

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 09/05/2018.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

BÁRBARA MORAIS NASCIMENTO TEIXEIRA

EVOLUÇÃO SEDIMENTAR DA SEÇÃO SILICICLÁSTICA-
CARBONÁTICA TRIÁSSICA NA PORÇÃO NORTE DA BACIA
CUYO, OESTE DA ARGENTINA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geociências e Meio Ambiente

Orientador: Dr. Norberto Morales

Coorientadores: Dr. Ricardo Alfredo Astini
Dr. Fernando Javier Gómez

Rio Claro - SP

2016

551.303 Teixeira, Bárbara Morais Nascimento
T266e Evolução sedimentar da seção siliciclástica-carbonática triássica na porção norte da Bacia Cuyo, oeste da Argentina / Bárbara Morais Nascimento Teixeira. - Rio Claro, 2016
207 f. : il., figs., tabs., fots., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Norberto Morales
Coorientador: Ricardo Alfredo Astini
Coorientador: Fernando Javier Gómez

1. Sedimentação e depósitos. 2. Rifte continental. 3. Carbonatos microbiais. 4. Carbonatos palustres. 5. Proveniência. 6. Paleocorrente. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

BÁRBARA MORAIS NASCIMENTO TEIXEIRA

EVOLUÇÃO SEDIMENTAR DA SEÇÃO SILICICLÁSTICA-
CARBONÁTICA TRIÁSSICA NA PORÇÃO NORTE DA BACIA
CUYO, OESTE DA ARGENTINA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geociências e Meio Ambiente

Comissão Examinadora

Roberto Salvador Francisco dAvila, Petrobras

Lucas Verissimo Warren, Unesp

Norberto Morales, Unesp

Aprovada

Rio claro, SP 09 de maio de 2016

A Deus, aos mestres e aos pais
pelo caminho iluminado

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Petrobras pelo apoio e patrocínio das atividades de campo e laboratoriais que permitiram o desenvolvimento desse estudo. Agradeço pelo fomento dos setores da UO-RIO, representados pelos gerentes Eberaldo de Almeida Neto, Álvaro H. Arouca de Castro, José Contreras Martinelli e Renata S. de Oliveira Germano, e da área de E&P-EXP, representada pelos gerentes Mário Carminatti e Claudia Lima de Queiroz. Agradeço imensamente às gerentes Sylvia M. Couto dos Anjos e Vânia Silva Campinho que incentivaram o estudo e a parceria com os professores da Universidad Nacional de Córdoba (Argentina) e com a UNESP. Em especial, agradeço à gerente imediata Marília Vidigal Sant'Anna que forneceu total apoio ao mestrado, desde a busca pelo tema e durante os dois anos de realização. Na UNESP, em Rio Claro-SP, agradeço aos professores, funcionários e colegas do Centro de Geociências aplicadas ao Petróleo (UNESPetro) e do Departamento de Petrologia e Mineralogia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas.

Gostaria de agradecer aos orientadores Dr. Norberto Morales, Dr. Ricardo A. Astini e Dr. Fernando J. Gómez pelas valiosas discussões, pelos ensinamentos e por toda dedicação nas atividades de campo, nas reuniões de trabalho e na correção da dissertação. Agradeço ao geólogo Daniel Boggetti, exploracionista da Bacia Cuyo, que se prontificou a apresentar os principais afloramentos da bacia. Agradeço também aos geólogos Agustín Mors, Carlos Guilherme S. Tavares e Vinícius Carbone B. de Oliveira que contribuíram para a aquisição e discussão dos dados de campo.

No desenvolvimento do trabalho, agradeço a enriquecedora troca de experiências e discussões com o especialista em sedimentos carbonáticos da Petrobras, geólogo Adali Ricardo Spadini, e, em sedimentos siliciclásticos, o geólogo Dorval Carvalho Dias Filho, também colega de estudo na Argentina. Sem contar a troca de ideias e auxílio dos colegas da UO-RIO/EXP, E&P-EXP/GEO e CENPES (GSE, IRPS, GEOTEC, GEOQ e BPA): são vários os colegas e amigos petroleiros que realmente apoiaram esse trabalho.

Outros agradecimentos são expressos às pessoas que contribuíram diretamente para que alguns dados fossem disponibilizados: ao Roberto Varela da Digital Globe, ao Prof. Dr. Carlos Roberto de Souza Filho da UNICAMP, à Virginia Teppa Pannia da Universidad de Buenos Aires, e ao então gerente de exploração da Petrobras Argentina S.A. (PESA) Luiz Antonio Freitas Trindade.

Finalmente, dedico minha maior gratidão ao meu marido, pais, irmãos e amigos por todo amor, apoio e incentivo!

RESUMO

O afloramento da Quebrada Cerro Puntudo, Província de San Juan, oeste da Argentina, expõe os depósitos triássicos mais setentrionais da bacia extensional Cuyo, caracterizada por um sistema de hemi-grábens de direção NNW-SSE. A seção evidencia sedimentação continental predominantemente siliciclástica e, diferentemente do restante da bacia, possui depósitos carbonáticos microbiais, cujo marco tectônico não é bem conhecido. A partir da análise de associação de fácies, foram elaborados mapas paleogeográficos que subsidiaram a interpretação dos ambientes deposicionais e do empilhamento vertical. Nesse estudo, além dos fatores clássicos que controlam a sedimentação em bacias continentais, tectônica e clima, considerou-se também a possível configuração de drenagens para o reconhecimento de etapas de depocentro isolado e depocentro integrado/conectado. Assim, análises de paleocorrentes e proveniência foram agregadas às informações dos sistemas deposicionais e permitiram interpretar a evolução da sedimentação em três estágios. O estágio inicial é caracterizado por intensa atividade tectônica das falhas normais de borda, com deposição de leques aluviais. As paleocorrentes transversais para leste indicam posição da borda falhada a oeste e a proveniência evidencia área fonte vulcânica. Essas características sugerem uma condição de depocentro isolado com alta taxa de acomodação e domínio de fluxos gravitacionais de massa. O estágio seguinte é marcado por quiescência tectônica, quando ocorreu preenchimento e colmatação progressiva do depocentro por sistemas deposicionais fluviais, com manutenção das áreas de aporte. Esse intervalo inclui os depósitos carbonáticos microbiais, cujas significativas feições eodiagenéticas/pedogenéticas caracterizam uma associação de fácies palustre. O ambiente palustre se desenvolveu em uma etapa de baixa taxa de sedimentação, limitado relevo tectônico e limitada criação de espaço de acomodação. Portanto, os carbonatos palustres de Cerro Puntudo evidenciam uma etapa de inatividade das falhas de borda. O estágio final ocorre a partir de uma expressiva discordância erosiva, que evidencia combinação de reativação tectônica e mudança climática, quando ocorreram importantes modificações na sedimentação do depocentro. Nessa etapa, depósitos fluviais entrelaçados apresentam aporte de sedimentos para noroeste (axial), a partir de área fonte múltipla, composta por rochas vulcânicas, metamórficas e sedimentares. Essas características sugerem uma inversão do aporte e condições de depocentro integrado/conectado. Sugere-se que essa condição esteja relacionada à conexão com o depocentro de Rincón Blanco, localizado a sul, pois as fácies, paleocorrentes, proveniência e contexto climático, descritos na literatura, são consistentes com as análises realizadas em Cerro Puntudo. Nessa proposta de correlação, considera-se que, abaixo da discordância erosiva, os depocentros se desenvolviam em condições tectono-climáticas semelhantes, em fase inicial de rifte e clima semi-árido, mas de forma independente e isolada. Enquanto que, a partir da discordância, esses depocentros passaram a ter comunicação devido a uma reativação tectônica em condições climáticas mais úmidas, que possibilitaram a exportação de sedimentos do depocentro de Rincón Blanco, a montante, para o depocentro de Cerro Puntudo, a jusante.

Sedimentação. Rifte continental. Carbonatos palustres. Proveniência. Paleocorrente.

