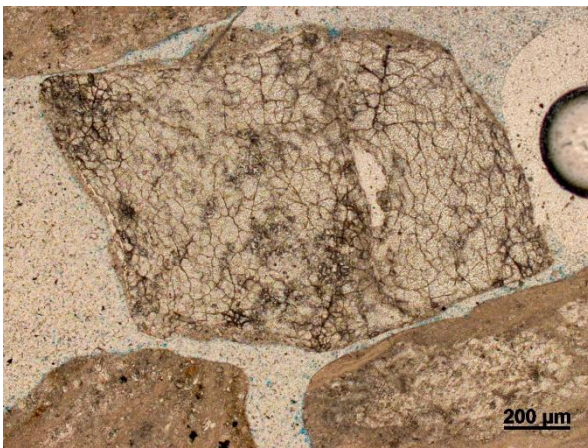
No centro, dois fragmentos de carbonatos espáticos, à direita apontado pelas setas amarelas, grandes cristais de carbonato com extinção divergente, apresentando linhas de crescimento concêntricas, possível shrub. À direita fragmento composto por pequenos cristais de carbonato, é possível observar cristais de dolomita euédrica, observa-se também micrita ocorrendo como matriz.



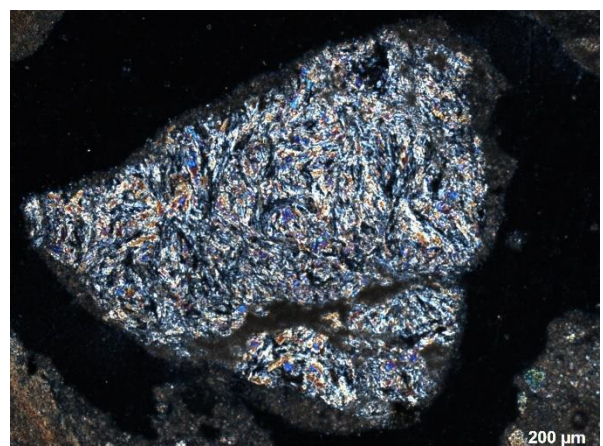
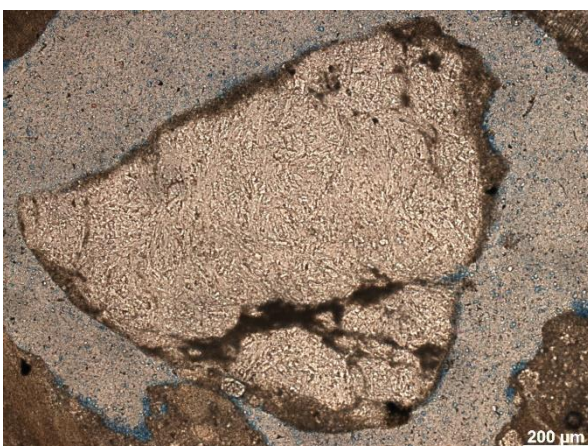
Fragmento de carbonato composto por cristais euédricos a subeuédricos de dolomita. Micrita ocorre como matriz.



Fragmento composto por cristais de carbonato euédricos a subédricos em mosaico, com micrita como matriz.

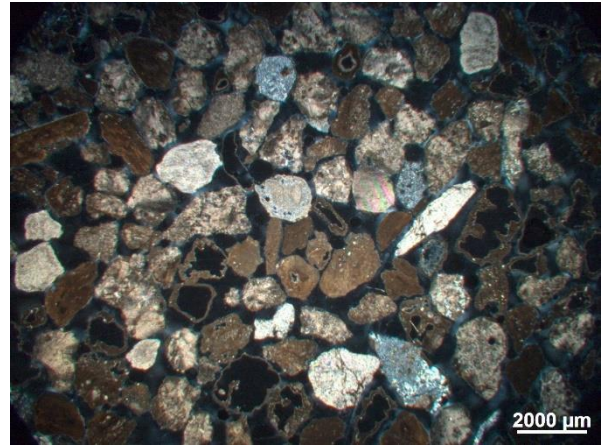
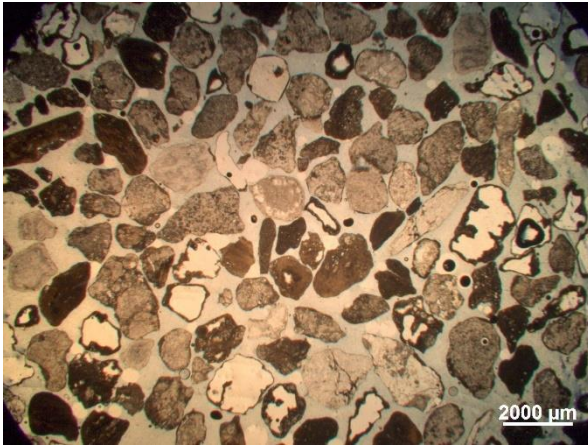


Fragmento composto por um material microcristalino, incolor, fraturado, possível sílica. Em nicóis cruzados apresenta baixa birrefringência, com cores cinzas, de primeira ordem.

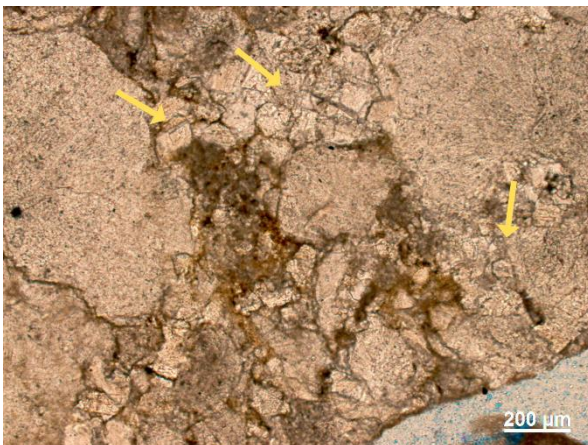


Fragmento de rocha, os minerais não estão orientados, minerais são alongados com hábito ripiforme, possível origem ígnea.

