

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ANÁLISE TAFONÔMICA BÁSICA DE OSTRACODES DA FORMAÇÃO  
TREMEMBÉ, BACIA DE TAUBATÉ, SP**

Denner Christian Boscaratto

Orientadora: Profa. Dra. Juliana de Moraes Leme Basso

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-2016 / 11)**

SÃO PAULO  
2016

TF  
B741  
DC.a

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ANÁLISE TAFONÔMICA BÁSICA DE OSTRACODES DA FORMAÇÃO TREMEMBÉ,  
BACIA DE TAUBATÉ, SP**

Denner Christian Boscaratto



Orientadora: Profa. Dra. Juliana de Moraes Leme Basso

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA

(TF-2016/11)

Denner C. Boscaratto

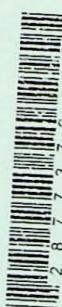
Assinatura do Orientando

Juliana de Moraes Leme Basso

SÃO PAULO

2016

IGc-Instituto de Geociências



Análise tafonômica básica de ostracodes da Formação Tremembé, Bacia de Taubaté, SP.

TF  
B741  
D.C. a

СИМВОЛЫ ИЗОБРАЗИТЕЛЬНО-

ИЗОБРАЗИТЕЛЬНО-СТИХИИ

ДЕМОКРАТИЧЕСКОЕ КООПЕРАТИВНОЕ АССАДА АССОЦИАЦИИ  
ПРЕДСТАВЛЯЕТ ВСЕ АССАД



СИМВОЛЫ ИЗОБРАЗИТЕЛЬНО-

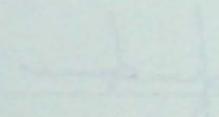
СТИХИИ ПРЕДСТАВЛЯЕТ ВСЕ АССАД

ПРЕДСТАВЛЯЕТ ВСЕ АССАД

1981-82

СИМВОЛЫ ИЗОБРАЗИТЕЛЬНО-

СТИХИИ ПРЕДСТАВЛЯЕТ ВСЕ АССАД



СИМВОЛЫ ИЗОБРАЗИТЕЛЬНО-

СТИХИИ

1981

## Sumário

RESUMO .....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1    Tafonomia .....	1
1.1.1 <i>Análise tafonômica básica</i> .....	2
1.1.2 <i>Fatores de tendenciamento</i> .....	3
1.2    Ostracodes .....	4
1.3    Dados sobre análises tafonômicas de ostracodes em outras regiões do mundo .....	8
2. LOCALIZAÇÃO E GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO .....	10
2.1    Localização.....	10
2.2    Bacia de Taubaté.....	12
2.3    Formação Tremembé .....	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	16
4. RESULTADOS OBTIDOS.....	20
4.1    Análise Estratigráfica .....	20
4.2    Análise Tafonômica .....	22
4.3    Análises em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e Sistema de Energia Dispersiva (EDS) .....	36
5. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	40
6. CONCLUSÕES.....	43
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44

## RESUMO

O trabalho de formatura tem como objetivo a análise tafonômica básica dos ostracodes da Formação Tremembé, Bacia de Taubaté, SP. Foram analisadas 178 amostras disponíveis no acervo do Instituto de Geociências e de coleta realizada nos trabalhos de campo na Pedreira Santa Fé no município de Tremembé - SP e na Pedreira Aligra no município de Taubaté - SP. Assim, o trabalho desenvolveu a análise tafonômica básica, detalhando os processos bioestratinômicos, incluindo possíveis processos de desarticulação e fragmentação. A importância deste se deve ao fato de não haver trabalhos prévios sobre a tafonomia dos ostracodes na Formação Tremembé. Além do objetivo principal, o trabalho também estabelece as correlações dos dados tafonômicos com o paleoambiente. O estudo permitiu a classificação do material em quatro classes tafonômicas: (i) densamente empacotadas em matriz bioclástica (classe 1); (ii) densamente empacotada em matriz argilosa (classe 2); (iii) dispersa em matriz argilosa (classe 3); (iv) dispersa com conchas total fragmentadas (classe 4). Foi possível reconhecer eventos chamados de episódicos, representados pelas ocorrências de coquinas e níveis de maior concentração de bioclastos, e os eventos de fundo, isso é, eventos que representam o dia-a-dia do ambiente de sedimentação. A classe tafonômica três foi a mais representativa e abundante encontrada. É caracterizada pela presença de conchas desarticuladas, pouco fragmentadas, com concavidades voltadas tanto para cima quanto para baixo sem um padrão específico, com concentração fracamente empacotada em matriz argilosa. Tais assinaturas tafonômicas corroboram com a interpretação do paleoambiente lacustre, com baixa energia. Provavelmente, não houve transporte intenso do material, ou seja, as conchas são autóctones. A partir da elaboração das colunas estratigráficas foi possível observar que as camadas não ocorrem com continuidade lateral e há diferentes classes tafonômicas ocorrendo em poucos milímetros de variação. Através de imagem EDS no microscópio eletrônico de varredura, foi identificada a presença de pirita como preenchimentos das conchas desses minicrustáceos. A ocorrência de pirita indica uma baixa concentração de oxigênio no fundo do lago e, portanto, trata-se de um ambiente anóxico com oscilações em parâmetros químicos da água, podendo causar alta mortandade de ostracodes. Por fim, é necessário um estudo mais detalhado do registro fossilífero das ocorrências de ostracodes na Formação Tremembé a fim de se determinar melhor as associações entre ostracodes e outras formas de vidas existentes no sistema lacustre que existiu na Bacia de Taubaté.

## ABSTRACT

The graduation work presents, as the objective, the basic taphonomic analysis of ostracods of the Tremembé Formation, Taubaté Basin. It were analyzed 178 available samples from the collection's Institute of Geosciences and the collect made during field work in Pedreira Santa Fe in the municipality of Tremembé - SP and Pedreira Aligra in the city of Taubaté - SP. Furthermore, the work developed the basic taphonomic analysis, detailing the biostratinomic processes, including possible disarticulation process and fragmentation. The importance of this is because there are no previous studies on the taphonomy of ostracods in Tremembé Formation. Besides the main objective, the work also establishes the taphonomic's correlations data with the paleoenvironment. The study allowed the classification of material into four taphonomic classes : (i) densely packed in bioclastic matrix (class 1); (ii) densely packed in clayey matrix (class 2); (iii) dispersed in clayey matrix (class 3); (iv) dispersed with full shells fragmented (class 4). It was possible to recognize events called episodic, represented by the occurrences of coquinas limestone and higher levels of bioclasts' concentration, and the depth events, which are events that represent the day-to-day sedimentation environment. The taphonomic class three was the most representative and abundant found. It is characterized by the presence of disarticulated shells, little fragmented, with concavities facing either up or down with no specific pattern, with poorly packed concentration in a clayey matrix. Such taphonomic signatures corroborate the interpretation of lacustrine paleoenvironment with low energy. Probably, there's no intense transport of the material, so the shells are autochthonous. From the elaboration of stratigraphic columns, it was observed that the layers do not occur with lateral continuity and there are different taphonomic classes taking place in a few millimeters of variation. Through EDS image in the scanning electron microscope, it was identified the presence of pyrite as filling in the shells of these minicrustaceans. The occurrence of pyrite indicates a low concentration of oxygen in the lake floor and, therefore, it was an anoxic environment with fluctuations in chemical parameters of water, may causing high mortality of ostracods. Finally, a more detailed study of the fossil record of ostracods occurrences in need Tremembé Formation in order to better determine the associations between ostracods and other existing forms of life in the lake system that existed in Taubaté Basin.

## 1. INTRODUÇÃO

O referido trabalho de formatura apresenta o estudo tafonômico básico dos ostracodes da Formação Tremembé na Bacia de Taubaté – SP. Os ostracodes são minicrustáceos que podem viver tanto em ambiente lacustre quanto marinho. O interesse por este grupo foi devido à grande abundância no registro fossilífero e por serem bons marcadores biológicos. Assim, o trabalho desenvolveu a análise tafonômica básica, detalhando os processos bioestratinômicos, incluindo possíveis processos de desarticulação e fragmentação. A importância deste estudo se deve ao fato de não haver trabalhos prévios sobre a tafonomia dos ostracodes na Formação Tremembé. Bergue *et. al.* (2014) analisaram a taxonomia de ostracodes da Formação Tremembé com a finalidade de interpretar a paleoecologia de algumas assembleias. No entanto, pouca informação sobre a tafonomia dessas ocorrências fósseis foi mencionada. Dessa forma, o trabalho teve como objetivo principal a análise tafonômica básica dos ostracodes da Formação Tremembé, Bacia de Taubaté, SP, além de estabelecer as correlações dos dados tafonômicos com o paleoambiente.

### 1.1 Tafonomia

O processo de preservação dos restos orgânicos no registro fóssil, bem como este processo afeta a qualidade do mesmo, podem ser estudados através da tafonomia. Dessa forma, para entender os processos de preservação são considerados três fatores da natureza do registro fóssil: (1) Completude, que se refere à representatividade de um grupo taxonômico no registro fossilífero; (2) Mistura temporal, que se refere à mistura de partículas bioclásticas de diferentes idades em uma única acumulação; (3) Mistura espacial, que diz respeito à mistura de partículas biogênicas de organismos que ocupam diferentes ambientes sedimentares em uma única acumulação bioclástica (Simões *et al.*, 2010a).

Segundo Simões *et. al.* (2010a), para a melhor compreensão e entendimento dos processos que levam à preservação de antigas biotas, o estudo tafonômico básico conta com etapas como a morte e a necrólise dos organismos, seguindo os processos bioestratinômicos como, por exemplo, a desarticulação, o transporte e o retrabalhamento dos restos esqueletais e, por fim, o soterramento.

### 1.1.1 Análise tafonômica básica

Para uma análise tafonômica básica, é necessário estudar cinco critérios fundamentais para a posterior interpretação, sendo eles: (1) Morte; (2) Necrólise; (3) Desarticulação; (4) Transporte; (5) Soterramento (Simões *et. al.*, 2010a).

Segundo Holz e Simões (2002), a história tafonômica inicia-se com a morte de um organismo. Dessa forma, é preciso entender o paleoambiente a fim de se determinar o tipo de morte. Em estudos tafonômicos, há dois tipos de morte possíveis.

Segundo o autor, o primeiro tipo é chamado de morte seletiva, também conhecida como morte natural, que afeta determinadas faixas idades, seja por envelhecimento e doenças associadas nos indivíduos senis, seja por predação devido à inexperiência em indivíduos jovens, tendo uma distribuição bimodal moderadamente acentuada entre essas duas faixas e representada por tanatocentose (qualquer acumulação relativamente densa de partes duras esqueléticas, podendo conter elementos transportados ou autóctones). Já a segunda forma é conhecida por morte não seletiva, também chamada de catastrófica, causada por eventos de grande magnitude como alterações físico-químicas no ambiente ou algum soterramento repentino, tendo um estudo estatístico das classes de idade representada pela tafocenose (formada por espécimes autóctones que não foram transportados para fora de seu habitat original), cuja distribuição representa quase que fielmente a composição original da biocenose, com proporção entre juvenis, adultos e senis de acordo com a estrutura populacional original. Por fim, após saber o tipo de morte, determina-se a causa da morte.

Após a morte, o organismo passa por necrólise, ou seja, a decomposição dos tecidos moles de conexão. Em seguida, ocorrem as modificações pós-morte como, por exemplo, a desarticulação de suas juntas naturais (charneiras, apêndices, articulações entre ossos). No caso de bivalves (Moluscos), após a morte e a necrólise dos músculos adutores, cuja função é manter as valvas fechadas, estas tendem a ficar unidas somente pelo ligamento presente em suas charneiras, aspecto conhecido como valvas em borboleta (*butterflied valves*). Se o soterramento ocorrer em poucos dias após a morte, o fóssil pode preservar esta articulação particular. Caso contrário, ocorrerá a desarticulação das valvas (Holz e Simões, 2002).

De acordo com o mesmo autor, a penúltima etapa consiste no transporte caso o organismo não seja soterrado em um curto período de tempo. Nessas situações, ele sofrerá total desarticulação e interação com o meio abiótico, podendo ser retrabalhado

pela água, fragmentando-se por completo e sofrendo decomposição ou depositando-se retrabalhado, sendo analisados como partículas sedimentares.

Por fim, ocorre a última etapa que consiste no soterramento final que será fundamental para a preservação ou destruição do registro fossilífero. O mais importante nessa etapa é saber diferenciar os eventos de soterramento e identificar quais são os de maior magnitude, a fim de não cometer erros com a mistura temporal já que os eventos de grande magnitude podem retrabalhar deposições em eventos de baixa magnitude.

### *1.1.2 Fatores de tendenciamento*

O primeiro fator de tendenciamento conhecido é o registro incompleto. Esse fator resulta de eventos não preservados, portanto uma parte do registro fóssil é erodida e assim ela não se preserva. Dessa forma, nem todos os restos orgânicos disponíveis são soterrados e fossilizados, podendo sofrer tanto a ação de outros eventos sedimentares de maior magnitude ou com maior frequência, como a ação biológica, ou seja, a anatomia do organismo e a decomposição de suas partes não resistente, ambiente e seu modo de vida, não restando nenhum dado de sua existência. Também conhecido como registro desordenado, o segundo fator de tendenciamento é resultado da mistura de sedimentos por processos físicos e biológicos. Portanto, por conta da mistura espacial, há uma aglomeração de indivíduos novos com indivíduos que já estavam incorporados ao substrato. No caso dos processos biológicos, a bioturbação provoca uma mistura entre as camadas sedimentares uma vez que os organismos cavam seus respectivos tubos de vida ou locomoção e, nesse processo, ocorre deslocamento de sedimentos e restos orgânicos pelos estratos. Do ponto de vista de agentes físicos, o retrabalhamento é citado como a principal causa uma vez que o sedimento é depositado e retrabalhado por outro evento de maior magnitude, redepositando diferentes níveis sedimentares em um mesmo estrato. O terceiro e último fator é a mistura temporal definida como dois ou mais eventos diácronos (ocorrência em tempos distintos) parecerem ser sincrônicos (ao mesmo tempo) no registro preservado. Aprofundando mais no conceito de mistura temporal (*time-averaging*), ele resulta da superposição dos processos geológicos no ciclo exógeno. Dessa forma, a duração temporal desse processo corresponde da morte do primeiro indivíduo até a incorporação do último resto orgânico, durante o soterramento final. Logo, pode haver uma grande escala de idades em uma camada fina de sedimento, ou seja, de idades como semana e meses até milhões de anos, preservados juntos (Cutler e Flessa, 1990; Fürsich e Aberhan, 1990; Kidwell e Bosence, 1991; Kowalewski, 1996).

Segundo Ritter e Erthal (2016), a mistura temporal pode ser determinada, de maneira independente, pelo aporte bioclástico e as características de mistura sedimentar (bioturbação), a taxa de sedimentação e a durabilidade relativa da concha na zona tafonômicamente ativa. Dessa forma, caso a taxa de sedimentação seja baixa e houver maior exposição da concha na interface água-sedimento, maior será a mistura temporal e menor será a resolução temporal do registro fossilífero (Flessa, 1993).

Kowalewski (1997) definiu o conceito de "Modelo tafonômico recíproco". Nesse modelo, quanto mais robusto for um resto esquelético, melhor será o registro macroevolutivo, preservado em larga escala e menos será preciso o registro em larga escala. Em contraponto, quanto mais frágil, será menos sujeito à mistura temporal e espacial. Logo, melhor será o seu registro em escala de afloramento. De fato, o modelo descrito é muito bem aplicado para macrofósseis. Entretanto, em micropaleontologia, a resedimentação é extremamente comum, principalmente pelo pequeno tamanho e peso dos organismos, permitindo, dessa forma, uma dispersão lateral e horizontal. Assim, a melhor solução para separar indivíduos que viveram em períodos diferentes são os estudos isotópicos embora ainda não seja totalmente confiável devido às possíveis alterações durante os processos diagenéticos (D'Hondt e Zachos, 1993; Smith e Nederbragt, 1997).

## 1.2 Ostracodes

Segundo Coimbra & Bergue (2011), os ostracodes são definidos como microcrustáceos de amplo registro fóssil. Em particular, apresentam características como o corpo completamente envolvido em uma carapaça bivalve de composição quitino-calcítica e possuem carapaça secretada pela epiderme e estruturada similarmente à dos moluscos bivalves, diferenciando-se destes últimos organismos por não apresentarem linhas de crescimento. Em seus corpos, essas linhas de crescimento são descontínuas. Quanto ao tamanho, são microrganismos que medem entre 0,4 e 1,0 mm de comprimento em média, havendo exceções. Seguindo as definições dos mesmos autores, o alto potencial de fossilização dos ostracodes é devido à carapaça calcificada. Além disso, é vantajoso trabalhar com este grupo devido ao grande registro fóssil, diversidade e abundância em diferentes paleoambientes, tanto aquáticos marinhos como não marinhos.

Mathieu *et. al.* (2011) definem os ostracodes como uma fauna vivente em praticamente todos os ambientes aquáticos, desde lacustres até marinhos, inclusive em zonas abissais. Os ostracodes apresentam muitas espécies com hábito de vida

bentônico e também possuem duas valvas de composição carbonática, articulada por uma charneira localizada na porção sul da borda dorsal, distinguindo-se em três tipos de estrutura (adonte, merodonte e heterodonte). As valvas são fixadas aos seus corpos por um músculo. (Fig. 01).

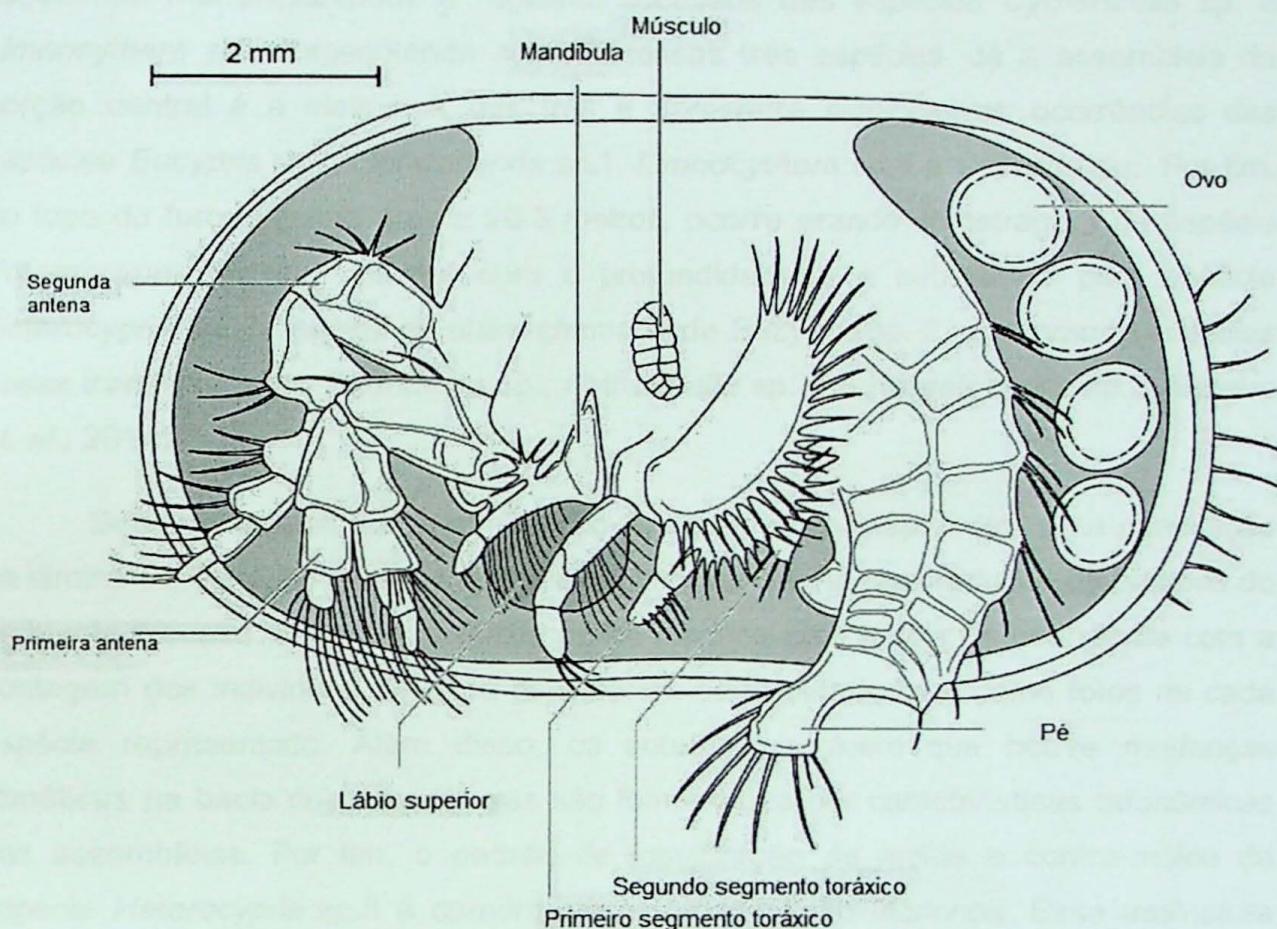


Fig. 01: Anatomia de um ostracode fêmea vivente  
(Extraído e modificado de Mathieu et. al., 2011).

