



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências e Matemáticas da Terra
Instituto de Geociências
Departamento de Geologia

Marina Meloni da Silva Rodrigues

**SEDIMENTAÇÃO E TECTÔNICA NA BACIA
DE SÃO JOSÉ DE ITABORAÍ, RIO DE JANEIRO, BRASIL**

**Trabalho Final de Curso
(Geologia)**

UFRJ
Rio de Janeiro
2020



UFRJ

Marina Meloni da Silva Rodrigues

**SEDIMENTAÇÃO E TECTÔNICA NA BACIA DE SÃO JOSÉ DE ITABORAÍ,
RIO DE JANEIRO, BRASIL**

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Geólogo.

Orientadores:

Renato Rodriguez Cabral Ramos

Luís Henrique Sapiensa Almeida

Rio de Janeiro
MARÇO 2020

MARINA Meloni da Silva Rodrigues

Sedimentação e Tectônica na Bacia de São José de Itaboraí, Rio de Janeiro, Brasil / Marina Meloni da Silva Rodrigues - - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2020.

79 p. : il.; 30cm

Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2020.

Orientadores: Renato Rodriguez Cabral Ramos, Luís Henrique Sapiensa Almeida

1. Geologia. 2. Sedimentologia e Estratigrafia – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Renato Rodrigues Cabral Ramos. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III. Sedimentação e Tectônica na Bacia de São José de Itaboraí, Rio de Janeiro, Brasil.

Marina Meloni da Silva Rodrigues

SEDIMENTAÇÃO E TECTÔNICA NA BACIA DE SÃO JOSÉ DE ITABORAÍ, RIO DE
JANEIRO, BRASIL

Trabalho Final de Curso de Graduação em
Geologia do Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Rio de Janeiro –
UFRJ, apresentado como requisito
necessário para obtenção do grau de
Geólogo.

Orientadores:
Renato Rodriguez Cabral Ramos
Luís Henrique Sapiensa Almeida

Aprovada em:
Por:

Orientador: Renato Rodriguez Cabral Ramos (UFRJ)

José Carlos Sícoli Seoane (UFRJ)

Verônica Batista (UFRJ)

UFRJ
Rio de Janeiro
2020

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer todo o apoio que tenho recebido de minha família e amigos para que o presente trabalho fosse realizado.

À minha mãe Marise, ao meu pai Nilson e ao meu irmão Caio pelo incentivo, credibilidade e dedicação à base de muito amor.

Aos meus orientadores Renato Ramos e Luís Henrique Sapiensa pela dedicação, disponibilidade e cuidado durante todo o processo de estudo.

Às minhas queridas amigas Elisa Elena, Letícia Moura, Macarena Roca, Julia Mascarenhas, Lorena Martins: juntas somos mais fortes.

Aos amigos Gabriel Cellier, Guilherme Duarte, Jhone Araujo e João Gomes

Obrigada aos colegas, professores e funcionários da UFRJ, ao Diretório Acadêmico Joel Valença pela companhia nesses anos de curso.

Aos professores e também amigos José Carlos Sícoli Seoane, André Ribeiro, Gustavo Pires, Katia Mansur e Verônica Batista por todo companheirismo e conhecimento compartilhado.

Às secretárias Anadja e Elisabete pela atenção na resolução de assuntos burocráticos e pelo apoio.

Ao biólogo Luiz Otávio Resende Castro que sempre nos deu muita atenção ao abrir as portas do Parque Paleontológico de São José de Itaboraí para nós.

Bem como ao senhor Carlos Mauricio, assessor da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo de Itaboraí que nos concedeu diversas autorizações para saídas de campo e à senhora Paloma Martins Mendonça, secretária municipal de meio ambiente e urbanismo da prefeitura de Itaboraí por nos pôr em contato com ele.

À minha irmã de alma e coração Shaienne Aguiar por tudo.

Minha trajetória só foi possível por ter seguido junto à todos vocês.

Obrigada!

UFRJ
Rio de Janeiro
2020

“Com a explosão, a primeira coisa que Ele viu foi uma pedra, grande que fervia, que continha energia. O nome da pedra é Yangi (laterita vermelha). Deus deu o nome à energia desta pedra de Latopá.”
Iya Paula D’Odé

UFRJ
Rio de Janeiro
2020

Resumo

MELONI, Marina. **Sedimentação e Tectônica na Bacia de São José de Itaboraí, Rio de Janeiro, Brasil**. 2019. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

A Bacia de São José de Itaboraí (Bacia de Itaboraí) localiza-se no município de Itaboraí, no estado do Rio de Janeiro/BR. É caracterizada como um hemi-gráben com, aproximadamente, 1,5km de comprimento por 0,5km de largura, orientada na direção NE-SW e inserida no contexto do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil. Essa feição formou-se durante a quebra do super continente Gondwana, datado do Jurássico Superior, que culminou na formação dos continentes África e América do Sul em suas formas atuais; e também pela geração do oceano Atlântico. A bacia é limitada na borda Sul por uma falha normal principal direção ENE-WNW. Esta é responsável pela dinâmica estrutural e deposicional da bacia. A bacia destaca-se na comunidade científica por conter um riquíssimo acervo fossilífero, sendo o principal registro da fauna de mamíferos primitivos brasileira no Paleoceno. A estratigrafia é caracterizada por litofácies siliciclásticas e calcárias, dispostas em três intervalos principais que compõe a Formação Itaboraí e representam o ciclo de tectônica ativa e quiescência tectônica. O presente trabalho tem por finalidade caracterizar os depósitos sedimentares presentes nos principais afloramentos da bacia e interpretá-los de acordo com o significado tectônico e deposicional. Os calcários observados em campo são compostos basicamente por travertinos, podendo ocorrer em espessuras variadas, indicando uma ritmicidade de escoamento de águas ricas em CaCO_3 . Essas litofácies calcárias indicam uma atividade tectônica de energia moderada, mas suficiente para manter fraturas abertas, que permitem a percolação de fluidos enriquecidos em CaCO_3 pela presença de mármores Pré-cambrianos no embasamento adjacente. Já os sedimentos siliciclásticos são compostos por arenitos e conglomerados imaturos com feições diagnósticas de fluxos gravitacionais de detritos e, escassamente, de fluxos hidrodinâmicos. Essas feições são indicativas de tectonismo ativo na bacia. Em sua maioria, esses depósitos siliciclásticos passaram por processos de intensa calcretização, relacionados à momentos de estabilidade tectônica. Relacionado à essa fase da história da bacia, é possível observar feições que indicam carstificação do relevo e exposição subaérea do substrato. Foram observados sete afloramentos, no total, e realizadas análises litofaciológicas junto à elaboração de perfis longitudinais. A partir desse estudo, pode-se ter uma melhor compreensão da história da bacia, visto que os processos de calcretização e carstificação muitas vezes mascaram o passado tectônico e deposicional das litologias.

Palavras-chave: Tectônica; Travertinos; Paleoceno.

Abstract

MELONI, Marina. **Sedimentation and Tectonics in the São José of Itaboraí Basin, Rio de Janeiro, Brazil**. 2019. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The São José of Itaboraí Basin (or the Basin of Itaboraí) is located in the city of Itaboraí, Rio de Janeiro/BR. It is constituted by a hemi-graben with 1,5 km of measurement per 0,5 km of width, oriented in the NE-SW direction. It was formed during the tectonic of the Continental Rift of Southern Brazil. This feature was originated from the Gondwana break up in the Jurassic age, which contributed to the formation of the South America and Africa continents in their current form, also to the generation of the Atlantic Ocean. The basin is limited on the south by a main normal fault with directions ENE-WSW. It is responsible for the tectonic and depositional dynamic of the basin. The basin is well known on the scientific community for its rich collection of fossils, being the principal register of the Brazilian primitive mammal fauna from the Paleocene. The stratigraphy is composed by the Itaboraí Formation and represents the cycle of active tectonic and moments of quiescence. The presented research aims to characterize the sedimentary deposits available at the main outcrops of the São José of Itaboraí basin and to interpret them according to the tectonic and depositional meaning. The Limestones observed at the field are composed by travertines, basically, that can occur in varied length, suggesting a rhythm of runoff of water rich in CaCO₃. Those calcareous lithofacies indicate an active tectonic that maintain fractures opened, which make the percolation of fluids enriched by the marbles presented on the adjacent basement. Immature sandstones and conglomerates with diagnostic features of gravitational flow (and rare hydrodynamic flows) characterize the siliciclastic sediments. The vast majority of those rocks had been through calcretization and carstification process, during stable tectonic moments. Related to this history of the basin, it is possible to note some other features that indicate the carstification of the landscape and sub-aerial exposure of the substrate. Seven outcrops were investigated. The study consisted in analysis of the lithofacies from the elaboration of sedimentary sections. From this study, it was possible to have a better understanding of the history of the basin, as diagenetic process commonly mask the tectonic and depositional past of the facies.

Key-Words: Tectonic; Travertines; Paleocene

Lista de figuras

Figura 1: Mapa de localização da Bacia de São José de Itaboraí, destacando em vermelho a área dos afloramentos estudados, modificado de Valente et al. (2017)	22
Figura 2: Zonas Hidrológicas de Calcretes modificada de Esteban & Klappa 1983 (Adler, 2016).....	27
Figura 3: Feições de relevo cárstico (Press et al., 2006)	32
Figura 4: Primeiro saco de cimento produzido pela CNCPM (Jürgens 2007)	34
Figura 5: Comparação das paisagens da bacia de Itaboraí. A) Parque Paleontológico de Itaboraí nos dias atuais, destacando-se a cava inundada utilizada para abastecimento d'água local. (Moura 2017) / B) Vista geral da Bacia na década de 1970 (imagem de Fausto L. Souza Cunha, Museu Nacional/UFRJ), retirada de Bergqvist (2006). A seta indica o Morro da Dinamite para efeito de referência.....	35
Figura 6: Vista da encosta sul da bacia nos anos 1910, durante o período da exploração do calcário (acervo do Departamento de Geologia e Paleontologia, Museu Nacional/UFRJ)	35
Figura 7: Cronologia das Idades de Mamíferos Terrestres Sul-Americanos (SALMA) e distribuição estratigráfica das famílias Notoungulata da América do Sul, América Central e América do Norte, desde o Paleoceno até o Pleistoceno superior e curva de temperatura global e principais eventos climáticos do Cenozoico (Tejedor et al., 2009; Gelfo et al., 2009; Bond & Deschamps, 2010; Bond & Gelfo, 2010; Kramarz et al., 2010; Oliveira & Goin, 2011, Dunn et al., 2013; Woodburne et al., 2014 e Zachos et al., 2008 apud Braunn & Ribeiro, 2017).....	37
Figura 8: Mapa estrutural da Bacia de Itaboraí. (Ferrai, 2001).	38
Figura 9: Mapa tectônico regional (Trouw et al., 2000 apud Bittencourt, 2010).....	40
Figura 10: Mapa de distribuição dos quatro riftes do SRCBS: (A) Paraíba do Sul, (B) Litorâneo, (C) Ribeira, e (D) Marítimo; de suas falhas limitantes, preenchimentos sedimentares, intrusões/lavas alcalinas, charneira cretácea das bacias de Santos/Campos e o Rio Paraíba do Sul (Zalán & Oliveira, 2005)	42
Figura 11: Coluna Estratigráfica da Bacia de São José de Itaboraí, considerando apenas a Formação Itaboraí (modificado de Bergqvist et al., 2006).....	47
Figura 12: Distribuição do magmatismo alcalino no Gráben da Guanabara (Ferrari 2001)	50
Figura 13: Contato das fácies Ch e Dc evidenciando contato com geometria de canal no ponto M07.....	58
Figura 14: Afloramento da litofácies Cmc no ponto M07	60
Figura 15: Clastos de carapaça de gastrópodes da fácies C no afloramento M04.....	61

Figura 16: Clastos de calcário psolítico e de travertino na litofácies Bc, localizada no ponto M04.....	63
Figura 17: Detalhe do litoclasto de calcário psolítico localizado no ponto M04	64
Figura 18: Brecha Intraformacional localizada no ponto M01.....	65
Figura 19: Associação faciológica das fácies Dc e T1 no ponto M05	66
Figura 20: Ilustração do afloramento M01 com a litofácies Bmc na base	67
Figura 21: Litofácies Bmc localizada no ponto M01	68
Figura 22: Lâminas de Travertino no Fanglomerado (Litofácies Bmc) localizado no ponto M01.....	68
Figura 23: Arenito seixoso maciço calcretizado in situ na porção central do ponto M07	69
Figura 24: Amostra de seixo de fóssil de gastrópode no ponto M07	70
Figura 25: Afloramento de Vaque seixosa no ponto M06	71
Figura 26: Afloramento de Vaque seixosa no ponto M05	72
Figura 27: Afloramento M07 contendo a litofácies VSm e calcários travertinos	72
Figura 28: Nódulos de calcrete na Vaque seixosa no ponto M02	73
Figura 29: Bloco rolado de Calcário Microcristalino localizado no ponto M07.....	74
Figura 30: Fácies Calcário Microcristalino localizado in situ no ponto M07	74
Figura 31: Afloramento M07 ilustrando intercalação dos travertinos T1 e T2.....	75
Figura 32: Travertino T1 ilustrando a estratificação no ponto M02.....	76
Figura 33: Sucessão de Travertino T1 no ponto M06	76
Figura 34: Afloramento de Travertino T2	77
Figura 35: Amostra de mão detalhada de Travertino T2.....	78
Figura 36: Fácies Travertino com Sedimentos Clásticos (Adler, 2016).....	79
Figura 37: Afloramento M01.....	80
Figura 38: Perfil faciológico M01	81
Figura 39: Brecha intraformacional localizada no ponto M01.....	83
Figura 40: Amostra de Calcário Microcristalino com bioturbações por raízes do ponto M01	84
Figura 41: Perfil faciológico M02	85

Figura 42: Perfil faciológico M04	86
Figura 43: Perfil faciológico M06	88
Figura 44: Amostra de calcário Travertino com vugs localizado no ponto M01	89
Figura 45: Afloramento M07 à sul	90
Figura 46: Perfil faciológico M07 à sul.....	91
Figura 47: Horizonte nodular de calcrete na fácies A(S)mc localizada no ponto M07.....	92
Figura 48: Perfil faciológico da porção à norte do ponto M07	93

Lista de Siglas

CNCPM	Companhia Nacional de Cimento Portland Mauá
IVP-RJ	Instituto Virtual de Paleontologia do Estado do Rio de Janeiro
RCSB	Rift Continental do Sudeste do Brasil
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro

Sumário

Agradecimentos	vi
Resumo	viii
Abstract	ix
Lista de figuras	xi
Lista de Siglas	xiv
Sumário	xv
1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	19
3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	20
4 LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA ÁREA ESTUDADA	21
5 MATERIAIS E MÉTODOS	23
5.1 Campo	23
5.2 Escritório	24
6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
6.1 Conceitos e Fundamentação Teórica	26
6.1.1 Litofácies	26
6.1.2 Calcretização	27
6.1.3 Carstificação	31
6.2 Geologia da Bacia	33

6.2.1 Histórico da Exploração da Bacia e dos Estudos Paleontológicos	33
6.2.2 Geologia Regional da Área de Estudo	37
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
7.1 Descrição das Fácies	58
7.1.1 Litofácies Ch (Conglomerado com estratificação incipiente).....	58
7.1.2 Litofácies Cmc (Conglomerado maciço calcretizado).....	59
7.1.3 Litofácies C (Coquina)	60
7.1.4 Litofácies Bc (Brecha de colapso).....	61
7.1.5 Litofácies BI (Brecha Intraformacional).....	65
7.1.6 Litofácies Dc (Diamictito calcretizado)	66
7.1.7 Litofácies Bmc (Fanglomerado)	67
7.1.8 Litofácies A(S)mc (Arenito Seixoso Maciço Calcretizado).....	69
7.1.9 Litofácies VSm (Vaque Seixosa Maciça)	71
7.1.11 Litofácies T1.....	75
7.1.12 Litofácies T2.....	77
7.2 Significado Depositional e Tectônico – interpretação de perfis faciográficos	80
8 CONCLUSÕES.....	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96

1 INTRODUÇÃO

A partir do Jurássico Superior, forças extensionais impulsionaram a ruptura do megacontinente Gondwana durante o evento Sul-Atlântico, como apontado por Bizzi *et al.* (1984). Este evento foi responsável pela formação do continente Sul americano e Africano em suas formas atuais, e pela geração de diversas bacias sedimentares nas margens dos dois continentes, além da abertura do oceano Atlântico. A evolução da margem continental brasileira, gerou uma extensa feição nominada por Riccomini *et al.* (2004) como *Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB)*, incluindo a bacia de Itaboraí na sua porção oriental.

A Bacia de São Jose de Itaboraí foi descoberta em 1928 pelo engenheiro Carlos Euler (Bergqvist, 2009) e passou a ser explorada para fabricação de cimento tipo Portland pela Companhia Nacional de Cimento Portland Mauá em 1993. Esses calcários foram então utilizados em importantes construções da cidade do Rio de Janeiro como o estádio Maracanã e a ponte Rio-Niterói.

Durante as atividades na pedreira calcária, importantes descobertas científicas foram realizadas como a riqueza fossilífera da bacia, que registra a fauna e flora brasileira do fim do Cretáceo, posterior à extinção dos dinossauros (Instituto Virtual de Paleontologia do Estado do Rio de Janeiro, 2015). Em 1984, encerraram-se as explorações na bacia, que acabou por inundar. Em 1995, a área se tornou o Parque Paleontológico de São José de Itaboraí e, nos últimos anos, restos de animais gigantes da megafauna pleistocênica foram encontrados (Bergqvist, 2008). Apesar de poucos afloramentos, há muitas pesquisas sendo desenvolvidas com intuito de entender a gênese, evolução e feições geológicas da bacia de Itaboraí.

A depressão de São Jose de Itaboraí é caracterizada como um hemi-gráben de 1,5 km de espessura por 0,5 km de largura, direcionado preferencialmente para ENE-WSW. O embasamento da bacia é composto, basicamente, por gnaisses, mármore, anfíbolitos e

intrusões de rochas básicas, provenientes do magmatismo alcalino nas fases de tectonismo ativo (Rodrigues Francisco, 1989). O preenchimento sedimentar é composto por rochas siliciclásticas de granulometria variando de areia fina a calhaus e matacões, junto à rochas calcárias como travertino, calcário pisolítico e oolítico, calcário maciço argiloso, além de feições de carstificação e formação de calcrete (Ferrari 2001; Riccomini *et al.*, 2004). Segundo Sommer & Beurlen (*apud* Riccomini *et al.*, 2004), há duas falhas principais na bacia, responsáveis pela tectônica.

A bacia de Itaboraí possui extrema importância para os estudos geológicos, pois sua peculiaridade é a presença de litofácies intensamente cimentadas e calcretizada. Esses processos acabaram por mascarar feições tectônicas e deposicionais das litofácies. Deste modo, há muitos estudos na bacia que caracterizam as fácies presentes na mesma como calcários e suas variações.

A partir de averiguações feitas em campo, ainda é possível notar que, apesar de intensamente diagenizadas, pode-se interpretar o significado tectônico e deposicional das fácies para além das características calcárias das rochas. Além disso, o presente trabalho visa entender a relação que esses processos diagenéticos têm com momentos de quiescência tectônica, bem como a relação de depósitos siliciclásticos com a tectônica ativa da bacia.

2 OBJETIVOS

O principal objetivo dessa pesquisa é a caracterização da sedimentação associada à evolução tectônica da Bacia de São José de Itaboraí, ou seja, a identificação e diferenciação de cada litofácies presente na bacia, para então interpretá-la de acordo com o protólito e com as condições paleoambientais e do tectonismo da época.

Também foi objetivado nesse trabalho, agregar novas visões e conclusões da história sedimentar e estrutural da bacia e, assim, compará-las e analisá-las junto às ideias propostas por outros autores em trabalhos mais recentes.

Secundariamente, durante a pesquisa percebeu-se a necessidade de analisar e interpretar superfícies de carstificação, entendendo seus significados e como essas superfícies se relacionam com o tectonismo da área da bacia, ajudando na interpretação tectonossedimentar.