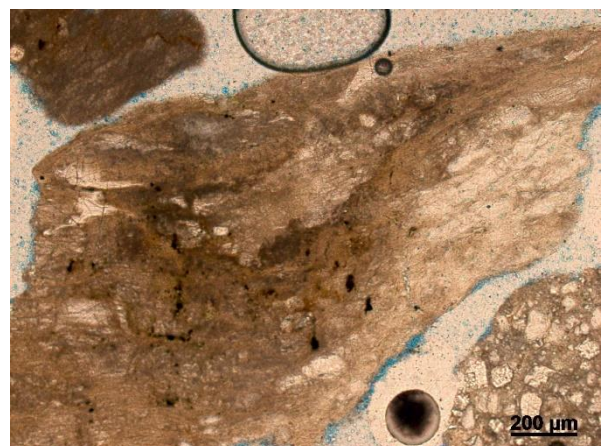
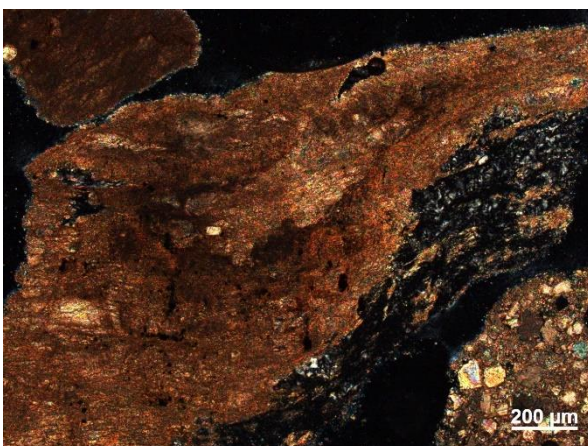
*AMOSTRA 138/19-231*



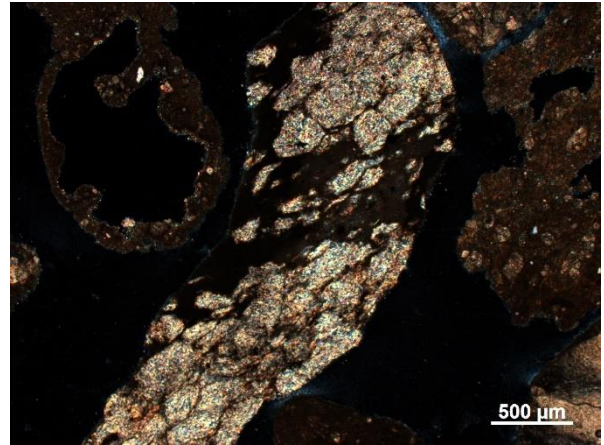
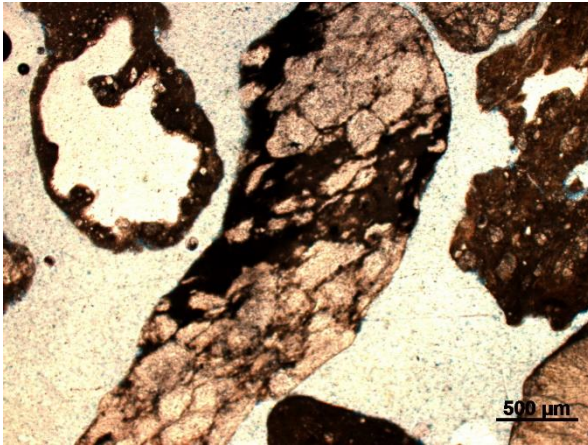
Vista geral dos fragmentos de calha da amostra 138/19-231.



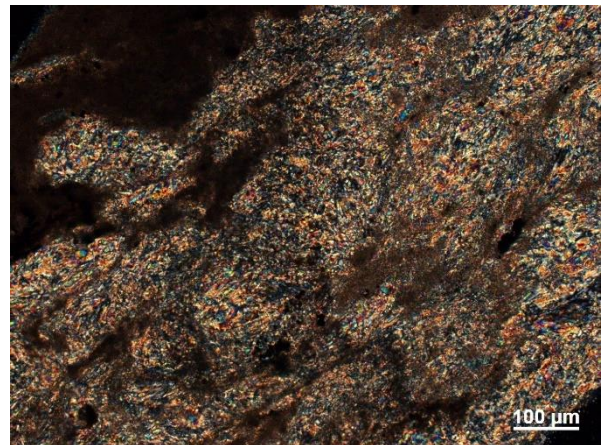
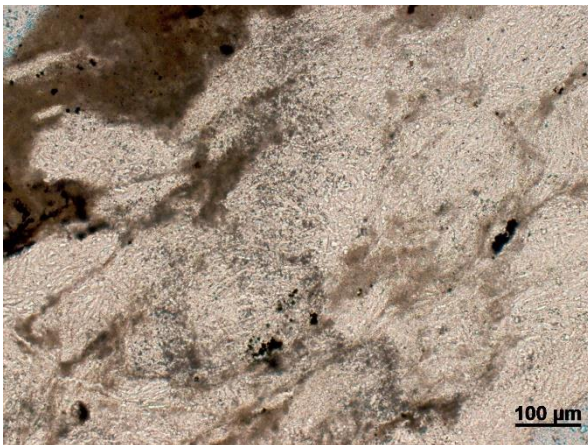
Cristais de dolomita com hábito romboédrico apontados pelas setas amarelas, ocorrendo entre os cristais de calcita arborescente/esferulítica com extinção divergente.



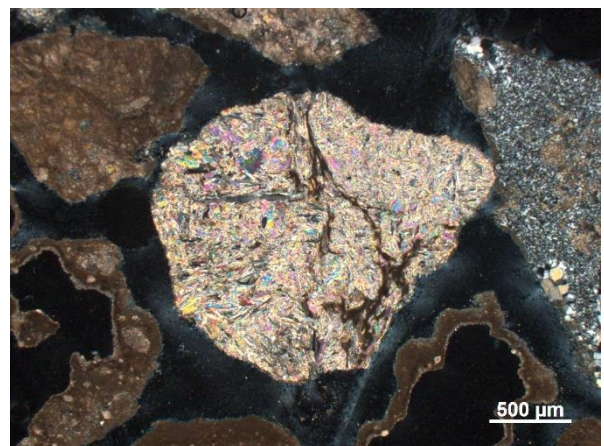
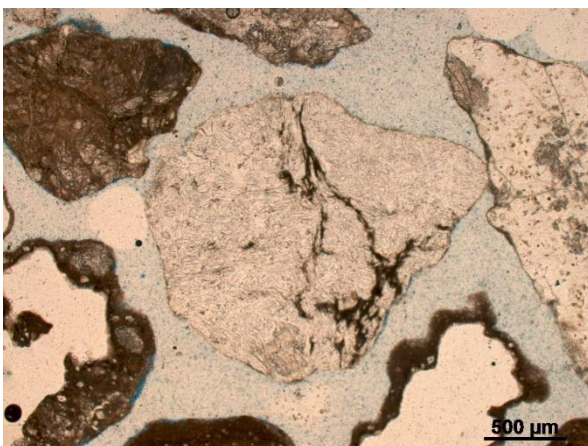
Mudstone micrítico substituído parcialmente por sílica. Na porção inferior é possível ver os cristais de dolomita em um fragmento com matriz micrítica.



Material não identificado, com cristais muito finos, com hábito microcristalino, não é possível ver uma orientação preferencial. Os minerais são incolores, com alta birrefringência em nicóis cruzados. É possível observar um material argiloso de cor escura ocorrendo em cima desse cristais, preenchendo possíveis fraturas, possível matéria orgânica.

