



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

WILSON RODRIGUES DE ANDRADE FREITAS

**CARACTERIZAÇÃO FACIOLÓGICA E ESTRATIGRÁFICA DOS DEPÓSITOS
FLUVIAL E LACUSTRE DA BACIA DE SÃO JOSÉ DO BELMONTE-PE**

Recife
2018

WILSON RODRIGUES DE ANDRADE FREITAS

**CARACTERIZAÇÃO FACIOLÓGICA E ESTRATIGRÁFICA DOS DEPÓSITOS
FLUVIAL E LACUSTRE DA BACIA DE SÃO JOSÉ DO BELMONTE-PE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geociências.

Área de concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Mário Ferreira de Lima Filho

Recife
2018

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

F866c Freitas, Wilson Rodrigues de Andrade.
Caracterização faciológica e estratigráfica dos depósitos fluvial e lacustre da
Bacia de São José do Belmonte-PE / Wilson Rodrigues de Andrade Freitas. - 2018.
53 folhas, il.

Orientador: Prof. Dr. Mario Ferreira de Lima Filho.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa
de Pós-Graduação em Geociências, 2018.
Inclui Referências.

1. Geociências. 2. Bacia de São José do Belmonte. 3. Fácies. 4. Andar Dom João.
5. Sistemas deposicionais. I. Lima Filho, Mario Ferreira de (Orientador). II Título.

UFPE

551 CDD (22. ed.)

BCTG/2019-204

WILSON RODRIGUES DE ANDRADE FREITAS

**CARACTERIZAÇÃO FACIOLÓGICA E ESTRATIGRÁFICA DOS DEPÓSITOS
FLUVIAL E LACUSTRE DA BACIA DE SÃO JOSÉ DO BELMONTE-PE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geociências.

Aprovada em: 19/06/2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Mário Ferreira de Lima Filho (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Gelson Luís Fambrini (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Claiton Marlon dos Santos Scherer (Examinador Externo)
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico aos meus pais Eliene Rodrigues e Fernando Freitas, a minha avó Alita Rodrigues (*in memoriam*) e Valdielly Larisse.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), pela bolsa de mestrado concedida, e à Pós-graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco pelo apoio no desenvolvimento desse projeto.

Ao Laboratório de Geologia Sedimentar e Ambiental (LAGESE), pelo suporte logístico ofertado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Mário F. de Lima Filho, pelo apoio e orientação durante a realização do projeto.

Aos meus familiares e amigos, pelo amor, apoio e compreensão durante todo tempo.

À Valdielly Larisse, pelo companheirismo, dedicação, orientação e, sobretudo, paciência.

Agradeço aos discentes, docentes e funcionários do Departamento de Geologia da UFPE que de forma direta ou indireta contribuíram para minha trajetória.

Agradecimento especial a Sonia Agostinho pelo amor maternal durante todo tempo geológico.

RESUMO

A Bacia de São José do Belmonte integra as chamadas Bacias Interiores do Nordeste, grupo que compreende pequenas bacias localizadas no Nordeste do Brasil e instaladas sobre a Província Borborema. Essa bacia está inserida na porção oeste da Subprovíncia Central e ocorre de forma abaulada sobre rochas metassedimentares, metavulcânicas, graníticas e sieníticas. É afetada por falhas sinistrais de direção NNE, falhas dextrais ENE e falhas normais de direção NE, com destaque para a Falha de São José do Belmonte, a qual apresenta forte controle do embasamento. Caracterização faciológica e associação de fácies ao longo de cortes da ferrovia Transnordestina, na porção sudeste da bacia, permitiu a identificação de 10 litofácies, agrupadas em três associações: 1. Associação de fácies de conglomerados e arenitos conglomeráticos, a qual inclui as fácies de conglomerados maciços (Gmm) e estratificados (Gt); arenitos com estratificação cruzada acanalada (St), planar (Sp), plano paralela (Sh) e maciços (Sm); e siltitos maciços (Fsm); 2. Associação de fácies de arenitos estratificados e siltitos, constituída pelas fácies de arenitos com estratificação cruzada planar (Sp), plano paralela (Sh) e maciços (Sm); sedimentos lamosos laminados (Fl) e maciços (Fsm); e 3. Associação de fácies de folhelhos vermelhos e calcários, constituída pelas fácies homônimas (Flv, La). Essas associações sugerem um modelo deposicional para essa parte da bacia composto pelos sistemas fluvial entrelaçado, fluvial meandrante e lacustre, respectivamente. A Associação de Fácies Flv/La e a identificação de espécie-guia de ostracodes não-marinhas da biozona NRT-001 (Andar Dom João), Jurássico superior, permitiu a correlação dessa associação à Formação Brejo Santo da Bacia do Araripe. A associação de fácies Sp/Sh/Sm/Fl/Fsm, sobreposta à Formação Brejo Santo, foi correlacionada à Formação Missão Velha, e a associação de fácies Gmm/Gp/St/Sp/Sm/Fsm, sotoposta à Formação Brejo Santo, foi correlacionada à Formação Cariri.

Palavras-chave: Bacia de São José do Belmonte. Fácies. Andar Dom João. Sistemas deposicionais.

ABSTRACT

The São José do Belmonte basin integrates the so-called “interior basins of Northeast”, group that comprises small basins located in the Northeast of Brazil and placed on the Borborema Province. This basin is inserted in the western part of the Central subprovince and occurs with a rounded shape above metasedimentary, metavolcanic, granitic and syenitic rocks. It is affected by N and NNE-striking sinistral faults, ENE dextral faults and NE-striking normal faults, notably, the São José do Belmonte fault, which presents strong basement control. Facies characterization and facies association made along cuts of the Transnordestina railway, in the southeast portion of the basin, allowed the identification of 10 lithofacies, grouped into three associations: 1. conglomerate and conglomeratic sandstone facies association, which includes massive (Gmm) and stratified (Gt) conglomerate facies; trough (St), planar (Sp), parallel planar (Sh), cross-bedding and massive sandstone facies (Sm); and massive siltites (Fsm); 2. Stratified sandstone and siltstone facies association, composed by planar (Sp) and parallel planar (Sh) cross bedding sandstone and massive sandstone facies (Sm); and laminated (Fl) and massive (Fsm) fine sediments; and 3. Red shales and limestones facies association, composed by the homonymous facies (Flv and La). These associations suggest a depositional model for this part of the basin composed by braided-fluvial, meandering fluvial and lacustrine systems, respectively. The Flv/La facies association and the identification of non-marine ostracodes guide-species of the NRT-001 biozone (Dom João Stage), late Jurassic, allowed the correlation of this association to the Brejo Santo formation of the Araripe basin. The Sp/Sh/Sm/Fl/Fsm facies association, which overlaps the Brejo Santo formation, was correlated to the Missão Velha formation, and the Gmm/Gp/St/Sp/Sm/Fsm facies association, which is overlaid by the Brejo Santo Formation, was correlated to the Cariri formation.

Keywords: São José do Belmonte Basin. Facies. Dom João Stage. Depositional systems.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	OBJETIVOS.....	10
1.2	LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO.....	10
1.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	11
2	RESULTADOS.....	13
2.1	ARTIGO 1 - GEOLOGIA DA PORÇÃO CENTRO-LESTE DA BACIA SÃO JOSÉ DO BELMONTE, PERNAMBUCO, NE DO BRASIL.....	14
2.2	ARTIGO 2 - CARACTERIZAÇÃO FACIOLÓGICA E SISTEMAS DEPOSICIONAIS DA BACIA DE SÃO JOSÉ DO BELMONTE, NORDESTE DO BRASIL.....	31
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
	REFERÊNCIAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

As Bacias Interiores do Nordeste do Brasil constituem bacias sedimentares intracontinentais cuja origem e evolução estão associadas à tectônica responsável pela ruptura do paleocontinente Gondwana e concomitante abertura do Oceano Atlântico Sul. Os principais modelos propostos para sua formação estão relacionados à rotação da placa sul-americana e à reativação de estruturas pré-cambrianas (Françolin & Szatmari, 1987; Szatmari et al., 1987). O processo de rifteamento foi dominado por uma distensão de direção NW durante o Neocomiano-Barremiano (Matos, 1987;1999). Entre as bacias criadas durante esse período, estão a do Araripe, a maior das bacias interiores do Nordeste, Cedro, Jatobá e São José do Belmonte, objeto de estudo desse trabalho.

Situada na porção oeste do estado de Pernambuco, a Bacia de São José do Belmonte corresponde a uma área de aproximadamente 750 km², inserida na Subprovíncia Central da Província Borborema. Por representar uma bacia de menor porte e devido à dificuldade de acesso a suas exposições - sobretudo anteriormente aos cortes da ferrovia Transnordestina -, esta bacia representa uma das bacias interiores do Nordeste menos estudadas, apresentando várias lacunas com respeito à sua evolução tectonoestratigráfica.

Nas últimas décadas, vários estudos com base na análise do conteúdo micropaleontológico dos depósitos das bacias interiores do Nordeste têm sido realizados. O principal objetivo desses estudos é elucidar a correlação entre os depósitos no tempo, e aprimorar o arcabouço cronoestratigráfico das bacias. Na Bacia de São José do Belmonte, trabalhos desse cunho compreendem referências em Ponte (1994) e Carvalho (2006). O primeiro atribui, com base em bioestratigrafia de ostracodes, idade cretácea aos folhelhos da bacia e provável idade siluro-devoniana aos arenitos sotopostos. Carvalho (2006), por sua vez, atribui idade cretácea para ambos os litotipos, baseado no conteúdo de conchoestráceos. Nenhum desses trabalhos discrimina arenitos mais jovens que os folhelhos, o que é visto nos trabalhos de Costa et al. (1999), Sá et al. (2001) e Costa et al. (2006). Esses trabalhos correlacionam os depósitos da bacia às formações Tacaratu, Aliança e Sergi (Siluro-devoniano ao Jurássico, Bacia do Jatobá), o que não condiz com as idades propostas por Ponte (1994) e Carvalho (2006).

Estudos faciológicos na Bacia de São José do Belmonte também são limitados. Batista (2015), estudando algumas bacias interiores do Nordeste, atribui os sistemas deposicionais de leque aluvial e fluvial entrelaçado aos arenitos basais da Bacia de São José Belmonte, correlacionando os mesmos à Fm. Tacaratu da Bacia do Jatobá. Até o

presente, não foram realizados estudos faciográficos nos folhelhos e arenitos sobrepostos da Bacia de São José do Belmonte.

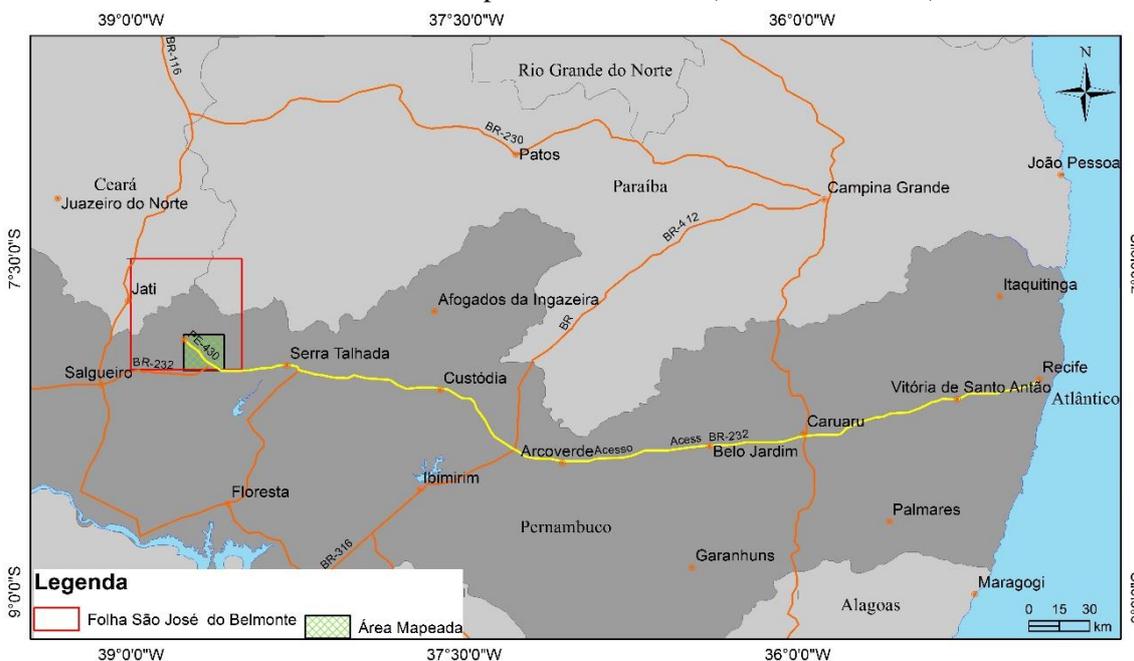
1.1 OBJETIVOS

Esta dissertação tem como objetivo descrever e identificar as fácies sedimentares e associação de fácies presentes na Bacia de São José do Belmonte ao longo de cortes da ferrovia Transnordestina, afim de determinar seus sistemas deposicionais e unidades litoestratigráficas.

1.2 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área de estudo está localizada no interior do estado de Pernambuco, entre os municípios de Verdejante e São José do Belmonte, e situada a 473 km da capital Recife. O principal acesso à área partindo de Recife é através da BR-232, percorrendo 456 km na direção oeste até o acesso à PE-430, rodovia que leva à cidade de São José do Belmonte.

Figura 1- Mapa mostrando as principais vias de acesso à área de estudo, no município de São José do Belmonte. A região hachurada representa a área de estudo, as linhas vermelhas, as principais rodovias (BR- 316, BR-104 e BR-232), e a linha amarela, a principal via de acesso à São José do Belmonte, partindo de Recife (BR-232 e PE-430).



1.3 MATERIAL E MÉTODOS

Revisão bibliográfica

Levantamento bibliográfico foi realizado na fase inicial e durante toda a execução do projeto. Foi feita uma compilação de dados geológicos publicados em revistas, mapas e relatórios sobre o tema, o que incluiu trabalhos sobre a Bacia de São José do Belmonte, sobre as Bacias Interiores do Nordeste e estudos de caracterização faciológica e associação de fácies.

Campo

Trabalho de campo foi realizado em duas etapas, com o objetivo de coletar dados para execução do projeto, o que incluiu o levantamento de seções estratigráficas de detalhe.

Seções estratigráficas

As seções estratigráficas foram levantadas ao longo da ferrovia Transnordestina, onde há uma maior exposição dos pacotes sedimentares. As informações básicas contidas nas seções incluem localização, nome, data, coordenadas UTM e escala. Como informações específicas, temos os códigos de fácies, estruturas, fotografias, granulometria, geometria, seleção, espessura e descrição litológica. O perfil estratigráfico é representado nos eixos X e Y, onde em X indica a variação granulométrica e em Y, a espessura da camada.

Análise faciológica

Os atributos utilizados nas descrições das fácies incluem: geometria da camada, textura, estruturas sedimentares e conteúdo paleontológico. Foi utilizado a nomenclatura proposta por Miall (1996) para nomear as facies descritas. A primeira letra corresponde ao tamanho do grão predominante, enquanto a segunda corresponde a estrutura ou textura sedimentar.

Fotopainel

Para representação de afloramento com grande extensão horizontal, o que é comum nos cortes da ferrovia Transnordestina, foi utilizado fotopainel. As fotos são unidas de forma que uma fotografia não ultrapasse 40% da anterior e estando ambas à mesma distância do afloramento, permitindo a representação lateral do afloramento e identificação das variações laterais de fácies. Para unir as fotos obtidas, é necessária a utilização de *software* de edição de imagem *CorelDraw X7*.

Análise bioestratigráficas

Para estudo bioestratigráficos, as amostras foram preparadas de acordo com a metodologia padrão. O procedimento é iniciado com a pesagem de aproximadamente 60g de amostra, a qual é desagregada com auxílio de martelo, cadinho de porcelana ou britador. As amostras são colocadas em um béquer de vidro, adicionado 100 ml de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e deixadas para reagir durante 24 horas para completar a etapa de desagregação. Esperado o tempo de reação, é iniciada a lavagem das amostras em peneira de 60 μ m. Após a lavagem, as amostras são colocadas para secar na estufa durante 24 horas. Com o sedimento seco, dá-se início à separação da amostra em peneiras de 60, 180 e 200 mesh. Cada fração é colocado no frasco plástico e triada na lupa eletrônica.