Segundo Bergue et. al. (2014), em relação ao estudo de taxonomia na Formação Tremembé, os ostracodes são classificados em oito gêneros e duas famílias: *Cyprididae* e *Limnocytheridae*. Um testemunho de sondagem, obtido na cidade de Taubaté nas coordenadas geográficas 45°30'34"S/ 23°01'49"W, foi analisado da profundidade de 20,3 metros a 86 metros (Fig. 02). O furo pode ser dividido entre folhelhos, argilitos e arenitos. Além disso, é observável uma intercalação de camadas de arenito e folhelho do topo ao centro do testemunho e outra intercalação entre folhelho, arenito, argilito e arenito argiloso do centro para a base do furo.

O estudo identificou três associações possíveis: (1) *Potamocypris-Heterocypris* na porção superior; (2) *Limnocythere-Cypretta* na parte central do furo; (3) *Cytheridella-Herpetocypris* na porção basal. Através dessa divisão, é possível observar em quais níveis há maiores ocorrências de fósseis. Sendo assim, a porção inferior foi caracterizada por expressiva ocorrência da espécie *Herpetocypris* sp. e por espécimes mal preservados e registros escassos das espécies *Cytheridella* sp. e *Limnocythere* sp., apresentando somente essas três espécies. Já a assembleia da porção central é a mais rica das três e apresenta significativas ocorrências das espécies *Eucypris* sp.1, *Heterocypris* sp.1, *Limnocythere* sp.1 e *Cypretta* sp.. Por fim, no topo do furo, próximo à cota 20,3 metros, ocorre grande amostragem da espécie *Potamocypris* sp. que diminui com a profundidade e é substituída pela espécie *Heterocypris* sp. 2, seguida de outra chamada de *Eucypris* sp. 2, observando espécies nessa transição como *Strandesia* sp., *Cytheridella* sp. 2 e *Herpetocypris* sp.3 (Bergue et. al., 2014).

Segundo os autores, a diminuição de *Potamocypris* sp. indica uma diminuição da lâmina de água, ou seja, o lago tende a ficar raso e há uma redução de biótipos do ambiente lacustre. Esse estudo taxonômico fornece uma tabela de ocorrência com a contagem dos indivíduos de cada espécie em cada estrato bem como fotos de cada espécie representada. Além disso, os autores concluem que houve mudanças climáticas na bacia cujas evidências são fomentadas por características tafonômicas das assembleias. Por fim, o padrão de fossilização de molde e contra-molde da espécie *Heterocypris* sp.3 é comum em ostracodes não marinhos. Essa assinatura bioestratigráfica indica que a deposição do sedimento foi feita em águas de movimento muito calmo, ou seja, com baixa energia no ambiente (Bergue et. al., 2014).

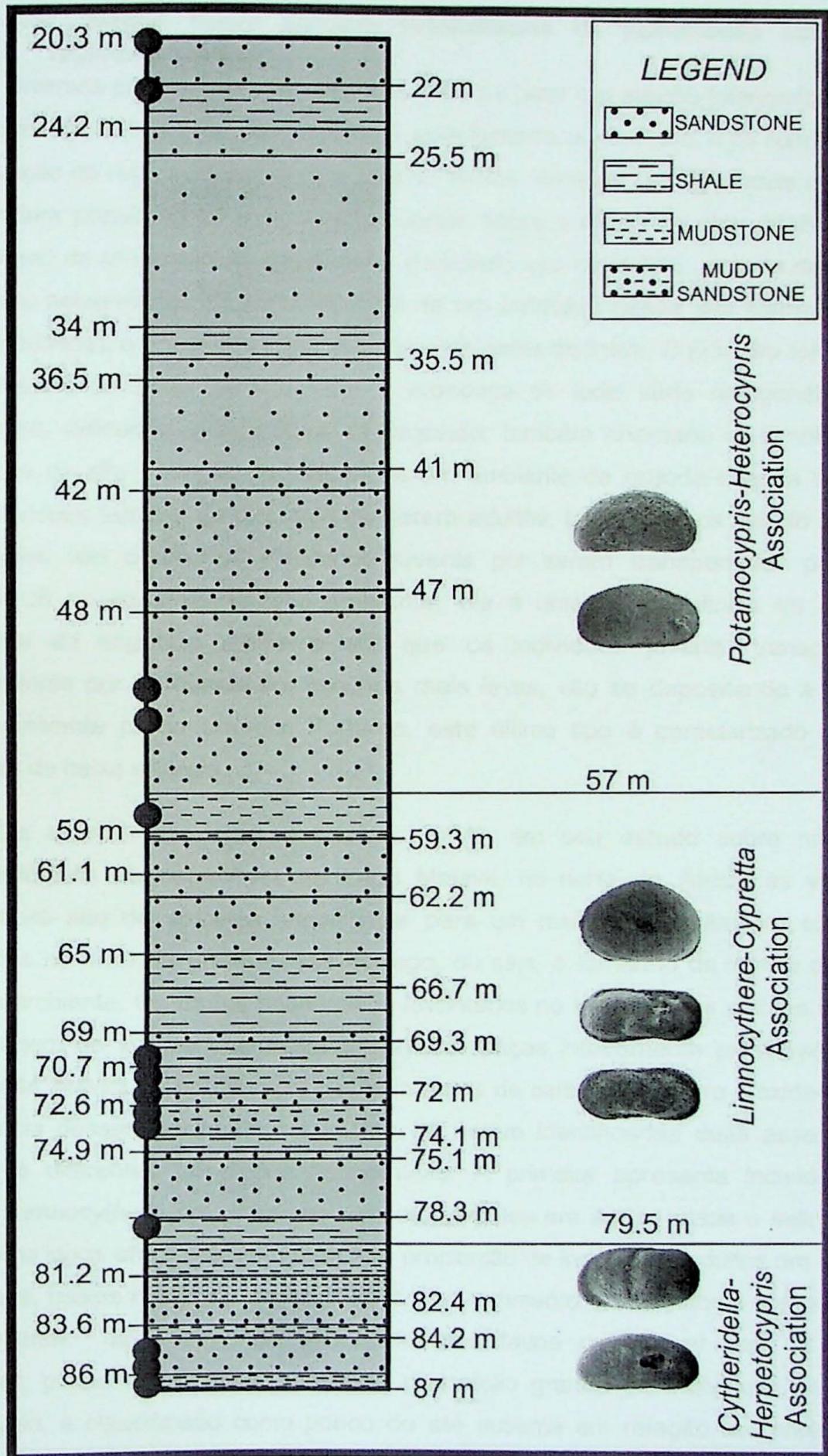


Fig 02: Perfil litológico do furo estudado e ocorrência das associações características de ostracodes.  
Pontos pretos indicam pontos de amostragem. (Extraído de Bergue et. al., 2014).

### 1.3 Dados sobre análises tafonômicas de ostracodes em outras regiões do mundo

Diversos parâmetros são utilizados para se fazer um estudo tafônomico, sendo cada qual adaptado à sua área de estudo, seja lacustre ou marinho, e às condições de preservação do registro fóssil para coleta de dados. Whatley (1983) discute o método da estrutura populacional para levantar dados sobre o modo de vida (alóctones ou autóctones) de um grupo de ostracodes. Segundo seu raciocínio, através da análise do estado ontogenético (desenvolvimento de um indivíduo desde sua concepção até sua maturidade), é possível indicar até três ambientes distintos. O primeiro refere-se a um ambiente de baixa energia com a presença de toda série ontogenética dos ostracodes, indicando a biocenose. O segundo, também chamado de ambiente de biocenose de alta energia, diz respeito a um ambiente de grande energia somente com indivíduos adultos ou próximos de serem adultos, tanto machos quanto fêmeas, autóctones, não ocorrendo indivíduos juvenis por serem transportados pela alta energia. Já no caso do terceiro ambiente, ele é uma consequência do final do transporte do segundo ambiente em que os indivíduos juvenis, transportados anteriormente por apresentarem conchas mais leves, vão se depositando à medida que o ambiente perde energia. Portanto, este último tipo é caracterizado por um ambiente de baixa energia.

De acordo com Park e Cohen (2011), em seu estudo sobre respostas paleoecológicas de ostracodes no Lago Malawi, no norte da África, as variáveis tafonômicas são de extrema importância para um melhor entendimento sobre as oscilações no nível de profundidade do lago, ou seja, o tamanho da lâmina de água naquele ambiente. Os dados tafonômicos levantados no trabalho dos autores são: (1) Porcentagem de valvas fragmentadas; (2) Carapaças inteiramente preservadas; (3) Número de indivíduos adultos; (4) Revestimentos de carbonatos, ferro e oxidações. A importância desses parâmetros é o fato de serem identificadas duas assembleias devido às diferentes condições tafonômicas. A primeira apresenta indivíduos da espécie *Limnocythere* sp., monoespecíficos, viventes em águas rasas e salinas nas bordas dos lagos africanos, com uma alta proporção de indivíduos adultos em relação aos jovens, baixos níveis de descalcificação, revestimento carbonático e com abrasão nas conchas. Já a segunda apresenta uma fauna compatível com as águas profundas, pouco calcificadas, com uma proporção grande de indivíduos jovens e, nesse caso, é classificado como pouco ou até ausente em relação aos critérios de abrasão ou revestimentos. Através da análise de sete testemunhos perfurados em água profunda do lago, sendo quatro ao centro e três na porção norte do lago, a pesquisa conclui que a porcentagem de valvas fragmentadas não aparenta estar

diretamente relacionada com as variações do nível do lago. Em contraponto, a porcentagem de carapaças inteiras, o número de adultos e os revestimentos oxidados estão fortemente associados e estão fundamentalmente relacionados com o nível do lago. Bergue (2006) também chama a atenção que, para uma boa análise bioestratigráfica, é necessário adicionar informações como o estado de preservação das conchas e um conhecimento prévio da batimetria das espécies, ou seja, a que faixa de profundidade da lâmina de água cada espécie estudada vivia.

Além disso, Park e Cohen (2011) determinaram a presença de minerais como mica, siderita, pirita e vivianita na composição da rocha. Esse dado mineralógico permite ampliar as interpretações de paleoambiente. Segundo o estudo, em relação às micas, elas se acumulam em porções distais dos depósitos deltaicos em lagos. Já os demais minerais citados são todos sensíveis às condições de um ambiente redutor, ou seja, tendem a se depositar quando ocorrem condições anóxicas. Por fim, mudanças em ocorrências e abundâncias indicam variações em afinidades paleoecológicas relacionadas à química e oxigenação das águas na profundezas do lago.

A correlação de análise tafonômica em ostracodes associada à análise tafonômica de outros organismos também pode ajudar a levantar hipóteses. Menéndez *et. al.* (2011), ao estudarem a formação Vertientes em Cuba, fizeram uso dos dados levantados tanto de ostracodes quanto de outras formas de vida como foraminíferos e radiolários. Os critérios utilizados englobam a fragmentação de conchas, recristalização, crostas e mineralizações.

Também correlacionando organismos distintos como foraminíferos, ostracodes e tecamebas sub-recentes e fósseis do Quaternário do Brasil, Duleba *et. al.* (2003) ressaltam a importância das carapaças em análises tafonômicas. No estudo foi considerado o parâmetro de abrasividade na concha de ostracodes. Com este critério, é possível identificar ou descartar a presença de processos abrasivos que sugerem ação de fortes correntes por processos físicos ou, no caso de processos químicos, a corrosão causada nessas conchas devido à queda do pH da água.

## 2. LOCALIZAÇÃO E GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

### 2.1 Localização

O estudo foi realizado em duas áreas de estudo: Pedreira Aligra no município de Taubaté e a Pedreira Santa Fé no município de Tremembé (Fig. 03). O acesso pode ser feito através da BR-116 para ambas as cidades. As pedreiras também estão localizadas em relação a sua posição dentro dos municípios, sendo a pedreira Aligra a noroeste de Taubaté (Fig.04) e a pedreira Santa Fé a sudeste de Tremembé (Fig. 05).

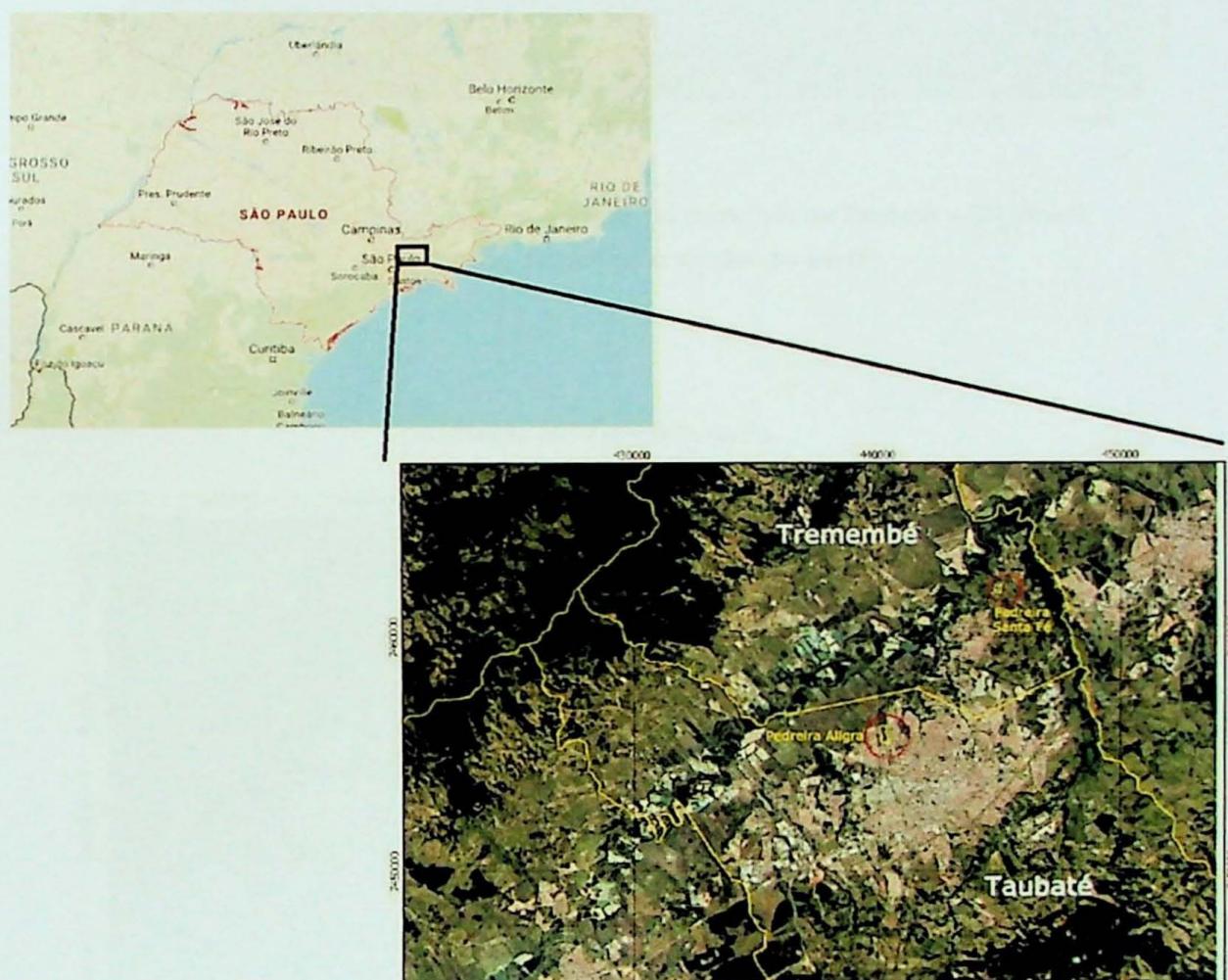


Fig. 03: Localização dos municípios Taubaté e Tremembé no Estado de São Paulo e a posição relativa das pedreiras dentro de cada cidade. (Extraido e modificado de Google Earth)

Localização da Pedreira Aligra



Fig.04: Demarcação da pedreira Aligra, no município de Taubaté – SP, Brasil.

(Extráido e modificado de *Google Earth*)

Localização da Pedreira Santa Fé



Fig.05: Demarcação da pedreira Santa Fé, no município de Tremembé – SP, Brasil.

(Extraído e modificado de *Google Earth*).

## 2.2 Bacia de Taubaté

A Bacia do Taubaté (Fig.06), de idade Paleógena-Neógena, está localizada na porção leste do Estado de São Paulo entre as cidades de Queluz e Itaquaquecetuba (Fig.04). Segundo Riccomini *et. al.* (2004), a Bacia de Taubaté está inserida em um contexto de Rift continental, conhecido como rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) e sua evolução está diretamente relacionada com o processo de abertura do oceano Atlântico Sul. Neste cenário, a área de estudo encontra-se em uma feição tectônica que abrange desde a cidade de Curitiba, no Paraná, até Barra de São João, no Rio de Janeiro, tendo uma extensão de mais de 900 km. Além disso, morfologicamente, é marcante a característica de ser estreita e deprimida, alongada segundo a direção ENE, seguindo a linha de costa atual. O RCSB é divido em três segmentos: ocidental, central e oriental. A bacia de estudo situa-se na porção central da zona do rift Continental do Sudeste do Brasil, estando no mesmo segmento da bacia de São Paulo, Resende e Volta Redonda.

A Bacia apresenta em sua litoestratigrafia (Fig. 07) a Formação Tremembé como basal e a Formação Caçapava como superior, contendo interdigitação no contato entre ambas (Riccomini, 1989). Segundo o mesmo autor, o preenchimento da bacia pode ter sido feito em duas fases. A primeira seria sintectônica ao rift, depositando o Grupo Taubaté. Já, em seu segundo momento, seria posterior à tectônica diastrófica, com a deposição da Formação Pindamonhangaba e depósitos aluviais e coluviais. Com idade paleógena, o Grupo Taubaté corresponde ao preenchimento vulcâno-sedimentar sintectônico do *rift*, compreendendo um sistema de leques aluviais associados à planície aluvial de rios entrelaçados (*braided*), basal e lateral na bacia (Formação Resende), um sistema *playa-lake* (Formação Tremembé), um sistema fluvial meandrante (Formação São Paulo), além de rochas efusivas ultrabásicas (Basanito Casa de Pedra), estão presentes na área de Volta Redonda, RJ (Riccomini, 1989).

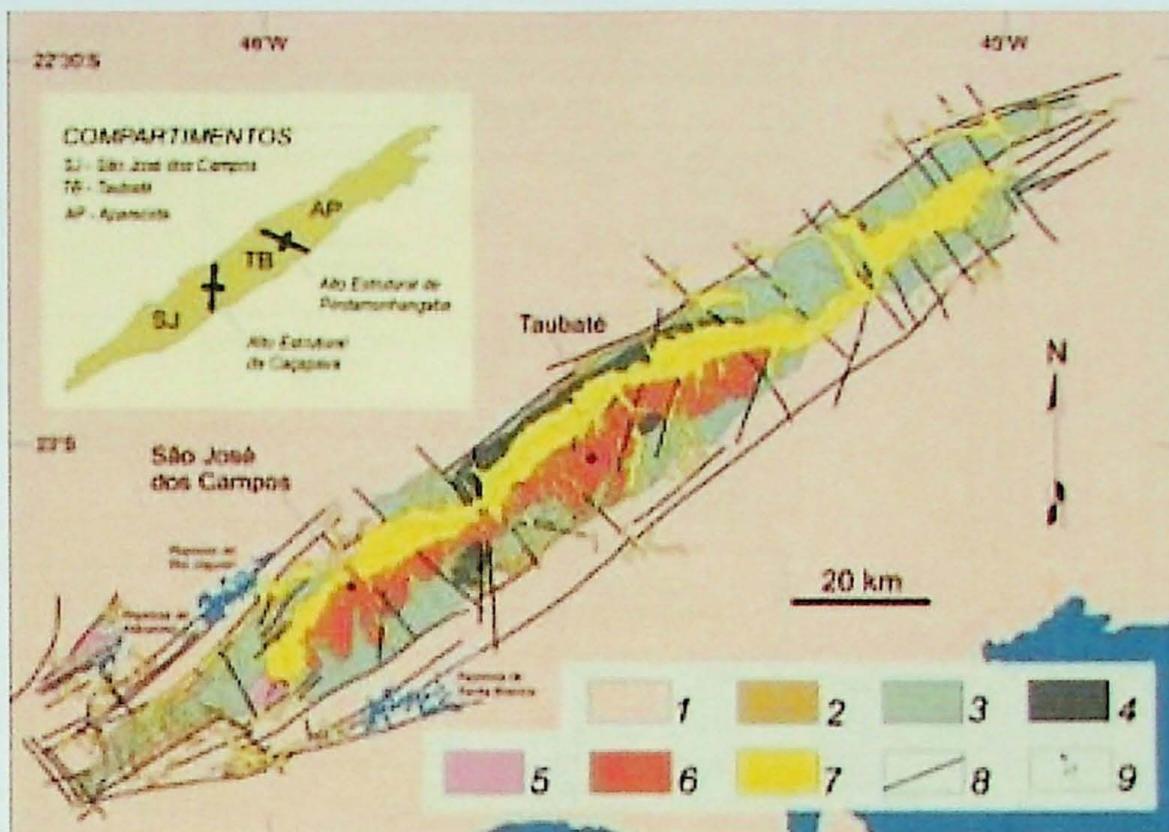


Fig.06: Mapa geológico da Bacia de Taubaté – 1) Embasamento pré-cambriano; 2) Formação Resende (sistema de leques aluviais proximais); 3) Formação Resende (sistema de leques aluviais medianos a distais associados a planície aluvial de rios entrelaçados; 4) Formação Tremembé; 5) Formação São Paulo; 6) Formação Pindamonhangaba; 7) Sedimentos quaternários; 8) Falhas cenozoicas, em parte reativadas do embasamento pré-cambriano; 9) Eixos de dobras principais. (Extraído e modificado de Ricomini, 1989).