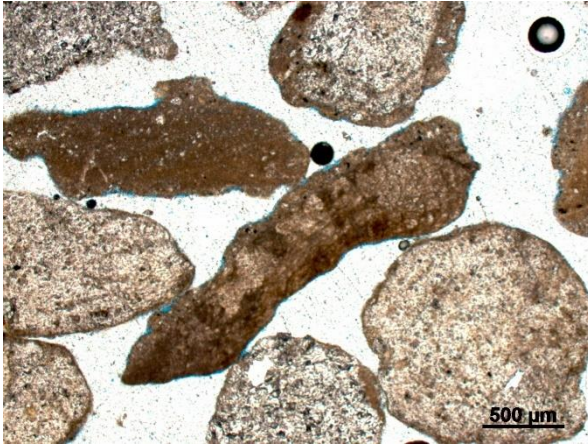


Microfotografia ampliada do fragmento anterior.

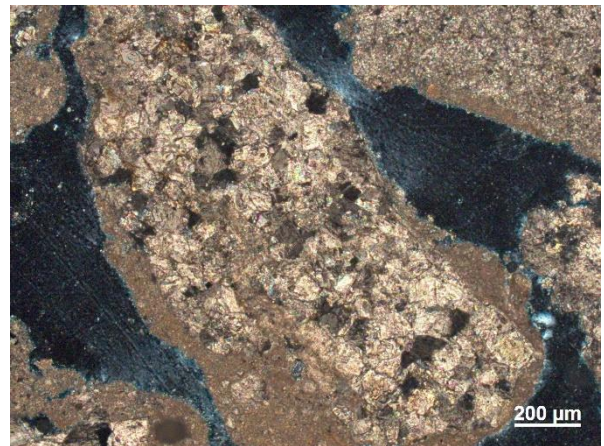
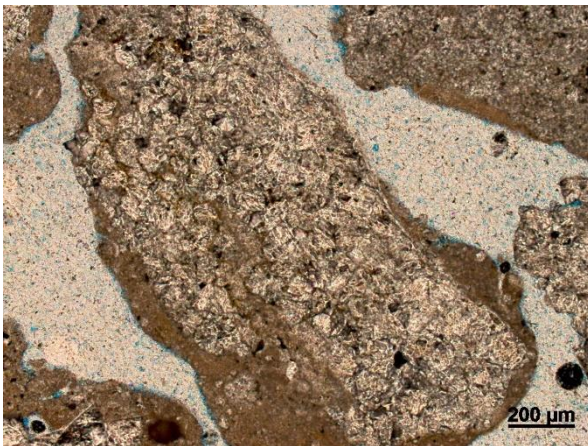


Fragmento de rocha. Ao redor mudstone de micrita escura e fragmento substituído por sílica.

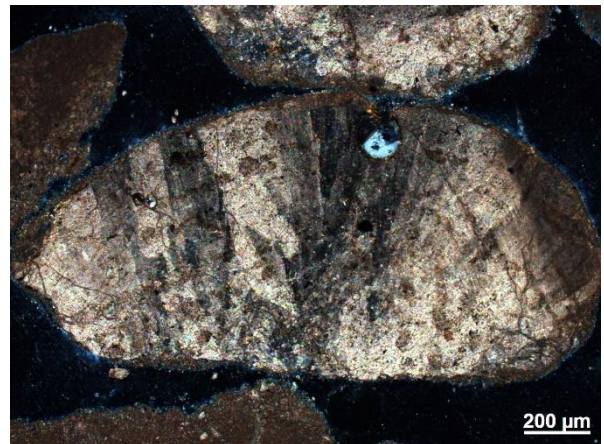
AMOSTRA 138/19-248



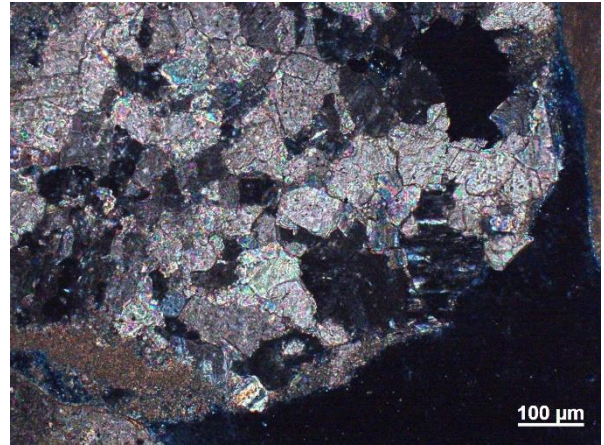
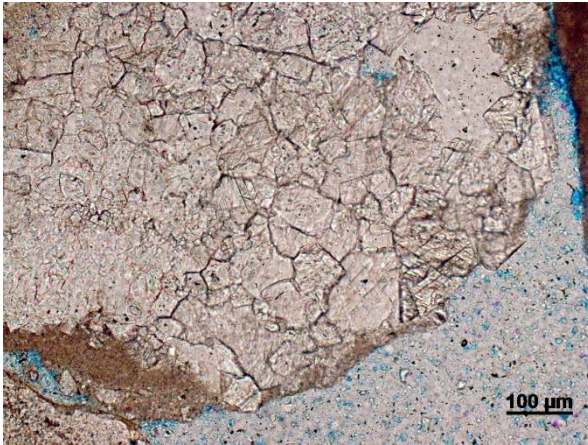
Fragmentos que se assemelham muito a fragmentos de conchas de pelecípodas, substituídos por micrita ou carbonato.



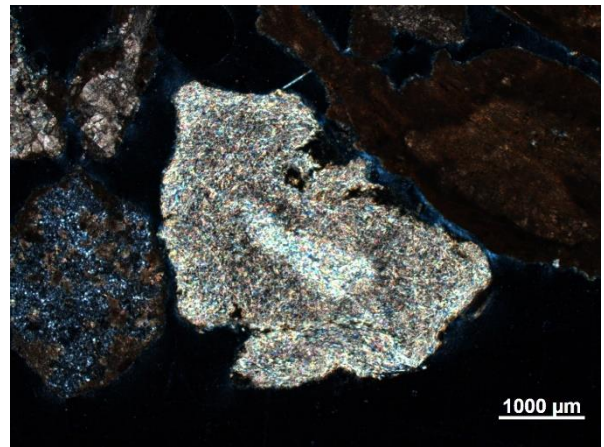
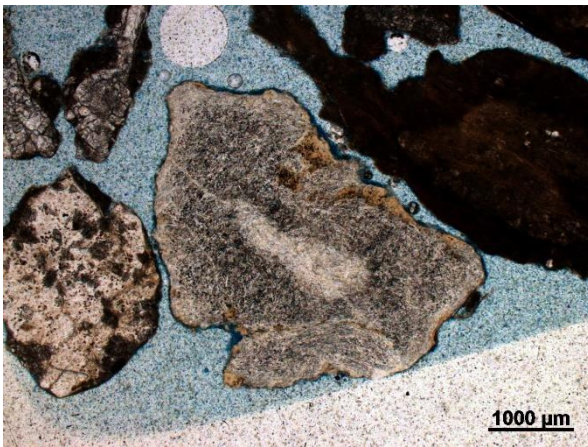
Fragmento com cristais carbonato espático euédricos a subédricos com micrita escura nas bordas.