ABSTRACT

The outcrops in the Cerro Puntudo area, San Juan province, western Argentina, expose the northernmost triassic deposits of the extensional Cuyo basin, which is composed of half-graben fill-systems oriented NNW-SSE. The stratigraphic column consists of continental siliciclastic sedimentation, and differ from the rest of the basin, by having microbial carbonate deposits, of unconstrained tectosedimentary meaning. From a facies association analysis, paleogeographic maps were carried out in order to support depositional environment interpretations and stacking analysis. Besides the traditional controls in continental basins sedimentation, tectonics and climate, this study considered the possible evolution of the drainage pattern in order to recognize isolated depocenter stages and integrated depocenter stages. Thus, paleocurrent and provenance analysis were integrated to the depositional systems so as to propose a sedimentary evolution with three stages. The initial stage is characterized by strong tectonic activity of border faults, with alluvial fan deposits. Transverse paleocurrents toward the east indicate normal faults located to the west and sediment supply from a volcanic source area. These features suggest an isolated depocenter with high accommodation space and dominance of debris flow deposits. The next stage is marked by a tectonic quiescence. During this stage the depocenter is filled by fluvial depositional systems, maintaining the same area supply. This interval includes microbial carbonate deposits with eodiagenetic/pedogenetic features, typical of palustrine facies associations. The palustrine environment developed in a context of low sedimentation rate, limited tectonic relief and limited accommodation-space creation. Therefore, the palustrine carbonates of Cerro Puntudo reveal a stage of faults inactivity. The final stage occurs above a relevant erosional unconformity, which is a product of a combined tectonic reactivation and climatic change affecting the depocenter. This produced significant changes in the depocenter sedimentation. In this last stage, braided fluvial deposits show sediment delivery to northwest (axial) from a variable source area, composed of volcanic, sedimentary and metamorphic rocks. All these features indicate an integrated/connected depocenter state. Thus, suggesting a connection with the Rincón Blanco depocenter, located to the south, since it has facies, paleocurrent, provenance, and climatic conditions, described in the literature, consistent with the analysis done in the Cerro Puntudo region. In this correlation, under the unconformity the depocenters where developed in similar tectonic-climatic conditions, during early stages of rift and semi-arid climate, but depocenters were isolated and independent from each other. Whereas, above the unconformity, the depocenters were connected due to a tectonic reactivation in more humid climate condition that exported sediments from the Rincón Blanco upstream depocenter to the Cerro Puntudo downstream depocenter.

Sedimentation. Continental rift. Palustrine carbonates. Provenance. Paleocurrent.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo Quebrada de Cerro Puntudo	4
Figura 2: Modelos tectono-sedimentares para bacias extensionais continentais de Gawthorpe e Leeder (2000):	9
Figura 3: Modelagem de Smith (2013) para o preenchimento sedimentar de sub-bacias extensionais adjacentes.	11
Figura 4: a) Smokey Valley é um depocentro hidrologicamente isolado; b) Diamond Valley é hidrologicamente integrado (SMITH, 2013; imagem Google Earth® de 06/03/2016).....	12
Figura 5 a) Mapa da reconstrução paleogeográfica do Mesotriássico, oeste do Gondwana, (modificado de ULIANA e BRIDDLE, 1988); b) Mapa das localidades com sedimentos triássicos continentais e marinhos. (STIPANICIC, 2002).	14
Figura 6: Contexto morfoestrutural da área de estudo, (modificado de GIAMBIAGI et al., 2011; RAMOS, 2004; ASTINI e THOMAS, 1999).	15
Figura 7: a) Andesito do Grupo Choiyoi como embasamento de Cerro Puntudo, vista panorâmica para sul; b) camada de tufos esverdeados intercalados aos carbonatos	16
Figura 8: Modelo evolutivo da região Precordillera entre o Permiano e Triássico, (traduzido de ASTINI et al., 2009).....	17
Figura 9: Mapa das bacias triássicas do centro-oeste da Argentina (modificado de STIPANICIC, 2002) com destaque para a localidade de Cerro Puntudo e traço da seção A-A'.....	19
Figura 10: Seção estratigráfica conceitual no depocentro Tupungato durante o Triássico (traduzido de ZENCICH; VIIIAR; BOGGETTI, 2008).	20
Figura 11: Síntese estratigráfica para a Precordillera Occidental, próximo à localidade de Cerro Puntudo (baseado em SESSAREGO, 1988).	21
Figura 12: Coluna cronoestratigráfica da Bacia Cuyo no depocentro Tupungatu (BOGGETTI et al., 1999), e no de Rincón Blanco (modificado de BARREDO e RAMOS, 2010);	23
Figura 13: a) Mapa geológico para os depósitos triássicos em cinza; b) seção colunar da quebrada de Cerro Puntudo; c) modelo de preenchimento do hemi-graben (modificado de LÓPEZ-GAMUNDÍ e ASTINI, 2004).	26
Figura 14: Mapa geológico da área de Cerro Puntudo. (modificado de LÓPEZ-GAMUNDÍ e ASTINI, 2004; CARDÓ e DÍAS, 2005).	29
Figura 15: Afloramentos triássicos das formações Cerro Puntudo e El Relincho e das localidades próximas à área de estudo	30
Figura 16: Método Gazzi-Dickinson de contagem de grãos (ZUFFA, 1985).....	43
Figura 17: Mapa de associação de fácies da área da Quebrada de Cerro Puntudo..	47
Figura 18: Imagens de satélite Word-View II no centro da área e ASTER nas adjacências. Destaque para os limites das associações de fácies, os pontos de campo, a localização da quebrada de Cerro Puntudo	48
Figura 19: Sinclinal assimétrica apertada na porção oeste da área (ponto 38);	49
Figura 20: Afloramentos da Quebrada de Cerro Puntudo.....	50

Figura 21: Seções horizontais da quebrada de Cerro Puntudo	51
Figura 22: Seção de correlação N-S dos perfis levantados na área de estudo.	52
Figura 23: Seção colunar com litoestratigrafia e associações de fácies.	54
Figura 24: Visão panorâmica dos depósitos de leques aluviais na Quebrada I.	57
Figura 25: a) Conglomerado de matacões pobremente estratificados; b) camada de blocos e seixos imbricados; c) brecha maciça suportada por matriz argilosa.	59
Figura 26: a) Ortoconglomerado suportado pelos clastos com matriz arenosa; b) arenito conglomerático estratificado com seixos orientados segundo o acamamento.	61
Figura 27: a) Discordância erosiva entre associação fluvial entrelaçado conglomerático e palustre; b) marca de escavação e preenchimento na base do conglomerado; c) camadas de conglomerado com estratificação incipiente e acreção downstream para NW.	63
Figura 28: a) Seixos e blocos imbricados; b) Cunha de arenito com estratificação de baixo ângulo com seixos na base; c) Fácies de arenito e conglomerado intercaladas.	66
Figura 29: Associação de fácies fluvial entrelaçado.	68
Figura 30: a) Conglomerado com estratificação horizontal; b) detalhe da gradação normal com clastos imbricados.	69
Figura 31: a) Arenito intercalado a conglomerados estratificados; b) arenito com estratificação cruzada planar e geometria lenticular; c) arenito com estratificação cruzada planar.	70
Figura 32: Panorama da associação de fácies fluvial efêmero Notar expressivo canal conglomerático (centro da foto).	72
Figura 33: a) Perfil de canal de arenito maciço; b) arenito com laminação plano-paralela e seixos na base; c) marca de sola na vista na base de camada arenosa.	73
Figura 34: a) Conglomerado/arenito com estratificação cruzada planar; b) acreção lateral de camadas arenosas na direção das setas.	75
Figura 35: a) Arenito bioturbado, siltito mosqueado e arenito maciço com seixos dispersos; b) arenito maciço com textura nodular-mosqueada; c) bioturbação em arenito fino.	77
Figura 36: Detalhe do Perfil II com a associação de fácies fluvial efêmero (Perfil C)	78
Figura 37: a). Perfil de calcrete com fácies de arenito/siltito nodular-mosqueada na base e fácies crosta carbonática com lâminas e rizólitos associados.	80
Figura 38: a) Nódulo carbonático contendo pelóides; b) textura alveolar	81
Figura 39: a) Associação de fácies palustre com cor violácea, caracterizada nesse intervalo por fácies siliciclásticas/vulcanoclásticas de siltitos, tufo e arenitos	83
Figura 40: a) Siltito mosqueado com laminação e níveis mosqueado/nodular; b) vista em planta de siltito com bioturbação; c) fotomicrografia de laminação heterolítica.	84
Figura 41: a) Ampla lente de arenito em fita; b) arenito com concreções carbonáticas.	86
Figura 42: a) Camadas de calcário laminado tabulares decimétricas; b) lâminas micríticas levemente crenuladas intercaladas a fenestras cimentadas por calcita.	90