3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Essa pesquisa teve início em 2014 como projetos de Iniciação Científica, onde os principais objetivos eram a elaboração de análises litofaciológicas dos depósitos carbonático-epiclásticos da bacia, através da realização de perfis sedimentográficos e seções arquiteturas.

Esses projetos de pesquisa estenderam-se pelos anos seguintes, sendo apresentados nas jornadas de Iniciação Científica, Artística e Cultural da UFRJ de 2014 e 2015, além do 48º Congresso Brasileiro de Geologia.

O presente trabalho surgiu da evolução desses estudos, de onde percebeu-se a necessidade de um maior entendimento de certas feições marcantes e muito presentes na bacia, como por exemplo, as feições cársticas existentes, que culminou no trabalho de conclusão de curso de Moura (2017) e os aspectos relacionados à tectônica e a sedimentação desses depósitos carbonático-siliciclásticos que incentivaram o atual estudo.

4 LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA ÁREA ESTUDADA

A área de estudo encontra-se no Parque Paleontológico de São José de Itaboraí, localizado no bairro de São José, no distrito de Cabuçu do município de Itaboraí, Estado do Rio de Janeiro. Para visitar o Parque, é necessário entrar em contato com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo de Itaboraí para solicitar uma autorização para visita. Foi necessário apresentar ao responsável pelo agendamento o resumo e objetivos da pesquisa, data de visita e a quantidade de participantes no trabalho de campo.

Partindo do Centro de Ciências Matemáticas e da Terra, localizado na Cidade Universitária do Rio de Janeiro até a entrada do Parque, o acesso se dá pela via expressa Presidente João Goulart até a BR-101. No km 288 dessa rodovia, no bairro de Caluge, município de Itaboraí, é necessário pegar a saída para acessar a Estrada Ademar Ferreira Torres, seguir para a Estrada Benevenuto Rodrigues da Silveira por aproximadamente 7km até chegar à Estrada de São José no bairro São José, onde em 350m o destino encontrar-se-á à esquerda (*Google Maps* 2019).

Durante o horário considerado de menor fluxo de carros entre as cidades, a viagem pode ser feita em no máximo 1 hora e 30 minutos, sendo necessário pagar pedágios na Ponte Rio-Niterói (na ida) e na Estrada conhecida como Niterói-Manilha (na volta). Ao acessar as estradas em Caluge até Cabuçu, as condições das vias são precárias, com o asfalto muitas vezes ausente ou danificado. Placas indicativas já podem ser vistas nas proximidades do Parque.

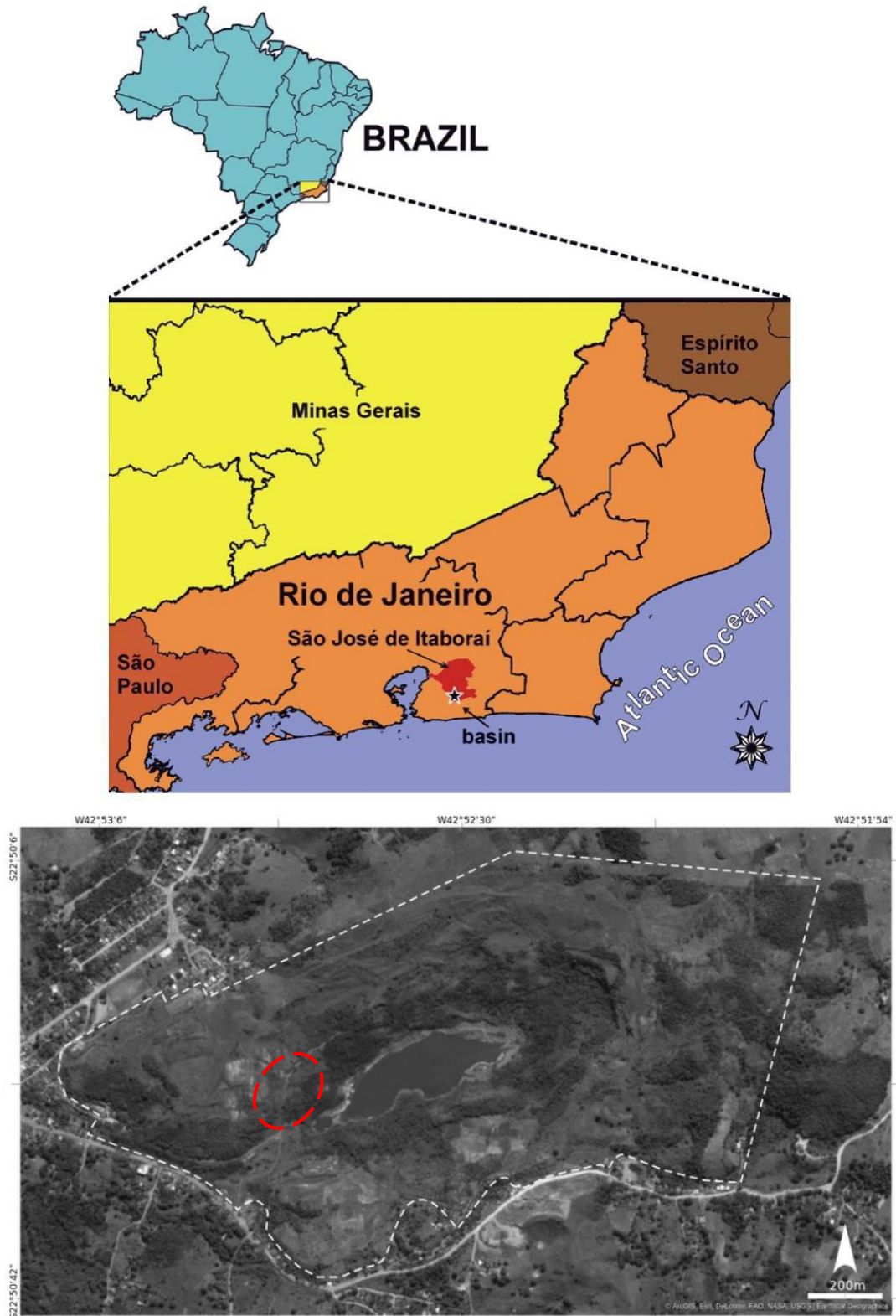


Figura 1: Mapa de localização da Bacia de São José de Itaboraí, destacando em vermelho a área dos afloramentos estudados, modificado de Valente et al. (2017)

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Com a finalidade de produzir conteúdo mais aprofundado para este estudo, realizaram-se etapas pré-campo - como revisão bibliográfica, também utilizada durante todo o processo de estudo. Para a coleta de informações mais vinculadas com o objetivo do atual estudo, foram realizadas mais três saídas de campo e essas informações foram posteriormente trabalhadas em etapas de escritório.

5.1 Campo

Durante a etapa de campo, foram analisados sete afloramentos na borda oeste da bacia e elaborados seis perfis faciográficos. Para cada afloramento, foram utilizados instrumentos como GPS para anotação das respectivas coordenadas, papel milimetrado para confecção de perfis faciográficos, celular ou câmera para registro fotográfico e caderneta para anotação das descrições de fácies. Além disso, também utilizou-se bússola para orientar os afloramentos e para medir a atitude de falhas, bem como martelo, trena, lupa e cartela granulométrica.

Cada ponto foi nomeado com a letra 'M' seguido do número do ponto, totalizando sete pontos. Para cada afloramento foram elaborados perfis e descrições faciográficos. Os perfis faciográficos estão em escala um para vinte centímetros (1:20). Cada perfil foi nomeado de acordo com seu ponto, seguido de uma letra, quando foram elaborados mais de um perfil por ponto. Para a confecção das seções foi necessária a utilização de fotomosaico dos afloramentos e papel *overlay* para a ilustração esquemática. Foram elaboradas seções arquiteturas para melhor entendimento das sucessões faciográficas, interpretação das feições dos estratos e do significado da sobreposição das rochas.

A construção dos perfis de acordo com Selley (1968) baseou-se na identificação de litofácies através da identificação da litologia, pela descrição da granulometria, seleção e

coloração, o reconhecimento de estruturas sedimentares e das feições pedogenéticas (Selley, 1970; Miall, 1996; Borghi, 2000, Walker, 2006). Essas fácies foram relacionadas às fácies identificadas descritas anteriormente por Adler (2016) e Pereira & Bergamaschi (2017), apresentado mais adiante no item 8.0.

Os trabalhos de Adler (2016) e Pereira & Bergamaschi (2017) ressaltaram os processos de calcretização para a classificação das fácies. Já o enfoque deste trabalho foi, preferencialmente, analisar os processos de sedimentação que ocorreram ao longo da história paleocênica da Bacia de Itaboraí, com o objetivo de estabelecer a dinâmica deposicional à época. Em vista disso, as descrições faciológicas seguem uma metodologia de análise focada nas estruturas e texturas sedimentares primárias que antecederam a intensa cimentação carbonática.

5.2 Escritório

Durante todo o processo de estudo em escritório, foi feita revisão bibliográfica para levantamento de dados e informações já coletados por outros autores em artigos, livros e mapas geológicos, buscando o entendimento do cenário geológico regional, da geologia da bacia e de todo contexto histórico envolvido com as práticas de exploração e de interesse nos estudos da bacia. A revisão bibliográfica também foi utilizada como material para dar suporte às teorias abordadas no trabalho, como por exemplo os conceitos de calcretização, carstificação e litofácies. Informações coletadas a partir da análise de lâminas petrográficas foram coletadas, mas as mesmas foram perdidas no incêndio do Museu Nacional de 2018. As anotações acerca das observações estavam registradas e foram utilizadas na interpretação sedimentar de depósitos.

Os perfis faciológicos e seções estratigráficas foram manipulados em escritório com o *software* CorelDraw, onde basicamente foi feita a digitalização dos mesmos. As confecções

feitas em campo foram escaneadas, importadas para o programa e manipuladas, principalmente, com a ferramenta ‘b-spliner’ para contornar as formas e desenhar os limites e símbolos dos perfis. A escolha das cores foi baseada nas ocorrências naturais das litologias, seguindo o modelo de cores da Sociedade Americana de Geologia, conhecida como *Rock Color Chart with genuine Munsell®* e utilizada a paletas de cores *Pantone*, disponibilizada pelo *software*.

6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta sessão, estão sintetizados trabalhos sobre a geologia da bacia, com enfoque na tectônica e sedimentação, bem como o contexto em que essa se encontra inserida, dentro dos objetivos propostos por esta monografia.

Primeiro serão abordados os conceitos utilizados durante a pesquisa que serviram de base para a elaboração das teorias e conclusões do trabalho. Em seguida, voltando as atenções para a evolução dos conhecimentos da bacia, será comentado nesta sessão o histórico de estudos da área e como a bacia se transformou em uma importante área fonte de calcário para o desenvolvimento urbano da cidade do Rio de Janeiro e o registro relevante para a história científica do Brasil.

Ademais, o capítulo comentará a geologia da bacia e todo o contexto regional no qual ela se insere, discutindo os principais processos de tectonismo, magmatismo e sedimentação que ocorreram na bacia à época de sua evolução.

6.1 Conceitos e Fundamentação Teórica

Nesta sessão, serão abordados os principais temas que dão suporte ao presente estudo, suas discussões e conclusões. Cada conceito é apresentado de acordo com a visão de artigos científicos distintos.

6.1.1 Litofácies

Depósitos sedimentares registram um histórico geológico através de suas associações entre si, bem como de suas feições estruturais, texturais, composicionais e fossilíferas. Interpretar e investigar essas características com o objetivo de desvendar os processos e condições envolvidos na deposição de sedimentos é o propósito da análise litofaciológicas (Miall, 1999).

A definição de litofácies pode ser entendida por um termo geral que indica as feições da rocha, caracterizando um tipo ou grupo de rochas em estudo (Winge et al., 2001). Essas litofácies, individualmente, possuem atributos litológicos como composição, granulometria, geometria, e estruturas sedimentares. Quando agrupadas em associações faciológicas, passam a representar uma história geológica, registrando características particulares de um determinado ambiente deposicional (Miall, 1999).

De acordo com Miall (1999), o termo fácies é utilizado quando rochas formadas em condições similares, num mesmo ambiente deposicional sob a influência de processos deposicionais específicos possuem um significado interpretativo. Esse significado engloba características litológicas, ambiente deposicional e configuração tectônica.

A análise litofaciológica é a metodologia de generalizar, categorizar e simplificar o que é visto em campo, sendo o principal fundamento para a presente pesquisa.

6.1.2 Calcretização

De acordo com Wright & Tucker (1991), “calcrete é uma acumulação terrestre superficial predominantemente de carbonato de cálcio que ocorre em uma variedade de formas, de pulverulenta a nodular e muito endurecida”. Ocorrem a partir da alteração de solos por cimentação e/ou inserção de carbonato de cálcio em superfícies expostas, as quais podem ser sedimentos, solos e até mesmo rochas em regiões com abundante disponibilidade de água saturada em cálcio, seja em regiões de lençol freático ou nas proximidades em regiões vadasas (Fig. 2). Segundo Alonso-Zarza & Tanner (2010), são feições continentais de grande importância, pois registram um histórico de informações importantes para a interpretação dos paleoambientes e ecossistemas, assim como clima, tectônica e sedimentação. Por isso, o registro de calcretes da bacia de São José de Itaboraí é de extrema utilidade para o objetivo final desta monografia.

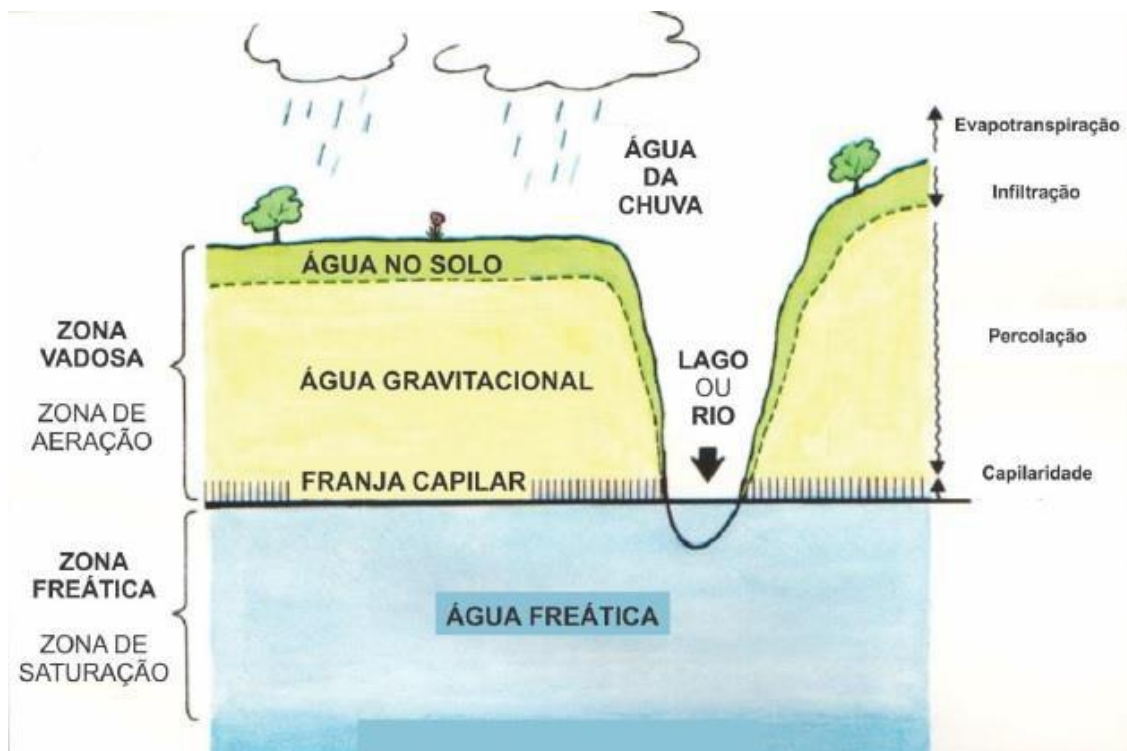


Figura 2: Zonas Hidrológicas de Calcretes modificada de Esteban & Klappa 1983 (Adler, 2016)

Essas feições não apenas se restringem a estruturas pedogenéticas, mas também estão propícias a apresentarem-se em zonas de formação de solo, em franjas capilares e até mesmo submersas em lençol freático (Wright & Tucker, 1991). Morfologicamente, são caracterizadas por estrutura cristalina diferenciando-se na cimentação (Wright & Tucker, 1991).

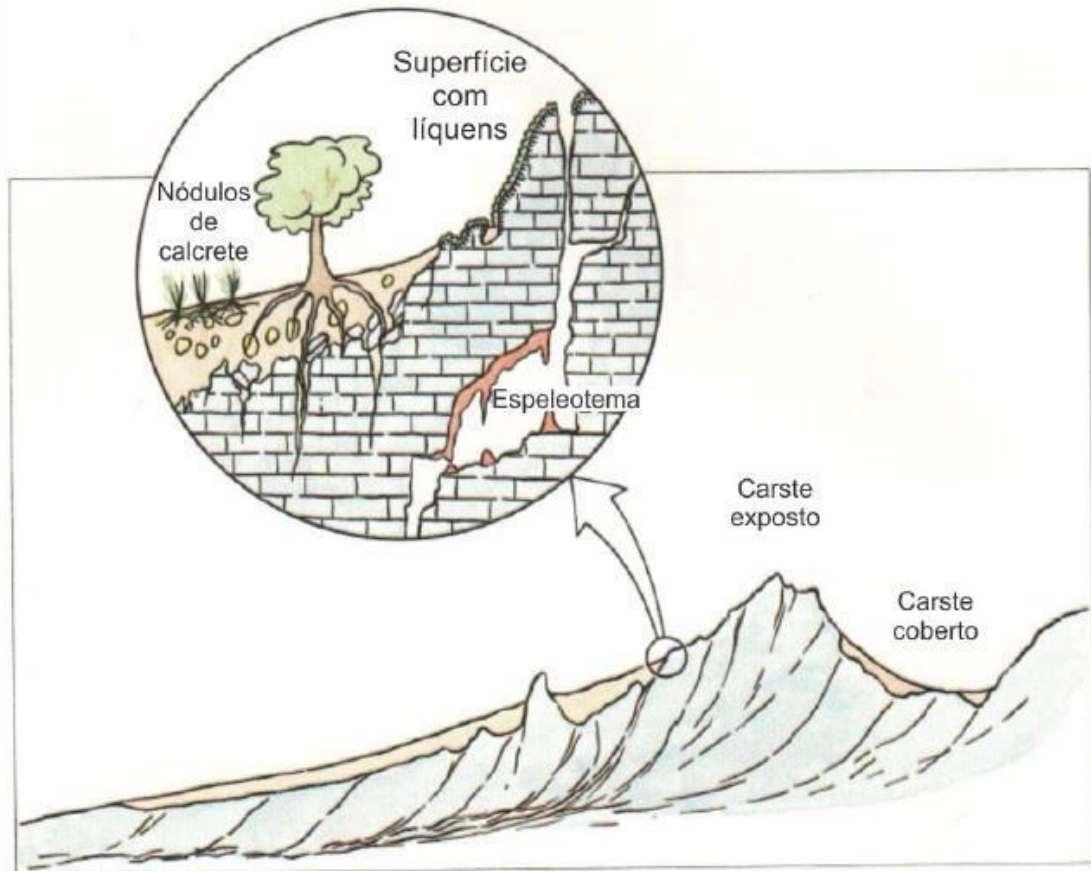
Calcretes são feições importantes que indicam erosão e, conseqüentemente, a exposição subaérea de estratos (Wright & Tucker 1991). Este é o principal conceito relevante para o presente trabalho, que auxilia a interpretação tectônica da bacia de São José de Itaboraí, onde momentos de exposição e calcretização indicam momentos de quiescência tectônica da bacia. Feições cársticas como superfícies de dissolução são aspectos marcantes na bacia de Itaboraí, sendo comum essas fácies ocorrerem associadas aos calcretes (Fig. 3), pois o processo de carstificação envolve dissolução e retirada de CaCO_3 , enquanto que a formação de calcretes ocorre por reprecipitação e adição de carbonato de cálcio (Esteban & Klappa 1983 *apud* Adler, 2016).