Shrub parcialmente recristalizado, com estrutura convexa e extinção divergente em nicóis cruzados.

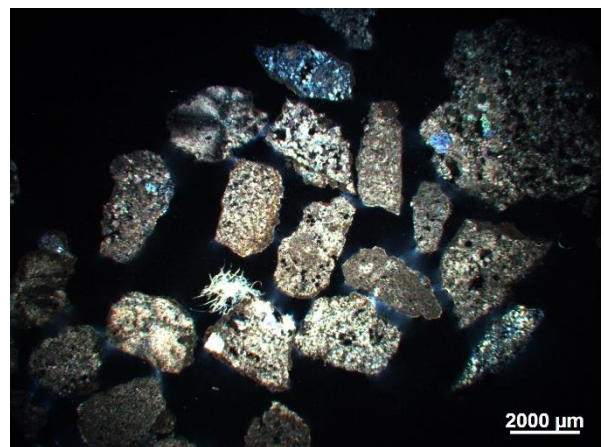
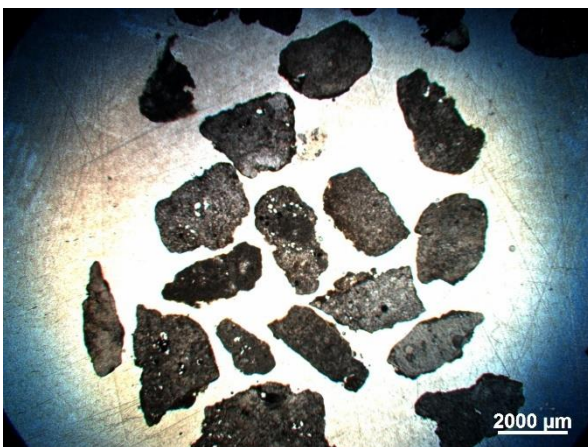


Cristais de carbonato com a clássica clivagem romboédrica, euédricos a subédricos e com maclas coloridas em luz polarizada, possivelmente ocorrendo como cimento.

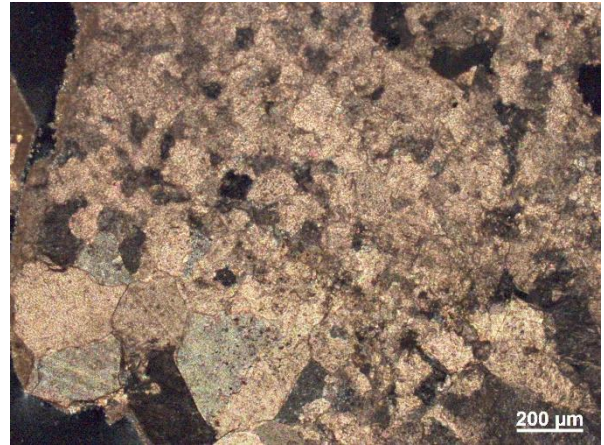
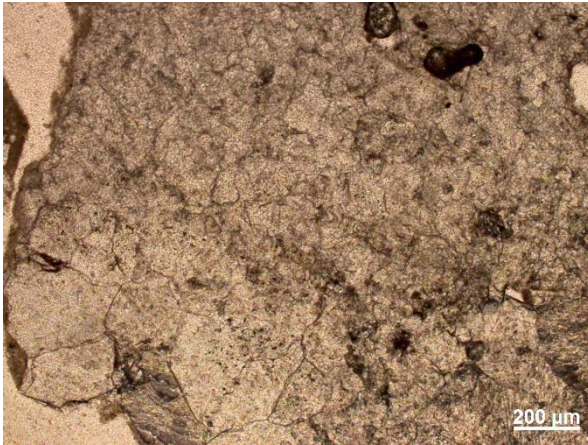


Fragmento não identificado, apresenta cristais alongados incolores e com óxido. Em luz polarizada apresenta alta birrefringência, provável fragmento de rocha.

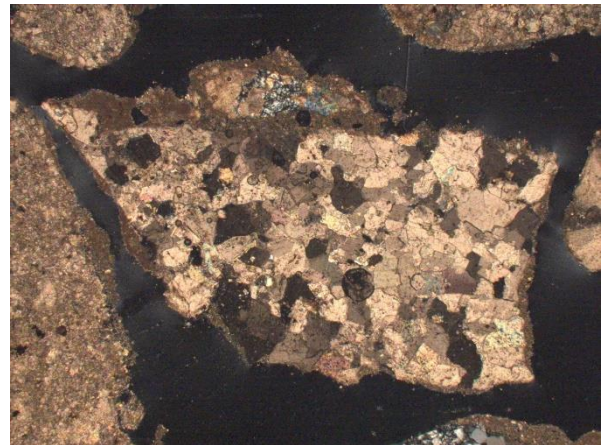
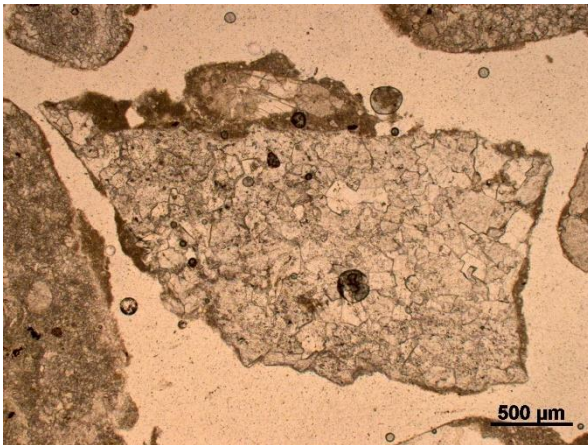
#### AMOSTRA 138/19-250



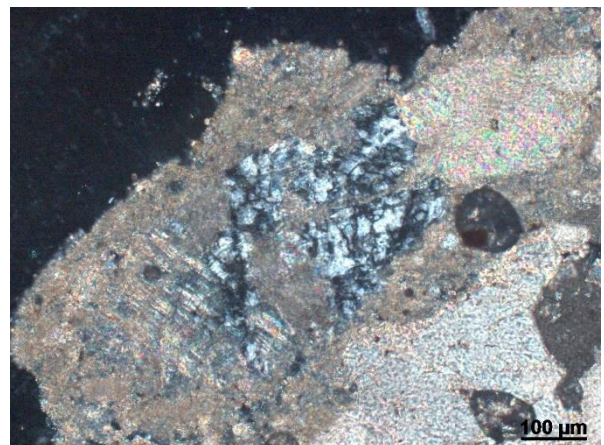
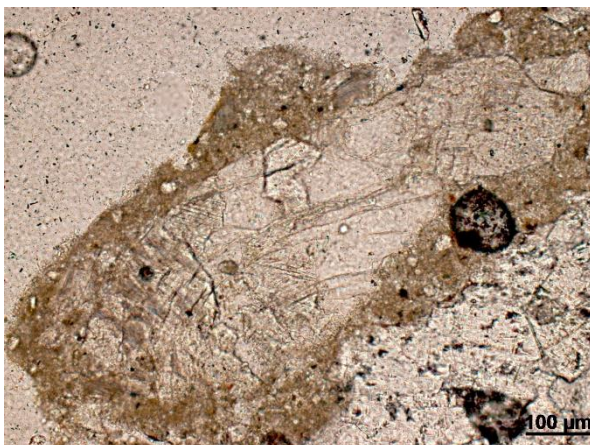
Vista geral dos fragmentos de calha da amostra 138/19-250, na objetiva de 1x.