2 RESULTADOS

Os resultados obtidos nesta dissertação são apresentados em dois artigos científicos. O primeiro, intitulado **“Geologia da Porção Centro-Leste da Bacia de São José do Belmonte, Pernambuco, NE do Brasil”**, trata do mapeamento geológico da área de estudo, com o objetivo de reconhecimento e detalhamento geológico das unidades, bem como análise bioestratigráfica dos folhelhos. Esse artigo tem como principal resultado a datação desse litotipo. O segundo artigo é intitulado **“Caracterização Faciológica e Sistemas Depositionais da Bacia de São José do Belmonte, Nordeste do Brasil”** e trata do estudo detalhado de fácies sedimentares, o qual permitiu propor e interpretar os sistemas deposicionais das unidades da área de estudo.

2.1 GEOLOGIA DA PORÇÃO CENTRO-LESTE DA BACIA SÃO JOSÉ DO BELMONTE, PERNAMBUCO, NE DO BRASIL

Wilson Rodrigues de Andrade Freitas¹
Mario F. de Lima Filho²
Valdielly Larisse Silva¹
Sonia Agostinho²
Enelise Katia Piovesan²

¹Programa de Pós-Graduação em Geociências – UFPE, e-mail: wrafreitas@gmail.com

²LAGESE, Departamento de Geologia DGEO/CTG/UFPE, e-mail: mflf@ufpe.br;
sonia@ufpe.br; katiapiovesan@gmail.com

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados do mapeamento geológico em escala 1:50.000 de uma área de 350 Km² na porção centro-leste da Bacia de São José do Belmonte, localizada entre os municípios de Verdejantes e São José do Belmonte - PE. Utilizando aspectos de campo, análises petrográficas e bioestratigráficas, foram cartografadas sete unidades litoestratigráficas, quatro delas pertencentes ao embasamento da bacia: o Complexo São Caetano, composto por paragneisses intercalados com quartzitos; o Complexo Riacho Gravatá, formado por rochas metapelíticas, metavulcânicas e quartzitos; sienitos milonitizados; e rochas graníticas. As unidades sedimentares incluem a Formação Cariri, composta por conglomerados e arenitos grossos a médios; a Formação Brejo Santo, que compreende folhelhos e argilitos; e a Formação Missão Velha, composta por arenitos grossos a finos. Bioestratigrafia baseada em ostracodes não marinhos em folhelhos vermelhos obtiveram espécie-guia da biozona NRT-001 (Andar Dom João), idade Jurássico superior, o que permitiu correlacionar esses depósitos à Formação Brejo Santo da Bacia do Araripe, e assim posicionar as demais unidades. Estruturalmente, os metapelitos do complexo Riacho Gravatá apresentam foliação de baixo ângulo com transporte tectônico para SW. Rochas sieníticas com textura milonítica e foliação subvertical evidenciam tectônica transcorrente associada à zona de cisalhamento São José do Belmonte. Tanto as rochas graníticas, como as rochas sedimentares apresentam falhas sinistrais de direção N e NNE e falhas destrais de direções ENE e NNW.

Palavras chave: Bacia de São José do Belmonte; Estratigrafia; Bioestratigrafia; Mapeamento Geológico; Bacias Interiores do Nordeste.

ABSTRACT

This work presents the geological mapping at the scale of 1:50.000 of an area 350 km² in the East-central portion of the São José do Belmonte Basin, located between the municipalities of Verdejantes and São José do Belmonte, Pernambuco. Using field aspects, petrography and biostratigraphy, seven lithostratigraphic units were mapped, of which four belong to the basement: the São Caetano complex, comprising paragneisses interlayered to quartzites; the Riacho do Gravatá complex, formed by metapelitic and

metavolcanic rocks, and quartzites; mylonitized syenites; and granitic rocks. The sedimentary units include the Cariri Formation, composed by conglomerates and medium to coarse sandstones; the Brejo Santo Formation, which comprises shales and claystones; and the Missão Velha Formation, composed by coarse to fine sandstones. Non-marine ostracod-based biostratigraphy in red shales gave the NRT-01 biozone guide-species (Dom João Stage), upper Jurassic age, which allowed to correlate these deposits to the Brejo Santo Formation of the Araripe Basin, and thus to place the further units. Structurally, the metapelites of the Riacho Gravatá complex present flat-lying foliation with top-to-the-southwest sense of tectonic transport. Syenitic rocks with mylonitic texture and steeply dipping foliation evidences the strike-slipping tectonics associated to the São José do Belmonte shear zone. Both the granitic and the sedimentary rocks present NNE-trending sinistral faults with ESE dipping and ENE-trending dextral faults with NNW dipping.

Keywords: São José do Belmonte Basin; Stratigraphy; Biostratigraphy; Geological Mapping; Interior Basins of Northeastern. folhelhos calcíferos e provável idade siluro-devoniana aos arenitos

INTRODUÇÃO

A Bacia de São José do Belmonte está inserida na subprovíncia central da Província Borborema (Almeida *et al.*, 1977; Brito Neves *et al.*, 2000), ocupando uma área de aproximadamente 750 km². É classificada como uma das pequenas bacias que compõem o conjunto de Bacias Interiores do Nordeste do Brasil, cuja origem e evolução estão relacionadas ao contexto de fragmentação de Gondwana (Matos 1992, 1999).

Apesar do número crescente de estudos sobre as Bacias Interiores do Nordeste do Brasil, a literatura disponível sobre a Bacia de São José do Belmonte apenas inclui trabalhos de caráter regional. Os primeiros estudos foram realizados por Ponte, 1991 *apud* Ponte, 1994, que define a região como sub-bacia remanescente da Bacia do Araripe, e apresenta reconhecimento de litotipos e principais estruturas. Utilizando bioestratigrafia de ostracodes, referências citadas por Ponte (1994) atribui idade cretácea a

sotopostos. Carvalho (1993) já adota o termo “bacia” em detrimento de “sub-”, e Carvalho (2006), com base na caracterização de conchostráceos, propõe que a idade dos sedimentos da bacia está limitada ao Cretáceo.

Utilizando a carta estratigráfica da Bacia do Jatobá, Costa *et al.* (1999) atribui às unidades da bacia as formações Tacaratu, Aliança e Sergi (siluro-devoniano ao jurássico). Costa *et al.* (2006), a partir de dados de poços e de resistividade, avalia seu potencial hidrogeológico, caracterizando dois aquíferos: Tacaratu e Sergi, constituídos pelas formações homôminas. Estes trabalhos indicaram a ocorrência das três formações na área de estudo. Todavia, tratam-se de mapeamentos em escala regional. É importante notar também que esses trabalhos não utilizam dados bioestratigráficos, e as idades dessas unidades divergem daquelas propostas por Carvalho (2006) e referências citadas por Ponte (1994). Visando definir a estratigrafia da Bacia de São José do Belmonte com suporte paleontológico, este trabalho apresenta mapeamento geológico sistemático da porção centro-

leste da bacia (escala 1:50.000), utilizando aspectos de campo, petrográficos e bioestratigrafia de ostracodes não-marinhos.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área estudada está localizada entre os municípios de Verdejante e São José do Belmonte, situados a 473 km de Recife, estado de Pernambuco. As principais vias de acesso são a BR-232 e a PE-430. O trabalho de mapeamento foi realizado a sul da cidade de São José do Belmonte, próximo ao distrito de Bom Nome, numa área de aproximadamente 350 km² e limitada pelas coordenadas UTM (*Datum* WGS 84, zonal 24L) 525000 – 550000 E / 9115000 – 9130000 N (Fig. 1).

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia empregada neste trabalho incluiu a interpretação de imagens aéreas (escala 1:70.000) cedidas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM); imagens de satélites cedidas pela *United States Geological Survey* (USGS) e pelo *software Google Earth*; e mapa planialtimétrico e geológico de São José do Belmonte (escala 1:100.000), elaborado pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e CPRM. A etapa de campo incluiu o reconhecimento da área mapeada, com identificação e descrição de afloramentos, em especial os que estão localizados ao longo da ferrovia Transnordestina. Foram selecionadas 15 amostras para estudos petrográficos e 4 amostras para análise bioestratigráfica.

A preparação das amostras para estudos bioestratigráficos foi feita de acordo com a seguinte metodologia: desagregação com peróxido de Hidrogênio (H₂O₂), lavagem com uso de peneiras (60, 180 e 200 mesh), secagem e

triagem. O registro fotográfico dos microfósseis foi feito utilizando microscópio eletrônico de varredura (MEV) do Laboratório de Dispositivos e Nanoestruturas da UFPE (LDN).

A integração dessas etapas permitiu a individualização das unidades geológicas e identificação de estruturas, o que resultou na elaboração de um mapa geológico em escala 1:50.000, confeccionado utilizando os *softwares CorelDraw X6 e ArcMap*.

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A Subprovíncia Central compreende a porção central da Província Borborema, limitada a norte e sul pelas zonas de cisalhamento Patos e Pernambuco, respectivamente (Almeida *et al.*, 1977, Almeida *et al.*, 1981; Brito Neves, 2000; Neves, 2003; Van Schmus *et al.*, 2011). Geologicamente, a subprovíncia é constituída por complexos ortognáissico-migmatíticos, sequências supracrustais e rochas plutônicas graníticas, litotipos com idades que variam do Paleoproterozoico ao Neoproterozoico. As coberturas fanerozoicas desse domínio crustal são representadas por algumas bacias pertencentes ao conjunto de Bacias Interiores do Nordeste (Araripe, Cedro, São José do Belmonte, Mirandiba e Fátima) (Gomes, 2001), além da bacia costeira Paraíba (Santos *et al.*, 2002).

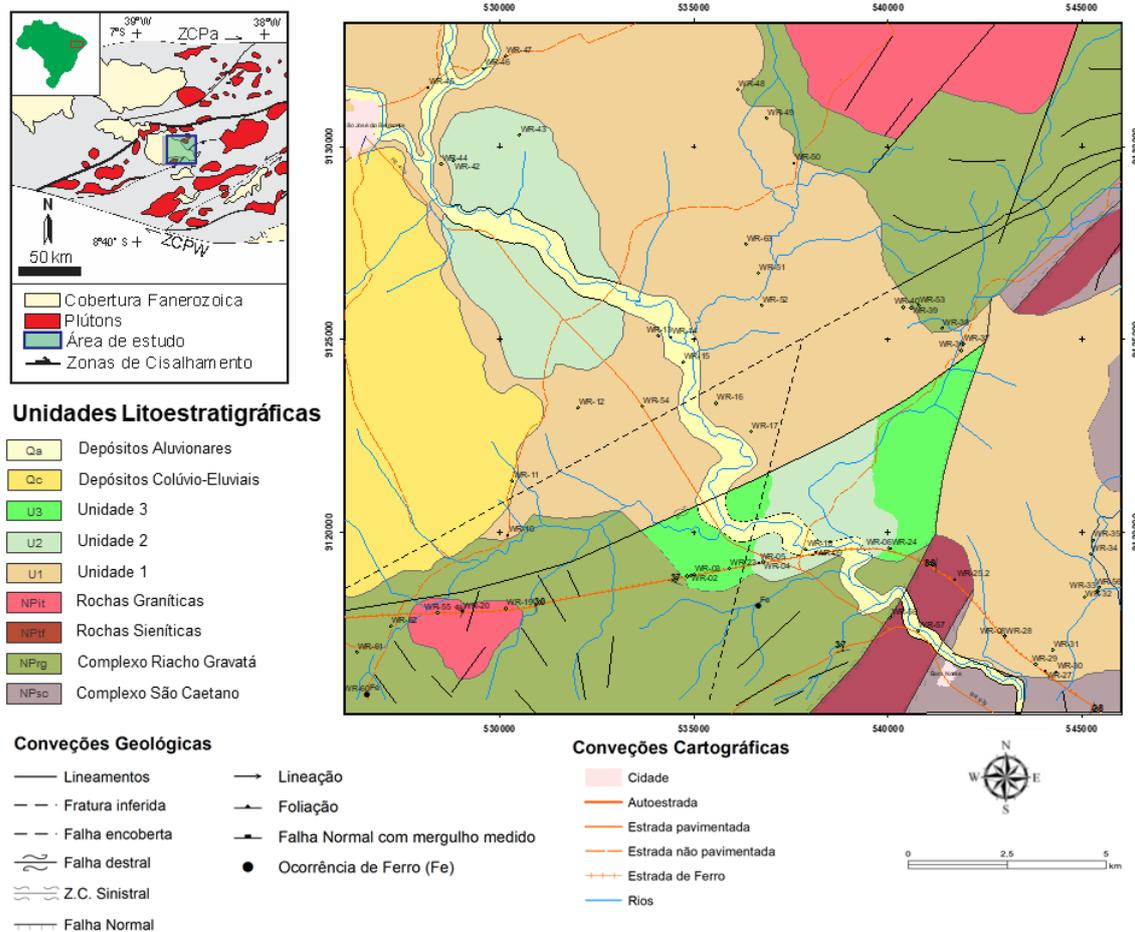


Figura 1- Mapa geológico da porção centro-leste da Bacia de São José do Belmonte.

Às Bacias Interiores do Nordeste, são atribuídas três tectonosequências: PréRifte, que representa o estágio de evolução tectônica sin-Rifte I; Rifte, que representa os estágios sin-Rifte II e III, e Pós-Rifte (Chang *et al.*, 1988; Matos, 1992, 1999; Ponte, 1992). O estágio sin-Rifte I, ou sequência préRifte, é caracterizado por estiramento crustal e formação da depressão AfroBrasileira (Chang *et al.*, 1988; Ponte, 1992). Esse estágio é representado por sedimentos terrígenos jurássicos depositados em ambiente flúvio-eólicolacustre, os quais estão depositados sobre sedimentos paleozoicos (Ponte, 1996; Ponte *et al.*, 1997). O estágio sinRifte II é atribuído ao início do Berriasiano e Neocomiano, e

marcado pela reativação de estruturas précambrianas e esforços extensionais de direção NW. A este estágio é atribuído o desenvolvimento de três *trends* de deformação: o *trend* Gabão-SergipeAlagoas, o *trend* Reconcavo-TucanoJatobá e o *trend* Cariri-Potiguar (Matos, 1987; 1999). O estágio sin-Rifte III representa a sedimentação no final do Barremiano e inclui uma mudança na cinemática do rifeamento. Neste estágio, o *trend* de deformação extensional passaria de NW-SE para EW, o *trend* Cariri-Potiguar seria abortado, e haveria aumento de deposição nos *trends* RecôncavoTucano-Jatobá e Gabão-Sergipe-

Alagoas (Ponte, 1992; Matos, 1999). Na sequência pós-Rifte houve um retardo no processo de migração continental durante o Aptiano, influenciado pela resistência da Província Borborema (Ponte, 1992). Durante o Albiano, muitos falhamentos brasileiros foram reativados, o que é evidenciado pelo basculamento das camadas das formações Santana e Arajara (Ponte & Appi, 1990).

De acordo com Gomes (2001), o embasamento da Bacia de São José do Belmonte é formado pelos complexos São Caetano e Riacho Gravatá, e rochas graníticas do tipo Conceição e Triunfo. Santos (1971) definiu o Complexo São Caetano como unidade formada por muscovita-biotita gnaisses, quartzitos e rochas metavulcânicas, e Campos Neto et al. (1994) definiu o Complexo Riacho Gravatá como metapelitos, quartzitos e rochas metavulcânicas. Sial (1986) definiu a suíte do tipo Conceição como calcioalcalina de alto a médio potássio, constituída por granodioritos, quartzodioritos e tonalitos. Ferreira (1991) definiu a do tipo Triunfo como peralcalina, constituída por alcalifeldspato sienitos.

Os litotipos reconhecidos na Bacia de São José do Belmonte incluem conglomerados, arenitos conglomeráticos, arenitos, siltitos, folhelhos e argilitos (Ponte, 1991 *apud* Ponte, 1994; Carvalho, 1993; 2006). Referências em Ponte (1994), atribuiu a sedimentação dos folhelhos e argilitos ao andar Alagoas, e a sedimentação dos demais litotipos ao Siluro-Devoniano(?). Duarte *et al.*, 1991 *apud* Carvalho, 2006, por sua vez, atribuiu idade juro-cretácea para os folhelhos e argilitos, e Carvalho, 2006 propõe que a sedimentação tanto de finos como de grossos - o autor atribui esses depósitos a uma variação faciológica, apenas -, estaria limitada aos andares Rio da Serra e Aratu.