Existem diferentes abordagens para a classificação quanto a gênese de calcretes descritas por diferentes autores. Wright & Tucker (1991) citam que alguns sedimentólogos caracterizam calcretes de acordo com conceituações pedológicas, enquanto que cientistas de rochas carbonáticas atribuem-nas à feições carbonáticas.

Esses mesmos autores retratam diversas abordagens de diferentes estudos para classificar calcretes, as quais serão utilizadas na metodologia do presente trabalho. Netterberg (1967) classifica a morfologia das calcretes a partir de uma seção vertical do substrato, caracterizando cada horizonte como é mostrado na Tabela 1, onde é observado nas bacias os tipos Solo Calcificado e Calcrete Nodular.

Carlisle (1980, 1983 *apud* Wright & Tucker, 1991) classificou as calcretes de acordo com as características hidrológicas do ambiente no qual elas são formadas. Segundo este autor, é importante distinguir calcretes pedogenéticas, aquelas formadas em solos de zonas vadasas, de

calcretes precipitadas em zonas de franja capilar (visto em Alonso-Zarza & Tanner, 2010).



Wright & Tucker (1991) observaram que muitos autores defendem a formação de calcretes próxima à superfície. Estes também expõem percepções desses outros autores, como por exemplo o que afirma Arakel & McConchie (1982): calcretes de grande espessura estão relacionadas à ambientes áridos, pois as precipitações ocorrem em franjas capilares ou logo abaixo. Eles ainda podem ser influenciados ou não por plantas freatófitas (Semeniuk & Meagher 1981 *apud* Wright & Tucker, 1991).

Tabela 1: Classificação morfológica de Calcretes modificado de Netterberg (1967 apud Wright

Nomenclatura	Características
Solo Calcário	Solo muito pobremente cimentado ou não cimentado com pequena acumulação de carbonato como revestimento de grãos e carbonato fragmentado e pulverulento, incluindo calcita <i>needle-fibre</i> , carbonato de preenchimento de fraturas e pequeno nódulos.
Solo Calcificado	Solo firmemente calcificado, pouco friável e com poucos nódulos. 10 – 50% de carbonato.
Calcrete Pulverulento	Pó de carbonato de cálcio fino e geralmente solto como um corpo contínuo com pouco ou nenhum desenvolvimento de nódulos.
Calcrete Pedotúbulo	Incrustações de carbonato secundário ao redor de raízes e preenchendo raiz e outros tubos (túbulos).
Calcrete Nodular	Concreções discretas, macias a muito endurecidas, de carbonato cimentado e/ou solo substituído. Concentrações devem ocorrer como revestimentos que formam pisóides.
Calcrete Favo de Mel	Nódulos parcialmente coalescentes com áreas intersticiais com menos material endurecido.
Calcrete <i>Hardpan</i>	Horizonte endurecido em forma de folha. Tipicamente com uma estrutura interna complexa, com superfície superior abrupta e inferior gradual
Calcrete Laminar	Lâminas endurecidas de carbonato, tipicamente onduladas. Usualmente, mas não sempre, sobre <i>hardpans</i> ou como rocha
Calcrete Seixosa	<i>Hardpans</i> danificados devido a fraturamento, dissolução e rizobrechação. Nem sempre em granulometria tamanho matacão (Os clastos são arredondados devido à dissolução).

& Tucker, 1991)

6.1.3 Carstificação

A interpretação de ambientes carstificados expressa condições paleoclimáticas, assim como a paleovegetação, hidrologia, impacto antropológico, evolução da paisagem, vulcanismo e até mesmo a evolução tectônica de um determinado ambiente (Frisia & Borsato, 2010).

As autoras afirmam que a ocorrência de carstes é diretamente relacionada a afloramentos de calcários e dolomitos, associados à água corrente, responsável pelo intemperismo químico. Esse fenômeno de dissolução de rochas solúveis produz feições únicas em superfície e subsuperfície, esta geralmente dominada por drenagens.

A dissolução das rochas desempenha papel importante no ciclo do carbono (Frisia & Borsato, 2010). A água da chuva saturada em dióxido de carbono atmosférico, em contato com rochas calcárias, dissolvem os materiais carbonáticos. Em sua maioria, as rochas são densas, de estrutura maciça e composição pura, com intenso faturamento, como por exemplo, o afloramento de travertinos (Ford & Williams 2007). O processo é ainda mais intenso quando essa água interage com bactérias e raízes e as taxas de dióxido de carbono nos fluidos são acentuadas (Press *et al.*, 2006).

De acordo com Press *et al.* (2006), essa dissolução de minerais carbonáticos gera feições subsuperficiais, podendo ocorrer em diversas dimensões, se estendendo desde cavidades, canais e cavernas à dolinas e cânions.

Todas essas formas compõe o relevo cárstico (Fig 4), juntamente à ausência de rios superficiais, pois o fluxo de água se dá todo em subsuperfície (Press *et al.*, 2006). Esse tipo de morfologia geralmente é associado à ambientes de clima úmido com intensas chuvas, gradiente hidráulico significativo e densa vegetação, a qual favorece a oferta de dióxido de carbono. Além disso, o grau de faturamento dos calcários também é feição relevante em relevos cársticos (Press *et al.*, 2006).

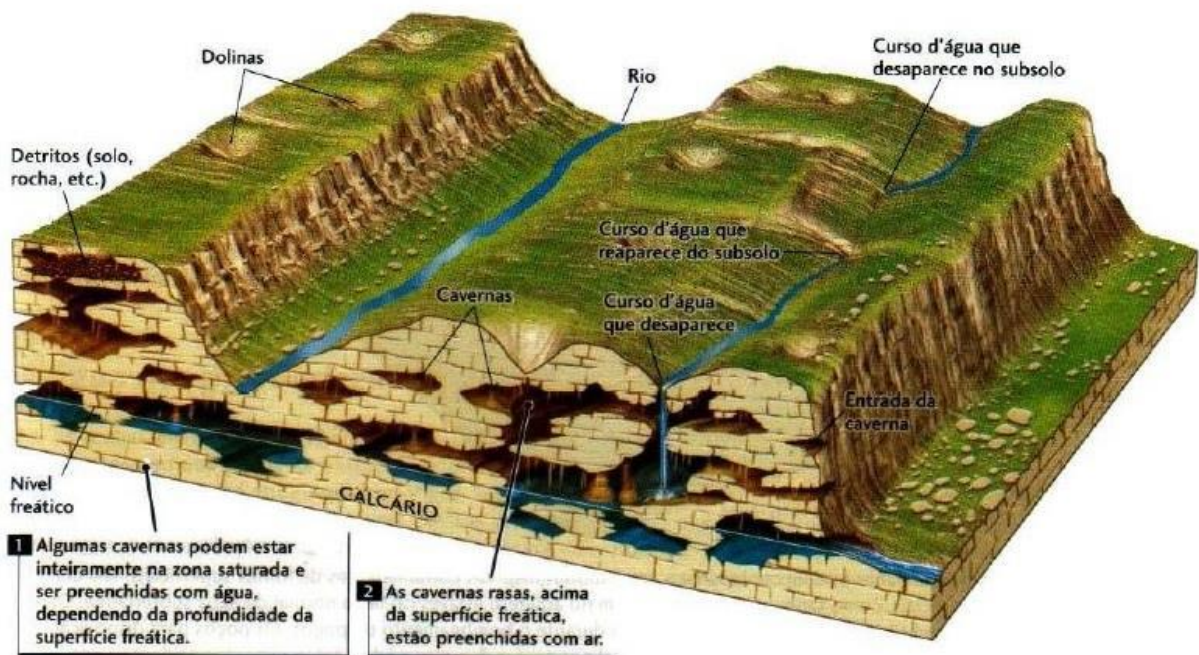


Figura 3: Feições de relevo cárstico (Press et al., 2006)

O sistema de carste sofre com mudanças regionais, podendo ocorrer subsidência e ser sobreposto por sedimentos mais novos (Ford & Williams, 2007). Ainda assim, é possível observar superfícies de carstificação em afloramentos, que representam uma descontinuidade entre as camadas. Esses carstes enterrados são denominados por Ford & Williams (2007) como *paleokarsts*.

6.2 Geologia da Bacia

A bacia de São José de Itaboraí é caracterizada como um hemi-gráben com 500 m de largura e 1.500 m de extensão, com cerca de 1 km², orientada preferencialmente NE-SW. O embasamento da bacia é composto, basicamente, por gnaisses, mármore, anfibólitos e intrusões de rochas básicas, decorrente de magmatismo alcalino nas fases de tectonismo ativo (Rodrigues Francisco, 1989).

Segundo Riccomini *et al.* (2004), o preenchimento sedimentar é composto por calcário travertino, calcários pisolítico e oolítico, calcário maciço argiloso, que possuem feições de carstificação e forte calcretização. De acordo com Brito (1989), há uma falha principal localizada ao sul da bacia e outra de caráter reverso na borda oposta. Essas falhas são responsáveis pela tectônica da bacia e por serem meios de passagem de fluidos enriquecidos em carbonatos, principal fonte de precipitação dos calcários.

6.2.1 Histórico da Exploração da Bacia e dos Estudos Paleontológicos

Apesar de sua pequena área, a bacia possui extrema importância por conter os registros sedimentares mais antigos datados do Paleoceno-Eoceno e pelo abundante conteúdo fóssilífero, especialmente de mamíferos primitivos. As ocorrências de calcário da bacia foram descobertas em 1928 por Carlos Euler, interessado em amostras de caolim presentes na fazenda de São José (Bergqvist *et al.*, 2005). Por conseguinte, os calcários de Itaboraí tornaram-se notavelmente importantes para a economia, a partir da década de 1930, quando foram explorados para fabricação de cimento tipo Portland pela Companhia Nacional de Cimento Portland Mauá (CNCPM) (Fig. 5 e 7), fundada em 1933 e instalada no município vizinho de São Gonçalo, que

então possuía melhores condições de infra-estrutura do que Itaboraí (Coutinho, 2005). Os calcários da bacia de Itaboraí foram utilizados em importantes construções da cidade do Rio de Janeiro como o estádio Mario Filho (Maracanã) e a ponte Rio-Niterói.



Figura 4: Primeiro saco de cimento produzido pela CNCMP (Jürgens 2007)

Durante as atividades na pedreira calcária, importantes descobertas científicas foram realizadas como a riqueza fossilífera da bacia, que registra a fauna e flora brasileira do início do Paleógeno, posterior à extinção dos dinossauros (Instituto Virtual de Paleontologia do Estado do Rio de Janeiro, 2015).

Em 1984, a mineração de calcário na bacia foi encerrada e a cava foi rapidamente inundada pelas águas das chuvas e do lençol freático, interrompendo por alguns anos os estudos sobre a bacia (Fig. 6). Porém, o lago passou a ser fonte de abastecimento de água para a comunidade local, ocasionando reaparecimento de afloramentos. Em 1995, a área se tornou o Parque Paleontológico de São José de Itaboraí e, nos últimos anos, restos de animais da megafauna pleistocênica têm sido descobertos (Bergqvist, 2008). Apesar da escassez de afloramentos em relação aos tempos da exploração do calcário, há diversas pesquisas sendo

desenvolvidas com intuito de entender a gênese, evolução e feições geológicas da bacia de Itaboraí.



Figura 5: Comparação das paisagens da bacia de Itaboraí. A) Parque Paleontológico de Itaboraí nos dias atuais, destacando-se a cava inundada utilizada para abastecimento d'água local. (Moura 2017) / B) Vista geral da Bacia na década de 1970 (imagem de Fausto L. Souza Cunha, Museu Nacional/UFRJ), retirada de Bergqvist (2006). A seta indica o Morro da Dinamite para efeito de referência.



Figura 6: Vista da encosta sul da bacia nos anos 1910, durante o período da exploração do calcário (acervo do Departamento de Geologia e Paleontologia, Museu Nacional/UFRJ)

A presença de fósseis de vertebrados e gastrópodes na bacia de Itaboraí é muito marcante nas litologias. A importância paleontológica da bacia deve-se à presença dos únicos registros de fósseis dos primeiros grupos de mamíferos (Metatheria e Eutheria) existentes após a grande extinção de dinossauros no Brasil (Bergqvist *et al.* 2009). A bacia também registra um diferencial de variedade e boa preservação dos fósseis.

Devido à isso, o período que se estende desde 56 a 52 Ma correspondente à Idades Mamíferos-Terrestres Sul-Americanas (SALMA), foi denominado 'Itaboraiense' por Marshall (1985) em homenagem a bacia, como mostra a Figura 8 e sua abundante variedade de fósseis preservados, que podiam ser encontrados nas coleções do Museu de Ciências da Terra Museu Nacional/UFRJ antes do trágico incêndio de 2018; do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ-DG) e na Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (Bergqvist 2009).

Bergqvist (2009) afirma que fósseis de mamíferos recuperados indicam que esse grupo é o mais abundante na bacia. A autora ainda diz que, destes, os mamíferos da família Marsupialia são os mais frequentes, seguidos da presença de gastrópodes, que constituem o segundo maior percentual de famílias. Em ordem decrescente de constituintes presentes no contexto da bacia, segunda a mesma autora, ocorrem répteis, aves e anfíbios.

A maioria dos exemplares de fósseis de vertebrados provem dos depósitos sedimentares detríticos de textura margosa e coloração amarelada/acinzentada (Paula Couto, 1958), cuja principal litologia será aqui denominada de vaque. Essas rochas sedimentares geradas a partir de fluxo de detritos que, em seu trajeto para a bacia, englobaram restos de animais, preenchiam cavidades de dissolução no calcário, onde havia atividade de água corrente e fendas que contribuíram para o intemperismo químico dos calcários, como defende o autor.

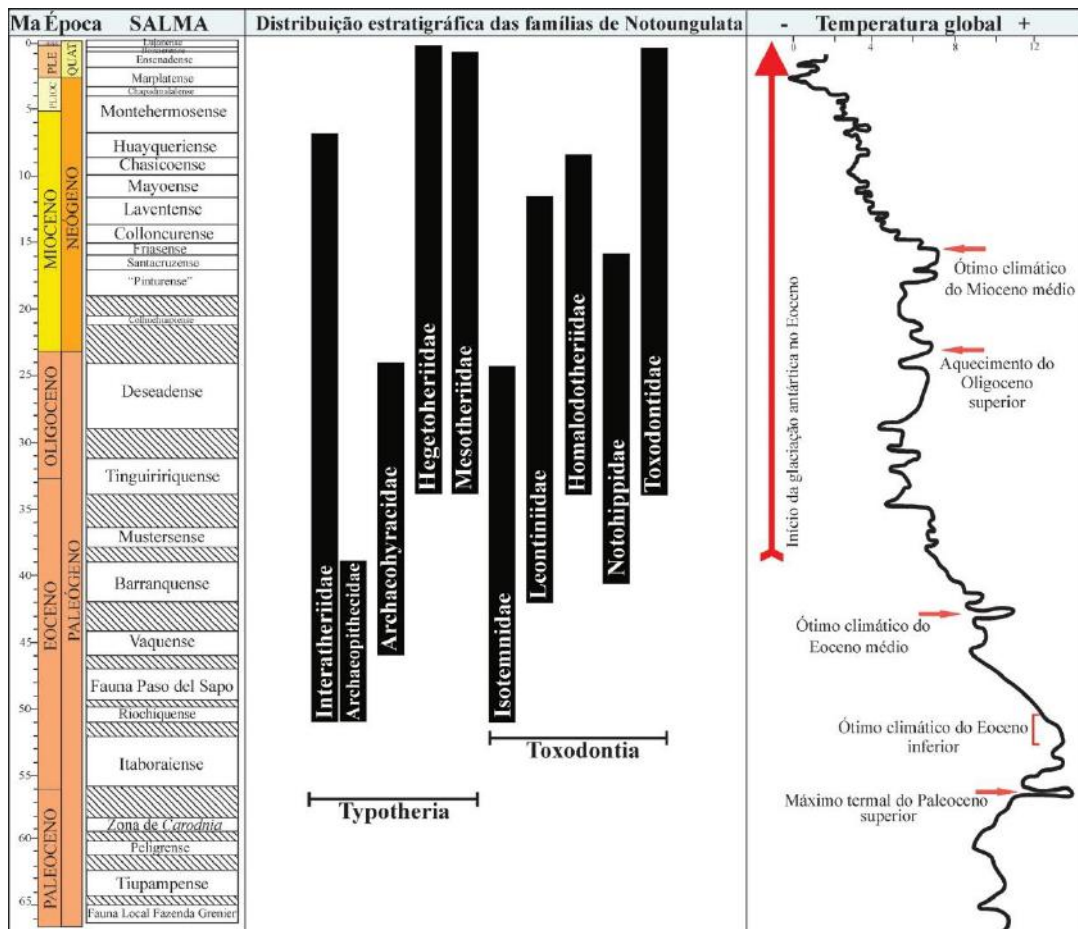


Figura 7: Cronologia das Idades de Mamíferos Terrestres Sul-Americanos (SALMA) e distribuição estratigráfica das famílias Notoungulata da América do Sul, América Central e América do Norte, desde o Paleoceno até o Pleistoceno superior e curva de temperatura global e principais eventos climáticos do Cenozoico (Tejedor et al., 2009; Gelfo et al., 2009; Bond & Deschamps, 2010; Bond & Gelfo, 2010; Kramarz et al., 2010; Oliveira & Goin, 2011; Dunn et al., 2013; Woodburne et al., 2014 e Zachos et al., 2008 apud Braunn & Ribeiro, 2017)

6.2.2 Geologia Regional da Área de Estudo

I – Embasamento

A bacia foi gerada sobre um embasamento composto por rochas ígneo-metamórficas; em sua maioria gnaisses, migmatitos, granitos e pegmatitos com a ocorrência de mármore e rochas calcissilicáticas intercaladas, de acordo com Francisco (1989). Especificamente, a bacia está

inserida no embasamento cristalino que compõem o Complexo Paraíba do Sul (Klein & Bergqvist 2002) e datam, principalmente, do Neoproterozoico (Hasui 2012).

Essas litologias identificadas na área marcam as três principais colagens continentais proterozoicas que acarretaram a formação dos seguintes supercontinentes: Atlântica, no Paleoproterozoico, Rodínia entre o Meso e o Neoproterozoico e Gondwana Ocidental, já no Neoproterozoico (Almeida, 1998).

A fonte de águas carbonatadas que teriam fluído através da falha de direção ENE-WSW (De Freitas, 1951) e permitiram a precipitação de calcários na bacia foram, segundo diversos autores (e.g. Beurlen & Sommer, 1954; Rodrigues-Francisco & Cunha, 1978; Ferreira & Coelho *apud* Brito, 1989), as lentes de mármore Pré-Cambrianos do embasamento subjacente. O mapeamento dessas falhas pode ser visto no mapa estrutural abaixo (Fig.9), proposto por Ferrari (2001).

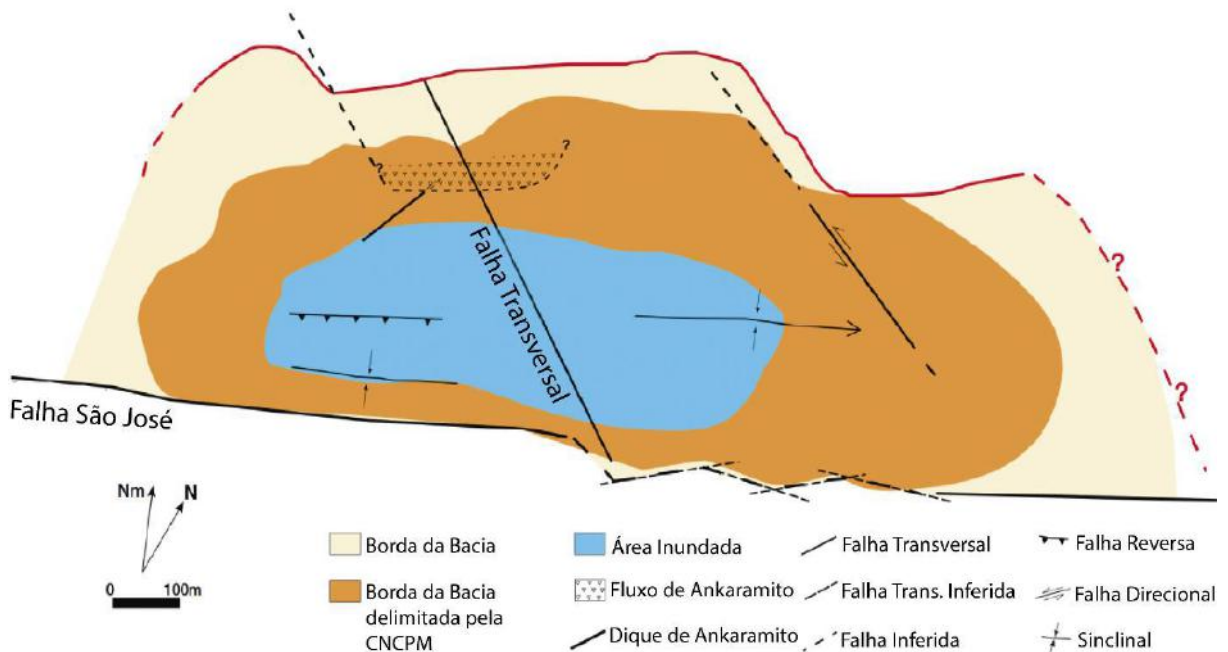


Figura 8: Mapa estrutural da Bacia de Itaboraí. (Ferrai, 2001).