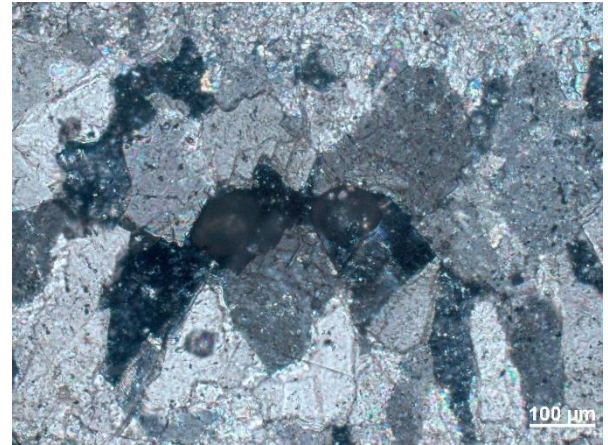
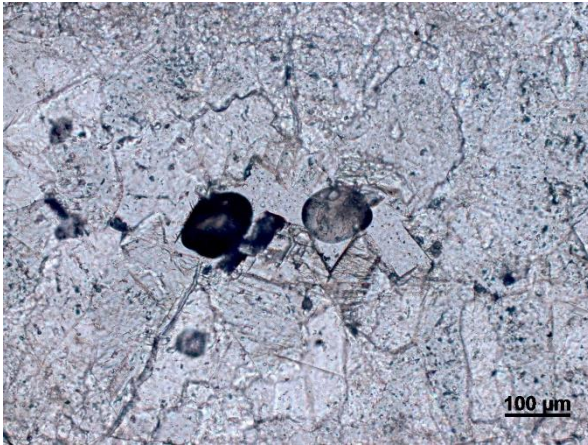
Fragmento de carbonato com hábito prismático e clivagem romboédrica.



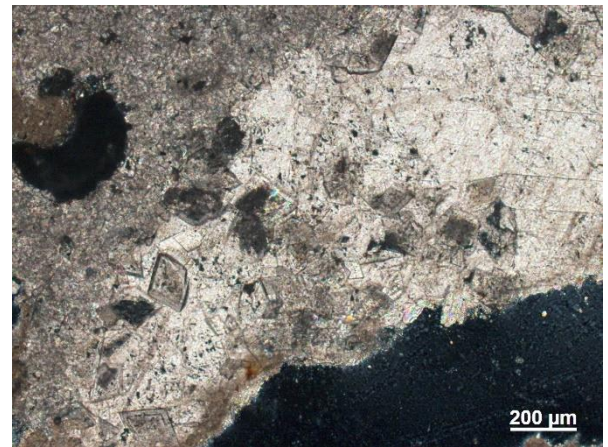
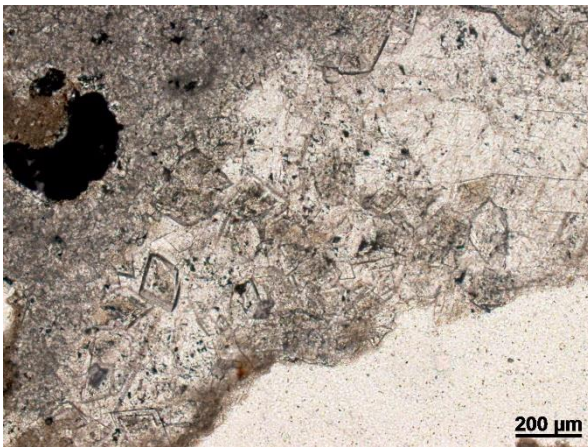
Fragmento carbonático com micrita nas bordas, com cristais subédricos a anédricos de carbonato e clivagem romboédrica. Na porção superior do fragmento nota-se um fragmento menor envolvido pela micrita com forma levemente convexa (ver foto de detalhe abaixo).



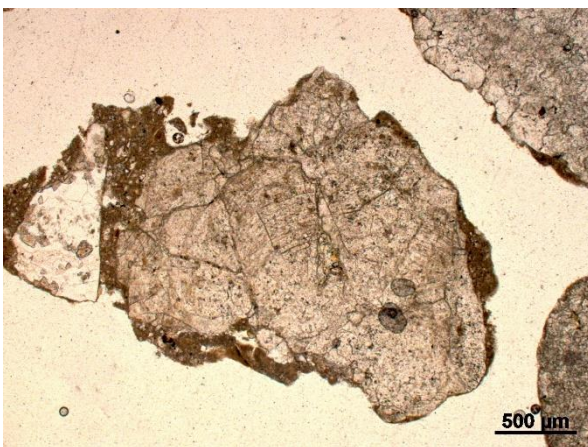
Porção superior do fragmento da fotomicrografia acima, possível fragmento de concha parcialmente substituído por sílica e micrita, nota-se as linhas de crescimento em nicóis descruzados.



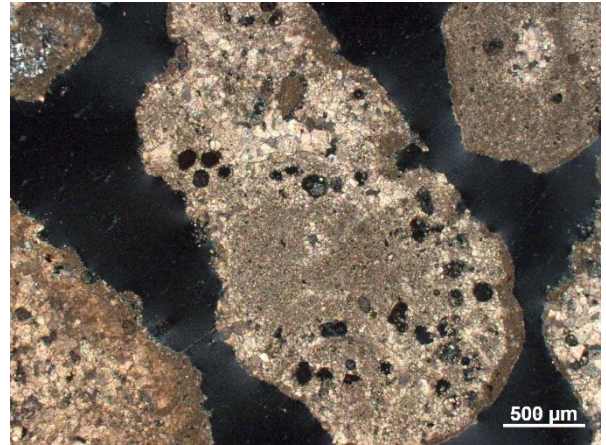
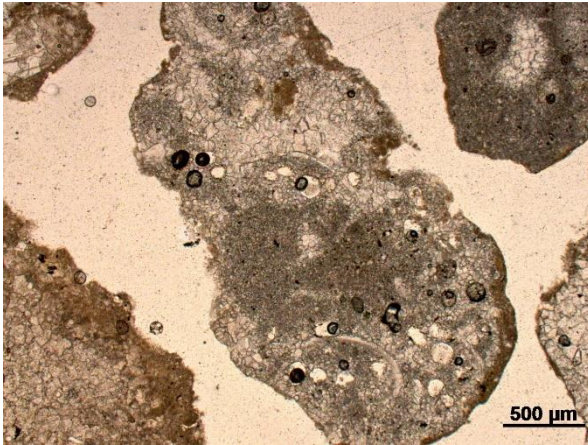
Cimento carbonático, com cristais prismáticos formando “dente de cão”, deixando um espaço poroso entre eles.