Figura 43: a) Camada dômica associada a nódulos calcíticos e intraclastos; b) intercalação de lâminas sílticas em calcário laminado; c) nódulos calcíticos intra-sedimentares.	91
Figura 44: Feições de exposição macroscópicas: a) gretas de contração; b) <i>tepee</i> ; c) brecha (paleossolo).	92
Figura 45: Intercalação de níveis micríticos e níveis micro-espáticos.....	93
Figura 46: Laminação micrítica crenulada; ostracode articulado na base.....	94
Figura 47: a) fenestras de geometria irregular e descontínuas e possíveis calcimicróbios esféricos e esferulitos.	95
Figura 48: a) Micro-carte com silte vadoso e cimento em laminito crenulado.....	96
Figura 49: a) Cristais de barita (ba) e de calcita (ca) com relictos de micrita; b) espectrograma do MEV-EDS com a composição de sulfato de bário.....	97
Figura 50: a) Cimento calcítico poiquilítico que engloba grãos (pelóides e intraclastos).	98
Figura 51: a) Acamamento heterolítico de laminito crenulado e de siltito	100
Figura 52: a) Lâmina petrográfica pré-tingimento com cristais romboédricos zonados; b) Lâmina tingida com alizarina; c) espectrograma de dolomita; d) espectrograma da borda de calcita magnésiana) ..	101
Figura 53: Camada lenticular de Calcário oncolítico e detalhes da trama.	103
Figura 54: a) Oncóides com morfologia variada; b) Estromatolitos dômicos na base com crescimento limitado por oncóide.....	105
Figura 55: a) Calcário perturbado/silicificado, com fragmentos de oncóides; b) floatstone oncolítico com estrutura geopetal no núcleo dos oncóides; c) bioturbação (rizólito).	106
Figura 56: a) Oncóide grumoso/espático; b) calcimicróbios entre envelopes do oncóide.	108
Figura 57: Matriz micrítica com pelóides e grãos siliciclásticos entre oncóides	109
Figura 58: a) Gyrogonitas em floatstone oncolítico com carófitas; b) núcleo de carófitas: 111	
Figura 59: Coquina de ostracodes e fragmentos de carófitas (inter-nós).	112
Figura 60: a) Matriz neomorfizada com cristais incolores pré-tingimento; b) tingimento por alizarina; c) espectrograma de EDS-MEV em cristal romboédrico de calcita.....	113
Figura 61: a) Camada de mudstone com gretas de contração.	115
Figura 62: a) Aspecto maciço do mudstone; b) wackestone com carófitas e ostracodes.....	117
Figura 63: a) Calcário grumoso; b) porção com textura micrítica e grumosa-peloidal; c) porção espática com cristais de calcita facicular (<i>shrubs</i>).	118
Figura 64: a) Aspecto maciço com bioturbação; b) detalhe de rizólito; c) fenestras de milimétricas horizontais e fissuras tríplexes.....	120
Figura 65: Nódulos com envórtorios micríticos contínuos (<i>coated grains</i>).	121
Figura 66: Gretas circum-granulares que ressaltam os pelóides e nódulos micríticos	122
Figura 67: Microfácies calcário com rizólitos: cavidades verticais, bifurcadas.....	123

Figura 68: Feições de zona vadosa: a) silte vadoso; b) cimento pendente.....	124
Figura 69: Microfácies calcário pseudo-nodular/peloidal.	125
Figura 70: a) Calcário misto mosqueado bioturbado; b) textura mosqueada.....	127
Figura 71: a) Microfácies calcário síltico-arenoso, no centro, em contato sinuoso com microfácies calcário micrítico; b) Microfácies calcário tufáceo com shards e vitroclastos.....	129
Figura 72: Modelo de fácies para carbonatos lacustres marginais.(Platt e Wright, 1991).	130
Figura 73: Modelo dinâmico de variação da lâmina d'água (nível freático) com a fácies carbonática primária depositada.	132
Figura 74: a) Associações de fácies palustre com fácies finamente intercaladas; b) camadas de arenito intercaladas a calcários laminados (com lâminas siliciclásticas).	134
Figura 75: a) Associações de fácies palustre e de calcrete com os aspectos petrográficos das fácies: (modificado de ALONSO-ZARZA, 2003).	136
Figura 76: a) Perfil da associação de fácies palustre inferior (A) e superior (B).	138
Figura 77: a) Perfil do intervalo carbonático inferior (A) de 18 m, levantado no ponto 02.	139
Figura 78: a) Perfil do intervalo carbonático superior (B) de 56 m, levantado no ponto 33.	140
Figura 79: Seção de correlação do intervalo palustre basal (intervalo) e fluvial efêmero.	142
Figura 80: Seção colunar com o empilhamento das associações de fácies.	144
Figura 81: Mapa das associações de fácies e estações de medidas de paleocorrentes.....	150
Figura 82: Seção colunar com as paleocorrentes por intervalo estratigráfico e posição das amostras para análise de proveniência.....	152
Figura 83: Aspecto de afloramento das estações de contagem de frequência de clastos:.....	155
Figura 84: Principais litotipos constituintes dos conglomerados da área de estudo.	156
Figura 85: Mapa geológico simplificado da Precordillera Occidental com os afloramentos triássicos da parte norte da Bacia Cuyo (modificado de LÓPEZ-GAMUNDÍ e ASTINI, 2004, SESSAREGO,1988, BARREDO, 2004 e CARDÓ e DÍAS, 2005).	158
Figura 86: a) Grão de Qm vulcânico, b) Qm subarredondado com cimento sintaxial prévio; c) Qm com extinção ondulante; d) Quartzo policristalino com textura granoblástica	160
Figura 87: a) K-feldspatos com tingimento; b) k-feldspato parcialmente substituído; c) K-feldspatos parcialmente albitizados em MEV; d) espectro de raios-X por EDS/MEV; e,f) Plagioclásio em fragmento de rocha porfírica não tingido.	162
Figura 88: a) Grãos de feldspatos parcialmente dissolvidos; b) substituído por quartzo; c) Fenocristal indiferenciado com "macla chessboard"; d) Espectro de EDS: albita.	164
Figura 89: a) Lítico vulcânico de textura porfírica e matriz tingida; b) Textura porfírica com fenocristais de plagioclásio e de anfibólios	166
Figura 90: a) Fragmento felsítico; b) textura felsítica com amígdala; c) shards em meio a matriz criptocristalina; d) Sílica com textura esferulítica (desvitrificação).	167
Figura 91: a) Textura <i>lathwork</i> ; b) lítico vulcânico porfírico bastante alterado.	168

Figura 92: Fragmentos metamórficos: a) detalhe da foliação; b) fragmento de meta-arenito; c,d) meta-grauvaca com foliação marcada por micas.	169
Figura 93: Fragmento de siltito grosso com matriz argilosa esverdeada entre os grãos	170
Figura 94: Diagrama QmFLt e seção colunar com as amostras para proveniência.	172
Figura 95: Diagramas composicionais com a distribuição das amostras analisadas: a) QpLvLm; b) QpLvLs; c) QtFL.	174
Figura 96: Mapa geológico da Precordillera Occidental na região do depocentro de Cerro Puntudo com destaque colorido das potenciais áreas-fonte para as formações Cerro Puntudo e El Relincho (modificado de LÓPEZ-GAMUNDÍ e ASTINI, 2004, SESSAREGO,1988).....	176
Figura 97: Síntese do empilhamento, mapas paleogeográficos e paleocorrentes que subsidiaram as etapas evolutivas interpretadas.	180
Figura 98: Modelos evolutivos da Tectono-Sequência da Fm. Cerro Puntudo para os estágios de Atividade tectônica e Quiescência tectônica.	188
Figura 99: Modelo evolutivo da Tectono-Sequência da Fm. El Relincho para o estágio de reativação tectono-climática.....	189
Figura 100: Seção de correlação entre depocentros de Cerro Puntudo e Rincón Blanco.....	193