A Província Mantiqueira foi dividida por Almeida & Hasui (1984) em cinturões orogênicos, onde a Faixa Araçuaí seria o compartimento setentrional, a Faixa Ribeira central e Tijuca, meridional (Hasui *et al.*, 2012). Particularizando o contexto geológico para a faixa Ribeira, a Bacia de Itaboraí está inserida no terreno tectono-estratigráfico Oriental desta faixa, que é delimitado por falhas de empurrão e zonas de cisalhamento oblíquas transpressivas, aglomeradas em torno de 580Ma. A amalgamação tectônica dos terrenos desse cinturão orogênico é definida por escamas crustais imbricadas para oeste, em direção à margem do Cráton São Francisco (Heilbron *et al.*, 2004).

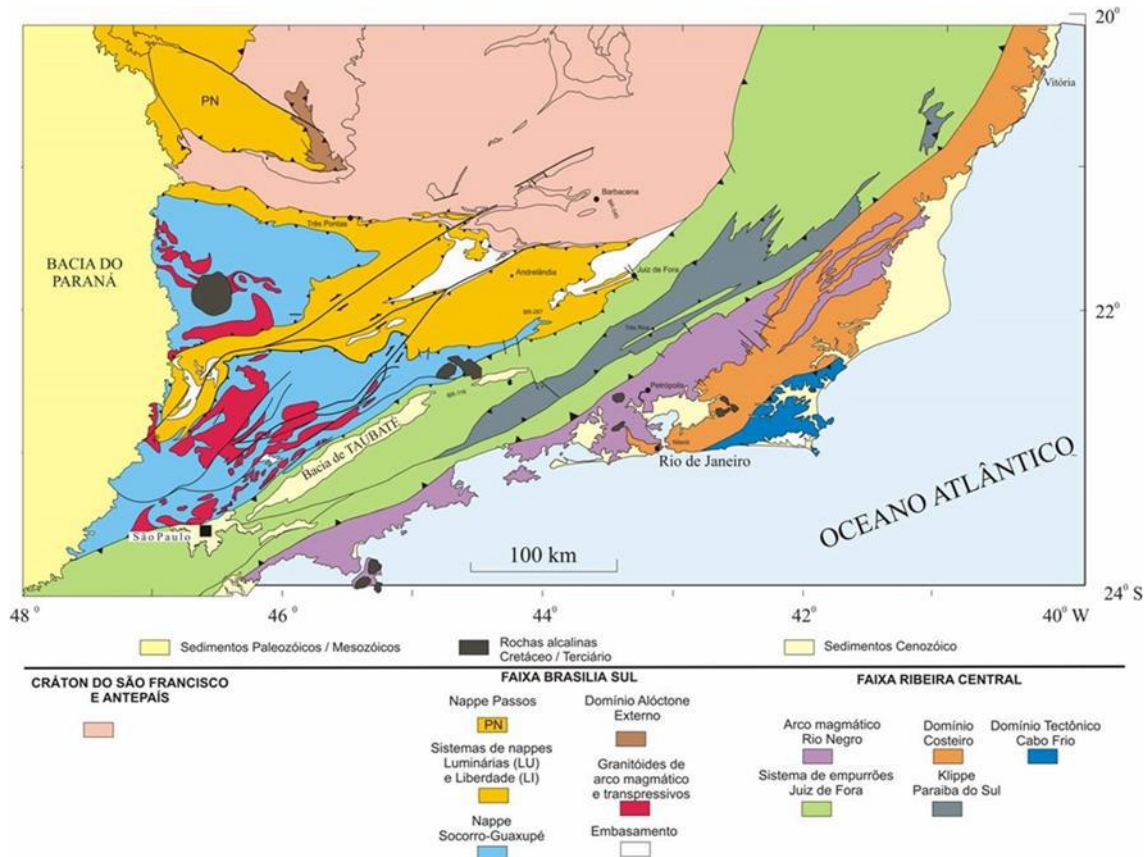


Figura 9: Mapa tectônico regional (Trouw et al., 2000 apud Bittencourt, 2010)

No Ciclo Transamazônico que ocorreu no Paleoproterozóico, processos distensivos e também convergentes deram origem à rochas granitóides e vulcanossedimentares supracrustais (Hasui *et al.*, 2012), metamorfizados à médio e alto graus no evento Riaciano-Orosiriano entre 2,1Ga e 1,9Ga. Essas massas rochosas, provavelmente, formaram parte do paleocontinente Atlântica, que posteriormente aglutinou-se à outras massas, formando o Supercontinente Colúmbia em 1,8Ga. Essas unidades foram então retrabalhadas no próximo evento Brasileiro (Hasui *et al.*, 2012).

Nesse contexto, as litologias estiveram em condições intraplacas e sofreram esforços distensivos e intrusões de granitoides, evoluindo para rifteamento e desenvolvendo assoalho oceânico, acomodando pacotes sedimentares e vulcanossedimentares em 1,6 a 1,45Ma (Hasui *et al.*, 2012). No Ciclo de Wilson que se sucedeu no Brasileiro, é iniciado com a fragmentação de Rodínia e a formação do megacontinente Gondwana.

Zalan & Oliveira (2005) defendem que o soerguimento da placa Sulamericana na região do litoral brasileiro é registrada nas bacias costeiras com a presença de sedimentos transportados por influxos anômalos, oriundos de áreas fontes adjacentes, possivelmente caracterizadas por um megaplanalto amplos e coeso que se formou durante a epirogenia, como caracteriza o autor que o denomina de Serra do Mar Cretácea (SMC).

Durante o Mesoeoceno, o fim do cavalgamento da Placa do Caribe com a Placa Norte Americana interrompeu a Orogenia Cubana, iniciando a Orogenia Caribenha ao longo da margem transformante dextrógira oblíqua convergente da Venezuela e Trinidad e Tobago (Zalán & Oliveira, 2005). Esse evento que ocasionou toda uma mudança na cinemática da Placa Sulamericana pode estar diretamente relacionado à causa da instabilidade gravitacional da SMC.

O falhamento se deu por uma leve distensão oblíqua sinistrógira, gerando faixas lineares escalonadas de direção NE-SW. Reaproveitando zonas de cisalhamento dúcteis subverticais do Ciclo Brasileiro, formaram-se grábens alongados, assimétricos, inclinados levemente para NW e gerou horsts que intensificaram o transporte em drenagens de sedimentos clásticos que então se depositaram nas bacias formadas (Zalán & Oliveira, 2005).

A atual paisagem da Serra do Mar caracterizada por padrão retilíneo e desníveis abruptos, configura a ocorrência de falhas normais a transtencionais do Cenozóico, onde ocorrem próximos a acidentes geográficos. Esses falhamentos causaram o abatimento do embasamento (Zalán & Oliveira, 2005).

II - O *Rift* Continental do Sudeste do Brasil

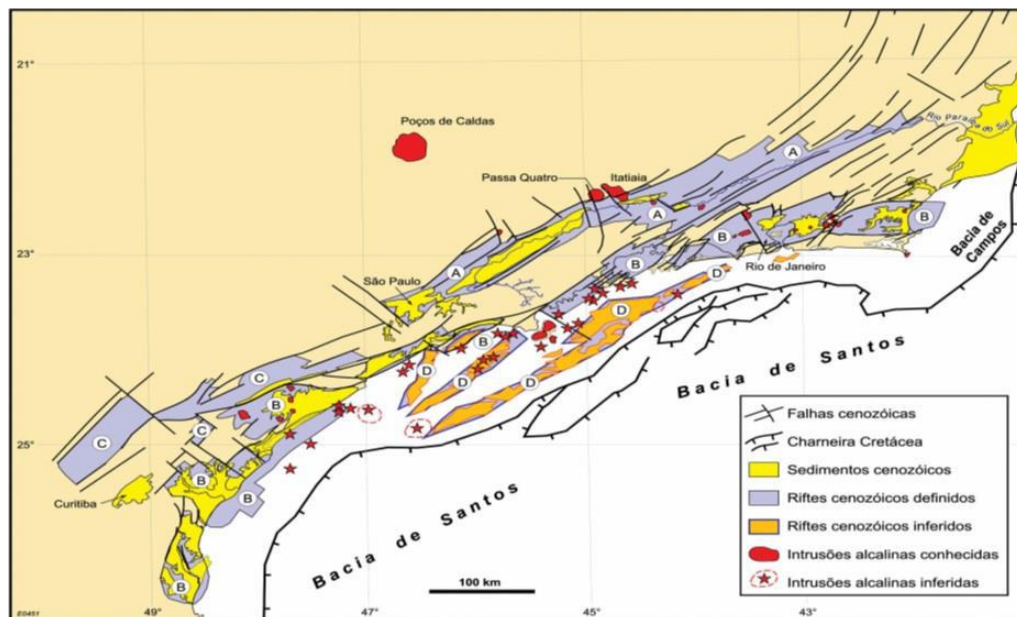


Figura 10: Mapa de distribuição dos quatro riftes do SRCSB: (A) Paraíba do Sul, (B) Litorâneo, (C) Ribeira, e (D) Marítimo; de suas falhas limitantes, preenchimentos sedimentares, intrusões/lavas alcalinas, charneira cretácea das bacias de Santos/Campos e o Rio Paraíba do Sul (Zálan & Oliveira, 2005)

A partir do Jurássico Superior, forças distensivas impulsionaram a ruptura do megacontinente Gondwana. Este evento foi responsável pela formação do continente Sul Americano e Africano em suas formas atuais e pela geração de diversas bacias sedimentares nas margens dos dois continentes, além da abertura do oceano Atlântico. Com a evolução da margem continental brasileira, uma depressão alongada em torno de 1.000 km formou-se ao longo da costa brasileira entre Curitiba/PR à WSW, e Barra de São João/RJ à ESE, na qual se desenvolveu a Bacia de São José de Itaboraí e outras como as bacias de Macacu e Volta Redonda (Riccomini, 1989). Esta extensa feição foi denominada por Riccomini (1989) como *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), incluindo a bacia de Itaboraí em sua porção oriental. Zálan & Oliveira (2005) propuseram um mapa de distribuição das principais feições desse evento tectônico e o denominaram de Sistema de *Rifts* Continentais do Sudeste do Brasil (Fig. 11).

A denominação de *rift*, neste caso, se apresenta em seu sentido geomórfico, como defende Riccomini (1989) ao citar Gregory (1984):

“Arqueamento onde a zona central abateu-se, formando um daqueles vales de subsidência com paredes paralelas, alongadas e íngremes, as quais o professor Suess vem chamando de ‘gráben’. O famoso Vale do Yosemite pode ser tomado como um tipo bem conhecido desses “riftvalleys”, como eles podem ser convenientemente chamados.”

Tendo em vista outras abordagens, essa ocorrência geológica é também conhecida como Sistema de Rifts da Serra do Mar (Almeida, 1976); Sistema de Bacias Tafrogênicas do Sudeste Brasileiro (Melo *et al.*, 1985) e Sistema de Riftes Cenozoicos do Sudeste do Brasil (Zalán & Oliveira, 2005).

A Bacia de Itaboraí está localizada no Terreno Ocidental do RCSB, como proposto por Riccomini *et al.* (2004) e, segundo estes autores, o terreno é constituído por gnaisses anfibolíticos a granulíticos intercalados com lentes subsuperficiais de mármore e rochas calcissilicáticas.

A bacia marca as fases iniciais da geração do RCSB, que representam os últimos estágios da separação América do Sul-África e abertura do oceano Atlântico, mais especificamente no início da Era Cenozoica (Riccomini *et al.*, 2004). Neste contexto, a formação do pequeno hemigráben continental de Itaboraí também está associada à reativação de zonas de cisalhamento antigas de *trend* ENE-WSW (Riccomini, 1989) como, por exemplo, a falha de São José de Itaboraí (Sant’Anna & Riccomini, 2001).

III - Tectonismo e Sedimentação

A tectônica da bacia foi controlada pela falha de São José, principal falha localizada ao Sul da bacia de rejeito normal, além de pequenas outras falhas reversas (Brito, 1989).

Klein & Francisco (1981) afirmam que em um primeiro momento, esforços $\delta 1$ (horizontais) geraram as falhas reversas e o deslocamento direcional gerando milonitização. Depois deste evento, em um segundo momento com $\delta 1$ perpendicular, houve o falhamento da falha São José (reversa), pequena falha reversa nos calcários e geração de falhas transversais de 2ª ordem, onde é possível observar brechas e gastrópodes deformados à N.

A tectônica formadora do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil vem sendo entendida como um regime transcorrente sinistral, com direção de compressão NE-SW e distensão NW-SE, os quais interagem com corpos alcalinos neocretáceos que afloram na região de São Paulo e no Gráben da Guanabara (Ferrari 2001).

O regime transcorrente sinistral é mais antigo que o processo de distensão de direção NNW-SSE, responsável pela formação da Bacia de Itaboraí. Essa idade, definida entre o Neocretáceo e o Paleoceno, foi datada a partir da investigação estrutural de diques, corpos alcalinos e rochas brechadas e silicificadas do embasamento da região do Gráben da Guanabara (Ferrari, 2001).

Já no contexto da Serra do Mar proposto por Almeida & Carneiro (1998), a gênese das rochas formadoras da serra estão relacionadas à processos de tafrogenia e orogenia, associados à magmatismo anorogênico e sedimentação intra-cratônica. Segundo o autor, a bacia de Itaboraí foi formada como consequência da quebra de uma superfície de aplainamento denominada Japi, que se formou durante o Paleozoico e era caracterizada por uma extensa altitude de cerca de 1.200 a 1.300 m. Devido à sua altura, a instabilidade da costa também era muito grande e em um determinado momento de ativação tectônica, a mesma veio a ceder.

Já Zalán & Oliveira (2005) defendem o soerguimento crustal da Placa Sulamericana, datado de 89 a 65 Ma, num contexto de ausência de qualquer tipo de tectonismo, o que justifica o aparecimento de intrusões alcalinas que datam de 82 a 52 Ma. Sendo assim, pode se concluir que esse primeiro momento da história regional é marcado por movimentos epirogenéticos.

O tectonismo regional estudado por Zalán & Oliveira (2005) é caracterizado pela SMC com um relevo, aproximadamente, 3.000 m acima do nível do mar. A SMC tornou-se instável gravitacionalmente, enquanto em contrapartida a subsidência das bacias litorâneas avançava. Os depósitos sedimentares da Bacia de Itaboraí marcam, justamente, esse *momentum* de colapso ocorrido no Paleoceno. No mesmo contexto, falhamentos deram origem ao hoje então conhecido Gráben da Guanabara (Zalan & Oliveira, 2005).

Com uma atividade mantélica intensa sob a Placa Sulamericana, causada por anomalia térmica do manto e intensos falhamentos profundos, possibilitou-se a ascensão de magma juvenil. Essa atividade é registrada na forma de lavas ankaramíticas nas bacias de Itaboraí e Volta Redonda, além de depósitos piroclásticos e lavas alcalinas no Gráben da Guanabara, mais especificamente nos maciços alcalinos de Itaúnas, Tinguá e do Mendanha, que provavelmente datam da mesma idade (Zalán & Oliveira, 2005).

O tectonismo causador da quebra da superfície está associado à falhamentos e flexuras, gerando a formação de grábens e hemi-grábens (como a bacia estudada) com direção preferencial seguindo marcas antigas pré-cambriana de direções ENE e de inclinação principal para NNW (Almeida & Carneiro, 1998).

Este fenômeno se deve à compensação isostática entre a bacia de Santos que se encontrava em constante subsidência e o soerguimento do continente. Em contrapartida, essa porção do continente sofria alívio de carga pela intensa erosão (Almeida & Carneiro, 1998).

IV - Estratigrafia da Bacia

Riccomini *et al.* (2004) definem a sedimentação carbonática da bacia como “cristalina bandada”, sendo esta a fácies mais presente na bacia, principalmente adjacente à Falha de São José. Segundo os autores, isso se deve à emersão de água subterrânea carbonatada que controlava a deposição, além de serem a principal fonte de preenchimento de veios e fraturas tectônicas.

As águas termais carbonatadas que deram origem à essas rochas cristalinas bandadas são consideradas por Sommer & Beurlen (1954) como provenientes das lentes subsuperficiais de rochas alcalinas. Bergqvist (2009) (Fig.12) propôs uma nova tabela litoestratigráficas da Formação Itaboraí, ilustrando a supersequência estratigráfica da bacia, composta por três sequências: inferior, intermediária e superior, como propõe Ignácio Machado Brito (1989).

A Sequência Inferior constitui os calcários fitados, que neste trabalho são chamados de travertinos, e são caracterizados pela coloração castanho-avermelhadas intercaladas com camadas brancas. Nesse intervalo, os travertinos são cortados por canais de dissolução preenchidos por sedimentos terrígenos argilosos e margas de coloração escura, ricas em minerais detríticos que, neste presente trabalho, foram identificados com quartzo, feldspato, e mica, em sua maioria, e um abundante conteúdoossilífero de vertebrados e invertebrados.

A Sequência Intermediária é constituída por calcários compactos com fósseis de gastrópodes continentais e abundância de sedimentos de minerais detríticos como quartzo e feldspato tamanho areia a seixo. Já a Sequência Superior caracteriza um ciclo de precipitação de carbonatos e episódios de enxurradas, registrados por finas camadas de Calcário Fitado intercalado com Calcário Argiloso com seixos angulosos de quartzo, feldspato e litoclastos de gnaise. O autor observou, para além dos limites da bacia, camadas aluviais cascalhosas com fósseis de vertebrados do Pleistoceno, que seriam a última etapa da sedimentação da bacia.