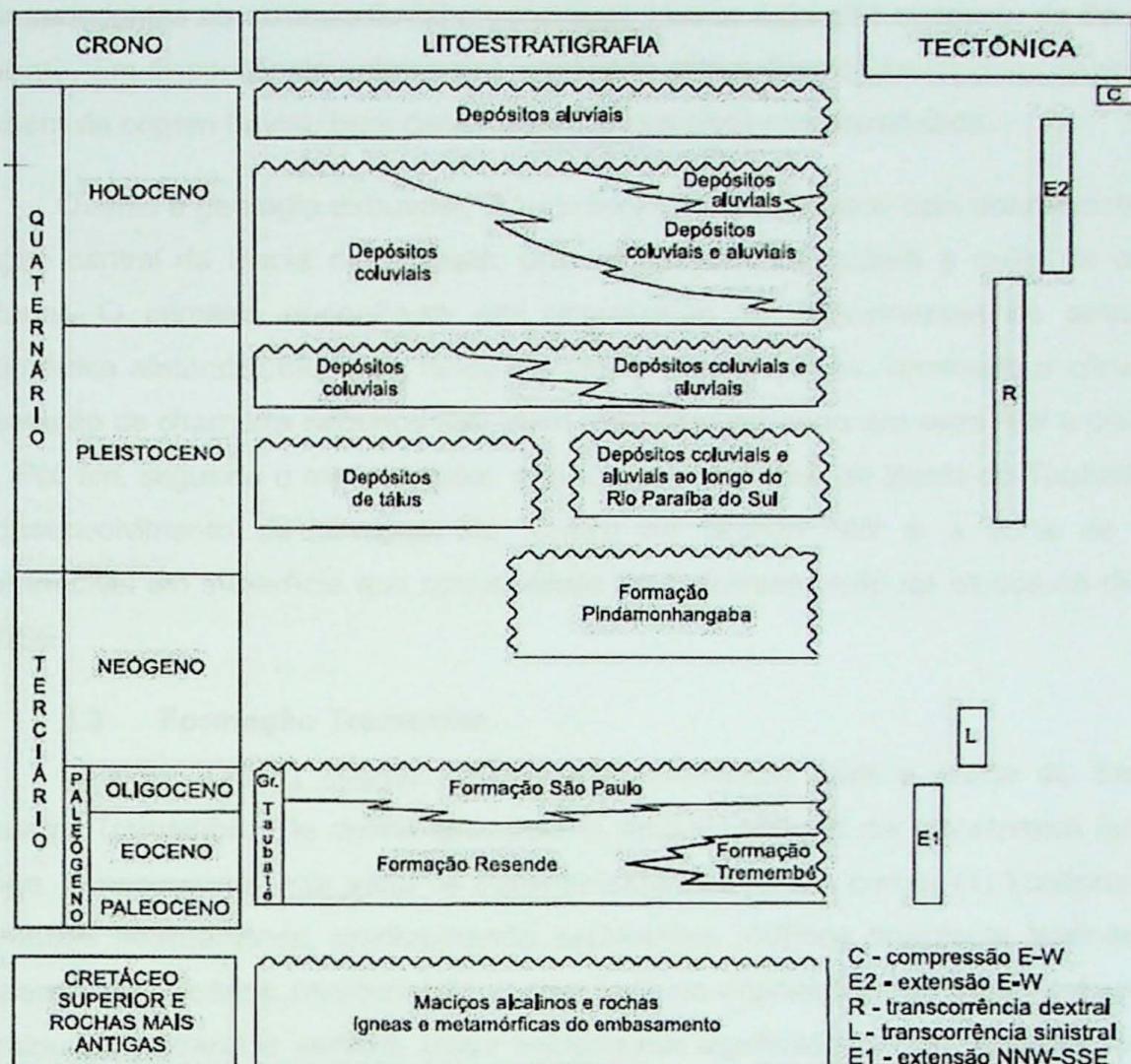


Fig. 07: Quadro litoestratigráfico e evolução tectono-sedimentar do RCSB. Extraído de Vidal *et al.* (2004).

De acordo com Vidal *et al.* (2004), a separação dos sedimentos que preenchem a Bacia Sedimentar de Taubaté pode ser feita em três grupos deposicionais distintos em função da idade. A Formação Resende, Tremembé e São Paulo foram depositadas ao longo do Paleógeno. Em seguida, a Formação Pindamonhangaba, depositada no Neógeno e, por fim, os depósitos quaternários, recobrindo as demais em partes. A Formação Resende é composta por leques aluviais que se destacam por conglomerados interdigitados com arenitos e lamitos provenientes de corridas de lama na sua porção proximal e, na parte distal, por sedimentos aluvionares formados por arenitos e lamitos interdigitados. A Formação Tremembé encontra-se interdigitada com a Formação Resende e seus sedimentos são marcadamente lacustres, com a intercalação de folhelhos e margas (ritmitos), argilitos, dolomitos e com a granodecrescência de arenitos até siltitos. Ocorrendo acima dessas duas formações, há a Formação São Paulo, cujos sedimentos são característicos por serem oriundos de um sistema fluvial meandrante, que inclui arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada, siltitos e argilitos laminados

correspondentes ao sistema fluvial meandrante restrito à porção sudoeste da Bacia de Taubaté. Em discordância sobre estas unidades está a Formação Pindamonhangaba, também de origem fluvial, bem demarcada por um nível conglomerático.

Quanto à geologia estrutural, Riccomini (1989) reconhece dois dobramentos na porção central da Bacia do Taubaté, um de escala mesoscópia e outro de escala regional. O primeiro encontra-se em ocorrências de dobramentos de amplitude decimétrica afetando folhelhos, tendo formatos não-cilíndricos, tendendo a cônicos e orientação de charneira segundo NW, com mergulho variando ora para NW e ora para SE. Por fim, segundo o mesmo autor, outras características da Bacia do Taubaté são o desenvolvimento de clivagem de fratura na direção NW e a zona de falha reconhecível em superfície que corresponde ao desnívelamento de blocos na direção NW/SE.

### 2.3 Formação Tremembé

Vespucci (1984) chama a Formação Tremembé com o nome de Sistema Lacustre Tremembé. Ele define que, para o reconhecimento de um sistema lacustre antigo, é necessária uma série de características somadas como: (1) Litotipos e as estruturas sedimentares, predominando sedimentos pelíticos finamente laminados e presença de calcários microcristalinos que indicam deposição em águas calmas; (2) Continuidade lateral e vertical, tendo espessuras significativas que podem chegar a centenas de metros em algumas localidades da bacia; (3) Conteúdo fossilífero, sendo abundante e diversificado; (4) Composição faciológica em que se observam as fácies descritas com fácies turbidíticas associadas, caracterizando o ambiente lacustre. O autor ressalta que apenas um critério não é o suficiente para definir este tipo sistema, sendo necessária a junção de dois ou mais deles. Este tipo de sistema deposicional tem a principal ocorrência em superfície nas proximidades de Quiririm, Taubaté, Tremembé e Pindamonhangaba.

De acordo com Riccomini (1989), a Formação Tremembé é datada do final do Oligoceno e faz parte do Grupo Taubaté, localizada na Bacia de Taubaté. Com idade paleógena, este grupo corresponde: (1) à Formação Resende, caracterizada por um sistema de *braided*, ou seja, de leques aluviais associados à planície aluvial de rios entrelaçados na porção basal e lateral da bacia; (2) à Formação Tremembé, marcada pela presença de um sistema *playa-lake*; (3) à Formação São Paulo, com registro de um sistema fluvial meandrante; (4) às rochas efusivas ultrabásicas próximas da área de Volta Redonda (RJ), chamadas de Basanito Casa de Pedra.

Riccomini & Coimbra (1992) atribuem à Formação Tremembé um sistema lacustre do tipo *playa-lake* disposto na porção central da Bacia do Taubaté. Sant'Anna (1999) detalha a composição da Formação Tremembé relatando afloramentos como: (1) Argilitos verdes, maciços e fossilíferos, correspondendo à sedimentação em épocas de lâmina de água baixa no lago; (2) Folhelhos, localmente papiráceos e fossilíferos, interpretados como a fase da sedimentação lacustre com lâmina de água espessa; (3) Dolomito com textura microesparítica e coloração verde-acinzentada, marcando o depósito de fase de hipersalinidade; (4) Ritmitos com alternância de lâminas ou camadas centimétricas de folhelhos e margas, essas últimas ricas em ostracodes e podendo gradar para calcários, formadas em águas rasas e salinas; (5) Arenitos grossos, arcoseanos e conglomeráticos, podendo ter seixos de argila na base e representando inunditos originados por processos do tipo *sheet-flood*, ocasionado por enchentes esporádicas.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O material estudado está depositado na coleção didática e científica de Paleontologia. Estão disponíveis amostras coletadas na pedreira Santa Fé e pedreira Aligra. As amostras foram incorporadas ao acervo de paleontologia da unidade. Sendo assim, receberam catalogação de acordo com o registro do local, sendo registradas no livro de microfósseis GP/5E, com numeração de 4106 a 4279 para as amostras do acervo e de 4281 a 4306 para as amostras coletadas na pedreira Santa Fé. Dentre as amostras da coleção, não é possível identificar a localidade de proveniência, já que o material todo consiste em folhelhos e foi fornecido sem a localização exata ou com dados estratigráficos. Ao final, foram selecionadas 178 amostras para a análise.

Os equipamentos utilizados no trabalho foram fornecidos pelo Laboratório de Estudos Paleobiológicos- GSA/IGc/USP como lupas, computadores e microscópios. O material foi observado com a lupa da marca Zeiss, modelo *Stemi 508*. Já as fotomicrografias foram feitas na câmera acoplada à lupa de marca Zeiss, modelo *Axiocam 105 color*. As medições de tamanho de conchas, a escala e a contagem foram realizadas no programa computacional da Zeiss, chamado *Zen*. Para a confecção de tabelas, foi utilizado o programa computacional *Microsoft Office Excel 2007*. As fotos das amostras de mão foram feitas com o auxílio da câmera fotográfica câmera digital *Canon Powershot Sx410 Is* e foram editadas no programa *Corel Photo-Paint*.

A metodologia básica proposta por Simões *et. al.* (2010b) foi adotada no trabalho. Inicialmente se desenvolveram as atividades preliminares de estudo, como, por exemplo, a delimitação do escopo, dos objetivos e das hipóteses de trabalho. Também nessa etapa se fez o levantamento bibliográfico a fim de se obter o maior número de dados possíveis da literatura. Além disso, estabeleceu-se a posição das concentrações fossilíferas da estratigrafia estudada bem como indicada as fácies sedimentares envolvidas. A segunda etapa consiste em atividades de coleta, a localização geográfica e estratigráfica e o reconhecimento de grupos de concentrações fossilíferas em trabalho de campo. Já na terceira fase as atividades são ligadas ao laboratório onde ocorrerá a preparação dos fósseis. Nesta fase, foram levantados dados qualitativos e quantitativos a partir de um protocolo de feições tafonômicas. Por fim, na quarta etapa, ocorreu a comparação dos dados obtidos com as hipóteses iniciais do trabalho.

A metodologia para realização da primeira fase do trabalho, além da catalogação do material, iniciou-se com a separação das amostras em classes tafonômicas, ou seja, de acordo com critérios como o grau de empacotamento de dados sedimentológicos. Após esta etapa, foi inicializada a análise em lupa do material a fim de se observar critérios tafonômicos como tamanho das conchas, fragmentação, articulação, uma estimativa da quantidade, presença de restos vegetais e fragmentos de peixes, além de um espaço para observações adicionais como presença de coprólitos e identificação de minerais secundários. Para estimar a quantidade de indivíduos por amostra, foi utilizada a lente de 0,63X da lupa. Dessa forma, foi possível padronizar uma área de aproximadamente 3 cm<sup>2</sup> e utilizar recursos gráficos do programa computacional Zen para a realização da contagem (Fig. 08). Através do mesmo, foram feitas medições dos tamanhos das conchas (Fig.09).

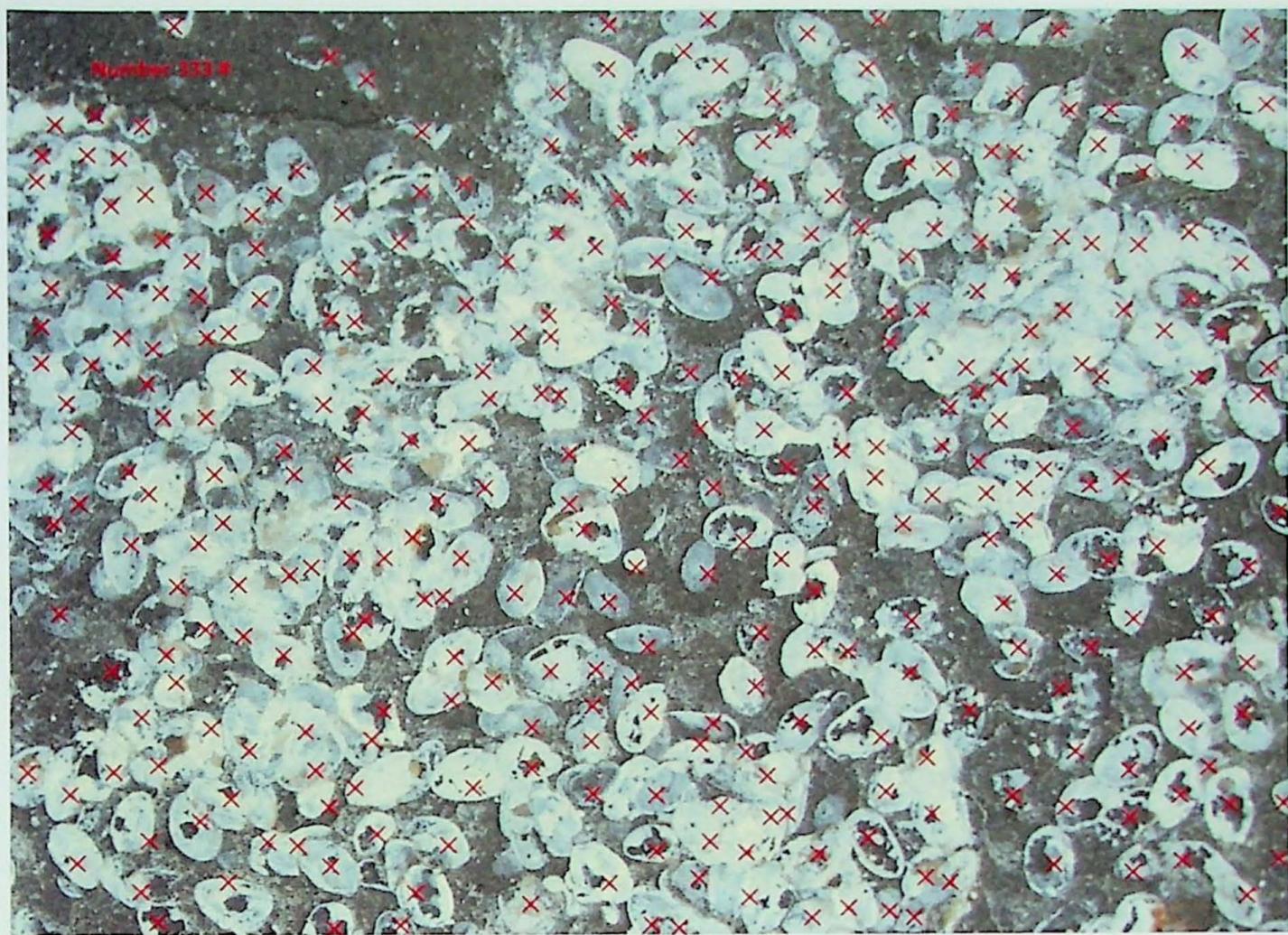


Fig. 08: Método de contagem na amostra GP/SE 4131 utilizando o programa Zen, evidenciando trezentas e trinta e três conchas em uma área de  $3 \text{ cm}^2$ .

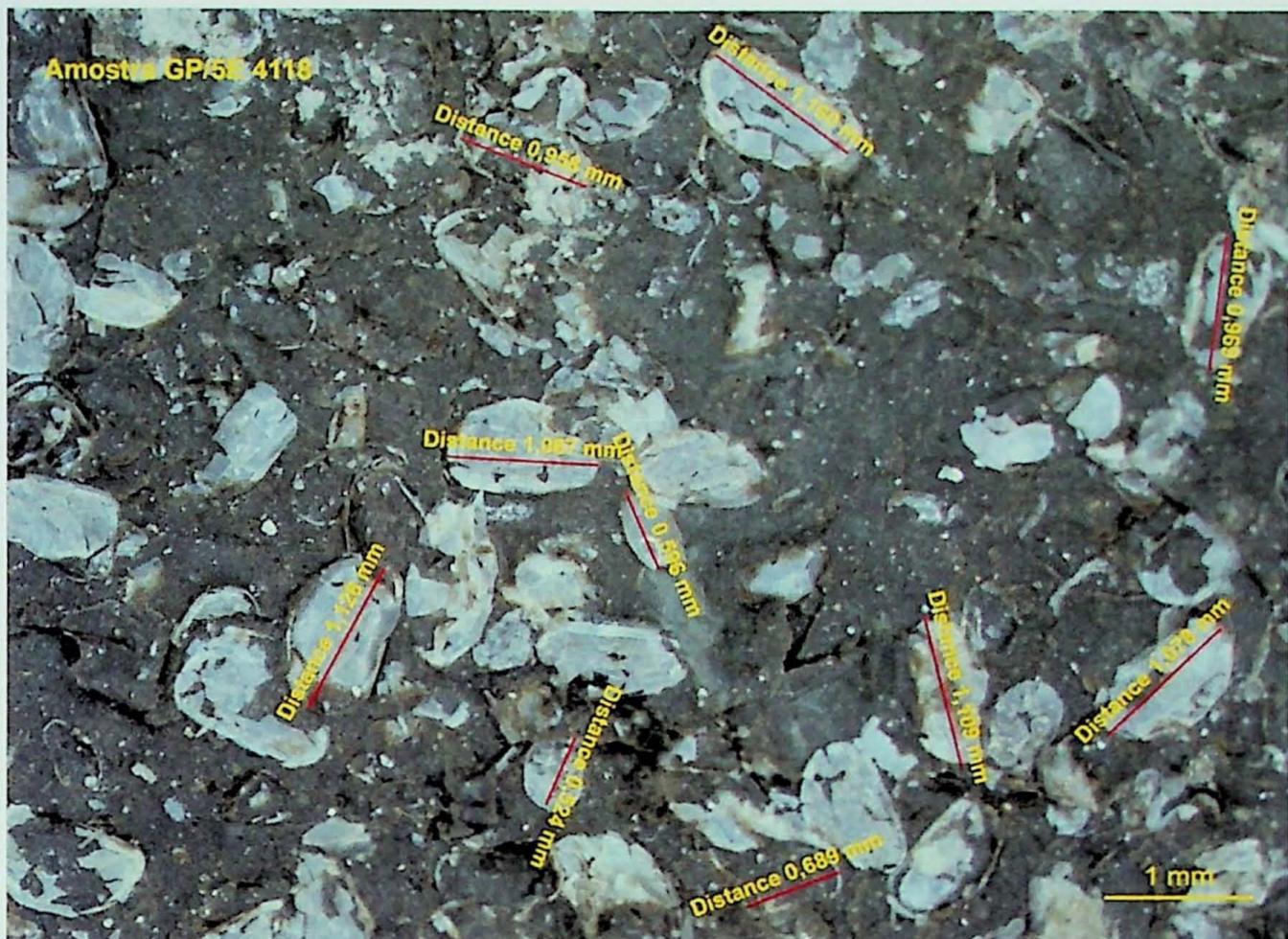


Fig. 09: Método de medição do tamanho das conchas na amostra GP/SE 4118, evidenciando uma variação de 0,5 mm a 1,1 mm.

As atividades de campo tiveram como objetivo o levantamento de dados estatigráficos e determinação dos níveis de ocorrência dos ostracodes. Dessa forma, duas colunas estratigráficas foram feitas, uma da Pedreira Santa Fé e outra da Pedreira Aligra. Para a confecção desses perfis, foi utilizado o programa computacional *CorelDraw X4*.