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Síntese das idades geocronológicas em rochas vulcânicas e vulcanoclásticas dos depocentros da Bacia Cuyo (dados de SPALLETTI; FANNING; RAPELA, 2008; ÁVILA et al., 2006; RAMOS e KAY, 1991; BARREDO et al., 2012; MANCUSO et al., 2010).....	27
Tabela 2: Exemplo de contagem da amostra CP-53 utilizando o software Petroledge®.....	45
Tabela 3: Resumo das fácies predominantemente siliciclásticas.....	55
Tabela 4: Resumo das associações de fácies predominantemente siliciclásticas e principais fácies....	56
Tabela 5: Resumo das fácies carbonáticas e microfácies associadas.....	88
Tabela 6: Principais feições eodiagnéticas observadas nas fácies carbonáticas.....	132
Tabela 7: Resumo das fácies carbonáticas e siliciclásticas/vulcanoclásticas que compõem a associação de fácies palustre.....	137
Tabela 8: Contagem de frequência de blocos e seixos em conglomerados.....	154
Tabela 9: Composição modal de 10 amostras de arenitos (valores em porcentagem).....	170
Tabela 10: Resumo das tectono-sequências e etapas evolutivas do depocentro de Cerro Puntudo com suas principais características.....	178

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos e motivação do trabalho.....	2
1.2. Localização e vias de acesso	3
2. SEDIMENTAÇÃO EM BACIAS EXTENSIONAIS CONTINENTAIS	5
3. GEOLOGIA REGIONAL	13
3.1. Arcabouço estrutural e tectônico	13
3.2. Estratigrafia.....	20
4. CONTEXTO GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO	28
5. MATERIAIS E MÉTODOS	31
5.1. Sobre a classificação das rochas carbonáticas estudadas	31
5.2. Levantamento bibliográfico: área de investigação e tectono-sedimentação	32
5.3. Mapas-base e sensoriamento remoto.....	33
5.4. Atividades de Campo.....	33
5.4.1. Caracterização de fácies e levantamento de perfis verticais.....	34
5.4.2. Paleocorrentes	36
5.4.3. Análise de proveniência em conglomerados	37
5.5. Atividades Laboratoriais.....	37
5.5.1. Descrição petrográfica.....	38
5.5.2. Análise complementar de MEV	38
5.5.3. Análise de proveniência em arenitos.....	40
6. RESULTADOS	46
6.1. Distribuição areal das associações de fácies.....	46
6.2. Litoestratigrafia	53
6.3. Fácies e associações de fácies predominantemente siliciclásticas.....	55

6.3.1.	Associação Leque aluvial (dominado por fluxos gravitacionais de massa)	56
6.3.2.	Associação Fluvial entrelaçado conglomerático	62
6.3.3.	Associação Fluvial entrelaçado.....	67
6.3.4.	Associação Fluvial efêmero	71
6.3.5.	Associação Palustre (siliciclástica)	82
6.4.	Fácies e associação de fácies predominantemente carbonáticas.....	88
6.4.1.	Fácies Calcário laminado.....	88
6.4.2.	Fácies Calcário oncolítico	102
6.4.3.	<i>Fácies Mudstone</i>	115
6.4.4.	Fácies Calcário grumoso	117
6.4.5.	Fácies Calcário maciço a bioturbado.....	119
6.4.6.	Fácies Calcário misto mosqueado bioturbado.....	126
6.4.7.	Associação Palustre (carbonática)	130
6.4.8.	Associação Palustre (carbonática e siliciclástica)	137
6.5.	Empilhamento vertical das associações de fácies	143
6.6.	Paleocorrentes.....	148
6.7.	Análise de Proveniência.....	154
7.	EVOLUÇÃO SEDIMENTAR	178
8.	CONCLUSÃO	195
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	198

1. INTRODUÇÃO

A área de estudo, Quebrada de Cerro Puntudo, pertence à bacia continental Cuyo, que está localizada no oeste da Argentina, entre as províncias de Mendoza e San Juan. Essa bacia tem sua gênese relacionada à extensão de idade triássica, que resultou em rápida subsidência e geração de grabens NNW-SSE no oeste da Argentina e Chile (ULIANA e BIDDLE, 1988; RAMOS e KAY, 1991; SPALLETTI, 1999). As sub-bacias são limitadas por importantes sistemas de falhas com a configuração de hemi-grabens de polaridades opostas. Tal geometria é documentada por seções de sísmica de reflexão (CRIADO ROQUÉ; MOMBRÚ; RAMOS, 1981; DELLAPE e HEGEDUS, 1995) e revelada pela distribuição dos preenchimentos sedimentares em afloramentos expostos pela tectônica de inversão andina (KOKOGIÁN E MANCILLA, 1989, 1993; LÓPEZ-GAMUNDÍ, 1994; SPALLETTI, 2001; BARREDO e RAMOS, 2010; LÓPEZ-GAMUNDÍ e ASTINI, 2004).

A Bacia Cuyo é estudada há mais de um século, quando em 1886 começou a extração manual de petróleo nos afloramentos do Cerro Cacheuta, Província de Mendoza. As reservas provadas ($1,1 \times 10^9$ bbl) e as reservas remanescentes ($2,7 \times 10^6$ bbl) implicam em um total recuperável de $1,3 \times 10^9$ barris de óleo equivalente (bbl) até o ano de 2008 (ZENCICH; VIIIAR; BOGGETTI, 2008). A produção comercial de hidrocarbonetos está limitada a dois depocentros na região de Mendoza, Tupungato e Rivadavia, que ocorrem em sub-superfície. As principais rochas geradoras são folhelhos negros da Formação Cacheuta (triássico), e os estratos reservatórios são depósitos continentais e vulcânicos jurássicos e cretácios, e subordinadamente depósitos fluvio-deltáicos e rochas vulcanoclásticas triássicas. A tectônica andina neógena foi fundamental para a formação do sistema petrolífero, pois causou subsidência, soterramento e, posteriormente, inversão tectônica, que formaram trapas estruturais e processos de geração e migração de hidrocarbonetos (ZENCICH; VIIIAR; BOGGETTI, 2008).

Já no norte da bacia, Província de San Juan, onde está localizada a área de estudo, não foi comprovado sistema petrolífero, apesar de a companhia petrolífera argentina YPF (*Yacimientos Petrolíferos Fiscales*), Repsol e Texaco terem pesquisado o vale intermontano de Upsallata, Calingasta e Iglesia com sísmica 2D e com poços localizados na região de Calingasta. Além das investigações em subsuperfície, essa porção da bacia é estudada também por exposições em afloramentos, cujos trabalhos

publicados datam das últimas três décadas. O afloramento da Quebrada de Cerro Puntudo expõe os depósitos triássicos do extremo norte da Bacia Cuyo (LÓPEZ-GAMUNDÍ e ASTINI, 2004) e, distintamente dos demais depocentros da bacia, essa área possui ocorrências importantes de carbonatos microbiais.

Sedimentação carbonática em contexto extensional rifte continental é observada em diferentes contextos morfotectônicos em análogos recentes como o Sistema de Riftes do Leste Africano e *Basin & Range* (HARRIS; ELLIS; PURKIS, 2012). Porém, não existe um marco tectônico específico para depósitos carbonáticos dentro da evolução tectono-sedimentar de riftes. E mesmo na Bacia Cuyo, o contexto tectono-sedimentar da sucessão carbonática de Cerro Puntudo não é bem conhecido, apesar desses depósitos terem sido relacionados previamente a uma etapa de maior acomodação por atividade tectônica (rifte clímax) (LÓPEZ-GAMUNDÍ e ASTINI, 2004). No contexto de bacias extensionais continentais, os principais controles na sedimentação são a tectônica (atividade das falhas) e clima (LAMBIASE e MORLEY, 1999), mas a configuração das drenagens também exerce influência importante na arquitetura deposicional da bacia (GAWTHORPE e LEEDER, 2000). Assim, na análise evolutiva do preenchimento sedimentar de bacias continentais extensionais esses três fatores devem ser considerados.

8. CONCLUSÃO

As principais conclusões desse estudo são resumidas e diferenciadas de acordo com métodos utilizados, implicações para o ambiente deposicional, para a evolução sedimentar e para correlações estratigráficas.

Métodos

A partir do método de análise de fácies, agrupamento em associação de fácies e interpretação do ambiente deposicional foi possível elaborar mapas paleogeográficos que representam o sistema deposicional de cada etapa do preenchimento do depocentro de Cerro Puntudo. Esses produtos embasaram a análise do empilhamento da seção, e juntamente com as informações fornecidas pelas análises de paleocorrente e proveniência, permitiram propor uma evolução para a sedimentação do depocentro de Cerro Puntudo.