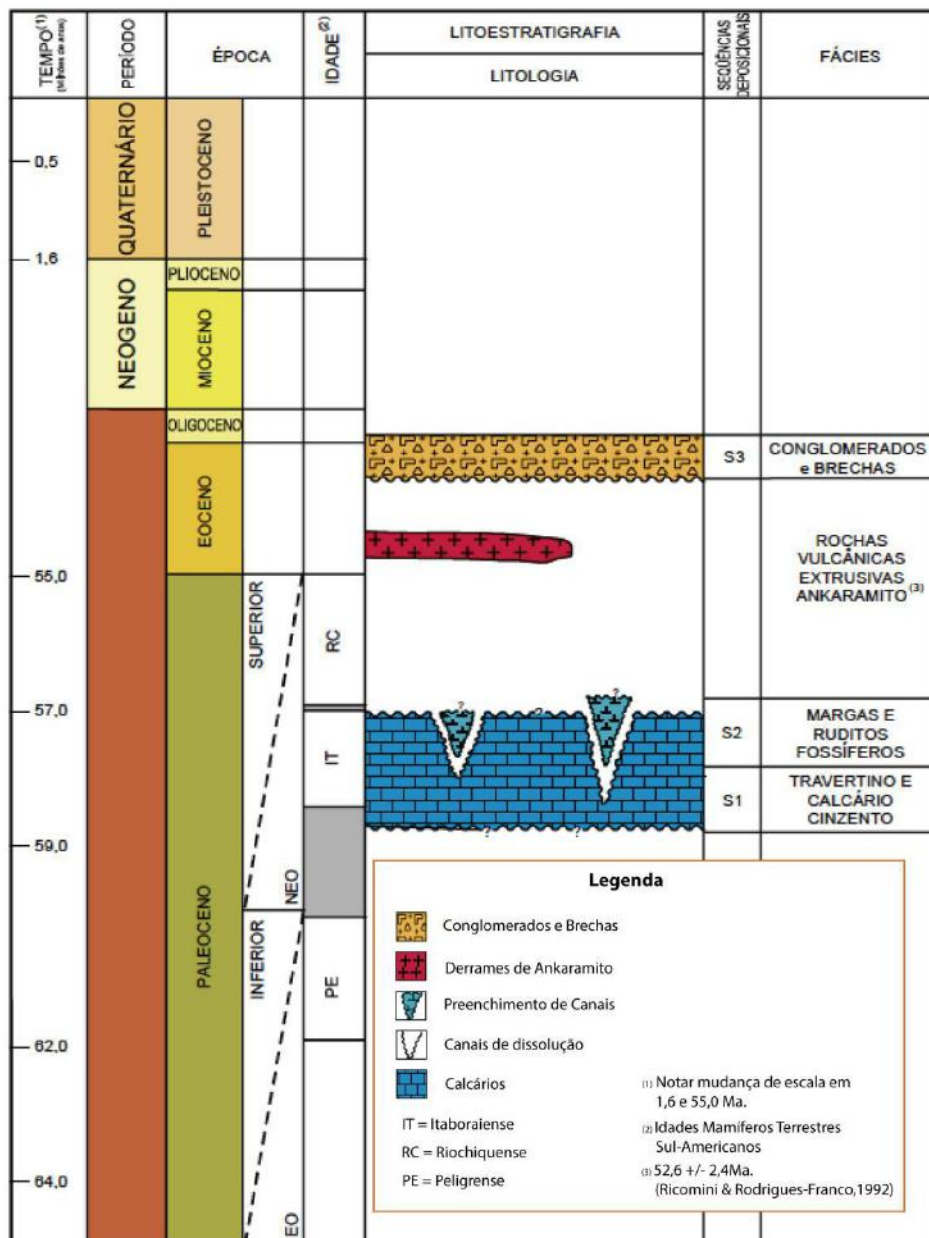


Figura 11: Coluna Estratigráfica da Bacia de São José de Itaboraí, considerando apenas a Formação Itaboraí (modificado de Bergqvist et al., 2006).

Na margem norte da bacia, é possível observar gradação da deposição sedimentar de litologias com areia como matriz a rochas, onde o arcabouço variada entre areia e argila. As características texturais das rochas apresentam, em sua maioria, clastos angulosos e inalterados que, segundo Klein & Francisco (1981), indicam pouco transporte em clima árido e com tectonismo ativo. Além disso, os autores firmam que enxurradas esporádicas transportavam os sedimentos em fluxos de turbidez e os depositavam em lagos com deposição de finos em suspensão.

Para Klein & Francisco (1981), é possível observar a presença de marcas de sola sem uma orientação definida, provavelmente provenientes da deformação de sedimento fluidizado produzido por carga.

De acordo com Leinz (1938), o fato de os sedimentos fossilíferos serem terrestres com total ausência de fósseis de animais aquáticos e da mesma fonte dos sedimentos clásticos, indica, muito provavelmente, que origem se deu a partir de fontes termais. Ademais, os calcários fitados teriam sido provenientes dessas mesmas fontes, fazendo parte de um ciclo deposicional, o qual tem-se o calcário fitado de granulação grossa e sem fósseis sobreposto pelo Calcário Cinzento Fossilífero, que se encontra sob sedimentos eluviais de matriz argilo-arenosa de cor cinza com litoclastos tamanho bloco e cascalho de granito, gnaisse e pegmatito e grau de arredondamento anguloso.

Devido a essas características, pode-se concluir que a tectônica regional era ativa na época da sedimentação da bacia, havendo momentos de aquiescência onde depositava-se o Calcário Fitado Fossilífero (Leinz 1938). O autor expôs a hipótese de que a idade da bacia datava do Cretáceo inferior e médio, sendo uma depressão elíptica fechada com mergulho de 35°. Ruellan (*apud* Paula Couto, 1958) acrescenta que na borda meridional da bacia, os calcários encontram-se sub-horizontais, o que indica um possível falhamento da mesma.

A intensa carstificação da bacia também é discutida no artigo de Rodrigues-Francisco (1989), que traz duas interpretações distintas para a idade de formação dessas superfícies, onde os fósseis de gastrópodes podem ter sido acumulados tanto posterior ao evento cárstico, quanto pode ter sofrido este processo junto aos calcários.

V – Magmatismo na Bacia

Apesar de haver poucos afloramentos acessíveis na bacia, são registradas ocorrências de rochas vulcânicas básica, provenientes do magmatismo alcalino regional que se sucedeu à época da formação do RCSB (Fig. 13). Essas rochas são ankaramitos proveniente de lavas em estrutura almofadada (Klein & Valença, 1984). De acordo com esses autores, o material vulcânico teve origem a partir de um dique de 150 m de comprimento por 10 m de largura com orientação N45E e as estruturas almofadadas teriam sido originadas pelo contato do derrame com o lençol freático.

A anomalia térmica gerada com o magmatismo alcalino seria responsável por aquecer fluidos meteóricos que infiltraram e dissolveram porções de mármore do embasamento subjacente (Leinz, 1938). A partir desta hipótese, o autor considerou uma origem hidrotermal para os calcários maciços presentes na bacia (travertinos).

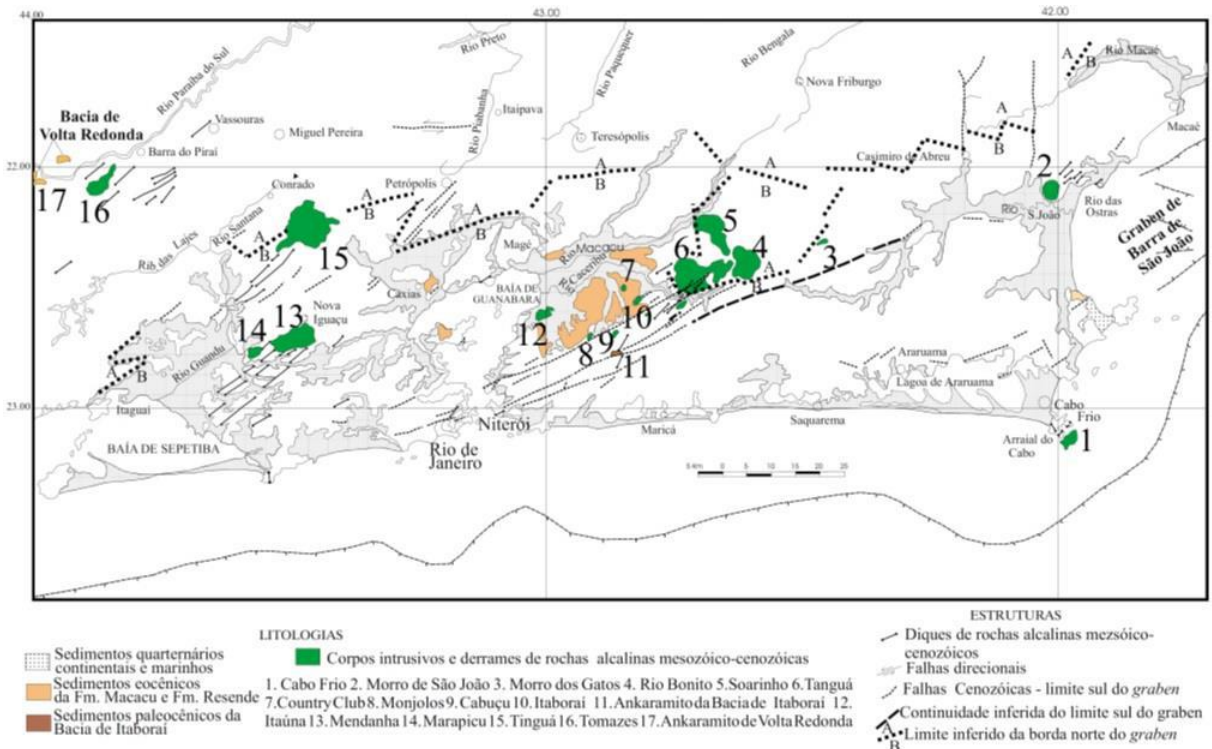


Figura 12: Distribuição do magmatismo alcalino no Gráben da Guanabara (Ferrari 2001)

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As fácies propostas nesse trabalho podem ter equivalência com litofácies identificadas por Adler (2016) e Ferreira (2017) na bacia de Itaboraí. Como um dos processos metodológicos e objetivos desta monografia, foi sugerida uma tabela comparativa abaixo (Tabela 2), onde é possível visualizar as litologias identificadas e descritas neste trabalho e associá-las às litofácies propostas por esses autores.

Foram identificadas neste trabalho sete litofácies rudíticas, duas litofácies areníticas e quatro litofácies carbonáticas ou carbonático-siliciclásticas (Tabela 3). Foram atribuídas cores diferenciadas para as litofácies que possuem características semelhantes como o tipo de rocha (siliciclástica ou carbonática) e a categoria granulométrica que essa rocha se insere (arenitos ou ruditos). Ou seja, pode-se observar ruditos na cor verde, arenitos na cor amarela e carbonatos na cor azul.

Na Tabela 3 também são sintetizados os processos responsáveis pela deposição de cada fácies e o significado tectônico das litologias para o contexto tectonossedimentar da bacia. A partir dessa metodologia, o presente capítulo apresenta os perfis compostos confeccionados e suas respectivas seções em afloramento com o intuito de gerar dados suficientes para uma interpretação tectonossedimentar das sequências sedimentares.

Tabela 2: Comparação de fácies de diversos autores e o presente trabalho.

Adler (2016)	Pereira & Bergamaschi (2017)	Presente Trabalho
X	Carbonato argiloso fossilífero retrabalhado	Conglomerado com estratificação incipiente
Calcrete pulverulento	Conglomerado carbonático	Conglomerado maciço calcretizado
Calcrete nodular	Conglomerado carbonático	Diamictito calcretizado
X	Conglomerado carbonático	Brecha maciça calcretizada
X	Carbonato argiloso fossilífero	Arenito seixoso maciço calcretizado
Calcrete maciço	Carbonato argiloso fossilífero	Vaque seixosa maciça
Travertino com intercalação de sedimentos clásticos	X	Travertino com vaque
Travertino	Carbonato bandado	Travertino 1 Travertino 2
Travertino afetado por pedogênese	X	X
X	Carbonato enriquecido em sílica	X
Calcrete laminar incipiente	Carbonato Fino com fósseis	Calcário microcristalino

Tabela 3: Descrição das litofácies e de seus processos deposicionais e diagenéticos, e a tectônica associada.

CODIGO	DIAGNOSE	DESCRIÇÃO	PROCESSO	INTERPRETAÇÃO
Ch	Conglomerado com estratificação incipiente	Conglomerado com estratificação mal definida composto por clastos tamanho seixo médio a muito grosso de quartzo e feldspato, angulosos, pobremente selecionados, com matriz arenosa mal selecionada cimentada por CaCO ₃ impuro, apresentando pontualmente níveis de travertino descontínuos. Os clastos podem ocorrer com leve imbricação.	Fluxo trativo unidirecional de alta energia em pequenos canais distributários com largura de poucos metros.	Formação de pequenos canais distributários proximais ou medianos, retrabalhando a superfície de leques aluviais com predominância de fluxo de detritos, relacionados à movimentação da falha.
Cmc	Conglomerado maciço calcretizado	Conglomerado maciço cinza esverdeado com arcabouço constituído por clastos de tamanho seixo fino a médio de calcário branco, subarredondados a subangulosos, além de clastos angulosos de quartzo e feldspato, com maior quantidade do primeiro. A matriz é formada por areia lamosa.	Fluxo gravitacional (fluxo de detritos). A forte pedogenização e cimentação, entretanto, obliteram eventuais estruturas primárias. A presença de seixos de calcário subarredondados a arredondados pode caracterizar alguma condição de tração no fluxo.	Depósito de leque aluvial em suas porções mediana a distal, representativos de fases de tectonismo ativo na bacia, sendo que a forte pedogenização que oblitera o protólito sedimentar representa período de quiescência tectônica relativamente longo.

		Apresenta forte pedogenização (calcretes) e transiciona lateralmente para a litofácies VS.		
C	Coquina	Conglomerado sustentado pelos clastos composto por carapaças de gastrópodes inteiras ou pouco fragmentadas, e com matriz pobremente selecionada de quartzo, feldspato e pequenos fragmentos de gastrópodes.	Pequena acumulação de carapaças de gastrópodes em depressões transportados por fluxos trativos hidrodinâmicos de energia moderada a baixa. A semelhança da fácies Ch, representa pequenos canais que retrabalham os depósitos químicos e siliciclásticos prévios, bem como acumulam em pequenas depressões carapaças de gastrópodes que deviam ser abundantes na área.	Esse tipo de depósito pode ocorrer tanto durante a vigência de regime tectônico ativo ou períodos de quiescência, provavelmente associados a precipitação pluviométrica abundante. Sugere-se a relação desta litofácies com processo de carstificação dos travertinos, indicando período de quiescência tectônica ou tectonismo fraco.
Bc	Brecha de colapso	Conglomerado maciço sustentado pela matriz com arcabouço composto por conchas e litoclastos de calcário tamanho grânulo a seixo. Matriz pobremente selecionada composta por quartzo e feldspato subangulosos tamanho areia grossa.	Retrabalhamento de material rochoso proveniente das superfícies de carstificação.	Depósitos formados provavelmente durante fases de quiescência tectônica quando se formaram superfícies de carstificação e desenvolvimento de cavidades.
BI	Brecha Intraformacional	Camada de fragmentos de travertino tamanho seixo com espessura de 5 cm.	Exposição subaérea de camadas de travertino e retrabalhamento por fluxos trativos	Formadas provavelmente durante períodos de tectonismo mais atenuado, quando se formavam os depósitos de

				travertino, ou mesmo durante períodos de quiescência tectônica quando se formavam as superfícies de carstificação sobre essas litologias.
Dc	Diamictito calcretizado	Diamictito com arcabouço formado por clastos angulosos tamanho seixo de quartzo, feldspato, litoclastos de gnaiss e de pegmatito rico em muscovita e biotita. A matriz é formada por arenito lamoso, fortemente pedogenizado e enrijecido, apresentando nódulos de calcrete.	Fluxo gravitacional (fluxo de detritos)	Deposição de sedimentos clásticos em momento de maior energia, porém caracteriza uma diminuição da energia tectônica da bacia ou retrabalhamento de sedimentos em porções mais distais, indicando um novo momentum de dinâmica ativa da bacia. A intensa pedogenização dessa fácies indica períodos prolongados de quiescência tectônica.
Bmc	Fanglomerado	Conglomerado maciço sustentado pelos clastos, composto por calhaus e matacões angulosos de gnaiss e pegmatito, com matriz de areia lamoso pobremente selecionada de quartzo, feldspato e muscovita tamanho areia média.	Fluxo gravitacional de detritos em área proximal	Depósitos proximais de altíssima energia de sedimentos clásticos provenientes do movimento da falha de São José durante fases de tectonismo ativo, quando era gerado relevo acentuado nas áreas de embasamento adjacentes à bacia.
A(S)mc	Arenito seixoso maciço calcretizado	Arenito seixoso de granulometria areia fina a grossa composta por quartzo e feldspato, clastos Angulosos, bioclastos de gastrópodes dispersos e nódulos de calcrete.	Fluxo trativo unidirecional em condições de regime de fluxo superior (enxurradas), com posterior fase de intensa pedogenização.	A semelhança da litofácies Ch, formado em canais distributários ou desconfinados na superfície de leques aluviais, durante fases de tectonismo ativo. A intensa calcretização desses depósitos indica fase de quiescência tectônica posterior de longa duração.

		Cor verde acinzentado. Fortemente calcretizado com drusas preenchidas por calcita e abundantes nódulos de calcrete.		
Vsm	Vaque seixosa maciça	Arenito lamoso composto por clastos tamanho areia fina a média de quartzo e feldspato, muito mal selecionado, com matriz lamosa. Apresenta bioclastos de gastrópodes tamanho seixo fino a médio. Há nódulos pedogenéticos (calcretes). Transiciona lateralmente para a litofácies Cmc.	Fluxo gravitacional (corrida de lama)	Deposição de corridas de lama em porções mais distais dos leques, em resposta a tectonismo ativo da falha.
M	Calcário microcristalino	Calcário composto por matriz micrítica e clastos dispersos de quartzo e grãos carbonáticos tamanho areia média a grânulo. Tem coloração creme e são muito resistentes. Apresenta fósseis de gastrópodes.		
T1	Travertino com estratificação grossa	A intensa calcretização obliterou qualquer traço textural do protólito e destruiu quase que totalmente o arcabouço da rocha original (forte dissolução do	A intensa calcretização significa que a bacia passou por um longo período de inativação tectônica.	Intenso fluxo de água carbonatada, emergida falha ainda ativa, mas com tectonismo mais brando. O aporte sedimentar já não é tão intenso, mas a falha continua ativa, dinamizando o fluxo

		quartzo). Sugere-se originalmente uma rocha arenosa.		de água provinda de fraturas e que fluía desconfinado para o interior da bacia.
T2	Travertino com estratificação fina	Calcário amarelado, com estratificação planar e crescimento fibrorradial da calcita.	Precipitação química	Moderado fluxo de água carbonatada, emergida pela tectônica da falha. O aporte sedimentar já não é tão intenso, mas a falha continua ativa, dinamizando o fluxo de água provinda fraturas e que fluía desconfinado para o interior da bacia.
TV	Travertino com vaque	Intercalação de finas camadas de calcário maciço, geralmente de coloração rosa claro e arenito lamoso composto por clastos tamanho areia fina a média de quartzo e feldspato, muito mal selecionado, com matriz lamosa.	Alternância de pequenos fluxos gravitacionais e fluxos de águas fortemente carbonatadas.	Atividade tectônica moderada, provavelmente posterior aos períodos de maior atividade da falha, quando o aporte de sedimentos siliciclásticos diminuía.

7.1 Descrição das Fácies

7.1.1 Litofácies Ch (Conglomerado com estratificação incipiente)

Rocha com arcabouço composto por clastos angulosos de quartzo e feldspato tamanho seixo médio a grosso, e matriz arenosa pobremente selecionada. A rocha ocorre em estrutura canalizada com base fortemente erosiva sobre depósitos de fluxos gravitacionais (litofácies Cmc e Dc) e apresenta estratificação mal definida, podendo ocorrer imbricação de seixos. Pode-se observar finos níveis de calcário impuro no interior dessa fácies, que provavelmente se formaram por ação freática a partir de águas muito carbonatadas.

Esta litofácies está relacionada a canais distributários de pequeno porte que retrabalhavam a superfície de leques aluviais com predominância de fluxos de detritos, durante fases de forte atividade tectônica da falha e clima provavelmente seco.