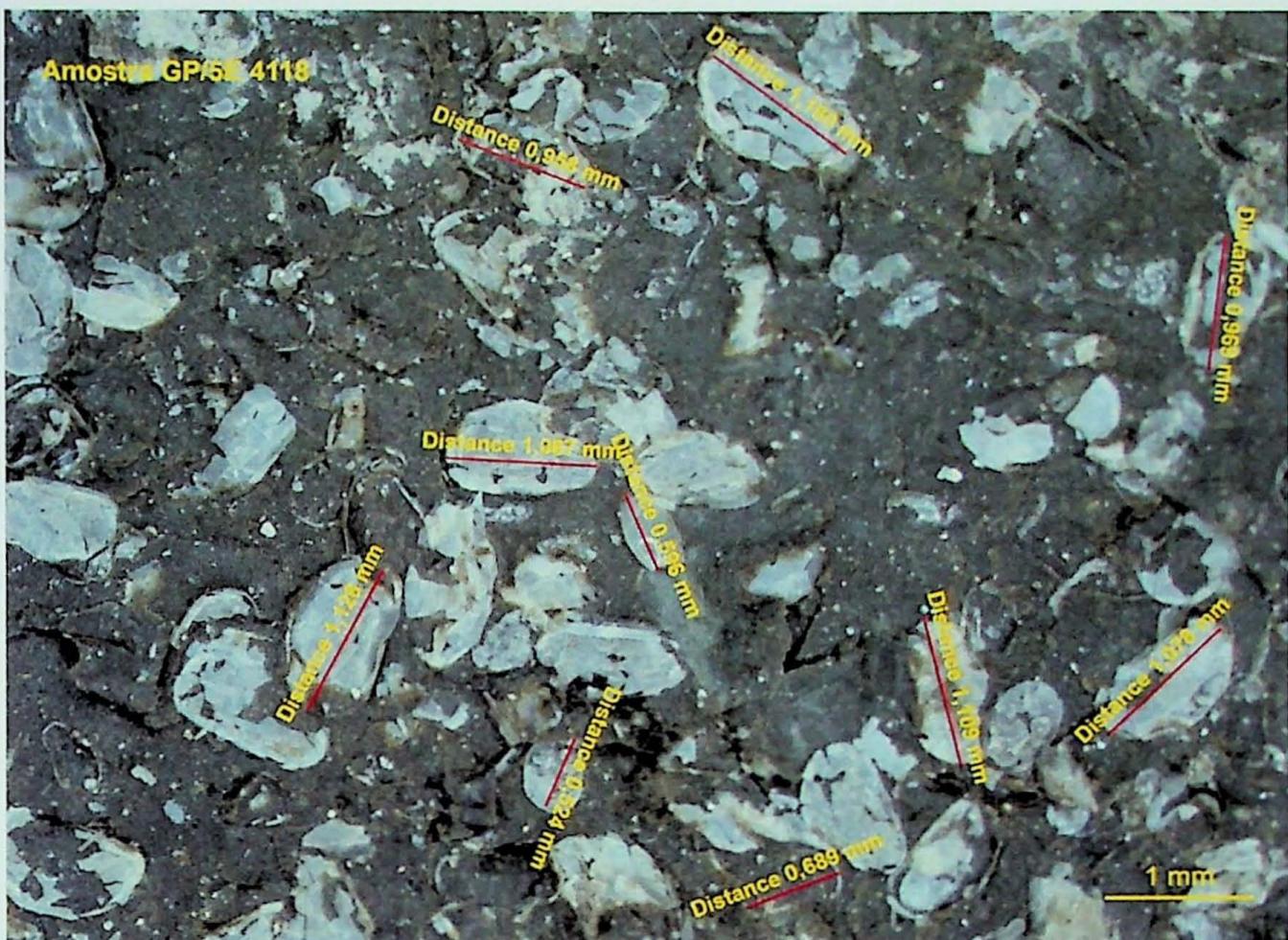


Fig. 09: Método de medição do tamanho das conchas na amostra GP/SE 4118, evidenciando uma variação de 0,5 mm a 1,1 mm.

As atividades de campo tiveram como objetivo o levantamento de dados estatigráficos e determinação dos níveis de ocorrência dos ostracodes. Dessa forma, duas colunas estratigráficas foram feitas, uma da Pedreira Santa Fé e outra da Pedreira Aligra. Para a confecção desses perfis, foi utilizado o programa computacional *CorelDraw X4*.

## 4. RESULTADOS OBTIDOS

### 4.1 Análise Estratigráfica

Foram elaboradas duas colunas estratigráficas, uma da Pedreira Santa Fé (Fig. 10) e outra da Pedreira Aligra (Fig. 11), com respectiva indicação estratigráfica de níveis com ocorrência de ostracodes. Com o auxílio do programa computacional *Corel Draw X4*, é observável a distinção entre os tipos de folhelhos da Formação Tremembé.

### Legenda

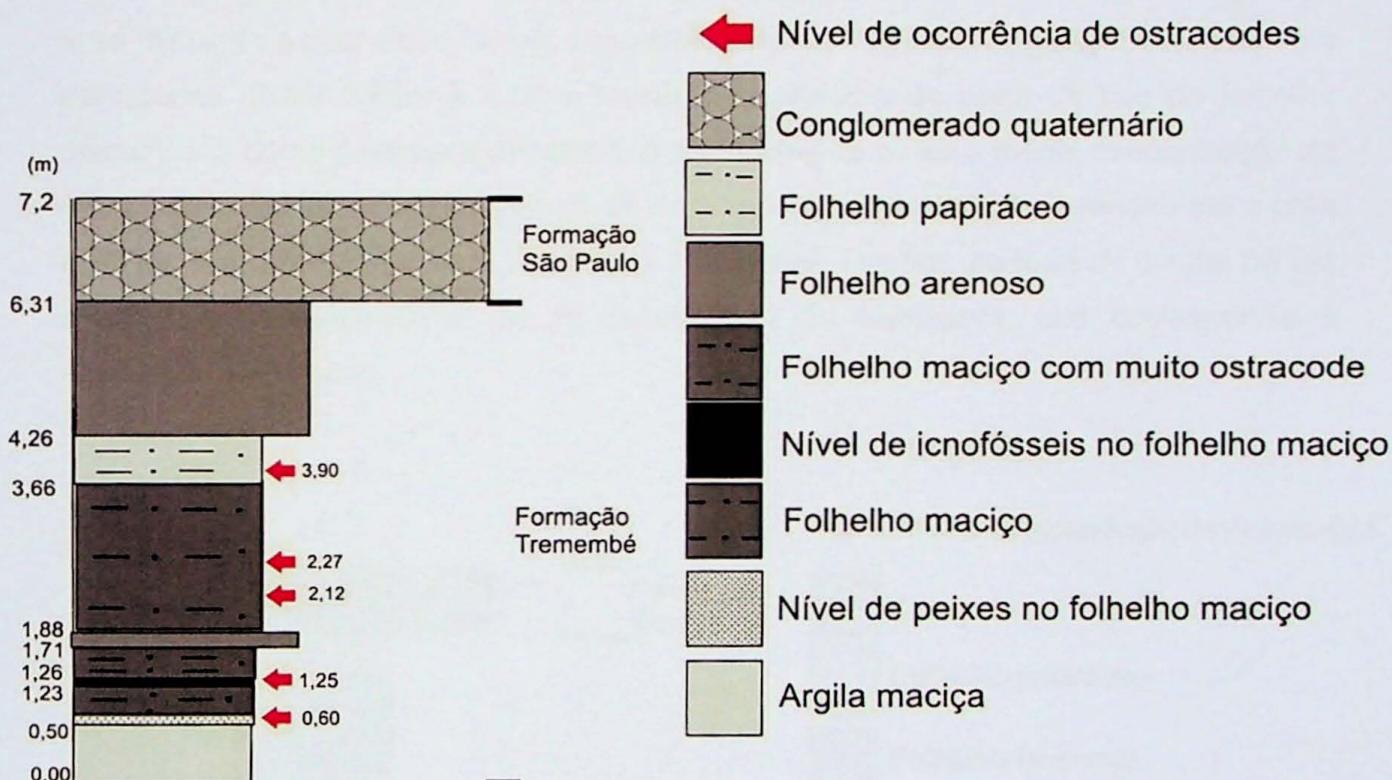


Fig. 10: Perfil estratigráfico da Pedreira Santa Fé no município de Tremembé – SP.

Na Pedreira Santa Fé, as observações de campo descrevem um perfil de 7,2 metros de altura. Na base do perfil, há diminuição bem marcada de fósseis, sendo presente apenas argila. A partir da altura de 0,5m da coluna, ocorre um folhelho maciço que pode ser diferenciado de acordo com particularidades biológicas e tafonômicas. Portanto, começa com uma grande concentração de ostracodes ocorrendo junto aos fragmentos de peixes inteiros e/ou com certo nível de fragmentação. Acima, a camada pode ser destacada pela presença de icnofósseis como tubos de locomoção por arraste no sedimento argiloso até a cota 1,26m. Após esse estrato, volta a aflorar o folhelho maciço sem a presença de icnofósseis até a altura de 1,71m. Deste último ponto até 1,88m, há uma camada de folhelho arenoso pobre em ostracode. De 1,88m a 3,66m, ocorre novamente o folhelho maciço com uma mistura de diferentes fósseis englobando restos vegetais, fragmentos de peixes e ostracodes. Entre 3,66m a 4,26m, existe uma camada de outro tipo de folhelho classificada como papiráceo em que ocorrem níveis de baixa a média concentração de ostracodes. Acima, há uma camada de 2,05 metros de um folhelho arenoso até a cota 6,31 metros, aonde termina a Formação Tremembé. Por fim, no topo da coluna há um conglomerado quaternário, de 89 centímetros de espessura, que corresponde à Formação São Paulo.

#### Legenda

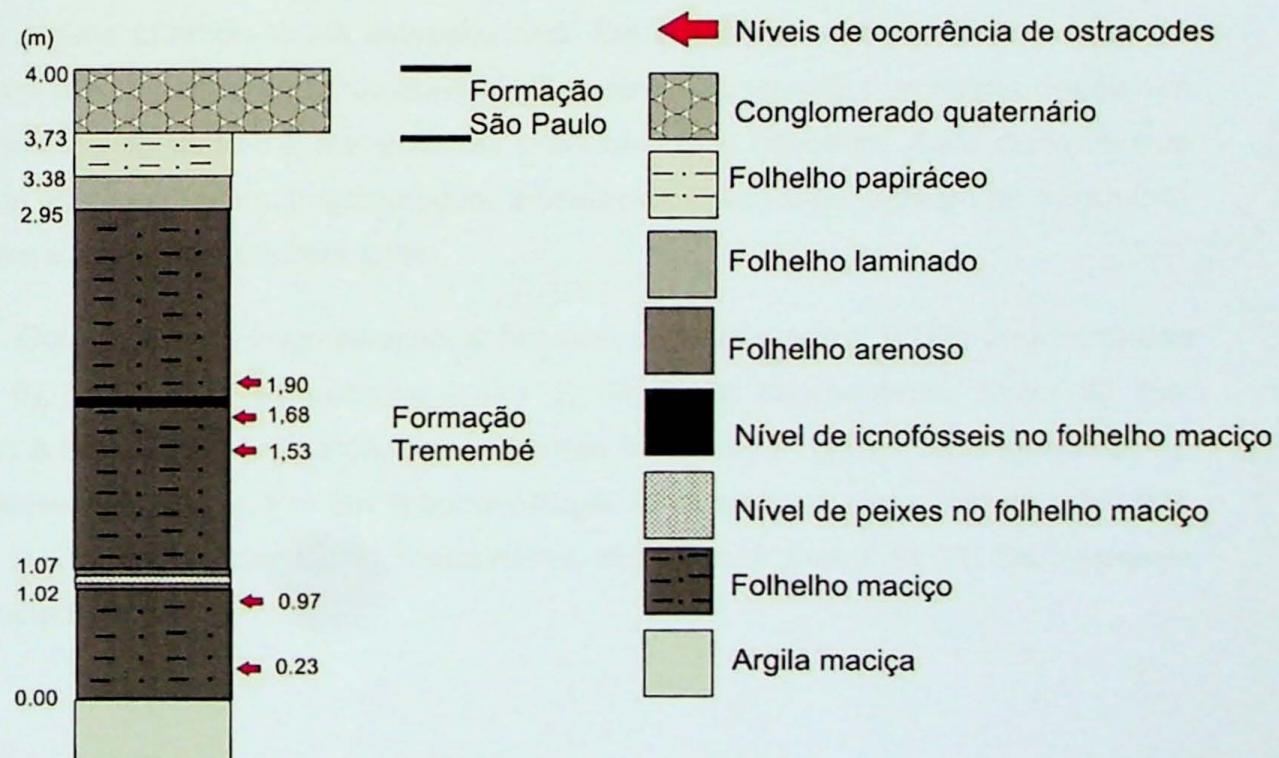


Fig. 11: Perfil estratigráfico da Pedreira Aligra no município de Taubaté – SP.

Na Pedreira Aligra, ocorre a mesma camada basal de argila maciça porém com uma coloração mais esverdeada. As medições foram feitas a partir do contato dessa argila com o folhelho maciço. Essa camada tem espessura de 1,02m e apresenta os dois primeiros níveis de ostracode, sendo um na cota de 0,23m e o outro na cota de 0,97m. No primeiro nível a 0,23m, é mais comum a ocorrência de amostras com conchas mais dispersas e dispondendo-se em formas mais lenticulares. Já no segundo nível a 0,97m, há presença de coquinas em uma fina camada, não seguindo uma continuidade lateral. Entre 1,02m e 1,07m, é observada uma fina camada de folhelho arenoso onde se encontram fósseis de peixes articulados. A partir desse ponto até a altura de 2,95m, ocorre apenas folhelho maciço. Entretanto, os níveis fossilíferos marcam uma significativa diferença. Em 1,53m, acontece a associação de ostracodes e restos vegetais. Já em 1,68m, é possível identificar um estrato com icnofósseis. Em 1,90m, ocorre um outro nível de coquina mas também sem continuidade lateral pelo afloramento. Por fim, de 2,95m a 3,38m, ocorre um folhelho laminado e acima dele, terminando a Formação Tremembé na cota de 3,37m, ocorre um folhelho papiráceo. Nesses níveis do topo da coluna, não foi observada a presença de ostracodes.

#### **4.2 Análise Tafonômica**

Com o auxílio do programa computacional Microsoft Office Excel 2007, foi obtida uma tabela de dados (Anexo I). A proposta desse levantamento foi estabelecer padrões nas amostras para facilitar uma interpretação quanto à tafonomia. Sendo assim, alguns critérios foram estabelecidos. Em relação à variação de tamanho do diâmetro das conchas dos crustáceos vistos, foram observadas amostras desde um único padrão de tamanho até amostras marcadamente bimodais. Além disso, outros critérios adotados foram: fragmentação, articulação, quantidade, número de fragmento de peixe e vegetais e concentração.

Com relação à fragmentação, é possível classificar entre: I) Não fragmentadas (valor 0); II) Pouco fragmentadas (valor 1); III) Muito fragmentadas (valor 2). Em relação à articulação, a distinção das amostras é feita entre: I) Desarticulado (valor 0); II) Articulada, (valor 1). Por fim, a concentração também pode classificar as amostras entre: I) Disperso (valor 0); II) Fracamente empacotado (valor 1); III) Densamente empacotado (Valor 2).

Durante o trabalho, foram analisadas 178 amostras. A partir disso, foi feita a divisão em quatro classes tafonômicas: (1) Densamente empacotado com matriz suportada por bioclastos, representada por amostras de coquinas; (2) Fracamente a densamente empacotadas com matriz suportada por argila; (3) Disperso, representada por amostras com baixas concentrações de conchas de ostracodes; (4) Amostras totalmente fragmentadas.

A primeira classe tafonômica descrita representa as coquinas com grande quantidade de espécimes, variando entre 500 a 800 indivíduos em uma área de 3 cm<sup>2</sup>, densamente empacotada com matriz da rocha classificada como bioclástica. Neste conjunto, não ocorrem fragmentos de peixe ou vegetais e as conchas estão desarticuladas. Os tamanhos variam entre 0,4 a 0,8 milímetros. A maioria das conchas não está fragmentada, tendo menos que 10% de fragmentação. Além disso, é rara a ocorrência de minerais secundários como mica ou pirita. (Fig. 12).

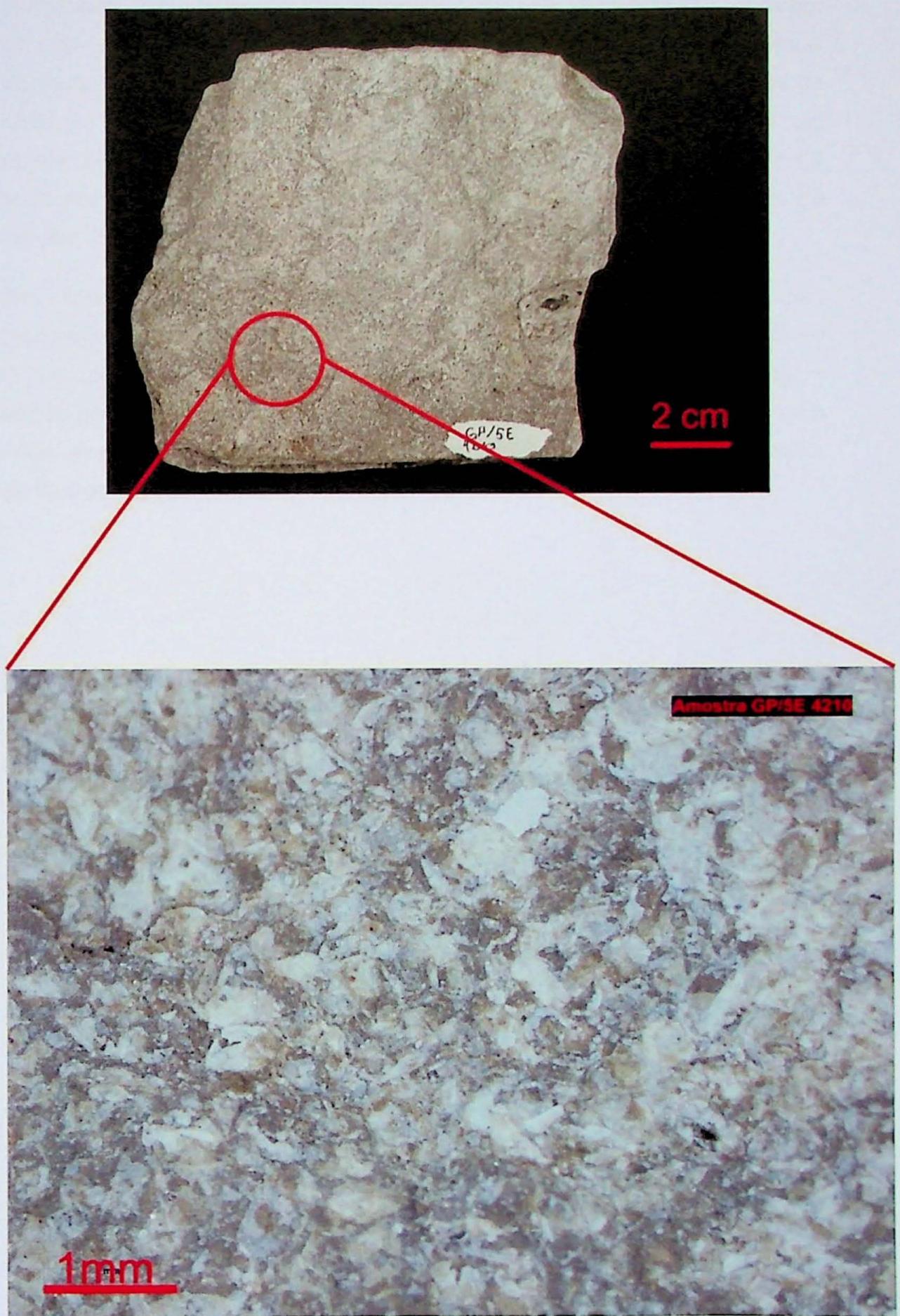


Fig. 12: Amostras de coquina, com aspecto de coloração mais clara devido à grande quantidade de conchas, representando a classe tafonômica 1.

A segunda classe representa amostras com faixas de 100 a 500 indivíduos por  $3\text{ cm}^2$ , ou seja, densamente empacotada. Apesar da alta quantidade de ostracodes, a matriz da rocha pode ser classificada como argilosa. Não raro ocorre a presença de restos vegetais ou de peixes e as conchas estão desarticuladas. Em relação ao tamanho, ela possui um padrão em que a maioria das amostras varia entre 0,3 até 1,2 mm. Todas possuem pouca fragmentação das conchas, por volta de 10 a 30% de fragmentação. É comum encontrar mica e pirita associadas (Fig. 13).

Em relação à terceira classe tafonômica, abrange as amostras com quantidades inferiores a 100 indivíduos por  $3\text{ cm}^2$  e, além disso, é classificado como disperso no critério estudado sobre concentração. Dessa forma, a rocha é representada por matriz argilosa. As conchas ocorrem desarticuladas de acordo com o padrão das amostras. Em relação ao tamanho, a maioria apresenta uma variação, sendo de fácil percepção. (Fig. 14).