ASPECTOS DE CAMPO E PETROGRÁFICOS

Nos afloramentos descritos ao longo do embasamento da bacia, foram identificados os seguintes litotipos: biotita gnaisse, muscovita-biotita gnaisse, rochas metapelíticas, rochas metavulcânicas e quartzitos - atribuídos aos complexos São Caetano e Riacho Gravatá -, além de rochas graníticas e sienitos milonitizados. As rochas sedimentares reconhecidas na área incluem arenitos, siltitos, argilitos e folhelhos, e foram individualizadas nas unidades 1, 2 e 3.

Embasamento

COMPLEXO SÃO CAETANO

As rochas que pertencem ao Complexo São Caetano afloram nas porções leste e nordeste da área mapeada, em contato com sienitos milonitizados. A unidade é formada principalmente por biotita gnaisses de granulação fina a média, foliação e lineação de estiramento bem marcada, e mineralogicamente constituídos por quartzo (40-50%), feldspatos (10-20%), biotita (20-30%), muscovita e minerais opacos. Localmente, essas rochas apresentam lentes de biotita quartzito (Fig. 2a) e diques leucocráticos centimétricos a decimétricos.

COMPLEXO RIACHO GRAVATÁ

As rochas que constituem o Complexo Riacho Gravatá afloram nas porções sul, sudoeste e nordeste da área mapeada, e a oeste da zona de cisalhamento de São José do Belmonte. São representadas por rochas metapelíticas de granulação fina e coloração esverdeada, de baixo grau metamórfico, constituídas por biotita,

muscovita, quartzo e minerais opacos. Intercaladas a essas, ocorrem quartzitos e rochas félsicas de granulação muito fina - possivelmente metavulcânicas. Localmente, essas rochas apresentam contato intrusivo (natureza hipoabissal) com os quartzitos, mostrando também transposição de foliações (Fig. 2b). Na porção centro-sul da área, foi possível observar inconformidade entre o complexo e as rochas areníticas (Fig. 2c). Em muscovita-biotita xisto, observar-se clivagem de crenulação (Fig. 2d).

ROCHAS GRANÍTICAS

As rochas de composição granítica afloram na porção sudoeste e nordeste da área mapeada, como corpos de alguns quilômetros de área aflorante (~4 e 18 km²), sem direção preferencial. Em mapa, a distribuição dos pontos de afloramento - bem como a interpretação de imagens aéreas e de satélite - indicam que essa unidade intrude as rochas do Complexo Riacho Gravatá. Trata-se de rochas equigranulares de granulação fina a média e coloração acinzentada a esbranquiçada, mineralogicamente constituídas por quartzo (30-40%), plagioclásio (15%-25%), feldspato potássico (15%-

25%), biotita (5%-20%), titanita, zircão, epidoto e minerais opacos. Localmente, essas rochas apresentam bandas e enclaves máficos dioríticos centimétricos a decimétricos, e diques pegmatíticos quartzo-feldspáticos (~1015 cm), os quais se encontram frequentemente fraturados (Fig. 2e).

ROCHAS SIENÍTICAS

Rochas de composição sienítica e textura milonítica a ultramilonítica ocorrem ao longo da Zona de Cisalhamento de São José do Belmonte, e foram interpretadas, a partir de imagens aéreas e de satélite, como definindo um corpo alongado, de direção NE-SW, e parcialmente coberto por rochas da unidade 1. As rochas sieníticas apresentam granulação fina a média e são constituídas por feldspato potássico (40-50%), plagioclásio (10-20%), biotita (10-20%), hornblenda (20-30%), clinopiroxênio (localmente), apatita, titanita e minerais opacos. A textura milonítica é caracterizada por cominuição de grãos e bandamento milimétrico com níveis ricos em biotita e níveis quartzo-feldspáticos marcados por fitas de quartzo (Fig. 2f).

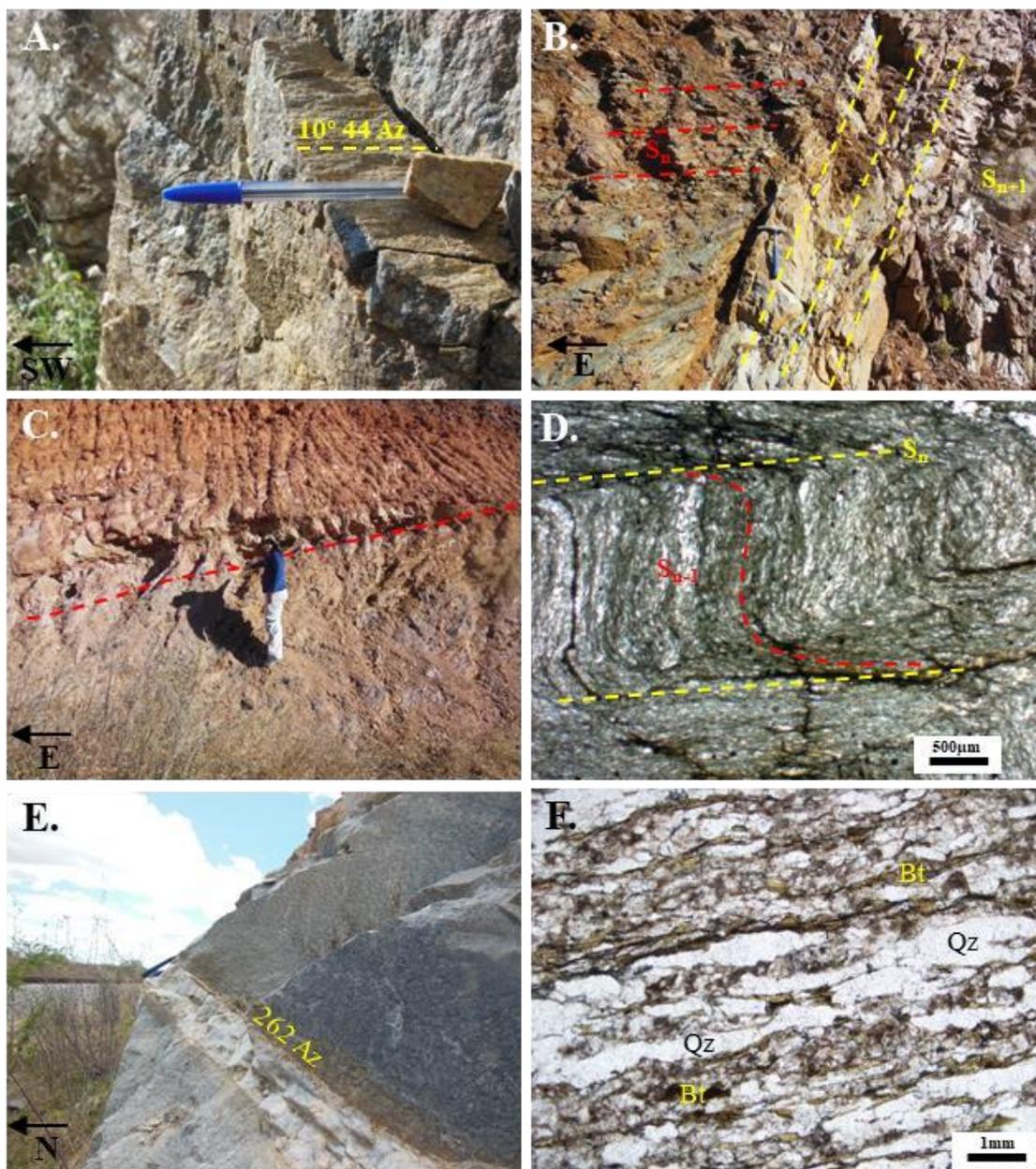


Figura 2- A) Quartzito do Complexo São Caetano com lineação de estiramento bem marcada; B) contato entre quartzito e rochas metavulcânicas (?) do Complexo Riacho Gravatá mostrando transposição de foliações; linhas vermelhas indicam a direção da foliação principal S_n (110 Az) no quartzito, e linhas amarelas, a foliação de alto ângulo S_{n+1} (50 Az) nas rochas metavulcânicas; C) inconformidade entre as rochas metavulcânicas do Complexo Riacho Gravatá (inf.) e arenitos da bacia (sup.); D) fotomicrografia a nicois paralelos de metapelito do Complexo Riacho Gravatá mostrando clivagem de crenulação simétrica marcada pelas foliações S_n e S_{n-1} ; E) veio pegmatítico em biotita granito; F) fotomicrografia a nicois paralelos de sienito com microbandamento milonítico evidenciado por alternância entre bandas máficas e bandas félsicas marcadas por fitas de quartzo.

Estratigrafia da Bacia de São José do Belmonte

A unidade 1 representa a sequência basal da Bacia de São José do Belmonte, e ocorre nas porções leste e noroeste da área mapeada. Os afloramentos mais representativos encontram-se ao longo da ferrovia Transnordestina, que corta a bacia em direção aproximadamente E-W. A unidade é composta por arenitos de coloração creme a avermelhada, de granulação fina a grossa, mal selecionados e com ausência de fósseis (Fig. 2a). Pode-se observar também intercalações de siltitos vermelhos e níveis conglomeráticos. Localmente, ocorrem níveis e concreções ferruginosas de aproximadamente 15 cm.

De modo geral, os arenitos se apresentam maciços ou sem estrutura aparente, mas ocasionalmente, pode-se observar algumas estruturas características de ambiente fluvial, como estratificações do tipo plano paralela, cruzada planar e acanalada (Fig. 2b). Localmente, observa-se também gradação normal e inversa.

Em termos de mineralogia, as rochas dessa unidade são compostas essencialmente por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio e raros fragmentos de rocha. Como minerais secundários, apresenta óxidos/hidróxidos de ferro e muscovita. A granulação varia de média a grossa, e os grãos são mal selecionados, angulosos a subarredondados, e com contatos do tipo côncavo-convexo e reto. Quartzo (mono- e policristalino) e feldspatos apresentam extinção ondulante frequente. A cimentação é predominantemente formada por óxidos/hidróxidos de ferro. São observados grãos de feldspato fraturados, principalmente microclina, e muscovita dobrada indicando compactação mecânica (Fig. 2c, d). De acordo Folk (1980), as rochas dessa

unidade são classificadas como quartzoarenitos.

UNIDADE 2

A unidade 2 ocorre nas porções central e sul da área mapeada, com exposições ao longo da ferrovia transnordestina, corte que permitiu observar, inclusive, sobreposição dessa unidade sobre a unidade 1.

A sequência sedimentar mais representativa da unidade 2 compreende folhelhos vermelhos (*red beds*) (Fig. 3e, f) com níveis calcíferos de coloração esverdeada a esbranquiçada. Subordinadamente, observam-se arenitos mal selecionados de granulação fina a média e coloração alaranjada, siltitos esbranquiçados e margas. As principais estruturas deposicionais observadas, especialmente nos arenitos, são estratificação do tipo cruzada planar e plano paralela, e laminações. São observados ainda arenitos sem estrutura aparente ou maciços.

UNIDADE 3

A unidade 3 aflora na porção central da área mapeada, a leste da Falha de São José do Belmonte. A exposição desses depósitos também ocorre principalmente ao longo dos cortes da ferrovia Transnordestina, onde é possível observar sobreposição desta unidade à unidade 2.

Litologicamente, a unidade é caracterizada por conglomerados, arenitos, siltitos e argilitos. Os conglomerados têm matriz suportada, coloração acinzentada, e aparentemente não apresentam estruturas sedimentares. Localmente, essas rochas apresentam também clastos pelíticos de coloração esverdeada (Fig. 4a). Os arenitos, em grande parte micáceos, possuem

granulação média a grossa, são mal selecionados, e de cor cinza a avermelhada. Localmente, encontram-se clastos de argila verde, e, de forma subordinada e intercalada com os arenitos, observa-se silte esbranquiçado e argila vermelha com níveis esverdeados.

Em termos de estruturas sedimentares, observam-se nos arenitos estruturas deposicionais como estratificação cruzada e gradação normal (Fig. 4b). Nos sedimentos pelíticos, nota-se estratificação plano paralela, e alguns pacotes de arenito apresentam geometria de canal (Fig. 4c).

Em seção delgada, a unidade é composta por quartzo, feldspatos e raros fragmentos de rochas. Como minerais acessórios, ocorrem muscovita, epidoto, turmalina e minerais opacos. A granulação varia de fina a média, e os contatos entre os grãos são predominantemente retos a côncavoconvexos, e, localmente, suturados. Os grãos de minerais opacos ocorrem concentrados em níveis, e os grãos de quartzo são mono- e policristalinos, com extinção ondulante, e frequentemente envolvidos por argilominerais na forma de cutículas. A cimentação é por óxidos/hidróxidos de ferro (Fig. 4e, f). Segundo a classificação de Folk (1980), as rochas dessa unidade são denominadas quartzo-arenitos.

ASPECTOS ESTRUTURAIS

Tectônica dúctil na área de estudo é indicada por foliação principal de baixo ângulo (S_n), foliação de alto ângulo (S_{n+1}), dobras meso- e microscópicas, e lineação de estiramento. A foliação S_n é observada nos complexos São Caetano e Riacho Gravatá, e apresenta direções preferenciais NE e NW. No Complexo Riacho Gravatá, ocorrem também dobras apertadas a isoclinais, com simetria em Z e M. Seus planos axiais são paralelos à

foliação principal S_n , o que indica que as dobras são desenhadas por uma foliação prévia S_{n-1} , provavelmente paralela a uma foliação primária S_0 . Foliações de hierarquia S_n e S_{n-1} também podem ser observadas em clivagem de crenulação no complexo

(Fig. 2d). Foliação de alto ângulo S_{n+1} é observada em sienitos miloníticos a ultramiloníticos e em rochas metavulcânicas(?) do Complexo Riacho Gravatá. Nesse, pode-se observar a transposição de S_{n+1} à S_n (Fig. 2d), evidenciando o caráter precedente dessa. Os sienitos miloníticos estão associados à Zona de Cisalhamento de São José do Belmonte, que corta a área na direção NE-SW, e pode ser observada em imagens aéreas e de satélite. Lineação de estiramento é observada no Complexo Riacho

Gravatá, e apresenta caimento para N e NE. Na unidade, observa-se também foliação sigmoidal indicando tectônica de empurrão com transporte para sudoeste, associada à S_n .

Tectônica rúptil é encontrada tanto nas rochas do embasamento como nas unidades da bacia. São observadas fraturas de várias dimensões, frequentemente preenchidas por sílica, falhas transcorrentes destrais de direções ENE e NNW, falhas sinistrais de direções N e NNE (Fig. 4d), e falhas normais de baixo ângulo de direções

NNW e NNE. Foram também interpretadas, a partir de imagens aéreas e de satélite, falhas mapeáveis de direção NE e NNE, e lineamentos estruturais de direção NE, NW e E. Na porção leste da área, o contato entre as unidades 1 e 3 foi interpretado como uma falha normal de direção NNE, coincidente com a zona de cisalhamento de São José do Belmonte. Na porção central, o contato entre a unidade 1 e as unidades 2 e 3 foi interpretado como uma falha transcorrente destal de direção NE. As

unidades 1, 2 e 3 também apresentam basculamento tectônico para ENE.