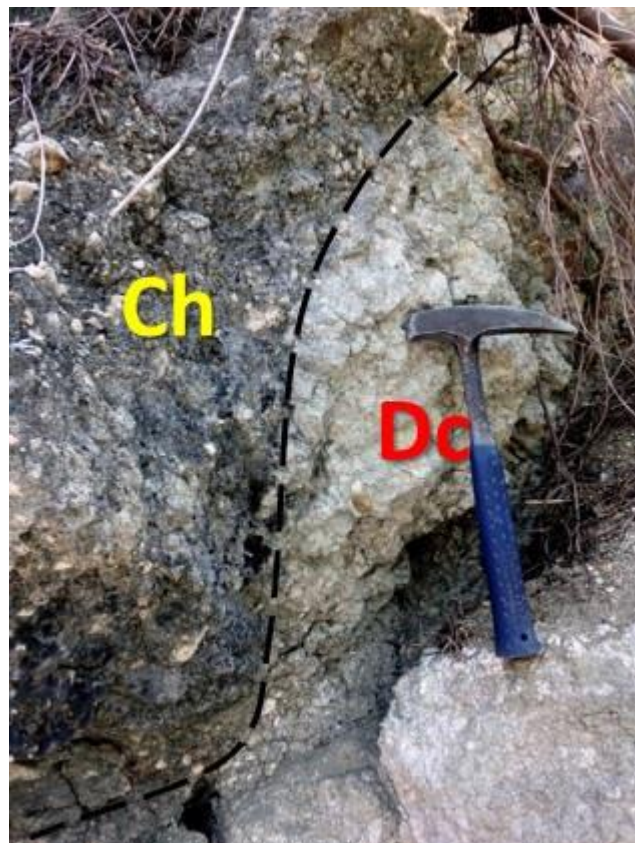


Figura 13: Contato das fácies Ch e Dc evidenciando contato com geometria de canal no ponto M07

7.1.2 Litofácies Cmc (Conglomerado maciço calcretizado)

Esta litologia é caracterizada por um arcabouço conglomerático, composto por clastos tamanho seixo fino a médio de calcário branco com arredondamento variando de subarredondado a subanguloso. O arcabouço também apresenta clastos de quartzo e feldspato tamanho seixo fino a médio subangulosos a angulosos. Apresenta estrutura maciça

A rocha é sustentada por matriz de composição lamosa, esverdeada, podendo ser considerada como uma vaque, com clastos subarredondados a subangulosos e mal selecionados de quartzo, feldspato e muscovita tamanho areia média a grossa, podendo chegar até grânulo.

É possível observar a ocorrência desta litofácies em vários pontos específicos dos afloramentos M01, na base do afloramento M02 e no M06 e M07, sendo que neste, a fácies ocorre na seção norte. Em ambos os casos, pode-se notar que há forte pedogenização. Por apresentar características semelhantes a Vaque Seixosa maciça (VSm), distinguindo-se apenas pelo arcabouço seixoso, a litofácies Cmc é considerada uma variação lateral da fácies VSm e vice versa.

Os depósitos desta litofácies foram formados por sucessivos fluxos de detritos na partes proximais e médias de leques aluviais que preenchiem a bacia durante as fases de intensa movimentação da falha principal, que gerava relevo no embasamento adjacente e, durante episódios de chuvas concentradas, produziam movimentos de massa para o interior da depressão tectônica. A forte pedogenização posterior desses depósitos, na forma de calcretização, indica períodos subsequentes de quiescência tectônica prolongada.



Figura 14: Afloramento da litofácies Cmc no ponto M07

7.1.3 Litofácies C (Coquina)

A litofácies C ocorre num depósito associado à Brecha de Colapso e ao Calcário Microcristalino, em um contexto de preenchimento de superfícies de carstificação. A litofácies Coquina é um conglomerado sustentado por bioclastos de gastrópodes inteiros e fragmentados, sendo esta a principal característica diferencial da litologia. Também ocorrem junto aos bioclastos, fragmento de calcário travertino.

A matriz é pobremente selecionada com grãos de minerais de quartzo, feldspato e fragmentos de fósseis de gastrópodes em tamanho areia média. A coloração da rocha é verde escurecido, o que permite também diferenciá-la das demais que ocorrem no afloramento.

Trata-se de depósito formado por fluxos hidrodinâmicos de energia média a baixa que acumulavam em pequenas depressões no terreno produzidas por carstificação, carapaças de gastrópodes que ocorriam em abundância sobre a superfície do terreno, bem como fragmentos de travertino. Sugere-se para esta litofácies relação com os processos de carstificação, representando assim períodos de quiescência tectônica ou tectonismo fraco na bacia.



Figura 15: Clastos de carapaça de gastrópodes da fácies C no afloramento M04

7.1.4 Litofácies Bc (Brecha de colapso)

Esta litofácies ocorre no afloramento M04 que distingue-se das demais litologias pela alta porcentagem de matriz na composição da rocha. Além disso, a geometria das camadas desta litofácies evidencia que os sedimentos preencheram cavidades. Ambientes de carste são caracterizados por cavernas e cavidades em subsuperfície (Moura 2017), causadas por intensa dissolução de rochas solúveis em sua maioria e, no caso da bacia de Itaboraí, calcários. A

intensa dissolução aumenta as chances de colapso do substrato (Ford & Williams, 2007) e a litofácies Bc é uma comprovação deste episódio.

Sua estrutura é interpretada como maciça e sustentada por matriz. O arcabouço é composto por fósseis de conchas de gastrópodes e litoclastos de calcário tamanho grânulo a seixo.

A matriz é pobremente selecionada, composta por quartzo e feldspato subangulosos tamanho areia grossa. Apresenta pontualmente litoclastos de tamanho média de 5 cm de espessura, podendo chegar até 12 cm (Fig. 17). Dentre esses litoclastos, o que mais chama a atenção é um clasto (intraclasto?) de calcário psolítico subarredondado e com grau de esfericidade baixo (Fig. 17). Além disso, também é possível observar clastos de travertino angulosos e de baixa esfericidade.

Segundo Menezes & Curvelo (1973), é possível perceber a presença de oólitos, onde seus núcleos são intensamente cimentados. São, geralmente, compostos por quartzo, feldspato, micas e argilas e muitas das vezes, fragmentos de gastrópodes. Podem atingir tamanho considerável para ser chamado de psólito, não sendo, portanto, uma nomenclatura equivocada.

A partir de uma análise petrogenética, o depósito foi caracterizado como um Oólito Microesparítico (Menezes & Curvelo, 1973). Atualmente, há poucos afloramentos deste depósito acessíveis na bacia. Porém, é possível notar litoclastos em depósitos siliciclásticos em alguns afloramentos pontuais.

Da mesma forma que a litofácies C, esta litofácies está relacionada aos processos de carstificação dos calcários travertinos, com a formação de cavidades pequenas e seu preenchimento por fluxos trativos ou gravitacionais.



Figura 16: Clastos de calcário psolítico e de travertino na litofácies Bc, localizada no ponto M04.



Figura 17: Detalhe do litoclasto de calcário psolítico localizado no ponto M04

7.1.5 Litofácies BI (Brecha Intraformacional)

A litofácies BI é uma feição brechada do travertino T1 que ocorre como uma pequena camada de, aproximadamente, 5 cm de espessura em uma camada mais espessa de 60 cm de travertino T1 (Fig. 19). A litofácies leva essa denominação, pois foi interpretada como parte do substrato da bacia e tem características claramente diferenciadas das feições usuais do T1.

Sugere-se uma origem através da erosão das camadas de calcário travertino parcialmente dissolvidas por fluxos trativos e/ou por colapso, durante fases de carstificação das rochas carbonáticas, em períodos de quiescência tectônica da bacia.



Figura 18: Brecha Intraformacional localizada no ponto M01

7.1.6 Litofácies Dc (Diamictito calcretizado)

Conglomerado maciço sustentado por matriz de areia lamosa (vaque), pobremente selecionado com arcabouço formado por clastos angulosos de quartzo, feldspato, muscovita e biotita e litoclastos de pegmatitos. Apresenta forte calcretização, demonstrada pela presença de abundantes nódulos de calcretes e veios de calcita fibrosa.

Litofácies gerada por fluxos gravitacionais do tipo Corrida de Lama, que preenchem abundantemente a bacia durante fases de tectonismo mais ativo, com a formação de leques aluviais com predomínio de fluxos gravitacionais. A intensa calcretização indica que estes depósitos sofreram pedogênese profunda durante períodos de quiescência tectônica prolongados.

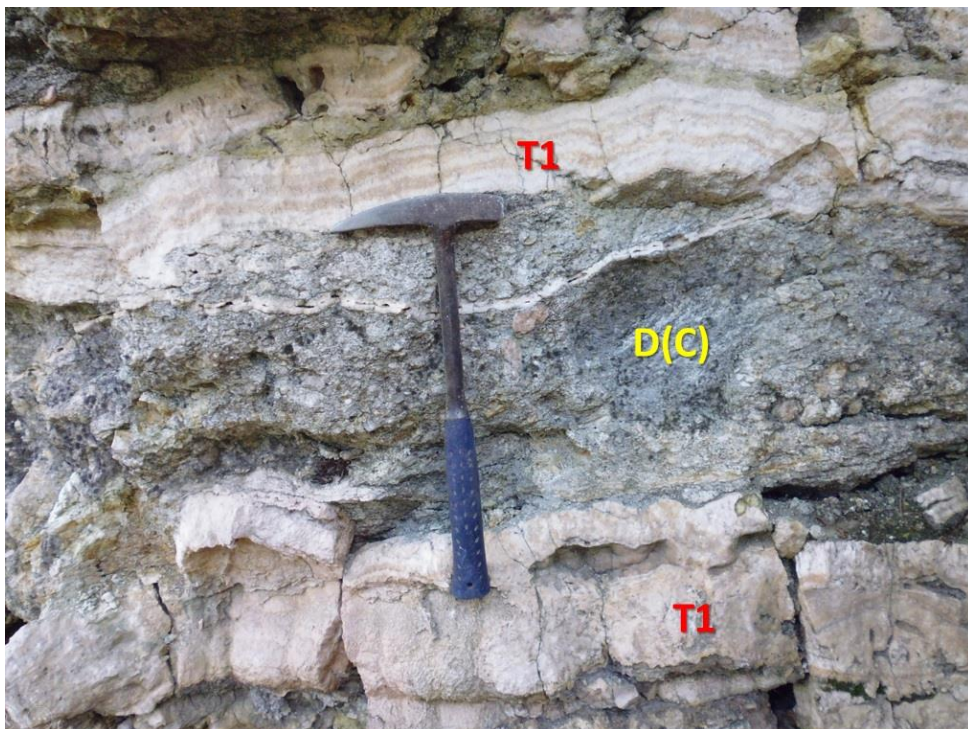


Figura 19: Associação faciológica das fácies Dc e T1 no ponto M05

7.1.7 Litofácies Bmc (Fanglomerado)

Brecha maciça sustentada por clastos (fanglomerado) tamanho calhau até matacão de gnaisses e pegmatitos, superposta por camada de calcário travertino (T1). A matriz é formada por arenito lamoso seixoso maciço, com clastos angulosos, pobremente selecionados.

Produzida através de fluxos de detritos de elevada competência, depositados na partes proximais de leques aluviais formados durante períodos de intensa atividade da falha principal da bacia. A camada de calcário travertino (T1) sobreposta indica atenuação do tectonismo, com o escoamento de águas hidrotermais muito carbonatadas, também provenientes da falha ativa.

Ocorrem intercalados na matriz lâminas e camadas delgadas de calcário (Fig. 23), que aparentemente foram formadas pela variação do lençol freático.



Figura 20: Ilustração do afloramento M01 com a litofácies Bmc na base



Figura 21: Litofácies Bmc localizada no ponto M01

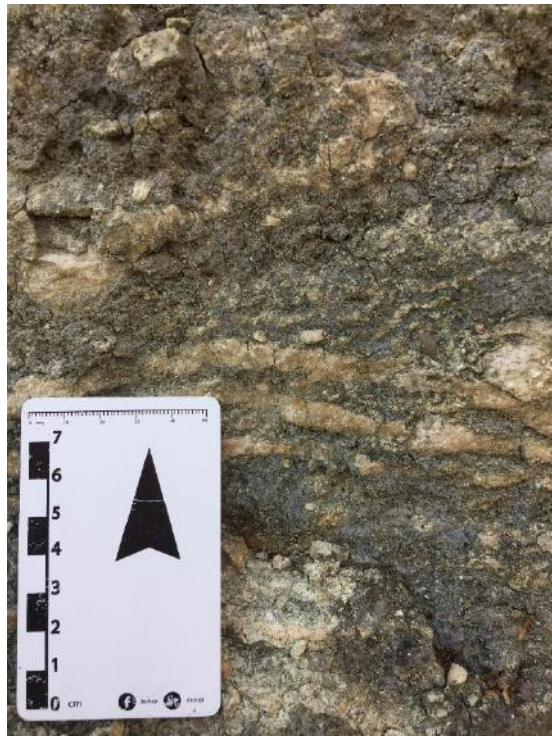


Figura 22: Lâminas de Travertino no Fanglomerado (Litofácies Bmc) localizado no ponto M01

7.1.8 Litofácies A(S)mc (Arenito Seixoso Maciço Calcretizado)

Litofácies formada por um arenito maciço médio a grosso com seixos finos a médios de quartzo e feldspato, angulosos a subangulosos, pobremente selecionados, com matriz margosa que confere a rocha uma coloração verde acinzentada. Também são observadas carapaças de gastrópodes inteiras dispersas.

O protólito dessa rocha era um arenito seixoso com bioclastos formado por fluxos hidrodinâmicos em pequenos canais distributários na superfície dos leques ou, mais provavelmente, fluxos desconfiados, que retrabalhavam com pouca intensidade os depósitos de fluxos gravitacionais sotopostos e transportavam as carapaças de gastrópodes dispersas na superfície do terreno sem as fragmentar. Foram formados, provavelmente, durante período de tectonismo acentuado na bacia, sendo posteriormente pedogenizados durante períodos de quiescência tectônica.



Figura 23: Arenito seixoso maciço calcetizado in situ na porção central do ponto M07



Figura 24: Amostra de seixo de fósil de gastrópode no ponto M07

7.1.9 Litofácies VSm (Vaque Seixosa Maciça)

A litofácies Vaque seixosa Maciça (VSm) é bastante comum na bacia, ocorrendo em diversos afloramentos estudados (pontos M01, M02, M06 e M07). Caracteriza-se por um arenito maciço muito pobremente selecionado com arcabouço formado por areia fina a média, com clastos de areia grossa até seixo médio de quartzo e feldspato, angulosos, com abundante matriz lamosa de coloração esverdeada, tendo sido observadas gradações laterais para a litofácies Cmc. Também foram observados bioclastos de gastrópodes inteiros ou fragmentados dispersos.

Formada a partir de inúmeras corridas de lama em porções distais (ou medianas) de leques aluviais, durante períodos de atividade tectônica intensa na bacia. Posteriormente, a forte calcretização desta litofácies, observada através de diversas feições pedogenéticas, indica fases de quiescência tectônica prolongada. No ponto M07, a litofácies VSm aflora na base do afloramento e no topo da camada é possível observar nódulos de calcrete com tamanho médio de 5 a 7cm de diâmetro.



Figura 25: Afloramento de Vaque seixosa no ponto M06



Figura 26: Afloramento de Vaque seixosa no ponto M05



Figura 27: Afloramento M07 contendo a litofácies VSm e calcários travertinos



Figura 28: Nódulos de calcrete na Vaque seixosa no ponto M02

7.1.10 Litofácies M (Calcário Microcristalino)

Essa litofácies é extremamente enrijecida, de coloração creme e estrutura maciça. Apresenta clastos tamanho areia média à grânulos de quartzo arredondados e grãos carbonáticos, emersos em uma matriz muito fina de calcário com aparência maciça. É possível identificar o aparecimento esporádico de fósseis de gastrópodes. Observa-se a ocorrência de cimento de calcita, o que confere a coloração creme e a alta rigidez da rocha.

Admite-se que essa litologia seja relacionada ao Calcário Fino com Fósseis, proposto por Pereira (2015), o qual justificou a presença dos detritos como um retrabalhamento em lama carbonática, assim observado em seções delgadas.

O intenso processo de cimentação (calcretização), no qual a fácies se submeteu, ocultou boa parte das estruturas e texturas sedimentares, dificultando, assim, a sua interpretação. A existência dos grãos de quartzo mostra evidências de um fluxo de detritos de baixa energia. Ademais, esta fácies pode significar períodos de quiescência tectônica que permitiram a calcretização do depósito sedimentar pré-existente.



Figura 29: Bloco rolado de Calcário Microcristalino localizado no ponto M07



Figura 30: Fácies Calcário Microcristalino localizado in situ no ponto M07

7.1.11 Litofácies T1

Calcário de coloração creme a rosada com laminações grossas, manifestadas por diferenças na coloração devido à impurezas, como citado por Adler (2016). Assim como o Travertino T2, é caracterizado como um depósito precipitado quimicamente em ambiente não marinho, a partir do escoamento de água supersaturada em bicarbonato de cálcio, frequentemente hidrotermal, proposto por Capezzouli *et al.* (2014). Porém, ambos ocorrem de forma diferenciada e em razão disso houve-se a necessidade de separá-los em duas litofácies distintas.



Figura 31: Afloramento M07 ilustrando intercalação dos travertinos T1 e T2

O Travertino T1 ocorre em lâminas de espessura grossa com tamanho médio de 15 a 20cm, podendo chegar a 40cm de espessura.



Figura 32: Travertino T1 ilustrando a estratificação no ponto M02



Figura 33: Sucessão de Travertino T1 no ponto M06

7.1.12 Litofácies T2

Já o Travertino T2, ocorre em estratificações delgadas, com espessura bem variada, em sua maioria entre 2 cm e 3,5 cm. Tem coloração amarelada e quando alterado, apresenta coloração esverdeada. Pode-se observar o crescimento de calcita fibrorradial. Podem ocorrer entre camadas de rochas siliciclásticas em diversos intervalos como na (Fig. 23). Este tipo de ocorrência caracteriza a precipitação do calcário à níveis freáticos.



Figura 34: Afloramento de Travertino T2



Figura 35: Amostra de mão detalhada de Travertino T2

7.1.13 Litofácies TV

A litofácies TV é uma associação das fácies Vaque Seixosa maciça (VSm) e Travertino (T1 e T2) que ocorre em pequenos intervalos delgados com espessura de 1 a 3 cm. A parte que consiste na litofácies VSm é caracterizada por clastos de quartzo, feldspato e litoclastos de granito tamanho areia, com grau de arredondamento subanguloso ou subarredondado e mal selecionado, com coloração cinza esverdeada.

Já o travertino, ocorre em finas estratificações, às vezes com laminações evidenciadas por diferentes colorações. Na imagem abaixo foi retirada de Adler (2016) e ilustra a litofácies Travertino com Vaque.



Figura 36: Fácies Travertino com Sedimentos Clásticos (Adler, 2016)

7.2 Significado Depositional e Tectônico – interpretação de perfis faciológicos

Seguindo pela trilha do Parque, o primeiro *deck* permite acesso dos visitantes à um afloramento em corte vertical de, aproximadamente, 3m de espessura com coordenadas UTM (WGS 84) 717628E/7472544S e elevação de 39m. Neste ponto foi confeccionado o perfil M01, onde já é possível observar a maioria das litologias que compõem a bacia. Além disso, essa associação faciológica registra boa parte do histórico de sedimentação e de tectônica da bacia, evidenciando bem os ciclos. Geograficamente, o afloramento, que contém a associação faciológica M01, é o ponto da bacia que tem maior proximidade ao paredão da falha principal de São José, que delimita a bacia à Sul (Brito, 1989).