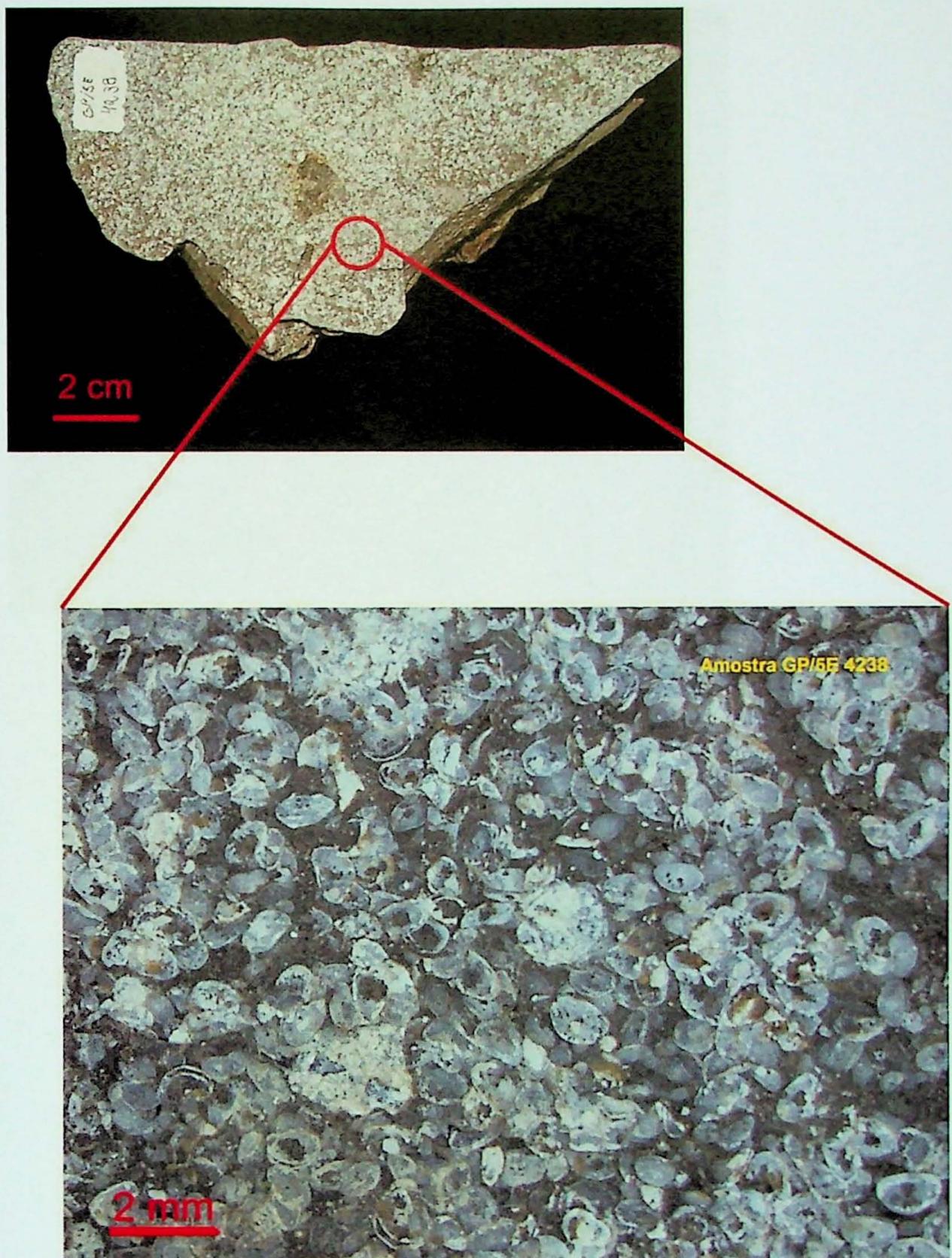


Fig.13: Amostra densamente empacotadas, de matriz argilosa e com alta concentração de indivíduos, representando a classe tafonômica 2.

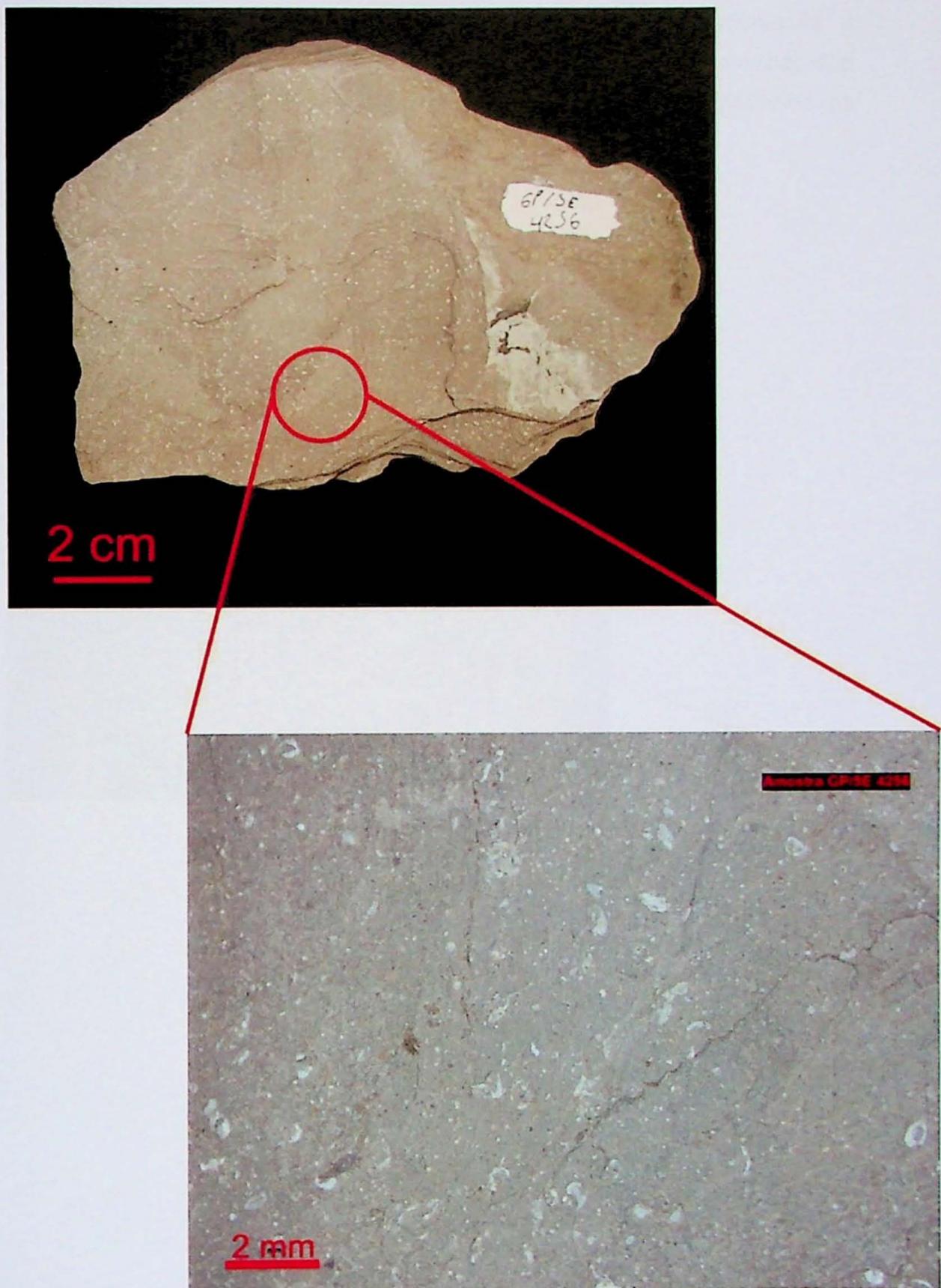


Fig.14: Amostra com coloração escura, ressaltando a baixa concentração de ostracode e matriz argilosa, representando a classe tafonômica 3.

Por fim, a última classe representa amostras totalmente fragmentadas e dispersas, em que critérios como tamanho não foi estabelecido já que as conchas não apresentavam bom estado de preservação e a quantidade contada referiu-se ao número de fragmentos presentes em 3 cm<sup>2</sup>. (Fig.15).

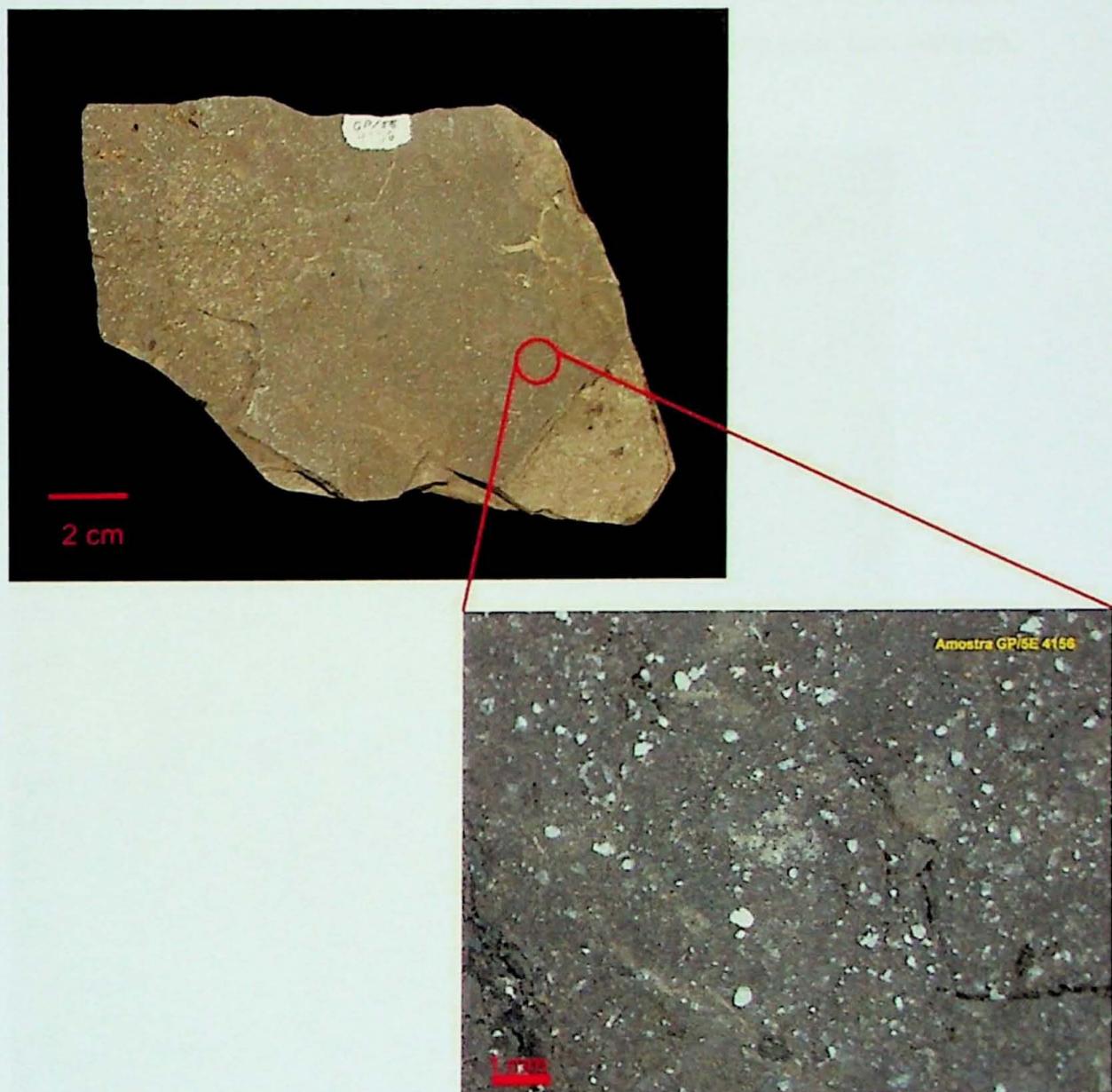


Fig. 15: Amostra de coloração escura, baixa concentração de ostracodes e conchas totalmente fragmentadas, representando a classe tafonômica 4.

Através do estudo individual de cada amostra e a distribuição das classes tafonômicas, inicialmente se pensou em estratos bem definidos desses grupos ao longo de um perfil estratigráfico. Com o trabalho de campo e uma análise da ocorrência dos fósseis bem como sua distribuição espacial, surgiu uma nova observação que se contrapôs à primeira ideia. Portanto, os estratos não são bem definidos. Além disso, em algumas amostras ocorre uma variação gradativa na concentração de ostracodes e em outras ocorre uma mudança abrupta em que cada face da amostra apresentava uma classe tafonômica diferente. Dessa forma, é possível ver uma mistura de classes, sem uma delimitação espacial bem definida. (Fig.16).



Fig 16: Foto de afloramento evidenciando a ausência de continuidade lateral em algumas camadas e a transição entre níveis de coquina para regiões de baixa concentração em poucos centímetros de espessura.

A coleta em campo permitiu uma melhor observação dessa mistura de classes tafonômicas vista em afloramento. Ao se analisar as amostras de vários ângulos, foi possível ver que não há continuidade também entre os estratos, ou seja, há uma variação de concentrações ao longo dos níveis em poucos milímetros (Fig. 17). A mudança ocorre tanto de forma sutil quanto abrupta dependendo da amostra. Portanto, não raro é possível identificar amostrar com contato de classes tafonômicas distintas como, por exemplo, em uma face ocorrer uma concentração dispersa e, na oposta, haver uma camada de coquina.

Com relação ao grupo de coquinas, elas ocorrem de duas formas diferentes. A primeira descrita anteriormente ocorre em contato com outras classes tafonômicas em escala pouco expressiva de tamanho milimétrico. A segunda forma de ocorrência vista em laboratório é descrita pelas amostras GP/5E 4209 e GP/5E 4210. Nesses casos, toda a amostra é composta por coquina, não ocorrendo nenhuma variação de concentração entre os diferentes patamares da própria amostra. Entretanto, este tipo de ocorrência não foi visto durante a atividade de campo na Pedreira Santa Fé e na Pedreira Aligra.

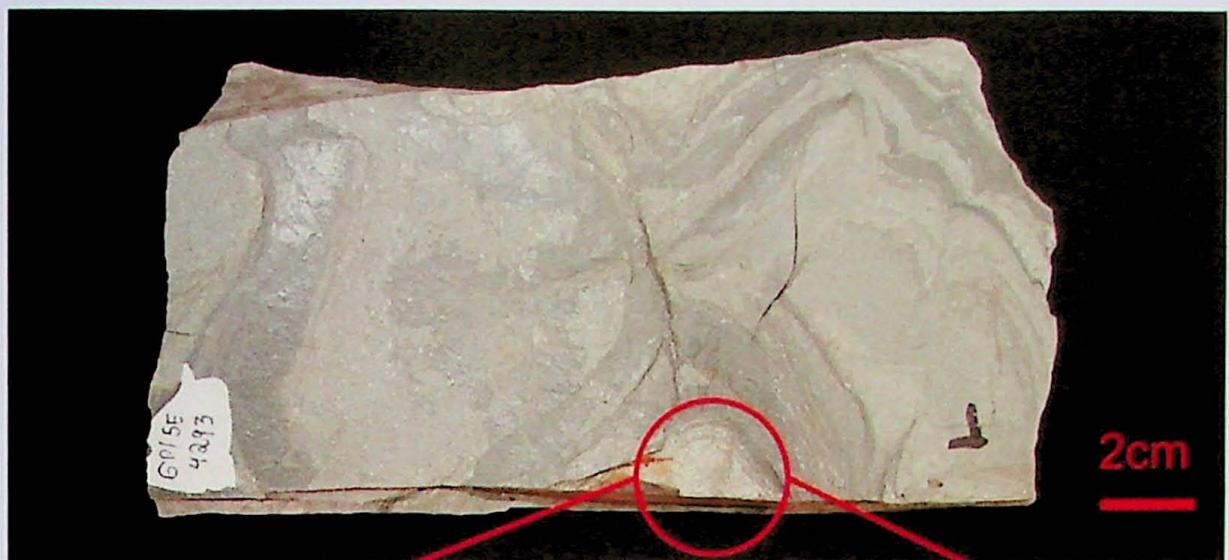


Fig. 17: Amostra GP/5E 4293 com intercalação entre camadas com baixa e alta concentração em uma variação de poucos milímetros.

Através de observações mais detalhadas em lupa, os resultados revelam alguns aspectos gerais como a deposição das conchas não seguir um padrão preferencial em relação à concavidade das valvas, ou seja, elas ocorrem dispostas tanto com concavidade para cima quanto para baixo. Além disso, as amostras estão todas desarticuladas. Adicionalmente, em algumas amostras, há ocorrência de coprólito, vértebras de peixe, conchas de gastrópodes e minerais secundários. (Fig. 18).

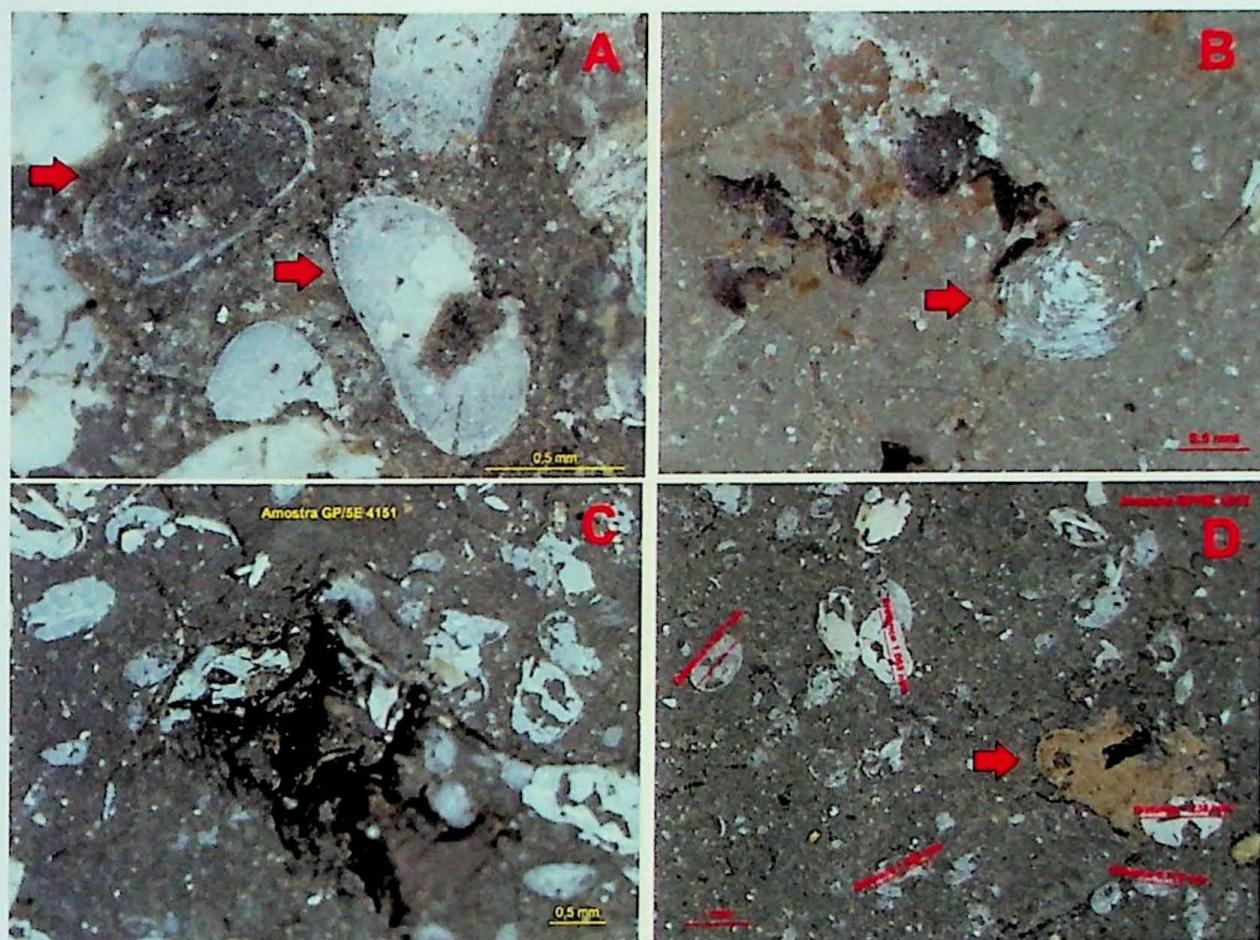


Fig 18: (A) Amostra GP/SE 4170 evidenciando uma concavidade voltada para cima à esquerda, em que houve preenchimento da concha por sedimento e posterior fragmentação secundária, e outra concavidade voltada para baixa à direita; (B) Amostra GP/5E 4129 com escama de peixe em destaque; (C) Amostra GP/5E 4151 com vértebra de peixe ao centro; (D) Amostra GP/SE 4212 evidenciando coprólito no canto inferior direito em cor marrom com um fragmento de vegetal em coloração preta;

Os dados forneceram resultados analisados em gráficos que mostram uma predominância de amostras pouco fragmentadas (Fig.19), apresentando em geral mais fragmentos de peixe do que restos vegetais (Fig. 20), mas ambos com ocorrências em porcentagem considerável. Em relação às classes tafonômicas descritas anteriormente, o grupo de destaque foi das amostras classificadas como fracamente empacotadas com matriz argilosa (52,2%), referente à classe 3, seguido das amostras classificadas como dispersas e totalmente fragmentadas (29,2%), referente à classe 4, e, por fim, das densamente empacotadas que representam coquinas e folhelhos com altíssima concentração de ostracodes (18,5%), classes 1 e 2 (Fig. 21). Em relação ao tamanho, os intervalos das medições dos diâmetros das conchas de ostracodes com mais destaque são amostras que englobam variações entre 0,5 a 1,0 milímetro, representando 16,3% das amostras, e entre 0,6 a 1,0 milímetro, representando 10,1% do material (Fig. 22). Estes dados não destoam da variação entre 0,4 mm a 1,2 mm descrita por Bergue *et. al.* (2014).