Romboédricos de dolomita flutuando em carbonato.

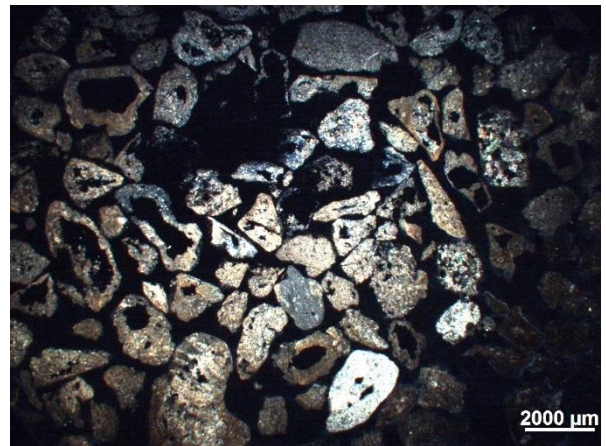
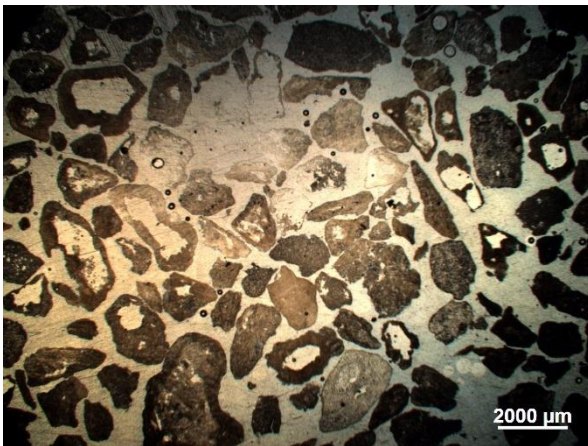


Shrub recrystalizado com linhas de crescimento verticais e extinção divergente, na borda observa-se micrita englobando fragmento substituído por sílica microcristalina à esquerda.

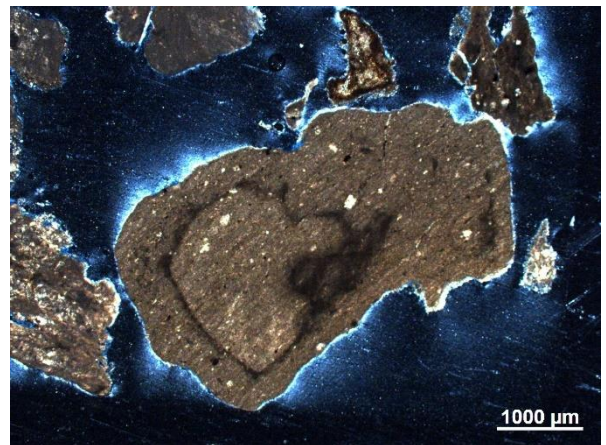
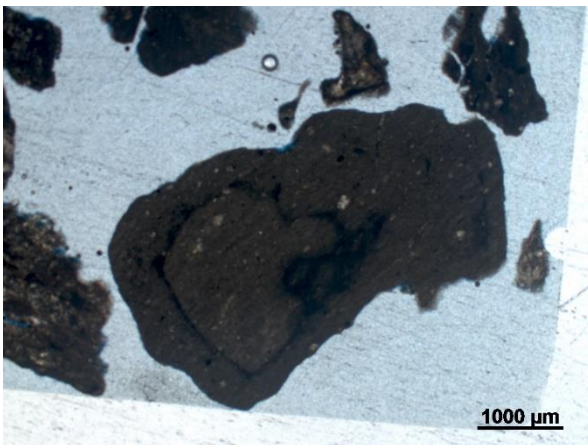


Fragmento de wackstone composto por conchas de ostracodes cimentado por carbonato. Observa-se micrita ao redor do fragmento.

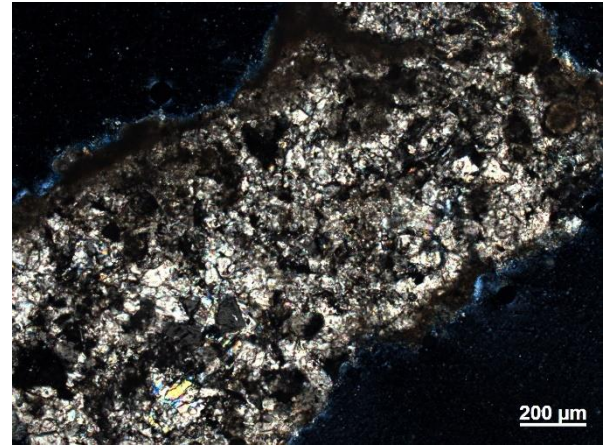
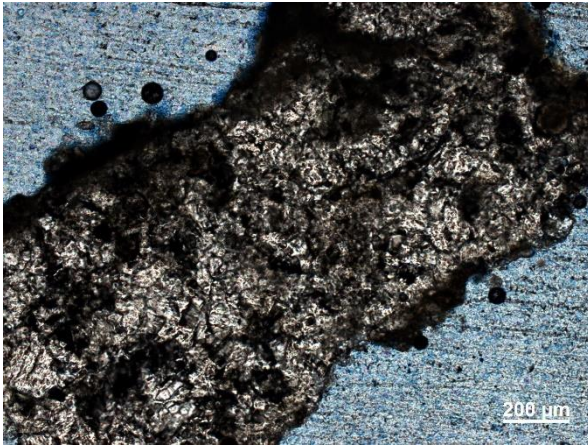
*AMOSTRA 138/19-268*



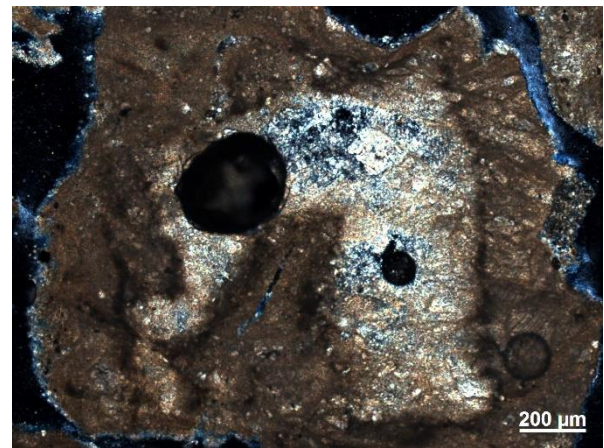
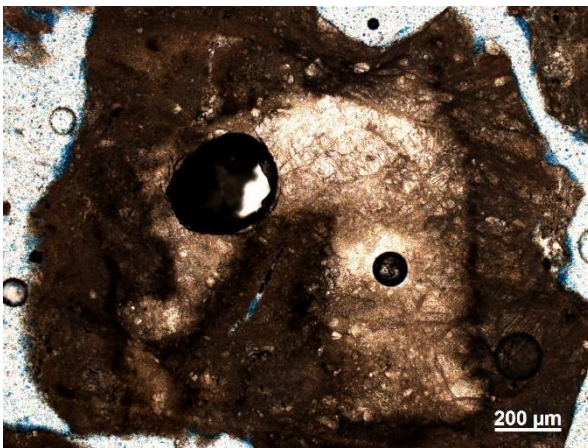
Vista geral dos fragmentos de calha da amostra 138/19-268, com objetiva 1x.