A análise de proveniência pelo método da fração leve se mostrou funcional, uma vez que caracterizou a composição litológica das áreas fonte. A análise conjunta da proveniência e das paleocorrentes permitiu reconstruir a paleogeografia das áreas de aporte e inferir sua relação com a evolução sedimentar da bacia.

Na proposta evolutiva apresentada, além de ser analisada a influência da atividade tectônica e do clima na sedimentação, considerou-se também o impacto das drenagens no registro sedimentar (*abordagem source to sink*).

Ambiente deposicional

As fácies do depocentro de Cerro Puntudo evidenciam para a Formação Cerro Puntudo sistemas deposicionais continentais dos tipos leques aluviais (dominados por fluxos gravitacionais de massa) na base, seguidos por sistemas fluviais (efêmero e entrelaçado) e palustres siliciclásticos-carbonáticos. Na Formação El Relincho, o sistema deposicional é composto por leques aluviais dominados por correntes (leques fluviais).

Dentre essas associações de fácies, ressalta-se o contexto deposicional das fácies carbonáticas, que foi objetivo principal de investigação desse trabalho. A análise de microfácies carbonáticas permitiu o reconhecimento de feições eodiagenéticas/pedogenéticas significativas que caracterizam uma associação de

fácies palustre. Esse tipo de ambiente deposicional/eodiagenético se desenvolve em uma etapa de baixa taxa de sedimentação, limitado relevo tectônico e limitada criação de espaço de acomodação, típicos de etapa de quiescência tectônica. Portanto, os carbonatos palustres de Cerro Puntudo têm importante significado tectônico para a sub-bacia de Cerro Puntudo, evidenciado uma etapa de inatividade das falhas.

As fácies da Formação Cerro Puntudo denotam um clima semi-árido para a sedimentação, indicado pelo caráter efêmero dos sistemas fluviais e por intervalos de calcrete e de carbonatos palustres. Esse clima se assemelha ao interpretado para a seção basal do depocentro de Rincón Blanco, localizado 50km a sul, mas contrasta do clima úmido interpretado para grande parte da seção triássica em outros depocentros da Bacia Cuyo. Somente as fácies da Formação El Relincho, no topo da seção, caracterizam esse tipo de clima úmido.

Evolução sedimentar

O preenchimento sedimentar do depocentro de Cerro Puntudo pode ser resumido em três estágios evolutivos. Inicia com o estágio de atividade tectônica, representado pela unidade Inferior da Formação Cerro Puntudo, cujos estratos evidenciam sedimentação de iniciação do rifte Cuyo. Em seguida, ocorre estágio de quiescência tectônica, equivalente aos estratos da unidade Superior da Formação Cerro Puntudo, que revelam preenchimento e colmatção progressiva do depocentro. Ao final ocorre o estágio de reativação tectono-climática, composto pela Formação El Relincho, que evidencia uma etapa de sedimentação completamente distinta dos estágios anteriores.

Os sistemas deposicionais, paleocorrentes e proveniência permitiram inferir para o depocentro de Cerro Puntudo uma condição de bacia isolada durante os estágios de atividade e quiescência tectônica (Tectono-sequência da Formação Cerro Puntudo), em que o depocentro recebia aporte de sedimentos a partir de uma área fonte vulcânica, localizada no bloco alto de falha normal a oeste. Já durante a Tectono-sequência da Formação El Relincho, acima de importante discordância erosiva, prevaleceu um aporte de sedimentos de sudeste, a partir de área fonte composta por rochas vulcânicas, metamórficas e sedimentares. Isso caracteriza uma condição de bacia integrada/conectada com outro depocentro, possivelmente o de Rincón Blanco,

e justifica a interpretação de uma reativação tectono-climática para essa etapa evolutiva.

Essa interpretação evolutiva difere das interpretações pretéritas sobre a sedimentação do depocentro de Cerro Puntudo, pois a posição da borda falhada a oeste, no estágio inicial do rifte, e a mudança generalizada de declives e aportes, a partir da Formação El Relincho, não haviam sido constatadas até então.

Correlação estratigráfica

Recomenda-se a utilização das nomenclaturas litoestratigráficas Formação Cerro Puntudo e El Relincho para os estratos do depocentro de Cerro Puntudo, pois trata-se de uma sub-bacia independente que pode ter fácies diácronas aos estratos de outros depocentros da Bacia Cuyo. Por esse motivo, não recomenda-se a utilização de nomenclaturas prévias que denominam os sedimentos de Cerro Puntudo conforme a litoestratigrafia do depocentro de Tupungato (Grupo Uspallata), seguindo possíveis correlações crono-estratigráficas (SESSAREGO, 1988).

A interpretação evolutiva apresentada nesse trabalho difere de correlações pretéritas sugeridas para o depocentro de Cerro Puntudo, que o considera como pertencente ao mesmo depocentro de Rincón Blanco. No modelo anterior (Gamundí), o intervalo palustre siliciclástico/carbonático da Formação Cerro Puntudo foi interpretado como lacustre raso e correlacionado aos depósitos lacustres profundos betuminosos do depocentro de Rincón Blanco, correspondentes a Formação Carrizalito. Entretanto, as fácies da Formação Cerro Puntudo evidenciam uma sedimentação em contexto de bacia isolada e sob condições de clima semi-árido, que diferem do contexto deposicional da Formação Carrizalito, depositado em clima úmido (BARREDO e RAMOS, 2010). Portanto, essa correlação pretérita entre o depocentro de Cerro Puntudo e Rincón Blanco não é adequada.

Por outro lado, uma correlação possível entre os depocentros de Cerro Puntudo e Rincón Blanco é a partir da discordância erosiva da base da Formação El Relincho e da discordância angular da Formação Panul, pois as fácies, paleocorrentes, proveniência e contexto climático são consistentes entre essas duas formações. Nessa proposta, considera-se que abaixo da discordância, os depocentros se desenvolviam em condições tectono-climáticas semelhantes, em fase inicial de rifte e clima semi-árido, mas de forma independente e isolada. Enquanto que, a partir da

discordância, esses depocentros passaram a ter comunicação devido a uma reativação tectonônica e mudança climática, que exportou sedimentos do depocentro de Rincón Blanco para o depocentro de Cerro Puntudo.

Uma consequência dessa correlação é que os depósitos lacustres betuminosos da Formação Carrizalito (depocentro Rincón Blanco) e da Formação Cacheuta (depocentro Tupungatu) não têm equivalentes crono-estratigráficos no depocentro de Cerro Puntudo, pois nesse depocentro o afloramento expõe apenas o registro inicial do rifte Cuyo. Depósitos equivalentes podem ter sido depositados nesse depocentro, mas hoje encontram-se totalmente exumados pela tectônica andina. Isso implica que, no extremo norte da Bacia Cuyo, o potencial gerador conhecido da bacia não está preservado.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, P. A. From landscapes into geological history. **Nature**, v. 451, n. 7176, p. 274–276, 2008.

ALLEN, P. A., ALLEN, J. R. **Basin Analysis, principles and applications**. 2ª Edição. Singapura. Blackweel publishing, 2005. 549p.

AITKEN, J.D. Classification and environmental significance of cryptalgal limestones and dolomites, with ilustrations from the Cambrian and Ordovician of southwestern Alberta. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 37, p. 1163-1178, 1967.

ALLMENDINGER, R. W., CARDOZO, N., and FISCHER, D. Structural geology algorithms: Vectors and tensors in structural geology: **Cambridge University Press**, 2012.

ALLMENDINGER, R. W.; JUDGE, P. A. The argentine precordillera: A foreland thrust belt proximal to the subducted plate. **Geosphere**, v. 10, n. 6, p. 1203–1218, 2014.

ALONSO-ZARZA, A. M.; WRIGHT, V. P. Chapter 2 Palustrine Carbonates. **Developments in Sedimentology**, v. 61, n. C, p. 103–131, 2010.

ALONSO-ZARZA, A. M. Palaeoenvironmental significance of palustrine carbonates and calcretes in the geological record. **Earth-Science Reviews**, v. 60, n. 3-4, p. 261–298, 2003.

ARMITAGE, J. J. et al. Transformation of tectonic and climatic signals from source to sedimentary archive. **Nature Geoscience**, v. 4, n. 4, p. 231–235, 2011.

ASHLEY, G.M. Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at an old problem. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 60, p. 160-172, 1990.