Figura 37: Afloramento M01

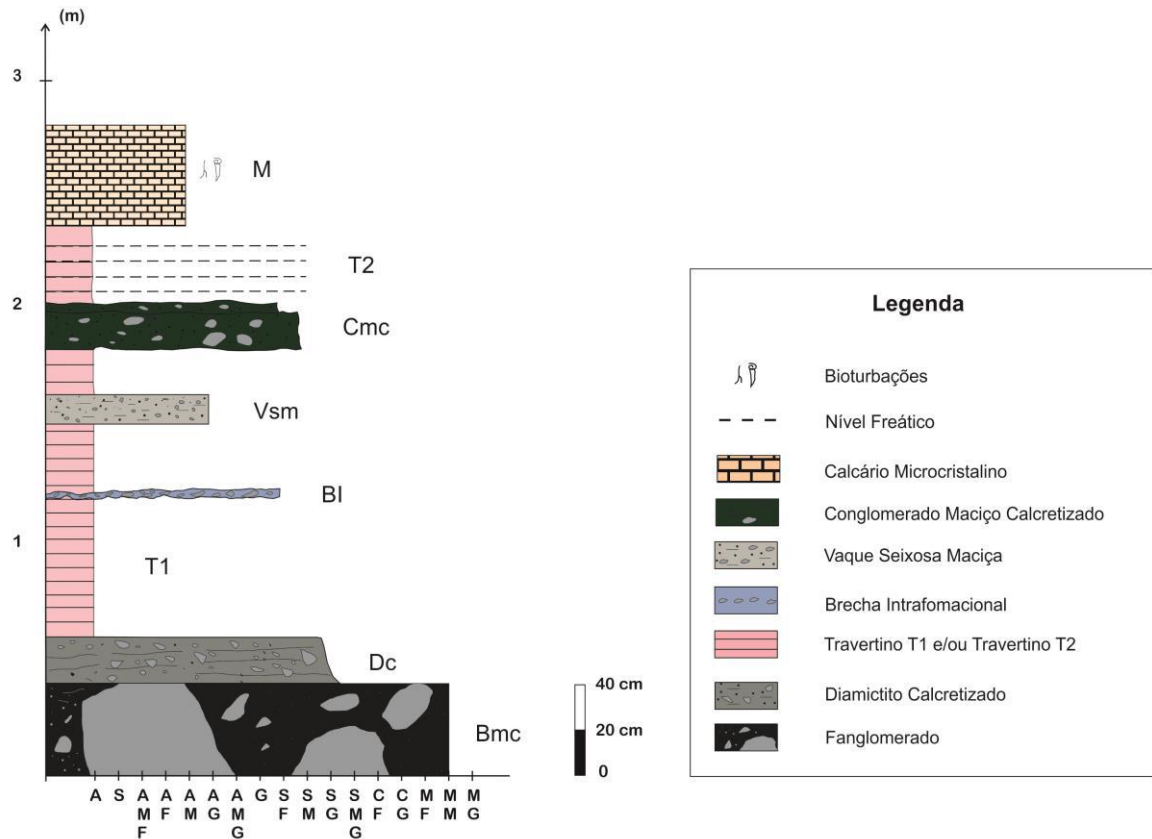


Figura 38: Perfil faciológico M01

O perfil M01 caracteriza-se pela predominância das litofácies **Bmc** e **T1**, com a ocorrência das fácies **D**, **Cmc** e **VS**. As rochas estão basculhadas no afloramento, com atitude 225/15.

A fácies **Bmc** indica um processo de fluxo gravitacional de altíssima energia que possibilitou o transporte de calhaus e matacões. A perda de energia no paleoambiente é caracterizada pela sequência de fácies **D**, **VSm** e **Cmc**, nesta ordem de deposição, e até mesmo pela precipitação do travertino **T1**.

Esse processo de perda de energia se deve pelo fato do tectonismo variar a intensidade da atividade da falha principal da bacia. As fácies **Bmc** e **D** correspondem à um ciclo de granodecrescência ascendente (*finning upwards*) num momento de maior pico de atividade

tectônica da falha, onde houve exposição do embasamento local (Adler 2016), gerando a remoção do saprólito em fluxos gravitacionais.

A atenuação das atividades tectônicas começa a ser registrada com a primeira camada da fácies **T1**, onde, ao menos nesse setor da bacia, não mais penetravam fluxos gravitacionais, escoando pela superfície do leque aluvial águas hidrotermais carbonatadas, que precipitavam abundante CaCO_3 na forma de calcários travertinos. De acordo com Capezzuoli *et al.* (2014), a precipitação de travertinos está diretamente relacionada à tectônica ativa, devido à necessidade da presença de condutos (fraturas) para que fluidos ricos em CaCO_3 percolem até a superfície e se precipitem. Por isso, apesar de reduzida, a tectônica permaneceu ativa, permitindo a precipitação de extensas camadas de travertino.

Ademais, o transporte de sedimentos em fluxos gravitacionais ainda se fez presente com a deposição de fácies de granulometria mais fina (**VSm** e **Cmc**). Ao longo da bacia, é possível observar que essas fácies são correlatas, transicionando lateralmente.

As fácies **BI** (ponto M01) (Fig. 30) e **M** (pontos M01, M04 e M06) indicam o momento de quiescência tectônica da bacia. Através de observações em campo, foi averiguado que a fácies **M** é extremamente rígida e de estrutura maciça, sendo possível observar a olho nu apenas alguns grãos de quartzo tamanho areia. Em lâmina, foi notado que em torno dos grãos de quartzo predomina um material muito fino cimentado por calcita. Essas evidências indicam que, à época, o substrato passou por um paroxismo de calcretização, removendo praticamente todas as características sedimentares da rocha.



Figura 39: Brecha intraformacional localizada no ponto M01

Adler (2016) pontua que o processo de calcetização se dá em momentos de baixo aporte sedimentar siliciclástico. Como comentado anteriormente, a redução do fluxo de deposição de sedimentos na bacia está diretamente relacionado à uma queda de energia provocada pelo processo de estabilização tectônica da área. Sendo assim, a calcetização é uma das evidências de estabilidade tectônica regional da bacia.

Outro indício dessa estabilidade tectônica é a possibilidade de formação de solo e exposição subárea. De acordo com Wright e Tucker (1991), calcetes são características importantes que indicam erosão e, conseqüentemente, a exposição subaérea de estratos. Além disso, a fácies **BI** e a presença de bioturbações na litofácies **M** (Fig. 40) também sustentam essa hipótese.



Figura 40: Amostra de Calcário Microcristalino com bioturbações por raízes do ponto M01

A associação das litofácies **VS_m** e **C_m** também ocorre no ponto M02 de coordenadas WGS84 717638E/7472550S na cota de 42m, descendo, aproximadamente, 2m pela escada da trilha que também dá acesso ao ponto M01. Neste afloramento, a fácies **VS_m** ocorre verticalmente, atravessando camadas de calcário maciço. Na base desta litofácies e alguns centímetros acima (nos travertinos), é possível observar superfícies de carstificação. Tais feições indicam um preenchimento de cavidade proveniente de erosão cárstica por sedimentos transportados por corridas de lama.

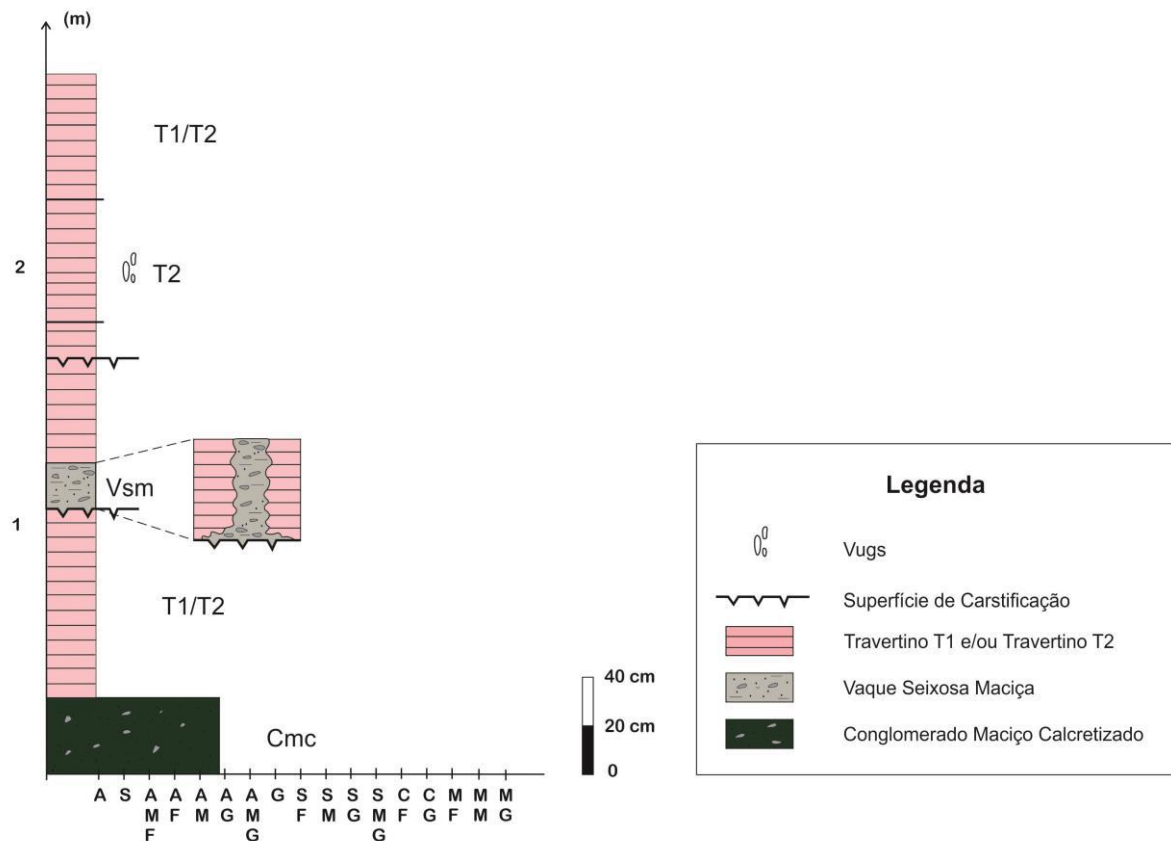


Figura 41: Perfil faciológico M02

Semelhante ao que se observa no afloramento M02, o ponto M04, localizado nas coordenadas WGS84 717837E/7472805S, é uma associação faciológica caracterizada por preenchimento de cavidades. Neste ponto, observam-se as fácies siliciclásticas **C** e **Bc**, que ocorrem limitadas tanto no topo e na base quanto lateralmente pelas fácies **M** e **T1** (no topo). A superfície de contato entre as litofácies clásticas e as demais é extremamente irregular. Além disso, as fácies **C** e **Bc** são compostas basicamente por sedimentos da própria bacia. Com isso, conclui-se que essas fácies são provenientes do preenchimento do relevo cárstico.

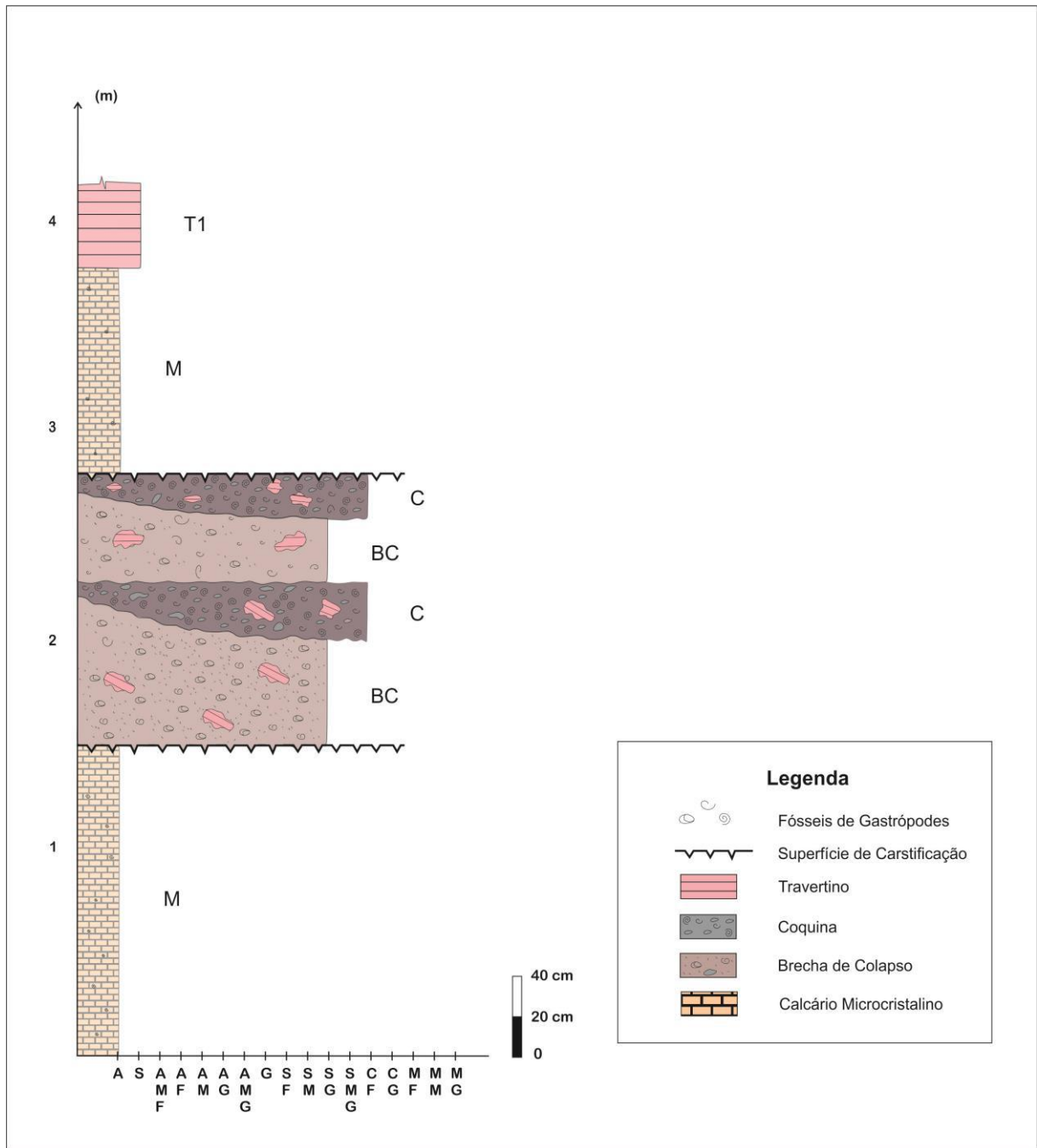


Figura 42: Perfil faciológico M04

A calcretização associada ao relevo cárstico observadas em campo, permite concluir que no momento da deposição registrada no perfil faciológico M04 a bacia passava por um período de quiescência tectônica. Devido à essa estabilidade, as fácies siliciclásticas são então interpretadas como de colapso gravitacional.

As carstificações são comuns de ocorrerem no mesmo contexto que a calcretização/pedogenização (Esteban & Klappa, 1983 *apud* Adler, 2016). Nos perfis faciológicos M02 e M04, essa feição é muito representada, estando associada às litofácies de preenchimento de cavidades, caracterizadas pelas fácies **Bc** e **C**. Em ambas as associações faciológicas, o significado tectônico corresponde à fase de tectonismo ativo de menor intensidade (ocorrem associados à **VSm**, **Cmc**, **T1** e **T2**) progredindo para a estabilidade marcada pela fácies **M**.

No ponto M06, localizado nas coordenadas WGS84 717942E/7472755S e altitude de 27m, é possível observar uma maior atividade dos fluxos densos, caracterizada por camadas mais espessas e mais intercalações das fácies **VSm**, **Cmc** e **T1** e também pela presença da fácies **T2**, indicando ciclos mais curtos de impulsos tectônicos.

Nos perfis M02 e M06, a fácies **T2** geralmente ocorre com a presença de *vugs* (Fig. 45) Em fases de estabilidade tectônica associada à exposição subaérea dos estratos, a interação de águas meteóricas com o travertino atua formando *vugs* nessas rochas (Della Porta & Capezzuoli, 2012).

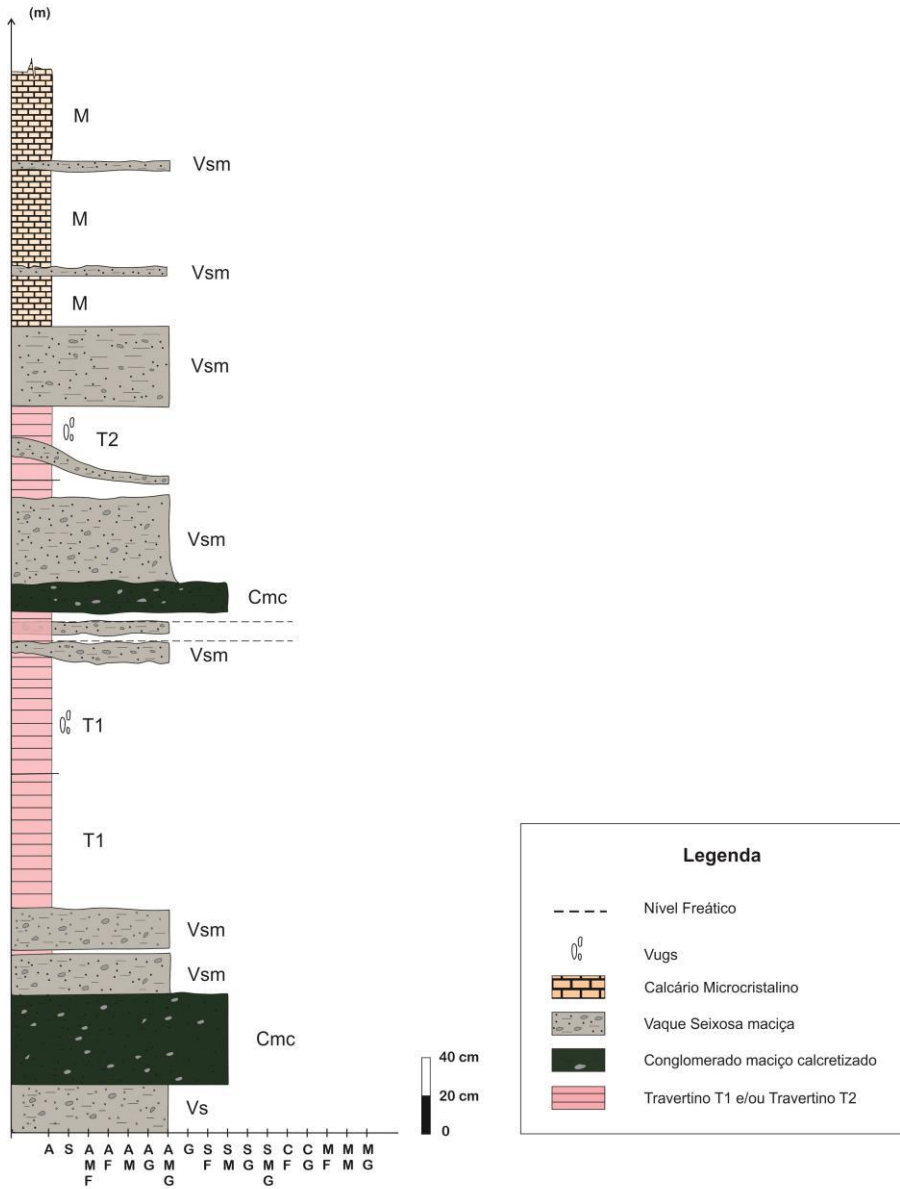


Figura 43: Perfil faciológico M06



Figura 44: Amostra de calcário Travertino com vugs localizado no ponto M01

A última associação faciológica estudada localiza-se no ponto M07 nas coordenadas WGS84 717746E/7472660S. Neste ponto é possível observar uma intensa atividade tectônica representada por praticamente todas as fácies siliciclásticas que foram observadas nos pontos anteriores, porém com algumas particularidades adicionais, como por exemplo, as fácies **A(S)mc** e **TV**. Ambas encontram-se em contato e representam uma descontinuidade, pois a fácies **A(S)mc** registra um hiato com exposição subaérea e intensa calcretização, representada pela rigidez da rocha e por horizontes nodulares. Particularmente, esta fácies representa dois momentos da história da bacia, pois registra a atividade tectônica ativa e os fluxos de detritos, assim como o período de aquiescência, com pedogenização do substrato. A fácies **TV** registra a continuidade do ciclo e a reativação tectônica com impulsos de maior energia a energia

moderada.