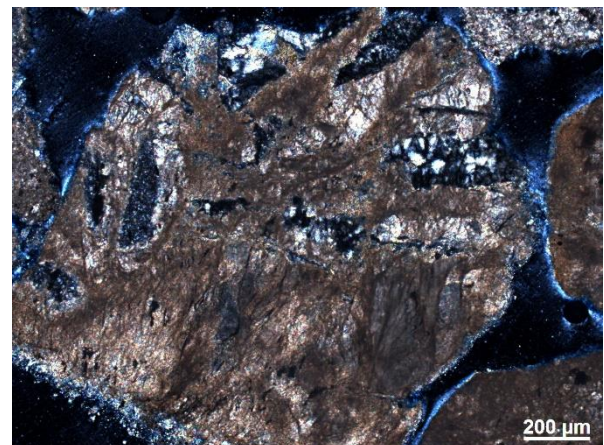
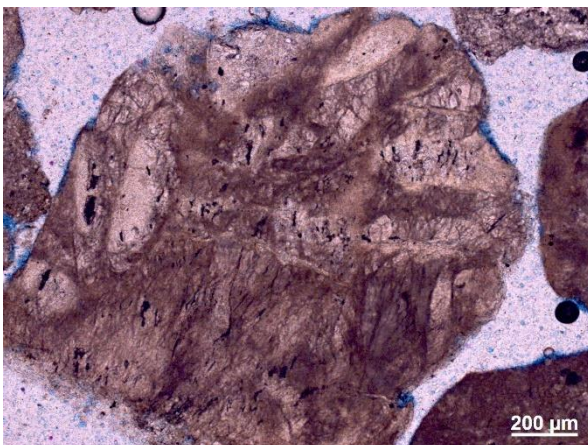
Fragmento de mudstone, homogêneo, de coloração castanha, com alguns romboedros de dolomita ocorrendo de forma muito pontual neste fragmento.



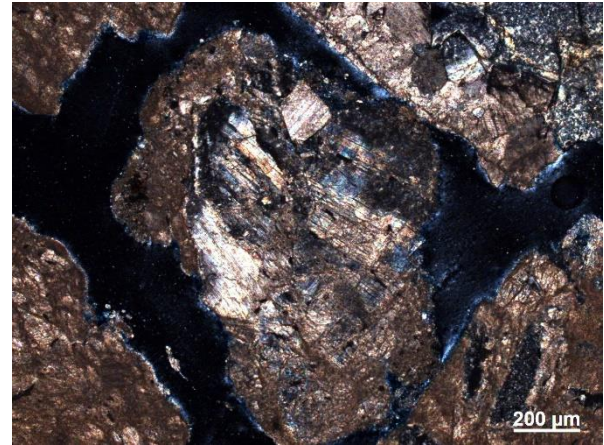
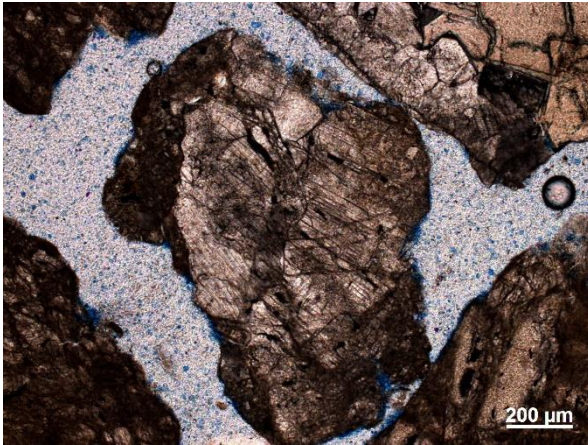
Fragmento de carbonato recristalizado, com micritização leve a moderada.



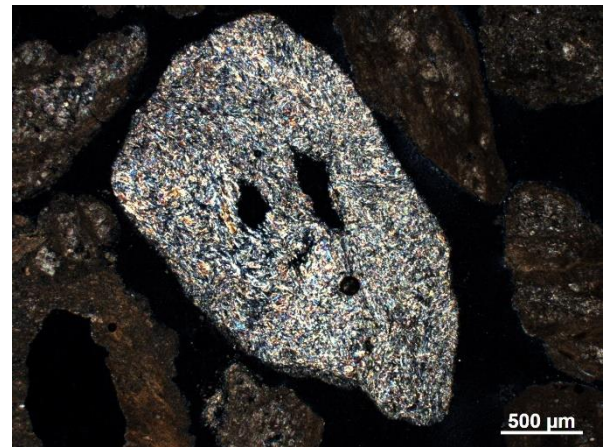
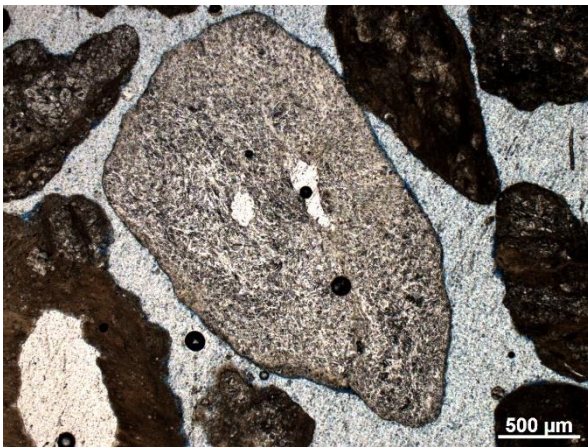
Fragmento de micrita escura, com o centro substituído por sílica.



Fragmento com presença de micrita escura e com feições ovais substituídas por quartzo microcristalino.