ASSINE, M.L. Ambientes de leques aluviais. In: SILVA, A.J.C.L.P; ARAGÃO, M.A.N.F.; MAGALHÃES, A.J.C. **Ambientes de sedimentação siliciclástica do Brasil**. São Paulo: Beca, 2008. Cap.2, p.53-71.

ASTINI, R.A., DÁVILA, F., LÓPEZ-GAMUNDÍ, O., GOMEZ, F., COLLO, G., EZPELETA, M. MARTINA, F., ORTIZ, A. Cuencas de la region Precordillerana. In: VI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. **Anais...** Mar del Plata: IAPG. 2005. p.115-145.

ASTINI, R. A.; MARTINA, F., EZPELETA, M., DÁVILA, F.M., CAWOOD, P.A.. Chronology from rifting to foreland basin in the Paganzo Basin (Argentina), and a reappraisal on the “ Eo- and Neohercynian ” tectonics along Western Gondwana. **XII Congreso Geológico Chileno**, p. 1–4, 2009.

ASTINI, R. A.; THOMAS, W. A. Origin and evolution of the Precordillera terrane of western Argentina; a drifted Laurentian orphan. **Special Paper - Geological Society of America**, v. 336, p. 1–20, 1999.

ÁVILA, J. N. et al. Combined stratigraphic and isotopic studies of Triassic strata, Cuyo Basin, Argentine Precordillera. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 118, n. 9-10, p. 1088–1098, 2006.

BALDIS, B.A., BERSEI, M.S., BORDONARO, L.O., VACA, A. Síntesis evolutiva de la Precordillera Argentina. V Congreso Latinoamericano de Geología. **Anais...** 1982. v.5, p. 399-445.

BARREDO, S.P. **Análisis estructural y tectosedimentario de la subcuenca de Rincón Blanco, Precordillera Occidental, Provincia de San Juan**. 2004, p. Tese, Universidade de Buenos Aires. Buenos Aires.

BARREDO, S. P. Geodynamic and Tectonostratigraphic Study of a Continental Rift : The Triassic Cuyana Basin , Argentina. In: SHARKOV, E. V. (Ed.). . **Tectonics - Recent Advances**. [s.l.] Intech, 2012. p. 32.

BARREDO, S.; CHEMALE, F.; MARSICANO, C.; ÁVILA, J.N.; OTTONE, E.G., RAMOS, V.A. Tectono-sequence stratigraphy and U-Pb zircon ages of the Rincón Blanco Depocenter, northern Cuyo Rift, Argentina. **Gondwana Research**, v. 21, n. 2-3, p. 624–636, 2012.

BARREDO, S.; RAMOS, V. A. Características tectónicas y tectosedimentarias del hemigraben Rincon Blanco, cuenca Cuyana: Una síntesis. **Revista de la Asociación Geológica Argentina**, v. 66, n. 1-2, p. 133–145, 2010.

BASKIN, R. L. **Occurrence and spatial distribution of microbial bioherms in Great Salt Lake, Utah**. 2014, 190p. Universidade de Utah.

BENAVENTE, C. A.; MANCUSO, A. C.; CABALERI, N. G. First occurrence of charophyte algae from a Triassic Paleolake in Argentina and their paleoenvironmental context. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 363-364, p. 172–183, 2012.

BENAVENTE, C. A.; MANCUSO, A. C.; CABALERI, N. G.; GIERLOWSKI-KORDESCH, E. Comparison of lacustrine successions and their palaeohydrological implications in two sub-basins of the Triassic Cuyana rift, Argentina. **Sedimentology**, v. 62, p. 1771–1813, 2015.

BENEDETTO, J.L. El sistema triásico y el inicio de la ruptura de Pangea. In: **El Continente de Gondwana através del tiempo**. 2ª Edição. Córdoba, Argentina: Academia Nacional de Ciencias, 2012. Cap 7, p.281-307.

BOGGETTI, D.; MARTÍNEZ CAL, V.; ANDRADA, L.; MARTIETTI, M. Aporte de la sísmica 3D al modelo prospectivo en la Cuenca Cuyana. IV Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. **Anais...** Mar del Plata: IAPG, 1999.

BOHACS, K.M. et al. Lake-Basin Type, Source Potential, and Hydrocarbon Character: an Integrated Sequence-Stratigraphic-Geochemical Framework. In: GIERLOWSKI-KORDESCH, E.; KELTS, K. (Eds.) **Lake basins through space and time**. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists Studies in Geology, 2000. v.46. p. 3-37.

BRIDGE, J.S. Fluvial Facies Models: Recent Developments. In: POSAMENTIER, H.; WALKER, R. (Eds.). **Facies Models Revisited**. Special Publication SEPM v. 84, p. 85–170.

BURNE, R.V.; MOORE, L.S. Microbialites: organosedimentary deposits of benthic microbial communities. **Palaios**, v.2, p. 241-254, 1987.

CARDÓ, R.; DÍAS, I.N. **Memoria Folha Geológica 3169-I, Rodeo**. Servicio Geológico Minero Argentino, 52p., Buenos Aires, 2005.

CARDOZO, N., ALLMENDINGER, R.W. Spherical projections with OSXStereonet. In: **Computers & Geosciences**, 2013, v. 51, p. 193 – 205.

CASANOVA, J. East african rift stromatolites. In. FROSTICK, L.E. (eds). Sedimentation in the African rifts. **Geological Society Special Publication**, n. 25, p 201-10, 1986.

CHARRIER, R; PINTO, L.; RODRÍGUEZ, M.P. Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile. In: MORENO, T., GIBBONS, W. (Eds.). **The Geology of Chile**. Geological Society, London, 2007. p. 21-114.

COLLINSON, J.D. Alluvial sediments. In: READING, H.G (Ed.). **Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy**. Blackwell Science Ltd., 3 ed., p. 37-82, 1996.

CONNELL et al. Stratigraphic Architecture of an Experimental Basin with Interacting Drainages. **Journal of Sedimentary Research**, v.82, p. 326–344, 2012.

COWIE, P. A. et al. Investigating the surface process response to fault interaction and linkage using a numerical modelling approach. **Basin Research**, v. 18, n. 3, p. 231–266, 2006.

CRIADO ROQUÉ, P., MOMBRÚ, C.A., RAMOS, V.A. Estructura e interpretación tectónica: Geología y Recursos Naturales de la Provincia de San Luis. VII Congreso Argentino. **Anais...** Buenos Aires, p. 155-192, 1981.

DEMICCO, R.V.; HARDIE, L.A. **Sedimentary structures and early diagenetic features of shallow marine carbonate deposits.** 1 ed. Tulsa: Society for Sedimentary Geology, 1994, Atlas 1, 265p.

DICKINSON, WILLIAM, R. Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 40, n. 2, p. 695–707, 1970.

DICKINSON, W. R. **Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones.** 148. ed. Dordrecht, Netherlands: NATO Advanced Study Institute Series, 1985.

DICKINSON, W. R. Conglomerate Clast Counts in Oligocene-Miocene Strata North from the Catalina Core Complex to the Gila River Valley , southeastern Arizona. **Arizona Geological Survey Contributed Report**, v. CR-08-C, p. 34, 2008.

DICKINSON, W. R.; SUCZEK, C. Plate tectonics and sandstone composition. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, v. 63, n. 12, p. 2164–2182, 1979.

DUNHAM, R.J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: HAM, W.E. (Ed.) **Classification of carbonate rocks.** Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1962, Memoir 1. p.108-122.

EMBRY, A. F.; KLOVAN, J. E. A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, N.W.T. **Bulletin of Canadian Petroleum Geology**, v. 19, n. 4, p. 730–781, 1971.

ESTEBAN, M.; KLAPPA, C. **Subaerial Exposure Environment.** [s.l.] AAPG Memoir 33, 1983.

ETHRIDGE, F.G. Modern alluvial fans and fan deltas. In: FLORES, R.M.; ETHRIDGE, F.G.; MIALL, A.D.; GALLOWAY, W.E.; FOUCH, T.D. (eds). **Recognition of Fluvial Systems and their Resource Potential.** Tulsa, SEPM (Shourt Course 19), p. 101-126, 1985.

FAZZITO, S. Y. **Estudios geofísicos aplicados a la neotectónica de la falla El Tigre, precordillera de San Juan.** 2011. 277p. Tese, Universidade de Buenos Aires. Buenos Aires.