Figura 45: Afloramento M07 à sul

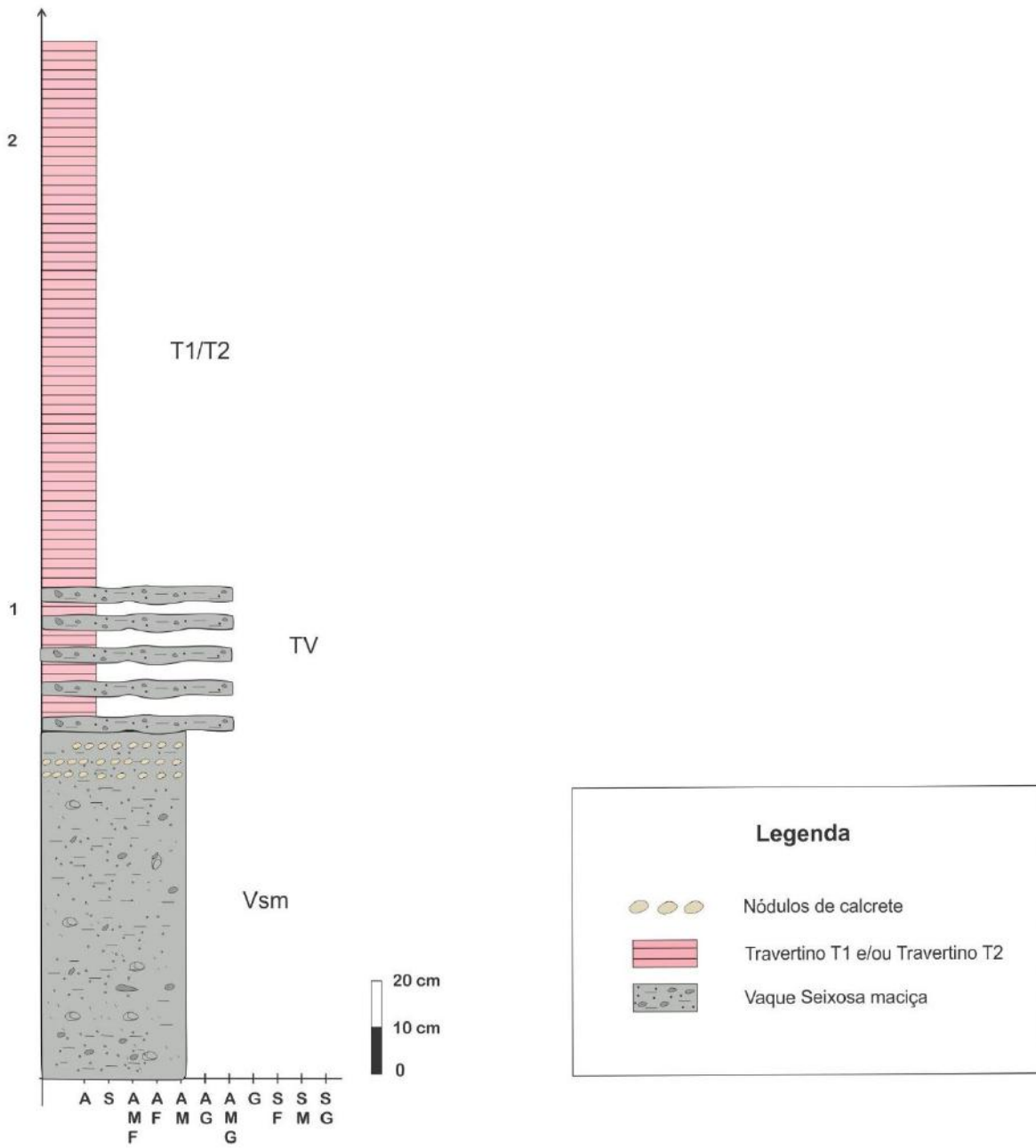


Figura 46: Perfil faciológico M07 à sul



Figura 47: Horizonte nodular de calcrete na fácies A(S)mc localizada no ponto M07

Intercalados aos depósitos de origem gravitacional e precipitação química ocorrem também, de forma restrita, depósitos provenientes de fluxos trativos, característicos de canais distributários, registrados pela fácies **Ch**. Localmente, esse registro possui geometria em canal e representa a geração de rios temporários que se formam sob o substrato de leques aluvias (Guerra & Guerra, 1997), inserido no contexto tectônico e deposicional da bacia de São José de Itaboraí.

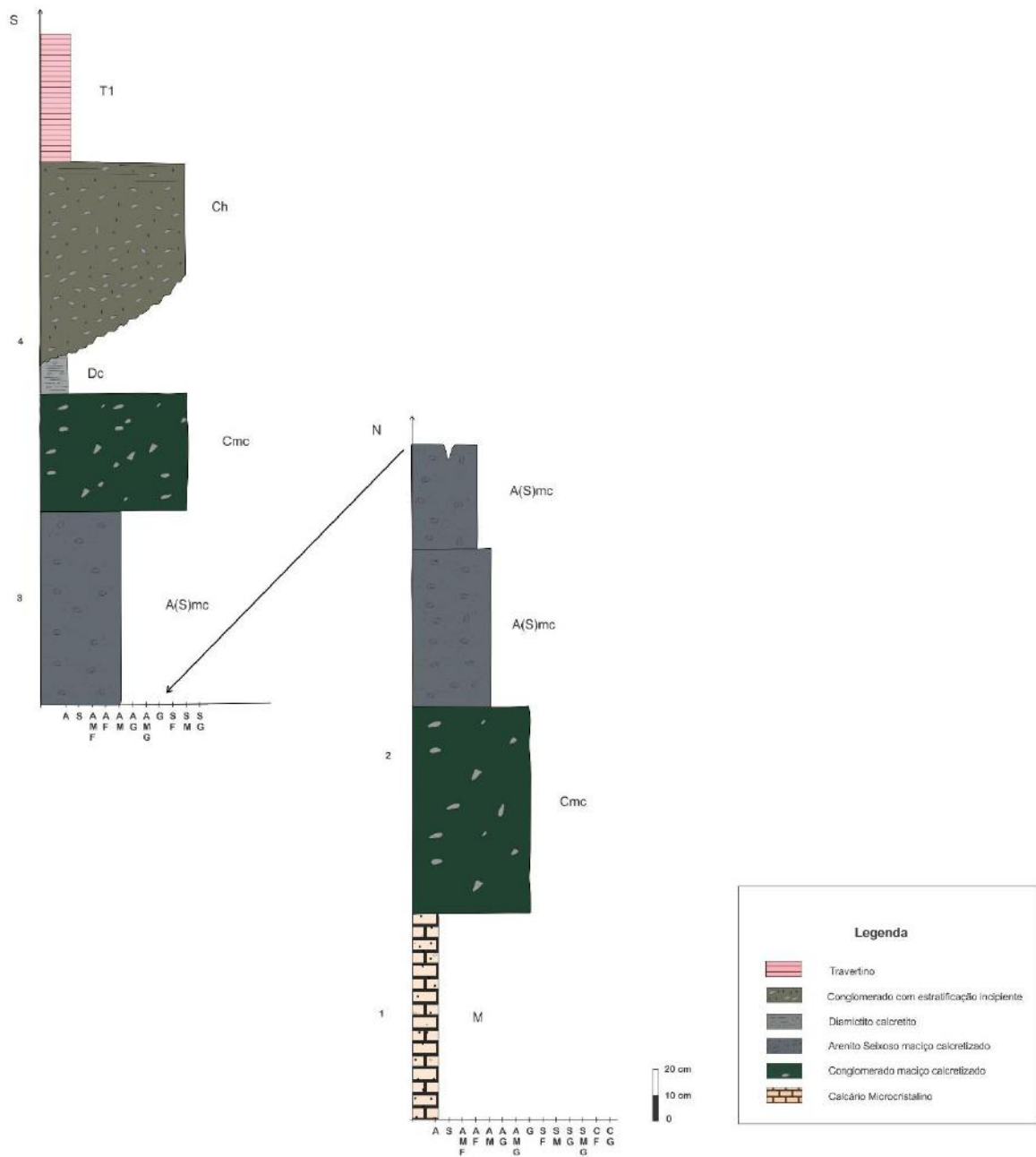


Figura 48: Perfil faciológico da porção à norte do ponto M07

8 CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou entender e interpretar a arquitetura deposicional da bacia de São José de Itaboraí, considerando seu histórico tectônico, a partir de análises litofaciológicas dos principais registros presentes na mesma. O interesse pela história da bacia surgiu da importância que ela exerce na pesquisa científica e por ser um sítio localizado muito próximo à cidade do Rio de Janeiro, aberto à visitação da comunidade e que possui um grande potencial cultural, científico e de bem estar para ser compartilhado com a comunidade.

Ao longo dos anos, as análises realizadas resultaram em pesquisas de iniciação científica. Pôde ser percebido que os depósitos da bacia foram majoritariamente afetados por intensa calcetização. Por isso, diversos autores interpretaram esses depósitos como calcários, não considerando todo o histórico de eventos anteriores que, em sua maioria estão registrados na textura e estrutura das fácies sedimentares. Devido a isso, houve-se a necessidade de investigar os dois principais momentos que compõem o histórico da bacia: tectônico/deposicional e diagenético.

Pôde ser percebido que as associações faciológicas seguem uma ciclicidade na dinâmica tectônica/deposicional que é controlada, basicamente, pelo movimento (ou não) da falha principal de São José que delimita a bacia à Sul. Em momentos de intensa atividade tectônica e máxima energia, a falha expõe e embasamento local e a instabilidade regional gera processos gravitacionais de fluxo de detritos. Em um segundo momento de atividade tectônica moderada, a falha já não causa rejeitos consideráveis e nem a ocorrências de intensos fluxos gravitacionais, mas permanece ativa, gerando fraturas abertas que permitem que águas hidrotermais carbonatadas percolem e fluam pela superfície do terreno, precipitando calcários (travertinos)

a partir de desgaseificação (perda de CO₂ provocada pelo contato dessas águas com a atmosfera e as irregularidades no terreno que provocam agitação no fluxo.

Ao atingir estabilidade tectônica, as condições do ambiente permitem processos como calcetização das rochas e carstificação do relevo. É possível observar em campo fácies de preenchimento de cavidades, associados às condições de relevo cárstico. Adicionalmente, notam-se feições indicativas de fases de exposição subaérea do substrato como horizontes de calcrete nodular, bioturbações, *vugs* e brechas intraformacionais. Nesta fase de quiescência tectônica, a variação do lençol freático causa o aparecimento de pequenos níveis de calcita ou até mesmo travertino em camadas de rocha sedimentar siliciclástica.

Para trabalhos futuros, é recomendado que se desenvolva esquemas em 3-D para melhor visualização do paleoambiente e de como ocorriam as interações entre tectônica, deposição e processos diagenéticos. Também seria interessante uma investigação paleoclimática, já que travertinos podem registrar mudanças no clima a partir de variações radioativas de ¹⁸O/¹⁶O, enquanto ¹³C/¹²C radioativos poderia evidenciar mudanças na fonte de CO₂ com *input* associado aos ciclos de Milankovitch (Capezzuoli *et al.*, 2013).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADLER, P. 2016. Calcretes e travertinos da Bacia de Itaboraí, Estado do Rio de Janeiro. 489p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ALMEIDA, F.F.M. 1976. The system of continental rifts bordering the Santos Basin. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 58:15-26.
- Almeida, F. D., & Hasui, Y. 1984. O embasamento da plataforma Sul Americana. In: F.F.M. ALMEIDA. *O Pré-Cambriano do Brasil*, Ed. Edgard Blucher, 378p.
- ALMEIDA, F.F.M. & CARNEIRO, C.D.R. 1998. Origem e evolução da Serra do Mar. *Revista Brasileira de Geociências*, 28(2):135-150.
- ALONSO-ZARZA, A.M. & TANNER, L.H. 2010. *Carbonates in Continental Settings: Facies, Environments, and Processes*. Elsevier, Amsterdam vol. 61.
- ARAKEL, A. V., & MCCONCHIE, D. 1982. Classification and genesis of calcrete and gypsite lithofacies in paleodrainage systems of inland Australia and their relationship to carnotite mineralization. *Journal of Sedimentary Research*, 52(4), 1149-1170.
- BERGQVIST, L. P.; MOREIRA, A.L. & PINTO, D.R. 2006. Bacia de São José de Itaboraí: 75 anos de história e ciência. Rio de Janeiro, Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 84p.
- BERGQVIST, L. P., MANSUR, K., RODRIGUES, M. A., RODRIGUES-FRANCISCO, B. H., PEREZ, R., & BELTRÃO, M. C. 2009. Bacia São José de Itaboraí, RJ. Berço dos mamíferos no Brasil. *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, CPRM, 2, 413-432.
- BITTENCOURT, B.R. 2010 *Caracterização da Zona de Cisalhamento Três Corações entre as cidades de Luminárias e São Gonçalo do Sapucaí, sul de Minas Gerais*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Curso de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro
- BIZZI, L. A., SCHOBENHAUS, C., VIDOTTI, R. M., & GONÇALVES, J. H. 2003. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: texto, mapas e SIG. CPRM.
- BORGHI, L. 2000. Visão geral da análise de fácies sedimentares do ponto de vista da arquitetura deposicional. Rio de Janeiro. *Boletim do Museu Nacional*, Nova Série, Geologia, 53, p.1-26.
- BRAUNN, P. R., & RIBEIRO, A. M. 2017. Evolução dos Toxodontia da América do Sul durante o Cenozoico: aspectos dentários, paleoclimáticos e paleoambientais. *Terræ Didática*, 13(2), 127-145.
- BRITO, I.M. 1989. Geologia e paleontologia da bacia calcária de São José de Itaboraí, estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências/UFRJ*, 12: 56-64.

- CAPEZZUOLI, E.; GANDIN, A. & PEDLEY, M. 2014. Decoding tufa and travertine (fresh water carbonates in the sedimentary record: the state of the art. *The Journal of the International Association of Sedimentologist*, 61(1): 1-21
- COUTINHO, G.A. 2005. A Instalação da Companhia Nacional de Cimento Portland no município de São Gonçalo (RJ). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, 28, Florianópolis, 2015. Resumos expandidos, Florianópolis, 8p.
- DE FREITAS, R. O. 1951. Ensaio sobre a tectônica moderna do Brasil. Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, Universidade de São Paulo. *Geologia*, (6), 7-107.
- DELLA PORTA, G., BARILARO, F., & CAPEZZUOLI, E. 2012. Non Marine Carbonates: Microbially Mediated vs. Abiotic Fabrics and Porosity. In: AAPG HEDBERG Conference Microbial carbonate Reservoir Characterization.
- FERRARI, A.L. 2001. *Evolução tectônica do Graben da Guanabara*. São Paulo, 412p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- FORD, D. & WILLIAMS, P. 2007. *Karst hydrogeology and Geomorphology*. Wiley Press, Chichester, 526p.
- FRISIA, S., & BORSATO, A. 2010. Karst. *Developments in Sedimentology*, 61: 269-318.
- GOOGLE MAPS 2018, *Rotas*, Google. Disponível em: <https://goo.gl/RHPq27>. Acesso em 27 fev 2018.
- GREGORY, J.W. 1984. Contributions to the Physical Geography of British East Africa. *Geog. J.*, 4: 289 – 315, 408 – 424, 505 – 525.
- GUERRA, A. T. & GUERRA, A. J. T. *Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.
- HASUI, Y., CARNEIRO, C.D.R., DE ALMEIDA, F. F. M., & BARTORELLI, A. (Eds.). 2012. *Geologia do Brasil*. São Paulo: Beca. 900p
- HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M.D.C.; SILVA, L.D.; TROUW, R.A.J. & JANASI, V.D.A. 2004. Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R., Brito-Neves, B.B. (Eds.), *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, p. 203-235.
- INSTITUTO VIRTUAL DE PALEONTOLOGIA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, Instituto Virtual de Paleontologia na festa dos 171 anos de Itaboraí, Rio de Janeiro, 01 jun 2004. Disponível em < <http://www.faperj.br/?id=267.2.6>>. Acesso em 13 out 2019.
- JÜRGENS, L. 2007. 'Obra Faz Inventário de Fósseis da Bacia de São José de

Itaboraí', *FAPERJ*, 15 Março de 2007. Disponível em: <<http://www.faperj.br/?id=941.2.0>>. Acesso em 12 mar 2018.

KLEIN, V. C., & RODRIGUES-FRANCISCO, B. H. 1981. Aspectos sedimentares e estruturais na Bacia Calcária de São José de Itaboraí, Rio de Janeiro, e suas implicações para a paleontologia. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 53(1), 135-42.

KLEIN, V.C. & VALENÇA, J.G. 1984. Estruturas almofadadas em derrame ankaramítico na bacia de São José de Itaboraí, Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, XXXIII, 1984, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, SBG, v. 9, p. 4335-4339.

KLEIN, V. C. & BERGQVIST, L. P. 2002. Excursão à bacia de São José de Itaboraí, Rio de Janeiro. *Arquivos do Museu Nacional*, 60(3): 245-256.

LEINZ, V. 1938. *Os calcários de São José, Niterói, Estado do Rio de Janeiro*. Mineração e Metalurgia, Rio de Janeiro, 3(15): 153-155.

MELO, M.D.; RICCOMINI, C.; HASUI, Y.; ALMEIDA, F. D. & COIMBRA, A. M. 1985. Geologia e evolução do sistema de bacias tafrogênicas continentais do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 15(3): 193-201.

MENEZES, S.O. & CURVELLO, W.S. 1973. Oolitos de Itaboraí. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 45(2): 245-252.

MIALL, A.D. 1999. *Principles of Sedimentary Basin Analysis*. 3rd edition: SpringerVerlag Inc., New York, 616p.

MOURA, L. 2017 *Significado das feições de carstificação na evolução da Bacia de São José de Itaboraí, município de Itaboraí (RJ)*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Curso de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro

PAULA-COUTO C. 1958. Idade geológica das bacias cenozóicas do vale do Paraíba e de Itaboraí. *Boletim do Museu Nacional*, Nova Série, Geologia 25.

PEREIRA, G.C.R. 2015. *Estudo Sedimentológico e Petrográfico dos carbonatos continentais da Bacia de Itaboraí*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 153p.

PEREIRA, G.C.R.; OLIVEIRA, E.C. & BERGAMASCHI, S. 2017. Continental carbonates from Itaboraí Formation in shoutheastern, Brazil. *Quaternary International*, **437**: 199-211.

PRESS, F. *et al.* 2006. *Para Entender a Terra*. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 656p. ISBN 9788536306117.

RICCOMINI, C 1989. *O Rift Continental do Sudeste do Brasil*, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da

USP. Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44136/tde-18032013-105507/pt-br.php>.

RICCOMINI, C; MELO, M.S. & COUTINHO, J.M.V. 1991. *Late cretaceous early tertiary ultrabasic magmatism in the western part of the State of Rio de Janeiro, Brazil*. São Paulo. Bol.IG-USP, Publ. Esp., **10**:77-84

RICCOMINI, C; SANT'ANNA L & FERRARI A 2004, Evolução Geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In Mantesso Neto V; Bartorelli A; Dal Ré Carneiro C; BRITO NEVES B. B (EDS), *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, Editora Beca, p. 382-406.

RODRIGUES FRANCISCO, B. H 1989, 'Estratigrafia da Bacia de São José de Itaboraí', *Anuário do Instituto de Geociências/UFRJ*, Rio de Janeiro, v. 12, p. 65-69.

RODRIGUES FRANCISCO, B.H. & CUNHA, F.L.S. 1978. Geologia e estratigrafia da bacia de São José, município de Itaboraí, RJ. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 50(3): 381-416.

SANT'ANNA, L & RICCOMINI, C 2001, Cimentação Hidrotermal em Depósitos Sedimentares Paleogênicos do Rift Continental do Sudeste do Brasil: Mineralogia e Relações Tectônicas, *Revista Brasileira de Geociências*, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, v. 31, p. 231-240.

SELLEY, R.C. 1968. Facies profiles and other new methods of graphic data resentation: application in a quantitative study of Lybian Tertiary shorelines deposits. *Journal of Sedimentary Petrology*, 38(2): 363-372.

VALENTE, B.S., PEREIRA, G.C.R., OLIVEIRA, E.C., BERGAMASCHI, S., 2017. Petrographic study of silica-rich continental carbonates from São José de Itaboraí Basin (Brazil). *Journal of Sedimentary Environments*, 2 (4): 319-328.

WINGE, M. *et. al.* 2001. *Glossário Geológico Ilustrado*. Disponível em <<http://sigep.cprm.gov.br/glossario/>>. Acessado em 20 fev 2020.

WRIGHT, V.P. & TUCKER, M. E. 1991. Calcretes: an introduction. In: Wright, V. P., Tucker, M. E. (Eds), *Calcretes*. Oxford, Blackwell Scientific Publications, IAS Reprint Series, v. 2, p. 1-22.

ZALÁN, P. & OLIVEIRA, J. 2005. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, 13(2): 269-300.