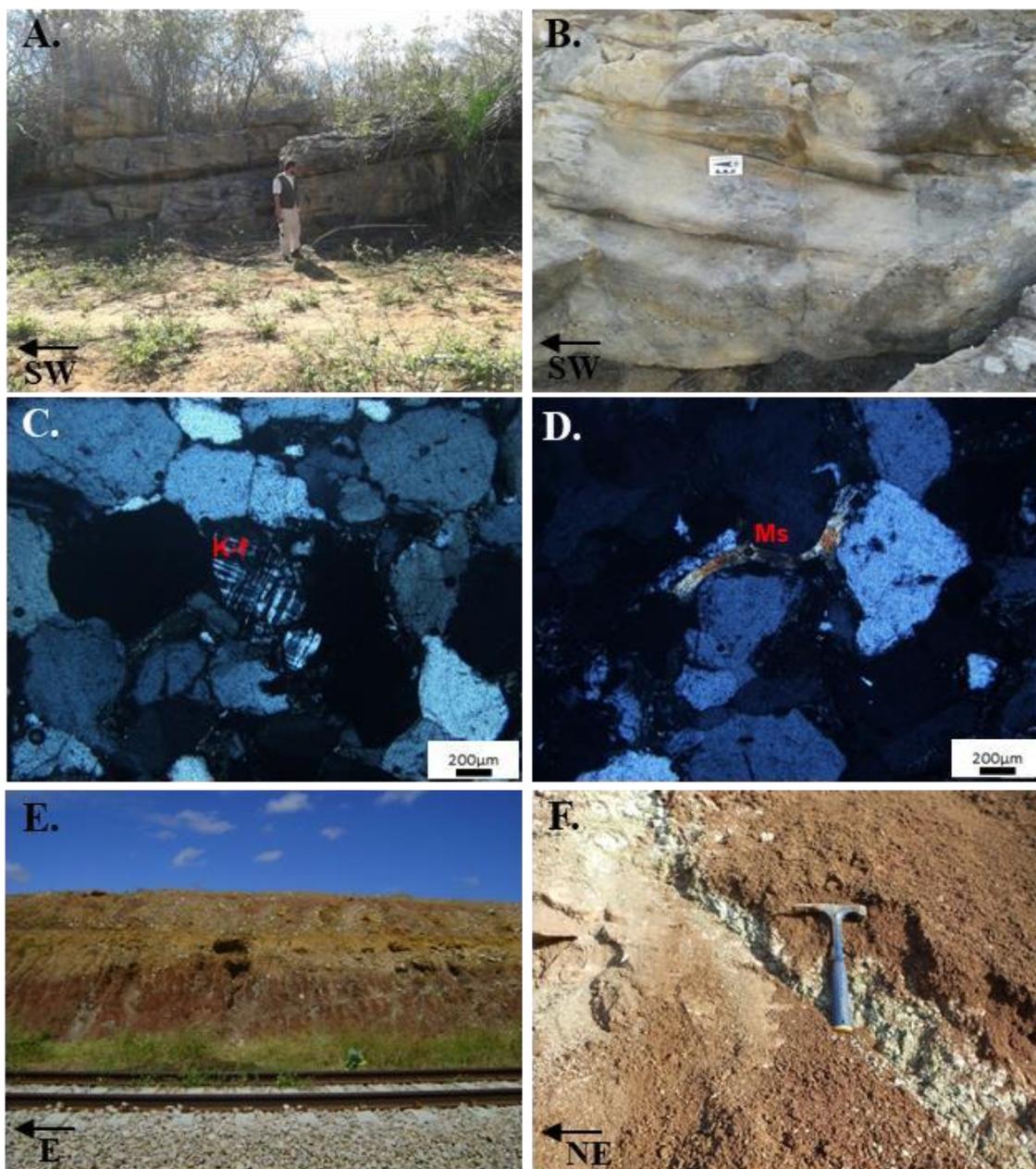


Figura 3- (A) Vista geral de afloramento da unidade 1; observa-se três *sets* com estratificação cruzada planar; (B) arenito grosso com gradação normal e estratificação cruzada planar e paleocorrente para NE; (C) fotomicrografia a nicois cruzados (Nx) de arenitos da unidade 1 mostrando (C) grão de microclina fraturado, e (D) muscovita com leve flexão; (E) visão geral de afloramento da unidade 2, ao longo na ferrovia Transnordestina; F) folhelhos vermelhos (*red beds*) com níveis calcíferos da unidade 2.

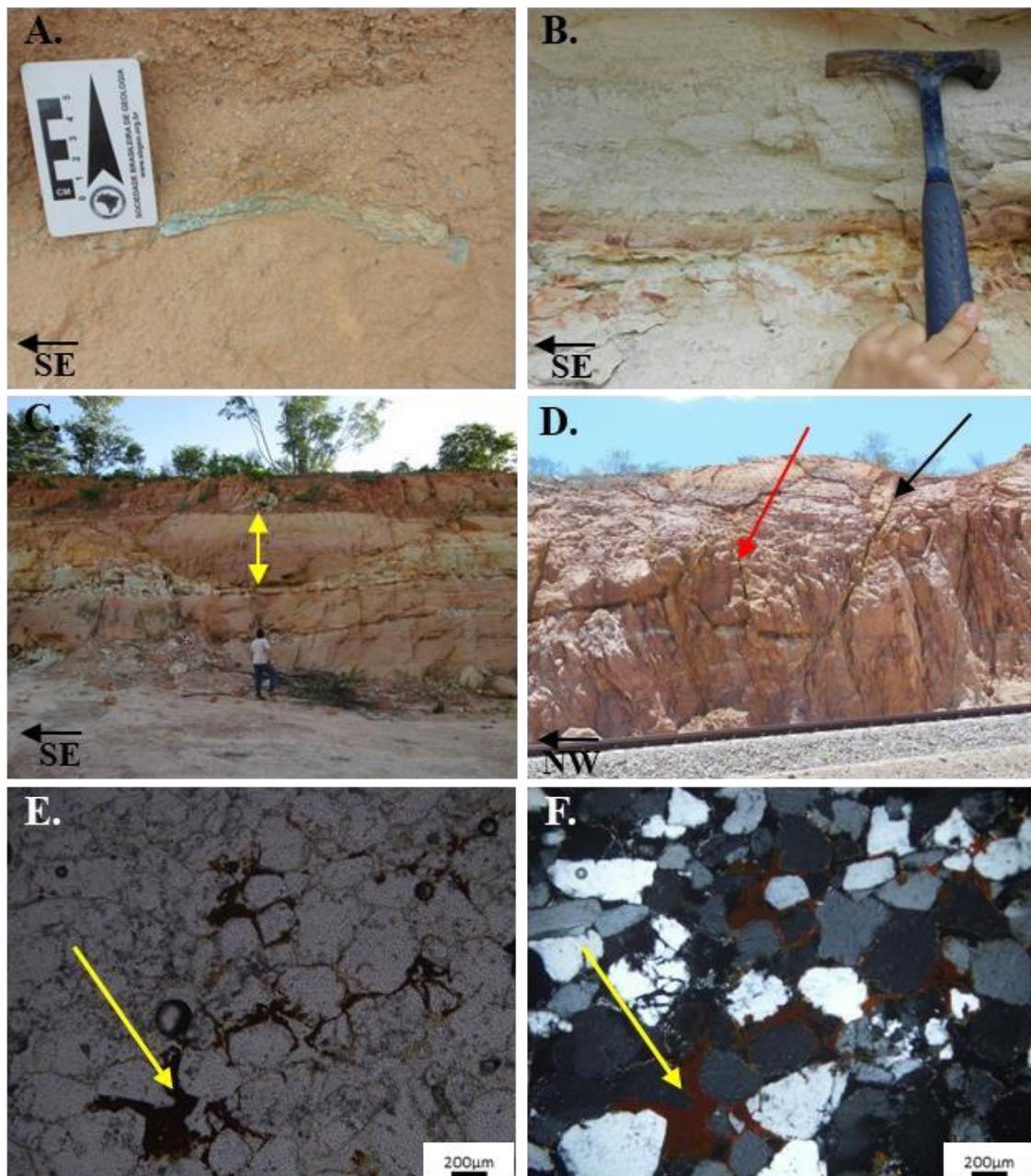


Figura 3- (A) Arenito de granulação muito grossa com clastos pelíticos esverdeados; (B) arenito grosso com estratificação cruzada planar (topo) e intercalação de silte e argila (base); (C) geometria de canal de ~2 m; (D) falha sinistral de direção N-S (seta vermelha) e dextral, de direção NE (seta preta); fotomicrografias de rochas da unidade 3 mostrando cimentação por óxidos/hidróxidos de ferro ((E) Np; (F) Nx).

Conteúdo Paleontológico

Trabalhos paleontológicos na Bacia de São José do Belmonte são escassos, e parte deles são relatórios internos da Petrobras. Estudos utilizando conteúdo fóssilífero das litofácies argilosas da bacia foram realizados com base em ostracodes não marinhos (referência de Ponte (1994) a relatórios internos da Petrobras) e conchostráceos (Carvalho, 2006).

Ponte (1994) cita trabalhos de ostracodes não marinhos desenvolvidos no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo por Campanha (1985) e no Centro de Pesquisas da PETROBRAS por Silva-Telles Jr. (1990), e Silva-Telles Jr *et al.* (1991). Os referidos autores identificaram as espécies *Pattersoncypris* sp., *Therioscynoecum* sp. e *Darwinula* sp., que, segundo eles, são ostracodes diagnósticos da biozona NRT-011, indicativas do Andar Alagoas. Embora *Pattersoncypris* represente um gênero típico de depósitos desse andar, a sua identificação em nomenclatura aberta não permite que se faça uma afirmação assertiva a respeito da idade, uma vez que se trata de um táxon muito complexo e alvo de discussão entre ostracodologistas. Os gêneros *Therioscynoecum* e *Darwinula*, quando apresentados em nomenclatura aberta, não permitem o refinamento cronoestratigráfico proposto por esses autores, por possuírem distribuição estratigráfica muito ampla.

Neste trabalho, foram coletadas amostras de folhelhos calcíferos da unidade 2, contendo ostracodes e conchostráceos. É possível que essas amostras sejam provenientes do mesmo litotipo descrito nos trabalhos anteriores, porém coletadas em outras localidades (WR-04/WR-06/WR-42). Foram

recuperados aproximadamente 250 espécimes de ostracodes tipicamente não marinhos. Apesar de recristalizados, foi possível fazer algumas inferências a respeito de sua posição taxonômica. Foram identificadas, possivelmente, a espécie *Therioscynoecum pricei* (Pinto & Sanguinetti, 1958), espécie-guia da biozona NRT-001, Andar Dom João, Jurássico Superior (Fig. 5 a-c), além de uma espécie da Superfamília *Darwinuloidea*, possivelmente atribuída ao gênero *Alicenula* (Rossetti & Martens, 1998), (Fig. 5 d-e), que comumente ocorre associada a *Therioscynoecum pricei*, em depósitos da Fm. Aliança na Bacia do Jatobá.

No que diz respeito aos conchostráceos, Carvalho (2006) identificou a espécie *Cyzicus brauni* nos mesmos litotipos estudados neste trabalho na Bacia de São José do Belmonte. Segundo o autor, a espécie ocorre comumente em depósitos do Cretáceo Inferior das bacias do interior do Nordeste (Jatobá, Sousa, Uiraúna, Iguatu, Malhada Vermelha, Rio Nazaré, Padre Marcos e Araripe), e espécies do gênero *Cyzicus* podem ocorrer também em outras idades, incluindo o Jurássico Superior. Os espécimes de conchostráceos encontrados neste trabalho estão fragmentados e não permitiram uma análise precisa de seus caracteres morfológicos (Fig. 5f).

Quadro 1: Resumo dos afloramentos e quantidade de espécies encontradas.

Amostras	Ostracodes	Quantidade
WR-04 (4)	<i>Therioscynoecum</i>	7
	<i>Alicenula</i>	1
WR-06 (5)	<i>Therioscynoecum</i>	12
	<i>Alicenula</i>	57
WR-06 (5)	<i>Therioscynoecum</i>	> 100
	<i>Alicenula</i>	
WR-06 (6)	<i>Therioscynoecum</i>	2
	<i>Alicenula</i>	1
WR-42 A (7)	<i>Therioscynoecum</i>	21
WR-42 A (8)	<i>Therioscynoecum</i>	3
WR-42 B (base)	<i>Therioscynoecum</i>	2
	<i>Alicenula</i>	2
WR-42 C (base)	<i>Therioscynoecum</i>	22
	<i>Alicenula</i>	9
WR-42 estrada	<i>Therioscynoecum</i>	1

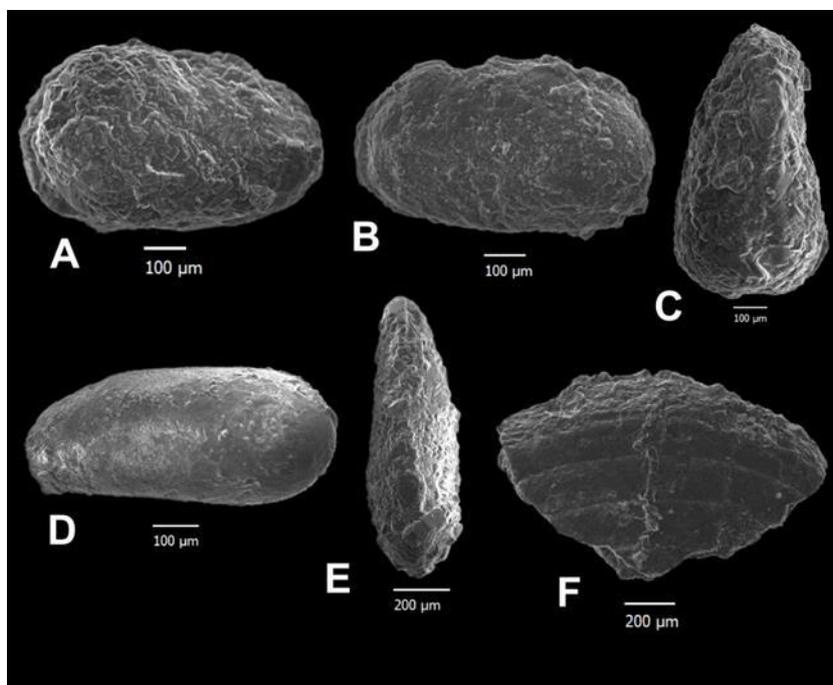


Figura 5- Fotomicrografias em MEV: (A-C) *Therioscynoecum pricei*, (A) vista lateral esquerda; (B) vista lateral direita; (C) vista dorsal; Darwinuloidea *Alicenula*, (D) vista lateral esquerda; (E) vista dorsal; (F) conchostráceo.

DISCUSSÃO

A obtenção de espécies-guia de ostracodes do Andar Dom João, Jurássico Superior, permite correlacionar os folhelhos da unidade 2 às formações Aliança e Brejo Santo, bacias do Jatobá e do Araripe, respectivamente. O estabelecimento temporal dessa unidade, por sua vez, permite correlacionar as demais utilizando as cartas estratigráficas disponíveis para essas bacias (Assine, 2007; Costa *et al.*, 2007). Assim, devido à semelhança litológica e posicionamento estratigráfico, os depósitos da unidade 1 são provavelmente correlatos às formações Tacaratu e Cariri, e os da unidade 3, às formações Sergi e Missão Velha (bacias do Jatobá e do Araripe, respectivamente). Na literatura, porém, não há consenso quanto à idade silurodevoniana das formações Tacaratu e Cariri, por se tratar de sequências afossilíferas. As formações Sergi e Missão Velha foram datadas a partir de troncos fósseis (Beurlen, 1962), elementos não encontrados neste trabalho.

Uma vez que a Bacia de São José do Belmonte não possui carta estratigráfica própria, é necessário adotar a carta estratigráfica de uma das bacias correlatas. Por estar inserida no mesmo contexto geotectônico e ter a carta mais completa das bacias interiores, sugerimos a utilização da carta proposta para a Bacia do Araripe, seguindo os primeiros trabalhos desenvolvidos na bacia (Ponte, 1991 *apud* Ponte, 1994). Dessa forma, nos referimos às unidades 1, 2 e 3 como Fm. Cariri, Fm. Brejo Santo e Fm. Missão Velha. A Fm. Cariri representa a sequência paleozoica da Bacia do Araripe, enquanto as formações Brejo Santo e Missão Velha representam a sequência pré-rifte (Ponte, 1992; Costa *et al.*, 2007). Na área de estudo,

evidência dessa tectônica é dada pelo fraturamento intenso e basculamento tectônico das três unidades.

Mapa da bacia apresentado por Costa *et al.* (2006) indica pequena área de ocorrência da Fm. Inajá (Bacia do Jatobá) na porção nordeste da região de estudo, mas não foram encontrados afloramentos na área designada no presente trabalho. Os dados coletados nesse trabalho não permitem a discriminação entre os complexos São Caetano e Riacho Gravatá, unidades com litotipos semelhantes. A área de ocorrência dessas unidades foi proposta por Gomes (2001) e mantida nesse trabalho.

CONCLUSÕES

Trabalho de mapeamento conduzido neste estudo permitiu a cartografia de sete unidades geológicas na porção centro-leste da Bacia de São José do Belmonte. Entre as unidades do embasamento, foram individualizados os complexos São Caetano e Riacho Gravatá, sienitos miloníticos e rochas graníticas. Entre as unidades da bacia, foram individualizadas as formações Cariri, Brejo Santo e Missão Velha. As unidades tiveram seus limites alterados em relação a mapeamentos anteriores, e foram definidas com base no conteúdo litológico, estrutural e dados biostratigráficos. Esse último permitiu posicionar os depósitos de folhelhos - anteriormente atribuídos ao Andar Alagoas, Cretáceo -, ao Andar Dom João, Jurássico superior. Para definição segura das formações Cariri e Missão Velha, é necessário estudo detalhado de fácies para determinação de seus sistemas deposicionais. Dados estruturais indicam que o embasamento da bacia foi afetado por tectônica de baixo ângulo com transporte para nordeste, associada ao desenvolvimento

de dobras, e seguida por tectônica de alto ângulo representada pela zona de cisalhamento de São José de Belmonte. O paralelismo e/ou coincidência entre estruturas da bacia e do embasamento indicam forte controle estrutural desse último durante a fase rifte.