FISHER, R.V. Rocks composed of volcanic fragments. **Earth-Science Reviews**, 1: 287-298, 1966.

FLÜGEL, E. **Microfacies of carbonate rocks, analysis, interpretation and application.** 2ª Edição. Londres: Springer, 2010. 984p.

FOLK, R.L. **Petrology of sedimentary rocks.** Austin: Hemphill's Publ. Co, 1968, 182 p.

FRIEND, P.F. Distinctive features of some ancient river systems. In: MIALL, A.D. (ed). *Fluvial Sedimentology*. **Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir**, 1978, v. 5, p. 531-542.

FURQUE, G. **Descripción geológica de la Hoja Guandacol (provincia La Rioja-San Juan)**. Dir. Nac. Geo. E Min., Bol. 92, Buenos Aires.

GAWTHORPE, R. L.; LEEDER, M. R. Tectono-sedimentary evolution of active extensional basins. **Basin Research**, v. 12, n. 3-4, p. 195–218, 2000.

GAZZI, P. Le arenarie del flysch sopracretaceo dell'Appennino modenese: correlazioni con il flysch di Monghidoro. **Mineralogica e Petrografica Acta**, v. 12, p. 69-97, 1966.

GIAMBIAGI, L. et al. Pre-Andean deformation of the Precordillera southern sector, southern Central Andes. **Geosphere**, v. 7, n. 1, p. 219–239, 2011.

GROTZINGER, J.P. Facies and paleoenvironmental setting of Thrombolite-Stromatolite Reefs, Terminal Proterozoic Nama Group (ca. 550-543 Ma), central and southern Namibia. **Communs Geological Survey Namibia**, v. 12, p. 251-264, 2000.

GUERSTEIN, M.; LAYA, H., PEZZUTTI, N. Bosquejo fotogeológico de la zona "Las Juntas" (Departamiento Calingasta, provincia San Juan). *Il Jornal Geológico Argentino*. **Anais...** 1965. v. 3, p. 231-242.

HALLER, M.J.; RAMOS, V. Las ofiolitas famantiniánas (Eopaleozoico) de las Provincias de San Juan y Mendoza. IX Congreso Geológico Argentino. **Anais...** San Carlos de Bariloche. 1984. v. 2, p. 66-83.

HARRIS, P. M.; ELLIS, J.; PURKIS, S. J. Analogs for Carbonate Deposition (Microbialites, Tufas and Travertines) In Early Rift Settings. **AAPG Headberg Conference Microbial Carbonate Reservoir Characterization**, Houston, Texas, p. 1–4, 2012.

HEIN, F.J., WALKER, R.G. Bar evolution and development of stratification in the gravelly braided Kicking Horse River, British Columbia. **Canadian Journal of Earth Science**, v.14, p.562-570, 1977.

INGERSOLL, R. V. et al. The effect of grain size on detrital modes: A test of the Gazzi-Dickinson point-counting method. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 54, p. 103–116, 1984.

JENCHEN, U.; ROSENFELD, U. Continental Triassic in Argentina: response to tectonic activity.-. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 15, p. 461–479, 2002.

KALKOWSKI, E. Oolith und Stromatolith in Norddeutschen Bund-sandstein. **Deutsche geol. Gesell. Zeithschr.**, v.60, p.68-125, 1908.

KAY, S.M., RAMOS, V.A., KAY, R.W. Elementos mayoritarios y trazas de las vulcanitas ordovicianas de la Precordillera Occidental: Basaltos de rift oceánico temprano (?) próximos al

margen continental: IX Congreso Geológico Argentino. **Anais...** San Carlos de Bariloche. 1984. v. 2, p. 48-65.

KOKOGIÁN, D.A., MANCILLA, O. Analisis estratigrafico secuencial de la cuenca Cuyana. In. CHEBLI, G.; SPALLETTI, L. (eds). **Cunencas Sedimentarias Argentinas**. Tucumán: Serie Correlación Geológica, v. 6, p. 169-201, 1989.

KOKOGIÁN, D., FERNÁNDEZ SEVESO, F., MOSQUERA, A., 1993. Las secuencias sedimentarias triásicas. XII Congreso Geológico Argentino e II Congreso de Exploración de Hidrocarburos. **Relatorio Geología y Recursos Naturales de Mendoza**, v 1, n.7, p. 65-78, 1993.

LAMBIASE, J. J.; MORLEY, C. K. Hydrocarbons in rift basins: the role of stratigraphy. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 357, n. 1753, p. 877–900, 1999.

LEGARRETA, L., KOKOGIAN, D.A. DELLAPE, D. Estructuración terciaria de la Cuenca Cuyana: ¿ Cuánto de inversión tectónica?. **Revista de la Asociación Geológica Argentina**, v. 47, p. 83-86, 1993.

LEGARRETA, L., GULISANO, C. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico superior Terciario inferior). In CHEBLI, G., SPALLETTI, L. (eds). **Cunencas Sedimentarias Argentinas**. Tucumán: Serie Correlación Geológica, v. 6, p. 221-243, 1989.

LÓPEZ-GAMUNDÍ, O. Facies distribution in an asymmetric half-graben: the northern Cuyo Basin (Triassic), western Argentina. 14^o International Sedimentological Congress. **Anais...** 1994. v. S1, p. 6–7.

LÓPEZ-GAMUNDÍ, O., ASTINI, R. A. Caracterización de facies lacustres en la sección basal del Triásico de El Alcázar – Agua de Los Pajaritos, provincia de San Juan, Argentina. 4^a Reunión Argentina de Sedimentología Actas. **Anais...** 1992. v. 3, p. 97-104.

LÓPEZ-GAMUNDÍ, O.; ASTINI, R. A. Alluvial fan-lacustrine association in the fault tip end of a half-graben, northern Triassic Cuyo basin, western Argentina. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 17, n. 4, p. 253–265, 2004.

MANCUSO, A. C. et al. Age constraints for the northernmost outcrops of the Triassic Cuyana Basin, Argentina. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 30, n. 2, p. 97–103, 2010.

MANCUSO, A. C. Taphonomic analysis in lacustrine environments: Two different contexts for Triassic lake paleofloras from Western Gondwana (Argentina). **Sedimentary Geology**, v. 222, n. 1-2, p. 149–159, 2009.

MARTINS-NETO, M. A.; CATUNEANU, O. Rift sequence stratigraphy. **Marine and Petroleum Geology**, v. 27, n. 1, p. 247–253, 2010.

MIALL, A.D. The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology. 4 ed., **Springer**, 1996.

MIALL, A.D. 1990. **Principles of sedimentary basin analysis**. 2^o Edição. Nova Iorque: Springer-Verlag, 668p.

MILANA, J. ALCOBER, O. Modelo tectosedimentario de la cuenca triásica de Ischigualasto (San Juan, Argentina). **Revista de la Asociación Geológica Argentina**, v. 49, p. 217-235, 1994.

MOMBRÚ, C.A. Observaciones geológicas en el Valle de Calingasta-Tocota. Provincia de San Juan. **Relatório interno YPF** não publicado, Buenos Aires.

MPODOZIS, C.; KAY, S. M. Late Paleozoic to Triassic evolution of the Gondwana margin: evidence from Chilean Frontal cordilleran batholiths (28°S to 31°S). **Geological Society of America Bulletin**, v. 104, n. 8, p. 999–1014, 1992.

MÜLLER, G. Methods in sedimentary petrology. In: ENGELHARDT, W. VON et al. (Eds.). **Sedimentary Petrology, Part I**. Stuttgart: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1967. p. 164–167.

NEMEC, W.; STEEL, R. J. Alluvial and coastal conglomerates: their significant features and some comments on gravelly mass-flow deposits. In: KOSTER, E. H.; STEEL, R. J. (Eds.). **Sedimentology of Gravels and Conglomerates**. Memoir 10 ed. [s.l.] Canadian Society of Petroleum Geologists, 1984. p. 1–31.

NICHOLS, G. J.; FISHER, J. A. Processes, facies and architecture of fluvial distributary system deposits. **Sedimentary Geology**, v. 195, n. 1-2, p. 75–90, 2007.

POSAMENTIER, H. W., WALKER, R.G. **Facies models revisited**. Tulsa. *SEPM* (Society for Sedimentary Geology), 2006. 527p.

POTTER, P.E., PETTIJOHN, F.J. **Paleocurrents and basin analysis**. 2^a Edição. Nova Iorque: Springer-Verlag, 1977. 425p.