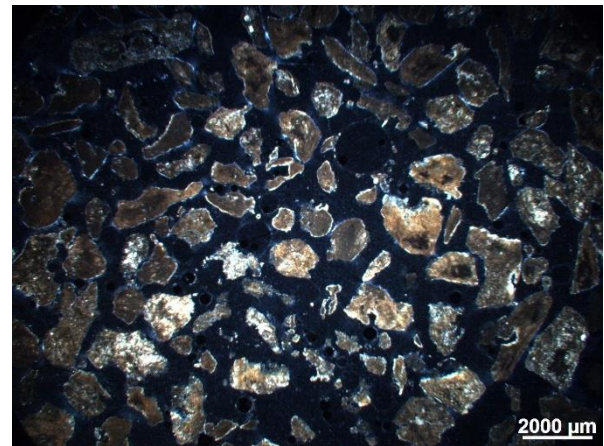
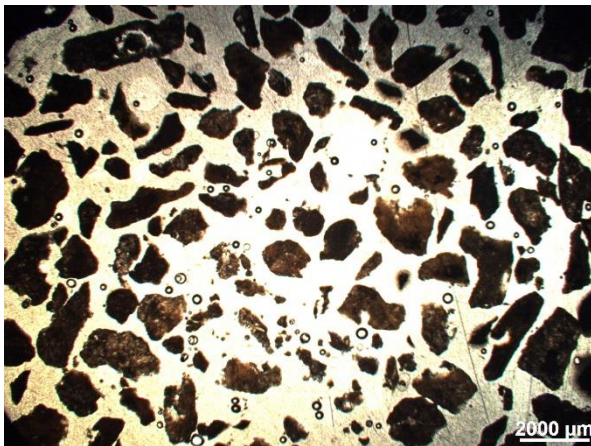


Fragmento composto por carbonato espático, bem desenvolvido, apresentando clivagem romboédrica e com presença de opacos, fragmento apresenta micritização moderada.

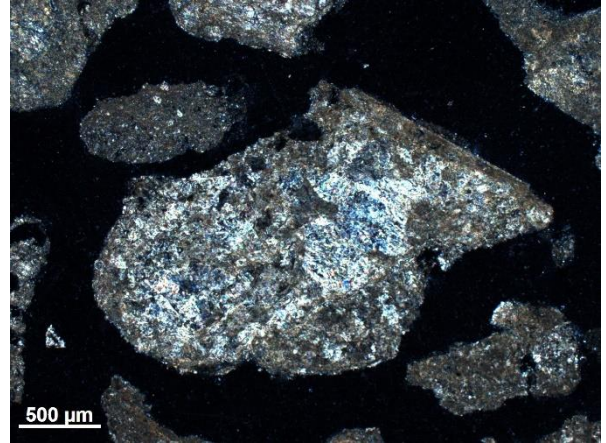
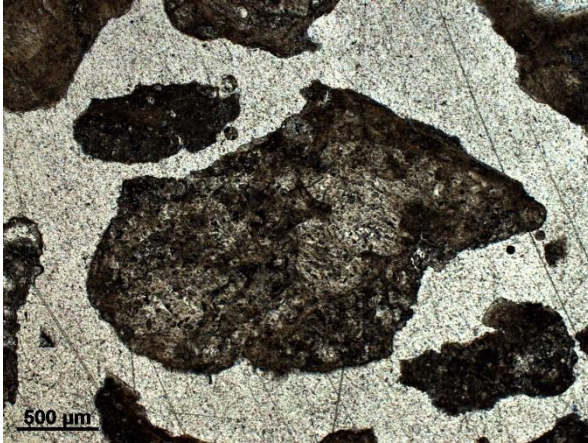


Fragmento de rocha com minerais muito finos e alta birrefringência em nicóis cruzados.

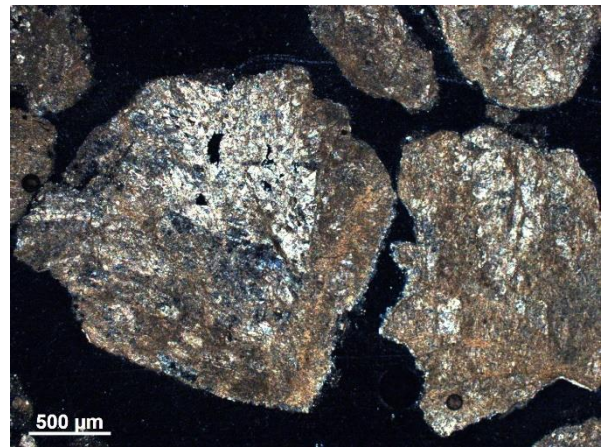
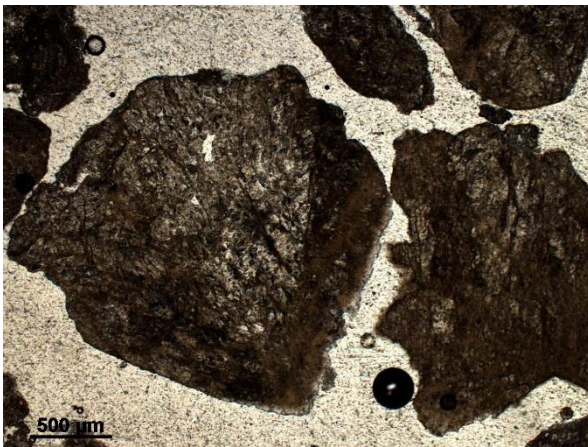
#### AMOSTRA 138/19-268



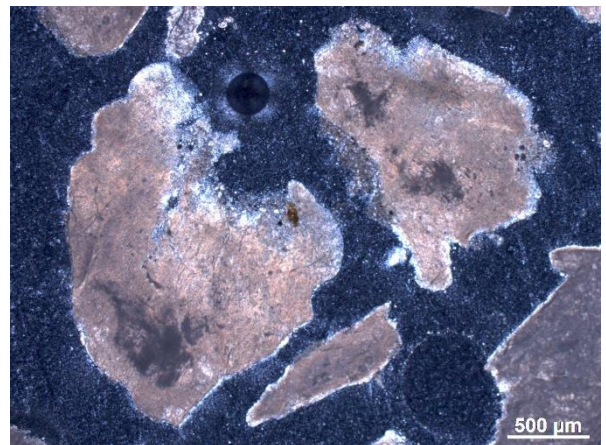
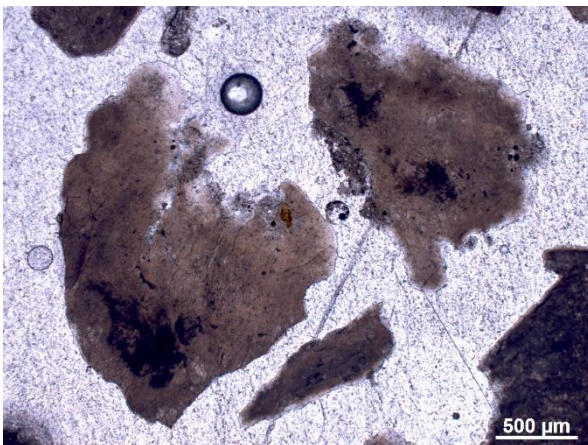
Vista geral dos fragmentos de calha da amostra 138/19-286, na objetiva de 1x.



Fragmento de carbonato, é possível observar clivagem romboédrica bem desenvolvida, com micritização de moderada a intensa.



Fragmento de carbonato com micritização moderada a intensa.



Fragmentos de micrita escura.