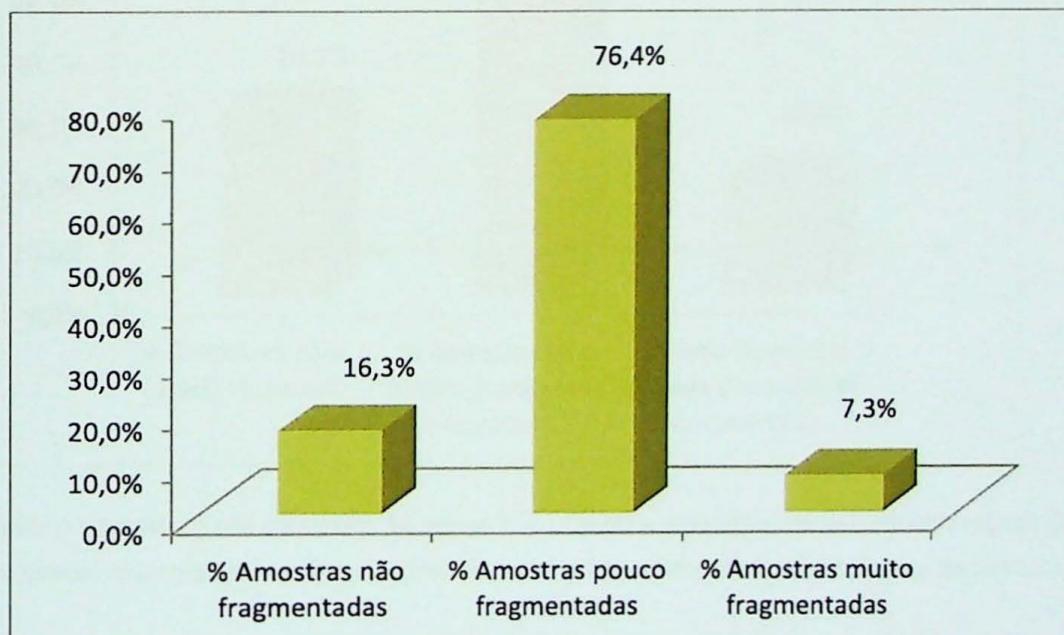


Fig. 19: Gráfico gerado a partir da tabela do anexo I que revela o comportamento das amostras de acordo com o critério de fragmentação, sendo predominantemente amostras pouco fragmentadas.

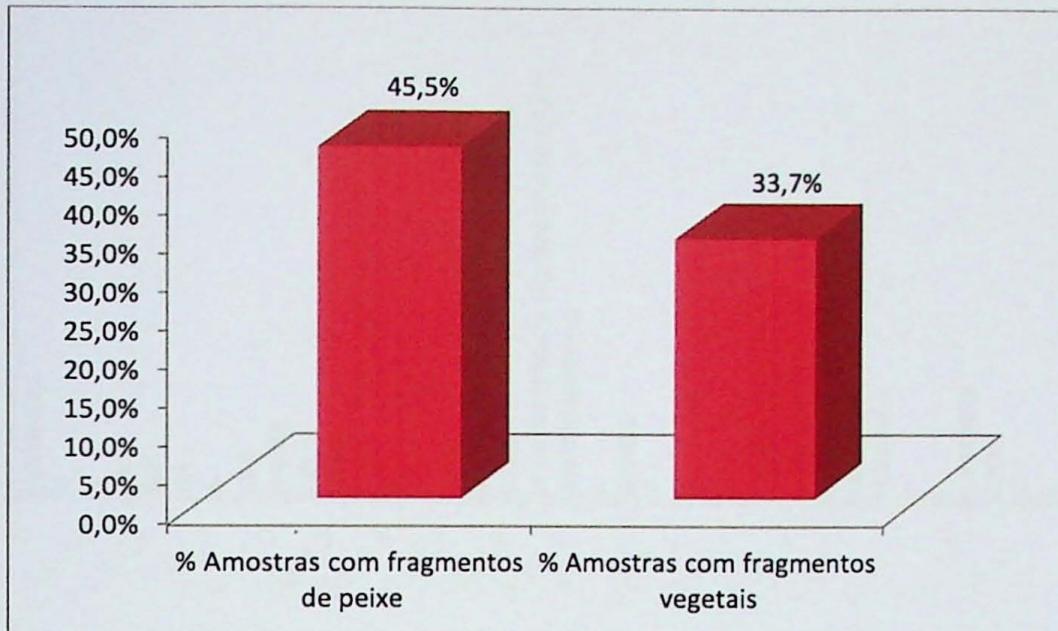


Fig. 20: Gráfico gerado a partir da tabela do anexo I que mostra a quantidade das amostras que contêm fragmentos de peixes ou restos vegetais.

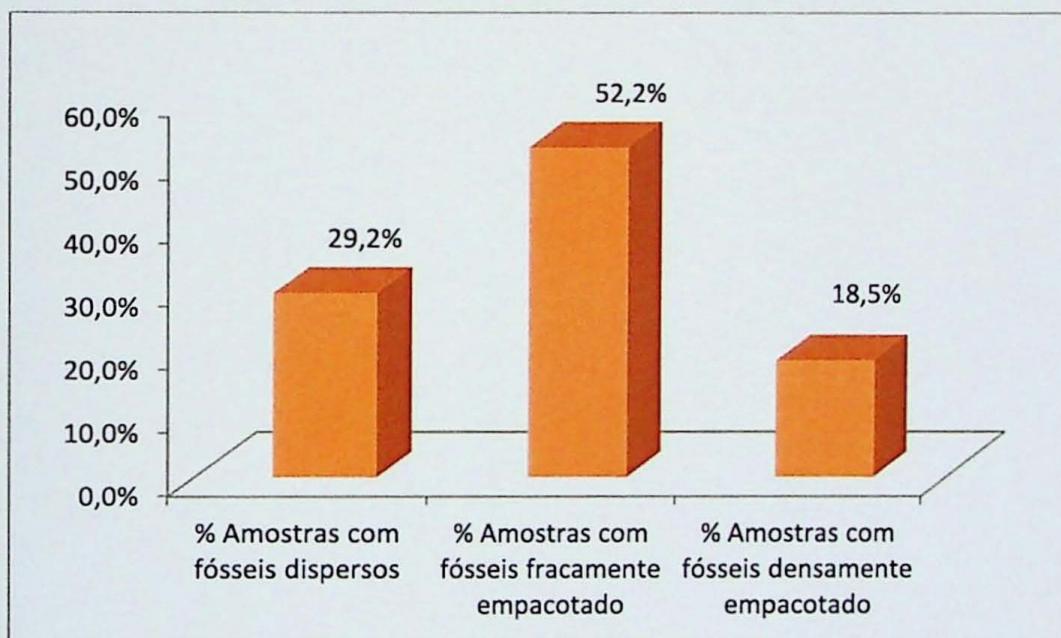


Fig. 21: Gráfico gerado a partir da tabela do anexo I, indicando a porcentagem das concentrações das amostras do acervo observadas, sendo predominante amostras com pouca concentração de ostracodes.

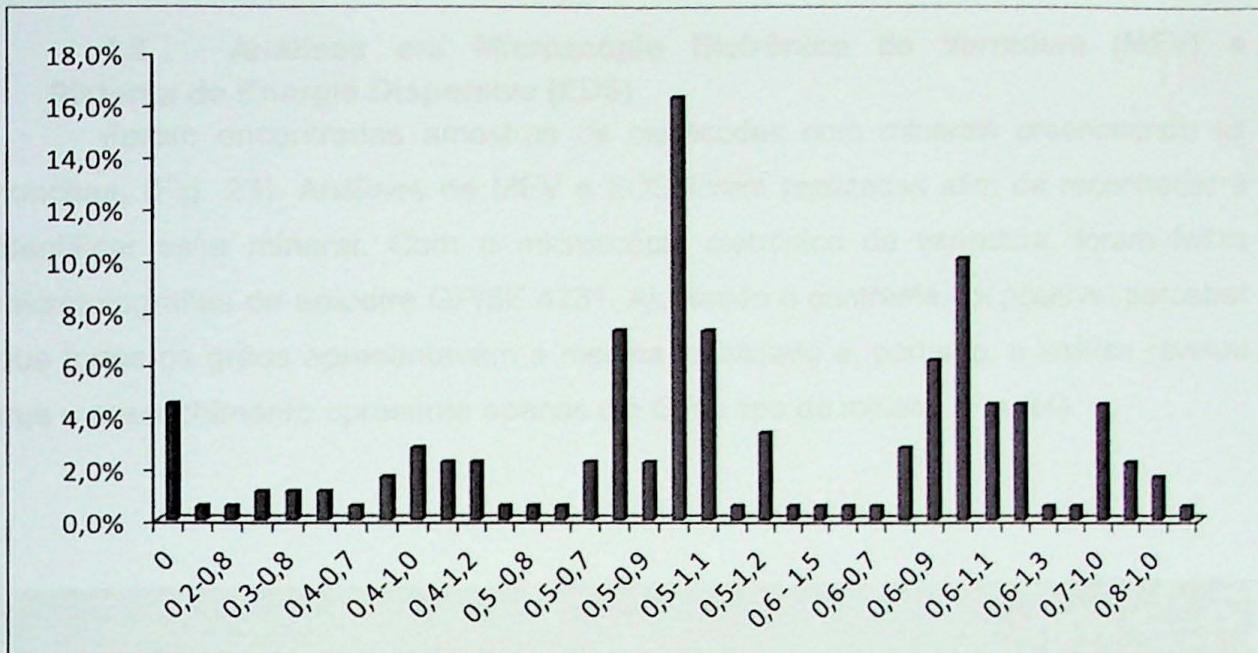


Fig. 22: Gráfico gerado a partir da tabela do anexo I, indicando a porcentagem das amostras que apresentam a variação correspondente no diâmetro das conchas, tendo maior destaque os intervalos entre 0,5 a 1,0 mm (16,3%) e entre 0,6 a 1,0mm (10,1%).

#### 4.3 Análises em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e Sistema de Energia Dispersiva (EDS)

Foram encontradas amostras de ostracodes com minerais preenchendo as conchas. (Fig. 23). Análises de MEV e EDS foram realizadas afim de reconhecer e identificar esse mineral. Com o microscópio eletrônico de varredura, foram feitas microfotografias da amostra GP/5E 4231. Ajustando o contraste, foi possível perceber que todos os grãos apresentavam a mesma tonalidade e, portanto, a análise revelou que o preenchimento apresenta apenas um único tipo de mineral (Fig. 24).

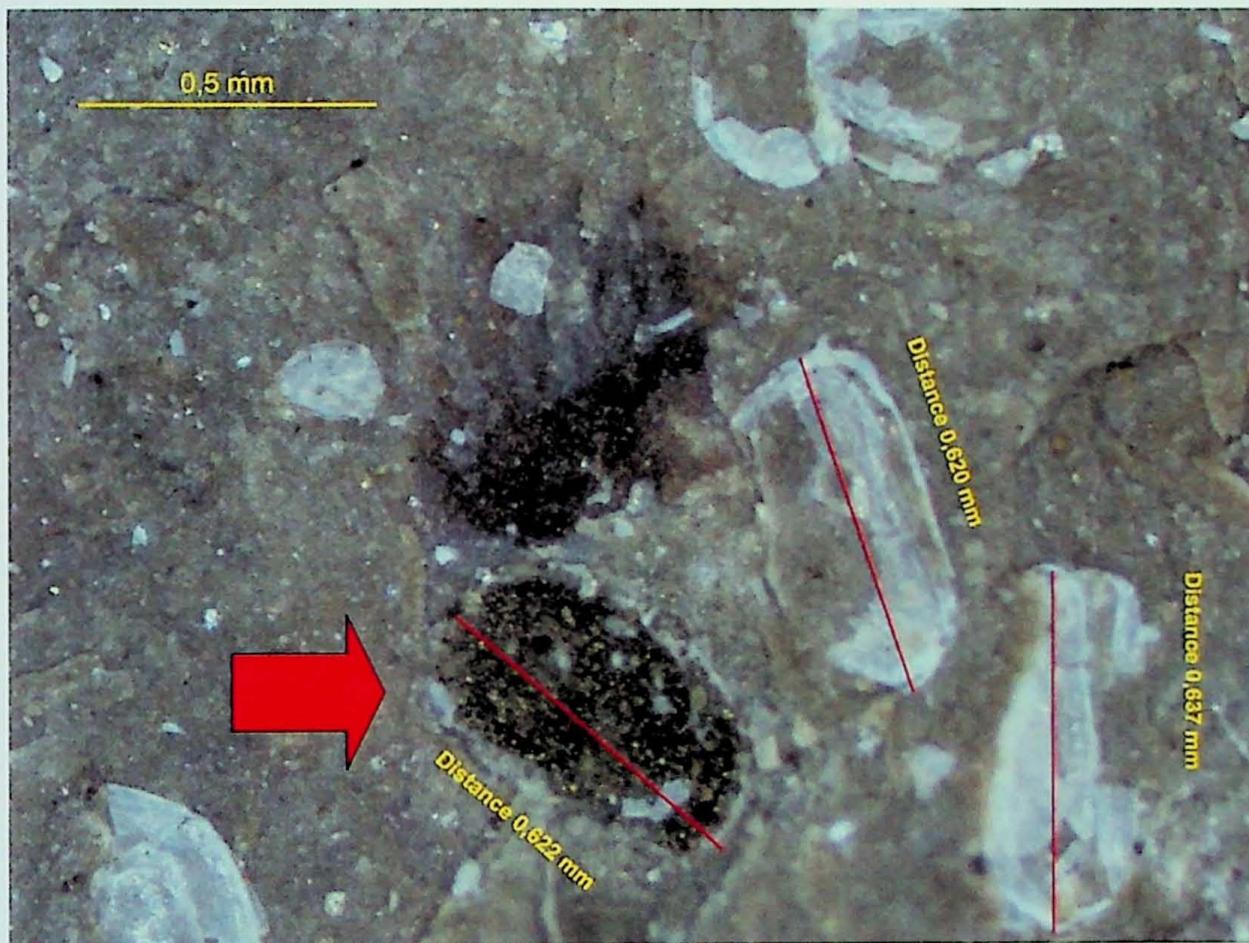


Fig. 23: Amostra GP/5E 4229 ressaltando um mineral ocorrendo como preenchimento da concha.

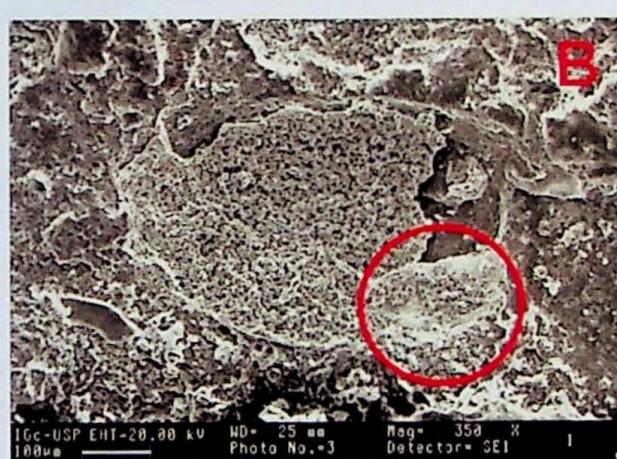
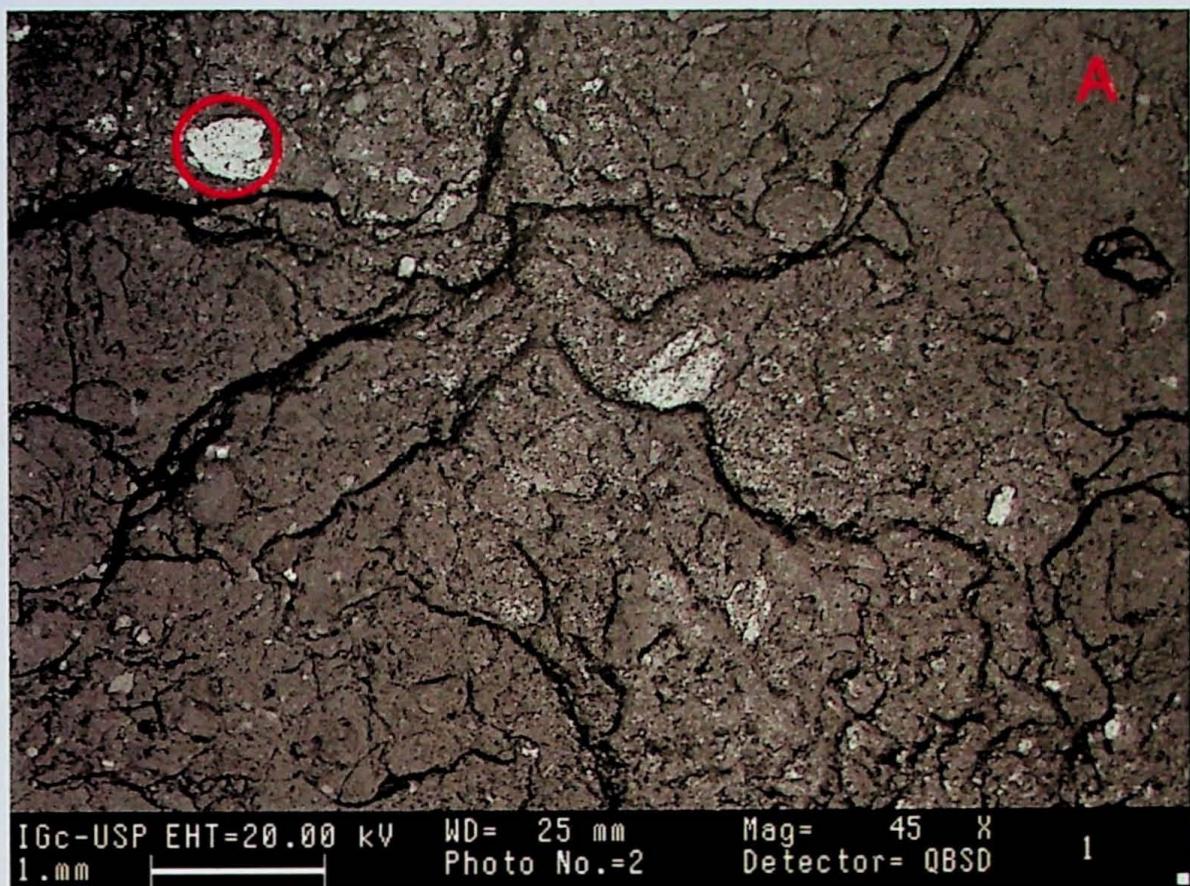


Fig. 24: (A) Microfotografia indicando concha de ostracode com presença de mineral; (B) Microfotografia com maior detalhe da região apontada em A, revelando a concha totalmente preenchida; (C) Microfotografia revelando apenas um tipo de mineral.

As imagens de maior detalhe mostram que o mineral ocorre em um plano diferente da carapaça. Dessa forma, ele recobre a concha por completo, portanto, não houve a substituição da concha pelo mineral, mas sim preenchimento da carapaça (Fig. 25).