Agradecimentos

Agradecemos ao Laboratório de Geologia Sedimentar e Ambiental (LAGESE) e PRH-26 pelo apoio logístico e financeiro para execução deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Almeida, F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 7: 349-364.
- Almeida, F. F. M., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A., 1981. Brazilian structural provinces: An introduction. *Earth Science Review*, 17: 1-19.
- Assine, M. L. 2007. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobras*. Rio de Janeiro, 15 (2): 371-389.
- Beurlen, K. A., 1962. Geologia da Chapada do Araripe. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 34 (3): 365-370.
- Brito Neves, B. B., Santos, E. J., Van Schmus, W. R., 2000. Tectonic History of the Borborema Province. In: Umberto Cordani; Edson José Milani; Antonio Thomaz Filho; Diógenes de Almeida Campos. (Org.). *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro: 31st International Geological Congress, p. 151-182.
- Campos Neto, M. C., Bittar, S. M. B., Brito Neves, B. B., 1994. Domínio tectônico Rio Pajeú - Província Borborema: orogêneses superpostas no ciclo Brasiliano/Panafricano. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Balneário Camboriú. 3, 221-222.
- Campanha, V.A., 1985. Análises bioestratigráficas de amostras procedentes do Projeto Araripe. São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), Laboratório de Estratigrafia. Relatório técnicos nº 23.040 e 23.332.
- Carvalho, I. S., 1993. Os conchostráceos fósseis das bacias interiores do Nordeste do Brasil. Tese de Doutorado, Pósgraduação em Geologia – UFRJ. 319p.
- Carvalho, I.S., 2006. Os conchostráceos da Bacia de São José do Belmonte, Cretáceo inferior, Nordeste do Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, 64: 193-198.
- Chang, H.K., Kowsmann, R.O., Figueiredo, A.M.F., 1988. New concepts on the development of East Brazilian marginal basins. *Episodes*, 11: 194-202.
- Costa, W.D., Falcão, E.L., Silva, E.C.C., 1999. Projeto avaliação hidrogeológico da Bacia Sedimentar de São José do Belmonte-Pernambuco. Recife. 4º Distrito do DNPM/Pernambuco, 51p.
- Costa, W.D., Valença, M.A.V., Costa Filho, W.D., 2006. Estudos hidrogeológico visando a gestão dos aquíferos da Bacia de São José do Belmonte-PE. XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Paulo. p.8
- Costa, I.P., Bueno, G.V., Milhomem, P.S., Silva, H.S.L. E, Kosin, M.D., 2007. Sub-bacia de Tucano Norte e Bacia de Jatobá. *Boletim de*

- Geociências da Petrobras, 15 (2): 445-453.
- Duarte, R.X., Sa, L.T.L., Sampaio, M.A.F., Lima Filho, M.F., Alheiros, M.M., 1991. Mapeamento preliminar de parte da bacia de São José do Belmonte em Pernambuco. In: XIV Simpósio de Geologia do Nordeste, Recife, 12, 330-332.
- Ferreira, V. P. 1991. Petrology and geochemistry of the late Precambrian ultrapotassic peralkaline Triunfo pluton and related dikes, State of Pernambuco, Northeast Brazil. Athens. Tese de Doutorado, Universidade da Georgia 265p.
- Folk, R.L., 1980. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphil Publishing Company, Austin, 184p
- Gomes, H. A., 2001. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Serra Talhada. Folha SB.24-Z-C. Estados de Pernambuco, Paraíba e Ceará. Escala 1:250.000.
- Matos, R.M.D., 1987. Sistema de riftes cretáceos do Nordeste Brasileiro. In: Seminário de Tectônica da Petrobras, 1, Rio de Janeiro, DEPEX/CENPES/PETROBRÁS, 126-159
- Matos, R. M. D., 1992. The Northeast Brazilian rift system. *Tectonics*, 11(4): 766-791.
- Matos, R.M.D. 1999. History of the Northeast Brazilian Rift System: Kinematic implications for the breakup Brazil and West Africa. Geological Society of London Special Publications, London, 153: 55-73.
- Neves, S.P., 2003. Proterozoic history of the Borborema Province (NE Brazil): correlations with neighboring cratons and Pan-African belts, and implications for the evolution of western Gondwana. *Tectonics* 22: 1031.
- Pinto, I.D., Sanguinetti, Y.T., 1958. *Bisulcocypris*: a new Mesozoic genus and preliminary notes about its relation with *Metacypris* and allied forms. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 7: 75-90.
- Ponte, F.C., 1991. Remanescentes sedimentares mesozoicos da paleobacia do Araripe. In: Ponte, F.C. 1994. Extensão Paleogeografia da Bacia do Araripe no Mesocretáceo. III Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 131-135.
- Ponte, F.C., 1992. Origem e evolução das pequenas bacias cretáceas do interior do nordeste do Brasil. In: II Simpósio sobre bacias Cretáceas brasileiras, *Boletim de Resumos* 81-84.
- Ponte, F.C. 1994. Extensão Paleogeografia da Bacia do Araripe no Mesocretáceo. In: III Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 131-135.
- Ponte, F.C., 1996. Arcabouço estrutural da Bacia do Araripe. In: IV Simpósio sobre bacias Cretáceas brasileiras, 169-177.
- Ponte, F. C., Appi, C. J., 1990. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In: XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia, SBG, 1: 211-226.
- Ponte, F.C., Medeiro, R.A., Ponte Filho, F.C., 1997. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe: Análise de sequência. In: II Simpósio sobre a bacia do Araripe e bacias interiores do Nordeste, Crato-CE.
- Rossetti G., Martens K., 1998. Taxonomic Revision of the Recent

- and Holocene representatives of the Family Darwinulidae (Crustacea, Ostracoda), with a description of three new genera. *Bulletin van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Biologie* 68: 55–110.
- Santos, E. J. 1971. Síntese da geologia do pré-Cambriano da Folha Arcoverde - Nordeste do Brasil. Recife, SUDENE, 33p.
- Santos E.J., Ferreira C.A., Silva Junior J.M.F., 2002. Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba. Escala 1:500.000. Recife: CPRM, 142 p.
- Sial, A. N. 1986. Granite types in Northeastern Brazil: current knowledge. *Revista Brasileira de Geociências*, 16: 54-72.
- Silva-Telles Jr., A.C., 1990. Bioestratigrafia da Bacia de São José do Belmonte (Pernambuco). Rio de Janeiro. PETROBRAS/CENPES/DIVEX/SEBIPE.
- Silva-Telles Jr., A.C., Arai, M, Coimbra, J.C. 1991. Biocronoestratigrafia e paleoecologia da Bacia do Araripe. In: Ponte, F.C. 1994. Extensão Paleogeografia da Bacia do Araripe no Mesocretáceo. III Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, Rio Claro-SP, 131-135.
- Van Schmus, W. R.; Kozuch, M., Brito Neves, B. B., 2011. Precambrian history of the Zona Transversal of the Borborema Province, NE Brazil: Insights from Sm/Nd and U/Pb geochronology. *Journal of South American Earth Sciences*, 31: 227-252.

1 2.2 CARACTERIZAÇÃO FACIOLÓGICA E SISTEMAS DEPOSICIONAIS DA BACIA DE SÃO JOSÉ DO BELMONTE, NORDESTE DO BRASIL

Faciological Characterization and Depositional Systems of the São José do Belmonte Basin, Northeast of Brazil

Wilson R. de Andrade Freitas¹; Mário F. Lima Filho^{1, 2}; Valdielly L. Silva¹; Sonia Agostinho^{1, 2} & Zenilda V. Batista³

¹*Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-graduação em Geociências, Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, 50740-530, Recife, PE, Brasil.*

²*Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Geologia, Laboratório de geologia Sedimentar e Ambiental Avenida Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, 50740-530, Recife, PE, Brasil.*

³*Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia, Av. Lourival Melo Mota s/n, Tabuleiro dos Martins, 57072-900, Maceió, AL, Brasil*

E-mails: wrafreitas@gmail.com; mflf@ufpe.br; vallisise@gmail.com; sonia@ufpe.br; zenilda.geo@gmail.com

Resumo

Caracterização faciológica e associação de fácies realizadas em perfil ao longo da ferrovia Transnordestina, na Bacia de São José do Belmonte, permitiu a identificação de dez fácies sedimentares, agrupadas em três associações. São elas: 1. Associação de fácies de conglomerados e arenitos conglomeráticos, a qual inclui as fácies de conglomerados maciços (Gmm) e estratificados (Gt); arenitos com estratificação cruzada acanalada (St), planar (Sp), plano paralela (Sh) e maciços (Sm); e siltitos maciços (Fsm); 2. Associação de fácies de arenitos estratificados e siltitos, constituída pelas fácies de arenitos com estratificação cruzada planar (Sp), plano paralela (Sh) e maciços (Sm); e sedimentos lamosos laminados (Fl) e maciços (Fsm); e 3. Associação de fácies de folhelhos vermelhos e calcários argilosos, constituída pelas fácies homônimas (Flv e La). Essas associações sugerem a presença de cinco elementos arquiteturais: canal (CH), formas de leitos arenosas (SB), depósitos de acreção frontal (DA), depósitos de acreção lateral (LA) e depósitos finos de planície de inundação (FF). Esses elementos, por sua vez, sugerem a ocorrência de três sistemas deposicionais, respectivos às associações supracitadas: 1. fluvial entrelaçado de alta energia (Gmm; Gt; St; Sp; Sh; Sm; Fsm); 2. lacustre (Flv; La); e 3. fluvial meandrante (Sp; Sh; Sm; Fl; Fsm). Esses sistemas são correlacionáveis aos atribuídos pela literatura às formações Cariri, Brejo Santo e Missão Velha, o que corrobora a ocorrência das mesmas na área de estudo. Consideramos incerta a idade da Fm. Cariri.

Palavras-chave: Bacia de São José do Belmonte; sistemas deposicionais; fluvial meandrante; sistema lacustre

Abstract

Faciological characterization and facies association made in a profile along the Transnordestina railway, in the São José do Belmonte Basin, allowed the identification of ten sedimentary facies, organized in three associations. They are: 1. Conglomerate and conglomeratic sandstone facies association, which includes massive (Gmm) and cross bedding (Gt) conglomerates facies; trough (St), planar (Sp), parallel planar (Sh) cross bedding sandstones and massive sandstones (Sm); and massive siltites (Fsm); 2. Cross bedding sandstones and siltstones facies association, composed by planar (Sp) and parallel planar (Sh) cross bedding sandstones and massive sandstones (Sm); and laminated (Fl) and massive (Fsm) muddy sediments; and 3. Red shales and muddy limestones facies association, composed by the homonymous facies (Flv and La). These associations suggest the presence of five architectural elements: channel (CH), sand bed forms (SB), and downstream accretional (DA), lateral accretion (LA) and floodplain fines (FF) deposits. These elements, in its turn, suggest the occurrence of three depositional systems, respective to the above-mentioned associations: 1. high-energy braided river (Gmm, Gt, St, Sp, Sh, Sm, Fsm); 2. lacustrine (Flv, La); and 3. meandering fluvial (Sp, Sh, Sm, Fl, Fsm). These systems can be correlated to the ones referred by the literature to the Cariri, Brejo Santo and Missão Velha formations, which corroborates to their occurrence in the study area. We consider uncertain the age of the Cariri Formation.

Keywords: São José do Belmonte Basin; depositional systems; meandering fluvial; lacustrine system

1. Introdução

A Bacia de São José do Belmonte pertence ao conjunto denominado “Bacias Interiores do Nordeste do Brasil”, do qual também fazem parte as bacias do Araripe, Cedro, Mirandiba, Betânia, Fátima e outras (Figura 1). Os principais modelos propostos para a formação dessas bacias estão relacionados à rotação da placa sul-americana e à reativação de estruturas pré-cambrianas (Françolin & Szatmari, 1987; Szatmari *et al.*, 1987). O processo de rifteamento foi dominado por uma distensão de direção NW durante o Neocomiano-Barremiano (Matos, 1987; 1992; 1999). De acordo com Matos (1992), os eventos relacionados à ruptura do Gondwana atuaram de maneira diferenciada no interior do Nordeste do Brasil, condicionado a forma e localização das bacias supracitadas.

Acompanhando os primeiros trabalhos realizados na Bacia de São José do Belmonte (Ponte, 1991 *apud* Ponte, 1994; Carvalho 2006), Freitas *et al.* (2018) sugere, para esta bacia, a utilização da carta estratigráfica proposta para a Bacia do Araripe (Assine, 2007), cuja evolução compreende cinco sequências deposicionais: Paleozoica, Pré-Rifte, Rifte, Pós-Rifte I e Pós-Rifte II (Assine, 1992; Ponte *et al.* 1997; Assine, 2007; Assine *et al.*, 2014). À Bacia de São José do Belmonte, porém, são atribuídas apenas as sequências Paleozoica e Pré-Rifte (Batista, 2015; Freitas *et al.* 2018). A correlação dessas sequências tem sido baseada, essencialmente, no conteúdo litológico, paleontológico e estrutural. Estudos faciológicos na bacia estão limitados a Batista (2015) e compreendem apenas a Sequência Paleozoica.

Até o presente, não há na literatura trabalhos de caracterização faciológica da sequência Pré-Rifte da Bacia de São José do Belmonte. Buscando um melhor entendimento sobre a evolução paleogeográfica e paleoambiental da bacia em análise, o presente trabalho tem como objetivo a caracterização faciológica e associação de fácies de suas sequências Paleozoica e Pré-Rifte.

2. Contexto Geológico Regional

A Bacia de São José do Belmonte está instalada sobre o embasamento pré-cambriano da Província Borborema, e situada entre os lineamentos Patos e Pernambuco. Utilizando aspectos estruturais, a província é dividida em três subprovíncias: a Subprovíncia Norte, que está localizada a norte do lineamento Patos, a Subprovíncia

Central ou Domínio da Zona Transversal, situada entre os lineamentos Patos e Pernambuco, e a Subprovíncia Sul, limitada pelo lineamento Pernambuco e o Cráton São Francisco (Brito Neves *et al.* 2000; Neves, 2003; Van Schmus *et al.* 2011; Neves, 2015).

A origem e evolução da Bacia de São José do Belmonte, assim como as demais Bacias Interiores do Nordeste, está relacionada aos processos de rifteamento do Supercontinente Gondwana e consequente abertura do Oceano Atlântico. A estruturação da bacia apresenta direções preferencialmente NE-SW a E-W e NW-SE a N-S (Freitas *et al.* 2018), estruturação semelhante à do embasamento pré-cambriano (Matos, 1992, 1999; Ponte, 1996; Ponte & Ponte Filho, 1996).

Na Bacia de São José do Belmonte, a Sequência Paleozoica é representada pela Formação Cariri, e a Sequência Pré-Rifte, pelas formações Brejo Santo e Missão Velha (Ponte, 1991 *apud* Ponte, 1994; Carvalho 2006; Freitas *et al.* 2018). A Formação Cariri foi definida por Beurlen (1962) como arenitos de granulação média a muito grossa, mal selecionados e afossilíferos. A Formação Brejo Santo, definida por Gasparly & Anjos (1964), encontra-se sobre os sedimentos da Formação Cariri, e é formada principalmente por argilitos e folhelhos vermelhos. Estes litotipos apresentam níveis calcíferos contendo ostracodes que indicam idade Jurássica (Andar Dom João), intervalo comum a outras bacias do Nordeste do Brasil, incluindo a Bacia do Araripe (Braun, 1966; Coimbra *et al.* 2002). A Formação Missão Velha (Beurlen, 1962), é constituída por arenitos de granulação fina a muito grossa, localmente compreende siltitos e argilitos, e contém troncos fósseis.

Batista (2015) sugere, para a Sequência Inferior da Bacia de São José do Belmonte, a qual autora atribui a Fm. Tacaratu da Bacia do Jatobá, os sistemas de leques aluviais e fluvial entrelaçado.