PROSSER, S. Rift-related linked depositional systems and their seismic expression. In: WILLIAMS, G.D.; DOBB, A. (eds) **Tectonics and Seismic Sequence Stratigraphy**. Londres: Geological Society, Special Publications, v. 71, p. 35-66, 1993.

QUARTINO, B.; ZARDINI, R., AMOS, A. **Estudio y exploración geológica de la Región Barreal-Calingasta, Provincia de San Juan, República Argentina**. Asociación Geológica Argentina, 184p, 1971.

RAMOS, 1994. Terranes of Southern Gondwanaland and their control in the andean structure (30° 33°S Latitude). In: REUTTERS *et al.* (eds). **Tectonics of the Southern Central Andes**. Berlín, Heidelberg: Springer-Verlag, 1994, p.249-261.

RAMOS, V. A. Cuyania, an Exotic Block to Gondwana: Review of a Historical Success and the Present Problems. **Gondwana Research**, v. 7, n. 4, p. 1–18, 2004.

RAMOS, V. A.; KAY, S. M. Triassic rifting and associated basalts in the Cuyo basin, central Argentina. **Andean magmatism and its tectonic setting**, p. 79–92, 1991.

REED, S. J. B. **Electron Microprobe Analysis and Scanning Electron Microscopy in Geology**. 2ª Edição. Nova Iorque. Cambridge University Press, 2005. 192p.

REMUS, M. V. D.; SOUZA, R.S.; CUPERTINO, J.A.; DE ROS, L.F.; DANI, N.; VIGNOL-LELARGE, M.L. Proveniência sedimentar: métodos e técnicas analíticas aplicadas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, p. 166–185, 2008.

RIDING, R. Classification of microbial carbonates. In: **Calcareous Algae and Stromatolites** (Ed. R. Riding), pp. 21-51. Nova Iorque: Springer-Verlag, 1991.

RIDING, R. Microbial carbonates: the geological record of calcified bacterial-alga mats and biofilms. **Sedimentology**, v. 47, p. 179-214, 2000.

RIDING, R. Microbialites, stromatolites, and thrombolites. In: Encyclopedia of Geobiology (Ed J.R.a.V. Thiel), pp. 635-654. **Encyclopedia of Earth Science Series**, Berlim, Heidelberg: Springer, 2011.

SCHOLLE, P.; ULMER-SCHOLLE, D. A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis. **Aapg Memoir**, p. 460, 2003.

SESSAREGO, H.L.F. **Estratigrafía de las secuencias epiclásticas devónicas a triásicas aflorantes al norte del río San Juan y al oeste de la sierra del Tigre, provincia de San Juan**. 1988. 324p. Tese, Universidade de Buenos Aires. Buenos Aires.

SLOSS, L. L., KRUMBEIN, W. C., DAPPLES, E. C. Integrated facies analysis. In: LONGWELL, C. R. (Ed.). **Sedimentary Facies in Geologic History**. Memoir 39 ed. Geological Society of America, 1949. p. 91–124.

SMITH, J. Source-to-Sink Analysis of Rift Basin Tectonics and Sedimentation. 2013.
SPALLETTI, L. A. Cuencas triásicas del Oeste argentino: origen y evolución. **Acta Geologica Hispanica**, v. 32, n. 1, p. 29–50, 1999.

SPALLETTI, L. A.; FANNING, C. M.; RAPELA, C. W. Dating the Triassic continental rift in the southern Andes: The Potrerillos Formation, Cuyo Basin, Argentina. **Geologica Acta**, v. 6, n. 3, p. 267–283, 2008.

SPALLETTI, L.A, ARTABE, A., MOREL, E.; BREA, M. Biozonación paleofrorística y cronoestratigrafía del Triásico argentino. **Ameghiniana**. V. 36, p. 419-451, 1999.

SPALLETTI, L.A. Modelo de sedimentación fluvial y lacustre en el margen pasivo de un hemigraben: el Triásico de la Precordillera occidental de San Juan, República Argentina. **Revista de la Asociación Geológica Argentina**, v. 56, n. 2, p. 189-210, 2001.

SPALLETTI, L. A., MOREL, E. M., ARTABE, A. E., ZAVATTIERI, A. M., GANUZA, D. Estratigrafía, facies y paleoflora de la sucesión triásica de Potrerillos, Mendoza, República Argentina. **Revista Geológica de Chile**, v. 32, n. 2, p. 249-272, 2005.

STANISTREET, I. G.; MCCARTHY, T. S. The Okavango Fan and the classification of subaerial fan systems. **Sedimentary Geology**, v. 85, p. 115–133, 1993.

STANTON, P. T.; WILSON, M. D. Measurement of Independent Variables – Composition. **Reservoir Quality Assessment and Prediction in Clastic Rocks**, v. 30, p. 277–291, 1994.

STIPANICIC, P. N. El Triásico en la Argentina. In: STIPANICIC, P. N.; MARSICANO, C. A. (Eds.). **Léxico Estratigráfico de la Argentina**. [s.l.] Asociación Geológica Argentina, 2002. v. 26p. 1–370.

STIPANICIC, P.N.; VOLKHEIMER. Paleoclimatología y paleorrelieve. In: STIPANICIC (ed). **Léxico Estratigráfico de la Argentina**. [s.l.] Asociación Geológica Argentina, 2002. v. 26, p. 22-23.

STRELKOV, E., ALVAREZ, L. Análisis estratigráfico y evolutivo de la cuenca triásica mendocina-sanjuanina. IX Congreso Geológico Argentino. **Anais...** 1984. v. 3, p. 115-130.

SUTTNER, L.J. Sedimentary petrographic provinces: an evaluation: **Soc. Econ. Palentologists Mineralogists Special Publication**, v. 21, p. 75-84, 1974.

TERRA, J. G. S. et al. Classificações Clássicas De Rochas Carbonáticas. **B. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro**, v. 18, n. 1, p. 9–29, 2010.

TUCKER, M. E. Sedimentary rocks in the field. 3ª Edição. Inglaterra: Atrium John Willey & Sons Ltd, 2003, 234p.

ULIANA, M.A.; BIDDLE, K. Mesozoic-Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of southern South America. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 18, n. 2, p. 172-190, 1988.

ULIANA, M.; BIDDLE, K.; CERDÁN, J. Mesozoic extension and the formation of Argentina sedimentary basins. **Extensional tectonics and stratigraphy of the North Atlantic Margin, AAPG Mem.**, 46, n. 3, p. 599–613, 1989.

VALLECILLO, G. et al. Analisis del Grupo Choiyoi (Permotriásico), Cordillera Frontal de Calingasta, Provincia de San Juan. **Revista de la Asociacion Geologica Argentina**, v. 66, n. 1-2, p. 238–252, 2010.

VASCONCELOS, C., MCKENZIE, JA. Microbial mediation of modern dolomite precipitation and diagenesis unde anoxic conditions (Lagoa Vermelha, Rio de Janeiro, Brazil). **Journal of Sedimentary Research**, v. 67, p. 378-390, 1997.

VERRECCHIA, E.P. Lacustrine and palustrine geochemical sediments. In: Nash, D.J., McLaren, S.J. (Eds), **Geochemical Sediments and Landscapes**. Oxford: Blackwell Publishing, 2007. p. 298-329.

WALKER, T. R. Diagenetic albitization of potassium feldspar in arkosic sandstones. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 54, n. 1, p. 3–16, 1984.

WALKER, R.G., JAMES, N.P. Facies models: response to sea level change. **Geological Association of Canada**, 409 pp, Ottawa, 1992.

WARREN, J.K. **Evaporites: Sediments, Resources and Hydrocarbons**. 654p. Nova Iorque. Springer, 2006, 654p.

WHITTAKER, A. C.; ATTAL, M.; ALLEN, P. A. Characterising the origin, nature and fate of sediment exported from catchments perturbed by active tectonics. **Basin Research**, p. 809–828, 2010.

ZENCICH, S.; VILLAR, H.; BOGGETTI, D. Sistema Petrolero Cacheuta-Barrancas De La Cuenca Cuyana, Provincia De Mendoza, Argentina. ... **Sistemas Petroleros de las Cuencas ...**, 2008.

ZUFFA, G. G. **Optical analysis of arenites**. 148. ed. Dordrecht, Netherlands: NATO Advanced Study Institute Series, 1985.