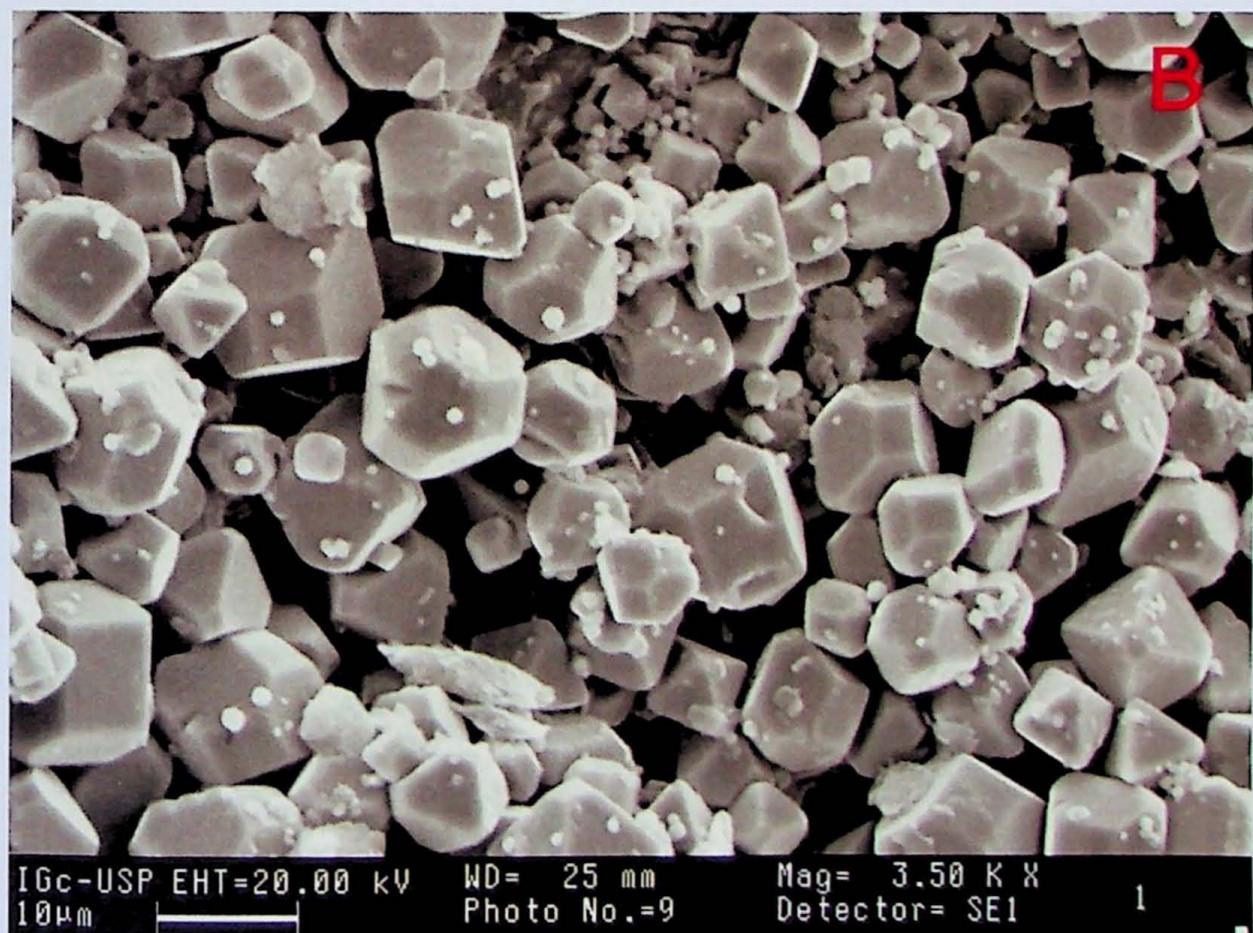
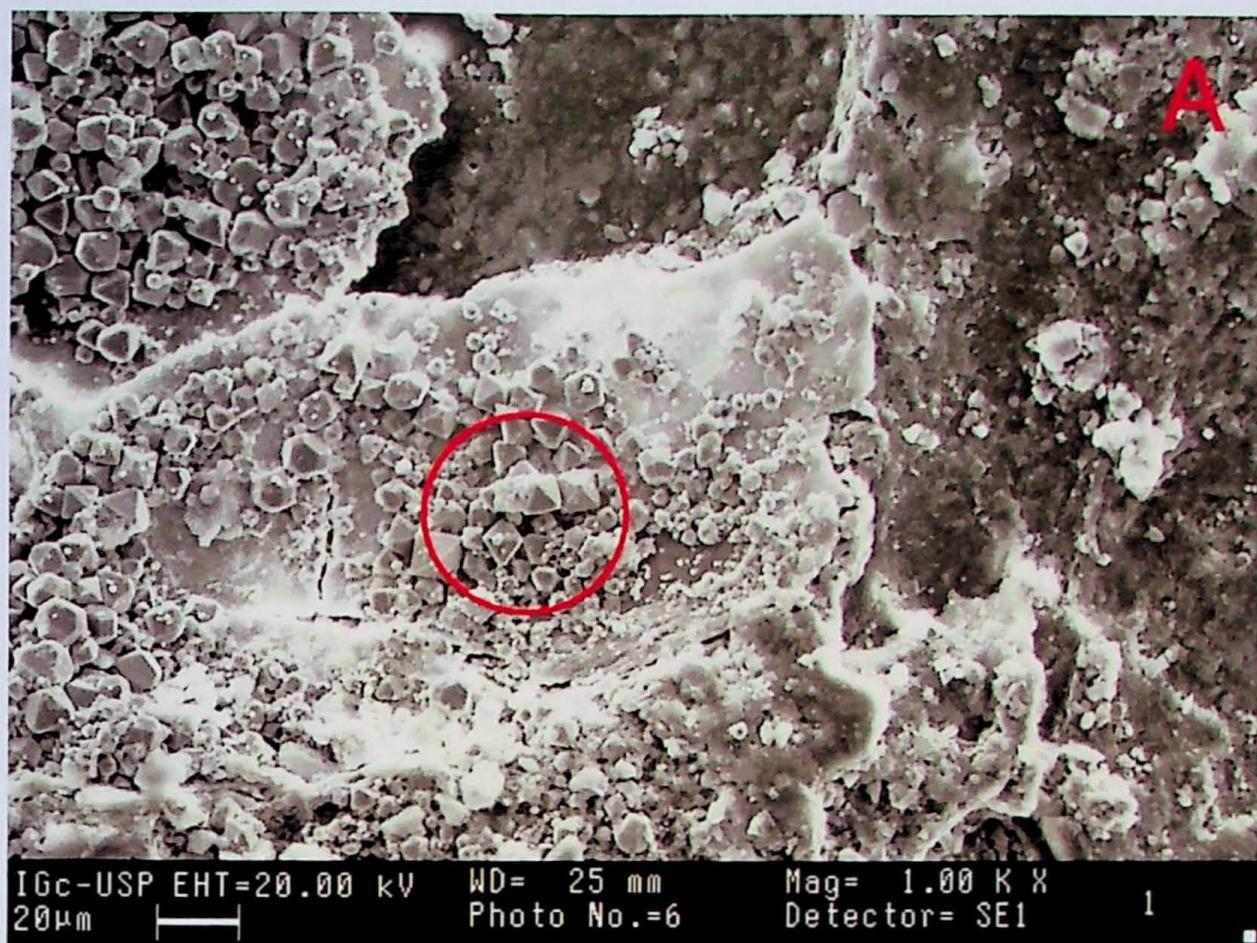


Fig. 25: (A) Microfotografia de maior detalhe mostrando o mineral sobre a concha;  
(B) Microfotografia, referente à região demarcada em A, indicando um mineral de hábito prismático.

Também foram realizadas análises de EDS. Uma delas mostrou um pico nos elementos químicos ferro (Fe) e enxofre (S) quando posicionado em cima do mineral (Fig. 26). Já a outra, quando situada em cima da concha, revelou picos principalmente de Cálcio (Ca) e Potássio (K) (Fig. 27). Assim, foi identificado o mineral pirita ( $FeS_2$ ), ocorrendo como preenchimento das conchas de ostracodes

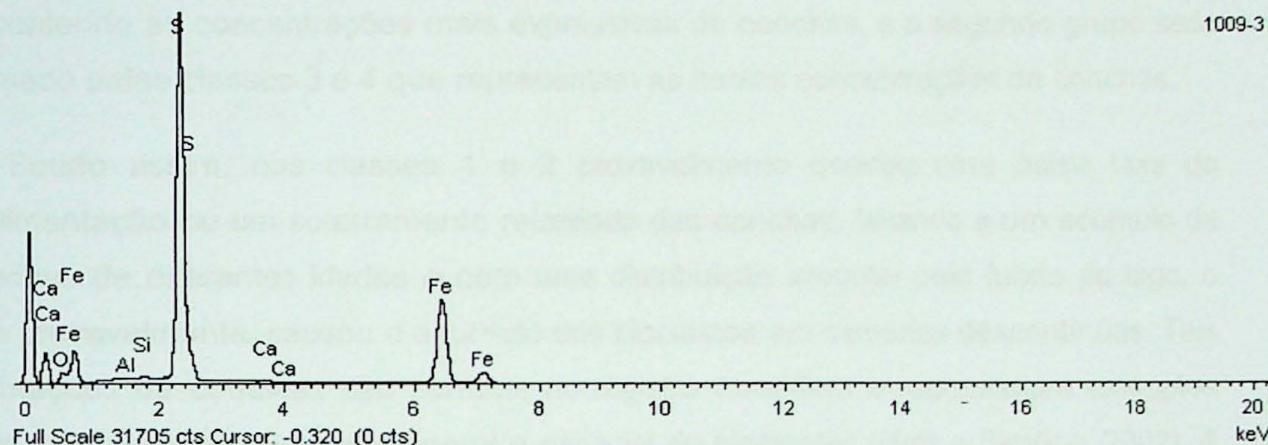


Fig. 26: Imagem EDS, posicionada no mineral de preenchimento, mostrando pico dos elementos químicos Ferro (Fe) e Enxofre (S), feitas no microscópio eletrônico de varredura (MEV).

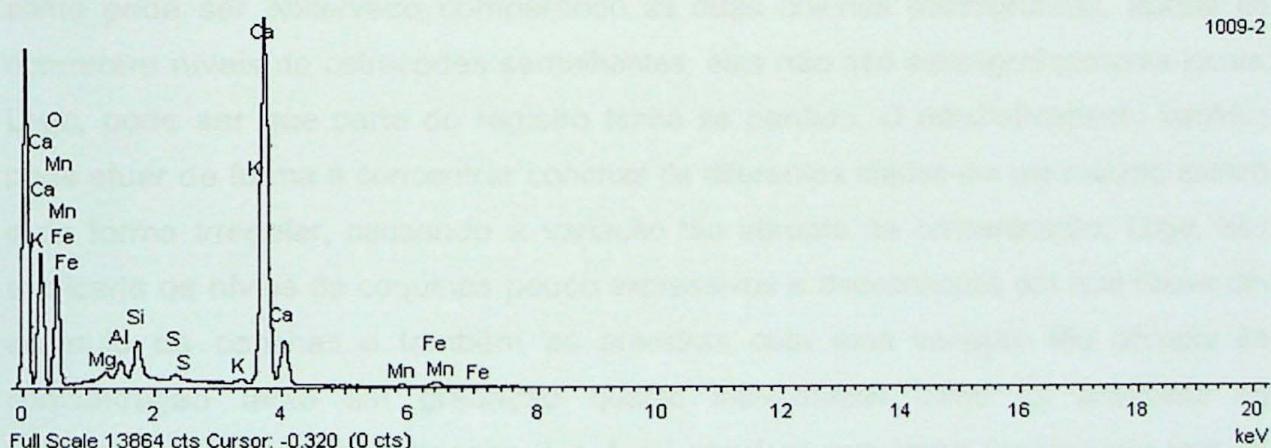


Fig. 27: Imagem EDS, posicionada na concha de ostracode, mostrando pico dos elementos químicos Cálcio (Ca) e Potássio (K), feitas no microscópio eletrônico de varredura (MEV).

## 5. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De acordo com dados tafonômicos, foram definidas quatro classes tafonômicas. A genêse dessas classes tafonômicas está relacionada principalmente ao aporte bioclástico, a taxa de sedimentação e a durabilidade relativa da concha na zona tafonomicamente ativa (Holz e Simões, 2002; Ritter e Erthal, 2016). Nesse sentido, foi possível organizar a origem das classes tafonômicas em dois principais agrupamentos, ou seja, o primeiro grupo representado pelas classes tafonômicas 1 e 2, contendo as concentrações mais expressivas de conchas, e o segundo grupo seria formado pelas classes 3 e 4 que representam as baixas concentrações de conchas.

Sendo assim, nas classes 1 e 2 provavelmente ocorreu uma baixa taxa de sedimentação ou um soterramento retardado das conchas, levando a um acúmulo de conchas de diferentes idades e com uma distribuição irregular pelo fundo do lago, o que provavelmente, causou o acúmulo dos bioclastos em camadas descontínuas. Tais afirmações de coquinas são comuns no registro fossilífero e representam exemplos bem marcados de mistura temporal e espacial de bioclastos (Holz e Simões, 2002). A mistura temporal causada por quedas na taxa de sedimentação pode ter levado a uma resolução temporal menor do material (Flessa, 1993). No caso do registro incompleto, como pode ser observado comparando as duas colunas estratigráficas, apesar de ocorrerem níveis de ostracodes semelhantes, elas não são estratigraficamente iguais. Logo, pode ser que parte do registro tenha se perdido. O retrabalhamento também pode atuar de forma a concentrar conchas de diferentes idades em um mesmo estrato e de forma irregular, causando a variação tão abrupta de concentração. Logo, isso explicaria os níveis de coquinas pouco expressivos e descontínuos em que houve um acúmulo de conchas e também as amostras com uma variação tão abrupta de concentração tanto em gradação quanto intercaladas como foi analisado no laboratório. No caso das classes 3 e 4, foi provável que tenha havido uma taxa de sedimentação mais contínua, ou os eventos de sedimentação foram mais rápidos, separando os níveis de bioclastos, evitando maior acúmulo e levando as conchas a se empacotarem de forma mais dispersa no sedimento.

A partir da análise e interpretação da gênese das classes tafonômicas, foi possível reconhecer eventos chamados de episódicos, ou seja, não frequentes, representando eventos abruptos de sedimentação, como no caso as ocorrências de coquinas e níveis de maior concentração de bioclastos, e os eventos de fundo, isso é, eventos que representam o dia-a-dia do ambiente de sedimentação. De fato, a classe tafonômica três foi a mais representativa e abundante encontrada, ou seja, é caracterizada pela presença de conchas desarticuladas, pouco fragmentadas, com concavidades

voltadas tanto para cima quanto para baixo sem um padrão específico, com concentração fracamente empacotadas em matriz argilosa. Tais assinaturas tafonômicas corroboram com a interpretação do paleoambiente lacustre, com baixa energia. Se observarmos o fato de que as concavidades das conchas não seguem um padrão bem definido, ora estando voltada para cima ora para baixo, provavelmente indica que não havia nenhum tipo de fluxo no fundo do lago.

Adicionalmente, assim como Menéndez *et. al.* (2011) e Duleba *et. al.* (2003) utilizaram outras formas de vida em seus trabalhos a fim de se levantar mais dados a cerca do paleoambiente, a presença de restos vegetais e esqueletos completamente articulados de peixes no material, além de fragmentos encontrados, também auxiliou na interpretação ambiental. Há ocorrências de fragmentos de peixe desarticulados como também indivíduos inteiros. Além disso, os restos vegetais desarticulados indicam que provavelmente esse material não sofreu um transporte longo e intenso que causaria a desarticulação em todos os níveis de peixes e a degradação dos restos vegetais. Portanto, como os ostracodes ocorrem associados a essas outras espécies e apresentam pouca fragmentação das conchas, os fósseis deveriam ser autóctones a para-autóctenes. Dessa forma, a fauna do lago coexistente com os ostracodes permite aferir que o ambiente era calmo.

A análise mostra que todas as conchas, independentemente da classe tafonômica, apresentavam um padrão desarticulado. Excluindo a possibilidade de transporte do material, a explicação para tal desarticulação nas amostras pode ser elucidado através da própria anatomia dos ostracodes. Esses animais apresentam uma carapaça mais fina e delicada e não há presença de ligamento elástico na parte dorsal das conchas, apenas o músculo adutor (Mathieu *et. al.*, 2011). Sendo assim, pela morte natural e durante a deposição da carapaça, mesmo em ambiente mais calmo, as valvas podem se separar. Além disso, a presença de icnofósseis mostra que o fundo do lago ainda apresentava certa dinamicidade e diversidade de espécies. Dessa forma, o impacto dessa dinâmica, apesar de mínima, já seria o suficiente para contribuir na desarticulação das conchas.

Park e Cohen (2011) afirmam que a presença de minerais como siderita, pirita e vivianita na composição da rocha pode atestar as condições de um ambiente redutor, ou seja, são todos minerais sensíveis que tendem a se depositar quando ocorrem condições anóxicas. A presença comprovada de pirita pelos picos de Ferro e Enxofre da imagem EDS, somado ao argumento dos autores, permite a interpretação de que se tratava de um ambiente redutor de sedimentação que permitiu a cristalização desse

mineral. Conforme Park e Cohen (2011), o acúmulo e a abundância de ostracodes podem estar ligados às mudanças na composição química e no nível de oxigenação das águas na profundezas do lago. Dessa forma, os níveis de oxigênio e as condições anóxicas do fundo provavelmente se alteravam, uma vez que nem todas as amostras apresentam minerais secundários como pirita e, assim, possivelmente, poderia causar alta mortandade, podendo também explicar a maneira mal distribuída e irregular que esses fósseis foram encontrados.

Por fim, é necessário um estudo mais detalhado do registro fossilífero das ocorrências de ostracodes da Formação Tremembé a fim de se determinar melhor as associações entre ostracodes e outras formas de vidas existentes no sistema lacustre que existiu na Bacia de Taubaté. Dessa forma, os hábitos de vida desses minicrustáceos poderão ser mais bem esclarecidos, permitindo a discussão da estrutura populacional para levantar dados sobre o modo de vida (alóctones ou autóctones) dos ostracodes (Whatley, 1983). Além disso, uma identificação detalhada das espécies se faz necessária para que se posicionem as quinze diferentes espécies propostas por Bergue *et. al.* (2014) nos níveis de ocorrência de ostracodes das colunas estratigráficas propostas. Sendo assim, será possível aplicar os conceitos de tanatocenose ou tafocenose (Holz e Simões, 2002).

## 6. CONCLUSÕES

Foram identificadas quatro classes tafonômicas distintas: (i) densamente empacotada com matriz bioclástica (classe 1); (ii) densamente empacotada com matriz argilosa (classe 2); (iii) dispersa com matriz argilosa (classe 3); (iv) dispersa com conchas totalmente fragmentadas (classe 4).

Foi possível reconhecer eventos chamados de episódicos, representados pelas ocorrências de coquinas e níveis de maior concentração de bioclastos, e os eventos de fundo, isso é, eventos que representam o dia-a-dia do ambiente de sedimentação.

. A classe tafonômica três foi a mais representativa e abundante encontrada. É caracterizada pela presença de conchas desarticuladas, pouco fragmentadas, com concavidades voltadas tanto para cima quanto para baixo sem um padrão específico, com concentração fracamente empacotada em matriz argilosa. Tais assinaturas tafonômicas corroboram com a interpretação do paleoambiente lacustre, com baixa energia. Provavelmente, não houve transporte intenso do material, ou seja, as conchas são autóctones.

As camadas contendo os níveis de ostracodes são descontínuas e de contatos abruptos devido ao fato de fatores de tendenciamento, como a mistura temporal causada por baixas taxas de sedimentação e o registro incompleto evidenciado pela assimetria entre as colunas estratigráficas feitas nas duas pedreiras de estudo, interferirem na formação de uma assembleia fossilífera de acordo com o tempo cronológico e formarem porções mais concentradas de conchas em pontos locais do assoalho do lago.

Através de análises de MEV e EDS foi possível a identificação do mineral pirita preenchendo algumas conchas de ostracodes, A ocorrência de pirita indica uma baixa concentração de oxigênio no fundo do lago e, portanto, trata-se de um ambiente anóxico com oscilações em parâmetros químicos da água, podendo causar alta mortandade de ostracodes.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bergue, C. T. (2006). A aplicação dos Ostracodes (Crustacea) em pesquisas paleoceanográficas e paleoclimáticas. *Terra Didática*, 2(1), 54-66.
- Bergue, C. T., Maranhão, M. S. A.S., Fauth, G. (2014). Paleolimnological inferences based on Oligocene ostracods (Crustacea: Ostracoda) from Tremembé Formation, Southeast Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* (2015), 87(3), 1531-1544.
- Coimbra, J. C., Bergue, C. T. (2011). Ostracodes. In: I. S. Carvalho (3<sup>a</sup> Ed.), *Paleontologia* (v. 2, 35-51). Rio de Janeiro, RJ: Interciências.
- Cutler, A. H., Flessa, K. W. (1990). Fossils out of sequence: Computer simulations and strategies for dealing with stratigraphic disorder. *Palaios*, 5(3), 227-235.
- D'Hondt, S., Zachos, J.C. (1993). On stable isotopic variation and earliest Paleocene planktonic foraminifera. *Paleoceanography*, 8(4), 527-547.
- Duleba, W., Petri, S., Coimbra, J. C. S. (2003). Foraminíferos, tecamebas e ostracodes sub-recentes e fóssies do Quaternário do Brasil. *Revista Geologia USP Publicação Especial*, 2, 1-24.
- Flessa, K. W. (1993). Time-averaging and temporal resolution in Recent marine shelly faunas. In: S. M. Kidwell, A. K. Behrensmeyer (eds.), *Taphonomic approaches to time resolution in fossil assemblages*. Knoxville: Paleontological Society. 9-33. (Short Courses in Paleontology, 6).
- Fürsich, F. T., Aberhan, M. (1990). Significance of time-averaging for paleocommunity analysis. *Lethaia*, 23, 143-152.
- Holz, M., Simões, M. G. (2002). *Elementos Fundamentais de Tafonomia*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS.
- Kidwell, S. M., Bosence, D. W. J. (1991). Taphonomy and time-averaging of marine shelly faunas. In: P. A. Allison, D. E. Briggs (Eds.), *Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record* (v. 9, 115-209). Plenum Press, New York: Topics in Geology.
- Kowalewski, M. (1996). Time-averaging, overcompleteness and the geological record. *Journal of Geology*, 104, 317-326.
- Kowalewski, M. (1997). The reciprocal taphonomic model. *Lethaia*, 30, 86-88.

Mathieu, R., Bellier, J.P., Granier, B. (2011). *Manuel de Micropaléontologie*. (2a ed.). Paris: Université Pierre et Marie Curie.

Menéndez, L., Rojas-Consuegra, R., Villegas-Martin, J., López, R.A. (2011). Taphonomy, cronostratigraphy and paleoceanographic implications at turbidite of Early Paleocene (Vertientes Formation), Cuba. *Revista Geológica da América Central*, 45, 87-94.

Park, L. E., Cohen, A. S. (2011). Paleoecological response of ostracods to early Late Pleistocene lake-level changes in Lake Malawi, East Africa. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology*, 303, 71-80.

Riccomini, C. (1989). *O Rift Continental do Sudeste do Brasil*. Tese (Doutorado). São Paulo: Instituto de Geociências, USP, 256 p.

Riccomini, C., Sant'Anna, L. G., Ferrari, A. L., (2004). Evolução Geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida* (v. 1, 383-405). São Paulo ed. BECA.

Riccomini, C. & Coimbra, A.M. (1992). Geologia da bacia sedimentar. In: Negro Jr., A.; Ferreira, A.A.; Alanso, U.R.; Luz, P.A. (Eds.), *Solos da Cidade de São Paulo* (v. 1, 37-94). São Paulo: ABMS/ABEF.

Ritter, M. N., Erthal F. (2016). Time-averaging e suas implicações para o registro fóssil marinho *Terrae Didatica*, 12(2), 81-103.

Sant'Anna, L. G. (1999) *Geologia, Mineralogia e Gênese das Esmectitas dos Depósitos Paleogênicos do Rift Continental do Sudeste do Brasil*. Tese (Doutorado). São Paulo: Instituto de Geociências, USP, 293 p.

Smith, J., Nederbragt, A. J. (1997). Analysis of the El Kef blind test II. *Marine Micropaleontol*, 29, 95-100.

Simões, M. G., Rodrigues, S. C., Bertoni-Machado, C., Holz, M. (2010a). Tafonomia: Processos e Ambientes de Fossilização. In: I. S. Carvalho (3<sup>a</sup> Ed.), *Paleontologia* (v. 1, 19-51). Rio de Janeiro, RJ: Interciências.

Simões, M. G., Rodrigues, S. C., Bertoni-Machado, C. (2010b). Procedimentos Metodológicos em Tafonomia. In: I. S. Carvalho (3<sup>a</sup> Ed.), *Paleontologia* (v. 1, 413-429). Rio de Janeiro, RJ: Interciências.