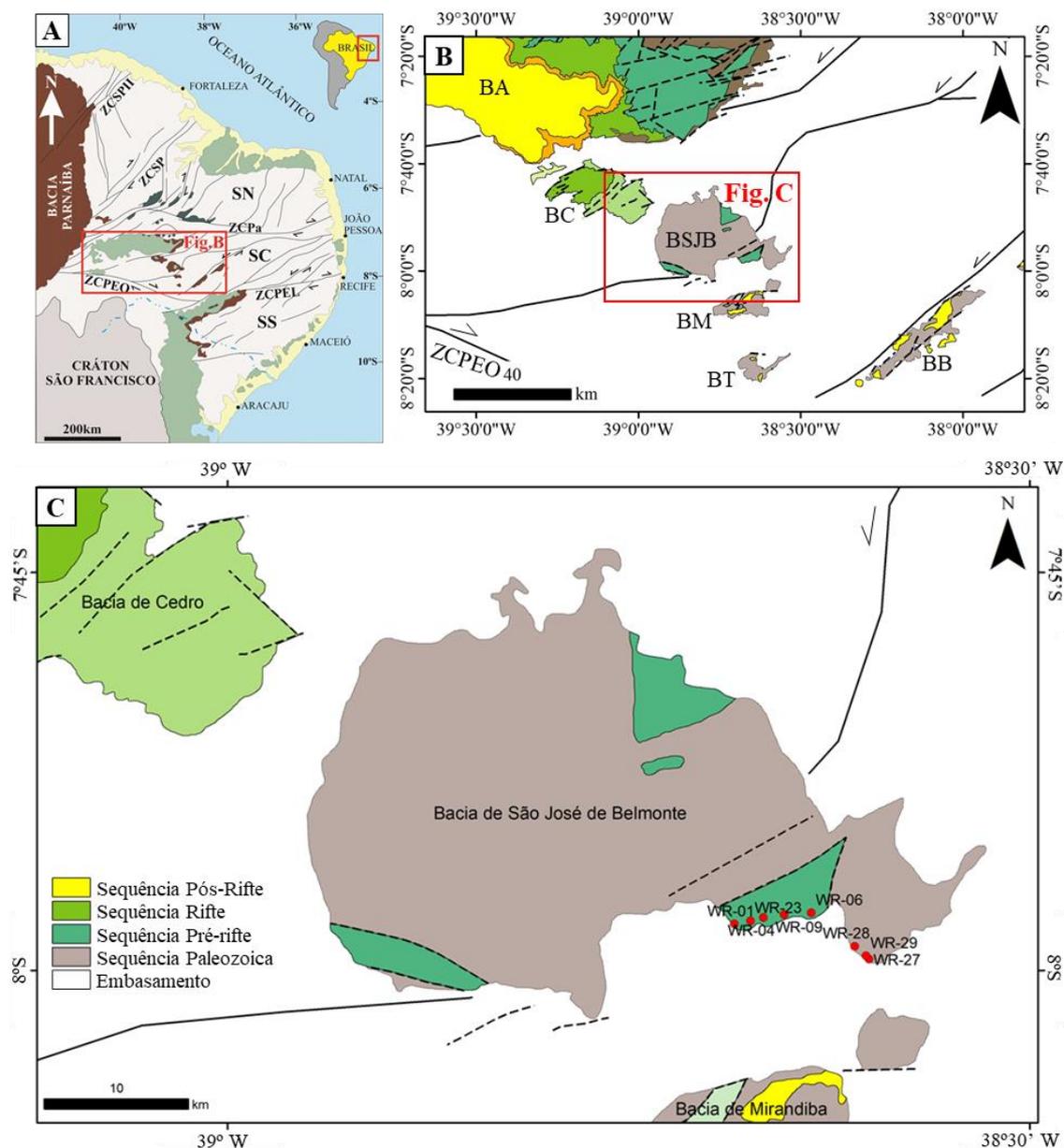


Figura 2: **A.** Mapa esquemático da Província Borborema mostrando a divisão em subprovíncias e ocorrência de coberturas fanerozoicas; **B.** Mapa simplificado da porção oeste da Subprovíncia Central mostrando a localização da Bacia de São José do Belmonte no contexto das Bacias Interiores do Nordeste. Legenda: Bacia do Araripe (BA), Bacia de Cedro (BC), Bacia de São José do Belmonte (BSJB), Bacia de Mirandiba (BM), Bacia de Tupanaci (BT), Bacia de Betânia (BB), Zona de Cisalhamento Pernambuco Oeste (ZCPEO), Zona de Cisalhamento Patos (ZCPa); **C.** Mapa geológico simplificado da Bacia de São José do Belmonte, mostrando a distribuição de suas sequências tectonoestratigráficas e localização dos afloramentos estudados.

3. Material e Métodos

Os principais afloramentos das unidades da Bacia de São José do Belmonte encontram-se na porção sul-sudeste, área de estudo deste trabalho. Os dados apresentados foram obtidos a 15 km da cidade de São José do Belmonte, ao longo da ferrovia Transnordestina. Foram confeccionados seis perfis estratigráficos em escala 1:50, a partir

de depósitos sedimentares com boas exposições. Nos afloramentos, foram realizadas descrições de fácies utilizando atributos como litologia, tamanho do grão, textura, estruturas sedimentares e geometria das camadas. Os levantamentos das seções estratigráficas foram realizados segundo os procedimentos de Selley (1987, 2000).

O estudo de fácies sedimentares foi realizado conforme os princípios de Walker & James (1992) e Reading (1996). Contudo, para as litofácies sedimentares foi empregada a classificação proposta por Miall (1996). A interpretação dos sistemas deposicionais foi realizada conforme Reading (1996) e Miall (1996).

4. Caracterização Faciológica

Com base nas descrições dos afloramentos, foram individualizadas um total de dez litofácies (Tabela 1). Dentre elas, duas litofácies cascalhosas (Gmm, Gp), quatro litofácies arenosas (St, Sp, Sh, Sm,), três litofácies lamosas (Fl, Fsm, Flv) e uma litofácies carbonática (La).

Conglomerados maciços (Gmm): Conglomerados maciços, suportado por uma matriz arenosa grossa, mal selecionados, de coloração esbranquiçada e avermelhada, e formado por seixos e grânulos subangulosos a subarredondados (com diâmetros de até 4 cm). As camadas têm espessuras entre 0,2 e 1,0 m, e geralmente ocorrem na porção basal. Essa fácies é interpretada por Miall (1996) como de fluxo de detritos plásticos.

Arenitos conglomeráticos estratificado (Gp): Arenitos muito grossos a conglomeráticos, mal selecionados, formado por grânulos de quartzo dispersos. Apresenta coloração avermelhada e estratificação cruzada planar. As camadas possuem entre 0,3 e 1,9 m de espessura. Essa fácies é interpretada por Miall (1996) como depósitos de leitos transversais, crescimento de barras e preenchimento de canais.

Arenitos com estratificação cruzada acanalada (St): Arenitos de granulação média a muito grossa, com níveis conglomeráticos, mal selecionados, e grãos subangulosos a subarredondados. Apresentam coloração amarelada a esbranquiçada, camadas de espessura métrica, estratificação cruzada acanalada de pequeno a médio porte (Fig. 2A), e, localmente, nódulos ferruginosos. Essa fácies é amplamente visualizada na seção do perfil WR-28 e geralmente ocorre associada à fácies Sm. É interpretada como depósitos

de forma de leito relacionada a dunas subaquosa com cristas sinuosas em regime de fluxo inferior (dunas 3D).

Arenitos com estratificação cruzada planar (Sp): Arenitos de granulação média a muita grossa, localmente conglomeráticos, com grãos subangulosos a subarredondados, gradação inversa, micáceos, com níveis ferruginosos, mal selecionados e coloração amarelada a avermelhada (Fig. 2B). Apresentam também estratificação cruzada planar de médio a grande porte e camadas de espessura decimétrica. Essa fácies ocorre disseminada ao longo das seções estratigráficas e geralmente associada à fácies Sm. São interpretadas como depósitos de migração de barras longitudinais (dunas 2D) de acordo com Miall (1996).

Arenitos com estratificação plano paralela (Sh): Arenitos com granulação fina a média, micáceos, moderadamente selecionados e classificados, de coloração esbranquiçada a amarelada. Apresentam estratificação plano paralela e camadas de espessura decimétrica (Fig. 2C). Essa fácies ocorre na porção superior do perfil WR-09, entre fácies de folhelhos vermelhos (Flv). A fácies Sh é interpretada por Miall (1996) como depósitos de fluxo laminar superior em barras transversais.

Arenitos maciços (Sm): Arenitos de granulação fina a grossa, mal selecionados, de coloração amarelada a avermelhada, e pacote sedimentar maciço, com camadas de espessuras decimétricas a métricas (Fig. 2D). Apresentam também níveis ferruginosos contendo clastos de aproximadamente 10 cm. Essa fácies ocorre disseminada ao longo das seções estratigráficas, geralmente associada às fácies Sp e Sh. São interpretados como uma deposição muito rápida provocada por fluxos gravitacionais.

Siltitos laminados (Fl): Siltitos argilosos de coloração esbranquiçada e avermelhada, apresentando laminação plano-paralela (Figura 2E) e camadas de espessura centimétrica a decimétrica. Essa fácies possui pouca expressão ao longo das seções estratigráficas, e é interpretada como depósitos de inundação originada por correntes subaquosa sob regime de fluxo inferior.

Siltitos maciços (Fsm): Siltitos maciços de coloração creme, e, localmente, vermelha, com camadas de espessura centimétrica a decimétrica (Figura 2F). Esta fácies ocorre de forma pontual nas seções e geralmente associada à fácies de arenito maciço (Sm). São

interpretados como depósitos de planícies de inundação sob condições de regime de baixa energia (suspensão).

Folhelhos Vermelho (Flv): Folhelhos argilosos de coloração vermelha a castanha (Figura 2G), com camadas de espessura decimétrica a métrica, constituídos predominantemente por argilominerais. Esses litotipos apresentam-se intercalados com siltitos argilosos de coloração esverdeada e arenitos calcíferos esbranquiçados.

Calcários Argilosos (La): Calcários argilosos de coloração esbranquiçada a esverdeada, geralmente maciços e com abundante conteúdo fóssilífero (Figura 2H).

Tabela 1: Classificação das fácies da área de estudo modificado de Miall (1996).

Fácies	Diagnose	Interpretação
<i>Gmm</i>	Conglomerados com matriz arenosa e maciço	Fluxo de detritos plástico, fluxo viscoso, alta coesão interna
<i>Gp</i>	Conglomerados com estratificação cruzada planar	Formas de leitos transversais, crescimento de barras, preenchimento de canal.
<i>St</i>	Arenitos médios a muito grossos, podendo ser conglomerático com estratificação cruzada acanalada	Depósitos de dunas subaquosa com cristas sinuosas em regime de fluxo inferior
<i>Sp</i>	Arenitos médios a muito grossos, localmente com níveis conglomeráticos, e com estratificação cruzada planar	Depósitos de barras longitudinais (regime de fluxo inferior)
<i>Sh</i>	Arenitos finos a médios com estratificação plano paralela	Depósito de fluxo laminar superior em barras transversais
<i>Sm</i>	Arenitos finos a grossos maciços	Deposição rápida por fluxo gravitacionais
<i>Fl</i>	Siltitos laminados	Depósitos de correntes subaquosa originada por regime de fluxo inferior
<i>Fsm</i>	Siltitos argilosos maciços	Depósitos de suspensão (regime de baixa energia) interpretado como depósitos de inundação
<i>Flv</i>	Folhelhos vermelho laminados (<i>red bed</i>)	Ambiente lacustre
<i>La</i>	Calcários argilosos	Precipitação de partículas em processos pedogenéticos

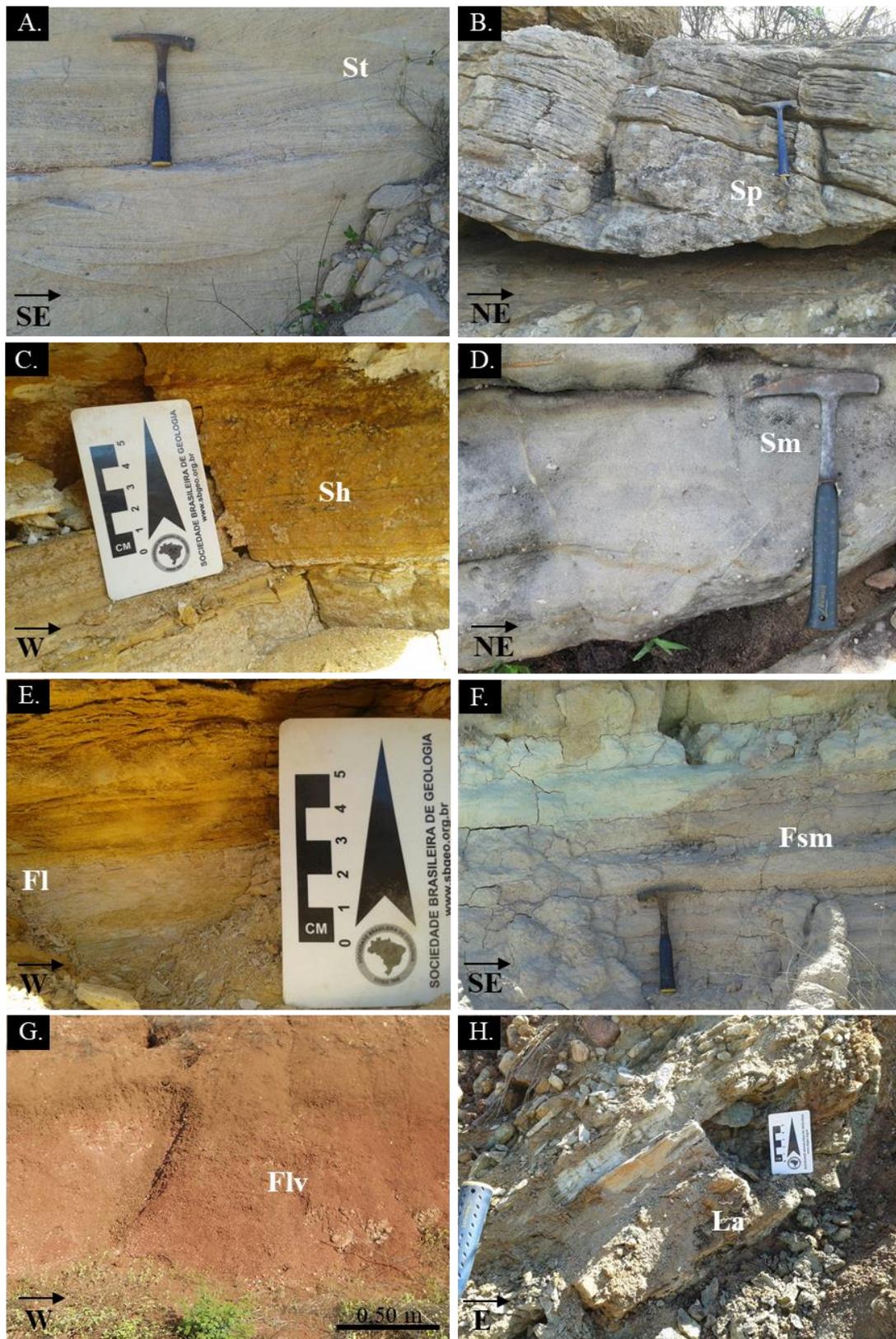


Figura 3: Fácies descritas nas unidades da Bacia de São José do Belmonte: A. Fácies de arenitos com estratificação cruzada acanalada (St); B. Fácies de arenitos com estratificação cruzada planar (Sp); C. Fácies de Arenitos com estratificação plano paralela (Sh); D. Fácies de Arenitos maciços (Sm); E. Fácies de Siltitos laminados (Fl); F. Fácies de Siltitos maciços (Fsm); G. Fácies de Folhelhos vermelho (Flv); H. Fácies de Calcários argilosos (La).