Vespucci, J.B.O. (1984). *Sistemas Depositionais e Evolução Tectono-Sedimentar da Bacia de Taubaté - SP*. Tese (Mestrado). São Paulo: Instituto de Geociências, USP, 98 p.

Vidal, A. C., Fernandes, F. L., Chang, H. K. (2004) Distribuição dos Arenitos na Bacia de Taubaté - SP. *Geociências*, (v. 23, 53-66). São Paulo: Instituto de Geociências, UNESP.

Whatley, R. (1983). The application of Ostracoda to paleoenvironmental analysis. In: R. F. Maddocks (Eds.), *Applications of Ostracoda* (v. 1, 51-77). USA: Uni. Houston geosc.

**ANEXO I**

Nº Amostra	Tamanho	Fragmentação	Articulação	Quantidade	Nº Peixe	Nº Vegetais	concentra
GP/5E 4107	0	2	0	23	3	0	0
GP/5E 4108	0,5-1,0	1	0	64	15	15	1
GP/5E 4109	0,6 -1,0	0	0	710	0	0	2
GP/5E 4110	0,4-0,8	1	0	85	0	0	0
GP/5E 4111	0,5-0,7	1	0	60	0	1	0
GP/5E 4112	0,5-0,8	1	0	36	0	0	0
GP/5E 4113	0,3-0,8	1	0	56	0	5	0
GP/5E 4114	0,6-1,0	1	0	74	0	0	0
GP/5E 4115	0,5-1,1	1	0	67	1	0	0
GP/5E 4116	0,6-1,2	1	0	152	0	1	1
GP/5E 4117	0,6-1,1	1	0	167	3	1	1
GP/5E 4118	0,6-1,1	1	0	148	2	0	0
GP/5E 4119	0,5 -0,8	0	0	550	0	0	2
GP/5E 4120	0,5-0,8	0	0	782	0	0	2
GP/5E 4121	0,5-0,9	1	0	33	2	0	0
GP/5E 4122	0,5-0,8	1	0	27	0	0	0
GP/5E 4123	0,6 - 1,5	1	0	190	0	0	1
GP/5E 4124	0,7-0,8	1	0	200	0	0	1
GP/5E 4125	0,5-1,1	1	0	92	0	0	0
GP/5E 4126	0,5-1,1	1	0	78	4	2	0
GP/5E 4127	0,6-1,2	1	0	173	1	0	1
GP/5E 4128	0,5-1,0	1	0	52	0	1	0
GP/5E 4129	0,4-0,8	1	0	39	5	0	0
GP/5E 4130	0,6-1,0	1	0	70	1	2	0
GP/5E 4131	0,5-1,1	1	0	333	0	0	1
GP/5E 4132	0,6-0,9	1	0	114	0	0	0
GP/5E 4134	0,6-1,0	1	0	43	0	0	0
GP/5E 4135	0,5-0,8	1	0	564	0	0	2
GP/5E 4136	0,6 - 1,2	1	0	227	6	1	1
GP/5E 4137	0,6-1,1	1	0	45	0	0	0
GP/5E 4138	0,3-1,1	1	0	91	0	0	1
GP/5E 4139	0,4-1,0	1	0	84	0	0	0
GP/5E 4140	0,5-0,8	1	0	70	8	1	0
GP/5E 4141	0,3-0,8	1	0	90	2	4	1
GP/5E 4142	0,2-0,8	1	0	106	0	0	0
GP/5E 4143	0	2	0	418	1	0	1
GP/5E 4144	0,5-0,8	2	0	40	1	2	0
GP/5E 4145	0,7-1,0	2	0	35	0	0	0
GP/5E 4146	0,6-0,9	2	0	20	1	1	0
GP/5E 4147	0,5-1,2	1	0	37	2	0	0
GP/5E 4148	0,6-1,2	1	0	110	2	0	1
GP/5E 4149	0,8-1,1	1	0	158	3	0	1
GP/5E 4150	0,5-1,1	1	0	108	0	0	1

GP/5E 4151	0,5-1,1	1	0	162	1	1	1
GP/5E 4152	0,4-0,7	0	0	725	0	0	2
GP/5E 4153	0,5-0,7	2	0	26	2	0	0
GP/5E 4154	0,5-1,0	1	0	127	3	1	1
GP/5E 4155	0,4-0,8	1	0	94	0	0	1
GP/5E 4156	0	2	0	52	2	1	0
GP/5E 4157	0,5-1,1	1	0	250	1	1	1
GP/5E 4158	0,5 - 0,7	1	0	77	0	0	1
GP/5E 4159	0,8-1,0	0	0	200	0	0	2
GP/5E 4160	0,6-1,0	1	0	50	0	0	0
GP/5E 4161	0,5-0,8	1	0	87	0	0	1
GP/5E 4162	0,7-1,0	1	0	650	2	2	2
GP/5E 4163	0,5-1,0	1	0	120	2	0	1
GP/5E 4164	0,5-0,8	2	0	160	10	3	1
GP/5E 4165	0,5-1,0	1	0	650	0	0	2
GP/5E 4167	0,6-1,1	1	0	700	0	0	2
GP/5E 4168	0,5-1,1	1	0	200	0	1	1
GP/5E 4169	0,7-1,0	1	0	50	0	0	1
GP/5E 4170	0,8-1,0	1	0	107	0	0	1
GP/5E 4171	0,6-1,0	1	0	87	0	0	0
GP/5E 4172	0,6-1,1	1	0	56	6	2	0
GP/5E 4173	0,1-0,7	1	0	151	0	0	0
GP/5E 4174	0,5-1,0	1	0	110	1	2	1
GP/5E 4175	0,6-0,9	1	0	120	1	1	1
GP/5E 4176	0,5-1,0	1	0	260	1	1	1
GP/5E 4177	0,6-1,0	1	0	113	2	5	1
GP/5E 4178	0,6-0,9	1	0	105	1	0	1
GP/5E 4179	0,6-0,9	1	0	102	2	8	1
GP/5E 4180	0,6-0,9	1	0	104	0	0	1
GP/5E 4181	0,7-1,0	1	0	123	2	1	1
GP/5E 4185	0,6-0,8	1	0	42	1	2	0
GP/5E 4186	0,7-1,1	1	0	87	2	1	1
GP/5E 4187	0,7-1,0	1	0	80	1	1	1
GP/5E 4188	0,5-1,1	1	0	167	1	1	1
GP/5E 4189	0,5-0,9	1	0	185	2	0	1
GP/5E 4190	0,6-0,9	1	0	145	0	1	1
GP/5E 4192	0,6-1,0	1	0	70	0	0	1
GP/5E 4194	0,6-1,0	1	0	70	0	0	1
GP/5E 4196	0,6-1,0	1	0	70	0	0	1
GP/5E 4197	0,7-1,1	1	0	130	3	0	1
GP/5E 4198	0,8-1,0	2	0	100	0	0	1
GP/5E 4199	0,5-0,8	1	0	90	0	0	0
GP/5E 4201	0,6-0,9	0	0	500	0	1	2
GP/5E 4206	0,7-1,0	1	0	75	0	0	0
GP/5E 4207	0,7-1,0	1	0	110	0	0	0

GP/5E 4209	0,7-1,1	0	0	700	0	0	2
GP/5E 4210	0,7-1,1	0	0	700	0	0	2
GP/5E 4211	0,7-1,0	1	0	170	3	0	1
GP/5E 4212	0,4-1,0	1	0	163	0	1	1
GP/5E 4213	0,5-1,1	1	0	144	1	1	1
GP/5E 4214	0,4-1,2	1	0	217	1	0	1
GP/5E 4215	0,6-1,0	1	0	179	2	1	1
GP/5E 4216	0,6-1,1	1	0	750	0	0	2
GP/5E 4217	0,4-1,0	1	0	106	1	0	0
GP/5E 4218	0,3-0,6	1	0	103	2	0	0
GP/5E 4219	0,4-1,1	1	0	550	0	0	2
GP/5E 4221	0,4-1,2	2	0	23	6	0	0
GP/5E 4222	0,5-0,6	1	0	323	0	0	1
GP/5E 4223	0,5-1,2	1	0	117	0	0	1
GP/5E 4224	0,5-0,8	1	0	50	5	0	0
GP/5E 4225	0,5-1,0	1	0	80	2	0	0
GP/5E 4226	0	0	0	0	2	2	0
GP/5E 4227	0,5-0,9	1	0	130	1	1	1
GP/5E 4228	0,5-0,8	1	0	150	0	0	1
GP/5E 4229	0,3-0,6	1	0	237	0	0	1
GP/5E 4230	0,5-1,0	1	0	130	0	0	1
GP/5E 4231	0,6-0,7	0	0	783	0	0	2
GP/5E 4233	0,5-1,0	1	0	850	0	1	2
GP/5E 4234	0,5-1,2	1	0	105	0	0	0
GP/5E 4235	0,5-0,7	1	0	118	3	1	1
GP/5E 4236	0,4-1,0	1	0	350	0	0	2
GP/5E 4237	0,5-1,0	1	0	750	0	1	2
GP/5E 4238	0,5-1,0	1	0	650	0	0	2
GP/5E 4239	0,4-1,1	1	0	206	2	5	0
GP/5E 4240	0,5-1,0	1	0	184	1	0	1
GP/5E 4241	0,6-1,0	1	0	105	0	0	1
GP/5E 4242	0	0	0	0	3	0	0
GP/5E 4245	0,5-1,1	1	0	130	0	0	1
GP/5E 4246	0,5-1,2	1	0	143	1	0	1
GP/5E 4247	0,6-0,8	1	0	48	1	0	0
GP/5E 4248	0,4-1,2	1	0	212	2	1	1
GP/5E 4249	0,5-1,1	1	0	90	1	0	1
GP/5E 4250	0,6-1,0	1	0	140	0	1	1
GP/5E 4252	0,5-1,2	1	0	450	1	2	2
GP/5E 4253	0,5-1,2	1	0	35	0	0	0
GP/5E 4255	0,6-1,0	2	0	80	0	2	1
GP/5E 4256	0,5-0,8	1	0	43	0	0	0
GP/5E 4257	0,6-1,0	1	0	65	0	0	0
GP/5E 4258	0,5-1,0	1	0	53	0	0	1
GP/5E 4259	0,4-1,2	1	0	125	0	0	1

GP/5E 4260	0,5-1,0	1	0	450	0	7	2
GP/5E 4261	0	1	0	10	2	0	0
GP/5E 4262	0,6-0,9	1	0	164	0	0	1
GP/5E 4263	0,6-1,1	1	0	92	2	3	1
GP/5E 4264	0,5-1,0	1	0	210	3	2	1
GP/5E 4265	0	2	0	20	2	0	0
GP/5E 4266	0,4-1,1	1	0	130	4	0	1
GP/5E 4267	0,3-1,1	1	0	170	2	1	1
GP/5E 4268	0,5-1,0	1	0	137	2	0	1
GP/5E 4269	0	2	0	0	0	0	0
GP/5E 4270	0,6-1,1	1	0	162	0	3	1
GP/5E 4271	0,4-1,1	1	0	130	0	3	1
GP/5E 4272	0,5-0,9	1	0	50	0	1	0
GP/5E 4273	0,6-0,8	1	0	127	3	2	1
GP/5E 4274	0,5-1,0	1	0	372	0	0	2
GP/5E 4275	0,5-1,1	1	0	247	0	2	2
GP/5E 4276	0,5-1,0	1	0	290	0	0	1
GP/5E 4277	0,6-0,8	1	0	800	1	0	2
GP/5E 4278	0,5-1,0	1	0	147	0	0	1
GP/5E 4279	0,5-1,0	1	0	280	0	1	1
GP/5E 4281	0,5-1,0	0	0	600	0	0	2
GP/5E 4282	0,6-1,0	0	0	500	4	0	2
GP/5E 4283	0,5-1,1	0	0	550	2	0	2
GP/5E 4284	0,6-1,0	0	0	200	0	0	1
GP/5E 4285	0,6-1,0	0	0	200	0	0	1
GP/5E 4286	0,6-0,9	1	0	50	0	0	1
GP/5E 4287	0,5-1,0	0	0	650	3	0	2
GP/5E 4288	0,5-1,0	0	0	700	0	0	2
GP/5E 4289	0,5-1,0	0	0	550	3	0	2
GP/5E 4290	0,5-1,0	0	0	550	3	0	2
GP/5E 4291	0,5-1,0	1	0	150	6	0	1
GP/5E 4292	0,6-0,8	0	0	100	1	1	1
GP/5E 4293	0,5-1,0	0	0	550	1	0	2
GP/5E 4294	0,4-1,0	0	0	600	0	0	2
GP/5E 4295	0,5-1,0	1	0	80	0	0	1
GP/5E 4296	0,5-0,7	1	0	100	4	0	1
GP/5E 4297	0,5-0,8	1	0	60	0	0	1
GP/5E 4298	0,6-0,9	1	0	20	9	1	1
GP/5E 4299	0,6-1,0	1	0	120	7	0	1
GP/5E 4300	0,6-1,2	0	0	70	0	0	1
GP/5E 4302	0,6-1,2	0	0	100	0	1	1
GP/5E 4303	0,6-1,2	0	0	100	0	1	1
GP/5E 4304	0,6-1,3	0	0	110	0	0	1
GP/5E 4305	0,6-1,2	0	0	120	0	0	1

## AGRADECIMENTOS

Não sou capaz de resumir esses sete anos intensos da minha vida em poucas linhas. Muitas pessoas começaram comigo, algumas simplesmente foram ficando no meio do caminho porque, de fato, não foi fácil. Porém, muito mais gente foi se agregando nessa aventura rumo ao diploma e, por isso, quero lembrar com carinho a cada uma delas porque nunca se pode perder a chance de um elogio.

Para a realização desse trabalho, quero agradecer primordialmente a Professora Juliana de Moraes Leme Basso, quem me estendeu a mão desde o início e se mostrou um ser humano mais que maravilhoso, uma pessoa única dentro do IGc, de uma simpatia e carinho infinitos e uma excelente orientadora. Meu mais sincero 'obrigado' pela paciência ao longo desse ano de 2016. Aos docentes, mestres e amigos, Profa. Adriana Alves, Prof. Paulo César Fonseca Giannini e Prof. Paulo Eduardo de Oliveira, muito obrigado pela inspiração, tanto na parte profissional por me deixarem admirado com a qualidade, a entrega, a dedicação e o comprometimento de vocês pelo o que fazem quanto na parte pessoal no sentido das pessoas solidárias, humildes e dispostas a "perderem cinco minutinhos" para ouvir as necessidades do alunos e alunas. Talvez mesmo sem saber, vocês serviram-me muito a quem eu quero me espelhar no futuro.

Obrigado a minha família de todo meu coração. Obrigado a minha mãe, heroína, meu orgulho, minha guerreira, meu escudo, Dona Cleide, e ao meu pai, meu exemplo de dedicação, criatividade e persistênciar, Edir, a quem eu tenho admiração total por batalhar uma vida toda para me propiciar tantos momentos bons na vida que eles mesmos não tiveram tais privilégios. Sou muito grato e reconheço demais tudo o que vocês dois fizeram por mim na vida. Quero agradecer aos meus avós maternos Tereza e Adibe e avós paternos Décio e Anna por serem as pilares dessa força que me mantém em frente. Um EU TE AMO mais que especial pra melhor irmã do mundo, Deisy. Miga, sua loka, eu nem sei dizer esse amor em palavras. Minha vida não teria tido tanta graça sem você nela. Você é a melhor. Eu já teria pirado sem você. Estaremos aí enlouquecendo para o que der e vier nessa vida. Em memória, Vô Adibe e tio Roberto, sei que estão está olhando por mim todos os dias. Vocês fazem muita falta aqui. Obrigado por toda a proteção.

Esse pedaçinho é para a família que eu escolhi. Minhas meninas, minhas irmãs, minhas amigas do colégio. São 10, 15 ou 20 anos de amizade aí nesse caminho. É a minha vida! Por isso, vocês merecem esses agradecimentos por estarem ao meu lado sempre. Por me ouvirem reclamar e reclamar e reclamar e, mesmo assim, não baterem o telefone na minha cara. Isso é amor demais. Obrigado por tudo que vocês me propiciaram ao longo de tantos anos de amizade: amor, carinho, alegria, risos, amadurecimento, histórias, partilha. Crescemos juntos, nos melhoramos juntos. A vocês Flavia Costa Favaron, Marisa Pedro, Fernanda Takara, Priscila Cursi, Beatriz Kodama, Valéria Marques, Natalia Lopes e Yasmin Verdini. Mulheres da minha infância, mulheres para toda a vida.

Falando dessa geologada toda que passou nesses sete anos... meudeos... quanta gente eu conheci e que me somou tanto para eu ser a pessoa que me formei hoje. Impossível falar de todo mundo, mas, se você me arrancou um mero sorriso largo, saiba que essas palavras também são para você. Primeiro, a terrível turma 53. Que turma péssima. Minha nossa. Não era uma turma, era uma 'falha geológica'. Aquele ano que 'deu ruim' na fuvest. Mesmo assim, aqui fica meu carinho a Fernanda Rodrigues, Renata Panseri, Mariane Borba de Lemos, Eduardo Lopes Julião, Lucas Carlucci Sato e Natalia Santiago. Queridos e queridas, obrigado por todo o companheirismo nesses anos tensos aí.

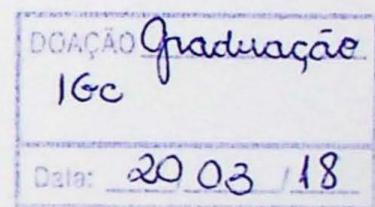
Como nem tudo são flores e se você percebeu eu disse 'sete anos' e não 'cinco', digo que passei em mais algumas turmas. O que, na verdade, me fez muito bem porque acho que tive a oportunidade de ter muito mais contato com pessoas maravilhosas e que foi amorzinho à primeira vista. Sim, estou falando da turminha dos meus escrotinhos hahaha. Lys, Débora (micosi), Rosane e Vitor (Pedrita). Eu juro que apertaria a bochecha de vocês todos os dias da minha vida de tão fofinhos que vocês são. O melhor grupo de metamórfica do mundo. Mesmo com bota estourada eu acho que nunca ri tanto na vida. Nunca vou me esquecer dos nossos BIFES e festinhas FAU – BIO. Amores, obrigado. Sem vocês não teria a metade da graça que realmente teve. Levo vocês no coração com muito carinho e ficam aqui eternizados.

Também não posso deixar de dizer das duas geóloguinhas mais encantadoras que passaram na minha vida: Ludmila Teixeira e Maíra Antunes. Eu tive tudo com vocês. Foi sorriso, foi choro, foi amor, foi desabafo. Teve até pedido de casamento para Ludmila no alto da Serra dos Pombeiros em pleno campo de estrutural, com direito a joelho no chão e flores. Porque a gente é assim. A gente parece super calminho mas por dentro a gente é esse vulcão em erupção de emoções. A gente só

não mostra isso para ninguém e, se mostra, é porque tem muita confiança envolvida. No caso, vocês duas me desvendaram totalmente. Poucos conseguem isso. Porque eu não consigo mesmo compreender como dois corpos, dois seres humanos totalmente diferentes, podem se entender tanto. Obrigado mesmo por existirem e a vida ter cruzado nossos caminhos. Eu precisava do apoio de vocês. Cada abraço foi único e inesquecível.

Um obrigado tão especial aos meus meninos do GG: José Victor Antunes, Jorge Danine, André Lima, Edgar Amaral, Maurício Frizzieiro, Dionatan Ferri Padilha e Samuel Furquim. Eu tenho um carinho surreal por vocês. Vocês são a prova viva de que persistência é o caminho para o sucesso dentro de uma profissão tomada de machismo e homofobia. Vocês quebram os paradigmas e ensinam a esse pessoal retrógrado de que, não só gays, mas também lésbicas, bissexuais e transexuais têm direito a conquistar seu lugarzinho ao sol. Vocês me inspiram muito, queridos. Obrigado por todo o apoio emocional nesses longos anos. Porque, realmente, não é fácil sofrer homofobia dentro do curso, dentro da universidade, dentro da vida profissional e dentro da vida pessoal. São inúmeras pancadas para nos derrubar e é isso que torna essa amizade tão fortalecida: um levanta o outro. Por isso, mesmo estando cada um em um estado desse Brasil, sempre estaremos juntos. Amigos de profissão e irmãos de luta.

E um parágrafo pros meus homens fantásticos. Ééé.. o mozi e mozão. Felipe e Victor. Mel e Lelek. Oooo duplinha meudeos. Eu sou louco por vocês. Apenas. Haha. Meus meninos, obrigado por todas as conversas longas, as risadas, o melhor BIFE, festinhas na Bio, pizzas na república, Chiquinho sorvetes no shopping, bandejões e bandejões com 'xixis do capiroto' em forma de suco. Por vocês, eu fiquei rouco torcendo nos jogos. Não é só uma amizade muito linda e sincera que temos, mas é uma inspiração dia após dia. Os dois são de um coração gigantesco e de um nível de respeito às diferenças e à vida que eu tenho muito mas muito orgulho dos seres humanos que vocês vêm se tornando. Não percam isso nunca. Eu amo vocês de todo coração.



"I wanna leave my footprints on the sands of time  
Know there was something there  
And something that I left behind  
When I leave this world, I'll leave no regret  
Leave something to remember, so they won't forget  
I was here, I lived, I loved  
I was here, I did, I've done  
Everything that I wanted  
And it was more I thought it would be  
I will leave my mark so everyone will know  
I was here."  
(Beyoncé)