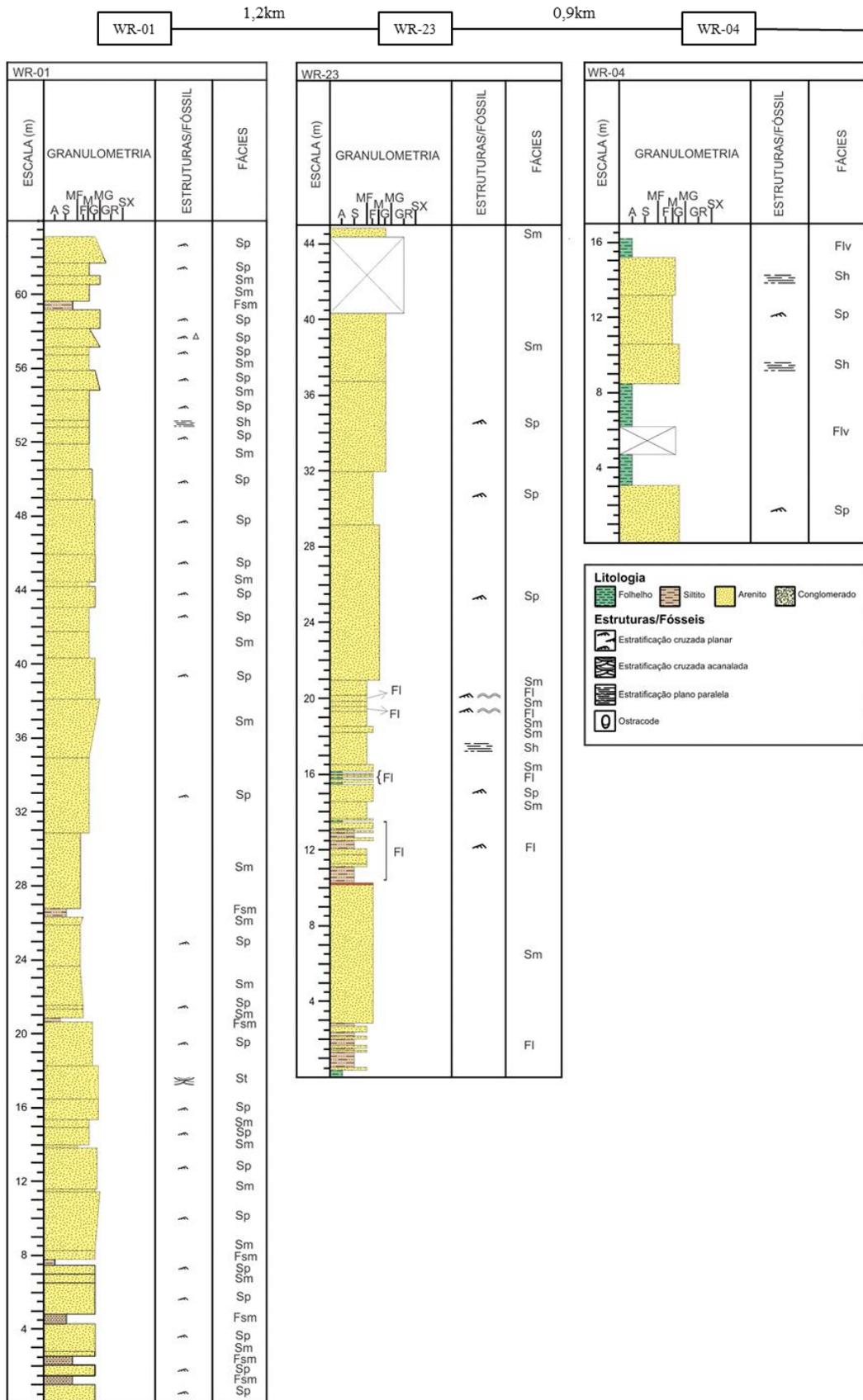


Figura 4: Seções estratigráficas de detalhe levantadas nos afloramentos WR-01; 23; 04 da ferrovia Transnordestina, mostrando as distâncias entre os mesmos.

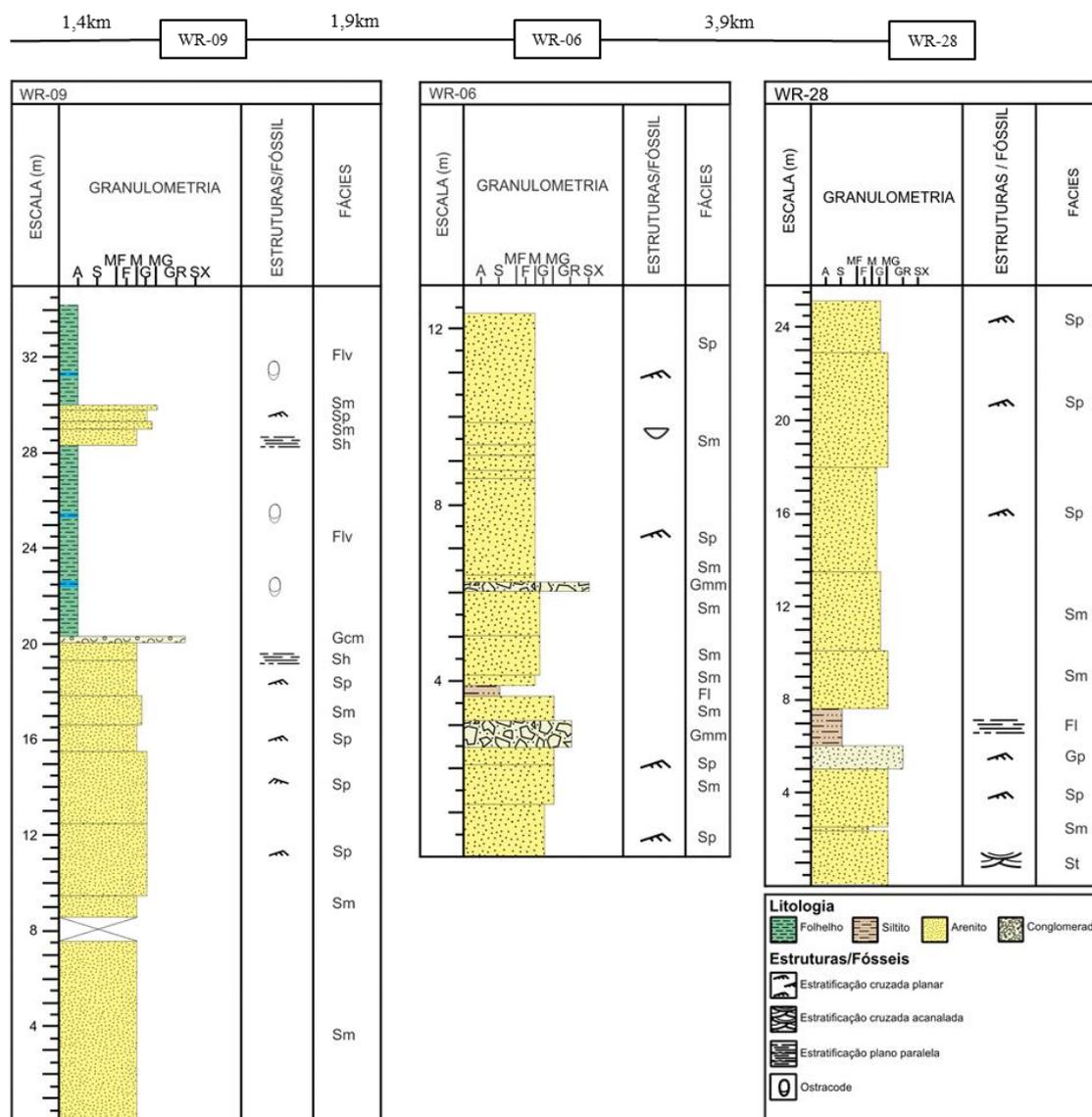


Figura 5: Seções estratigráficas em detalhe, levantadas ao longo da ferrovia Transnordestina (afloramentos WR-09; 06; 28).

5. Associação de Fácies e Sistemas Depositionais

As descrições das fácies ao longo do perfil da Transnordestina permitiram individualizar três associações de fácies para os depósitos da bacia: (I) Associação de Fácies de Arenitos e Conglomerados e (II) Associação de Fácies de Arenitos estratificados e siltitos argilosos, os quais sugerem deposição nos sistemas fluvial entrelaçado e meandrante, respectivamente; e (III) Associação de Fácies de Folhelhos vermelhos e Calcários argilosos, a qual sugere deposição em sistema lacustre (Tabela 2).

5.1 Associação de Fácies I

Essa associação de fácies é formada por depósitos de conglomerados maciços (Gmm) e estratificados (Gp), arenitos com estratificação cruzada planar (Sp), estratificação cruzada acanalada (St) e maciços (Sm); e sedimentos lamosos maciços (Fsm). Tal associação sugere elementos arquiteturais de canais (CH), formas de leitos arenosas (SB) e depósitos de acreção frontal (DA), de acordo com os modelos propostos por Miall (1996). Esses elementos, por sua vez, indicam deposição em sistema deposicional fluvial entrelaçado (*braided*), caracterizado por uma sucessão de fácies com granodecrescência ascendente pouco desenvolvida e predomínio de barras arenosas de meio de canal. Na seção estratigráfica (WR-28; Figura 4), é observada sedimentação muito grossa na base, podendo apresentar estratificação cruzada acanalada e depósitos arenosos menos grosseiros com estratificação cruzada planar na porção intermediária. O principal processo de sedimentação nesse sistema é a carga de fundo.

5.2 Associação de Fácies de II

Essa associação de fácies é composta por depósitos arenosos com estratificação cruzada planar (Sp), estratificação plano paralela (Sh) e maciços (Sm); e camadas de sedimentos lamosos maciços (Fsm) e laminados (Fl) (Figura 5). Essa associação de sedimentos lamosos pode ser correlacionada aos elementos arquiteturais de planície de inundação (FF) e de acreção lateral (LA), propostos por Miall (1996), os quais representam sistema fluvial meandrante com barras arenosas.

5.3 Associação de Fácies de III

Essa associação é pouco expressiva ao longo do perfil, e compreende apenas duas fácies, uma formada por folhelhos vermelhos laminados (*red beds*), e outra formada por calcários argilosos (Flv e La, respectivamente). Tanto em associação como individualmente, essas fácies indicam deposição em ambiente subaquoso calmo (lacustre). Os calcários argilosos, junto à variação de coloração dos folhelhos, sugerem períodos de exposição subaérea associados a fenômenos de evapotranspiração (eg. Fambrini *et al.* 2013). O sistema lacustre também é indicado pela presença de ostracodes não marinhos identificados ao longo das seções em estudo e em outros pontos da bacia (Freitas *et al.* 2018).

Tabela 2: Associação de fácies dos depósitos da Bacia de São José do Belmonte.

Associação de Fácies	Litofácies principais	Sistema Depositional
Conglomerados e Arenitos conglomeráticos	Gmm/Gp/St/Sp/Sm/Fsm	Fluvial entrelaçado
Arenitos Estratificados e Siltitos argilosos	Sp/Sh/Sm/Fl/Fsm	Fluvial meandrante
Folhelhos vermelho e Calcários Argilosos	Flv/La	Lacustre

6. Discussão

As fácies lamosas das sequências pré-rifte das Bacias Interiores do Nordeste são bem caracterizadas, tanto pelos litotipos típicos, como pelo conteúdo fossilífero. Essas fácies são peça-chave no posicionamento estratigráfico das demais sequências, pois contêm espécies de ostracodas não-marinhas indicativas do Andar Dom João (Jurássico Superior) (eg. Barros *et al.*, 2011; Fambrini *et al.*, 2013; Freitas *et al.*, 2018). Fambrini *et al.* (2013) identifica sete litofácies para a Fm. Brejo Santo da Bacia do Araripe, entre elas, a de Calcários argilosos (Lc) e a de Folhelhos laminados (Fl), a que os autores interpretam sistemas lacustres com variações bruscas periódicas do nível dos lagos, sob condições climáticas quentes. Essas fácies são correlacionáveis às fácies Flv e La identificadas nesse trabalho (Figura 6), também associadas a variações do nível d'água. Esses autores também atribuem a essa formação sistemas fluviais alimentadores efêmeros, mas esses não foram identificados no presente trabalho. Os arenitos diretamente sotopostos aos sedimentos finos são geralmente grossos a muito grossos, e foram aqui atribuídos a outra sequência.

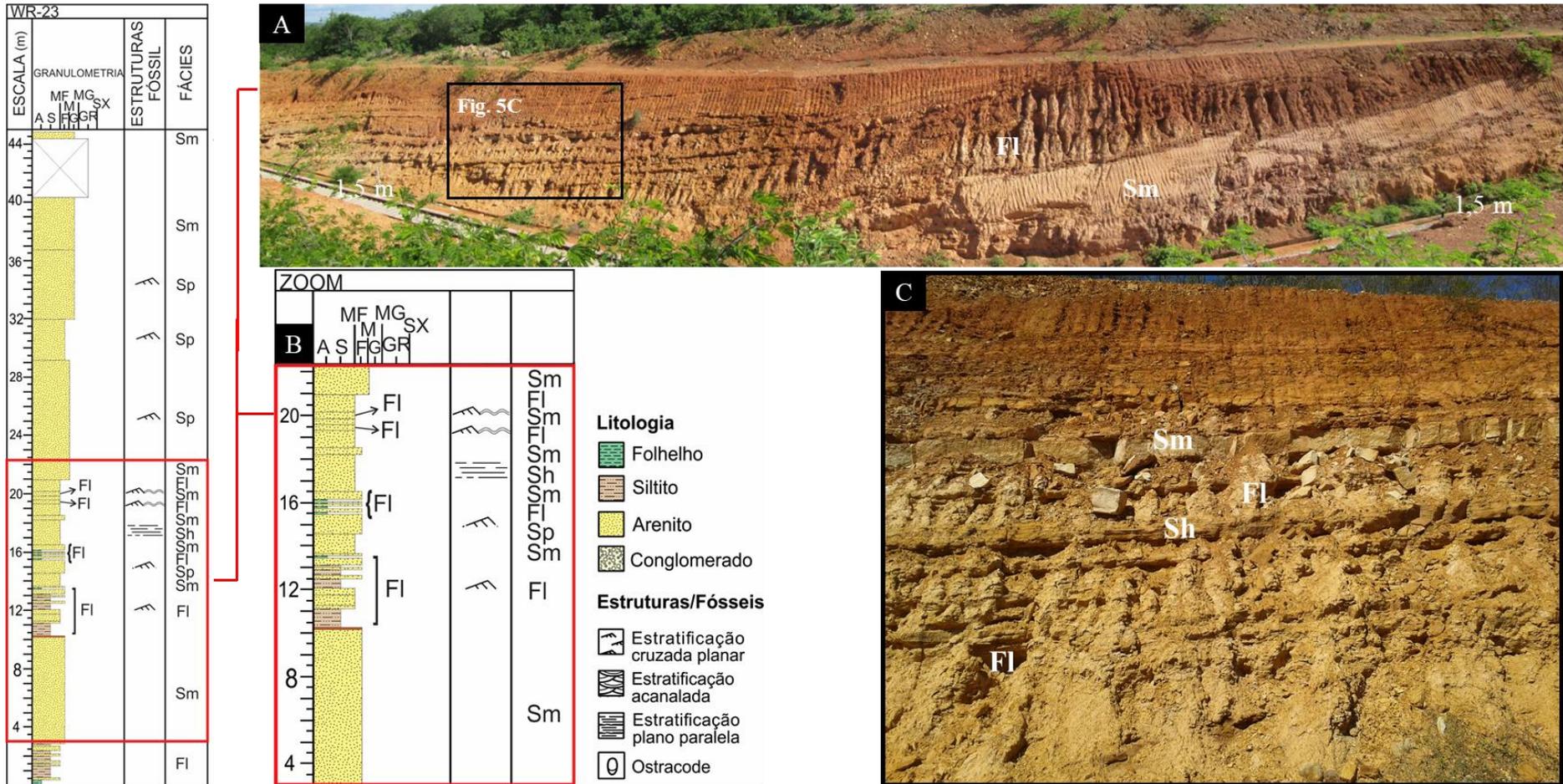


Figura 6: A. Fotomosaico da seção estratigráfica da Formação Missão Velha (WR-23); B. Detalhe da seção estratigráfica no intervalo de 3-21 metros; C. Detalhe de A mostrando as fácies Fl, Sh, Sm.

Fambrini *et al.* (2011) atribui à Fm. Missão Velha da Bacia do Araripe, duas sequências deposicionais, denominadas sequências 1 e 2. A Sequência 1 é caracterizada por sistema lacustre com contribuição fluvial, sistema fluvial meandrante com retrabalhamento eólico e sistema fluvial entrelaçado - sistema predominante na unidade segundo Ponte e Appi (1990), Assine (1992) e Ponte (1994). A Sequência 2 é caracterizada por sistema fluvial entrelaçado de alta energia. A associação de fácies de Arenitos Estratificados e Siltitos argilosos (Sp/Sh/Sm/Fl/Fsm), a que atribuímos um sistema fluvial meandrante com barras arenosas, pode ser assim correlacionada à Sequência 1 de Fambrini *et al.* (2011), também pelo seu posicionamento estratigráfico - situada logo acima dos folhelhos da Formação Brejo Santo.

Batista (2015) descreve, para a sequência inferior da Bacia de São José do Belmonte, duas associações de fácies, a que a autora sugere os sistemas de leques aluviais (Gt) e fluvial entrelaçado (Gt, Sp, Sh). Essa associação é, em parte, correlacionável à associação de fácies de Conglomerados e Arenitos conglomeráticos descrita nesse trabalho (Gmm/Gp/St/Sp/Sm/Fsm), e aqui interpretada como sistema fluvial entrelaçado de alta energia. Trabalhos realizados na Fm. Cariri da Bacia do Araripe (Assine, 1992; 2007; Batista *et al.*, 2012; 2013; Silvestre *et al.*, 2017) também atribuem à mesma predomínio do sistema fluvial entrelaçado. Na bacia em estudo, a associação de Conglomerados e Arenitos conglomeráticos possui relação de campo bem marcada, sotoposta à Fm. Brejo Santo (Figura 7). Esses dados permitem correlacionar a associação supracitada à Fm. Cariri da Bacia do Araripe. É importante notar, porém, que a Fm. Cariri é afossilífera e a idade paleozoica a que é atribuída é baseada nas correlações feitas por Braun (1966) e Ghignone (1972) à Fm. Tacaratu da Bacia do Tucano-Jatobá e ao Grupo Serra Grande da Bacia do Parnaíba, respectivamente.

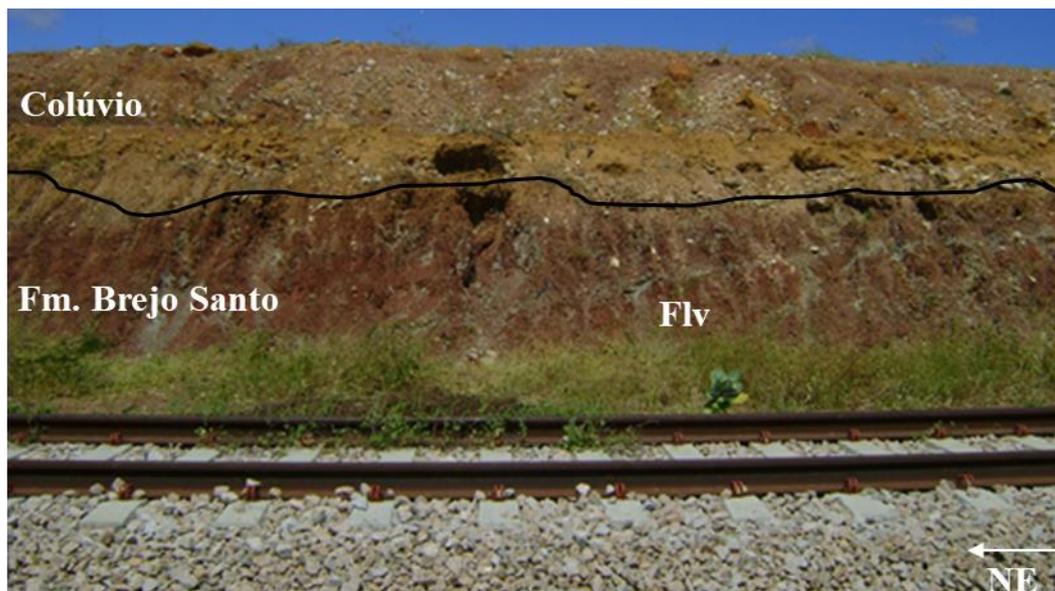


Figura 7: Folhelhos vermelhos (*red beds*) (Flv) com níveis calcíferos esverdeados, litologia típica da Formação Brejo Santo.



Figura 8: Associação de Folhelhos vermelhos e Calcários Argilosos (Fm. Brejo Santo), sobreposta à Associação de Conglomerados e Arenitos conglomeráticos.

7. Conclusões

Caracterização e associação de fácies aplicada em perfil estratigráfico ao longo da ferrovia Transnordestina, porção sul-sudeste da Bacia de São José do Belmonte, possibilitou detalhamento e correlação mais segura de suas unidades, notadamente das formações Cariri e Missão Velha, unidades afossilíferas na área de estudo. A abordagem utilizada permitiu a discriminação de três associações de fácies: **a)** associação de fácies

de conglomerados e arenitos conglomeráticos, atribuídos a sistema fluvial entrelaçado (*braided*); **b**) associação de folhelhos vermelhos e carbonatos argilosos, associados a sistema lacustre com variação do nível d'água; e **c**) associação de arenitos estratificados e siltitos argilosos, representando sistema fluvial meandrante. Essas associações podem ser correlacionadas, respectivamente, às formações Cariri, Brejo Santo e Missão Velha, sendo necessário destacar a incerteza quanto à idade da primeira.

8. Agradecimentos

Os autores agradecem ao PRH-26/ANP/LAGESE pelo apoio financeiro e logístico durante a execução do projeto. À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da bolsa de estudo a Wilson Rodrigues de Andrade Freitas.

9. Referências

- Assine, M.L. 1992. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 22 (3): 289-300.
- Assine, M.L. 2007. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15(2): 371-389.
- Assine, M.L.; Perinotto, J.A.J.; Custódio, M.A.; Neumann, V.H.M.L.; Varejao, F.G. & Mescolotti, P.C. 2014. Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 22 (1): 3-28.
- Batista, Z.V.; Valença, L.M.M.; Fambrini, G.L.; Silva, S.M.A.; Neumann, V.H.M.L.; Santos, C.A. & Barros, C.L. 2012. Análise de fácies da Formação Cariri, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos*, 22(1): 3-20.
- Batista, Z.V.; Agostinho, S.M.O.; Lima Filho, M.F. & Vieira, M.M. 2013. Associação de Fácies e Sistemas Depositionais da Formação Cariri, Parte Leste da Bacia do Araripe. *Estudos Geológicos* 23(2): 45-58.
- Batista, Z.V., 2015. *Caracterização faciológica, petrográfica e diagenética das sequências basais das bacias do Parnaíba, Araripe, Lavras da Mangabeira e São José do Belmonte: contribuição às possíveis correlações dos Arenitos Basais e suas implicações geotectônicas*. Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Tese de Doutorado, 199p.
- Barros, C.L.; Fambrini, G.L.; Galm, P.C. & Agostinho S. 2011. Ostracodes da Formação Brejo Santo (Neojússico?), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: implicações paleoambientais e sistemática paleontológica. *Estudos Geológicos*, 21(1): 105-122

- Beurlen, K.A. 1962. Geologia da Chapada do Araripe. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 34(3): 365-370.
- Braun, O.P.G. 1966. Estratigrafia dos Sedimentos da Parte Inferior da Região Nordeste do Brasil (Bacias do Tucano-Jatobá, Mirandiba e Araripe). Rio de Janeiro: DNPM/DGM. (Boletim 236).
- Brito Neves, B.B.; Santos, E.J. & Van Schmus, W.R. 2000. Tectonic history of the Borborema Province. In: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A. & CAMPOS, D.A. *Tectonic evolution of the South America*. Internacional Geological, p.151-182.
- Carvalho, I.S. 2006. Os conchostráceos da Bacia de São José do Belmonte, Cretáceo inferior, Nordeste do Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, 64: 193-198.
- Coimbra, J.C.; Arai, M. & Carreño, A.L. 2002. Lower Cretaceous microfossils from Araripe basin, Northeastern Brazil: a stratigraphical approach. *Geobios*, 35(6): 687-698
- Fambrini, G.L.; Lemos, D.R.; Tesser Jr., S.; Araújo, J.T.; Silva-Filho, W.F.; Souza, B.Y.C. & Neumann, V.H.M.L. 2011. Estratigrafia, Arquitetura Depositional e Faciologia da Formação Missão Velha (Neojurássico-Eocretáceo) na Área-Tipo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: exemplo de sedimentação de Estágio de Início de Rifte a Clímax de Rifte. *Geologia USP (Série Científica)*, 11(2): 55-87.
- Fambrini, G.L.; Neumann, V.H.M.L.; Barros, C.L.; Agostinho, S.M.O.; Galm, P.C. & Menezes-Filho, J.A.B. 2013. Análise estratigráfica da Formação Brejo Santo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: implicações paleogeográficas. *Geologia USP (Série Científica)*, 13: 3-28.
- Françolin, J.B.L. & Sztamari, P. 1987. Mecanismo de rifteamento da porção oriental da margem norte brasileira. *Revista Brasileira Geociências*. 17(2): 196-207.
- Freitas, W.R.A.; Lima Filho, M.F.; Silva, V.L.; Agostinho, S.M.O. & Piovesan, E.K. 2018. Geologia da Porção Centro-Leste da Bacia de São José do Belmonte, Pernambuco, NE do Brasil. *Estudos geológicos*, 28(1):15-28.
- Gaspar, J. & Anjos, N.F.R. 1964. Estudo Hidrogeológico de Juazeiro do Norte - Ceará. Recife: SUDENE. 25 p. (Série Hidrogeologia 3).
- Ghignone, J.I. 1972. Ensaio de paleogeografia do Nordeste e as seqüências sedimentares. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 26, Belém, 1972, *Anais de resumos*, Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, 3, p. 21-28.
- Matos, R.M.D. 1987. Sistema de riftes cretáceos do Nordeste Brasileiro. In: SEMINÁRIO DE TECTÔNICA DA PETROBRAS, 1, Rio de Janeiro, 1987. *Resumos expandidos*, Rio de Janeiro, PETROBRAS, p. 126-159
- Matos, R.M.D. 1992. The Northeast Brazilian rift system. *Tectonics*, 11: 766-791.
- Matos, R.M.D. 1999. History of the northeast Brazilian rift system: kinematic implications for the break-up between Brazil and West Africa. In: CAMERON, N.R.;

- BATE, R.H. & CLURE, V.S. (eds.) *The Oil and Gas Habitats of the South Atlantic*. Geological Society of London, *Special Publication*, 153: 55-73.
- Miall, A.D. 1996. *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Berlin, Springer, 582 p.
- Neves, S.P. 2003. Proterozoic history of the Borborema Province (NE Brazil): correlations with neighboring cratons and Pan-African belts, and implications for the evolution of western Gondwana. *Tectonics* 22: 1031.
- Neves, S.P. 2015. Constraints from zircon geochronology on the tectonic evolution of the Borborema Province (NE Brazil): Widespread intracontinental Neoproterozoic reworking of a Paleoproterozoic accretionary orogen. *Journal of South American Earth Sciences* 58: 150-164.
- Ponte, F.C. 1994. Extensão paleogeográfica da Bacia do Araripe no Mesocretáceo. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 3, Rio Claro, 1994. *Resumos Expandidos* Rio Claro, UNESP, p. 131-135.
- Ponte, F.C. 1996. Arcabouço estrutural da Bacia do Araripe. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4, Águas de São Pedro, 1996. *Resumos expandidos*, Águas de São Pedro, UNESP/IGCE, p. 169-177
- Ponte, F.C. & Appi, C.J. 1990. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, Natal, 1990. *Resumos expandidos*, Natal, SBG, p. 211-226.
- Ponte, F.C.; Ponte Filho, F.C. 1996. Evolução tectônica e classificação da Bacia do Araripe. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4, Águas de São Pedro, 1996. *Resumos expandidos*, Águas de São Pedro, UNESP/IGCE, p. 123-133.
- Ponte, F.C.; Medeiro, R.A. & Ponte Filho, F.C. 1997. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe: Análise de sequência. In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 2, Crato, 1997. *Resumos expandidos*, Crato,
- Reading, H.G. 1996. *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*. Oxford: Blackwell Science, 668 p
- Selley, R.C. 1987. *Ancient sedimentary environments*. Chapman & Hall, 317 p.
- Selley, R.C. 2000. *Applied sedimentology environments, a brief survey*. London: Academic Press, 523 p.
- Silvestre, D.C.; Fambrini, G.L. & Santos, A.A.F. 2017. Caracterização Faciológica das Formações Cariri e Brejo Santo em Afloramentos a NE do Município Missão Velha (Ceará – Brasil). *Estudos geológicos*, 27(1): 19-33.
- Szatmari, P; Françolin, J.B.L.; Zanutto, O. & Wolff, S., 1987. Evolução da margem equatorial brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, 17(2): 180-188.

Van Schmus, W.R.; Kozuch, M. & Brito Neves, B.B. 2011. Precambrian history of the Zona Transversal of the Borborema Province, NE Brazil: Insights from Sm/Nd and U/Pb geochronology. *Journal of South American Earth Sciences*, 31: 227-252.

Walker, R.G. & James, N.P. 1992. *Fácies models. Response to sea level changes*. Ontario, Geological Association of Canada, 212 p.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mapeamento geológico, análise bioestrafigráfica e estudo faciológico conduzido neste trabalho permitiu a solução de alguns problemas estratigráficos da Bacia de São José do Belmonte. Até então, na literatura, não havia concordância entre as unidades mapeadas na bacia e as idades propostas por outros autores, com base no conteúdo micropaleontológico. Mapeamento sistemático aqui apresentado manteve a correlação das unidades da bacia àquelas presentes na Bacia do Araripe, com redefinição de seus limites, e apoiado em idade obtida em folhelhos calcíferos na porção centro-leste da bacia. O objetivo principal deste trabalho consistiu na caracterização e associação de fácies ao longo do perfil da Transnordestina, afim de garantir uma interpretação adequada de seus sistemas deposicionais e melhor definição de suas unidades. Os dados apresentados mostram que o objetivo foi alcançado, permitindo a atribuição de três sistemas deposicionais, os quais são correlacionáveis àqueles indicados pela literatura da Bacia do Araripe, corroborando assim a atribuição dessas unidades na bacia de estudo.

REFERÊNCIAS

- Batista, Z.V., 2015. Caracterização faciológica, petrográfica e diagenética das sequências basais das bacias do Parnaíba, Araripe, Lavras da Mangabeira e São José do Belmonte: contribuição às possíveis correlações dos Arenitos Basais e suas implicações geotectônicas. Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Tese de Doutorado, 199p.
- Carvalho, I. S., 1993. Os conchostráceos fósseis das bacias interiores do Nordeste do Brasil. Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 319p.
- Carvalho, I.S. 2006. Os conchostráceos da Bacia de São José do Belmonte, Cretáceo inferior, Nordeste do Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, 64: 193-198.
- Costa, W.D., Falcão, E.L., Silva, E.C.C., 1999. Projeto avaliação hidrogeológico da Bacia Sedimentar de São José do Belmonte-Pernambuco. Recife. 4º Distrito do DNPM/Pernambuco, 51p.
- Costa, W.D., Valença, M.A.V., Costa Filho, W.D., 2006. Estudos hidrogeológico visando a gestão dos aquíferos da Bacia de São José do Belmonte-PE. **In:** CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 14, São Paulo, 2006. Resumo expandido, São Paulo, ABAS p. 1-8.
- Françolin, J.B.L. & Szatmari, P. 1987. Mecanismo de rifteamento da porção oriental da margem norte brasileira. **Revista Brasileira Geociências**. 17(2): 196-207.
- Matos, R.M.D. 1987. Sistema de riftes cretáceos do Nordeste Brasileiro. **In:** SEMINÁRIO DE TECTÔNICA DA PETROBRAS, 1, Rio de Janeiro, 1987. Resumos expandidos, Rio de Janeiro, PETROBRAS, p. 126-159
- Matos, R.M.D. 1999. History of the northeast Brazilian rift system: kinematic implications for the break-up between Brazil and West Africa. **In:** CAMERON, N.R.; BATE, R.H. & CLURE, V.S. (eds.) *The Oil and Gas Habitats of the South Atlantic*. Geological Society of London, Special Publication, 153, 55-73.
- Miall (1996) Miall, A.D. 1996. *The geology of fluvial deposits: sedimentar facies, basin analysis and petroleum geology*. Berlin, Springer, 582 p.
- Ponte, F.C., 1991. Remanescentes sedimentares mesozoicos da paleobacia do Araripe. **In:** Ponte, F.C. 1994. Extensão Paleogeografia da Bacia do Araripe no Mesocretáceo. III Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 131-135.
- Ponte, F. C. 1994. Extensão paleogeográfica da Bacia do Araripe no Mesocretáceo. **In:** SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 3, Rio Claro, 1994. Resumos Expandidos Rio Claro, UNESP, p. 131-135.
- Leal e Sá, L.T.L, Neto, A.F., Sobrinho, O.P., 2001. Avaliação preliminar das condições explorabilidade do Aquífero Tacaratu na Bacia Sedimentar de São José do Belmonte-PE, como uma ferramenta para gestão dos recursos hídricos subterrâneos. **In:** Encontro

Nacional de Perfuradores de Poços, 12, Recife, 2001. Anais do congresso, Recife, ABAS, p. 165-174.

Szatmari, P; Françolin, J.B.L.; Zanotto, O. & Wolff S., 1987. Evolução da margem equatorial brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, 17(2): 180-188.